تقديم

هذا الكتاب "دليل التركيبات الكهربائية طبقاً للمواصفات القياسية للهيئة الدولية الكهرتقنية IEC " الذي نقدمه بين يدي القارئ هو الصيغة العربية المترجمة للدليل الذي قامت شركة شنايدر الكتريك بإعداده وطباعته باللغة الإنجليزية معتمدة في ذلك على سلسلة المواصفات القياسية الدولية للتركيبات الكهربائية IEC 60364 .

ولعل الحافز الذي دفعنا لترجمة هذا الدليل إلى اللغة العربية – بالاتفاق مع شركة شنايدر الكتريك – هو تسهيل الإطلاع عليه والاستفادة منه من قبل ذوي العلاقة بشؤون الكهرباء من باحثين ومهندسين ومتخصصين ممن قد لا يستطيع الاستفادة منه بغير العربية ، بالإضافة إلى ما يشتمل عليه الدليل من موضوعات ذات أهمية بالغة تغطي مجالات واسعة تتعلق بأنظمة القوى الكهربائية وتركيباتها في المنشآت المختلفة ، وهو كتاب يعنى بتسهيل التعامل مع سلسلة المواصفات القياسية الدولية المعنية بالسلامة والوقاية والتحكم والأداء وحماية الدوائر وأسس وقواعد التصميم للتركيبات الكهربائية وغيرها، مما دفع الهيئة إلى اعتباره أحد المراجع المهمة التي يتم الاعتماد عليها في إعداد اللوائح الوطنية السعودية للتركيبات الكهربائية في المباني.

و مما يجعل هذه الترجمة لهذا الدليل ذات فائدة كبيرة هو أن الهيئة قد كرست لذلك كافة خبراتها الطويلة في مجال ترجمة المواصفات الكهربائية في شتى المجالات وبخاصة ذات العلاقة بمواصفات المفردات الدولية الكهرتقنية في مجال التركيبات الكهربائية والكابلات والمحطات الفرعية ، ناهيك عن المصطلحات الفنية الأخرى المستخدمة في كافة المواصفات الكهربائية.

والهيئة وهي تؤكد أهمية ما احتواه هذا الدليل من معلومات، فإنها تقدمه للقارئ الكريم بنسخته العربية التي هي ترجمة مباشرة لنصه باللغة الإنجليزية دون تدخل منها في محتواه الفني أو التقني.

د خالد بن يوسف الخلف

نائب رئيس مجلس الإدارة

مدير عام الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس

تعريف بالكاتب
صاحب المقدمة

بيجورن. إي.فولكر(ماجستير في العلوم الكهربائية . الهندسة الكهربائية) يعمل حتى وقتنا هذا نائباً لمدير الهيئة الكهربائية الاسكندنافية وهي الهيئة الدولية السويدية المنبثقة عن الهيئة الدولية الكهروتقنية (CENELEC) وقد عمل سابقا ولمدة ٣٠ عاماً في مؤسسة سيمكو (وهو معهد سويدي مختص باختبار وإعتماد المعدات الكهربائية). وأثناء هذه الفترة أصبح مهتما تمام الاهتمام بالأعمال الدولية والتي تختص في مجال اعداد مواصفات السلامة المتبعة في الأجهزة الكهربائية. ويعمل حاليا كمستشار لشركة سيك.

وأصبح بيجورن رئيسا لهيئة المواصفات منذ عام ١٩٨٧م وأيضاً رئيسا للعديد من اللجان الدولية الكهروتقنية خاصة في مجال سلامة المنتجات.

تقديم

بيجورن فولكر

رئيس اللجنة الاستشارية للسلامة بالهيئة الدولية الكهروتقنية(IEC / ACOS)

قامت الهيئة الدولية الكهروتقنية بإعداد مواصفات للاستخدام الآمن للكهرباء ، وقد تم إقرار هذه المواصفات واستخدامها في العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم. وقد أصبح هذا الاتجاه الأكثر تفضيلا على نطاق التبادل التجاري العالمي، فقد أقرته مؤخراً منظمة الجات للتجارة الدولية وتبنت المعاهدة تلك المواصفات واعتبرتها أسساً عامة للتبادل التجاري العالمي.

وقد أنجزت اللجنة الفنية الرابعة والستون المنبثقة عن الهيئة الدولية الكهروتقنية والمختصة بالتمديدات الكهربائية بالمباني- مهمتها في مجال أمور السلامة المتبعة في التمديدات الكهربائية وذلك بنشر سلسلة المواصفات القياسية رقم ٦٠٣٦٤ للهيئة الدولية الكهروتقنية. وهذه المواصفات توضح جميع المتطلبات الضرورية لانجاز تركيبات كهربائية آمنة في نطاق حتى ١٠٠٠ فولت.

أنه ليسعدني جداً أن أقدم دليل التركيبات الكهربائية هذا، والذي يتمم ويجسد مهمة اللجنة الفنية رقم ٦٤، حيث أن معلوماته العملية ستكون ذات فائدة عظيمة وسوف تقيم وتضع أسس التركيبات الكهربائية طبقا لما تنص عليه مواصفات ومتطلبات الهيئة الدولية الكهروتقنية.

لقد أثبتت التجربة الدولية أن دليلا كالذي بين أيدينا يعد أداة نافعة لتسهيل تنفيذ شروط الهيئة الدولية الكهروتقنية رقم ٦٠٣٦٤ .

وبالنظر للأهمية العظمى لعمل اللجنة الفنية رقم ٥٣، فقد تم وضع دليل إرشادي لأمور السلامة تحت عنوان. "الوقاية من الصدمة الكهربائية"

وهذا الدليل يشير إلى أن القواعد الأساسية وكذلك إحتياطات الحماية من الصدمات الكهربائية التي أرستها اللجنة الفنية الرابعة والستون لابد أن تضعها اللجان الكهروتقنية الدولية الأخرى في اعتبارها عند قيامها بتحضير أو إرساء مواصفات تتعلق بهذا المجال- على سبيل المثال – المواصفات القياسية للمنتجات المختلفة.

لقد كُتب هذا الدليل لمهندسي الكهرباء الذين يقـومون بتصميم أو التحقق أو التفـتيش أو صيانة التمديدات الكهـربائية طبقاً لمواصفات الهيئة الدولية الكهروتقنية .

أي من الحلول التقنية سوف تضمن بأن جميع قواعد السلامة ذات العلاقة قد تحققت ؟

لقد أصبح هذا السؤال منهجاً ثابتاً لإعداد هذه الوثيقة.

إن المواصـفـات الدوليـة كـالتـي صـدرت عن الهـيـئـة الدوليـة الكهـروتقنية رقم ٦٠٣٦٤ "التـركيـبات الكهـربائية في المبـاني" تختص وبصـورة شاملة بالقـواعد الواجب الالتزام بـها لتحـقيق السلامـة والسمـات العمليـة التي يمكن التنبـؤ بها لجمـيع أنواع التركـيبات الكهـربائية. وحيث أن المواصفـات القياسـية يجب أن تكون مواصـفات شمـولية وأن تكون قـابلة للتطبيق على جـميع المنتجات وأن تقدم الحـلول التقنية التي يتم استعمـالها في جميع أنحاء العالم، لذلك فإن نصوص قواعد الهيئة الدولية الكهروتقنية معقداً ولم يتم تقديمه في صورة جاهزة للاستعمال.

لذا فإن المواصـفات لا يمكن اعتبـارها كدليل للاستعـمال ولكن يمكن اعتبارها فقط كمرجع وثائقي.

إن هدف الدليل الحـالي يقـدم شرح واضح وعـملي ومتـدرج للدراسة الكامـلة للتركيـبات الكهربائيـة طبقا لمـا تنص عليه مواصفات الهيـئة الدولية الكهروتقنية رقم ٦٠٣٦٤ وأي لجنة مواصفات دولية أخرى.

ولهذا فإن الفصل الأول (ب) يقدم الطريقـة المستخدمة ويعالج كل فصل بـعد ذلك خطوة من الخطوات الثـمان التي تناولتـها الدراسة. أمـا الفصلين الأخيـرين فيـتناولان مصادر التـغذية الخاصـة والأحمـال والمواقع ، أما الملحق فـيتناول مـعلومات إضافـية. ويجب أن يحظى ملحـق التوافق الكهـرمغناطيـسي (EMC)بإهتـمام خـاص حـيث تم ارساؤه بـناءً على خبـرة عملية واسعة في قضايا التوافق الكهرومغناطيسي.

ونحن نأمل جميعـاً أن يجد المستخدم لهذا الكتـاب دليلاً نافعاً أصيلاً.

شركة شنايدر الكتريك

اقرار

أقـر هذا الدليل فـريق من الخـبـراء الدوليـين بناء على أسس الطبـعـة الثالثـة للنسـخـة الفرنـسيـة، "دليل التـركـيبـات الكهـربائية" تألـيف ميـرلان جرين، ويتـضـمن الكتاب آخـر تطورات المواصفات الكهربائية.

إنه لمن المسـتحـيل ذكر جـميع مـن ساهم في هذا العـمل، لكن نخص بالذكـر السيد/ جـان بييـر. روليت دوبونيت (الهيـئة الدولية الكهروتقنية– اللجنة الفنية رقم ٦٤– WG3- ويعمل كمدير للمشروع) ، والسيد إدوين كوي.سي الكاتب الرئيسي ، وكذلك السيد/ آلاين شـاردي – المدير التنفيذي ، كاتب الملحق EMC والذي عمل تحت توجيهات مـايكل ميجرت نائب مدير المواصفات بشركة شنايدر الكتريك المحدودة.

ونخص بالـشكر السيـد بيـجـورن فـولكر رئيس الـلجنة الاستشـارية للسلامة بالهيـئة الدولية الكهروتقنيـة (سابقاً) ومعـالي الدكتور خالد بن يوسـف الخلف نائب رئيس مجلس الإدارة مـدير عام الهـيـئـة العربيـة السـعودية للمـواصفـات والمقاييس اللذين قاما مشكورين بالتقديم لهذا الدليل.

يتحـمل مستخـدمو هذا الدليل كـامل المسؤوليـة عند تطبـيق الارشادات والمعلومات الواردة فيه. لذا فإن شركتنا لا تتحمل أية مسـؤولية في حـالة نقص أو ورود خطأ أو عـدم تحديث لتلك الارشـادات والمعلومـات. وفي حـالة الشك أو الإلتبـاس يرجى الرجـوع إلى النسـخـة الإنجليزية.

تصميم وإخراج
مؤسسة فن الألوان

طباعة : مطابع رغدان

المحتويـات

أ المحتويات

ب عـام ـ القدرة المركبة

ج محطات التوزيع الفرعية
جهد عالي / جهد منخفض

د توصيلات الخدمة للجهد
المنخفض

هـ تحسين معامل القدرة
وترشيح التوافقيات

و التوزيع في نطاق التركيبات
ذات الجهد المنخفض

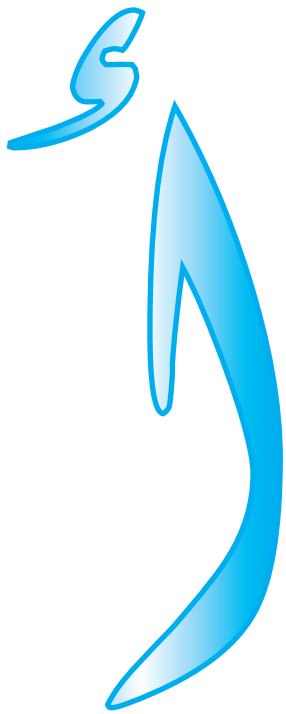
ز الوقاية ضد الصدمات
الكهربائية

ح وقـــايـــة الـدوائـــر
ومفاتيح الوصل والفصل

ي مصادر التغذية الخاصة
والأحمال

ل الأماكن السكنية وما يشابهها
والمواقع الخاصة

ت ك م الملاحق ـ التوافق
الكهرمغناطيسي



المحتـويـــات

أ- المحتويات ب ٢

ب – عام – القدرة المركبـــة

١- الطريقة ب ٢

٢- قواعد ولوائح نظامية ب ٥

١/٢ تعريف مـدى الجهد ب ٥

جدول ب١

الجهود القياسية بين ١٠٠ فولت و ١٠٠٠ فولت (IEC 38-1983) ب ٥

جدول ب٢

الجهود القياسية أعلى من ١ كيلوفولت ولا تتجاوز ٣٥ كيلوفولت (IEC 38-1983) ب ٦

٢/٢ لوائح ب ٦

٣/٢ مواصفات قياسية ب ٦

٤/٢ جودة وسلامة تركيب كهربائي ب ٩

٥/٢ الاختبار المبدئي للتركيبات ب ٩

٦/٢ اختبار الفحص الدوري للتركيبات ب ١٠

جدول ب٣

تكرار اختبارات الفحص التي يوصى بها عادة لتركيب كهربائي ب ١٠

٧/٢ المطابقة (مع المواصفات القياسية والمواصفات) للمعدات المستخدمة في التركيبات ب ١١

٣- أحمال المحركات والتسخين والإنارة ب ١٣

١/٣ المحركات الحثية ب ١٣

جدول ب٤

القدرة وقيم التيار للمحركات الحثية النموذجية ب ١٥

٢/٣ محركات التيار المستمر ب ١٦

جدول ب٦

بادئات حركة متدرجة ذات جهد منحدر ب ١٧

جدول ب٧

بادئات حركة متدرجة ذات تيار تحديد للتيار ب ١٧

٣/٣ أجهزة التسخين ذات النوع المقاومي وفوانيس الانارة(تقليدية أو هالوجين) ب ١٨

جدول ب ٨

طلبـات التيـار لأجهـزة الإضاء من نوع التـسخين المقـامي والتوهجي (تقليـدية أو هالوجين) ب ١٨

٤/٣ مصابيح الفلورسنت والمعدات التابعة لها ب ١٩

جدول ب ١٠

طلبات التيار واستهلاك الـقدرة لمصابيح الفلورسنت ذات الأبعاد الشائعة (عند ٢٢٠ فولت/٢٤٠ فولت وتردد ٥٠ هرتز) ب ١٩

جدول ب ١١

طلبات التيار واستهلاك الـقدرة لمصابيح الفلورسنت المدمجة (عند ٢٢٠ فولت/٢٤٠ ب ٢٠

فولت وتردد ٥٠ هرتز)	ب ٢٠
٣/٥مصابيح التفريغ	ب ٢٠
جدول ب ١٢	
طلبات التيار لمصابيح التفريغ	ب ٢١
٤- تحميل القدرة للتركيبات	ب ٢٢
٤/١القدرة المركبة كيلو وات (kW)	ب ٢٢
٤/٢ القدرة الظاهرية المركبة كيلو فولت أمبير (kVA)	ب ٢٢
جدول ب١٣	
تقدير القدرة الظاهرية المركبة	ب ٢٣
٤/٣ تقدير أقصى طلب حقيقي بالكيلو فولت أمبير	ب ٢٤
جدول ب ١٤	
معاملات التزامن في مجمع سكني	ب ٢٤
جدول ب١٦	
معامل التزامن للوحات التوزيع (IEC 439)	ب ٢٥
جدول ب١٧	
معامل التزامن طبقاً لوظيفة الدائرة	ب ٢٥
٤/٤ مثال لتطبيق المعاملات ku و ks	ب ٢٦
جدول ١٨	
مثال لحساب التحميل الأقصى المقدر للتركيبات (قيم المعامل المستخدمة لغرض الإيضاح فقط)	ب ٢٦
٤/٥ معامل التباين	ب ٢٧
٤/٦ إختيار تقنين المحول	ب ٢٧
جدول ب١٩	
المقننات القياسية التي تحددها الهيئة الدولية الكهروتقنية الـ (IEC)لمحولات التوزيع ثلاثية الطور جهد عالي/جهد منخفض وقيم تيار الحمل الكامل الاسمي	ب ٢٧
٤/٧ إختيار مصادر تغذية القدرة	ب ٢٨
ج – محطات التوزيع الفرعية جهد عالي / جهد منخفض	
١- التغذية بالقدرة عند جهد عال	ج ٢
١/١ خصائص التغذية بالقدرة بالنسبة لشبكات التوزيع ذات الجهد العالي	ج ٢
جدول ج١	
جهود النظام الإسمية ذات الصلة مع جهود النظام المقننة المناظرة (ج.م.م)	ج ٣
جدول ج٢	
مستويات العزل المقننة لمعدات القطع والوصل	ج ٤
جدول ج٣أ	
مستويات العزل المقننة للمحولات في السلسلة (I) اعتمدت على التطبيق	

الجاري خلاف الموجودة بالولايات المتحدة الأمريكية وبعض البلاد الأخرى) ج ٥

جدول ج٣ب

مستويات العـزل المقننة للمحولات في السلسلة (II) (اعتمـدت على التطبيق الجاري في الولايات المتحدة الأمريكية وبعض البلاد الأخرى) ج ٥

جدول ج٤

مقـننات قطع تيار دائرة القـصر القـياسـية المسـتخـرجة من الجـدول رقم (١٠) من المواصفة الدولية (IEC 56) ج ٦

١/٢ التوصيلات المختلفة لخدمة الجهد العالي ج ١٦

١/٣ بعض الخصائص التشغيلية لشبكات توزيع الجهد العالي ج ١٨

٢- مستهلكو المحطات الفرعية للجهد العالي ج ٢١

٢/١ خطوات تأسيس محطة فرعية جديدة ج ٢١

٣- مخططات وقاية المحطة الفرعية ج ٢٤

٣/١ الوقاية ضد الصدمات الكهربائية والجهود الزائدة ج ٢٤

٣/٢ الوقاية الكهربائية ج ٣٠

جدول ج١٨

حـدود قـدرة للمحولات ذات أقصى تيـار للملـف الإبتدائي لا يتعـــدى ٤٥ أمبيـــر ج ٣٥

جدول ج١٩

التيار المقنن (أمـبير) لمصاهر الجهـد العالي لوقاية المحول طبقـاً للمواصفة القيـاسية الدولية (IEC 282-1) ج ٣٦

جدول ج٢٠

تيارات دائرة القصر ثلاثية الطور لمحولات توزيع نموذجية ج ٣٨

٣/٣ الوقاية ضد التأثيرات الحرارية ج ٤٤

٣/٤ التعشيقات (أدوات الربط) والمناورات المشروطة ج ٤٤

٤- المحطة الفرعـية الخـاصة بالمستـهلك التي تحتـوي على عدادات جـهد منخفض ج ٤٩

٤/١ عام ج ٤٩

٤/٢ إختيار اللوحات ج ٥١

جدول ج٢٧

قصـر الدائرة القياسي بالميـجا فولت أمـبير ومقننات الـتيار عند مسـتويات مخـتلفة للجهد الإسمي ج ٥٤

٤/٣ اختيار لوحة مجموعة مفاتيح الجهد العالي لدائرة المحول ج ٥٤

٤/٤ اختيار محول الجهد العالي/الجهد المنخفض ج ٥٥

جدول ج٣١

أصناف سوائل العزل الكهربائي ج ٥٩

جدول ج٣٢

اجراءات السـلامة الموصى بهـا في التركيـبات الكهـربائية باستـخدام سـوائل العزل الكهربائي من الدرجات ٠١ أو k1 أو k2 أو k3 ج ٥٩

٥- المحطة الفرعية للمستهلك المزودة بعدادات جهد عالي ج ٦٢

٥/١ عام ج ٦٢

٥/٢ إختيار اللوحات ج ٦٥

٥/٣ التشغيل المتوازي للمحولات ج ٦٧

٦- تكوين محطات التوزيع الفرعية ذات جهد عالي/جهد منخفض ج ٦٩

٦/١ الأنواع المختلفة للمحطات الفرعية ج ٦٩

٦/٢ المحطات الفرعية المركبة داخل المبنى والمزودة بمعدة قطع ووصل المغلفة بغلاف معدني ج ٦٩

٦/٣ المحطات الفرعية المركبة خارج المباني ج ٧٤

د - توصيلات الخدمة للجهد المنخفض

١- شبكات التوزيع العامة ذات الجهد المنخفض د ٢

١/١ مشتركو الجهد المنخفض د ٢

جدول د١

حصر لمصادر الكهرباء في دول مختلفة من العالم د ٢

جدول د٢

١/٢ شبكات التوزيع للجهد المنخفض د ١١

١/٣ توصيلة الخدمة للمستهلك د ١٦

١/٤ جودة جهد التغذية د ٢٠

٢- التعرفة والعدادات د ٢٢

هـ - تحسين معامل القدرة وترشيح التوافقيات

١- تحسين معامل القدرة هـ ٢

١/١ طبيعة الطاقة غير الفعالة (المفاعلة) هـ ٢

١/٢ المنشأة والأجهزة التي تتطلب تيارا غير فعال هـ ٣

١/٣ معامل القدرة هـ ٣

١/٤ ظا ϕ هـ ٥

١/٥ قياس عملي لمعامل القدرة هـ ٦

١/٦ قيمة عملية لمعامل القدرة هـ ٦

جدول هـ٥

مثال لحساب القدرة الفعالة وغير الفعالة (المفاعلة) هـ ٦

جدول هـ٧

قيم جتا ϕ و ظا ϕ للمنشآت والأجهزة شائعة الإستخدام هـ ٧

٢- لماذا يتم تحسين معامل القدرة؟ هـ ٨

٢/١ تقليل تكلفة الكهرباء هـ ٨

٢/٢ أقصى مردود فني واقتصادي هـ ٩

جدول هـ٨

معامل الضرب لمقاس الكابل كدالة لـ جتا ϕ هـ ٩

٣- كيفية تحسين معامل القدرة؟ هـ ١٠

١/٣ مباديء نظرية هـ ١٠

٢/٣ بواسطة استخدام أية مُعدّة؟ هـ ١١

٣/٣ الإختيار بين مجموعة المكثفات الثابتة أو المنظمة تلقائيا هـ ١٣

٤- أين يتم تركيب مكثفات التصحيح هـ ١٤

١/٤ تعويض شامل هـ ١٤

٢/٤ تعويض بواسطة قطاع هـ ١٤

٣/٤ التعويض المستقل هـ ١٥

٥- كيفية تقدير المستوى الأمثل للتعويض هـ ١٦

١/٥ طريقة عامة هـ ١٦

٢/٥ طريقة مبسطة هـ ١٦

جدول هـ١٧

كيلوفولت أمبير مفاعل (kvar) يتم تركيبه لكل كيلووات (kW) من الحمل لتحسين معامل القدرة للتركيبات هـ ١٧

٣/٥ طريقة مبنية على تفادي غرامات التعرفة هـ ١٨

٤/٥ طريقة مبنية على تقليل أقصى قدرة ظاهرية مطلقة (kVA) هـ ١٩

٦- التعويض عند أطراف التوصيل للمحول هـ ٢٠

١/٦ التعويض لزيادة قدرة الخرج الفعالة المتاحة هـ ٢٠

جدول هـ٢٠

إستطاعة القدرة الفعالة لمحولات محملة بالكامل عند تغذيتها بأحمال عند قيم مختلفة لمعامل القدرة هـ ٢٠

٢/٦ تعويض الطاقة غير الفعالة المتصة بواسطة المحول هـ ٢٢

جدول هـ٢٤

إستهلاك القدرة غير الفعالة لمحولات توزيع ذات ملفات ابتدائية ٢٠ كيلوفولت هـ ٢٤

٧- التعويض عند أطراف التوصيل لمحرك حثي هـ ٢٥

١/٧ توصيل مجموعة مكثف وأوضاع ضبط الحماية هـ ٢٥

جدول هـ٢٦

معامل التخفيض للحماية من التيار الزائد بعد التعويض هـ ٢٥

٢/٧ كيفية تفادي الإستثارة الذاتية لمحرك حثي هـ ٢٦

جدول هـ٢٨

القيمة القصوى للكيلوفولت أمبير غير الفعال (kvarلتصحيح معامل القدرة الممكن تطبيقها على أطراف التوصيل للمحرك دون التعرض لمخاطر الإستثارة الذاتية هـ ٢٧

٨- مثال للتركيبات قبل وبعد تصحيح معامل القدرة هـ ٢٨

٩- تأثير التوافقيات على تقنين مجموعة مكثفات هـ ٢٩
٩/١ مشاكل تنشأ من توافقيات نظام القدرة هـ ٢٩
٩/٢ حلول ممكنة هـ ٢٩
٩/٣ إختيار الحل الأمثل هـ ٣١
جدول هـ٣٠
إختيار الحلول للحد من التوافقيات المرتبطة بمجموعة مكثفات الجهد منخفض هـ ٣١
٩/٤ الآثار المحتملة لمكثفات تصحيح معامل القدرة على نظام التغذية بالقدرة هـ ٣٢
١٠- انجاز مجموعة مكثفات هـ ٣٣
١٠/١ عناصر المكثف هـ ٣٣
١٠/٢ إختيار أجهزة الحماية والتحكم وكابلات التوصيل هـ ٣٤

و - التوزيع في نطاق التركيبات ذات الجهد المنخفض

١- عام و ٢
١/١ المخططات الأساسية لتوزيع الجهد المنخفض و ٢
١/٢ لوحة التوزيع الرئيسية للجهد المنخفض و ٥
١/٣ الإنتقال من نظام IT إلى نظام TN و ٦
٢- مصادر التغذية الاحتياطية و ٧
٢/١ استمرارية التغذية بالقدرة الكهربائية و ٧
٢/٢ جودة لتغذية بالقدرة الكهربية و ٩
جـدول و ١٠
المستـويات المفترضة للجـهد الزائد العابر المحتـمل حدوثة عند نقاط محـتملة في تركيبات نموذجية و ١٢
جـدول و١٢
مستويات نموذجـية لجهـد التحمل النبضـي لقـواطــع دائـرة صناعية مكتــوب على بطاقتها الايضاحية Uimp = 8 كيلو فولت و ١٣
جـدول و١٨
مستويات التوافق لمواد التركيب و ٢٢
٣- تركيبات السلامة وخدمات الطوارئ والمنابع الاحتياطية للتغذية بالقدرة و ٢٣
٣/١ تركيبات الأمان و ٢٣
٣/٢ منابع الطوارئ لتغذية القدرة الاحتياطية و ٢٣
٣/٣ اختبار وخصائص منابع القدرة الاحتياطية و ٢٤
جـدول و ٢١
جـدول يوضح اختـيار أنواع منابع التغـذية بالقدرة الاحتيـاطية تبعـاً لمتطلبات التطبيــق وفترات انقطاع التغذية المسموح بها و ٢٥
٣/٤ اختيار وخصائص المنابع المختلفة و ٢٦
جدول و ٢٢
جدول خصائص المنابع المختلفة و ٢٦
٣/٥ مجموعات التوليد المحلية و ٢٨

٤- مخططات التأريض و ٣٠

٤/١ توصيلات التأريض و ٣٠

جـدول و٢٥

قائمة بالأجزاء الموصلة المكشوفة والأجزاء الموصلة الخارجية و ٣٢

٤/٢ تعريف مخططات التأريض الموحدة قياسياً و ٣٣

٤/٣ خصائص مخططات التأريض و ٣٦

٤/٤ معايير الاختبار و ٤٦

٤/٥ اختيار طريقة التأريض ـ التطبيق و ٤٩

٤/٦ تركيب وقياسات أقطاب التأريض و ٥٠

جـدول و ٤٧

مقاومية (مقاومة نوعية) (Ω ـ متر) لأنواع مختلفة من التربة و ٥٣

جـدول و٤٨

متوسط قيم المقاومية (Ω ـ متر) لتقدير تقريبي لمقاومة قطب تأريـــــض بالنسبة لجهـــد الأرض الصفري و ٥٣

٥- لوحات التوزيع و ٥٧

٥/١ أنواع لوحات التوزيع و ٥٧

٥/٢ التقنيات الوظيفية للوحات التوزيع و ٥٩

٥/٣ مواصفات قياسية و ٦٠

٥/٤ التحكم المركزي و ٦١

٦- الموزعات و ٦٢

٦/١ الوصف والاختيار و ٦٤

٦/٢ المواسير والموصلات والكابلات و ٦٤

جـدول و ٦٠

اختيار نظم التمديدات و ٦٤

جـدول و ٦١

إقامة نظم التمديدات و ٦٥

جـدول و ٦٢

بعض الأمثلة لطرق التركيب و ٦٦

جـدول و٦٣

التمييز الرمزي للمواسير تبعاً لآخر إصدارات IEC و ٦٨

جـدول و٦٤

تمييز الموصلات والكابلات تبعاً للائحة سينيلك للكابلات المتوافقة و ٧٠

جـدول و ٦٦

الموصلات والكابلات شائعة الاستخدام و ٧١

٧- المؤثرات الخارجية و ٧٣

٧/١ التصنيف و ٧٣

جـدول و ٦٧
قائمة مختصرة للمؤثرات الخارجية الهامة مأخوذة من الملحق (أ) (IEC 364–3) و ٧٤
٢/٧ الوقاية بواسطة الأغلفة الخارجية : حماية دولية رمز IPو ٧٨ و ٧٥

ز– الوقاية ضد الصدمات الكهربائية

١–عـام ز ٢
١/١ الصدمة الكهربائية ز ٢
١/٢ التلامس المباشر وغير المباشر ز ٢
٢– الحماية ضد التلامس المباشر ز ٣
٢/١ تدابير الحماية ضد التلامس المباشر ز ٣
٢/٢ إجراء إضافي للحماية ضد التلامس المباشر ز ٥
٣– الحماية ضد التلامس غير المباشر ز ٧
٣/١ تدبير وقاية باستخدام الفصل التلقائي للمنبع ز ٧
جـدول ز٨
أقصى مدة سـلامة للقيم المفترضـة لجهد اللمس في الحالات التي يكـــون فـيها UL = 50فولت ز ٨
جـدول ز٩
أقصى مدة سلامة للقيم المفترضة لجهد اللمس في الحالات التي يكون فيها UL = 25فولت ز ٨
٣/٢ الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TT ز ٩
جـدول ز ١١
أقصى أزمنة تشغيل لـ) RCCBsهـ د ك ١٠٠٨) ز ١٠
٣/٣ الفصل التلقائي لتركيب بنظام تأريض TN ز ١٠
جـدول ز ١٣
أقـصى أزمنة القطع القصـوى والمحـدودة لمخططات التوصـيل TNبالأرضي (IEC 364-4-41) ز ١٢
٣/٤ الفصل التلقائي لخلل ارضي ثاني في نظام مؤرض بطريقة (IT) ز ١٤
جـدول ز ١٨
أزمنة الفصل القصوى المحددة للتركيبات الموصلة أرضياً (IT) ز ١٥
٣/٥ تدابير الوقاية ضد التلامس المباشر أو غير المباشر بدون فصل الدائرة ز ١٨
٤– تطبيق نظام TT ز ٢٢
٤/١ تدابير وقائية ز ٢٢
جـدول ز ٢٦
الحـد الأعلى لمقـاومة قـطب التأريض لـتركـيـبات مـا والذي يجب أن لا تـتعـداه لمستويات حساسية معينة لـ RCDs عند حدي الجهد UL 50فولت و ٢٥ فولت ز ٢٢
٤/٢ أنواع أجهزة التيار المتبقي (RCDs) ز ٢٤
٤/٣ التنسيق بين أجهزة الحماية التفاضلية ز ٢٥

٥- تطبيق نظام الـ TN ز ٢٨

٥/١ الاشتراطات التمهيدية ز ٢٨

٥/٢ الحماية ضد التماس غير المباشر ز ٢٩

جـدول ز ٤٢

معامل التصحيح المطبق لأطوال معطاة في جـداول ز ٤٣ حتى ز ٤٦

لنظم TN ز ٣٢

جـدول ز ٤٣

أقصى مقـاسات للموصل وتيـار الاعتاق اللحظي المضبـوط لقواطع الدائـــــرة ذات

الأغـراض العـامـة ز ٣٢

جـدول ز ٤٤

أقصى أطوال للدائرة لمقاسات مختلفة للموصل وتيارات مقننة لقواطع الدائرة نوع B ز ٣٢

جـدول ز ٤٥

أقصى أطوال دائرة لمختلف مقاسـات الموصل للتيارات المقننة لقواطع الدائرة نوع C ز ٣٣

جـــدول ز٤٦

أقصى أطوال دائرة لمختلف مقاسـات الموصل للتيارات المقننة لقواطع الدائـــرة نوع

D أو MA ميرلين جيران ز ٣٣

٥/٣ الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي (RCDs) ذات الحساسية العالية ز ٣٥

٥/٤ الحماية في مواقع ذات مخاطر عالية للحرائق ز ٣٥

٥/٥ عندما تكون معاوقة حلقة تيار الخطأ كبيرة في أحوال خاصة ز ٣٦

٦- تطبيق نظام التأريض IT ز ٣٧

٦/١ شروط ابتدائية ز ٣٧

جـدول ز ٥٣

الوظائف الضرورية في نظام IT ز ٣٧

٦/٢ الحماية ضد التلامس غير المباشر ز ٣٨

جدول ز ٥٩

معاملات تصـحيح لأنظمة الـ ITالمؤرضة والتي يتم تطبيـقها على أطـــوال الدائرة

المعطاة في الجـداول من ز ٤٣ وحتى ز٤٦ . ز ٤٣

٦/٣ أجهزة التيار المتبقي (RCDs) عالية الحساسية ز ٤٥

٦/٤ في مناطق ذات خطورة عالية لنشوب الحريق ز ٤٥

٦/٥ عندما تكون معاوقة حلقة تيار الخطأ عالية بوجه خاص ز ٤٥

٧- الأجهزة التفاضلية للتيار المتبقي (RCDs) ز ٤٧

٧/١ الوصف ز ٤٧

٧/٢ تطبيق أجهزة التيار المتبقي التفاضلية (RCDs) ز ٤٨

جدول ز ٧٠

اختبارات مستوى ثبات التوافقية الكهرمغناطيسية لأجهزة (RCDs) ز ٥٠

جـدول ز ٧٢

وسائل تقليل النسبة IΛn / Iph (أقصى) ز ٥٢

٣/٧ اختيار خصائص قاطع دائرة التيار المتبقي (IEC 1008) ز ٥٣
جـدول ز ٧٤
جـدول تنسـيق المصنعين السائد الخـاص بقواطع دائرة الـتيار المـتبقي وقـواطع ومصهرات الدائرة ز ٥٤

ح _حماية الدوائر ومفاتيح الوصل والفصل

ح١ حماية الدوائر

١- عـام ح١-٢
١/١ الطريقة والتعاريف ح١-٢
جـدول ح١ - ١
مخطط منطقي لاختيار حجم الكابل ومقنن أجهزة الحماية لدائرة معطاة ح١-٢
١/٢ مبادئ الحماية ضد التيارات الزائدة ح١-٥
١/٣ قيم عملية لخطة حماية ح١-٦
١/٤ موقع أجهزة الحماية ح١-٨
جـدول ح١ - ٧
قواعد عامة واستثناءات بمواقع أجهزة حماية ح١-٨
١/٥ تمديد الكابلات على التوازي ح١-٩
١/٦ مثال محلول لحساب الكابل ح١-١٠
جدول ح١ - ٩
الحسابات التي تم إجراؤها باستخدام البرنامج الحاسوبي (ميرلين جيران) ح١-١١
جـدول ح١-١٠
مثال لتقييم تيار قصر الدائرة ح١-١٥

٢- طريقة عـملية لايجاد أصـغر مسـاحة مقطع مـسموح بهـا لموصلات الدائرة ح١-١٧
٢/١ عـــام ح١-١٧
جـدول ح١-١١
مخطط لايجاد أقل حجم موصل لدائرة ح١-١٧
٢/٢ تحديد حجم الموصل لدوائر غير مدفونة ح١-١٨
جـدول ح١-١٢
الرقم المميز المرجعي يعتمد على نوع الموصل وطريقة تركيبه ح١-١٨
جـدول ح١-١٣
معامل k1طبقاً لطريقة تركيب الدائرة (كأمثلة أخرى إرجع إلى (IEC364-52) جـدول (52h) ح١-١٩
جـدول ح١-١٤
معامل التصحيح K2لمجموعة موصلات في طبقة مفردة ح١-١٩
جـدول ح١-١٥

معامل التصحيح K3لدرجات حرارة محيطة غير ٣٠ْ س — ح١– ٢٠

جـدول ح١–١٧

حالة لدائـرة غير مـدفونة : إيجـاد أقل مقطع للموصـل بالاستعـانة بالحرف المميز

ومادة الموصل ومادة العزل والتيار المفترض $I\acute{Z}$ — ح١– ٢١

٣/٢ تحديد حجم الموصل لدوائر مدفونة — ح١– ٢٣

جدول ح١–١٩

معامل التصحيح K4 بالنسبة لطريقة التركيب — ح١– ٢٣

جـدول ح١–٢٠

معامل التصحيح K5 لمجموعة عديدة من الدوائر في طبقة واحدة — ح١– ٢٣

جـدول ح١–٢١

معامل التصحيح K6 بالنسبة لطبيعة التربة — ح١– ٢٣

جـدول ح١–٢٢

معامل التصحيح K7 لدرجات حرارة التربة المختلفة عن ٢٠ْ س — ح١– ٢٤

جـدول ح١–٢٤

حالة لدائرة مدفـونة : أقل مساحة مـقطع بالنسبة لنوع الموصل ونوع العزل وقـيمة

التيار المفترضة $I\acute{Z}$ حيث $(I\acute{Z} = \frac{Iz}{K})$ — ح١– ٢٥

٣– تحديد هبوط الجهد — ح١– ٢٦

١/٣ الحد الأقصى لهبوط الجهد — ح١– ٢٦

جـدول ح١–٢٦

الحدود القصوى لهبوط الجهد — ح١– ٢٦

٢/٣ حساب هبوط الجهد في حالات حمل ثابت — ح١– ٢٨

جـدول ح١–٢٨

معادلة الهبوط في الجهد — ح١– ٢٨

جـدول ح١ –٢٩

الهبوط فـي الجهد (Λ U) لدائرة طور ـ إلى ـ طور (فولت لكل أمبـير لكل كيلو

متر) — ح١– ٢٩

٤– حسابات تيار قصر الدائرة — ح١– ٣٢

١/٤ تيار قصر الدائرة عند أطراف توصيل الملف الثانوي لمحول توزيع

جهد عالي / مجهد منخفض — ح١– ٣٢

جـدول ح١–٣٢

القيم النمـوذجية لـ Uscلمحولات ذات مقننات مـختلفة (KVA) لها ملفات ضغط

عالي ≥ ٢٠ كيلو فولت) — ح١– ٣٢

جـدول ح١–٣٣

Iscعند أطراف الجهـد المنخفض لمحولات ثلاثية الطور جـهد عالي / جهـد منخفض

تنغذى من نظام جهد عالي له مستوى خطأ ثلاثي الطور ٥٠٠ ميجا فولت أمبير

أو ٢٥٠ ميجا فولت أمبير . — ح١– ٣٣

٤/٢ تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (Iscعند أي نقطة ضمن تركيبات الجهد المنخفض ح١-٣٤
جدول ح١-٣٦
معاوقة شبكة الجهد العالي بالإشارة إلى جانب الجهد المنخفض لمحول جهد عالي/ جهد منخفض ح١-٣٥
جدول ح١-٣٧
قيم المقاومة والمفاعلة والمقاوقة لمحولات توزيع نموذجية لها ملفات جهد عالي ٢٠ كيلو فولت) ح١-٣٦
جدول ح١-٣٨
جدول مختصر للمعاوقات لأجزاء مختلفة من نظام إمداد القدرة ح١-٣٨
جدول ح١-٣٩
مثال لحساب تيار قصر الدائرة لتركيبات الجهد المنخفض عند ٤٠٠ فولت (إسمي) من محول ١٠٠٠ ك.ف.أ جهد عالي /وجهد منخفض ح١-٣٩
٤/٣ تيار قصر الدائرة (Isc) عند نهاية الاستقبال لخط التغذية بدلالة الـ (Isc) عند بداية الارسال خط التغذية ح١-٣٩
جدول ح١-٤٠
(Isc) عند نقطة بالشبكة السفلى بدلالة قيمة تيار الخطأ في الشبكة العليا وطول ومساحة مقطع الموصلات المتداخلة في نظم ثلاثية الطور ٢٣٠/٤٠٠ فولت . ح١-٤٠
٤/٤ تيار قصر الدائرة المغذى بواسطة مولد متناوب أو مقوم عكسي ح١-٤٣

٥- حالات خاصة لتيار قصر الدائرة ح١-٤٤
٥/١ حساب المستويات الدنيا لتيار قصر الدائرة ح١-٤٤
جدول ح١-٤٩
أقصى أطوال دائرة بالأمتار لموصلات النحاس (بالنسبة للألومنيوم يجب ضرب قيم الأطوال في ٠,٦٢) ح١-٤٨
جدول ح١-٥٠
أقصى طول بالأمتار للدوائر ذات الموصلات النحاسية المحمية بواسطة قواطع دائرة من نوع B ح١-٤٩
جدول ح١-٥١
أقصى طول بالأمتار للدوائر ذات الموصلات النحاسية المحمية بواسطة قواطع دائرة من نوع C ح١-٥٠
جدول ح١ - ٥٢
أقصى طول بالأمتار للدوائر ذات الموصلات النحاسية المحمية بواسطة قواطع دائرة من نوع D ح١-٥٠
جدول ح١-٥٣
معاملات التصحيح المستخدمة لأطوال مأخوذة من الجداول ح١-٤٩ حتى ح١-٥٢ ح١-٥١

٢/٥ التحقق من استطاعة الصمود للكابلات عند حالات قصر الدائرة ح١- ٥٢

جـدول ح١ - ٥٤

قيمة الثابت K 2 ح١- ٥٢

جـدول ح١-٥٥

أقصى إجهـاد حراري مسموح به للكابلات(معبر عنه بـ الأمبير٢×ثواني×١٠ ٦) ح١- ٥٢

٦- موصلات الحماية الأرضية (PE) ح١- ٥٤

١/٦ التوصيل والاختيار ح١- ٥٤

جـدول ح١-٥٩

اختيار موصلات الحماية الأرضية (PE) ح١- ٥٦

٢/٦ تحديد أبعاد الموصل ح١- ٥٧

جدول ح١ -٦٠

أقل مساحات مقطع لموصلات الحماية الأرضية (PE) وموصلات التأريض (لتركيب قطب التأريض) ح١- ٥٨

جـدول ١-٦١

قيم معامل K لموصلات الحماية الأرضية (PE) للجهد المنخفض المستخدمة أساساً في المواصفات الوطنية والمتوافقة مع (IEC 724) ح١- ٥٩

٣/٦ موصل الحماية بين مـحول جهد عالي / جهد منخفض ولوحـة التوزيع الرئيسيـة العـامة ح١- ٦٠

جـدول ح١-٦٣

مساحة مقطع مـوصلات الحماية الأرضية PE بين الجهد العالي / الجـهد المنخفض للمحول ولوحة التوزيع الرئيسية العامة (MGDB) بدلالة تقنيات المحول وأزمنة إزالة الخطأ المستخدمة في فرنسا ح١- ٦٠

٤/٦ موصل متساوي الجهد ح١- ٦١

٧- الموصل المحايد ح١- ٦٢

١/٧ تحديد أبعاد الموصل المحايد ح١- ٦٢

٢/٧ حماية الموصل المحايد ح١- ٦٢

جـدول ح١-٦٥

مخططات نظم الحماية لموصلات المحايد في نظم التأريض المختلفة ح١- ٦٣

ح٢ أجهزة الوصل والفصل

١- الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل للجهد المنخفض ح٢- ٢

جـدول ح٢-١

الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل جهد منخفض ح٢- ٢

١/١ الحماية الكهربائية ح٢- ٣

٢/١ الفصل

جـدول ح٢-٢

القيمة القصوى لجهد النبضة حسب جهد الخدمة العادي لعينة الفحص ح٢- ٣

٣/١ التحكم في أجهزة الوصل والفصل ح٢- ٤

٢- مفاتيح الوصل والفصل وأجهزة المصهرات ح٢- ٦

٢/١ مفاتيح وصل وفصل أولية ح٢- ٦

جـدول ح٢-٧

فئات الاستخدام لمفاتيح الجهد المنخفض تيار متردد طبقاً لـ IEC947-3 ح٢- ٧

جـدول ح٢-٨

المعامل " n " المستخدم للقيم القصوى - ج م م (IEC 947-1) ح٢- ٨

جـدول ح٢-١٣

مناطق الانصهار وعدمه للمصهر أنواع ggG وgM للجهد المنخفض
(IEC 269-1 & 269-2-1) . ح٢- ١١

٢/٢ عناصر مدمجة من مفاتيح الوصل والفصل ح٢- ١٥

٣- اختيار مفاتيح الوصل والفصل ح٢- ١٧

٣/١ قدرات وظيفية مجدولة ح٢- ١٧

جـدول ح٢-١٩

وظائف تم انجازها بواسطة أجزاء مختلفة من مفاتيح الوصل والفصل ح٢- ١٧

٣/٢ اختيار مفاتيح الوصل والفصل ح٢- ١٨

٤- قواطع الدائرة ح٢- ١٩

جـدول ح٢-٢٠

الوظائف المؤداة بواسطة قاطع دائرة / فاصل ح٢- ١٩

٤/١ مواصفات قياسية وتوصيفات ح٢- ١٩

٤/٢ الخصائص الأساسية لقاطع الدائرة ح٢- ٢٢

جـدول ح٢-٢٨

الحماية ضد قصر الدائرة وزيادة الحمل للقواطع الكهربائية ذات الجهد المنخفض ح٢- ٢٤

جـدول ح٢ -٣١

(Icu) المتعلق بمعامل القدرة (Cos ϕ لتيار الخطأ بالدائرة (IEC 947-2) ح٢- ٢٥

٤/٣ خصائص أخرى لقاطع الدائرة ح٢- ٢٦

جـدول ح٢-٣٤

العلاقة بين سعة القطع المقنن Icu وسعة الوصل المقنن Icm عند قيم مختلفة
لمعامل القدرة لتيار قصر الدائرة كما هو موصف في . IEC 947-2 ح٢- ٢٧

٤/٤ اختيار قاطع الدائرة ح٢- ٢٩

جـدول ح٢-٣٨

أمثلة لجداول تحديد معاملات تقليل المقنن / رفع المقنن التي تطبق على قواطع
الدائرة بدون وحدات إعتاق حرارية غير تعويضية ، طبقاً لدرجة الحرارة ح٢- ٣٠
ح٢-٣٩

تقليل المقنن لقاطعين لهما خصائص مختلفة طبقاً لدرجة الحرارة ح٢- ٣٢

جـدول ح٢-٤٠

وحدات الاعتاق المختلفة ، اللحظية أو ذات زمن قصير متأخر ح٢- ٣٢

جدول ح٢-٤٣

أقصى قيم لتيار قصر الدائرة يمكن فصله بقواطع دائرة رئيسية وأساسية
(CBM و CBP على التوالي) لمحولات عديدة على التوازي . ح٢- ٣٥

٤/٥ التنسيق بين قواطع الدائرة ح٢- ٣٨
جـدول ح٢-٤٥
مثـال مع احتمـالات التعـاقب مع ٢٣٠/٤٠٠ فولت أو ٢٤٠/٤١٥ فولت لـلتركيـبات
٣ طور ح٢- ٤٠
جـدول ح٢-٤٩
ملخص للطرق والمكونات المستخدمة لغرض انجاز الاعتاق المميز ح٢-٤١
٤/٦ تمييز الجهد العالي/الجهد المنخفض في محطات التحويل الفرعية للمستهلكين ح٢- ٤٥

ي _مصادر التغذية الخاصة والأحمـال

١- حماية الدوائر التي يغذيها مولد التيار المتردد ي ٢
١/١ مولد تيار متردد معرض لقصر دائرة ي ٢
١/٢ حماية دوائر الخدمات الأساسية المغذاة من مولد تيار متردد في حالة طوارئ ي ٦
١/٣ اختيار وحدات الاعتاق ي ٧
١/٤ طرق الحسابات التقريبية ي ٩
جـدول ي ١ - ٧
طريقة لحساب تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور ي ١٠
جـدول ي ١-٨
طريقة لحساب تيار قصر دائرة لطور واحد ـ محايد ي ١١
١/٥ وقاية مجموعات توليد التيار المتردد الاحتياطية والمتحركة ي ١٣
٢- المقومات العكسـية ووحدات الامداد بالقدرة عـند انقطاع التيار (UPS) ي ١٥
٢/١ ما هو المقوم العكسي ي ١٥
٢/٢ أنواع أنظمة الـ UPS ي ١٥
جـدول ي٢ -٤
أمثلة لإمكانيـات التطبيق المختلفـة للمقومـات العكسية في تطهـير مصادر التـغذية
وخطط UPS ي ١٧
٢/٣ مواصفات قياسية ي ١٧
٢/٤ اختيار نظام الـ UPS ي ١٨
٢/٥ أنظمة الـ UPS والظروف المحيطة بها ي ٢١
٢/٦ الادخال في الخدمة وتقنية أنظمة الـ UPS ي ٢٣
٢/٧ خطط التأريض ي ٢٦
٢/٨ اختيار كابلات التغذية الرئيسية والدوائر وكابلات توصيل البطاريات ي ٣١
جـدول ي٢ -٢١
الانخفاض في الجهد (٪) من ٤٢٣ فولت لتيار مستمر لكابل ذي قلب من النحاس ي ٣٣
جـدول ي ٢-٢٢
التيارات ومساحة المقطع لـكابلات ذات قلب من النحاس تغذي المقوم العكسي وتقوم
بتغذية الحمل لأنظمة UPS (Maxipac) أطوال الكابل أقل من ١٠٠ متر) ي ٣٣
جدول ي٢ - ٢٣

التيارات ومساحات المقطع لكابلات ذات قلب من النحاس التي تغذى المقوم العكسي وتغذى الحمل لنظام (EP52000) أطوال الكابلات أقل من ١٠٠ متر) تشمل أيضاً بيانات كابل البطارية . ي ٣٤

جدول ي ٢-٢٤

تيارات الدخل والخرج وتيارات البطارية لنظام الـ UPS (Merlin Gerin) (EPS 52000 ي ٣٤

٢/٩ اختيار مخططات الحماية ي ٣٦

٢/١٠ معدات تكميلية ي ٣٨

٣- حماية محولات جهد منخفض / جهد منخفض ي ٤٠

٣/١ تيار دفق تغذية المحول المحول بالطاقة ي ٤٠

٣/٢ حماية دائرة التغذية لمحول جهد منخفض / جهد منخفض ي ٤٢

٣/٣ الخصائص الكهربائية النموذجية لمحولات جهد منخفض/ جهد منخفض ، ٥٠ هرتز ي ٤٢

جدول ي ٣-٥

الخصائص الكهربائية النموذجية لمحولات جهد منخفض / جهد منخفض ٥٠ هرتز ي ٤٢

٣/٤ حماية المحولات ذات الخصائص الموضحة بالجدول باستخدام قواطع دائرة Merlin Gerin ي ٤٣

جدول ي ٣-٦

حماية محولات جهد منخفض/جهد منخفض ثلاثية الطور ذات ملفات ابتدائية ٤٠٠ فولت ي ٤٣

جدول ي ٣ - ٧

حماية محولات جهد منخفض /جهد منخفض ثلاثية الطور ذات ملفات إبتدائية ٢٣٠ فولت ي ٤٤

جدول ي ٣ - ٨

حماية محولات جهد منخفض / جهد منخفض أحادية الطور ذات ملفات إبتدائية ٤٠٠ فولت ي ٤٥

جدول ي ٣-٩

حماية محولات جهد منخفض / جهد منخفض أحادية الطور ذات ملفات ابتدائية ٢٣٠ فولت ي ٤٦

٤- دوائر الانارة ي ٤٧

٤/١ استمرارية الخدمة ي ٤٧

٤/٢ المصابيح الكهربائية وملحقاتها (الفوانيس) ي ٤٨

جدول ي ٤-١

تحليل الاضطرابات في دوائر الانارة للفلورسنت ي ٤٩

٤/٣ الدائرة وحمايتها ي ٥٠

٤/٤ تحديد التيار المقنن لقاطع الدائرة ي ٥٠
جـدول ي ٤-٢
مقـننات قاطع الدائرة المسـتخـدم لوقاية المصـابيح المتوهجـة ودوائر التسـخين من النـوع المقاومي ي ٥١
جـدول ي ٤-٣
الحد الأقصى للتيار المقنن لكل دائرة إنارة خارجة لمصابيح التفريغ عالية الضغط ي ٥١
جـدول ي ٤-٤
مقننات تيار قواطع الدائرة المتعلقة بعدد فوانيس الفلورسنت المراد حمايتها ي ٥٢
٤/٥ اختيار أجهزة التحكم في تشغيل المصابيح ي ٥٤
جـدول ي ٤-٥
أنواع أجهزة التحكم عن بعد ي ٥٤
٤/٦ حماية دوائر الانارة ذات الجهود شديد الانخفاض (ELV) ي ٥٥
٤/٧ مصادر التغذية لإنارة الطوارئ ي ٥٧

٥- المحركات اللاتزامنية (غير المتزامنة) ي ٥٩
٥/١ وظائف الوقاية والتحكم المطلوبة ي ٥٩
جـدول ي ٥-٢
أنواع دوائر التغذية لمحرك جهد منخفض الشائعة الاستخدام ي ٦٠
٥/٢ المواصفات القياسية ي ٦٢
٥/٣ مخططات الحماية الأساسية : قاطع دائرة/مفتاح تلامس/مرحل حراري ي ٦٢
جـدول ي ٥-٤
الأصناف المستعملة لمفاتيح التلامس (IEC 947-4) ي ٦٤
٥/٤ الحماية الوقائية أو المقيدة ي ٦٧
٥/٥ أقصى مقنن للمحركات المركبة لمشتركي الجهد المنخفض ي ٧٠
جـدول ي ٥-١٢
أقصى قـيم مسموح بهـا لتيار بدء تشغـيل محركات الجـهد المنخفض مبـاشرة على الخط (٢٣٠/٤٠٠ فولت) ي ٧١
جـدول ي ٥-١٣
أقصى مقننات قدرة مسموح بها لمحركات بدء التشغيل مباشرة على الخط ذات الجهد المنخفض ي ٧١
٥/٦ تعويض الطاقة غير الفعالة (تصحيح معامل القدرة) ي ٧١

٦- حماية التركيبات ذات التيار المستمر ي ٧٢
٦/١ تيارات دائرة القصر ي ٧٢
٦/٢ خصائص الأعطال الناتجة عن انهيار العزل وانهيار مجموعة تشغيل المفاتيح الوقائيـــة ي ٧٣
جـدول ي ٦-٤
خصائص مجموعة تشغيل المفاتيح الوقائية طبقاً لنظام تأريض التيـــار المستمـــر ي ٧٤

٣/٦ اختيار أجهزة الوقاية	ي ٧٤
جـدول ي ٦-٥	
اختيار قواطع الدائرة للتيار المستمر صناعة Merlin Gerin	ي ٧٥
٤/٦ أمثلة	ي ٧٦
٥/٦ حماية الأشخاص	ي ٧٧

ل ـ الأماكن السكنية والمشابهة وأماكن خاصة

١- الأماكن السكنية وما يشابهها	ل ٢
١/١ عـــام	ل ٢
٢/١ مكونـات لوحة التـوزيـع	ل ٣
٣/١ حماية الأشخاص	ل ٦
٤/١ الدوائر	ل ٩
جـدول ل١-٩	
الحد الأدنى للعدد الموصى به لنقط الإنارة والقدرة في الأماكن السكنية	ل ٩
جـدول ل١-١١	
مساحة مقطع الموصلات ومقننات التيار لأجهزة الحماية في التركيبات السكنية	ل ١١
٥/١ الحماية ضد الجهود الزائدة والصواعق	ل ١٢
٢- غرف الحمامات والدش	ل ١٤
١/٢ تصنيف المناطق	ل ١٤
٢/٢ الربط متساوي الجهد	ل ١٦
٣/٢ المتطلبات الموضحة لكل منطقة	ل ١٦
٣- توصيات يمكن تطبيقها عند التركيبات والمواقع الخاصة	ل ١٧

Schneider Electric

ب

إن دراسة التركيبات الكهربائية باستخدام هذا الدليل الإرشادي ، تتطلب قراءة محتوياته بالكامل وطبقاً لترتيب الفصول الواردة به .

الفصل المناظر

ب-عام- القدرة المركبة

قائمة طلبات القدرة:

تتطلب دراسة تركيب كهربائي مقترح الفهم الدقيق لجميع القواعد واللوائح التي تنظمه. إن معرفة أساليب التشغيل للأجهزة المستهلكة للقدرة، مثلاً »الأحمال« (الطلب عند حالة الاستقرار، ظروف بدء التشغيل، التشغيل غير المتزامن، الخ)، مع معرفة موقع وسعة كل حمل حسب المخطط الأفقي للمبنى ، يتطلب عمل قائمة بطلبات القدرة التي سوف يتم حصرها. ويجب أن تشتمل القائمة على القدرة الكلية للأحمال المركبة، بالإضافة إلى تقدير للأحمال الحقيقية التي سوف يتم تغذيتها حسب ما هو مستنتج من أساليب التشغيل.

ومن خلال هذه البيانات فإن القدرة المطلوبة من مصدر التغذية (وحيثما يكون مناسباً) عدد المصادر الضرورية لتغذية المنشأة بشكل مناسب، تكون جاهزة للحصول عليها. كذلك فإن المعلومات المحلية المتعلقة بهيكل التعرفة تعتبر مطلوبة أيضاً ، حيث يسمح ذلك بالاختيار الافضل بترتيب التوصيل مع شبكة التغذية بالقدرة ، مثلاً عند الجهد العالي أو الجهد المنخفض.

توصيل الخدمة

جـ- محطات توزيع جهد عالي/ جهد منخفض (ج ع/ج م)

هذه التوصيلة يمكن اجراؤها عند:

■ **الجهد العالي:**

يجب أن تتم دراسة محطة المحولات الفرعية الخاصة بالمستهلك، وأن يتم بناؤها وتجهيزها. ويمكن أن تكون هذه المحطة الفرعية مقامة خارج أو داخل المبنى، وأن تكون مطابقة للمواصفات القياسية واللوائح التنظيمية المعنية (يمكن دراسة الجزء الخاص بالجهد المنخفض على حده، إذا كان ضرورياً) . وفي هذه الحالة يكون من الممكن وضع عدادات القياس عند الجهد العالي أو الجهد المنخفض.

■ **الجهد المنخفض:**

د- توصيلات خدمة ذات جهد منخفض

يتم توصيل المنشأة إلى شبكة القدرة المحلية وتصمم عداداتها تبعاً لتعرفة الجهد المنخفض.

الطاقة غير الفعالة

هـ- تحسين معامل القدرة

إن تعويض الطاقة غير الفعَّالة في التركيبات الكهربائية يتعلق عادة بتحسين معامل القدرة فقط، ويتم إجراء ذلك إما

محلياً (أي في موقع التركيبات) أو بشكل شامل أو بالطريقتين معاً.

توزيع الجهد المنخفض:

و- التوزيع في نطاق تركيبات جهد منخفض

تتم دراسة شبكة التوزيع للتركيبات جميعها كنظام كامل. ويحدد عدد وخصائص مصادر التغذية الاحتياطية للطوارىء. ويتم اختيار توصيلات الربط الأرضي وترتيبات المحايد المؤرض تبعاً للوائح التنظيمية المحلية والقيود المتعلقة بتغذية القدرة وطبيعة الأحمال المركبة.

ويتم تحديد المكونات المعدنية للتوزيع وكذلك لوحات التوزيع وممرات الكابلات من خلال المخططات الخاصة بالمبنى وكذلك تحديد موقع التركيبات ومجموعة الأحمال.

يمكن أن تؤثر أنوا ع المواقع ، والأنشطة التي تمارس فيها، على مستوى مقاومتها للتأثيرات الخارجية.

الحماية ضد الصدمة الكهربائية

ز- الحماية ضد الصدمة الكهربائية

يظل نظام التأريض (TT أو IT أو TN) السابق تعيينه موجوداً لكي يحقق وقاية للأشخاص ضد أضرار التلامس المباشر أو غير المباشر لاختيار خطة مناسبة للوقاية.

الدوائر ومفاتيح القطع والوصل

تتم دراسة كل دائرة بعد ذلك تفصيلياً, وبمعرفة التيارات المقننة للأحمال، فإنه يمكن تحديد مستوى تيار دائرة القصر، ونوع الجهاز الوقائي، ومساحة مقطع موصلات الدائرة، مع الأخذ في الاعتبار طبيعة ممرات الكابلات وتأثيرها على تقنين التيار للموصلات.

قبل اعتماد مقاس الموصل المبين أعلاه، يجب أن تكون المتطلبات التالية مُرضية:

- أن يتوافق الهبوط في الجهد مع المواصفة القياسية المعنية.
- أن يكون بدء حركة المحركات مقبولاً.
- أن تكون الحماية ضد الصدمة الكهربائية مضمونة ومؤكدة.

ح١- وقاية الدوائر

بعد ذلك يتم تعيين تيار دائرة القصر ISC، كما يتم التحقق من إمكانية التحمل الحراري والكهروديناميكي للدائرة نتيجة مرور التيار ISC.

هذه الحسابات قد تبين ضرورة استخدام موصل ذي مساحة مقطع مختلف عن ذلك الذي تم اختياره.

ح٢- جهاز الوصل والفصل

الأداء المطلوب من جهاز الوصل والفصل سوف يحدد نوعه وخصائصه .

يتم اختبار استخدام تقنيات تعاقبية. والتشغيل المميز للمصاهر وفصل قواطع الدائرة.

مصادر التغذية والاحمال الخاصة

ي- مصادر التغذية والأحمال الخاصة

يتم دراسة عناصر خاصة بالمحطة والمعدات .

- مصادر التغذية الخاصة مثل مولدات التيار المتردد أو المغيِّرات.
- الأحمال الخاصة ذات خصائص معيَّنة مثل المحركات الحثية ،دوائر الإضاءة أو محولات ج م / ج ع، أو
- النظم الخاصة مثل شبكات التيار المستمر.

المباني السكنية والمباني المشابهة والمواقع الخاصة

ل-المباني السكنية والمباني المشابهة والمواقع الخاصة

تخضع بعض المباني والمواقع للوائح تنظيمية مقيِّدة: ولعل المثال الأكثر شيوعاً لذلك هو المنازل الأهلية.

برامج الحاسوب الآلي (Ecodial ٢.٢)

يوفر الحاسوب الآلي (Ecodial ٢.٢) رؤية كاملة وتصميماً شاملاً لتركيبات الجهد المنخفض، طبقاً للمواصفات القياسية وتوصيات الهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC).

ويشمل ذلك السمات التالية:

- تصميم مخططات ذات خط مفرد
- حساب تيارات دائرة القصر
- حساب قيم الهبوط في الجهد
- المقاسات المثلى للكابلات
- المقننات المطلوبة لأجهزة الفصل والوصل والمصاهر
- حُسن التمييز للأجهزة الوقائية
- توصيات لوضع خطط مترابطة متعاقبه
- التحقق من وقاية الأشخاص
- إمكانية استخراج طبعات شاملة للبيانات التصميمية المحسوبة السابقة.

(Ecodial 2.2)هو مُنتج لشركة مارلين جيرين ومتوفر باللغتين الفرنسية والانجليزية.

ب

إن الذي يحكم التركيبات الكهربائية ذات الجهد المنخفض هو مجموعة النصوص التنظيمية والاستشارية، والتي يمكن أن تصنف كالتالي:

- لوائح نظامية (مثل المراسيم التشريعية وقوانين المصانع ... الخ).
- اللوائح التطبيقية والنظم الصادرة عن المعاهد المتخصصة ومواصفات الأشغال.
- المواصفات القياسية الوطنية والدولية الخاصة بالتركيبات.
- المواصفات القياسية الوطنية والدولية الخاصة بالمنتجات.

١/٢ تعريف مدى الجهد

الجهود القياسية للهيئة الدولية الكهروتقنية والتوصيات.

نظم ثلاثة اطوار، ٤ سلك أو ٣ سلك	نظام احادية الطور ، ٣ سلك
الجهد الأسمي (فولت)	الجهد الأسمي (فولت)
–	٢٤٠/١٢٠
٤٠٠/٢٣٠ (١)	–
٤٨٠/٢٧٧ (٢)	–
٦٩٠/٤٠٠ (١)	–
١٠٠٠	–

الجدول ب١: الجهود القياسية بين ١٠٠ فولت و١٠٠٠ فولت (هـ د ك IEC ١٩٨٣/٣٨).

١) الجهود الاسمية للنظم الموجودة ، ٢٢٠/٣٨٠ فولت و٢٤٠/٤١٥ فولت يجب أن تتطور في اتجاه القيمة المقترحة لنظام الجهد ٢٣٠/٤٠٠ فولت. ينبغي أن تكون فترة الانتقال قصيرة بقدر الإمكان ، وألا تتعدى ٢٠ عاماً بعد صدور هذه النشرة الدولية (IEC). خلال هذه الفترة –وكخطوة أولى– فإن الجهات المسئولة عن توزيع الكهرباء ذات نظم الجهد ٢٢٠/٣٨٠ فولت ينبغي أن تعمل على جعل الجهد في نطاق المدى ٢٣٠/٤٠٠ فولت + ٦٪ –١٠٪، وفي البلاد الأخرى ذات نظام الجهد ٢٤٠/٤١٥ فولت ينبغي أن تعمل على جعل الجهد في نطاق المدى ٢٣٠/٤٠٠ فولت + ١٠٪–٦٪. وفي نهاية هذه الفترة الانتقالية فإن التفاوت ٢٣٠/٤٠٠ فولت (١٠٪ ينبغي أن يكون متحققاً، بعد ذلك فإن تخفيض هذا المدى سوف يؤخذ في الاعتبار. تطبق جميع الاعتبارات الأخرى أيضاً على القيمة الحالية ٣٨٠/٦٦٠ فولت بالنسبة للقيمة المقترحة ٤٠٠/٦٩٠ فولت.

٢) لا تستخدم بالإضافة إلى نظام جهد ٢٣٠/٤٠٠ فولت أو ٤٠٠/٦٩٠ فولت.

نظم ٥٠ هرتز و٦٠ هرتز				نظم ٦٠ هرتز	
السلسلة I				السلسلة II (تطبيق أمريكا الشمالية)	
الجهد الاسمي للنظام (ك.ف)		أعلى جهد للجهاز (ك.ف)		أعلى جهد للجهاز (ك.ف)	الجهد الاسمي للنظام (ك.ف)
(١) ٣,٦	(١) ٣.٣	(١) ٣		(١) ٤,٤٠	(١) ٤,١٦
(١) ٧,٢	(١) ٦.٦	(١) ٦		–	–
(١) ١٢	١١	١٠		–	–
–	–	–		(٢) ١٣,٢	(٢) ١٢,٤٧
–	–	–		(٢) ١٣,٩٧	(٢) ١٣,٢
–	–	–		(١) ١٤,٥٢	(١) ١٣,٨
(١٧,٥)	–	(١٥)		–	–
٢٤	٢٢	٢٠		–	–
–	–	–		(٢) ٢٦,٤	(٢) ٢٤,٩٤
(٣) ٣٦	(٣) ٣٣	–		–	–
–	–	–		(٢) ٣٦,٥	(٢) ٣٤,٥
(٣) ٤٠,٥	–	(٣) ٣٥		–	–

الجدول ب٢: الجهود القياسية التي تزيد على ١ ك.ف ولا تتجاوز ٣٥ ك.ف (هـ د ك ١٩٨٣/٣٨)

* هذه النظم هي على العموم نظم ٣ أسلاك ، ما لم يذكر خلاف ذلك. القيم المبينة هي جهود بين الأطوار. القيم التي بين الأقواس تعتبر قيماً غير مفضلة، ويوصى بعدم استخدامها لنظم جديدة يتم إنشاؤها في المستقبل.

١) ينبغي عدم استخدام هذه القيم لنظم التوزيع الشائعة.

٢) هذه النظم هي عامة نظم ٤ أسلاك.

٣) توحيد هذه القيم قيد الدراسة .

٢/٢ لوائح

في معظم البلاد، يجب أن تتوافق التركيبات الكهربائية مع أكثر من مجموعة واحدة من اللوائح الصادرة من الجهات الوطنية المسئولة أو من جهات خاصة أخرى معترف بها. ومن الضروري أن يؤخذ في الاعتبار هذه القيود المحلية قبل البدء في التصميم.

٣/٢ المواصفات القياسية

يعتمد هذا الدليل الإرشادي على المواصفات القياسية للهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC) (هـد.ك) ذات العلاقة، خاصة هـ د ك ٣٦٤. وقد تأسست هـ د ك ٣٦٤ بواسطة خبراء في المجال الطبي والهندسي من جميع البلدان في العالم،

هـ د ك – ٣٨	الجهود القياسية
هـ د ك – ٥٦	قواطع الدائرة ذات التيار المتردد للجهد العالي
هـ د ك – ٧٦-٢	محولات القدرة– الجزء رقم (٢): الارتفاع في درجة الحرارة
هـ د ك – ٧٦-٣	محولات القدرة– الجزء رقم (٣): مستويات العزل واختبارات العزل الكهربائي
هـ د ك – ١٢٩	فواصل ومفاتيح التأريض ذات التيار المتردد
هـ د ك – ١٤٦	المتطلبات العامة ومغيرات توحيد الخط
هـ د ك – ١٤٦-٤	المتطلبات العامة ومغيرات توحيد الخط– الحزء رقم (٤): طرق تحديد اداء ومتطلبات اختبار لنظم القدرة غير القابلة للقطع.
هـ د ك –٢٦٥-١	مفاتيح الجهد العالي– الجزء الأول: مفاتيح الجهد العالي لجهود مقننة أكبر من ١ ك.ف وأقل من ٥٢ ك.ف.

ب

هـ د ك -٢٦٩-١	مصاهر الجهد المنخفض - الجزء الأول: متطلبات عامة
هـ د ك -٢٦٩-٣	مصاهر الجهد المنخفض- الجزء رقم (٣): متطلبات إضافية للمصاهر المستخدمة بواسطة أشخاص غير مهرة (المصاهر المستخدمة أساساً بالمنازل والتطبيقات المشابهة)
هـ د ك -٢٨٢-١	مصاهر الجهد العالي- الجزء الأول: المصاهر المحدة للتيار
هـ د ك -٢٨٧	حساب مقنن التيار الدائم للكابلات (١٠٠٪ معامل قدرة)
هـ د ك -٢٩٨	معدات القطع والوصل والتحكم المغلفة بالمعدن ذات التيار المتردد لجهود مقننة أكبر من ١ ك.ف وحتى ٥٢ ك.ف
هـ د ك -٣٦٤	التركيبات الكهربائية للمباني
هـ د ك -٣٦٤-٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٣): تقييم الخصائص العامة
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم ٤١: الوقاية ضد الصدمة الكهربائية.
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٢	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٢): الوقاية ضد التأثيرات الحرارية
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٣): الوقاية ضد التيار الزائد
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٧	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٧): تدابير للوقاية من الصدمة الكهربائية.
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥١): قواعد عامة
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥٢	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥٢): نظم التمديدات الكهربائية
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥٣): معدات القطع والوصل والتحكم
هـ د ك -٣٦٤-٦	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٦): التحقق
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧٠١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧٠١: التركيبات الكهربائية في غرف الحمامات
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧٠٦	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧٠٦: المواقع الموصلة المقيدة
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧١٠	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧١٠: التركيبات في المعارض والمنصات والملاهي
هـ د ك -٤٢٠	المجموعات المؤتلفة لمفتاح - مصهر ذات التيار المتردد للجهد العالي.

هـ د ك -٤٣٩-١	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء الأول: المجموعات التي تم اختبار طرازها كلياً وجزئياً
هـ د ك -٤٣٩-٢	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء رقم (٢): المتطلبات الخاصة لنظم القنوات الحاوية لقضبان التوزيع (مجاري التوزيع)
هـ د ك -٤٣٩-٣	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء رقم (٣): المتطلبات الخاصة للمجموعات المعدة للتركيب في مواقع معرَّضة لاستخدام الأشخاص غير المهرة- لوحات التوزيع.
هـ د ك -٤٤٦	تمييز الموصلات بالألوان أو الأرقام
هـ د ك -٤٧٩-١	تأثيرات التيار المار خلال الجسم البشري - الجزء الأول- السمات العامة.
هـ د ك -٤٧٩-٢	تأثيرات التيار المار خلال الجسم البشري - الجزء رقم (٢): السمات الخاصة.
هـ د ك -٥٢٩	درجات الحماية التي توفرها الأغلفة الخارجية (النظام الرمزي IP)
هـ د ك -٦٤٤	مواصفات الصهيرات (أسلاك المصاهر) لتطبيقات دائرة المحرك
هـ د ك -٦٦٤	تناسق العزل للمعدات في نطاق نظم الجهد المنخفض
هـ د ك-٦٩٤	مواصفات عامة لمعدات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد العالي
هـ د ك -٧٢٤	دليل إرشادي لحدود درجات حرارة دائرة القصر للكابلات الكهربائية ذات الجهد الذي لا يزيد على ١/٠,٦ ك.ف
هـ د ك -٧٤٢	متطلبات المحولات العازلة والمحولات العازلة من أجل السلامة
هـ د ك -٧٥٥	متطلبات عامة للأجهزة الوقائية التي تعمل بالتيار المتبقي
هـ د ك -٧٨٧	دليل تطبيقي لاختيار الصهيرات ذات الجهد العالي لتطبيقات دائرة المحول
هـ د ك -٨٣١-١	مكثفات القدرة المتصلة على التوازي من النوع ذاتي الإلتئام لنظم التيار المتردد ذات جهد مقنن حتى ٦٦٠ فولت- الجزء الأول: عام- الاداء وطرق الاختبار والتقنين - متطلبات السلامة- دليل للتركيب والتشغيل.

٤/٢ جودة وسلامة تركيب كهربائي

تتم فقط بواسطة:

- الفحص الابتدائي لمطابقة التركيب الكهربائي،
- التحقق من مطابقة المعدات الكهربائية،
- الفحص الدوري

هل السلامة الدائمة للأشخاص وأمان التغذية للمعدات متحققاً.

٥/٢ الاختبار المبدئي للتركيبات

قبل أن تقوم الجهة المسئولة عن توزيع القدرة بتوصيل أحد التركيبات إلى شبكة التغذية يتم اجراء اختبارات كهربائية دقيقة وفحص عيني، يُعرف باختبارات ما قبل الترخيص ، وذلك عن طريق الجهة المسئولة أو وكيلها للتأكد من أن التركيبات قد تمت بشكل سليم ومقبول .

هذه الاختبارات تجرى طبقاً للوائح محلية (حكومية و/أو مؤسساتية)، والتي قد تختلف قليلاً من بلد إلى آخر. ومع ذلك فإن أسس جميع هذه اللوائح تعتبر مشتركة وتعتمد على الملاحظة الدقيقة لقواعد الأمان الصارمة الموجودة في تصميم التركيبات.

إن مواصفات هـ د ك ٣٦٤ والمواصفات القياسية ذات العلاقة التي يشملها هذا الدليل تعتمد على الإجماع الدولي لهذه الاختبارات والمعدة لتغطي جميع تدابير السلامة والتطبيقات العملية المعتمدة للتركيبات والتي تكون مطلوبة عادة للمباني السكنية والتجارية ومعظم المباني الصناعية.

وعلى أي حال فإن كثيراً من الصناعات لديها لوائح إضافية تتعلق بسلعة معينة (مثل البترول والفحم والغاز الطبيعي ..الخ) هذه المتطلبات الإضافية هي خارج مجال هذا الدليل.

إن اختبارات ما قبل الترخيص الكهربائية، واختبارات الفحص العيني للتركيبات في المباني تشمل ما يلي:

- اختبارات العزل لجميع موصلات الكابلات والتمديدات للتركيبات الثابتة، بين الأطوار وبين الأطوار والأرض.
- اختبارات الاستمرارية والموصلية للموصلات الوقائية والمتساوية الجهد والربط الأرضي.

لتحقق من أن جميع الأجزاء المعدنية المكشوفة أو الدخيلة مؤرضة بشكل جيد (حيثما كان ذلك مناسباً).

- التحقق من مسافات الخلوص في غرف الحمامات .. الخ.

تعتبر هذه الاختبارات والتحقيقات أساسية (ولكنها ليست شاملة) لمعظم التركيبات على الرغم من أن العديد من الاختبارات والقواعد الأخرى تشملها اللوائح التي تغطي حالات خاصة، مثلاً: التركيبات ذات نظام تأريض TN أو TT أو IT أو التركيبات التي تعتمد على دوائر ذات عزل فئة ٢ أو التي تعمل بجهد أمان فائق الانخفاض SELV، والمواقع الخاصة.. الخ.

إن الغرض من هذا الدليل هو لفت الانتباه إلى السمات الخاصة لأنواع التركيبات المختلفة، ولبيان القواعد الأساسية التي يجب اتباعها والتقيد بها لتحقيق مستوى جودة مقبول، والذي يضمن أداء آمناً وخال من المشاكل .

إن الطرق الموصى بها في هذا الدليل – والمعدلة حسب الضرورة لتتوافق مع أي تغييرات ممكنة تفرضها الجهات المحلية المسئولة عن التغذية بالكهرباء– معدة لاستيفاء جميع اختبارات ما قبل الترخيص ومتطلبات الفحص بشكل مرضٍ ومقبول.

	■ اختبارات مقاومة أقطاب التأريض بالنسبة للتأريض البعيد. ■ التحقق من عدد المقابس المسموح به لكل دائرة. التحقق من مساحة مقطع جميع الموصلات وملاءمتها للسيطرة على مستويات دائرة القصر مع الأخذ في الاعتبار الأجهزة الوقائية المرتبطة والمواد وظروف التركيبات لهذه الموصلات (في الهواء أو داخل مواسير.. الخ).	
٦/٢ اختبارات الفحص الدوري للتركيبات	في كثير من البلدان يجب أن يتم إعادة الاختبار بشكل دوري لجميع التركيبات في المباني الصناعية والتجارية وللتركيبات في المباني المستخدمة في التجمعات العامة، وتتم هذه الاختبارات بواسطة وكلاء مسئولين. يوضح الجدول ب٣ تكرار الاختبارات السابق وصفها طبقاً لنوع التركيب ذي العلاقة .	
	التركيبات التي تتطلب حماية للمستخدمين	■ المواقع التي يتواجد فيها خطورةسنوياً التعرية أو الحريق أو الانفجار. ■ التركيبات المؤقتة عند مواقع العمل ■ المواقع التي يوجد بها تركيبات جهد عالي ■ لمواقع الموصلة المقيدة والتي يستخدم بها معدات متحركة.
		حالات أخرى — كل ٣ سنوات
مطابقة الجهاز للمواصفات القياسية المعنية يمكن أن يصادق عليها بعدة طرق.	**تركيبات في المباني التي تستخدم للتجمعات العامة حيث الوقاية ضد أخطار الحريق والهروب الجماعي مطلوبة.**	طبقاً لنوع المؤسسة وسعتها لاستقبال الجمهور، فإن فترة إعادة الاختبار سوف تتغير من سنة إلى ثلاث سنوات
	تركيبات مباني سكنية	طبقاً للوائح المحلية

الجدول ب٣: تكرار اختبارات الفحص التي يوصى بها عادة لتركيب كهربائي

٧/٢ مطابقة (مع المواصفات القياسية والمواصفات) المعدات المستخدمة في التركيبات

تُعرِّف المواصفات القياسية طرق عديدة لضبط الجودة والتي تناظر حالات مختلفة مفضلة وذلك على مستويات الجودة المختلفة.

شهادة المطابقة:

مطابقة الجهاز للمواصفات القياسية المعنية يمكن التصديق عليها:

- بواسطة علامة مطابقة رسمية ممنوحة من هيئة المواصفات والمقاييس ذات العلاقة، أو
- بواسطة شهادة مطابقة صادرة من مختبر، أو
- بواسطة إعلان (تصريح) مطابقة من الصانع.

إعلان المطابقة

في الحالات التي يكون فيها الجهاز المطلوب له شهادة سوف يستخدم عن طريق أشخاص مؤهلين وذوي خبرة فإن إعلان المطابقة الذي يوفره الصانع (الذي يشمله المستندات الفنية) بالإضافة إلى علامة المطابقة على الجهاز المعني، تعتبر معترف بها كشهادة سارية.

وإذا كانت كفاءة الصانع محل شك، فإنه يمكن الحصول على شهادة مطابقة من مختبر مستقل معتمد.

علامة المطابقة

يتم نقش علامات المطابقة على الأجهزة الكهربائية والمعدات التي تستخدم عادة بواسطة أشخاص ليست لديهم الخبرة الفنية (مثلاً الأجهزة المنزلية) وللذين وضعت من أجلهم المواصفات القياسية والتي تسمح بأن تُنسب علامة المطابقة إلى جهة التقييس المسئولة (ويشار إليها عادة بـ علامة المطابقة).

شهادة تأكيد الجودة

إن عينات الاختبار التي تقدم إلى المختبر لا يمكن أن تضمن المطابقة لإنتاج تام الصنع: هذه الاختبارات تسمى اختبارات الطراز. في بعض اختبارات المطابقة للمواصفات القياسية، تتلف العينات (مثال ذلك الاختبارات على المصاهر). ويعتبر الصانع فقط الذي يمكنه أن يشهد بأن المنتجات المصنعة لديها في الواقع الخصائص المنصوص عليها.

إن شهادة تأكيد الجودة يقصد بها استكمال الإعلان الابتدائي أو شهادة المطابقة.

وكبرهان بأن التدابير الضرورية قد تم أخذها في الاعتبار لتأكيد جودة الإنتاج، فإن الصانع يحصل على شهادة نظام ضبط الجودة والتي تشير إلى طريقة تصنيع السلعة ذات العلاقة.

ويتم إصدار هذه الشهادات من هيئات متخصصة في ضبط الجودة وتعتمد على المواصفات القياسية الدولية ISO ٩٠٠٠ والمواصفات القياسية الأوربية المكافئة EN ٢٩٠٠٠ .

هذه المواصفات القياسية تعرِّف ثلاثة نظم نموذجية لضبط تأكيد الجودة مناظرة لحالات مختلفة مفضلة ذلك على مستويات الجودة المختلفة:

- النموذج ٣ يعرِّف تأكيد الجودة عن طريق الفحص واختبار المنتج النهائي .
- لنموذج (٢) يشمل، بالإضافة إلى فحص المنتج النهائي، التحقق من عمليات التصنيع. وتطبق هذه الطريقة – على سبيل المثال – على تصنيع المصاهر حيث يكون من غير الممكن فحص خصائص الأداء بدون تلف (تدمير) المصهر.
- النموذج (١) يناظر النموذج (٢)، ولكن مع متطلب إضافي بوجوب أن تكون جودة عمليات التصنيع دقيقة ويتم فحصها جيداً، مثلاً عندما لا يكون المقصود تصنيع واختبار نموذج أولي (حالة السلعة المصنَّعة وفقاً لمواصفات الزبون).

ب

دراسة طلبات القدرة الظاهرية الحقيقية ذات الأحمال المختلفة: خطوة أولية ضرورية في تصميم تركيبات الجهد المنخفض.

إن اختبار القيم الحقيقية للقدرة الظاهرية المطلوبة لكل حمل تمكن من ترسيخ ما يلي:

- طلب القدرة المعلنة الذي يحدد اتفاقية التغذية بالطاقة الكهربائية.
- مقنن المحول جهد عالي/جهد منخفض، حيثما كان ذلك قابلاً للتطبيق (مع السماح بالزيادات المتوقعة في الحمل.
- مستويات تيار الحمل عند لوحة توزيع.

١/٣ المحركات الحثية

القدرة الاسمية بالكيلو واط (Pn) لمحرك تبين قدرة الخرج الميكانيكية المكافئة المقننة. القدرة الظاهرة (كيلو فولت أمبير) (Pa) المغذاه للمحرك تعتبر دالة لكل من قدرة الخرج وكفاءة المحرك ومعامل القدرة.

$$Pa = \frac{Pn}{\eta \cos\varphi}$$

طلب التيار

يعطي تيار الحمل الكامل Ia المغذى للمحرك بالعلاقة التالية:

محرك ثلاثي الطور:

$$Ia = \frac{Pn \times 1000}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos\varphi}$$

محرك أحادي الطور:

$$Ia = \frac{Pn \times 1000}{U \times \eta \times \cos\varphi}$$

حيث:

Ia :طلب التيار (بالأمبير)

Pn :القدرة الاسمية (بالكيلو واط للقدرة الفعّالة

U : الجهد بين الأطوار للمحركات ثلاثية الطور والجهد بين أطراف التوصيل للمحركات أحادية الطور (بالفولت). المحرك الأحادي الطور يمكن توصيله طور– إلى – محايد أو طور–إلى طور.

η : كفاءة لكل وحدة، أي

$$\frac{\text{قدرة الخرج بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}$$

$\cos\varphi$: معامل القدرة ، أي

$$\frac{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو فولت أمبير}}$$

تيار بدء الحركة للمحرك

سوف يكون تيار بدء الحركة (Id) للمحركات الحثية ثلاثية الطور، طبقاً لنوع المحرك كما يلي:

- بالنسبة لبدء الحركة مباشرة – على – الخط للمحركات من نوع قفص السنجاب:
  - Id = ٤,٢ إلى ٩ In للمحركات ذات قطبين
  - Id = ٤,٢ إلى ٧ In للمحركات ذات أكثر من قطبين (القيمة المتوسطة = ٦ In)، حيث In = تيار الحمل الكامل الاسمي للمحرك
- للمحركات ذات عضو دوّار بملفات (مع حلقات انزلاق)، ولمحركات التيار المستمر: تعتمد قيمة Id على قيمة مقاومة بدء الحركة في دوائر العضور الدوّار:

Id= 1.5 إلى 3 In

(القيمة المتوسطة 2.5 In)

- بالنسبة للمحركات الحثية التي يتم التحكم فيها باستخدام أجهزة ذات تردد متغيِّر بتغيير السرعة: (على سبيل المثال: ميكانيكا التحكم Altivar)، بفرض أن جهاز التحكم لديه التأثير لزيادة القدرة (كيلو واط) المغذاه لدائرة المحرك (أي الجهاز زائداً) بمقدار ١٠٪.

يكون من المفيد عموماً لأسباب فنية وماليه تقليل التيار المغذي للمحركات الحثية. وهذا يمكن تحقيقه بإستخدام مكثفات دون أن يكون لذلك تأثير على قدرة الخرج للمحركات.

تعويض القدرة غير الفعَّالة (كيلو فولت امبير غير فعَّال) المغذَّاه للمحركات الحثية

تطبيق هذه القاعدة على تشغيل المحركات الحثية يشار إليه عادة بـ »تحسين معامل القدرة« أو »تصحيح معامل القدرة«.

وطبقاً لما تم مناقشته في الفصل هـ، فإن القدرة الظاهرية (ك.ف.أ) المغذاه لمحرك حثي يمكن تخفيضها بشكل ملحوظ باستخدام مكثفات متصلة على التوازي.

تخفيض قدرة الدخل (ك.ف.أ) يعني تخفيض مناظر لتيار الدخل (حيث أن الجهد يظل ثابتاً) وينصح باستخدام تعويض القدرة غير الفعالة بشكل خاص للمحركات التي تعمل لفترات طويلة عند قدرة مخفضة.

جدول القيم النموذجية

يوضح الجدول ب٤- كدالة في القدرة الأسمية المقننة للمحركات- التيار المغذي للمحركات عند مستويات جهد مختلفة تحت ظروف غير تعويضية عادية. ونفس هذه المحركات تحت نفس الظروف ولكن تم تعويضها لتعمل عند معامل قدرة ٠,٩٣ (ظا ϕ = ٤٠.٠).

هذه القيم هي متوسطات وسوف تختلف إلى حد معين طبقاً لنوع المحرك والصانع المعني.

كما لاحظنا أعلاه فإن

$$\frac{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو فولت أمبير}} = \cos\varphi$$

لذلك فإن تخفيض قدرة الدخل (ك.ف.أ) سوف يؤدي إلى زيادة (أي تحسين قيمة ويمكن الحصول على التيار المغذي للمحرك بعد تصحيح معامل القدرة من العلاقة التالية:

$$Ia \times \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi'}$$

حيث $\cos\varphi$ معامل القدرة قبل التعويض و$\cos\varphi'$ معامل القدرة بعد التعويض وIa التيار الأصلي.

ملاحظة: الجهود المقننة لاحمال معينة المبوبة في الجدول ب٤ مازالت تعتمد على نظام الجهد ٢٢٠ / ٣٨٠ فولت. نظام الجهد القياسي الدولي الآن (منذ ١٩٨٣) هو ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت.

لتحويل قيم التيار المبينة والخاصة بمقنن محرك مُعطى بالأعمدة ٢٢٠ فولت و٣٨٠ فولت للتيارات المأخوذة بواسطة محركات ٢٣٠ فولت و٤٠٠ فولت لها نفس المقنن، فيتم الضرب في معامل ٠,٩٥

القدرة الاسمية Pn		η	بتعويض										بدون تعويض									
			φ جتا عند Pn	Pu	التيار عند جهود مختلفة								φ جتا عند Pn	مقاس للكثف ك ف أ غير فعال	Pu	التيار عند جهود مختلفة						
					أحادي الطور ٢٢٠ فولت	٣ الطور ٢٢٠	٣٨٠ فولت	٤٤٠ فولت	٥٠٠ فولت	٦٦٠ فولت					أحادي الطور ٢٢٠ فولت	٣ الطور ٢٢٠	٣٨٠ فولت	٤٤٠ فولت	٥٠٠ فولت	٦٦٠ فولت		
كيلو وات	HP حصان	%		ك ف أ	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير				ك ف أ	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير		
0.37	0.5	64	0.73	0.79	3.6	1.8	1.03	0.99	0.91	0.6	0.93	0.31	0.62	2.8	1.4	0.8	0.77	0.71	0.47			
0.55	0.75	68	0.75	1.1	4.7	2.75	1.6	1.36	1.21	0.9	0.93	0.39	0.87	3.8	2.2	1.3	1.1	1	0.72			
0.75	1	72	0.75	1.4	6	3.5	2	1.68	1.5	1.1	0.93	0.48	1.1	4.8	2.8	1.6	1.3	1.2	0.88			
1.1	1.5	75	0.79	1.9	8.5	4.4	2.6	2.37	2	1.5	0.93	0.63	1.6	7.2	3.7	2.2	2	1.7	1.3			
1.5	2	78	0.80	2.4	12	6.1	3.5	3.06	2.6	2	0.93	0.67	2.1	10.3	5.2	3	2.6	2.2	1.7			
2.2	3	79	0.80	3.5	16	8.7	5	4.42	3.8	2.8	0.93	0.99	3	13.7	7.5	4.3	3.8	3.3	2.4			
3	4	81	0.80	4.6	21	11.5	6.6	5.77	5	3.8	0.93	1.31	4	18	9.9	5.7	5	4.3	3.3			
3.7	5	82	0.80	5.6	25	13.5	7.7	7.1	5.9	4.4	0.93	1.59	4.8	22	11.6	6.6	6.1	5.1	3.8			
4	5.5	82	0.80	6.1	26	14.5	8.5	7.9	6.5	4.9	0.93	1.74	5.2	22	12.5	7.3	6.8	5.6	4.2			
5.5	7.5	84	0.83	7.9	35	20	11.5	10.4	9	6.6	0.93	1.80	7	31	17.8	10.3	9.3	8	5.9			
7.5	10	85	0.83	10.6	47	27	15.5	13.7	12	8.9	0.93	2.44	9.5	42	24	13.8	12.2	10.7	7.9			
9	12	86	0.85	12.3	-	32	18.5	16.9	13.9	10.6	0.93	2.4	11.3	-	29	16.9	15.4	12.7	9.7			
10	13.5	86	0.85	13.7	-	35	20	17.9	15	11.5	0.93	2.6	12.5	-	32	18	16.4	13.7	10.5			
11	15	87	0.86	14.7	-	39	22	20.1	16.4	14	0.93	2.50	13.6	-	36	20	19	17	13			
15	20	88	0.86	19.8	-	52	30	26.5	23	17.3	0.93	3.37	18.3	-	48	28	25	21	16			
18.5	25	89	0.86	24.2	-	64	37	32.8	28.5	21.3	0.93	4.12	22.4	-	59	34	30	26	20			
22	30	89	0.86	28.7	-	75	44	39	33	25.4	0.93	4.89	26.6	-	69	41	36	31	23			
25	35	89	0.86	33	-	85	52	45.3	39.4	30.3	0.93	5.57	30	-	79	48	42	36	28			
30	40	89	0.86	39	-	103	60	51.5	45	34.6	0.93	6.68	36	-	95	55	48	42	32			
33	45	90	0.86	43	-	113	68	58	50	39	0.93	7.25	39	-	104	63	54	46	36			
37	50	90	0.86	48	-	126	72	64	55	42	0.93	8.12	44	-	117	67	59	51	39			
40	54	91	0.86	51	-	134	79	67	60	44	0.93	8.72	47	-	124	73	62	55	41			
45	60	91	0.86	57	-	150	85	76	65	49	0.93	9.71	53	-	139	79	70	60	45			
51	70	91	0.86	65	-	170	98	83	75	57	0.93	11.10	60	-	157	91	77	68	53			
55	75	92	0.86	70	-	182	105	90	80	61	0.93	11.89	64	-	168	97	83	74	58			
59	80	92	0.87	74	-	195	112	97	85	66	0.93	10.98	69	-	182	105	91	80	62			
63	85	92	0.87	79	-	203	117	109	89	69	0.93	11.66	74	-	190	109	102	83	65			
75	100	92	0.87	94	-	240	138	125	105	82	0.93	13.89	88	-	225	129	117	98	77			
80	110	92	0.87	100	-	260	147	131	112	86	0.93	14.92	93	-	243	138	123	105	80			
90	125	92	0.87	112	-	295	170	146	129	98	0.93	16.80	105	-	276	159	137	121	92			
100	136	92	0.87	125	-	325	188	162	143	107	0.93	18.69	117	-	304	176	152	134	100			
110	150	93	0.87	136	-	356	205	178	156	118	0.93	20.24	127	-	333	192	167	146	110			
129	175	93	0.87	159	-	420	242	209	184	135	0.93	23.84	149	-	393	226	196	172	126			
132	180	94	0.87	161	-	425	245	215	187	140	0.93	24	151	-	398	229	201	175	131			
140	190	94	0.87	171	-	450	260	227	200	145	0.93	25.55	160	-	421	243	212	187	136			
147	200	94	0.87	180	-	472	273	236	207	152	0.93	26.75	168	-	442	255	221	194	142			
150	205	94	0.87	183	-	483	280	246	210	159	0.93	27.26	172	-	452	262	230	198	149			
160	220	94	0.87	196	-	520	300	256	220	170	0.93	29.15	183	-	486	281	239	206	159			
180	245	94	0.87	220	-	578	333	289	254	190	0.93	32.76	206	-	541	312	270	238	178			
185	250	94	0.87	226	-	595	342	295	263	200	0.93	33.79	212	-	557	320	276	246	187			
200	270	94	0.88	242	-	626	370	321	281	215	0.93	30.78	229	-	582	350	304	266	203			
220	300	94	0.88	266	-	700	408	353	310	236	0.93	33.81	252	-	662	386	334	293	222			
250	340	94	0.88	302	-	800	460	401	360	274	0.93	38.44	286	-	757	435	379	341	259			
257	350	94	0.88	311	-	826	475	412	365	280	0.93	39.45	294	-	782	449	390	345	265			
280	380	95	0.88	335	-	900	510	450	400	305	0.93	42.63	317	-	852	483	426	378	289			
295	400	95	0.88	353	-	948	548	473	416	320	0.93	44.80	334	-	897	517	448	394	303			
300	410	95	0.88	359	-	980	565	481	420	325	0.93	45.66	339	-	927	535	455	397	306			
315	430	95	0.88	377	-	990	584	505	445	337	0.93	47.98	356	-	937	553	478	421	319			
335	450	95	0.88	401	-	1100	620	518	472	365	0.93	51	379	-	1041	587	490	447	336			
355	480	95	0.88	425	-	1150	636	549	500	370	0.93	54	402	-	1088	602	519	473	350			
375	500	95	0.88	449	-	1180	670	575	527	395	0.93	57.1	424	-	1117	634	544	499	374			
400	545	95	0.88	476	-	1250	710	611	540	410	0.93	60.84	453	-	1183	672	578	511	388			
425	580	95	0.88	508	-	1330	760	650	574	445	0.93	64.60	481	-	1258	719	615	543	420			
445	600	95	0.88	532	-	1400	790	680	595	455	0.93	67.63	504	-	1325	748	643	563	431			
450	610	95	0.88	538	-	1410	800	690	608	460	0.93	68.50	509	-	1334	757	653	575	435			
475	645	95	0.88	568	-	1490	850	730	645	485	0.93	70.40	538	-	1410	804	691	610	459			
500	680	95	0.88	598	-	1570	900	780	680	515	0.93	72.26	566	-	1486	852	738	643	487			
530	720	95	0.88	634	-	1660	950	825	720	545	0.93	80.64	600	-	1571	899	781	681	516			
560	760	95	0.88	670	-	1760	1000	870	760	575	0.93	85.12	634	-	1665	946	823	719	544			
600	810	95	0.88	718	-	1880	1090	920	830	630	0.93	91.33	679	-	1779	1031	871	785	596			
630	855	95	0.88	754	-	1980	1100	965	850	645	0.93	95.81	713	-	1874	1041	913	804	610			
670	910	95	0.88	801	-	2100	1200	1020	910	690	0.93	101.88	758	-	1987	1135	965	861	653			
710	965	95	0.88	849	-	-	1260	1075	960	725	0.93	107.95	804	-	-	1192	1017	908	686			
750	1020	95	0.88	897	-	-	1350	1160	1020	770	0.93	114	849	-	-	1277	1098	965	729			
800	1090	95	0.88	957	-	-	1450	1250	1100	830	0.93	121.68	905	-	-	1372	1183	1041	786			
900	1220	95	0.88	1076	-	-	1610	1390	1220	925	0.93	136.86	1019	-	-	1523	1315	1154	875			
1100	1500	95	0.88	1316	-	-	1980	1700	1500	1140	0.93	167.35	1245	-	-	1874	1609	1419	1079			

الجدول ب ٤ : القدرة وقيم التيار للمحركات الحثية النموذجية.

تذكر:بعض الاعمدة تشير إلى محركات ٢٢٠ فولت و ٣٨٠فولت . المواصفة القياسية الدولية (هـ د ك ٣٨) الخاصة بنظام الجهد ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت تعتبر سارية منذ عام ١٩٨٣ . معامل التحويل لقيم التيار للمحركات ذات جهد ٢٣٠فولت و ٤٠٠فولت هو ٠,٩٥ كما لاحظنا في الصفحة السابقة.

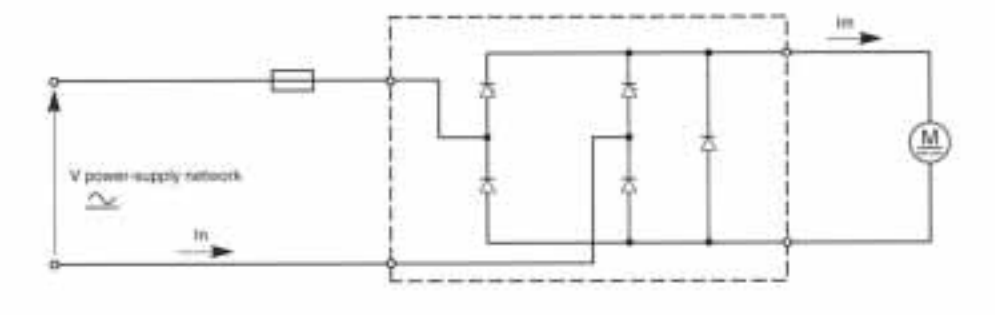
٢/٣ محركات التيار المستمر

ب

تستخدم محركات التيار المستمر – أساساً– لتطبيقات معينة والتي تتطلب عـزومـاً عاليـة جداً و/أو تحكـماً في تغـييـر السرعة (على سبيل المثال آلات الماكينات والكسَّارات .. الخ). وتزود هذه المحركـات بالقدرة من خلال مـغيـّرات تحكم في السرعة، تغذى من مصادر ذات نظام جهد ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت، ثلاثي الطور، تيار مـتردد، مثـال ذلك ريكتيفـار ٤ (ميكانيكا التحكم عن بعد).

قاعدة التـشغيل للمغـيّر لا تسمح بتحمـيل زائد شاق. لذلك فإن وسـيلة التـحكم في السرعـة، وخط التغـذية والوقـاية تعـتمـد على دورة تشـغيل المحـرك (مـثلاً ذروات تيـار بدء حركة متـعددة) أفضل من اعتمـادها على تيار الحمل الكامل عند حالة الاستقرار.

بالنسبة للقدرات ≥٤٠ كيلو واط ، فإن هـذا الحل يسـتبدل تدريجياً بجـهاز تغيير التردد بتـغيير السرعة ومـحرك غير متـزامن . ومازالت تستخـدم بادئات حركة تدريجـية و/أو مؤخرات حركة تدريجية .



شكل ب ٥: وسيلة تحكم في السرعة ذات قدرة منخفضة

الوزن كجم	رقم الكتالوج	GRADIVAR Ith أمبير	المحرك In أمبير	أقصى قدرة للمحرك ٤٤٠ ف ٦٠ هرتز ك.واط	٤١٥ ف ك.واط	٣٨٠ ف ك.واط	٢٢٠ ف ك.واط
١,٩٥	VR2-SA 2121	١٠	٧	–	٣,٣	٣	١,٥
١,٩٥	VR2-SA 2123	١٠	٧	٣,٥	–	–	–
٣,١٠	VR2-SA 2123	٢٠	١٢	–	٦	٥,٥	٤
٣,١٠	VR2-SA 2173	٢٠	١٢	٦,٥	–	–	–
٤,٩٠	VR2-SA 2211	٣٠	١٦	–	٨	٧,٥	٥,٥
٤,٩٠	VR2-SA 2213	٣٠	١٦	٨,٥	–	–	–
٥,٣٠	VR2-SA 2281	٦٠	٣٧	–	٢٠	١٨,٥	١١
٥,٣٠	VR2-SA 2283	٦٠	٣٧	٢١,٥	–	–	–
٥,٣٠	VR2-SA 2361	١٠٠	٦٠	–	٣٣	٣٠	١٨,٥
٥,٣٠	VR2-SA 2363	١٠٠	٦٠	٣٥	–	–	–
٥,٤٠	VR2-SA 2401	١٣٠	٧٢	–	٤٠	٣٧	٢٢
٥,٤٠	VR2-SA 2403	١٣٠	٧٢	٤٢	–	–	–
١٠,٠٠	VR2-SA 2441	٢٠٠	١٠٥	–	٦٠	٥٥	–
١٠,٠٠	VR2-SA 2443	٢٠٠	١٠٥	٦٣	–	–	–

الجدول رقم ب ٦: بادئات حركة متدرجة ذات انحدار في الجهد

الوزن كجم	رقم الكتالوج	GRADIVAR Ith أمبير	المحرك In أمبير	أقصى قدرة للمحرك ٤٤٠ ف ٦٠ هرتز ك.واط	٤١٥ ف ك.واط	٣٨٠ ف ك.واط	٢٢٠ ف ك.واط
٣,٣٠	VR2-SA 3171	٢٠	١٢	–	٦	٥,٥	٤
٣,٣٠	VR2-SA 3173	٢٠	١٢	٦,٥	–	–	–
٥,١٠	VR2-SA 3211	٣٠	١٦	–	٨	٧,٥	٥,٥
٥,١٠	VR2-SA 3213	٣٠	١٦	٨,٥	–	–	–
٥,٥٠	VR2-SA 3281	٦٠	٣٧	–	٢٠	٨,٥	١١
٥,٥٠	VR2-SA 3283	٦٠	٣٧	٢١,٥	–	–	–
٥,٥٠	VR2-SA 3361	١٠٠	٦٠	–	٣٣	٣٠	١٨,٥
٥,٥٠	VR2-SA 3363	١٠٠	٦٠	٣٥	–	–	–
٥,٦٠	VR2-SA 3401	١٣٠	٧٢	–	٤٠	٣٧	٢٢
٥,٦٠	VR2-SA 3403	١٣٠	٧٢	٤٢	–	–	–
١١,٠٠	VR2-SA 3441	٢٠٠	١٠٥	–	٦٠	٥٥	–
١١,٠٠	VR2-SA 3443	٢٠٠	١٠٥	٦٣	–	–	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3481	٣٥٠	١٤٠	–	٨٠	٧٥	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3483	٣٥٠	١٤٠	٩٠	–	–	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3521	٥٣٠	٢٤٥	–	١٤٠	١٣٢	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3523	٥٣٠	٢٤٥	١٤٧	–	–	–

الجدول رقم ب ٧: بادئات حركة متدرجة ذات تحديد للتيار

Schneider Electric

ب

إن دراسة التركيبات الكهربائية باستخدام هذا الدليل الإرشادي ، تتطلب قراءة محتوياته بالكامل وطبقاً لترتيب الفصول الواردة به .

الفصل المناظر

ب-عام- القدرة المركبة

قائمة طلبات القدرة:

تتطلب دراسة تركيب كهربائي مقترح الفهم الدقيق لجميع القواعد واللوائح التي تنظمه. إن معرفة أساليب التشغيل للأجهزة المستهلكة للقدرة، مثلاً »الأحمال« (الطلب عند حالة الاستقرار، ظروف بدء التشغيل، التشغيل غير المتزامن، الخ)، مع معرفة موقع وسعة كل حمل حسب المخطط الأفقي للمبنى ، يتطلب عمل قائمة بطلبات القدرة التي سوف يتم حصرها. ويجب أن تشتمل القائمة على القدرة الكلية للأحمال المركبة، بالإضافة إلى تقدير للأحمال الحقيقية التي سوف يتم تغذيتها حسب ما هو مستنتج من أساليب التشغيل.

ومن خلال هذه البيانات فإن القدرة المطلوبة من مصدر التغذية (وحيثما يكون مناسباً) عدد المصادر الضرورية لتغذية المنشأة بشكل مناسب، تكون جاهزة للحصول عليها. كذلك فإن المعلومات المحلية المتعلقة بهيكل التعرفة تعتبر مطلوبة أيضاً ، حيث يسمح ذلك بالاختيار الافضل بترتيب التوصيل مع شبكة التغذية بالقدرة ، مثلاً عند الجهد العالي أو الجهد المنخفض.

توصيل الخدمة

جـ- محطات توزيع جهد عالي/ جهد منخفض (ج ع/ج م)

هذه التوصيلة يمكن اجراؤها عند:

■ **الجهد العالي:**

يجب أن تتم دراسة محطة المحولات الفرعية الخاصة بالمستهلك، وأن يتم بناؤها وتجهيزها. ويمكن أن تكون هذه المحطة الفرعية مقامة خارج أو داخل المبنى، وأن تكون مطابقة للمواصفات القياسية واللوائح التنظيمية المعنية (يمكن دراسة الجزء الخاص بالجهد المنخفض على حده، إذا كان ضرورياً) . وفي هذه الحالة يكون من الممكن وضع عدادات القياس عند الجهد العالي أو الجهد المنخفض.

■ **الجهد المنخفض:**

د- توصيلات خدمة ذات جهد منخفض

يتم توصيل المنشأة إلى شبكة القدرة المحلية وتصمم عداداتها تبعاً لتعرفة الجهد المنخفض.

الطاقة غير الفعالة

هـ- تحسين معامل القدرة

إن تعويض الطاقة غير الفعَّالة في التركيبات الكهربائية يتعلق عادة بتحسين معامل القدرة فقط، ويتم إجراء ذلك إما

محلياً (أي في موقع التركيبات) أو بشكل شامل أو بالطريقتين معاً.

توزيع الجهد المنخفض:

و- التوزيع في نطاق تركيبات جهد منخفض

تتم دراسة شبكة التوزيع للتركيبات جميعها كنظام كامل. ويحدد عدد وخصائص مصادر التغذية الاحتياطية للطوارىء. ويتم اختيار توصيلات الربط الأرضي وترتيبات المحايد المؤرض تبعاً للوائح التنظيمية المحلية والقيود المتعلقة بتغذية القدرة وطبيعة الأحمال المركبة.

ويتم تحديد المكونات المعدنية للتوزيع وكذلك لوحات التوزيع وممرات الكابلات من خلال المخططات الخاصة بالمبنى وكذلك تحديد موقع التركيبات ومجموعة الأحمال.

يمكن أن تؤثر أنوا ع المواقع ، والأنشطة التي تمارس فيها، على مستوى مقاومتها للتأثيرات الخارجية.

الحماية ضد الصدمة الكهربائية

ز- الحماية ضد الصدمة الكهربائية

يظل نظام التأريض (TT أو IT أو TN) السابق تعيينه موجوداً لكي يحقق وقاية للأشخاص ضد أضرار التلامس المباشر أو غير المباشر لاختيار خطة مناسبة للوقاية.

الدوائر ومفاتيح القطع والوصل

تتم دراسة كل دائرة بعد ذلك تفصيلياً, وبمعرفة التيارات المقننة للأحمال، فإنه يمكن تحديد مستوى تيار دائرة القصر، ونوع الجهاز الوقائي، ومساحة مقطع موصلات الدائرة، مع الأخذ في الاعتبار طبيعة ممرات الكابلات وتأثيرها على تقنين التيار للموصلات.

قبل اعتماد مقاس الموصل المبين أعلاه، يجب أن تكون المتطلبات التالية مُرضية:

- أن يتوافق الهبوط في الجهد مع المواصفة القياسية المعنية.
- أن يكون بدء حركة المحركات مقبولاً.
- أن تكون الحماية ضد الصدمة الكهربائية مضمونة ومؤكدة.

ح١- وقاية الدوائر

بعد ذلك يتم تعيين تيار دائرة القصر ISC، كما يتم التحقق من إمكانية التحمل الحراري والكهروديناميكي للدائرة نتيجة مرور التيار ISC.

هذه الحسابات قد تبين ضرورة استخدام موصل ذي مساحة مقطع مختلف عن ذلك الذي تم اختياره.

ح٢- جهاز الوصل والفصل

الأداء المطلوب من جهاز الوصل والفصل سوف يحدد نوعه وخصائصه .

يتم اختبار استخدام تقنيات تعاقبية. والتشغيل المميز للمصاهر وفصل قواطع الدائرة.

مصادر التغذية والاحمال الخاصة

ي- مصادر التغذية والأحمال الخاصة

يتم دراسة عناصر خاصة بالمحطة والمعدات .

- مصادر التغذية الخاصة مثل مولدات التيار المتردد أو المغيِّرات.
- الأحمال الخاصة ذات خصائص معيَّنة مثل المحركات الحثية ،دوائر الإضاءة أو محولات ج م / ج ع، أو
- النظم الخاصة مثل شبكات التيار المستمر.

المباني السكنية والمباني المشابهة والمواقع الخاصة

ل-المباني السكنية والمباني المشابهة والمواقع الخاصة

تخضع بعض المباني والمواقع للوائح تنظيمية مقيِّدة: ولعل المثال الأكثر شيوعاً لذلك هو المنازل الأهلية.

برامج الحاسوب الآلي (Ecodial ٢.٢)

يوفر الحاسوب الآلي (Ecodial ٢.٢) رؤية كاملة وتصميماً شاملاً لتركيبات الجهد المنخفض، طبقاً للمواصفات القياسية وتوصيات الهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC).

ويشمل ذلك السمات التالية:

- تصميم مخططات ذات خط مفرد
- حساب تيارات دائرة القصر
- حساب قيم الهبوط في الجهد
- المقاسات المثلى للكابلات
- المقننات المطلوبة لأجهزة الفصل والوصل والمصاهر
- حُسن التمييز للأجهزة الوقائية
- توصيات لوضع خطط مترابطة متعاقبه
- التحقق من وقاية الأشخاص
- إمكانية استخراج طبعات شاملة للبيانات التصميمية المحسوبة السابقة.

(Ecodial 2.2)هو مُنتج لشركة مارلين جيرين ومتوفر باللغتين الفرنسية والانجليزية.

ب

إن الذي يحكم التركيبات الكهربائية ذات الجهد المنخفض هو مجموعة النصوص التنظيمية والاستشارية، والتي يمكن أن تصنف كالتالي:

- لوائح نظامية (مثل المراسيم التشريعية وقوانين المصانع ... الخ).
- اللوائح التطبيقية والنظم الصادرة عن المعاهد المتخصصة ومواصفات الأشغال.
- المواصفات القياسية الوطنية والدولية الخاصة بالتركيبات.
- المواصفات القياسية الوطنية والدولية الخاصة بالمنتجات.

١/٢ تعريف مدى الجهد

الجهود القياسية للهيئة الدولية الكهروتقنية والتوصيات.

نظم ثلاثة اطوار، ٤ سلك أو ٣ سلك	نظام احادية الطور ، ٣ سلك
الجهد الأسمي (فولت)	الجهد الأسمي (فولت)
–	٢٤٠/١٢٠
٤٠٠/٢٣٠ (١)	–
٤٨٠/٢٧٧ (٢)	–
٦٩٠/٤٠٠ (١)	–
١٠٠٠	–

الجدول ب١: الجهود القياسية بين ١٠٠ فولت و١٠٠٠ فولت (هـ د ك IEC ١٩٨٣/٣٨).

١) الجهود الاسمية للنظم الموجودة ، ٢٢٠/٣٨٠ فولت و٢٤٠/٤١٥ فولت يجب أن تتطور في اتجاه القيمة المقترحة لنظام الجهد ٢٣٠/٤٠٠ فولت. ينبغي أن تكون فترة الانتقال قصيرة بقدر الإمكان ، وألا تتعدى ٢٠ عاماً بعد صدور هذه النشرة الدولية (IEC). خلال هذه الفترة –وكخطوة أولى– فإن الجهات المسئولة عن توزيع الكهرباء ذات نظم الجهد ٢٢٠/٣٨٠ فولت ينبغي أن تعمل على جعل الجهد في نطاق المدى ٢٣٠/٤٠٠ فولت + ٦٪ –١٠٪، وفي البلاد الأخرى ذات نظام الجهد ٢٤٠/٤١٥ فولت ينبغي أن تعمل على جعل الجهد في نطاق المدى ٢٣٠/٤٠٠ فولت + ١٠٪–٦٪. وفي نهاية هذه الفترة الانتقالية فإن التفاوت ٢٣٠/٤٠٠ فولت (١٠٪ ينبغي أن يكون متحققاً، بعد ذلك فإن تخفيض هذا المدى سوف يؤخذ في الاعتبار. تطبق جميع الاعتبارات الأخرى أيضاً على القيمة الحالية ٣٨٠/٦٦٠ فولت بالنسبة للقيمة المقترحة ٤٠٠/٦٩٠ فولت.

٢) لا تستخدم بالإضافة إلى نظام جهد ٢٣٠/٤٠٠ فولت أو ٤٠٠/٦٩٠ فولت.

نظم ٥٠ هرتز و٦٠ هرتز				نظم ٦٠ هرتز	
السلسلة I				السلسلة II (تطبيق أمريكا الشمالية)	
الجهد الاسمي للنظام (ك.ف)		أعلى جهد للجهاز (ك.ف)		أعلى جهد للجهاز (ك.ف)	الجهد الاسمي للنظام (ك.ف)
(١) ٣,٦	(١) ٣.٣	(١) ٣		(١) ٤,٤٠	(١) ٤,١٦
(١) ٧,٢	(١) ٦.٦	(١) ٦		–	–
(١) ١٢	١١	١٠		–	–
–	–	–		(٢) ١٣,٢	(٢) ١٢,٤٧
–	–	–		(٢) ١٣,٩٧	(٢) ١٣,٢
–	–	–		(١) ١٤,٥٢	(١) ١٣,٨
(١٧,٥)	–	(١٥)		–	–
٢٤	٢٢	٢٠		–	–
–	–	–		(٢) ٢٦,٤	(٢) ٢٤,٩٤
(٣) ٣٦	(٣) ٣٣	–		–	–
–	–	–		(٢) ٣٦,٥	(٢) ٣٤,٥
(٣) ٤٠,٥	–	(٣) ٣٥		–	–

الجدول ب٢: الجهود القياسية التي تزيد على ١ ك.ف ولا تتجاوز ٣٥ ك.ف (هـ د ك ١٩٨٣/٣٨)

* هذه النظم هي على العموم نظم ٣ أسلاك ، ما لم يذكر خلاف ذلك. القيم المبينة هي جهود بين الأطوار. القيم التي بين الأقواس تعتبر قيماً غير مفضلة، ويوصى بعدم استخدامها لنظم جديدة يتم إنشاؤها في المستقبل.

١) ينبغي عدم استخدام هذه القيم لنظم التوزيع الشائعة.

٢) هذه النظم هي عامة نظم ٤ أسلاك.

٣) توحيد هذه القيم قيد الدراسة .

٢/٢ لوائح

في معظم البلاد، يجب أن تتوافق التركيبات الكهربائية مع أكثر من مجموعة واحدة من اللوائح الصادرة من الجهات الوطنية المسئولة أو من جهات خاصة أخرى معترف بها. ومن الضروري أن يؤخذ في الاعتبار هذه القيود المحلية قبل البدء في التصميم.

٣/٢ المواصفات القياسية

يعتمد هذا الدليل الإرشادي على المواصفات القياسية للهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC) (هـد.ك) ذات العلاقة، خاصة هـ د ك ٣٦٤. وقد تأسست هـ د ك ٣٦٤ بواسطة خبراء في المجال الطبي والهندسي من جميع البلدان في العالم،

هـ د ك – ٣٨	الجهود القياسية
هـ د ك – ٥٦	قواطع الدائرة ذات التيار المتردد للجهد العالي
هـ د ك – ٧٦-٢	محولات القدرة– الجزء رقم (٢): الارتفاع في درجة الحرارة
هـ د ك – ٧٦-٣	محولات القدرة– الجزء رقم (٣): مستويات العزل واختبارات العزل الكهربائي
هـ د ك – ١٢٩	فواصل ومفاتيح التأريض ذات التيار المتردد
هـ د ك – ١٤٦	المتطلبات العامة ومغيرات توحيد الخط
هـ د ك – ١٤٦-٤	المتطلبات العامة ومغيرات توحيد الخط– الحزء رقم (٤): طرق تحديد اداء ومتطلبات اختبار لنظم القدرة غير القابلة للقطع.
هـ د ك –٢٦٥-١	مفاتيح الجهد العالي– الجزء الأول: مفاتيح الجهد العالي لجهود مقننة أكبر من ١ ك.ف وأقل من ٥٢ ك.ف.

ب

هـ د ك -٢٦٩-١	مصاهر الجهد المنخفض - الجزء الأول: متطلبات عامة
هـ د ك -٢٦٩-٣	مصاهر الجهد المنخفض- الجزء رقم (٣): متطلبات إضافية للمصاهر المستخدمة بواسطة أشخاص غير مهرة (المصاهر المستخدمة أساساً بالمنازل والتطبيقات المشابهة)
هـ د ك -٢٨٢-١	مصاهر الجهد العالي- الجزء الأول: المصاهر المحدة للتيار
هـ د ك -٢٨٧	حساب مقنن التيار الدائم للكابلات (١٠٠٪ معامل قدرة)
هـ د ك -٢٩٨	معدات القطع والوصل والتحكم المغلفة بالمعدن ذات التيار المتردد لجهود مقننة أكبر من ١ ك.ف وحتى ٥٢ ك.ف
هـ د ك -٣٦٤	التركيبات الكهربائية للمباني
هـ د ك -٣٦٤-٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٣): تقييم الخصائص العامة
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم ٤١: الوقاية ضد الصدمة الكهربائية.
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٢	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٢): الوقاية ضد التأثيرات الحرارية
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٣): الوقاية ضد التيار الزائد
هـ د ك -٣٦٤-٤-٤٧	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٤): الوقاية من أجل السلامة- القسم رقم (٤٧): تدابير للوقاية من الصدمة الكهربائية.
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥١): قواعد عامة
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥٢	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥٢): نظم التمديدات الكهربائية
هـ د ك -٣٦٤-٥-٥٣	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٥): اختيار وتركيب المعدات الكهربائية- القسم رقم (٥٣): معدات القطع والوصل والتحكم
هـ د ك -٣٦٤-٦	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٦): التحقق
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧٠١	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧٠١: التركيبات الكهربائية في غرف الحمامات
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧٠٦	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧٠٦: المواقع الموصلة المقيدة
هـ د ك -٣٦٤-٧-٧١٠	التركيبات الكهربائية للمباني- الجزء رقم (٧): متطلبات للتركيبات والمواقع الخاصة - القسم رقم ٧١٠: التركيبات في المعارض والمنصات والملاهي
هـ د ك -٤٢٠	المجموعات المؤتلفة لمفتاح - مصهر ذات التيار المتردد للجهد العالي.

هـ د ك -٤٣٩-١	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء الأول: المجموعات التي تم اختبار طرازها كلياً وجزئياً
هـ د ك -٤٣٩-٢	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء رقم (٢): المتطلبات الخاصة لنظم القنوات الحاوية لقضبان التوزيع (مجاري التوزيع)
هـ د ك -٤٣٩-٣	مجموعات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد المنخفض- الجزء رقم (٣): المتطلبات الخاصة للمجموعات المعدة للتركيب في مواقع معرَّضة لاستخدام الأشخاص غير المهرة- لوحات التوزيع.
هـ د ك -٤٤٦	تمييز الموصلات بالألوان أو الأرقام
هـ د ك -٤٧٩-١	تأثيرات التيار المار خلال الجسم البشري - الجزء الأول- السمات العامة.
هـ د ك -٤٧٩-٢	تأثيرات التيار المار خلال الجسم البشري - الجزء رقم (٢): السمات الخاصة.
هـ د ك -٥٢٩	درجات الحماية التي توفرها الأغلفة الخارجية (النظام الرمزي IP)
هـ د ك -٦٤٤	مواصفات الصهيرات (أسلاك المصاهر) لتطبيقات دائرة المحرك
هـ د ك -٦٦٤	تناسق العزل للمعدات في نطاق نظم الجهد المنخفض
هـ د ك-٦٩٤	مواصفات عامة لمعدات القطع والوصل والتحكم ذات الجهد العالي
هـ د ك -٧٢٤	دليل إرشادي لحدود درجات حرارة دائرة القصر للكابلات الكهربائية ذات الجهد الذي لا يزيد على ١/٠,٦ ك.ف
هـ د ك -٧٤٢	متطلبات المحولات العازلة والمحولات العازلة من أجل السلامة
هـ د ك -٧٥٥	متطلبات عامة للأجهزة الوقائية التي تعمل بالتيار المتبقي
هـ د ك -٧٨٧	دليل تطبيقي لاختيار الصهيرات ذات الجهد العالي لتطبيقات دائرة المحول
هـ د ك -٨٣١-١	مكثفات القدرة المتصلة على التوازي من النوع ذاتي الإلتئام لنظم التيار المتردد ذات جهد مقنن حتى ٦٦٠ فولت- الجزء الأول: عام- الاداء وطرق الاختبار والتقنين - متطلبات السلامة- دليل للتركيب والتشغيل.

٤/٢ جودة وسلامة تركيب كهربائي

تتم فقط بواسطة:

- الفحص الابتدائي لمطابقة التركيب الكهربائي،
- التحقق من مطابقة المعدات الكهربائية،
- الفحص الدوري

هل السلامة الدائمة للأشخاص وأمان التغذية للمعدات متحققاً.

٥/٢ الاختبار المبدئي للتركيبات

قبل أن تقوم الجهة المسئولة عن توزيع القدرة بتوصيل أحد التركيبات إلى شبكة التغذية يتم اجراء اختبارات كهربائية دقيقة وفحص عيني، يُعرف باختبارات ما قبل الترخيص ، وذلك عن طريق الجهة المسئولة أو وكيلها للتأكد من أن التركيبات قد تمت بشكل سليم ومقبول .

هذه الاختبارات تجرى طبقاً للوائح محلية (حكومية و/أو مؤسساتية)، والتي قد تختلف قليلاً من بلد إلى آخر. ومع ذلك فإن أسس جميع هذه اللوائح تعتبر مشتركة وتعتمد على الملاحظة الدقيقة لقواعد الأمان الصارمة الموجودة في تصميم التركيبات.

إن مواصفات هـ د ك ٣٦٤ والمواصفات القياسية ذات العلاقة التي يشملها هذا الدليل تعتمد على الإجماع الدولي لهذه الاختبارات والمعدة لتغطي جميع تدابير السلامة والتطبيقات العملية المعتمدة للتركيبات والتي تكون مطلوبة عادة للمباني السكنية والتجارية ومعظم المباني الصناعية.

وعلى أي حال فإن كثيراً من الصناعات لديها لوائح إضافية تتعلق بسلعة معينة (مثل البترول والفحم والغاز الطبيعي ..الخ) هذه المتطلبات الإضافية هي خارج مجال هذا الدليل.

إن اختبارات ما قبل الترخيص الكهربائية، واختبارات الفحص العيني للتركيبات في المباني تشمل ما يلي:

- اختبارات العزل لجميع موصلات الكابلات والتمديدات للتركيبات الثابتة، بين الأطوار وبين الأطوار والأرض.
- اختبارات الاستمرارية والموصلية للموصلات الوقائية والمتساوية الجهد والربط الأرضي.

لتحقق من أن جميع الأجزاء المعدنية المكشوفة أو الدخيلة مؤرضة بشكل جيد (حيثما كان ذلك مناسباً).

- التحقق من مسافات الخلوص في غرف الحمامات .. الخ.

تعتبر هذه الاختبارات والتحقيقات أساسية (ولكنها ليست شاملة) لمعظم التركيبات على الرغم من أن العديد من الاختبارات والقواعد الأخرى تشملها اللوائح التي تغطي حالات خاصة، مثلاً: التركيبات ذات نظام تأريض TN أو TT أو IT أو التركيبات التي تعتمد على دوائر ذات عزل فئة ٢ أو التي تعمل بجهد أمان فائق الانخفاض SELV، والمواقع الخاصة.. الخ.

إن الغرض من هذا الدليل هو لفت الانتباه إلى السمات الخاصة لأنواع التركيبات المختلفة، ولبيان القواعد الأساسية التي يجب اتباعها والتقيد بها لتحقيق مستوى جودة مقبول، والذي يضمن أداء آمناً وخال من المشاكل .

إن الطرق الموصى بها في هذا الدليل – والمعدلة حسب الضرورة لتتوافق مع أي تغييرات ممكنة تفرضها الجهات المحلية المسئولة عن التغذية بالكهرباء– معدة لاستيفاء جميع اختبارات ما قبل الترخيص ومتطلبات الفحص بشكل مرضٍ ومقبول.

	■ اختبارات مقاومة أقطاب التأريض بالنسبة للتأريض البعيد. ■ التحقق من عدد المقابس المسموح به لكل دائرة. التحقق من مساحة مقطع جميع الموصلات وملاءمتها للسيطرة على مستويات دائرة القصر مع الأخذ في الاعتبار الأجهزة الوقائية المرتبطة والمواد وظروف التركيبات لهذه الموصلات (في الهواء أو داخل مواسير.. الخ).	
٦/٢ اختبارات الفحص الدوري للتركيبات	في كثير من البلدان يجب أن يتم إعادة الاختبار بشكل دوري لجميع التركيبات في المباني الصناعية والتجارية وللتركيبات في المباني المستخدمة في التجمعات العامة، وتتم هذه الاختبارات بواسطة وكلاء مسئولين. يوضح الجدول ب٣ تكرار الاختبارات السابق وصفها طبقاً لنوع التركيب ذي العلاقة .	
	التركيبات التي تتطلب حماية للمستخدمين	■ المواقع التي يتواجد فيها خطورةسنوياً التعرية أو الحريق أو الانفجار. ■ التركيبات المؤقتة عند مواقع العمل ■ المواقع التي يوجد بها تركيبات جهد عالي ■ لمواقع الموصلة المقيدة والتي يستخدم بها معدات متحركة.
		حالات أخرى — كل ٣ سنوات
مطابقة الجهاز للمواصفات القياسية المعنية يمكن أن يصادق عليها بعدة طرق.	**تركيبات في المباني التي تستخدم للتجمعات العامة حيث الوقاية ضد أخطار الحريق والهروب الجماعي مطلوبة.**	طبقاً لنوع المؤسسة وسعتها لاستقبال الجمهور، فإن فترة إعادة الاختبار سوف تتغير من سنة إلى ثلاث سنوات
	تركيبات مباني سكنية	طبقاً للوائح المحلية

الجدول ب٣: تكرار اختبارات الفحص التي يوصى بها عادة لتركيب كهربائي

٧/٢ مطابقة (مع المواصفات القياسية والمواصفات) المعدات المستخدمة في التركيبات

تُعرِّف المواصفات القياسية طرق عديدة لضبط الجودة والتي تناظر حالات مختلفة مفضلة وذلك على مستويات الجودة المختلفة.

شهادة المطابقة:

مطابقة الجهاز للمواصفات القياسية المعنية يمكن التصديق عليها:

- بواسطة علامة مطابقة رسمية ممنوحة من هيئة المواصفات والمقاييس ذات العلاقة، أو
- بواسطة شهادة مطابقة صادرة من مختبر، أو
- بواسطة إعلان (تصريح) مطابقة من الصانع.

إعلان المطابقة

في الحالات التي يكون فيها الجهاز المطلوب له شهادة سوف يستخدم عن طريق أشخاص مؤهلين وذوي خبرة فإن إعلان المطابقة الذي يوفره الصانع (الذي يشمله المستندات الفنية) بالإضافة إلى علامة المطابقة على الجهاز المعني، تعتبر معترف بها كشهادة سارية.

وإذا كانت كفاءة الصانع محل شك، فإنه يمكن الحصول على شهادة مطابقة من مختبر مستقل معتمد.

علامة المطابقة

يتم نقش علامات المطابقة على الأجهزة الكهربائية والمعدات التي تستخدم عادة بواسطة أشخاص ليست لديهم الخبرة الفنية (مثلاً الأجهزة المنزلية) وللذين وضعت من أجلهم المواصفات القياسية والتي تسمح بأن تُنسب علامة المطابقة إلى جهة التقييس المسئولة (ويشار إليها عادة بـ علامة المطابقة).

شهادة تأكيد الجودة

إن عينات الاختبار التي تقدم إلى المختبر لا يمكن أن تضمن المطابقة لإنتاج تام الصنع: هذه الاختبارات تسمى اختبارات الطراز. في بعض اختبارات المطابقة للمواصفات القياسية، تتلف العينات (مثال ذلك الاختبارات على المصاهر). ويعتبر الصانع فقط الذي يمكنه أن يشهد بأن المنتجات المصنعة لديها في الواقع الخصائص المنصوص عليها.

إن شهادة تأكيد الجودة يقصد بها استكمال الإعلان الابتدائي أو شهادة المطابقة.

وكبرهان بأن التدابير الضرورية قد تم أخذها في الاعتبار لتأكيد جودة الإنتاج، فإن الصانع يحصل على شهادة نظام ضبط الجودة والتي تشير إلى طريقة تصنيع السلعة ذات العلاقة.

ويتم إصدار هذه الشهادات من هيئات متخصصة في ضبط الجودة وتعتمد على المواصفات القياسية الدولية ISO ٩٠٠٠ والمواصفات القياسية الأوربية المكافئة EN ٢٩٠٠٠ .

هذه المواصفات القياسية تعرِّف ثلاثة نظم نموذجية لضبط تأكيد الجودة مناظرة لحالات مختلفة مفضلة ذلك على مستويات الجودة المختلفة:

- النموذج ٣ يعرِّف تأكيد الجودة عن طريق الفحص واختبار المنتج النهائي .
- لنموذج (٢) يشمل، بالإضافة إلى فحص المنتج النهائي، التحقق من عمليات التصنيع. وتطبق هذه الطريقة – على سبيل المثال – على تصنيع المصاهر حيث يكون من غير الممكن فحص خصائص الأداء بدون تلف (تدمير) المصهر.
- النموذج (١) يناظر النموذج (٢)، ولكن مع متطلب إضافي بوجوب أن تكون جودة عمليات التصنيع دقيقة ويتم فحصها جيداً، مثلاً عندما لا يكون المقصود تصنيع واختبار نموذج أولي (حالة السلعة المصنَّعة وفقاً لمواصفات الزبون).

ب

دراسة طلبات القدرة الظاهرية الحقيقية ذات الأحمال المختلفة: خطوة أولية ضرورية في تصميم تركيبات الجهد المنخفض.

إن اختبار القيم الحقيقية للقدرة الظاهرية المطلوبة لكل حمل تمكن من ترسيخ ما يلي:

- طلب القدرة المعلنة الذي يحدد اتفاقية التغذية بالطاقة الكهربائية.
- مقنن المحول جهد عالي/جهد منخفض، حيثما كان ذلك قابلاً للتطبيق (مع السماح بالزيادات المتوقعة في الحمل.
- مستويات تيار الحمل عند لوحة توزيع.

١/٣ المحركات الحثية

القدرة الاسمية بالكيلو واط (Pn) لمحرك تبين قدرة الخرج الميكانيكية المكافئة المقننة. القدرة الظاهرة (كيلو فولت أمبير) (Pa) المغذاه للمحرك تعتبر دالة لكل من قدرة الخرج وكفاءة المحرك ومعامل القدرة.

$$Pa = \frac{Pn}{\eta \cos\varphi}$$

طلب التيار

يعطي تيار الحمل الكامل Ia المغذى للمحرك بالعلاقة التالية:

محرك ثلاثي الطور:

$$Ia = \frac{Pn \times 1000}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos\varphi}$$

محرك أحادي الطور:

$$Ia = \frac{Pn \times 1000}{U \times \eta \times \cos\varphi}$$

حيث:

Ia :طلب التيار (بالأمبير)

Pn :القدرة الاسمية (بالكيلو واط للقدرة الفعّالة

U : الجهد بين الأطوار للمحركات ثلاثية الطور والجهد بين أطراف التوصيل للمحركات أحادية الطور (بالفولت). المحرك الأحادي الطور يمكن توصيله طور– إلى – محايد أو طور–إلى طور.

η : كفاءة لكل وحدة، أي

$$\frac{\text{قدرة الخرج بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}$$

$\cos\varphi$: معامل القدرة ، أي

$$\frac{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو فولت أمبير}}$$

تيار بدء الحركة للمحرك

سوف يكون تيار بدء الحركة (Id) للمحركات الحثية ثلاثية الطور، طبقاً لنوع المحرك كما يلي:

- بالنسبة لبدء الحركة مباشرة – على – الخط للمحركات من نوع قفص السنجاب:
  - Id = ٤,٢ إلى ٩ In للمحركات ذات قطبين
  - Id = ٤,٢ إلى ٧ In للمحركات ذات أكثر من قطبين (القيمة المتوسطة = ٦ In)، حيث In = تيار الحمل الكامل الاسمي للمحرك
- للمحركات ذات عضو دوّار بملفات (مع حلقات انزلاق)، ولمحركات التيار المستمر: تعتمد قيمة Id على قيمة مقاومة بدء الحركة في دوائر العضور الدوّار:

Id= 1.5 إلى 3 In

(القيمة المتوسطة 2.5 In)

- بالنسبة للمحركات الحثية التي يتم التحكم فيها باستخدام أجهزة ذات تردد متغيِّر بتغيير السرعة: (على سبيل المثال: ميكانيكا التحكم Altivar)، بفرض أن جهاز التحكم لديه التأثير لزيادة القدرة (كيلو واط) المغذاه لدائرة المحرك (أي الجهاز زائداً) بمقدار ١٠٪.

يكون من المفيد عموماً لأسباب فنية وماليه تقليل التيار المغذي للمحركات الحثية. وهذا يمكن تحقيقه بإستخدام مكثفات دون أن يكون لذلك تأثير على قدرة الخرج للمحركات.

تعويض القدرة غير الفعَّالة (كيلو فولت امبير غير فعَّال) المغذَّاه للمحركات الحثية

تطبيق هذه القاعدة على تشغيل المحركات الحثية يشار إليه عادة بـ »تحسين معامل القدرة« أو »تصحيح معامل القدرة«.

وطبقاً لما تم مناقشته في الفصل هـ، فإن القدرة الظاهرية (ك.ف.أ) المغذاه لمحرك حثي يمكن تخفيضها بشكل ملحوظ باستخدام مكثفات متصلة على التوازي.

تخفيض قدرة الدخل (ك.ف.أ) يعني تخفيض مناظر لتيار الدخل (حيث أن الجهد يظل ثابتاً) وينصح باستخدام تعويض القدرة غير الفعالة بشكل خاص للمحركات التي تعمل لفترات طويلة عند قدرة مخفضة.

جدول القيم النموذجية

يوضح الجدول ب٤- كدالة في القدرة الأسمية المقننة للمحركات- التيار المغذي للمحركات عند مستويات جهد مختلفة تحت ظروف غير تعويضية عادية. ونفس هذه المحركات تحت نفس الظروف ولكن تم تعويضها لتعمل عند معامل قدرة ٠,٩٣ (ظا ϕ = ٤٠.٠).

هذه القيم هي متوسطات وسوف تختلف إلى حد معين طبقاً لنوع المحرك والصانع المعني.

كما لاحظنا أعلاه فإن

$$\frac{\text{قدرة الدخل بالكيلو واط}}{\text{قدرة الدخل بالكيلو فولت أمبير}} = \cos\varphi$$

لذلك فإن تخفيض قدرة الدخل (ك.ف.أ) سوف يؤدي إلى زيادة (أي تحسين قيمة ويمكن الحصول على التيار المغذي للمحرك بعد تصحيح معامل القدرة من العلاقة التالية:

$$Ia \times \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi'}$$

حيث $\cos\varphi$ معامل القدرة قبل التعويض و$\cos\varphi'$ معامل القدرة بعد التعويض وIa التيار الأصلي.

ملاحظة: الجهود المقننة لاحمال معينة المبوبة في الجدول ب٤ مازالت تعتمد على نظام الجهد ٢٢٠ / ٣٨٠ فولت. نظام الجهد القياسي الدولي الآن (منذ ١٩٨٣) هو ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت.

لتحويل قيم التيار المبينة والخاصة بمقنن محرك مُعطى بالأعمدة ٢٢٠ فولت و٣٨٠ فولت للتيارات المأخوذة بواسطة محركات ٢٣٠ فولت و٤٠٠ فولت لها نفس المقنن، فيتم الضرب في معامل ٠,٩٥

القدرة الاسمية Pn		η	بتعويض										بدون تعويض									
			φ جتا عند Pn	Pu	التيار عند جهود مختلفة								φ جتا عند Pn	مقاس للكثف ك ف أ غير فعال	Pu	التيار عند جهود مختلفة						
					أحادي الطور ٢٢٠ فولت	٣ الطور ٢٢٠	٣٨٠ فولت	٤٤٠ فولت	٥٠٠ فولت	٦٦٠ فولت					أحادي الطور ٢٢٠ فولت	٣ الطور ٢٢٠	٣٨٠ فولت	٤٤٠ فولت	٥٠٠ فولت	٦٦٠ فولت		
كيلو وات	HP حصان	%		ك ف أ	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير				ك ف أ	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير	أمبير		
0.37	0.5	64	0.73	0.79	3.6	1.8	1.03	0.99	0.91	0.6	0.93	0.31	0.62	2.8	1.4	0.8	0.77	0.71	0.47			
0.55	0.75	68	0.75	1.1	4.7	2.75	1.6	1.36	1.21	0.9	0.93	0.39	0.87	3.8	2.2	1.3	1.1	1	0.72			
0.75	1	72	0.75	1.4	6	3.5	2	1.68	1.5	1.1	0.93	0.48	1.1	4.8	2.8	1.6	1.3	1.2	0.88			
1.1	1.5	75	0.79	1.9	8.5	4.4	2.6	2.37	2	1.5	0.93	0.63	1.6	7.2	3.7	2.2	2	1.7	1.3			
1.5	2	78	0.80	2.4	12	6.1	3.5	3.06	2.6	2	0.93	0.67	2.1	10.3	5.2	3	2.6	2.2	1.7			
2.2	3	79	0.80	3.5	16	8.7	5	4.42	3.8	2.8	0.93	0.99	3	13.7	7.5	4.3	3.8	3.3	2.4			
3	4	81	0.80	4.6	21	11.5	6.6	5.77	5	3.8	0.93	1.31	4	18	9.9	5.7	5	4.3	3.3			
3.7	5	82	0.80	5.6	25	13.5	7.7	7.1	5.9	4.4	0.93	1.59	4.8	22	11.6	6.6	6.1	5.1	3.8			
4	5.5	82	0.80	6.1	26	14.5	8.5	7.9	6.5	4.9	0.93	1.74	5.2	22	12.5	7.3	6.8	5.6	4.2			
5.5	7.5	84	0.83	7.9	35	20	11.5	10.4	9	6.6	0.93	1.80	7	31	17.8	10.3	9.3	8	5.9			
7.5	10	85	0.83	10.6	47	27	15.5	13.7	12	8.9	0.93	2.44	9.5	42	24	13.8	12.2	10.7	7.9			
9	12	86	0.85	12.3	-	32	18.5	16.9	13.9	10.6	0.93	2.4	11.3	-	29	16.9	15.4	12.7	9.7			
10	13.5	86	0.85	13.7	-	35	20	17.9	15	11.5	0.93	2.6	12.5	-	32	18	16.4	13.7	10.5			
11	15	87	0.86	14.7	-	39	22	20.1	16.4	14	0.93	2.50	13.6	-	36	20	19	17	13			
15	20	88	0.86	19.8	-	52	30	26.5	23	17.3	0.93	3.37	18.3	-	48	28	25	21	16			
18.5	25	89	0.86	24.2	-	64	37	32.8	28.5	21.3	0.93	4.12	22.4	-	59	34	30	26	20			
22	30	89	0.86	28.7	-	75	44	39	33	25.4	0.93	4.89	26.6	-	69	41	36	31	23			
25	35	89	0.86	33	-	85	52	45.3	39.4	30.3	0.93	5.57	30	-	79	48	42	36	28			
30	40	89	0.86	39	-	103	60	51.5	45	34.6	0.93	6.68	36	-	95	55	48	42	32			
33	45	90	0.86	43	-	113	68	58	50	39	0.93	7.25	39	-	104	63	54	46	36			
37	50	90	0.86	48	-	126	72	64	55	42	0.93	8.12	44	-	117	67	59	51	39			
40	54	91	0.86	51	-	134	79	67	60	44	0.93	8.72	47	-	124	73	62	55	41			
45	60	91	0.86	57	-	150	85	76	65	49	0.93	9.71	53	-	139	79	70	60	45			
51	70	91	0.86	65	-	170	98	83	75	57	0.93	11.10	60	-	157	91	77	68	53			
55	75	92	0.86	70	-	182	105	90	80	61	0.93	11.89	64	-	168	97	83	74	58			
59	80	92	0.87	74	-	195	112	97	85	66	0.93	10.98	69	-	182	105	91	80	62			
63	85	92	0.87	79	-	203	117	109	89	69	0.93	11.66	74	-	190	109	102	83	65			
75	100	92	0.87	94	-	240	138	125	105	82	0.93	13.89	88	-	225	129	117	98	77			
80	110	92	0.87	100	-	260	147	131	112	86	0.93	14.92	93	-	243	138	123	105	80			
90	125	92	0.87	112	-	295	170	146	129	98	0.93	16.80	105	-	276	159	137	121	92			
100	136	92	0.87	125	-	325	188	162	143	107	0.93	18.69	117	-	304	176	152	134	100			
110	150	93	0.87	136	-	356	205	178	156	118	0.93	20.24	127	-	333	192	167	146	110			
129	175	93	0.87	159	-	420	242	209	184	135	0.93	23.84	149	-	393	226	196	172	126			
132	180	94	0.87	161	-	425	245	215	187	140	0.93	24	151	-	398	229	201	175	131			
140	190	94	0.87	171	-	450	260	227	200	145	0.93	25.55	160	-	421	243	212	187	136			
147	200	94	0.87	180	-	472	273	236	207	152	0.93	26.75	168	-	442	255	221	194	142			
150	205	94	0.87	183	-	483	280	246	210	159	0.93	27.26	172	-	452	262	230	198	149			
160	220	94	0.87	196	-	520	300	256	220	170	0.93	29.15	183	-	486	281	239	206	159			
180	245	94	0.87	220	-	578	333	289	254	190	0.93	32.76	206	-	541	312	270	238	178			
185	250	94	0.87	226	-	595	342	295	263	200	0.93	33.79	212	-	557	320	276	246	187			
200	270	94	0.88	242	-	626	370	321	281	215	0.93	30.78	229	-	582	350	304	266	203			
220	300	94	0.88	266	-	700	408	353	310	236	0.93	33.81	252	-	662	386	334	293	222			
250	340	94	0.88	302	-	800	460	401	360	274	0.93	38.44	286	-	757	435	379	341	259			
257	350	94	0.88	311	-	826	475	412	365	280	0.93	39.45	294	-	782	449	390	345	265			
280	380	95	0.88	335	-	900	510	450	400	305	0.93	42.63	317	-	852	483	426	378	289			
295	400	95	0.88	353	-	948	548	473	416	320	0.93	44.80	334	-	897	517	448	394	303			
300	410	95	0.88	359	-	980	565	481	420	325	0.93	45.66	339	-	927	535	455	397	306			
315	430	95	0.88	377	-	990	584	505	445	337	0.93	47.98	356	-	937	553	478	421	319			
335	450	95	0.88	401	-	1100	620	518	472	365	0.93	51	379	-	1041	587	490	447	336			
355	480	95	0.88	425	-	1150	636	549	500	370	0.93	54	402	-	1088	602	519	473	350			
375	500	95	0.88	449	-	1180	670	575	527	395	0.93	57.1	424	-	1117	634	544	499	374			
400	545	95	0.88	476	-	1250	710	611	540	410	0.93	60.84	453	-	1183	672	578	511	388			
425	580	95	0.88	508	-	1330	760	650	574	445	0.93	64.60	481	-	1258	719	615	543	420			
445	600	95	0.88	532	-	1400	790	680	595	455	0.93	67.63	504	-	1325	748	643	563	431			
450	610	95	0.88	538	-	1410	800	690	608	460	0.93	68.50	509	-	1334	757	653	575	435			
475	645	95	0.88	568	-	1490	850	730	645	485	0.93	70.40	538	-	1410	804	691	610	459			
500	680	95	0.88	598	-	1570	900	780	680	515	0.93	72.26	566	-	1486	852	738	643	487			
530	720	95	0.88	634	-	1660	950	825	720	545	0.93	80.64	600	-	1571	899	781	681	516			
560	760	95	0.88	670	-	1760	1000	870	760	575	0.93	85.12	634	-	1665	946	823	719	544			
600	810	95	0.88	718	-	1880	1090	920	830	630	0.93	91.33	679	-	1779	1031	871	785	596			
630	855	95	0.88	754	-	1980	1100	965	850	645	0.93	95.81	713	-	1874	1041	913	804	610			
670	910	95	0.88	801	-	2100	1200	1020	910	690	0.93	101.88	758	-	1987	1135	965	861	653			
710	965	95	0.88	849	-	-	1260	1075	960	725	0.93	107.95	804	-	-	1192	1017	908	686			
750	1020	95	0.88	897	-	-	1350	1160	1020	770	0.93	114	849	-	-	1277	1098	965	729			
800	1090	95	0.88	957	-	-	1450	1250	1100	830	0.93	121.68	905	-	-	1372	1183	1041	786			
900	1220	95	0.88	1076	-	-	1610	1390	1220	925	0.93	136.86	1019	-	-	1523	1315	1154	875			
1100	1500	95	0.88	1316	-	-	1980	1700	1500	1140	0.93	167.35	1245	-	-	1874	1609	1419	1079			

الجدول ب ٤ : القدرة وقيم التيار للمحركات الحثية النموذجية.

تذكر:بعض الاعمدة تشير إلى محركات ٢٢٠ فولت و ٣٨٠فولت . المواصفة القياسية الدولية (هـ د ك ٣٨) الخاصة بنظام الجهد ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت تعتبر سارية منذ عام ١٩٨٣ . معامل التحويل لقيم التيار للمحركات ذات جهد ٢٣٠فولت و ٤٠٠فولت هو ٠,٩٥ كما لاحظنا في الصفحة السابقة.

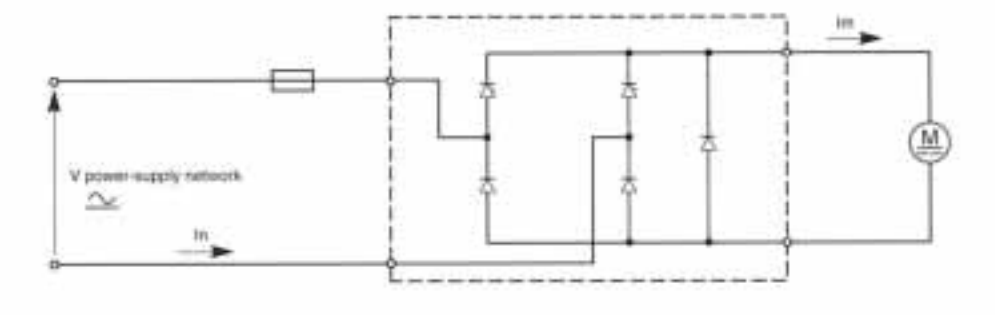
٢/٣ محركات التيار المستمر

ب

تستخدم محركات التيار المستمر – أساساً– لتطبيقات معينة والتي تتطلب عـزومـاً عاليـة جداً و/أو تحكـماً في تغـييـر السرعة (على سبيل المثال آلات الماكينات والكسَّارات .. الخ). وتزود هذه المحركـات بالقدرة من خلال مـغيـّرات تحكم في السرعة، تغذى من مصادر ذات نظام جهد ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت، ثلاثي الطور، تيار مـتردد، مثـال ذلك ريكتيفـار ٤ (ميكانيكا التحكم عن بعد).

قاعدة التـشغيل للمغـيّر لا تسمح بتحمـيل زائد شاق. لذلك فإن وسـيلة التـحكم في السرعـة، وخط التغـذية والوقـاية تعـتمـد على دورة تشـغيل المحـرك (مـثلاً ذروات تيـار بدء حركة متـعددة) أفضل من اعتمـادها على تيار الحمل الكامل عند حالة الاستقرار.

بالنسبة للقدرات ≥٤٠ كيلو واط ، فإن هـذا الحل يسـتبدل تدريجياً بجـهاز تغيير التردد بتـغيير السرعة ومـحرك غير متـزامن . ومازالت تستخـدم بادئات حركة تدريجـية و/أو مؤخرات حركة تدريجية .



شكل ب ٥: وسيلة تحكم في السرعة ذات قدرة منخفضة

الوزن كجم	رقم الكتالوج	GRADIVAR Ith أمبير	المحرك In أمبير	أقصى قدرة للمحرك ٤٤٠ ف ٦٠ هرتز ك.واط	٤١٥ ف ك.واط	٣٨٠ ف ك.واط	٢٢٠ ف ك.واط
١,٩٥	VR2-SA 2121	١٠	٧	–	٣,٣	٣	١,٥
١,٩٥	VR2-SA 2123	١٠	٧	٣,٥	–	–	–
٣,١٠	VR2-SA 2123	٢٠	١٢	–	٦	٥,٥	٤
٣,١٠	VR2-SA 2173	٢٠	١٢	٦,٥	–	–	–
٤,٩٠	VR2-SA 2211	٣٠	١٦	–	٨	٧,٥	٥,٥
٤,٩٠	VR2-SA 2213	٣٠	١٦	٨,٥	–	–	–
٥,٣٠	VR2-SA 2281	٦٠	٣٧	–	٢٠	١٨,٥	١١
٥,٣٠	VR2-SA 2283	٦٠	٣٧	٢١,٥	–	–	–
٥,٣٠	VR2-SA 2361	١٠٠	٦٠	–	٣٣	٣٠	١٨,٥
٥,٣٠	VR2-SA 2363	١٠٠	٦٠	٣٥	–	–	–
٥,٤٠	VR2-SA 2401	١٣٠	٧٢	–	٤٠	٣٧	٢٢
٥,٤٠	VR2-SA 2403	١٣٠	٧٢	٤٢	–	–	–
١٠,٠٠	VR2-SA 2441	٢٠٠	١٠٥	–	٦٠	٥٥	–
١٠,٠٠	VR2-SA 2443	٢٠٠	١٠٥	٦٣	–	–	–

الجدول رقم ب ٦: بادئات حركة متدرجة ذات انحدار في الجهد

الوزن كجم	رقم الكتالوج	GRADIVAR Ith أمبير	المحرك In أمبير	أقصى قدرة للمحرك ٤٤٠ ف ٦٠ هرتز ك.واط	٤١٥ ف ك.واط	٣٨٠ ف ك.واط	٢٢٠ ف ك.واط
٣,٣٠	VR2-SA 3171	٢٠	١٢	–	٦	٥,٥	٤
٣,٣٠	VR2-SA 3173	٢٠	١٢	٦,٥	–	–	–
٥,١٠	VR2-SA 3211	٣٠	١٦	–	٨	٧,٥	٥,٥
٥,١٠	VR2-SA 3213	٣٠	١٦	٨,٥	–	–	–
٥,٥٠	VR2-SA 3281	٦٠	٣٧	–	٢٠	٨,٥	١١
٥,٥٠	VR2-SA 3283	٦٠	٣٧	٢١,٥	–	–	–
٥,٥٠	VR2-SA 3361	١٠٠	٦٠	–	٣٣	٣٠	١٨,٥
٥,٥٠	VR2-SA 3363	١٠٠	٦٠	٣٥	–	–	–
٥,٦٠	VR2-SA 3401	١٣٠	٧٢	–	٤٠	٣٧	٢٢
٥,٦٠	VR2-SA 3403	١٣٠	٧٢	٤٢	–	–	–
١١,٠٠	VR2-SA 3441	٢٠٠	١٠٥	–	٦٠	٥٥	–
١١,٠٠	VR2-SA 3443	٢٠٠	١٠٥	٦٣	–	–	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3481	٣٥٠	١٤٠	–	٨٠	٧٥	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3483	٣٥٠	١٤٠	٩٠	–	–	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3521	٥٣٠	٢٤٥	–	١٤٠	١٣٢	–
٤٥,٠٠	VR2-SA 3523	٥٣٠	٢٤٥	١٤٧	–	–	–

الجدول رقم ب ٧: بادئات حركة متدرجة ذات تحديد للتيار

٣/٣ أجهزة التسخين من النوع المقـاومي والمصابيح المتوهجة (تقليدي أو هالوجين)

القدرة المستهلكة بواسطة جهاز تسخين أو مصباح متوهج تساوي القدرة الأسمية Pn التي يحددها الصانع (أي جتا ϕ =١).

تعطى التيارات من العلاقات التالية :

- في حالة نظام ثلاثي الطور

$$Ia = \frac{Pn *}{\sqrt{3} \times U}$$

- في حالة نظام احادي الطور

$$Ia = \frac{Pn *}{U}$$

حيث U الجهد بين اطراف توصيل المعَدة .

القدرة المستهلكة بواسطة جهاز تسخين أو مصباح متوهج تساوي القدرة الأسمية Pn التي يحددها الصانع

(أي جتا ϕ = ١)

تعطي التيارات من العلاقات التالية :

■ حالة نظام ثلاثي الطور:

$$Ia = \frac{Pn *}{\sqrt{3} \times U}$$

■ حالة نظام أحادي الطور:

$$Ia = \frac{Pn *}{U}$$

حيث U هي الجهد بين أطراف توصيل الجهاز بالنسبة للمصابيح المتوهجة، فـــإن

القدرة الأسمية	طلب التيار			
	احادي الطور	احادي الطور	ثلاثي الطور	ثلاثي الطور
ك . و	١٢٧ فولت	٢٣٠ فولت	٢٣٠ فولت	٤٠٠ فولت
٠,١	٠,٧٩	٠,٤٣	٠,٢٥	٠,١٤
٠,٢	١,٥٨	٠,٨٧	٠,٥٠	٠,٢٩
٠,٥	٣,٩٤	٢,١٧	١,٢٦	٠,٧٢
١	٧,٩	٤,٣٥	٢,٥١	١,٤٤
١,٥	١١,٨	٦,٥٢	٣,٧٧	٢,١٧
٢	١٥,٨	٨,٧٠	٥,٠٢	٢,٨٩
٢,٥	١٩,٧	١٠,٩	٦,٢٨	٣,٦١
٣	٢٣,٦	١٣	٧,٥٣	٤,٣٣
٣,٥	٢٧,٦	١٥,٢	٨,٧٢	٥,٠٥
٤	٣١,٥	١٧,٤	١٠	٥,٧٧
٤,٥	٣٥,٤	١٩,٦	١١,٣	٦,٥
٥	٣٩,٤	٢١,٧	١٢,٦	٧,٢٢
٦	٤٧,٢	٢٦,١	١٥,١	٨,٦٦
٧	٥٥,١	٣٠,٤	١٧,٦	١٠,١
٨	٦٣	٣٤,٨	٢٠,١	١١,٥
٩	٧١	٣٩,١	٢٢,٦	١٣
١٠	٧٩	٤٣,٥	٢٥,١	١٤,٤

الجدول رقم ب٨: طلبات التـيار لأجهزة الاضاءة من نوع التسـخين المقاومي والتوهجي (تقليدي أو هالوجين).

استـخدام غـاز الهالوجين يسـمح بمصدر ضـوء مركـز بشكل أكـبر. ويكون الضـوء الخـارج عـالـيـاً وعمـر المصـبـاح يصـبح الضعف.

ملاحظة: عند لحظة التوصـيل (التشغيل) فإن الفتيلة الباردة تعطي – لوقت وجيز– ارتفاع حاد للتيار الذروي.

* Ia بالأمبير؛ U بالفولت.

Pnبالواط. إذا كـانت Pnبالكيلو واط، حـينئـذ يجب ضـرب المعـادلة في ١٠٠٠,

٤/٣ مصابيح الفلورسنت والمعدات التابعة لها

القدرة بالواط المبينة على أنبوب مصباح الفلورسنت لا تشتمل على القدرة المبددة في الكابح.

تعطى قيمة التيار من العلاقة:

$$Ia = \frac{P_{ballast} + Pn}{U \times \cos\phi}$$

إذا لم توضح قيمة الفقد في القدرة للكابح، فيمكن اعتبار نسبة ٢٥٪ من Pn لهذا الفقد.

مصابيح الفلورسنت الانبوبية القياسية

القدرة بالواط المبينة على أنبوب مصباح فلورسنت لا تشتمل على القدرة المبددة في الكابح التيار المسحوب بواسطة الدائرة بالكامل

يحسب من العلاقة:

$$Ia = \frac{P_{ballast} + Pn}{U \times \cos\phi}$$

حيث U= الجهد المسلط على المصباح كاملاً مع ملحقاته (مالم يوضح غير ذلك):

- جتا ϕ = ٠,٦ بدون مكثف تصحيح لمعامل القدرة×.
- جتا ϕ = ٠,٨٦ مع تصحيح لمعامل القدرة (انبوب واحد أو انبوبتين).
- جتا ϕ = ٠,٩٦ للكابح الإلكتروني.

في حالة عدم وجود بيان لقيمة الفقد في القدرة للكابح، فيمكن استخدام نسبة ٢٥٪ من Pn.

يعطي الجدول رقم ب ٨ هذه القيم لترتيبات مختلفة للكابح.

يشار إلى تصحيح معامل القدرة غالباً بكلمة (تعويض) في المصطلح الفني لأنبوب يضيء بالتفريغ الكهربائي .

ترتيب المصابيح والبادئات والكابحات	قدرة الانبوب (واط(١))	القدرة المستهلكة (واط(١))	التيار (أمبير) عند ٢٢٠ف٢٤٠/ف			طول الانبوب (سم)
			معامل القدرة غير مصحح	معامل القدرة مصحح	كابح الكتروني	
انبوب مفرد مع بادئ	١٨	٢٧	٠,٣٧	٠,١٩		٦٠
	٣٦	٤٥	٠,٤٣	٠,٢٤		١٢٠
	٥٨	٦٩	٠,٦٧	٠,٣٧		١٥٠
انبوب مفرد بدون بادئ (٢) مع شريحة بدء خارجية	٢٠	٣٣	٠,٤١	٠,٢١		٦٠
	٤٠	٥٤	٠,٤٥	٠,٢٦		١٢٠
	٦٥	٨١	٠,٨٠	٠,٤١		١٥٠
انبوبتين مع بادئ	١٨×٢	٥٥		٠,٢٧		٦٠
	٣٦×٢	٩٠		٠,٤٦		١٢٠
	٥٨×٢	١٣٨		٠,٧٢		١٥٠
انبوبتين بدون بادئ	٤٠×٢	١٠٨		٠,٤٩		١٢٠
انبوب مفرد مع كابح ذئ تردد عال جتا ϕ = ٠,٩٦	٣٢	٣٦			٠,١٦	١٢٠
	٥٠	٥٦			٠,٢٥	١٥٠
انبوب مع كابح ذئ تردد عال جتا ϕ = ٠,٩٦	٣٢×٢	٧٢			٠,٣٣	١٢٠
	٥٠×٢	١١٢			٠,٥٠	١٥٠

(١) القدرة بالواط المبينة على الأنبوب

(٢) يقتصر استخدامها خلال التشغيلات الخاصة بالصيانة

الجدول رقم ب ١٠: طلبات التيار واستهلاك القدرة لأنابيب الاضاءة الفلورسنت ذات الأبعاد الشائعة عند ٢٢٠ف/٢٤٠ف – ٥٠ هرتز.

الانابيب الفلورسنت المتضامة (المدمجة)

الانابيب الفلورسنت المتضامة لها نفس الخصائص الاقتصادية والعمر الطويل مثل الأنابيب التقليدية. وتستخدم على نطاق واسع في الأماكن العامة والتي تضاء بشكل دائم (مثلا: الممرات، الصالات، .. الخ) ويمكن تركيبها في مواقعها وإلا فإنها تضاء بمصابيح متوهجة.

نوع المصباح		قدرة المصباح	القدرة المستهلكة (واط)	التيار عند ٢٤٠/٢٢٠ فولت (أمبير)
مصابيح كروية مع كابل متكامل جتا ϕ = ٠,٥		٩	٩	٠,٠٩٠
		١٣	١٣	٠,١١٥
		١٨	١٨	٠,١٦٠
		٢٥	٢٥	٠,٢٠٥
مصابيح الكترونية جتا ϕ = ٠,٩٥		٩	٩	٠,٠٧٠
		١١	١١	٠,٠٩٠
		١٥	١٥	٠,١٣٥
		٢٠	٢٠	٠,١٥٥
مصابيح مع بادئ مدمج فقط (بدون كابح)	نوع مفرد على شكل حرف (U) جتا ϕ = ٠,٣٥	٥	١٠	٠,١٨٥
		٧	١١	٠,١٧٥
		٩	١٣	٠,١٧٠
		١١	١٥	٠,١٥٥
	نوع مفرد على شكل حرف (U) جتا ϕ = ٠,٤٥	١٠	١٥	٠,١٩٠
		١٣	١٨	٠,١٦٥
		١٨	٢٣	٠,٢٢٠
		٢٦	٣١	٠,٣١٥

(١) جتا ϕ تساوي تقريباً ٠.٩٥ (القيم الصفرية لـ I ،V تكون في أغلب الاحيان متوافقة الطور ولكن معامل القدرة يكون ٠.٥ نتيجة الشكل النبضي للتيار، وتحدث الذروة (متأخرة) في كل نصف دورة.

الجدول ب ١١: طلبات التيار واستهلاك القدرة لمصابيح الفلورسنت المتضامة عند ٢٢٠ف/٢٤٠ف – ٥٠ هرتز.

٥/٣ المصابيح التفريغية

القدرة بالواط المبينة على أنبوب مصباح تفريغي لا تشمل القدرة المبددة في الكابح.

تعتمد هذه المصابيح على التفريغ الكهربائي المضيء خلال غاز أو بخار لمركب معدني، والذي يكون موجوداً داخل غلاف شفاف مانع للتسرب عند ضغط سبق تحديده.

وهذه المصابيح لها زمن بدء تشغيل طويل، يكون التيار Iα خلاله أكبر من التيار الأسمي Iv. ويعطي الجدول ب١٢ طلبات التيار والقدرة لأنواع مختلفة من المصابيح (قيم متوسطة نموذجية والتي يمكن أن تختلف قليلاً من صانع إلى آخر).

القدرة بالواط المبينة على أنبوب مصباح تفريغي لا تشمل القدرة المبددة في الكابح.

يعطي الجدول رقم ب ١٢ التيار المسحوب بواسطة وحدة كاملة، تشمل جميع التجهيزات الإضافية المصاحبة.

نوع المصباح واط	طلب القدرة (واط) عند ٢٣٠/٤٠٠ف	التيار In (أمبير)		بدء التشغيل		كفاءة الاضاءة ليومن (لكل واط)	متوسط عمر المصباح (ساعة)	الاستخدام
		معامل القدرة غير مصحح ٢٣٠/٤٠٠ف	معامل القدرة مصحح ٢٣٠/٤٠٠ف	Ia/In	الفترة (دقائق)			
مصابيح بخار الصوديوم عالي الضغط								
٥٠	٦٠	٠,٧٦	٠,٣	١,٤ إلى ١,٦	٤ إلى ٦	٨٠إلى ١٢٠	٩٠٠	– اضاءو الصالات الواسعة – الفراغات الخارجية – الاضاءة العامة
٧٠	٨٠	١	٠,٤٥					
١٠٠	١١٥	١,٢	٠,٦٥					
١٥٠	١٦٨	١,٨	٠,٨٥					
٢٥٠	٢٧٤	٣	١,٤					
٤٠٠	٤٣١	٤,٤	٢,٢					
١٠٠٠	١٠٥٥	١٠,٤٥	٤,٩					
مصابيح بخار الصوديوم منخفض الضغط								
مصابيح قياسية								
١٨	٢٦,٥	٠,٦٢	٠,١٤	١,١ إلى ١,٣	٧ إلى ١٥	١٠٠إلى ٢٠٠	٨٠٠٠– ١٢٠٠	– لإضاءة الاوتوماتيكة للطرق – اضاءة تدابير الأمان والمحطات والمنصات والمخازن
٣٥	٤٣,٥	٠,٨٤	٠,٢٤					
٥٥	٧٢		٠,٣٤					
٩٠	١١٢		٠,٥٠					
١٣٥	١٥٩		٠,٧٣					
١٨٠	٢١٦		٠,٩٨					
مصابيح اقتصادية								
٢٦	٣٤,٥	٠,٤٥	٠,١٧	١,١إلى ١,٣	٧ إلى ١٥	١٠٠إلى ٢٠٠	٨٠٠٠– ١٢٠٠	– أنواع جديدة أكثر كفاءة لها نفس الاستخدام
٣٦	٤٦,٥		٠,٢٢					
٦٦	٨٠,٥		٠,٣٩					
٩١	١٠٥,٥		٠,٤٩					
١٣١	١٥٤		٠,٦٩					
مصابيح بخار زئبق + هالوجين معدني (تسمى أيضاً metaliodide								
٧٠	٨٠,٥	١	٠,٤٠	١,٧	٣إلى ٥	٧٠إلى ٩٠	٦٠٠٠	– اضاءة الأماكن الواسعة جداً بواسطة أدوات تسليط الضوء (مثلاً الملاعب والمسارح..إلخ)
١٥٠	١٧٢	١,٨٠	٠,٨٨				٦٠٠٠	
٢٥٠	٢٧٦	٢,١٠	١,٣٥				٦٠٠٠	
٤٠٠	٤٢٥	٣,٤٠	٢,١٥				٦٠٠٠	
١٠٠٠	١٠٤٦	٨,٢٥	٥,٣٠				٦٠٠٠	
٢٠٠٠	٢٠٩ ٢٠٥ ٢ ٢	١٦,٥٠ ٨,٦٠	١٠,٥ ٦				٢٠٠٠	
مصابيح بخار زئبق + مادة فلورسنت (انبوب فلورسنت)								
٧٠	٥٧	٠,٦	٠,٣٠	١,٧إلى ٢	٣إلى ٦	٤٠ إلى ٦٠	٨٠٠٠– ١٢٠٠٠	– الورش ذات الأسقف العالية (الصالات – صالات العرض) – الاضاءات الخارجية –الاضاءة المنخفضة(١)
٨٠	٩٠	٠,٨	٠,٤٥					
١٢٥	١٤١	١,١٥	٠,٧٠					
٢٥٠	٢٦٨	٢,١٥	١,٣٥					
٤٠٠	٤٢١	٣,٢٥	٢,١٥					
٧٠٠	٧٣١	٥,٤	٣,٨٥					
١٠٠٠	١٠٤٦	٨,٢٥	٥,٣٠					
٢٠٠٠	٢١٤٠ ٢٠٨٠	١٥	١١	٦,١				

(١) تستبدل بمصابيح بخار الصوديوم

ملاحظة: هذه المصابيح حساسة لمخفضات الجهد. وهي تنطفيء عند هبوط الجهد إلى أقل من ٥٠٪ من الجهد الأسمي ولا تشتعل مرة أخرى قبل أن تبرد لمدة ٤ دقائق تقريباً.

ملاحظة: مصابيح بخار الصوديوم منخفض الضغط لها كفاءة خرج للاضاءة تعتبر أعلى من جميع المصادر الأخرى. ومع ذلك فإن إستخدام هذه المصابيح يعتبر محدوداً نظراً لكون اللون البرتقالي الاصفر المشع منها يجعل تمييز اللون صعب عملياً.

الجدول رقم ب ١٢: طلبات التيار للمصابيح التفريغية.

ب

من أجل تصميم التركيبات فإنه يجب تقييم أقصى حمل حقيقي مطلوب ومتوقع على نظام التغذية بالقدرة. وفي حالة اعتماد التصميم على أساس المجموع الحسابي لجميع الاحمال الموجودة في التركيبات فإن ذلك سيكون غير اقتصادي بشكل كبير وسيئاً من الناحية التطبيقية الهندسية.

إن الهدف من هذا الفصل هو ايضاح ، كيف أن جميع الأحمال القائمة والتي يخطط لها يمكن أن تحدد العوامل المختلفة لحساب معامل التباين (التشغيل غير المتزامن لجميع الأجهزة من مجموعة معطاه) والاستفادة (مثال ذلك محرك كهربائي لا يعمل عادة عند حمله الكامل..الخ)

إن القيم المعطاه تعتمد على الخبرة والتسجيلات المأخوذة من تركيبات حقيقية.

وبالإضافة إلى توفير بيانات تصميم للتركيبات تعتمد على دوائر مستقلة، فإن النتائج سوف توفر قيماً شاملة للتركيبات والتي من خلالها يمكن توصيف متطلبات نظام التغذية الكهربائية (شبكة التوزيع والمحولات جهد عالي/ جهد منخفض أو مجموعة التوليد).

■القدرة: كلمة »القدرة الموجودة في العنوان قد استخدمت كمفهوم عام يغطي القدرة الفعالة (كيلو واط) والقدرة الظاهرية (ك.ف.أ) والقدرة غير الفعالة بالكيلو فار (ك.ف.أ.ر غير فعالة) وعند استخدام كلمة قدرة في بقية هذا الموضوع بدون استخدام معاني إضافية لها، فإن هذا يعني القدرة الفعالة (كيلو واط).

مقدار هذا الحمل يتم توصيفه بكميتين:

■ القدرة

■ القدرة الظاهرية

النسبة $\frac{\text{القدرة}}{\text{القدرة الظاهرية}}$ = معامل القدرة

٤/١ القدرة المركبة (كيلوواط)

إن القدرة المركبة هي مجموع القدرات الاسمية لجميع الأجهزة المستهلكة للقدرة في التركيبات.

وهذه في الواقع ليست القدرة التي سيتم تغذيتها عند التطبيق.

معظم الأجهزة والمعدات يوضح عليها مقنن القدرة الاسمية (Πν).

القدرة المركبة هي مجموع القدرات الاسمية لجميع الأجهزة المستهلكة للقدرة في التركيبات .

وهذه ليست القدرة التي سيتم تغذيتها في الواقع عند التطبيق العملي.

هذه هي حالة المحركات الكهربائية حيث يشير مقنن القدرة إلى قدرة الخرج عند محور دوران المحرك. بينما تكون قدرة الدخل المستهلكة أكبر من ذلك بشكل واضح (انظر ٣/١).

أما مصابيح الفلورسنت والمصابيح التفريغية والتي يصاحبها كوابح إتزان ، فهي حالات أخرى تكون فيها القدرة الاسمية المبينة على المصباح أقل من القدرة المستهلكة بواسطة المصباح وكابحه (انظر ٣/٤).

طرق تقييم القدرة الحقيقية المستهلكة للمحركات وأجهزة الإضاءة معطاه في القسم رقم (٣) من هذا الفصل.

طلب القدرة (كيلو واط) يعتبر ضرورياً لاختيار القدرة المقننة لمجموعة توليد أو بطارية حيث يلزم الأخذ في الاعتبار المتطلبات الخاصة بالمحرك الأولى (الأساسي).

بالنسبة لمنبع القدرة من شبكة تغذية عامة للجهد المنخفض، أو من خلال محول جهد عالي/ جهد منخفض فإن الكمية المعنية هي القدرة الظاهرية بالكيلو فولت أمبير (ك.ف.أ).

٤/٢ القدرة الظاهرية المركبة (ك.ف.أ)

المفترض أن القدرة الظاهرية المركبة هي المجموع الحسابي لـ ك.ف.أ للأحمال المفردة. ومع ذلك فإن أقصى ك.ف.أ متوقع التي سيتم تغذيتها لن يساوي الـ ك.ف.أ الكلي المركب.

من المفترض أن القدرة الظاهرية المركبة هي المجموع الحسابي لأحمال الـ ك.ف.أ المفردة. ومع ذلك فإن أقصى ك.ف.أ متوقع التي سيتم تغذيتها لن يساوي الـ ك.ف.أ الكلي المركب.

إن طلب القدرة الظاهرية لحمل ما (والذي يمكن أن يكون جهازاً واحداً) يتم الحصول عليه من مقنن القدرة الأسمية له (وإذا كان ضرورياً، يتم تصحيحه، كما اشرنا قبل ذلك بالنسبة للمحركات.. الخ) مع تطبيق المعاملات التالية :

ب

$$\eta = \text{الكفاءة} = \frac{\text{قدرة الخرج (ك.و)}}{\text{قدرة الدخل (ك.و)}}$$

$$\text{جتا } \phi = \text{معامل القدرة} = \frac{\text{ك . و}}{\text{ك.ف.أ}}$$

طلب القدرة الظاهرية بـ ك.ف.أ للحمل هو:

$$Pa = \frac{Pn}{\eta \cos \phi}$$

من هذه القيمة، سيكون تيار الحمل الكامل Ia (أمبير)* المسحوب بواسطة الحمل هو:

$$Ia = \frac{Pa \times 10^3}{V}$$

■ بالنسبة لحمل موصل أحادي طور–إلى– محايد

بالنسبة لحمل متوازن ثلاثي الطور

حيث V= جهد طور –إلى– محايد (فولت)
U = جهد طور – إلى – طور (فولت)

ويلاحظ أن القدرة الظاهرية الكلية (ك.ف.أ) لا تمثل المجموع الحسابي لمقننات الـ ك.ف.أ المحسوبة للأحمال المنفردة (مالم تكن جميع الأحمال عند نفس معامل القدرة).

ومع ذلك فمن الشائع عملياً، هو عمل مجموع حسابي بسيط، يعطى قيمة الـ ك.ف.أ والتي تتعدى القيمة الحقيقية بـ »هامش تصميم« مقبول.

للحصول على دقة أكبر ، يجب أن يؤخذ في الحساب العامل الخاص بأقصى استفادة كما هو موضح فيما بعد في ٣/٤

في حالة عدم معرفة بعض أو كل من خصائص الحمل، فيمكن استخدام القيم الموضحة بالجدول ب ١٣ والذي يعطي تقديراً تقريبياً جداً لطلبات الأحمال بـ (ف.أ) (بالنسبة للأحمال المنفردة الصغيرة جداً بحيث يتعذر التعبير عنها بـ ك.ف.أ أو ك.و). وبالنسبة للتقديرات الخاصة بـ أحمال الاضاءة فقد وضعت على أساسه مساحة أرضية قدرها ٥٠٠م٢.

اضاءة فلورست (مصححة إلى جتا ϕ = ٠,٨٦)		
نوع التطبيق	**ف.أ/م٢ الذي تم تقديره. انبوب فلورسنت مع عاكس صناعي(١)**	**مستوى الاضاءة المتوسط (لوكس = ليومن/ م٢)**
الشوراع والطرق السريعة المساحات التخزينية والأعمال المتقطعة	٧	١٥٠
الاعمال الشاقة : تصنيع وتجميع قطع التشغيل الكبيرة	١٤	٣٠٠
الأعمال اليومية الأعمال المكتبية	٢٤	٥٠٠
الأعمال الدقيقة مكاتب الرسم ورش التجميع عالية الدقة	٤١	٨٠٠

دوائر القدرة	
نوع التطبيق	**ف.أ/م٢ الذي تم تقديره**
محطات طلمبات الهواء المضغوط	٣ إلى ٦
تهوية المنازل	٢٣
المدافئ الكهربائية : المنازل الخاصة الشقق	١١٥ إلى ١٤٦ ٩٠
المكاتب	٢٥
ورشة إرسال البرقيات	٥٠
ورش التجميع	٧٠
ورشة ميكنة	٣٠٠
ورشة دهان	٣٥٠
محطة معالجة حرارية	٧٠٠

(١) مثال: انبوب ٦٥ واط (لا يشمل الكابح)، ذات دفق ضوئي ٥١٠٠ لومن Lm)) ، كفاءة الاضاءة للأنبوب =٥.٧٨ ليومن / واط.

الجدول رقم ب١٣: تقدير القدرة الظاهرية المركبة

٣/٤ تقدير أقصى طلب حقيقي بـ ك.ف.أ

ب

ليس من الضروري أن تعمل جميع الأحمال المنفردة الأسمية الكلية المقننة، وليس من الضروري أن تعمل في نفس الوقت. وتسمح المعاملات KY »و« KΣ بتعيين طلبات أقصى قدرة وأقصى قدرة ظاهرية مطلوبة بشكل حقيقي لتحديد ابعاد التركيبات.

ليس من الضروري أن تعمل جميع الأحمال المنفردة عند القدرة الأسمية الكلية المقننة وليس من الضروري أن تعمل في نفس الوقت. وتسمح المعاملات Ku »و« Ks بتعيين طلبات أقصى قدرة وأقصى قدرة ظاهرية مطلوبة بشكل حقيقي لتحديد ابعاد التركيبات.

معامل أقصى استفادة (Ku)

في ظروف التشغيل العادية، تكون القدرة المستهلكة لحمل أحياناً أقل من تلك المبينة كقدرة أسمية مقننة، وهذا ما يبرر استخدام معامل الاستفادة (Ku) عند تقدير قيم واقعية.

ويجب أن يطبق هذا المعامل على كل حمل مستقل، مع الاهتمام خاصة بالمحركات الكهربائية، والتي نادراً ما تعمل عند الحمل الكامل.

في التركيبات الصناعية فإن هذا المعامل يمكن تقديره بمتوسط مقداره ٠.٧٥ للمحركات. بالنسبة لأحمال الاضاءة المتوهجة، فإن المعامل يساوي دائماً ١. بالنسبة لدوائر المقابس، فإن المعاملات تعتمد بشكل كبير على نوع التطبيق الذي ستقوم المقابس بتغذيته.

معامل التزامن (Ks)

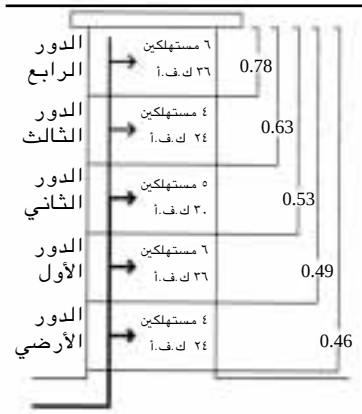
من الشائع نتيجة التجارب أن التشغيل المتزامن للأحمال المركبة لتركيب محدد لا يحدث أبداً في التطبيق العملي، أي أنه يوجد دائماً درجة ما من التباين، وهذه الحقيقة تؤخذ في الحساب لأغراض تقدير الاحمال بإستخدام معامل التزامن (Ks). يطبق المعامل (Ks) على كل مجموعة من الاحمال (مثلاً، مجموعة مغذاه من لوحة توزيع أو لوحة فرعية). تحديد هذه العوامل هو مسئولية المصمم، حيث أنها تتطلب معرفة مفصَّلة بالتركيب والظروف التي سيستفاد فيها من الدوائر المستقلة. ولهذا السبب فمن غير الممكن إعطاء قيم دقيقة للاستخدام العام.

عدد المستهلكين	معامل التزامن(Ks)
٢ إلى ٤	١
٩ إلى ٥	٠,٧٨
١٠ إلى ١٤	٠,٦٣
١٥ إلى ١٩	٠,٥٣
٠٢ إلى ٢٤	٠,٤٩
٢٥ إلى ٢٩	٠,٤٦
٣٠ إلى ٣٤	٠,٤٤
٣٥ إلى ٣٩	٠,٤٢
٤٠ إلى ٤٩	٠,٤١
٥٠ فأكثر	٠,٤٠

الجدول رقم ب ١٤: معاملات التزامن في مجمع سكني.

معامل التزامن لمبنى إسكاني

بعض القيم النموذجية لهذه الحالة معطاه في الجدول رقم ب ١٤، وتطبق على المستهلكين بالمنازل التي تغذى بجهد ٢٣٠/٤٠٠ فولت (٣ طور–٤سلك). في حالة المستهلكين الذين يستخدمون وحدات تخزين حراري كهربائي لتدفئة الفراغات فيوصى بإستخدام معامل ٠,٨ بصرف النظر عن عدد المستهلكين.



الشكل رقم ب ١٥: تطبيق معامل التزامن (Ks) على مبنى اسكاني مكون من ٥ طوابق.

ب

مثال:

مبنى إسكاني مكون من ٥ أدوار و٢٥ مستهلك كل منهم لديه حمل مركب مقداره ٦ ك ف أ

الحمل الكلي المركب للمبنى = ٣٦+ ٢٤+ ٣٠+ ٣٦+ ٢٤ = ١٥٠ ك ف أ

القدرة الظاهرية للمصدر المطلوبة للمبنى = ١٥٠× ٠,٤٦ = ٦٩ ك ف أ

من الجدول رقم ب ١٤ يمكن تعيين مقدار التيارات في القطاعات المختلفة من المغذى الرئيسي المشترك الذي يغذي جميع الطوابق. بالنسبة للمغذيات الصاعدة الرأسية التي تغذي عند مستوى سطح الأرض، فإن مساحة مقطع الموصلات يمكن تقليلها تدريجياً من الأدوار السفلية في اتجاه الأدوار العلوية.

هذه التغيرات في مقاس الموصل تتم اصطلاحياً بفاصل ٣ طوابق على الأقل.

في هذا المثال يكون التيار الداخل إلى المغذى الصاعد عند مستوى الأرض

$$= \frac{١٥٠ \times ٠,٤٦ \times ١٠^{٣}}{\sqrt{٣} \times ٤٠٠} = ١٠٠ \text{ أمبير}$$

ويكون التيار الداخل عند الطابق الثالث يساوي:

$$\frac{(٣٦ + ٢٤) \times ٠,٣٦ \times ١٠^{٣}}{\sqrt{٣} \times ٤٠٠} = ٥٥ \text{ أمبير}$$

معامل التزامن للوحات التوزيع

يوضح الجدول رقم ب ١٦ قيماً افتراضية للمعامل (Ks) للوحات التوزيع المغذية لعدد من الدوائر والتي لا يوجد لها بيان عن الطريقة التي يقسم فيها الحمل الكلي بينها. إذا كانت الدوائر تستخدم أساساً لأحمال الاضاءة، فمن الحكمة استخدام (Ks) القريبة من الوحدة.

عدد الدوائر	معامل التزامن (Ks)
تجميعات مختبرة بالكامل	
٢ و ٣	٠,٩
٤ و ٥	٠,٨
٦ و ٩	٠,٧
١٠ وأكثر	٠,٦
تجميعات مختبرة جزئياً في كل حالة اختيار	١

الجدول رقم ب ١٦: معامل التزامن للوحات التوزيع (هـ د ك ٤٣٩).

معامل التزامن طبقاً لوظيفة الدائرة

المعاملات (Ks) التي قد تستخدم لدوائر تغذية احمال شائعة الحدوث موضحة بالجدول رقم (١٧).

وظيفة الدوائر	معامل التزامن (Ks)
الاضاءة	١
التسخين وتكييف الهواء المقاييس	١ ٠,١ إلى ٠,٢ (١)
المصاعد وآلات الرفع(٢)	
لمعظم المحركات الضخمة	١
لمعظم المحركات الكبيرة الثانية	٠,٧٥
لمعظم المحركات أخرى	٠,٦٠

(١) في حالات معينة، خاصة في التركيبات الصناعية هذا المعامل يمكن أن يكون أعلى.

(٢) التيار الذي يجب أخذه في الاعتبار يساوي التيار الإسمي للمحرك، يزاد بمقدار الثلث من تيار بدء حركته.

الجدول رقم ب١٧: معامل التزامن طبقاً لوظيفة الدائرة

٤/٤ مثال لتطبيق المعاملات

KS Ku

مثال لتقدير أقصى طلبات kVA حقيقية عند كل مستويات التركيب، بدءاً من كل موضع حمل حتى نقطة منبع التغذية.

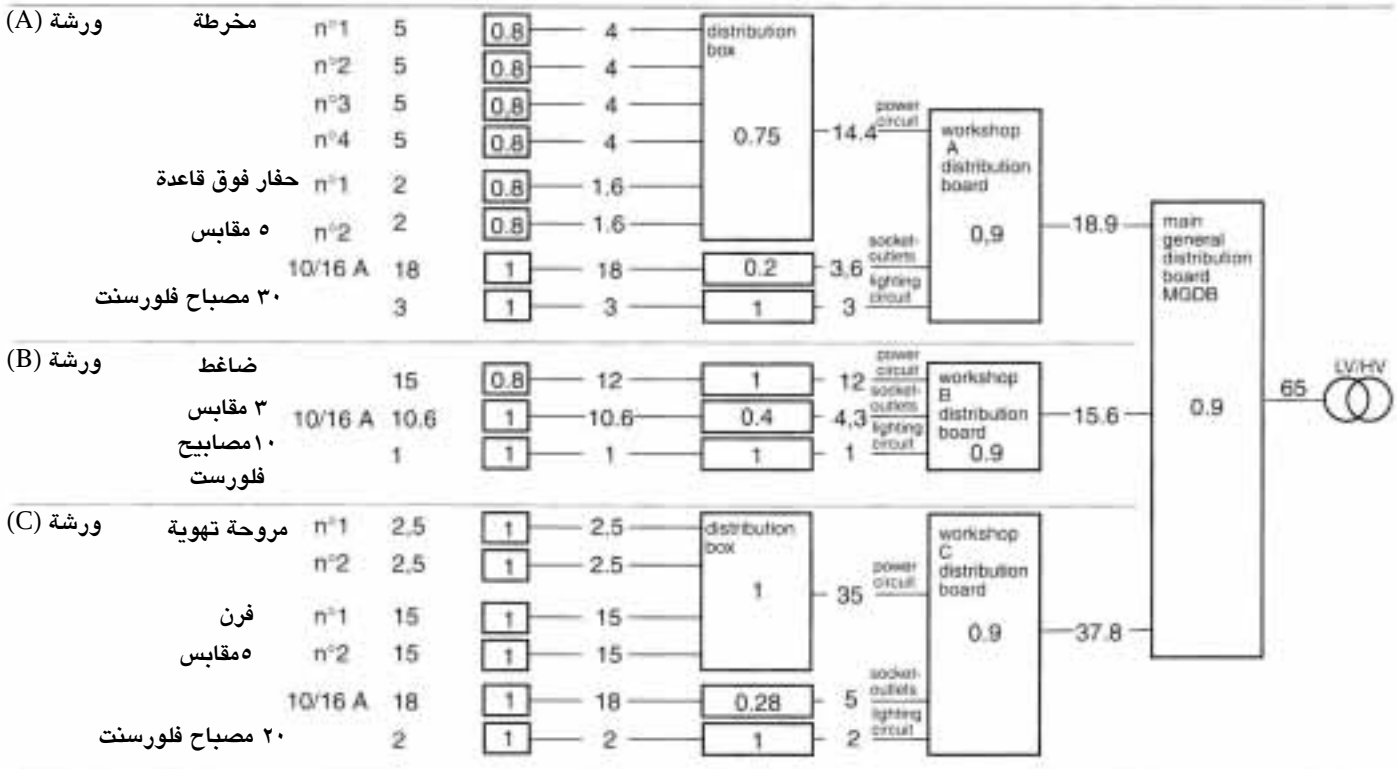
في هذا المثال، القدرة الظاهرية الكلية المركبة هي ٦.١٢٦ ك ف أ، والتي تناظر أقصى قيمة حقيقية (مقدَّرة) عند أطراف توصيل الجهد المنخفض لمحول (جهد عالي/ جهد منخفض) ، قدرته ٦٥ ك ف أ فقط.

ملاحظة: من أجل اختيار مقاسات الكابل لدوائر توزيع أحدى التركيبات، يتم تعيين التيار I (بالأمبير) المار في دائرة من المعادلة:

$$I = \frac{KVA \times 10^3}{\sqrt{3} \times U}$$

حيث KVA (ك ف أ) هي أقصى قيمة للقدرة الظاهرية الحقيقية ٣ أطوار الموضحة على المخطط للدائرة المعنية، وU هي جهد طور – إلى – طور (بالفولت)

الاستخدام	القدرة الظاهرية (Pa) ك.ف.أ	أقصى معامل استخدام	أقصى طلب للقدرة الظاهرية	معامل التزامن	طلب القدرة الظاهرية ك.ف.أ	معامل التزامن	طلب القدرة الظاهرية ك.ف.أ	معامل التزامن	طلب القدرة الظاهرية ك.ف.أ



الجدول رقم ب١٨: مثال لتقدير أقصى تحميل متنبأ به للتركيبات (قيم المعامل المستخدمة لأغراض التوضيح بالبرهان فقط)

٤/٥ معامل التباين

مصطلح معامل التباين، كما هو معرف في مواصفات الهيئة الدولية الكهروتقنية (IEC) مماثل لمعامل التزامن (KS) المستخدم في هذا الدليل، كما هو موضح بالبند الفرعي ٤/٣. ومع ذلك فإنه في بعض البلاد المتحدثة بالانجليزية (في نفس وقت الكتابة) فإن معامل التباين هو مقلوب KS أي أنه دائماً > ١.

٤/٦ اختيار تقنين المحول

عند تغذية أحد التركيبات مباشرة من محول جهد عالي/جهد منخفض وكانت أقصى قدرة تحميل ظاهرية للتركيبات قد تم تعيينها، فيمكن تحديد مقنن مناسب للمحول مع الأخذ في الحساب الاعتبارات التالية:

- امكانية تحسين معامل القدرة للتركيبات (انظر الفصل هـ).
- التوسعات المتوقعة للتركيبات.
- التركيبات الضرورية الاجبارية (درجة حرارة ...) مقننات المحول القياسية.

	In (أمبير)			
الجهد عند اللاحمل	٤٠٠ فولت	٤٢٠ فولت	٤٣٣ فولت	٤٨٠ فولت
القدرة المقننة (ك.ف.أ)				
٥٠	٧٢	٦٩	٦٧	٦٠
١٠٠	١٤٤	١٣٧	١٣٣	١٢٠
١٦٠	٢٣١	٢٢٠	٢١٣	١٩٢
٢٥٠	٣٦١	٣٤٤	٣٣٣	٣٠١
٣١٥	٤٥٥	٤٣٣	٤٢٠	٣٧٩
٤٠٠	٥٧٧	٥٥٠	٥٣٣	٤٨١
٥٠٠	٧٢٢	٦٨٧	٦٦٧	٦٠١
٦٣٠	٩٠٩	٨٦٦	٨٤٠	٧٥٨
٨٠٠	١١٥٥	١١٠٠	١٠٦٧	٩٦٢
١٠٠٠	١٤٤٣	١٣٧٥	١٣٣٣	١٢٠٣
١٢٥٠	١٨٠٤	١٧١٨	١٦٦٧	١٥٠٤
١٦٠٠	٢٣٠٩	٢١٩٩	٢١٣٣	١٩٢٥
٢٠٠٠	٢٨٨٧	٢٧٤٩	٢٦٦٧	٢٤٠٦
٢٥٠٠	٣٦٠٨	٣٤٣٧	٣٣٣٣	٣٠٠٧

الجدول رقم ب١٩: المقننات القياسية التي تحددها الهيئة الدولية الكهروتقنية (هـ د ك) لمحولات التوزيع ٣ طور ج ع/ج م والقيم المناظرة لتيار الحمل الكامل الاسمي.

تيار الحمل الكامل الأسمي In من ناحية الجهد المنخفض لمحول ثلاثي الطور يعطي من العلاقة:

$$In = \frac{Pa \times 10^3}{U\sqrt{3}}$$

حيث:

Pa = مقنن الـ ك ف أ للمحول

U = جهد طور – إلى – طور عند اللاحمل× (بالفولت)

In بالأمبير.

بالنسبة لمحول احادي الطور:

$$In = \frac{Pa \times 10^3}{V}$$

حيث :

V = الجهد بين أطراف توصيل الجهد المنخفض عند اللاحمل * (بالفولت)

معادلة مبسطة بالنسبة للجهد ٤٠٠ فولت (حمل ثلاثي الطور)

$In = KVA \times 1.4$

مواصفة الـ IEC القياسية لمحولات القدرة هي IEC76.

* كما هو معطى على لوحة بيانات مقننات المحول.

بالنسبة للجدول رقم ١٩ فإن جهد اللاحمل المستخدم هو ٤٢٠ فولت بالنسبة للملف ذي الجهد الاسمي ٤٠٠ فولت.

٧/٤ اختيار مصادر تغذية القدرة

ب

تبعث الدراسة المطوَّرة في (و٢) المشتملة على أهمية الاحتفاظ باستمرارية التغذية على التساؤل الخاص بإستخدام محطات قدرة احتياطية. إن اختيار وخصائص هذه المصادر البديلة مشروحة في البند الفرعي و٣-٣.

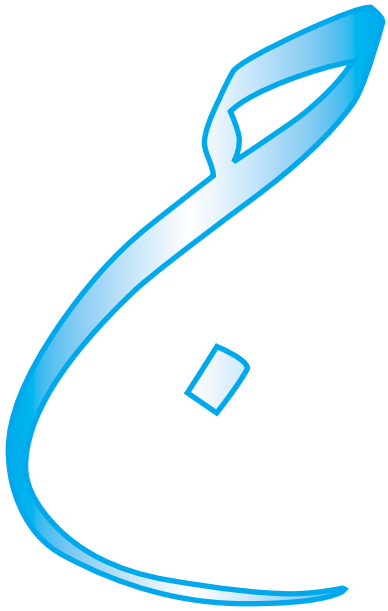
أما بالنسبة للمصدر الرئيسي للتغذية، فإن الاختيار يكون عامة بين توصيل لشبكة الجهد العالي أو لشبكة الجهد المنخفض للجهة العامة المسئولة عن التغذية بالكهرباء.

وفي التطبيق العملي، فإن التوصيل لمصدر الجهد العالي قد يكون ضرورياً، حيث الحمل يتجاوز (أو مخطط له بالزيادة) مستوى معيناً - عامة يكون تقريباً ٢٥٠ ك ف أ، أو إذا كانت جودة الخدمة المطلوبة أكبر من تلك التي يتم توفيرها من شبكة الجهد المنخفض عادة.

بالاضافة إلى ذلك إذا كانت التركيبات يتوقع أن يحدث بها انقطاعات في التغذية عن المستهلكين المجاورين، عندما يتم التوصيل لشبكة الجهد المنخفض، فإن الجهة المسئولة عن التغذية يمكن أن تفرض خدمة جهد عالٍ.

إن المغذيات الموصلة عند جهد عالٍ يكون لها مميزات معينة: في الحقيقة، مستهلك- جهد عالٍ:

- لا يكون هناك انقطاع عن طريق مستهلكين آخرين كما هو الحال بالنسبة للجهد المنخفض.
- حرية اختيار أي نوع من نظام تأريض الجهد المنخفض.
- اختيار أوسع للتعرفة الاقتصادية .
- يمكنها استيعاب زيادات كبيرة في الحمل. ومع ذلك يجب ملاحظة ما يلي:
- المستهلك هو المالك للمحطة الفرعية ج ع/ج م، وفي بعض البلاد، فإنه يجب عليه بناء المحطة وتجهيزها على حسابه الخاص. وفي ظروف معينة يمكن أن تشارك الجهة المسئولة عن الكهرباء في المصاريف عند مستوى خط الجهد العالي مثلاً ،
- جزء من تكاليف التوصيل يمكن -على سبيل المثال- تغطيته غالباً إذا كان هناك مستهلك ثانٍ تتصل محطته بخط الجهد العالي في نطاق زمن معين بعد التوصيلة الخاصة بالمستهلك الاصلي.
- المستهلك يمكنه الوصول فقط إلى الجزء الخاص بالجهد المنخفض للتركيبات أما الوصول إلى الجزء الخاص بالجهد العالي فهو من اختصاص أشخاص تابعين لشركة الكهرباء (قراءة العدادات المناورات التشغيلة.. الخ)، ومع ذلك فإنه في بعض البلاد فإن قاطع الدائرة الوقائي للجهد العالي (أو مفتاح قطع الحمل المزود بمصهر) يمكن تشغيله بواسطة المستهلك.
- نوع ومكان المحطة الفرعية يتم الاتفاق عليه بين المستهلك وشركة الكهرباء.



Schneider Electric

Schneider Electric

حتى هذا الوقت لا يوجد اتفاق دولي على الحدود الدقيقة لتعريف الجهد "العالي". مستويات الجهد والتي تميز على أنها "عاليه" في بعض البلاد يشار إليها على أنها جهد "متوسط" في بلاد أخرى. في هذا الفصل فإن شبكات التوزيع التي تعمل عند جهود ١٠٠٠ فولت أو أقل يشار إليها على إنها نظم جهد منخفض. بينما نظم توزيع القدرة التي تتطلب مرحلة واحدة للتحويل إلى جهد أقل، بغرض التغذية في شبكات جهد منخفض، سوف يشار إليها كنظم جهد عالٍ.

لأسباب اقتصادية وفنية فإن حد الجهد الأسمي الأعلى لنظم توزيع جهد عالٍ، حسب التعريف المذكور أعلاه نادراً ما تزيد على ٣٦,٥ ك.ف.

١/١ خصائص التغذية بالقدرة لشبكات توزيع الجهد العالي

الملامح الرئيسية التي تحدد خصائص نظام تغذية بالقدرة تشمل ما يلي:

- الجهد الأسمي ومستويات العزل المناظرة له،
- تيار دائرة القصر
- التيار الأسمي المقنن لبنود المحطة والمعدَّة ،
- طريقة التأريض .

ملاحظة : جميع الجهود والتيارات هي قيم جذر متوسط المربعات (ج م م) مالم يذكر خلاف ذلك.

في هذا الدليل فإن كلمة الجهد "الأسمي" تستخدم للشبكة وكلمة الجهد "المقنن" تستخدم للمعدَّة.

الجهد الأسمي ومستويات العزل المناظرة

الجهد الأسمي لنظام أو لمعدَّة معرف بالمواصفة الدولية هـ د ك ٣٨ على أنه "الجهد الذي عن طريقه يميز نظام أو معدة والتي تعود إليه خصائص تشغيل معينة".

والشيء الأكثر علاقة للجهد الأسمي هو "الجهد الأعلى للمعدّة" والذي يختص بمستوى العزل عند تردد التشغيل الأسمي ، والذي يمكن أن تعود إليه خصائص أخرى في توصيات المعدة ذات العلاقة. "الجهد الأعلى للمعدة" معرَّف في المواصفة الدولية هـ د ك ٣٨ كالتالي:

"أقصى قيمة للجهد التي يمكن أن تستخدم للمعدة والتي تحدث تحت ظروف تشغيل عادية عند أي وقت وعند أي نقطة على النظام".

وهي لا تشمل الجهود العرضية مثل تلك الناتجة عن فصل ووصل النظام ، وتغيرات الجهد المؤقتة.

ملاحظات :

١- الجهد الأعلى للمعدَّة يتم توضيحه بالنسبة لجهود النظام الاسمية الأعلى من ١٠٠٠ فولت فقط. ويجب أن يكون مفهوماً -خاصة بالنسبة لجهود نظام معينة- أن التشغيل العادي للمعدَّة لا يمكن ضمانه حتى هذا الجهد الأعلى للمعدَّة، مع الأخذ بعين الاعتبار خصائص حساسية الجهد مثل فواقد المكثفات والتيار المغناطيسي للمحولات..الخ. في تلك الحالات ، فإن التوصيات ذات العلاقة يجب أن تنص على الحد الذي يمكن عنده ضمان التشغيل العادي للمعدَّة.

٢- يجب أن يكون مفهوماً أن المعدة التي ستستخدم في نظم لها جهد إسمي لا يزيد على ١٠٠٠ فولت،

ينبغي أن يشار فيها إلى جهد النظام الإسمي فقط كأساس لكل من التشغيل والعزل.

٣- التعريف "الجهد الأعلى للمعدَّة" المعطى بالمواصفة الدولية هـ د ك ٣٨ يماثل ذلك التعريف المعطى بالمواصفة الدولية هـ د ك ٦٩٤ الخاصة بـ معدات القطع والوصل والتحكم للجهود التي تزيد على ١٠٠٠ فولت.

الجدول التالي (ج١) المأخوذ من المواصفة الدولية هـ د ك ٣٨، يفهرس معظم مستويات توزيع الجهد العالي القياسية الشائعة الاستخدام، وتربط الجهود الاسمية بالقيم القياسية المناظرة لـ "أعلى جهد للمعدة". سلسلتان من أعلى جهود للمعدة معطاه فيما بعد، أحدها لنظام ٥٠ هرتز، ٦٠ هرتز (سلسلة I) والأخرى لنظام ٦٠ هرتز (سلسلة II- تطبيقات أمريكا الشمالية). ويوصى بتطبيق سلسلة واحدة فقط من هاتين السلسلتين لأي بلد واحد. كما يوصى أيضاً بإستخدام سلسلة واحدة فقط من السلسلتين الخاصتين بالجهود الأسمية المعطاه للسلسلة I.. في أي بلد واحد. هذه النظم هي عامة نظم ٣ سلك مالم يذكر خلاف ذلك. القيم الموضحة هي جهود بين الأطوار. القيم الموضحة بين الأقواس ينبغي اعتبارها قيم غير مفضلة. ويوصى بعدم استخدام هذه القيم لأي نظم جديدة يتم انشاؤها في المستقبل.

ملاحظات:

١- يوصى بأنه في أي بلد من البلاد ينبغي الا تقل النسبة بين جهدين متجاورين عن ٢ .

٢- في نظام أسمي ذي سلسلة I، ينبغي ألا يختلف أعلى جهد وأقل جهد بأكثر من±١٠٪ تقريباً من الجهد الاسمي للنظام. في نظام أسمي للسلسلة II، أعلى جهد لا يختلف بأكثر من +٥٪ واقل جهد بأكثر من -١٠٪ من الجهد الأسمي للنظام.

السلسلة I		السلسلة I I	
أعلى جهد للمعدة (ك.ف)	الجهد الأسمي للنظام (ك.ف)	أعلى جهد للمعدة (ك.ف)	الجهد الأسمي للنظام (ك.ف)
(١)٣,٦	(١)٣,٣ (١)٣	(١)٤,٤٠	(١)٤,١٦
(١)٧,٢	(١)٦,٦ (١)٦	–	–
١٢	١١ ١٠	–	–
–	–	(٢)١٣,٢	(٢)١٢,٤
–	–	(٢)١٣,٩٧	(٢)١٣,٢
–	–	(١)١٤,٥٢	(١)١٣,٨
(١٧,٥)	– (١٥)	–	–
٢٤	٢٢ ٢٠	–	–
–	– –	(٢)٢٦,٤	(٢)٢٤,٩٤
(٣)٣٦	(٣)٣٣ –	–	–
–	– –	(٢)٣٦,٥	(٢)٣٤,٥
(٣)٤٠,٥	– (٣)٣٥	–	–

١) ينبغي عدم استخدام هذه القيم لنظم التوزيع الشائعة

٢) هذه النظم هي عامة نظم ٤ سلك

٣) توحيد هذه القيم تحت الدراسة.

الجدول ج١: جهود النظام الأسمية ذات الصلة مع جهود النظام المقننة المناظرة (قيم ج.م.م)

لضمـان وقاية كافـية للمـعدة ضد الجـهود الزائدة عند تردد القدرة التـي تحدث لفتـرة قصيـرة وغيـر عادية، والجهـود الزائدة العرضـية التي تحـدث من الصاعـقة والوصل والفـصل، وظروف العطل للنـظام، الخ، فـإن جميع معدات الجـهد العالي يجب أن توصف ليكون لها مستويات عزل مقننة مناسبة.

معدات القطع والوصل

الجدول ج٢ المبين فـيما بعـد، مسـتخرج من المواصـفة الدولية هـ د ك ٦٩٤ ويفهرس القيم القـياسية لمتطلبات جهد "التحمل". الاختـيار بين القائمة (١) والقائمة (٢) من الجدول رقم ج٢ يعتمد على درجة التعرض للجهود الزائدة الناتجة عن الصاعـقة والوصل والفصل× ونوع تأريض المحايد، ونوع أجهزة الوقاية من التيار الزائد.. الخ (لمزيد من الارشـاد يمكن الرجـوع إلى المـواصـفـة الدولية هـ د ك ٧١)

*هذا يعني أساسا أن قائمة (١) تطبق بشكل عام على معدات القطع والوصل المستـخدمة على نظم كابلات تحت الأرض، بينما القائمة (٢) يتم اختيارها لمعدات القطع والوصل المستخـدمة على نظم خطوط هوائية . تعـتـمد على الـتطبيق الجـاري في مـعظم البـلاد الأوربية وبلاد عديدة أخرى.

الجهد المقنن U (قيمة ج م م) (ك ف)	جهد تحمل دفعي مقنن للصاعقة (قيمة ذروة)				جهد تحمل تردد القدرة المقنن لمدة ١ دقيقة (قيمة ج م م)	
	قائمة (١)		قائمة (٢)			
	إلى الأرض بين الأقطاب وعبر جهاز وصل وفصل مفتوح (ك ف)	عبر المسافة الفاصلة (ك ف)	إلى الأرض بين الأقطاب وعبر جهاز وصل وفصل مفتوح (ك ف)	عبر المسافة الفاصلة (ك ف)	إلى الأرض بين الأقطاب وعبر جهاز وصل وفصل مفتوح (ك ف)	عبر المسافة الفاصلة (ك ف)
٣,٦	٢٠	٢٣	٤٠	٤٦	١٠	١٢
٧,٢	٤٠	٤٦	٦٠	٧٠	٢٠	٢٣
١٢	٦٠	٧٠	٧٥	٨٥	٢٨	٣٢
١٧,٥	٧٥	٨٥	٩٥	١١٠	٣٨	٤٥
٢٤	٩٥	١١٠	١٢٥	١٤٥	٥٠	٦٠
٣٦	١٤٥	١٦٥	١٧٠	١٩٥	٧٠	٨٠
٥٢	–	–	٢٥٠	٢٩٠	٩٥	١١٠
٧٢,٥	–	–	٣٢٥	٣٧٥	١٤٠	١٦٠

ملاحظة: قيم جهد التحمل "عبر المسافة الفاصلة" تعتبر سارية فقط لأجهزة الوصل والفصل حيث يصمم الخلوص بين الملامسات المفتوحة ليوافق متطلبات السلامة المحددة لأجهزة الفصل (الفواصل).

الجدول رقم ج٢: مستويات العزل المقننة لمعدات القطع والوصل

يجب ملاحظة أنه ، عند مستويات الجهد التي نحن بصددها غير مذكور مقننات جهد زائد للوصل والفصل. هذا لأن الجهود الزائدة الناتجة عن الجهود العارضة للوصل والفصل أقل شدة عند مستويات الجهد هذه عن تلك الناتجة من الصاعقة.

المحولات

الجدولين رقمي ج٣/أ وج٣/ب الموضحين فيما بعد قد تم استخراجهما من المواصفة الدولية هـ د ك ٧٦-٣، وذات علاقة بتطبيقات التيار في بلاد خلاف بلاد أمريكا الشمالية (سلسلة I.) وبالنسبة لبلاد أمريكا الشمالية وبعض البلاد الأخرى (سلسلة II.) المعنى للقائمة (١) والقائمة (٢) في السلسلة I هو نفسه مثل ذلك بالنسبة لجدول معدات القطع والوصل، أي أن الاختيار يعتمد على درجة التعرض للصاعقة، الخ.

الجهد الأعلى للمعدة Um (ج م م) (ك ف)	جهد تحمل تردد القدرة المقنن لمدة قصيرة (ج م م) (ك.ف)	جهد التحمل الدفعي المقنن للصاعقة (ج.م.م) (ك.ف)
≤ ١,١	٣	–
٣,٦	١٠	٢٠ –
٧,٢	٢٠	٤٠
١٢	٢٨	٦٠
١٧,٥	٣٨	٧٥
٢٤	٥٠	٩٥
٣٦	٧٠	١٢٥
٥٢	٩٥	١٤٥ ١٧٠
٧٢,٥	١٤٠	٢٥٠ ٣٢٥

الجدول ج٣/أ: مستويات العزل المقننة للمحولات في السلسلة (I)اعتمدت على التطبيق الجاري خلاف الموجود بالولايات المتحدة الأمريكية وبعض البلاد الأخرى).

الجهد الأعلى للمعدة Um (ج م م) (ك ف)	جهد التحمل المقنن عند تردد القدرة لمدة قصيرة (ج م م) (ك.ف)	جهد التحمل النبضي المقنن للصاعقة (ذروة)	
		محولات التوزيع (ك.ف)	المحولات الأخرى (ك.ف)
٤,٤٠	١٩	٦٠	٧٥
١٣,٢٠ ١٣,٩٧ ١٤,٥٢	٣٤	٩٥	١١٠
٢٦,٤	٥٠	١٥٠	
٣٦,٥	٧٠	٢٠٠	
٧٢,٥	١٤٠	٣٥٠	

الجدول رقم ج٣/ب: مستويات العزل المقننة للمحولات في السلسلة II (اعتمدت على التطبيق الجاري في الولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول الأخرى).

المكونات الأخرى:

من الواضح أن اداء العزل لمكونات الجهد العالي الأخرى المصاحبة مع هذه البنود الكبرى، مثلاً العوازل المصنوعة من الخزف أو الزجاج أو كابلات الجهد العالي أو محولات أجهزة القياس، الخ يجب أن تكون منسجمة مع تلك الخاصة بمعدة القطع والوصل والمحولات المشار إليها أعلاه. جداول اختبار لهذه البنود معطاه في المواصفات الدولية المناسبة.

ملاحظات عامة:

المواصفات القياسية للهيئة الدولية الكهروتقنية ((IEC معدَّة للتطبيق الواسع الانتشار وبالتالي تتضمن مدى كبير جداً من مستويات الجهدوالتيار.

هذا يعكس التطبيقات المتباينة المتبناه في بلاد ذات ارصاد جوية وجغرافية وقيود اقتصادية مختلفة. إن المواصفات القياسية الوطنية لأي بلد معين تكون عادة معقولة لتشمل مستوىً واحداً أو مستويين فقط من الجهد والتيار ومستويات العطل، الخ.

المواصفات الوطنية لأي بلد معين تكون عادة معقولة لتشمل مستوىً واحداً أو مستويين فقط من الجهد والتيار ومستويات العطل، الخ.

تيار دائرة القصر

قاطع الدائرة (أو المفتاح المزود بمصهر، على امتداد مدى جهد محدد) هو فقط شكل لمعدّة قطع ووصل قادرة على قطع مستويات تيار عالية بأمان التي تصاحب أعطال دائرة القصر الحادثة في نظام قدرة.

القيم القياسية لقاطع دائرة قادر على قطع تيار دائرة القصر عادة تعطي بالكيلو أمبير.

هذه القيم تعود إلى حالة دائرة قصر ثلاثية الطور ويعبر عنها كمتوسط لقيم ج.م.م لمركبة التيار المتردد في كل من الثلاثة أطوار.

قاطع الدائرة (أو المفتاح المزود بمصهر، على امتداد مدى جهد محدد) هو فقط شكل لمعدة قطع ووصل قادرة على قطع مستويات تيار عالية بأمان التي تصاحب أعطال دائرة القصر الحادثة في نظام قدرة.

مقننات قطع تيار دائرة القصر

بالنسبة لقواطع الدائرة التي في مدى الجهد المقنن المعتبرة في هذا الفصل، فإن المواصفة الدولية هـ د ك ٥٦ تعطي المقننات التالية لقطع تيار دائرة القصر.

ك.ف	٣,٦	٧,٢	١٢	١٧,٥	٢٤	٣٦	٥٢
ك.أ		٨	٨	٨	٨	٨	٨
	١٠	١٢,٥	١٢,٥	١٢,٥	١٢,٥	١٢,٥	١٢,٥
(ج.م.م)	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	٢٠
	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	
	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	
				٥٠			

الجدول رقم ج٤: مقننات قطع تيار دائرة القصر القياسية المستخرجة من الجدول رقم ١٠ من المواصفة الدولية هـ د ك ٥٦ .

حيثما كان تركيب قاطع دائرة بعيداً كهربائياً عن منبع قدرة، فإنه يكون من الضروري فقط التأكد من أن معامل القدرة للدائرة التي بها الخلل ليس أقل من ٠,٠٧ وأن الحد الأدنى من وقت التشغيل للترحيل الوقائي ليس أقل من نصف دورة من تردد منبع القدرة (أي ١٠ ملي ثانية عند ٥٠ هرتز).

في الغالبية العظمى من الحالات تعتبر هذه الشروط مستوفاة في شبكة توزيع جهد عالي .

في مثل تلك الظروف، فإنه يكون من الضروري حينئذ فقط التأكد من أن مقدرة قاطع الدائرة لقطع تيار دائرة القصر لمقننات هـ.د.ك تتجاوز قيمة ج.م.م لتيار دائرة قصر ثلاثي الطور عند نقطة التركيب. وحيثما يلزم تركيب قواطع الدائرة بالقرب من محطة التوليد، فإن مركبة التيار المتردد لتيار دائرة القصر ستتناقص بسرعة عن قيمتها الابتدائية (أي تناقص التيار المتردد) ومعامل القدرة لدائرة الخلل قد يكون أقل من ٠,٠٧, مثل هذه الحالة قد تستلزم المزيد من البحث على ضوء التوضيحات المذكورة في مواصفة هـ.د.ك رقم ٥٦، حيث أن النتيجة قد تقود إلى غياب أصفار التيار لدورات ابتدائية عديدة.*

أقصى ذروة للتيار

السمة الأخرى لإجهادات تيار دائرة القصر والتي قد تُفرض على الأجزاء المكونة لنظام قدرة تتعلق بالذروة القصوى المحتملة للتيار والتي يمكن أن تحدث إذا تم تقريب قاطع دائرة من دائرة مفصولة كهربائياً والتي تكون مقصورة.

لهذه الاحتمالية، فإن قواطع الدائرة يكون لها مقنن وصل تيار دائرة قصر معبراً عنه بالكيلو أمبير لتيار الذروة.

القيمة العددية لذلك المقنن هي ٢,٥ مرة من مقنن قطع تيار دائرة القصر لقاطع الدائرة.

التفسير

القيمة ٢,٥ مرة تم اشتقاقها كالآتي:

تيار دائرة القصر يكون عادة ذا محاثة مرتفعة بحيث أن طورين على الأقل سوف يحتويان على مركبة تيار مستمر عابر. في أسوأ الحالات المحتملة، فإن قيمة مركبة التيار المستمر في أحد الأطوار سيكون مساوياً لقيمة الذروة لمركبة التيار المتردد، بما يؤدي إلى حدوث ما يسمى بـ "التأثير المزدوج".

على أي حال فإن التيار المستمر العابر يتناقص بسرعة من لحظة الخلل (الخطأ)، في حين يحدث تيار الذروة بعد تلك اللحظة بنصف دورة. ويُسمح بالتناقص في مركبة التيار المستمر عن طريق خفض معامل الازدواج (٢) إلى القيمة ١,٨ في المواصفة هـ.د.ك رقم ٥٦ فإن هذا التخفيض مبني على أساس قيمة ثابت الزمن لتيار حثي مستمر حيث تمثِّل أنظمة توزيع جهد عالي متوسطة.

بالتالي فإن تيار الذروة يكون:

$\sqrt{2}$ Irms x 1.8 =2.54 حيث يقرب الرقم لأغراض التقييس إلى 2.5 Irms. ويوضح الشكل رقم (جـ٥)، المأخوذ من المواصفة هـ.د.ك ٥٦، شكل تيار دائرة القصر المعادل كلياً.

ملحوظة:

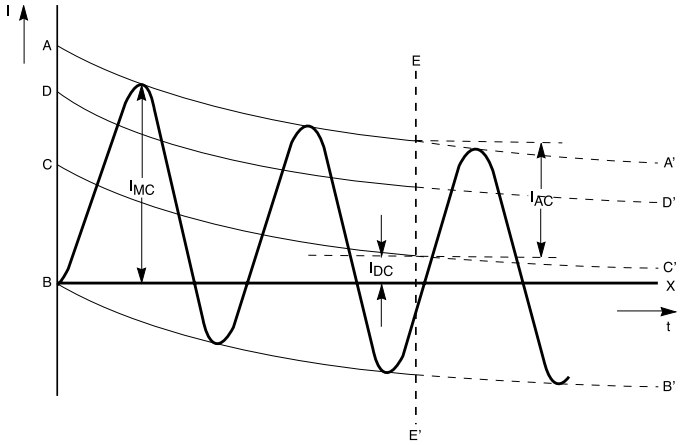
عند حدوث قصر دائرة في نظام قدرة، فإن كافة المحركات الكهربائية تعمل لفترة قصيرة جداً (دورة إلى دورتين) كمولدات، وتقوم بتغذية التيار (نموذجياً ٥٠٪ إلى ٨٠٪ من تيار بدء تشغيل المحرك) إلى العطل. يحدث ذلك بسبب انهيار الدفق المغناطيسي في كل محرك ويكون مؤثراً فقط بصفة عامة لأول دورة تردد قدرة من لحظة حدوث قصر الدائرة.

وللسبب الأخير ، فيما عدا بعض الحالات الاستثنائية جداً ، فليس من الضروري أن نضع في الاعتبار تأثيره على مقنن فصل تيار دائرة القصر لقاطع دائرة . على أنه لا ينبغي تجاهله في حالة مقنن وصل تيار دائرة القصر.

إذا كان هناك تمركـزات كبيرة من المحركـات قرب نقطة تركيب قاطع دائرة، فإن معدل وصل تيار دائـــرة القصر سيكون أعلى من ٢,٥ مرة قـدر معدل فصل تيار دائرة القصر عند نفس الموقع.

ولضمان سعة كافـية من وصل تيار دائرة القصر، فإنه يلزم اسـتخـدام قاطع دائرة ذو سـعة قطع تيـار دائرة القصر أكبر من المعتاد.

* تيار الصفر "الطبيعي" يعتبر ضرورياً ليعمل قاطع الدائرة بشكل صحـيح، مالم يكن مصمـماً خصيـصاً للغرض المطلوب .



AA'/BB' = اطار موجة التيار

BX = خط الصفر العادي

CC' = إزاحة خط الصفر لموجة التيار عند أي لحظة

DD' = قيمة ج.م.م لمركبة التيار المتردد للتيار عند لحظة

EE' = لحظة فصل التلامس (بدء القوس الكهربائي)

Imc = تيـــار الوصل = (1.8 A-C) حيث A,C مقاسة عند t= صفر

I_{AC} = قيمة الذروة لمركبة التيار المتردد للتيار عند لحظة. EE'

$\frac{I_{AC}}{\sqrt{2}}$ = قيمة ج.م.م لمركبة التيار المتردد عند أي لحظة مقاساً من EE'

I_{DC} = مركبة التيار المسـتمر للتيار عند لحظة . EE'

$\frac{I_{DC} \times 100}{I_{AC}}$ = القيمة المئـوية لمركبة التيار المستمر.

الشكل رقم جـ/٥: تعـيين تيارات وصل وقطع دائرة القصـر والقيـمة المئوية لمركـبة التيار المستمر.

إن مستوى تيار دائرة القصر لنظام توزيع جهد عالي غالباً ما يتم الحد منه بتقنيات التصميم إلى قيمة قصوى محددة مسبقاً نموذجياً في المدى من ١٢,٥ كيلو أمبير إلى ٢٥ كيلو أمبير.
كافة معدات الجهد العالي المتصلة بالنظام يجب أن تكون قادرة على تحمل - دون تلف - الإجهادات الحرارية والميكانيكية لتيار قصر الدائرة الأقصى لمدة ١ ثانية، أو في حالات خاصة (تعتمد على خصائص المعدة) لمدة ٣ ثوان.

في مثل هذه الحالة، يجب تركيب قاطع دائرة له مقنن تيار قطع دائرة قصر عالٍ بما يكفي لتأمين أداء كافٍ لتيار وصل دائرة القصر.

إن معدل تيار دائرة القصر لنظام توزيع الجهد العالي غالباً ما يتم الحد منه بتقنيات التصميم إلى قيمة قصوى محددة مسبقاً في المدى من ١٢,٥ كيلو أمبير إلى ٢٥ كيلو أمبير. كافة معدات الجهد العالي المتصلة بالنظام يجب أن تكون قادرة دون تلف على تحمل الإجهادات الحرارية والميكانيكية للتيار الأقصى لقصر الدائرة لمدة ١ ثانية، أو في حالات خاصة (تعتمد على خصائص المعدة) لمدة ٣ ثوان.

التيار العادي المقنن

إن المقنن الطبيعي للتيار الأكثر شيوعاً لمجموعة المفاتيح متعددة الأغراض لتوزيع الجهد العالي هو ٤٠٠ أمبير.

يمكن تعريف التيار العادي المقنن على أنه "قيمة ج.م.م للتيار والتي يمكن حملها بشكل مستمر عند تردد مقنن مع زيادة في درجة الحرارة لا تتعدى ما نصت عليه مواصفة المنتج المعني".

إن متطلبات مقنن التيار المعتاد لمجموعة المفاتيح يتم تحديدها عند مرحلة تصميم المحطة الفرعية، والمقنن المعتاد للتيار الأكثر شيوعاً لمجموعة المفاتيح متعددة الأغراض لتوزيع الجهد العالي هو ٤٠٠ أمبير.

في المناطق الصناعية والمناطق المدنية ذات كثافات الأحمال العالية قد يتطلب الأمر أحياناً استخدام دوائر ذات مقنن ٣٦٠ أمبير، أما في المحطات الفرعية ذات الإمداد الضخم التي تغذي شبكات الجهد العالي فقد صنَّفت المواصفة هـ.د.ك رقم ٥٦ قواطع الدائرة ذات المقننات ٨٠٠ أمبير، ١٢٥٠ أمبير، ١٦٠٠ أمبير، ٢٥٠٠ أمبير، و٤٠٠٠ أمبير على أنها مقننات قياسية لدوائر دخل المحولات، وقواطع الدائرة للفصل والتقسيم واقتران مجموعتي التوصيل .. الخ.

في المحطات الفرعية للجهد العالي / الجهد المنخفض التي تحتوي على محول (أو أكثر) ذي تيار ابتدائي معتاد أقل من ٤٥ أمبير، يتم بشكل عام استخدام مفتاح جهد عالي مع مجموعة من ثلاث مصهرات (أو توليفة مفتاح- مصهر) كبديل أكثر اقتصاداً من قاطع الدائرة للتحكم في المحول ووقايته.

لا توجد جداول توصي بها هـ.د.ك لمقنن التيار المعتاد للتوليفات في هذه الحالات. فالمقنن الفعلي سيتم تحديده بواسطة مصنِّع المفتاح ذو المصهر (الفيوز) طبقاً لخصائص المصهر، كما سيقوم بتوفير تفاصيل المحول، مثل:

- التيار المعتاد عند الجهد العالي،
- التيار الزائد المسموح به وزمنه،
- الذروة القصوى والزمن الأقصى لتيار شحن الدفق المغناطيسي للمحول،
- وضع القطع لمفتاح تفريع الدائرة.. الخ ، كما هو موضح في المثال المعطى في الملحق (أ) من مواصفة هـ.د.ك ٤٢٠ والملخص في الملحق (ج١) من هذا الدليل.

توصي الهيئة الدولية الكهروتقنية بأن تكون قيمة مقنن التيار المعتاد، التي حددها الصانع للتوليفة، واحدة من القيم المفضلة من سلسلة "R10" التي وضعتها الأيزو وهي :١٠، ١٢,٥، ١٦، ٢٠، ٢٥، ٣١,٥، ٤٠، ٥٠، ٦٣،

٨٠، مع المضاعفات (أو المضاعفات الفرعية) للرقم ١٠ حسبما يتطلب الأمر.

في مخطط كهذا، فإن مفتاح قاطع الحمل يجب أن يكون مقنناً بشكل مناسب بحيث يفصل ذاتياً، بواسطة مرحِّلات مثلاً، عند المستويات المتدنية لتيار العطل التي يجب أن تغطي (بهوامش معقولة) أدنى تيار قطع مقنن لمصهرات الجهد العالي.

بهذه الطريقة، تقوم المصهرات بالتغلب على القيم المرتفعة لتيار العطل والتي تكون أعلى من مقدرة القطع لمفتاح قاطع الحمل، في حين يعمل مفتاح قاطع الحمل الذي يعمل بالمرحِّل على تجاوز قيم تيار العطل المنخفضة التي لا تستطيع المصهرات قطعها بشكل سليم.

يعطي الملحق (ج١) معلومات إضافية بشأن هذا الترتيب، حيثما يكون مطبقاً على وحدات توليفية من المفاتيح ذات المصهرات للجهد العالي.

تأثير درجة الحرارة المحيطة والارتفاع عن سطح البحر على التيار المقنن

يتم تحديد مقننات التيار المعتاد لكافة الأجهزة الكهربائية الحاملة للتيار، ويتم تحديد الحدود القصوى بواسطة الزيادات المسموح بها في درجة الحرارة والناتجة عن I^2R (واط) المتبددة في المواصلات (حيث I = تيار ج.م.م بالأمبير، و R = مقاومة الموصل بالأوم)، بالإضافة إلى الحرارة المتولدة بسبب التخلف المغناطيسي والفقد بتأثير التيارات الدوامية في المحركات والمحولات.. الخ وفواقد العازل في الكابلات والمكثفات، كلما كان ملائماً.

إن الزيادة في درجة الحرارة فوق درجة الحرارة المحيطة سيتوقف بشكل أساسي على معدل التخلص من الحرارة. على سبيل المثال يمكن إمرار تيارات ضخمة خلال الملفات الكهربائية للمحركات دون أن ترتفع درجة حرارة هذه الملفات، وذلك ببساطة أن تثبيت مروحة تبريد إلى عمود المحرك يعمل على التخلص من الحرارة بنفس معدل تولدها، وبالتالي تظل درجة الحرارة عند قيمة ثابتة أقل من القيمة التي يمكن أن تؤدي إلى تلف العزل واحتراق المحرك.

وتعتبر المحولات ذات التبريد الهوائي أو الزيتي هي أكثر الأمثلة شيوعاً في ذلك المجال من "التبريد القسري".

إن قيم التيار المعتاد التي توصي بها هـ د.ك مبنية على أساس درجات الحرارة المحيطة للهواء الشائعة في الأجواء المعتدلة وعند ارتفاعات عن سطح البحر لا تزيد على ١٠٠٠ متر، وبالتالي فإن الوحدات التي تعتمد على التبريد الطبيعي بالإشعاع والحمل الهوائي سترتفع درجة حرارتها إذا تم تشغيلها عند التيار المقنن المعتاد في مناخ استوائي أو عند ارتفاعات تزيد على ١٠٠٠ متر عن سطح البحر. في مثل هذه الحالات يجب خفض تقنين المعدة، أي إعطائها قيمة أقل من مقنن التيار المعتاد حسب المواصفة (IEC 76-2).

في حالة المحولات التي تعمل بالتبريد القسري، فإنه يكفي بشكل عام للحفاظ على مقنن هـ.د.ك استخدام حاجبات شمسية وزيادة مساحة أسطح راديتير التبريد الزيتي أو زيادة كمية زيت التبريد أو رفع قدرة مضخات تدوير الزيت أو زيادة حجم مراوح تدوير الهواء.

التوصيلات الأرضية

إن الإخطاء الأرضية في أنظمة الجهد العالي يمكن أن تؤدي إلى مستويات جهد خطيرة في تركيبات الجهد المنخفض. ويمكن حماية مستهلكي الجهد المنخفض(والعاملين على تشغيل المحطة الفرعية) من ذلك الخطر عن طريق:

- الحد من شدة تيارات الخطأ الأرضي للجهد العالي،
- خفض المقاومة الأرضية للمحطة الفرعية إلى أدنى قيمة ممكنة،
- خلق ظروف تساوي في الجهد بالمحطة الفرعية وبتركيبة المستهلك.

إن الإخطاء الأرضية في أنظمة الجهد العالي يمكن أن تؤدي إلى مستويات جهد خطيرة في تركيبات الجهد المنخفض. ويمكن حماية مستهلكي الجهد المنخفض(والعاملين على تشغيل المحطة الفرعية) من ذلك الخطر عن طريق:
- الحد من شدة تيار الخطأ الأرضي للجهد العالي،
- خفض المقاومة الأرضية للمحطة الفرعية إلى أدنى قيمة ممكنة،
- خلق ظروف تساوي في الجهد بالمحطة الفرعية وفي تركيبات المستهلك.

إن التأريض والتوصيلات الأرضية لمعدات الترابط يتطلبان عناية بالغة خاصة فيما يتعلق بسلامة مستهلكي الجهد المنخفض خلال حدوث قصر دائرة في التوصيلات الأرضية لنظام الجهد العالي.

الأقطاب الأرضية

من المستحسن بشكل عام، عندما يكون ذلك ممكناً طبيعياً، فصل الإلكترود المستخدم لتأريض الأجزاء الموصلة المكشوفة لمعدة جهد عالي عن الإلكترود المعد لتأريض الموصل المحايد للجهد المنخفض.

يتم ذلك الإجراء عادة في الأنظمة الريفية حيث يتم تركيب إلكترود تأريض الموصل المحايد للجهد المنخفض على مسافة أو مسافتين من خط توزيع الجهد المنخفض بعيداً عن المحطة الفرعية.

وفي معظم الأحوال ، فإن محدودية المساحة المتاحة في المحطات الفرعية المدنية تعوق استخدام هذا الإجراء، أي أنه لا توجد إمكانية لفصل إلكترود الجهد العالي بشكل كاف عن الكترود الجهد المنخفض لتجنب تداخلات الجهود (التي تكون في الغالب خطيرة) في نظام الجهد العالي.

تيار الخطأ الأرضي

إن مستويات تيار الخطأ الأرضي يمكن بشكل عام مقارنتها (ما لم يتم الحد منها عمداً) بتلك المستويات الخاصة بدائرة قصر ثلاثية الطور. مثل تلك التيارات المارة خلال إلكترود أرضي سترفع من جهده إلى قيمة مرتفعة فيما يتعلق بـ "الأرضي البعيد" (الأرضي المحيط بالإلكترود سيرتفع إلى فرق جهد عالٍ، في حين يكون "الأرضي البعيد" عند فرق جهد صفر).

على سبيل المثال فإن تيار خطأ أرضي يبلغ ١٠٠٠٠ أمبير يمر في إلكترود ذي مقاومة (متدنية بشكل غير معتاد) تبلغ ٠,٥ أوم سيرفع جهده إلى ٥٠٠٠ فولت.

بافتراض أن كافة المعدن المكشوف بالمحطة الفرعية "مترابط" (متصل ببعضه البعض) ثم يتم توصيله بعد ذلك بالكترود أرضي على شكل (أو موصول مع) شبكة موصلات تحت أرضية المحطة الفرعية، حينئذ لا يكون هناك خطر على العاملين حيث أن هذا الترتيب يشكل هيكلاً متساوي الجهد يتم فيه رفع كافة المواد الموصلة، بما في ذلك العاملين، إلى نفس فرق الجهد.

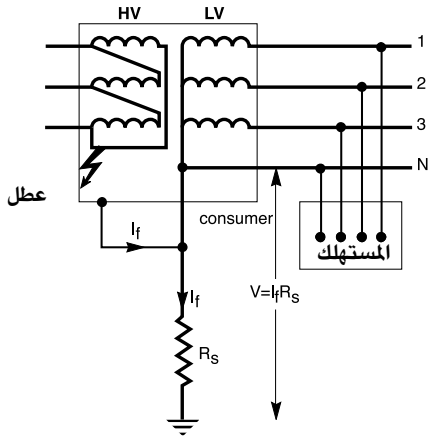
فرق الجهد المنقول (المحوّل)

يوجد خطر من المشكلة المعروفة باسم فرق الجهد المنقول. يتضح من الشكل (ج٦) أن نقطة المحايد لملف الجهد المنخفض لمحول الجهد العالي/الجهد المنخفض موصول هو الآخر بالإلكترود الأرضي للمحطة الفرعية بحيث أن الموصل المحايد وملفات طور الجهد المنخفض وكافة موصلات الطور يتم رفعها جميعاً إلى فرق جهد الإلكترود. وتقوم كابلات توزيع الجهد المنخفض الخارجة من المحطة الفرعية بنقل فرق الجهد هذا إلى تركيبات المستهلكين. كما ينبغي الإشارة إلى أنه لن يحدث انهيار في عزل الجهد المنخفض بين الأطوار وبعضها أو من طور إلى محايد حيث أنها جميعاً لها نفس فرق الجهد. غير أنه من المحتمل انهيار العزل بين الطور والأرضي لكابل أو جزء من تركيبة.

الحلول

الخطوة الأولى للحد من الأخطار الواضحة لفرق الجهد المنقول هو خفض شدة تيارات الخطأ الأرضي للجهد العالي. ويمكن تحقيق ذلك عادة بتأريض نظام الجهد العالي بواسطة مقاومات أو مفاعلات عند النقاط النجمية لمحولات× مختارة توضع في المحطات الفرعية للتغذية الضخمة. غير أن هذه الطريقة لا نستطيع استخدامها لتجنب فرق الجهد المنقول العالي نسبياً بشكل تام. لذلك فقد اتجهت بعض الدول لتبني الطريقة التالية.

حيث أن تركيبة التأريض متساوية الجهد في موقع المستهلك تمثل الأرضي البعيد، أي فرق الجهد صفر، إذن فلو تم توصيل تركيبة التأريض هذه بموصل ذي معاوقة منخفضة إلى القطب الأرضي في المحطة الفرعية، حينئذ فإن حالة تساوي الجهد المتحققة في المحطة الفرعية ستتحق أيضاً في تركيبات المستهلك *مع بقاء الآخرين دون تأريض. تمت دراسة الحالة الخاصة بالحد من تيار الخطأ الأرضي، أي بواسطة ملف بيترسون، في نهاية البند الفرعي ٢/٣



الشكل ج٦: فرق الجهد المنقول

الترابط ذو المعاوقة المنخفضة

هذا الترابط ذو المعاوقة المنخفضة يمكن تحقيقه ببساطة بتوصيل الموصل المحايد إلى تركيبة المستهلك ذات فرق الجهد المتساوي، ويُعْرف النظام الناتج عن ذلك بنظام التأريض (TNهـ.د.ك ٣٦٤-٣) كما هو موضح في الرسم (أ) للشكل جـ٧ ويرتبط نظام TN عادة مع تصميم تأريض وقائي متعدد يتم فيه تأريض الموصل المحايد على مراحل بطول الموصل (كل قطب ثالث أو رابع على موزع خط علوي لجهد منخفض) وعند كل موضع خدمة للمستهلك. ويمكن إدراك أن شبكة الموصلات المحايدة المنبعثة من محطة فرعية، والتي يتم تأريض كل منها على مسافات متساوية، تشكِّل، بالإضافة إلى تأريض المحطة الفرعية، إلكتروداً أرضياً فعالاً جداً وذا مقاومة منخفضة.

إن توليفة تيارات الخطأ الأرضي والتركيبات ذات فرق الجهد المتساوي والتأريض منخفض المقاومة للمحطة الفرعية تؤدي جميعاً إلى خفض كبير في معدلات زيادة الجهد والإجهاد المحدود لعزل الطور- إلى أرضي خلال الخطأ الأرضي للجهد العالي الموصوف أعلاه.

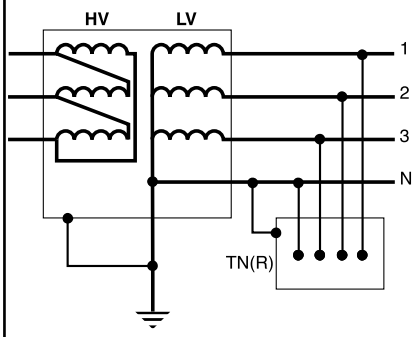
حدود تيار الخطأ الأرضي للجهد العالي والمقاومة الأرضية للمحطة الفرعية

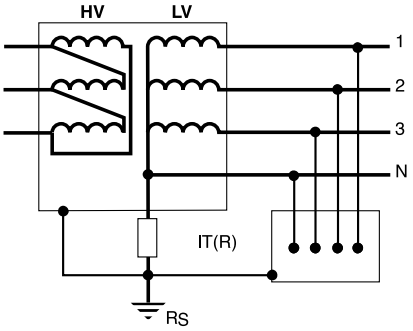
يوضح الرسم ج من الشكل جـ٧ نظاماً آخر للتأريض يستخدم على نطاق واسع.

سيتضح من نظام TTأن تركيبة تأريض المستهلك (وهي مفصولة عن أرضي المحطة الفرعية) تشكل الأرضي البعيد. وهذا يعني أنه على الرغم من أن فرق الجهد المنقول لن يسبب إجهاداً على عزل الطور-إلى-طور لمعدات المستهلك، إلا أن عزل الطور-إلى-أرض للأطوار الثلاثة جميعاً ستتعرض إلى زيادة في الجهد.

في هذه الحالة تكون الخطة هي العمل على:

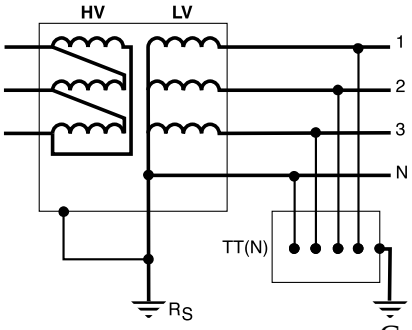
- الحد من قيمة تيارات الخطأ الأرضي للجهد العالي، كما سبق إيضاح ذلك،
- خفض مقاومة الإلكترود الأرضي للمحطة الفرعية، بحيث لا يتم تجاوز القيمة القياسية لفترة التحمل ٥ ثوان جهد - إلى - أرض للمعدات والأجهزة.

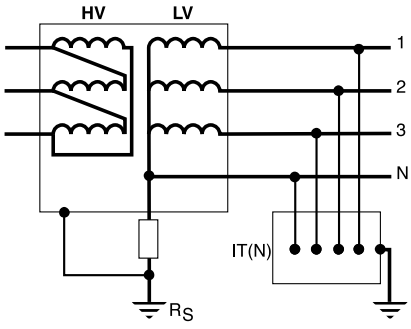




الحالات A و B

لا توجد قيمة مقاومة معينة مفروضة لـ RS في هذه الحالات.





D

الحالات C و D

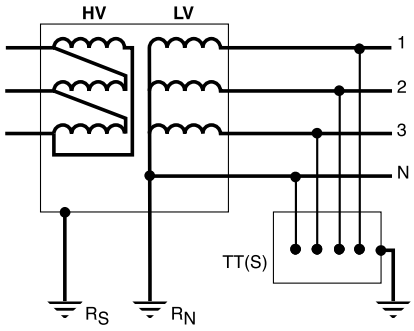
$$RS \leq \frac{Uw - Uo}{Im}$$

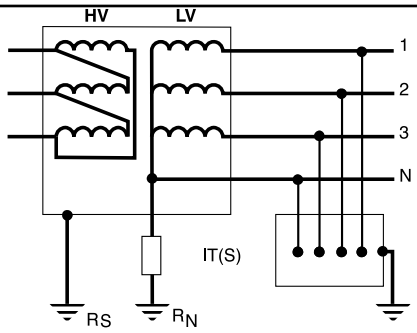
حيث:

Uw= جهد تحمل التردد العالي المقنن لمعدات الجهد المنخفض عند تركيبات المستهلك.

Uo= جهد محايد إلى طور عند تركيبات المستهلك.

Im= أقصى قيمة لتيار الخطأ الأرضي جهد عالي.





الحالات E و F

$$RS \leq \frac{Uws - U}{Im}$$

حيث:

Uws= جهد تحمل التردد العادي لمعدات الجهد المنخفض في المحطات الفرعية (نظراً لأن الأجزاء الموصلة المكشوفة لهذه المعدات تكون مؤرضة من خلال Rs).

U = جهد محايد إلى طور عند المحطة الفرعية لنظام (نظم) TT، ولكن جهد طور– إلى– طور لنظام (نظم) IT.

Im = أقصى قيمة لتيار الخطأ الأرضي جهد عالي.

في الحالات E و F تؤرض الموصلات الوقائية ذات الجهد المنخفض (الأجزاء الموصلة المكشوفة المرتبطة) في المحطة الفرعية من خلال قطب تأريض المحطة الفرعية، لذلك فإن معدات الجهد المنخفض للمحطة الفرعية (فقط) هي التي تخضع للجهد الزائد.

ملاحظات :

(R)تعني أن الأجزاء الموصلة المكشوفة ذات الجهد العالي والجهد المنخفض عند المحطة الفرعية وتلك الموجودة عند تركيبات المستهلك وكذلك نقطة المحايد ذات الجهد المنخفض للمحول، جميعها مؤرضة من خلال نظام قطب (الكترود) المحطة الفرعية.

(N)تعني أن الأجزاء الموصلة المكشوفة ذات الجهد العالي والجهد المنخفض عند المحطة الفرعية، وكذلك نقطة المحايد ذات الجهد المنخفض للمحول جميعها مؤرضة من خلال نظام قطب (الكترود) المحطة الفرعية.

(S)تعني أن نقطة المحايد ذات الجهد المنخفض للمحول مؤرضة بشكل منفصل خارج منطقة تأثير قطب تأريض المحطة الفرعية.

Uw وUws تعطي قيمة 1.5 Uo + 750v هـ د ك ٦٤٤) ، حيث 1.5 Uo جهد محايد – إلى – طور الأسمي لنظام الجهد المنخفض ذو العلاقة.

الشكل ج/٧: أقصى مقاومة تأريض Rs عند المحطة الفرعية ج ع/ ج م لضمان السلامة أثناء عطل دائرة القصر إلى الأرض على معدّة الجهد العالي لنظم تأريض مختلفة.

القيم العملية التي تبنتها إحدى الهيئات الوطنية للتغذية بالقدرة الكهربائية، عند نظام توزيع ٢٠ كيلو فولت، هي كالتالي:

- الحد الأقصى لتيار الخطأ الأرضي في أنظمة توزيع الخط العلوي، أو الأنظمة المختلطة (خط علوي وكابل تحت أرضي) هو ٣٠٠ أمبير،
- الحد الأقصى لتيار الخطأ الأرضي في الأنظمة تحت الأرضية ١٠٠٠ أمبير.

لتحديد الحد الأقصى لقيمة مقاومة الأرضي في المحطة الفرعية، لضمان عدم تجاوز جهد التحمل للجهد المنخفض، ينبغي تطبيق المعادلة الآتية:

$$RS = \frac{Uw - Uo}{Im} \quad \text{in ohms}$$

(انظر الحالات جـ، د في الشكل جـ٧)

حيث:

Uw = أدنى قيمة قياسية (بالفولت) لجهد التحمل قصير المدى (٥ ثوان) لأجهزة وتركيبة المستهلك.

$1.5\ Uo + 750\ V =$

(انظر هـ.د.ك ٦٤٤ لعام ١٩٩١)

Uo = جهد الطور إلى المحايد (بالفولت) عند موضع ذروة الجهد المنخفض للمستهلك.

Im = الحد الأقصى لتيار الخطأ الأرضي في نظام الجهد العالي (بالأمبير).

كما أن هناك نوعاً ثالثاً من تأريض النظام مُعَرَّف باسم نظام "IT" في المواصفة هـ.د.ك ٣٦٤ يستخدم عادة حين تكون استمرارية التغذية أمراً ضرورياً، مثلاً في المستشفيات وفي عمليات التصنيع المستمر.. الخ.

ويعتمد المبدأ الرئيسي في هذا النظام على أخذ تغذية من مصدر غير مؤرض، محول عادة، يكون ملفه الثانوي غير مؤرض أو مؤرض خلال معاوقة مرتفعة (≤ ١٠٠٠ أوم) .

في هذه الحالات فإن حدوث انهيار لعزل الأرضي في دوائر الجهد المنخفض التي يتم تغذيتها من الملفات الثانوية سيؤدي إلى تدفق تيار خطأ صفر أو ذي قيمة مهملة يمكن بقاؤها حتى الوقت المناسب لغلق الدائرة المعطوبة وإجراء أعمال الإصلاح.

توضح الرسومات ب ، د ، و في الشكل جـ٧ أنظمة ITتحتوي على مقاومات (حوالي ١٠٠٠ أوم) في سلك تأريض المحايد. إذا تم نزع تلك المقاومات بحيث أصبح النظام غير مؤرض، فإن الملاحظات الآتية تنطبق.

الرسم ب . كافة أسلاك الطور والمحول المحايد تكون "عائمة" بالنسبة للأرضي المتصل بها عن طريق مقاومات العزل (عالية جداً عادة) والمعاوقات (صغيرة جداً) بين الموصلات المكهربة والمعدن المؤرض (مواسير أسلاك .. الخ).

بافتراض عزل مثالي، فإن طور الجهد المنخفض وكافة موصلات المحايد سترتفع بواسطة الحث الكهروستاتيكي إلى فرق جهد يقترب من فرق جهد الموصلات متساوية الجهد.

من المحتمل غالباً، بسبب تعدد مسارات التسرب الأرضي لكافة الموصلات المكهربة في عدد من التركيبات تعمل بشكل متوازٍ، أن يعمل النظام كما في حالة وجودٍ مقاوم تأريض محايد، بمعنى أن كل الموصلات سترتفع إلى فرق جهد أرضي المحطة الفرعية. في تلك الحالات تكون إجهادات زيادة الجهد على عزل الجهد المنخفض صغيرة أو منعدمة.

الرسومات د، و . في هذه الحالات فإن فرق الجهد العالي لنظام تأريض المحطة الفرعية يعمل على الطور المنفصل للجهد المنخفض وعلى الموصلات المحايدة:

- خلال المعاوقة بين ملفات الجهد المنخفض للمحول وبين خزان المحول،
- خلال المعاوقة بين الموصلات متساوية الجهد في المحطة الفرعية وبين قلوب كابلات توزيع الجهد المنخفض الخارجة من المحطة الفرعية ،

■ عبر مسارات تسرب التيار في العزل، في كل حالة.

في المواضع خارج منطقة تأثير تأريض المحطة الفرعية تتواجد معاوقات نظام بين الموصلات والأرض عند فرق جهد صفر (المواسعات بين القلوب غير ذات علاقة – مع رفع كافة القلوب إلى نفس فرق الجهد).

تكون النتيجة مُقَسِّم مواسعي للجهد، حيث يتم توصيل كل مكثف على التوازي (مسار تسرب) بمقاومات.

بشكل عام فإن معاوقات كابل الجهد المنخفض وتمديدات أسلاك التركيبة للأرض تكون أكبر بكثير، وتكون معاوقات العزل للأرضي أصغر بكثير من تلك الخاصة بالمعايير (البارامترات) المناظرة في المحطة الفرعية، بحيث أن معظم الإجهادات في الجهد تظهر في المحطة الفرعية بين خزان المحول وتمديدات أسلاك الجهد المنخفض. بالتالي فإن الزيادة في فرق الجهد في تركيبات المستهلكين لن تشكل على الأرجح أية مشكلة حيث قد يتم حصر (تقييد) مستوى تيار الخطأ الأرضي للجهد العالي كما ذكرنا سالفاً.

كافة محولات التأريض IT، سواء كانت نقطة المحايد مفصولة أو مؤرضة عن طريق معاوقة مرتفعة، يتم تزويدها روتينياً بجهاز الحد من زيادة الجهد حيث سيقوم تلقائياً بوصل نقطة المحايد مباشرة إلى الأرضي إذا قاربت الزيادة في الجهد مستوى تحمل العزل لنظام الجهد المنخفض.

بالإضافة إلى الاحتمالات المذكورة أعلاه، هناك العديد من الطرق الأخرى التي تحدث بها الزيادة في الجهد، وهذه الطرق مذكورة في البند ١/٣ .

هذا النوع من الخطأ الأرضي نادر الحدوث وعندما يحدث سرعان ما يتم اكتشافه والتغلب عليه بواسطة القطع التلقائي لقاطع الدائرة وذلك في تركيبة ذات تصميم وإنشاء ملائمين.

إن السلامة في حالات زيادة فرق الجهد تعتمد كلية على شرط وجود مناطق متساوية الجهد ومرتبة بشكل ملائم، أساس هذه المناطق بشكل عام يكون على هيئة شبكة واسعة الفتحات من موصلات نحاسية عارية مترابطة وموصلة إلى قضبان فولاذية مغلفة بالنحاس* تدار رأسياً.

إن ظاهرة فرق الجهد المعتبرة هي تلك المذكورة في القسم (ز) الذي يتناول الوقاية ضد الصدمة الكهربائية عن طريق التلامس غير المباشر، بمعنى أن فرق الجهد بين أي جزأين معدنيين مكشوفين يمكن لمسهما في وقت واحد بأي جزء من أجزاء الجسم يجب ألا يزيد بأي حال من الأحوال على ٥٠ فولت في الحالات الجافة أو ٢٥ فولت في الحالات الرطبة.

يجب توخي الحذر عند حدود مناطق فرق الجهد لتجنب الانحدار الحاد في فرق الجهد على سطح الأرض والذي قد يؤدي إلى زيادة "فروق الجهد المرحلية" الخطرة.

هذا الأمر يتعلق عن قرب بالتأريض الآمن للحوائل الحدودية وهو مشروح بمزيد من التفصيل في البند الفرعي ١/٣ والملحق (حـ٢).

*يعتبر النحاس كاثودياً لمعظم المعادن الأخرى، وبالتالي فهو مقاوم للصدأ.

٢/١ توصيلات الخدمة المختلفة للجهد العالي

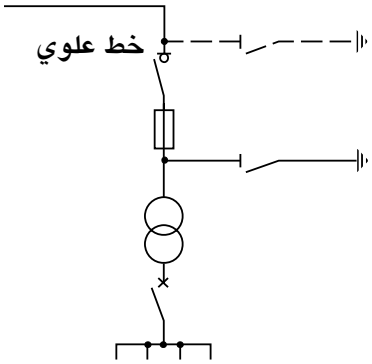
طبقاً لنوع شبكة الجهد العالي، يتم عادة تبني ترتيبات التغذية الآتية.

خدمة الخط المفرد

يتم تغذية المحطة الفرعية بواسطة دائرة مفردة متفرعة من خط مفرد من موزع الجهد العالي (كابل أو خط). بشكل عام يتم وصل خدمة الجهد العالي إلى لوحة تحتوي على مفتاح فصل/قطع الحمل مع مصاهر وقاية على التوالي ومفاتيح تأريض، كما هو موضح في الشكل (جـ٨).

في بعض الأقطار تكون المحطة الفرعية عبارة عن محول مثبت على عمود بدون مجموعة مفتاح الجهد العالي ولا مصاهر. هذا النوع من خدمة الجهد العالي يعتبر شائعاً جداً في المناطق الريفية لمقننات المحول حتى ١٦٠ كيلو فولت أمبير.

أجهزة الفصل والوصل (التشغيل) وأجهزة الوقاية تكون بعيدة عن المحول، وتتحكم عامة في خط علوي



الشكل جـ٨: خدمة خط مفرد

رئيسي يتفرع منه عدد من خطوط الخدمة الرئيسية.

مبدأ (قاعدة) التوزيع الحلقي الرئيسي

وحدات التوزيع الرئيسي الحلقي تكون عادة متصلة إلى الحلقي الرئيسي لجهد عالي×أو موزع مغذي ترابط× بحيث تحمل قضبان التوزيع الحلقي الرئيسي التيار الكامل الحلقي الرئيسي أو لمغذي الترابط (الشكل رقم جـ٩). تتكون وحدات التوزيع الرئيسي الحلقي من ثلاث حجرات مدمجة لتشكيل مجموعة فردية، بمعنى:

- ٢حاوية دخول كل منها تحتوي على مفتاح فصل/قطع الحمل ومفتاح تأريض دائرة.
- واحد حاوية خروج وحماية عامة تحتوي على مفتاح قَطْع حمل ومصاهر جهد عالي، أو توليفة مفتاح مصهر / قاطع حمل، أو قاطع دائرة ومفتاح عزل (فصل) ، مع مفتاح تأريض دائرة في كل حالة.

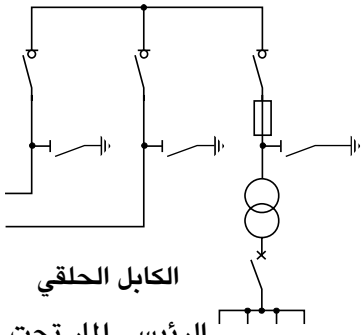
كافة مفاتيح قطع الحمل ومفاتيح التأريض مقننة بالكامل لمهمة وصل تيار قصر الدائرة.

هذا الترتيب يتيح للمستخدم تغذية ثنائية المصدر ، وبالتالي يعمل إلى حد بعيد على تقليل أي انقطاع للخدمة ينتج عن أخطاء بالنظام أو عن مناورات تشغيلية من جهة الإمداد ... الخ.

الاستخدام الرئيسي لوحدات التوزيع الحلقي الرئيسي تكون في شبكات الكابلات الأرضية للتغذية العامة بالجهد العالي في المناطق المدنية.

*الحلقي الرئيسي هو موزع مستمر على شكل أنشوطة مغلقة تبدأ وتنتهي في مجموعة من قضبان التوصيل. كل نهاية من نهايات الأنشوطة يتم التحكم فيها بواسطة قاطع الدائرة الخاص بها. ولتحسين المرونة التشغيلية، يتم عادة تقسيم قضبان التوزيع إلى قسمين بواسطة قاطع دائرة قسم توزيع مغلق طبيعياً وتوصل كل نهاية من نهايات الحلقة بقسم مختلف.

يعتبر موصل الترابط جهاز تغذية غير مُفرع مستمر يعمل على وصل قضبان التوزيع لمحطتين فرعيتين. كل طرف من أطراف موصل الترابط يتم التحكم فيه عادة بواسطة قاطع دائرة. ويعتبر موزع مغذي الترابط جهاز تغذية ترابط يعمل على تغذية محطة توزيع فرعية أو أكثر على امتداد طوله.

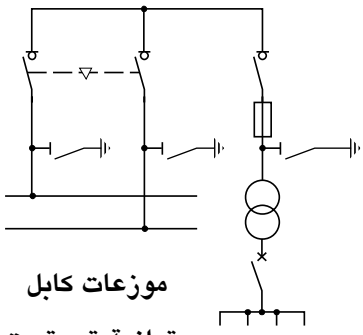


الشكل رقم جـ٩: خدمة التوزيع الحلقي الرئيسي.

المغذيات المتوازية

حيثما تكون هناك إمكانية لوصل تغذية جهد عالي إلى خطين أو كابلين ينبعان من نفس قضيب التوزيع لمحطة فرعية، يتم عادة استخدام لوحة مفاتيح جهد عالي مشابهة لتلك الخاصة بوحدات التوزيع الحلقي الرئيسي (الشكل جـ١٠).

الفارق التشغيلي الرئيسي بين هذا الترتيب وذلك الخاص بوحدات التوزيع الحلقي الرئيسي هو أن لوحتي الدخول معشقتان معاً، بحيث يتم إغلاق مفتاح دخول واحد فقط في كل مرة، بمعنى أن غلقه يمنع غلق الآخر. عند فقد التغذية بالقدرة يجب فتح مفتاح الدخول المغلق، ويمكن حينئذ غلق المفتاح الذي كان مفتوحاً أولاً. يمكن إجراء هذا التتابع يدوياً أو أوتوماتيكياً. هذا النوع من لوحة المفاتيح يستخدم خاصة في الشبكات ذات كثافات الأحمال العالية وفي المناطق المدنية سريعة التوسع والتي يتم تغذيتها بواسطة أنظمة كابلات أرضية للجهد العالي.



الشكل جـ١٠: خدمة تغذية مزدوجة

٣/١ بعض السمات التشغيلية لشبكات توزيع الجهد العالي

الخطوط العلوية (الهوائية)

إن شدة الرياح وتكوُّن الثلوج وغير ذلك يمكن أن يؤدي إلى تلامس موصلات الخطوط العلوية الذي يؤدي بدوره إلى خطأ قصر دائرة لحظي (أي غير دائم). أما إنهيار العزل بسبب انكسار عوازل الخزف (السيراميك) أو الزجاج، والذي قد يحدث بسبب الجسيمات التي تحملها الرياح أو بسبب عدم الحرص في استخدام بنادق الصيد، أو نتيجة تراكم الملوثات على أسطح العزل فيمكن أن ينتج عنه قصر دائرة إلى الأرضي.

معظم هذه الأخطاء يتم التغلب عليها ذاتياً. فعلى سبيل المثال يمكن أن تبقى العوازل المكسورة في معظم الأحوال، في الحالة الجافة، بالخدمة دون أن يتم اكتشافها، ولكن في حالة هطول الأمطار قد ينتج عنها وميض إلى الأرضي (أي إلى العمود المعدني الحامل لها). فضلاً عن ذلك فإن تلوث الأسطح يمكن أن يؤدي بصفة عامة إلى حدوث وميض إلى الأرضي في حالة الرطوبة.

إن مسار تيار الخطأ يتخذ غالباً شكل قوس كهربائي تتسبب شدة درجة حرارته في تجفيف مسار التيار وإعادة خصائص العزل إلى حد ما. في نفس الوقت تعمل عادة الأجهزة الوقائية على معالجة الخطأ، أي تنصهر المصاهر أو يَفْصِل قاطع الدائرة. وقد أوضحت التجارب على الغالبية العظمى من الحالات أن استعادة التغذية باستبدال المصاهر أو بإعادة غلق قاطع الدائرة يحقق نجاحاً.

لهذا السبب فقد بات من الممكن بشكل كبير تحسين استمرارية الخدمة في شبكات توزيع الخط العلوي للجهد العالي عن طريق استخدام قاطع دائرة تلقائي يعمل على إعادة غلق المخططات عند أصل الدوائر المعنية.

هذه المخططات التلقائية تسمح بعدد من عمليات إعادة الغلق في حالة فشل المحاولة الأولى، مع تأخيرات زمنية يمكن ضبطها بين المحاولات المتتالية (للسماح بزوال تأين الهواء عند الخطأ) قبل الغلق النهائي لقاطع الدائرة، بعد فشل كافة المحاولات (ثلاثة محاولات في العادة).

كما يمكن تحقيق تحسينات أخرى في استمرارية الخدمة باستخدام مفاتيح قطاعات ذات تحكم عن بعد ومفاتيح تلقائية الفصل التي تعمل بالارتباط مع قاطع دائرة تلقائي الغلق. هذا المخطط الأخير موضح في التتابع الأخير في الشكل رقم (جـ١١) حيث تتم الإشارة إلى مفتاح الوصل بالأحرف *IACT)مفتاح خارجي يعمل عند هبوط الجهد). تكون القاعدة كالآتي:

إذا فَصَل قاطع الدائرة، بعد محاولتي إعادة غلق، فمن المفترض أن يكون الخطأ مستديماً، وحين يكون الموزع متوقفاً يقوم مفتاح IACT بالفتح لفصل قطاع من الشبكة قبل أن يحدث إعادة الغلق الثالث (والأخير). حينئذ يكون هناك احتمالان:

١) أن يكون العطل في القطاع الذي تم فصله بواسطة مفتاح IACTويتم استعادة التغذية للعملاء المرتبطين بالقطاع المتبقي، أو

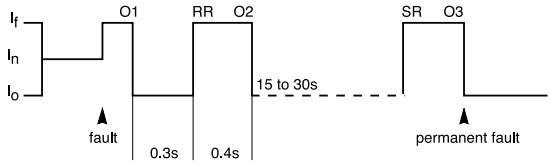
٢) أن يكون العطل في القسم العلوي للشبكة لمفتاح IACTويقوم قاطع الدائرة بالفصل والغلق.

وبناء على ذلك فإن مخطط مفتاح IACTيوفر إمكانية إعادة التغذية إلى بعض المستهلكين في حالة حدوث خطأ دائم . وفي حين عملت هذه التدابير على التحسين بشكل كبير من الاعتمادية على الإمدادات من نظم الخط العلوي للجهد العالي، فإن على المستهلكين، كلما دعت الضرورة، عمل ترتيباتهم الخاصة لمواجهة تأثيرات الانقطاعات اللحظية في التغذية (بين عمليات إعادة الغلق) ، على سبيل المثال:

- التغذية الاحتياطية المستمرة بالقدرة لظروف الطوارىء،
- الأنوار التي لا تحتاج إلى تبريد لتضيء مرة أخرى.

(انظر الفصل (و)، القسم رقم ٢)

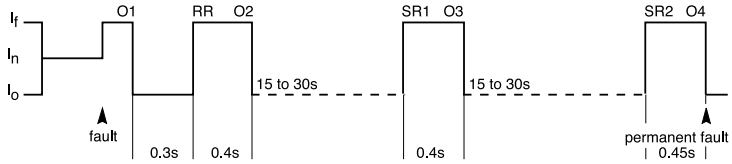
*قاطع يستخدم في شركة الكهرباء الفرنسية



عطل دائم

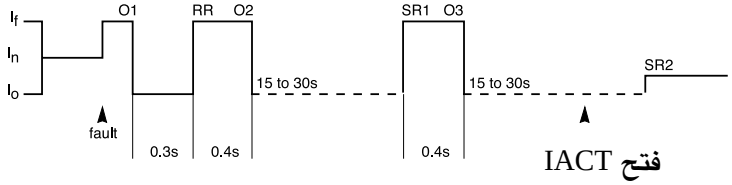
أ– عطل على موزع رئيسي

2-cycle 2SR



عطل دائم

ب– عطل على جزء يتم تغذيته من خلال IACT



فتح IACT

O = قاطع الدائرة مفتوح / RR = إعادة قفل سريع / SR = إعادة قفل بطيء

In = تيار الحمل العادي / If = تيار العطل / Io = التيار الصفري

الشكل رقم ج/ ١١ : دورات إعادة القفل الاوتوماتيكي لقاطع دائرة يتحكم في موزع جهد عالي مفرد

شبكات الكابلات الأرضية

في بعض الأحيان تكون الأخطاء في شبكات الكابلات الأرضية بسبب الإهمال في المهارة الفنية من جانب عمال وصل الكابلات أو من جانب مقاولي تمديدات الكابلات..الخ، ولكنها في أغلب الأحيان تكون بسبب التلف الناتج عن استخدام الآلات مثل المعاول والثاقبات التي تعمل بالهواء المضغوط والحفارات وغيرها المستخدمة بواسطة المرافق الأخرى.

ويحدث أحياناً انهيارات للعزل في صناديق نهايات الكابلات بسبب زيادة الجهد وخاصة في تلك المناطق في نظام الجهد العالي التي يتصل فيها الخط العلوي بكابل أرضي. في مثل هذه الحالة تكون زيادة الجهد بشكل عام ذات طابع مناخي، ويمكن لتأثيرات انعكاسات الموجات الكهرومغناطيسية في صندوق التوصيل (حيث تتغير طبيعة معاوقة الدائرة بشدة) أن تتسبب في زيادة إجهاد عزل صندوق الكابلات إلى الحد الذي يحدث معه الانهيار. عادة يتم تركيب أجهزة الحماية من زيادة الجهد، مثل مانعات الصواعق، في

هذه المواقع. إن الأخطاء التي تحدث في شبكات الكابلات تكون أقل حدوثاً عنها في أنظمة الخط العلوي، ولكنها تكون أخطاء مستديمة تتطلب المزيد من الوقت لاكتشافها وإصلاحها عن تلك التي تحدث في الخطوط العلوية.

عند حدوث خطأ بالكابل في نظام توزيع رئيسي حلقي، يمكن بسرعة استعادة الإمدادات إلى كافة المستهلكين بمجرد تحديد الجزء المعطوب من الكابل. أما إذا حدث الخطأ في موزع قطري، فإن الوقت اللازم لتحديد الخطأ وإصلاحه قد يمتد لساعات عديدة مما يؤثر على كافة المستهلكين في الاتجاه السفلي الهابط لموضع الخطأ. وفي كافة الأحوال، إذا كانت استمرارية التغذية أمراً ضرورياً للتركيبة بكاملها، أو جزء منها، فإنه يجب توافر منبع إضافي. ويحتوي القسم (و) البند ٢/١ على وصف لمعدة احتياطية للإمداد بالقدرة.

إن التحكم المركزي عن بعد، المعتمد على أنظمة "سكادا" (الإشراف التحكمي واكتساب البيانات) والتطورات الحديثة في تقنيات تكنولوجيا المعلومات، يصبح أكثر شيوعاً بمرور الوقت في البلدان التي تُبرِّر أنظمة الترابط فيها الأموال التي تُنْفق عليها.

التحكم عن بعد في شبكات الجهد العالي

من الممكن التحكم في قواطع دوائر الجهد العالي ومجموعة المفاتيح الكهربائية ومغيِّرات التفريع ..الخ من غرفة تحكم مركزية، في حين أن سُبل التحكم الأخرى ممكنة أيضاً من خلال خزانة مركز تحول متحرك.

٢- محطات الجهد العالي الفرعية للمستهلك

Schneider Electric

إن قطاعاً كبيراً من مستهلكي الكهرباء يتم تغذيتهم بالجهد العالي في أنظمة الجهد المنخفض التي تعمل عند ٢٠٨/١٢٠ فولت (٣ طور–أربعة اسلاك)، فإن حملاً يبلغ ٥٠ كيلو فولت أمبير يعتبر حملاً "ضخماً"، في حين لا يعتبر الحمل "ضخماً" في نظام ثلاثي الطور ٤١٥/٢٤٠ فولت إلا إذا زاد على ١٠٠ كيلو فولت أمبير. ويعتبر كلا نظامي توزيع الجهد المنخفض شائعين في العديد من المناطق في العالم. وفي الحقيقة أن الهيئة الدولية الكهروتقنية توصي بأنظمة قياسية دولية ثلاثية الطور رباعية الأسلاك ٤٠٠/٢٣٠ فولت، حيث سيكون ذلك معدلاً متوسطاً وسيسمح للأنظمة القائمة التي تعمل على ٣٨٠/٢٢٠ فولت وعلى ٤١٥/٢٤٠ فولت، أو القريبة من هذه القيم، بالتوافق مع القيمة القياسية المقترحة بمجرد ضبط مفاتيح تفريع قَفْل الدائرة لمحولات التوزيع القياسية.

كما أن المسافة التي ينبغي أن ينتقل عبرها الحمل تعتبر عاملاً إضافياً يؤخذ في الحسبان بالنسبة لخدمة الجهد العالي أو الجهد المنخفض. وتعتبر الخدمات لصغار المستهلكين المنفصلين بالقرى أمثلة واضحة على ذلك.

إن القرار بشأن الإمداد بواسطة الجهد العالي أو الجهد المنخفض يتوقف على الظروف المحلية وعلى اعتبارات مثل التي ذكرناها أعلاه، وتقوم الجهة المختصة بالإمداد بالقدرة بفرض هذا القرار على المنطقة المعنية. وعند اتخاذ القرار بالتغذية بالجهد العالي، فإن هناك طريقتان شائعتان لتطبيق ذلك.

١) تقوم الجهة المختصة بالتغذية بالقدرة بإنشاء محطة فرعية قياسية بالقرب من مواقع المستهلك، في حين يتم وضع المحول (المحولات) في غرفة (غرف) للمحولات داخل المواقع وقريبة من مركز الحمل.

٢) يقوم المستهلك بإنشاء وتجهيز محطته الفرعية في مواقعه، بعد ذلك تقوم جهة التغذية بالقدرة بعمل توصيلات الجهد العالي.

في الطريقة رقم (١) تكون جهة الإمداد بالقدرة هي المالكة للمحطة الفرعية والكابلات الواصلة إلى المحولات والمحولات والغرف الخاصة بها ويكون لها حق دخولها دون أي قيد.

غرفة (غرف) المحولات يتم إنشاؤها بواسطة المستهلك (وفق مخططات وشروط تمليها عليه جهة الإمداد بالقدرة) وتتضمن القواعد ومصافي الزيت والحوائط المانعة للحريق والأسقف والتهوية والإنارة وأنظمة التأريض، وكلها يجب أن تعتمد من جهة الإمداد.

إن تعريفة التشييد ستغطي جزءاً متفق عليه من النفقات اللازمة لتوفير خدمة الإمداد.

أيّاً كانت الوسيلة المتبعة، فإن الأساسيات المطبقة تعتبر واحدة فيما يتعلق بمفهوم وتحقيق المشروع. الملاحظات الآتية تتعلق بالإجراء رقم (٢).

٢/١ اجراءات تأسيس محطة فرعية جديدة

يجب أن يقوم المستهلك بتوفير بيانات معينة لهيئة التغذية بالقدرة وذلك في أولى مراحل المشروع

معلومات أولية

قبل البدء في أي مفاوضات أو مناقشات مع جهات التغذية، ينبغي توضيح العناصر الأساسية الآتية:

■ أقصى قدرة متوقعة مطلوبة (كيلو فولت أمبير)

إن تحديد هذا المعيار موضح في القسم (ب)، ويجب أن يوضع في الحسبان إمكانية الاحتياج إلى أحمال إضافية مستقبلاً.

في هذه المرحلة، ينبغي تقييم العنصرين الآتيين:

□ عامل الانتفاع

□ عامل التزامن،

■ خطط ومساقط التصميم مع توضيح موقع المحطة الفرعية المقترحة.

يجب أن تحدد التخطيطات بوضوح كيفية الدخول إلى المحطة الفرعية المقترحة، مع أبعاد العوائق المحتملة، كالمداخل

والممرات وارتفاع السقف، مع توضيح حدود الحمل المتوقع وما إلى ذلك، على أن يتم وضع الآتي في الاعتبار:

- ☐ أن يكون لدى عاملي التغذية بالقدرة الحرية المطلقة في الدخول في أي وقت إلى معدات الجهد العالي بالمحطة الفرعية،
- ☐ لا يسمح لعمال المستهلك بالدخول إلى المحطة الفرعية إلا ذوي الخبرة) الكفاءة) منهم.

دراسات المشروع

على ضوء المعلومات التي يقدمها المستهلك يجب أن توضح شركة الكهرباء النقاط الآتية:

- ■ نوع التغذية المقترحة بالقدرة كما يجب أن تحدد:
- ☐ نوع نظام التغذية بالقدرة: شبكة خط علوي أو شبكة كابل أرضي،
- ☐ تفاصيل توصيل الخدمة: خدمة خط مفرد، تركيبة توزيع رئيسي حلقي ، أو مغذيات متوازية... الخ،
- ☐ حدود القدرة (كيلو فولت أمبير) ومعدل تيار الخطأ.
- ■ الجهد الأسمي والجهد المقنن (أعلى جهد لمعدة) حاضراً أو مستقبلاً، حسب تطور النظام.
- ■ تفاصيل القياسات والتي تُحدِّد :
- ☐ تكلفة التوصيل إلى شبكة القدرة ،
- ☐ تفاصيل الرسوم (التعريفة) (الاستهلاك والنفقات الدائمة).
- ■ درجة الاستمرارية المطلوبة في التغذية بالقدرة.

يجب أن يحدد المستهلك نتائج فشل التغذية بالقدرة من منطلق مدتها،

- ☐ الناقد في الإنتاج،
- ☐ سلامة الأفراد والمعدات.

على شركة الكهرباء إعطاء معلومات محددة للمستهلك المتوقع.

١/٢ إجراءات تأسيس محطة فرعية جديدة (تابع)

يجب الحصول من الهيئة المعنية بالإمداد بالقدرة على موافقة رسمية بشأن المعدات التي سيتم تركيبها في المحطة الفرعية والطرق المقترحة للتركيب

التنفيذ

قبل البدء في أي أعمال تركيب، يجب الحصول على موافقة رسمية من الجهة المعنية بالإمداد بالقدرة.

كما يجب أن يتضمن طلب الحصول على الموافقة المعلومات الآتية، والتي تستند بشكل كبير على المتغيرات التمهيدية المشار إليها آنفاً:

- موقع المحطة الفرعية المقترحة،
- رسم خطي مفرد لدوائر القدرة والتوصيلات بالإضافة إلى مقترحات دوائر التأريض،
- بيانات كاملة بالمعدات التي سيتم تركيبها بالإضافة إلى خصائص الأداء،
- مخطط المعدات وشروط مكونات القياس،
- ترتيبات تحسين معامل القدرة إذا لزم الأمر،
- الترتيبات الخاصة بوحدة القدرة الاحتياطية للطوارئ (جهد عالٍ أو جهد منخفض إذا لزم الأمر).

بعد اختبار وفحص التركيبة من قبل جهة اختبار مستقلة، يتم منح شهادة بإمكانية بدء المحطة الفرعية بالعمل.

التجهيز للتشغيل

يجب الانتهاء بنجاح من اختبارات ما قبل التشغيل وذلك قبل إعطاء الإذن بتغذية التركيبات من نظام التغذية بالقدرة.

وتتضمن اختبارات التحقق ما يلي:

- قياس مقاومات الإلكترود الأرضي،
  الاستمرارية الكهربائية لكافة موصلات التأريض والربط الآمن ذات الجهد المتساوي،
- فحص واختبار كافة مكونات الجهد العالي،
- التحقق من العزل لمعدات الجهد العالي،
- اختبار المتانة الكهربائية لزيت المحول (وزيت مجموعة المفاتيح إذا كان ذلك ملائماً)،
- فحص واختبار تركيبات الجهد المنخفض في المحطة الفرعية،
- التحقق من كافة وسائل الإحكام (ميكانيكية وكهربائية) وكافة التتابعات الأوتوماتيكية،
  التحقق من التشغيل السليم للمرحل الوقائي ومواضع ضبطه،

كما يجب أيضاً التحقق من وجود كافة المعدات التي تتيح تنفيذ أي مناورة تشغيلية سليمة بأمان تام.

فور استلام شهادة المطابقة، يتم القيام بالآتي:

- يقوم أفراد جهة الإمداد بالقدرة بتغذية معدات الجهد العالي بالطاقة والتحقق من عمل وسائل القياس،
- يكون مقاول التركيبات مسئولاً عن اختبار وتوصيل تركيبات الجهد المنخفض.

عندما تبدأ المحطة الفرعية بالعمل:

- تكون المحطة الفرعية وكافة معداتها خاصة بالمستهلك،
- تكون لهيئة الإمداد بالقدرة حق التحكم التشغيلي على كافة مفاتيح التشغيل للجهد العالي في المحطة الفرعية، مثل مفتاح قطع الحمل الداخل ومفتاح الجهد العالي للمحول (أو قاطع الدائرة) في حالة(RMU) بالإضافة إلى كافة مفاتيح تأريض الجهد العالي،
- يكون لأفراد جهد الإمداد بالقدرة الحق في الوصول إلى معدات الجهد العالي دون أي قيود،
- يكون للمستهلك حق التحكم المستقل في مفتاح الجهد العالي (أو قاطع الدائرة) للمحول أو المحولات فقط،
- يكون المستهلك مسئولاً عن صيانة كافة معدات المحطة الفرعية، وعليه أن يطلب من جهة الإمداد بالقدرة فصل وتأريض مجموعة المفاتيح لإجراء أعمال الصيانة. على جهة الإمداد بالقدرة إصدار إذن موقع بالعمل لأفراد الصيانة لدى المستهلكين، بالإضافة إلى مفاتيح إغلاق الفواصل.. الخ التي تجرى عندها أعمال الفصل.

٣- مخططات وقاية المحطة الفرعية

يتسع موضوع الوقاية في مجال القدرة الكهربائية ليغطي كافة أشكال السلامة للأفراد والوقاية من تلف أو تدمير الممتلكات والمحطة والمعدات. هذه الأشكال المختلفة للوقاية يمكن تصنيفها حسب الأهداف الآتية:

- حماية الأفراد والحيوانات ضد أخطار الزيادة في الجهد والصدمة الكهربائية والحريق والانفجارات والغازات السامة ..الخ،
- حماية المنشأة والمعدات ومكونات نظام القدرة ضد إجهادات أعطال دائرة القصر والتقلبات المناخية (البرق) وعدم استقرارية نظام القدرة (فقد التزامنية) .. إلخ،
- حماية الأفراد والمنشأة من أخطار التشغيل الخاطيء لنظام القدرة، باستخدام وسائل الإحكام الكهربائية والميكانيكية. إن كافة فئات مفاتيح التشغيل (بما في ذلك مثلاً مفاتيح التفريع الاختيارية الموضعية في المحولات.. الخ) لها حدود تشغيل واضحة.

هذا يعني أن الترتيب الذي ستقوم على أساسه مختلف أنواع المفاتيح بالفتح والغلق بأمان هو أمر في غاية الأهمية . ولضمان الالتزام بتتابعات التشغيل السليم، يتم غالباً استخدام مفاتيح إحكام ودوائر تحكم كهربائية مشابهة.

لا يعتبر هذا الدليل الإرشادي مرجعاً لكافة التفاصيل الفنية للمخططات الوقائية العديدة لمهندسي أنظمة القدرة، ولكن من المأمول أن تكون الأقسام التالية ذات فائدة من خلال مناقشة وتناول المباديء العامة. وعلى الرغم من أن بعض وسائل الوقاية المذكورة تعتبر مطبقة عالمياً، إلا أن الوصف بشكل عام سيقتصر على الشائع منها فقط في أنظمة الجهد العالي والجهد المنخفض، كما هو مذكور بالبند الفرعي ١/١ من هذا القسم. وحين يتطلب الأمر بعض التفسيرات الفنية لتبسيط وفهم النَصْ، سيتم الإشارة إلى الملاحق المعنية.

١/٣ الوقاية ضد الصدمات الكهربائية والجهود الزائدة

إن الوقاية من الصدمات الكهربائية والجهود الزائدة تعتبر وثيقة الصلة بتحقيق تأريض فعال (مقاومة منخفض) وتطبيق فعال لمبادئ المناخ المتساوي التأثير.

الوقاية ضد الصدمات الكهربائية

تستند الإجراءات الوقائية ضد الصدمة الكهربائية إلى خطرين شائعين:

- التلامس مع موصل فعال، أي مكهرب بالنسبة للأرض في الظروف العادية. وهذا النوع يشار إليه بخطر "التلامس المباشر"،
- التلامس مع جزء موصل من جهاز والذي يكون عادة غير مكهرب ولكنه يصبح مكهرباً بسبب انهيار العزل في الجهاز. وهذا النوع يشار إليه بخطر "التلامس غير المباشر".

وتجدر الإشارة إلى أن هناك نوع ثالث من خطر الصدمة يمكن أن يوجد بالقرب من الاقطاب الأرضية للجهد العالي أو الجهد المنخفض (أو خليط منهما) والتي يمر بها تيارات خطأ أرضي. هذا الخطر ينشأ عن تدرجات الجهد عند سطح الأرض ويشار إليه بخطر "الجهد المدرج"؛ حيث يدخل التيار من إحدى القدمين ويخرج من القدم الأخرى، وهذا النوع يعتبر خطيراً بوجه خاص على الحيوانات ذوات الأربع. إن تباين هذا الخطر المعروف بخطر "جهد اللمس" يمكن أن يحدث على سبيل المثال حيثما يتم وضع حاجز معدني مؤرض في منطقة يوجد بها تدرجات في الجهد، حيث يؤدي لمس هذا الحاجز إلى مرور التيار خلال اليد والقدمين (الملحق ج٢).

إن الحيوانات التي تفصل بين أرجلها الأمامية والخلفية مسافة كبيرة نسبياً تعتبر حساسة على وجه الخصوص لأخطار الجهد المدرج وقد تعرضت مواشي للموت بسبب تدريجات فرق في الجهد ناتجة عن قطب أرضي محايد ذي جهد منخفض (٢٤٠/٤١٥ فولت) ومقاومة غير كافية الانخفاض. يمكن تقليل تدرجات فرق الجهد على سطح الأرض إلى قيم آمنة بواسطة إجراءات مثل الموضحة في الملحق(جـ٢).

إن مشكلات تدرج الجهد من النوع المذكور أعلاه لا تحدث عادة في التركيبات الكهربائية الخاصة بالمباني بشرط أن تكون الموصلات متساوية الجهد مربوطة جيداً بكافة الأجزاء المعدنية المكشوفة في المعدات وكافة الأشياء المعدنية الخارجية (أي التي ليست جزءاً من جهاز كهربائي أو تركيبة – أعمال التسليح الإنشائية على سبيل المثال.. إلخ) بموصل التأريض الوقائي.

الحماية ضد التلامس المباشر

إن الشكل الرئيسي للوقاية من أخطار التلامس المباشر هو احتواء كافة الأجزاء المكهربة في أغلفة من مادة عازلة، أو بوضعها في مكان يصعب الوصول إليه (خلف حواجز معزولة أو على قمة الأقطاب) أو بواسطة وضع عوائق تمنع الوصول إليها.

حيثما يتم وضع أجزاء مكهربة معزولة في غلاف معدني على سبيل المثال، المحولات والمحركات الكهربائية والعديد من الأجهزة المنزلية، فإنه يتم وصل هذا الغلاف المعدني بنظام التأريض الوقائي بالتركيبة. بالنسبة للأجهزة ذات الجهد المنخفض، فإن ذلك يمكن أن يتحقق بواسطة البنان الثالث لقابس ومقبس ثلاثي البنان.

إن الانهيار الكلي أو حتى الجزئي في عزل المعدن يمكن أن يؤدي (استناداً إلى نسبة مقاومة مسار التسرب خلال العزل، إلى المقاومة من الغلاف المعدني إلى الأرض) إلى رفع جهد الغلاف إلى درجة خطيرة.

الحماية ضد التلامس غير المباشر

يتحقق التلامس غير المباشر عند قيام شخص بلمس الغلاف المعدني لجهاز به خلل بالعزل، كما هو موضح أعلاه. ويتسم التلامس غير المباشر بحقيقة وجود مسار تيار إلى الأرض (من خلال الموصل الوقائي الأرضي (PE)) متوازياً مع تيار الصدمة خلال الشخص المعني.

- حالة العطل في نظام الجهد المنخفض.

أوضحت التجارب المكثفة عدم وجود خطر بشرط ألا يزيد جهد الغلاف المعدني على ٥٠ فولت* بالنسبة للأرض أو بالنسبة لأي مادة موصلة في نطاق المساحة المجاورة.

- خطر التلامس غير المباشر في حالة عطل الجهد العالي.

إذا كان خلل العزل في جهاز بين موصل جهد عالٍ والغلاف المعدني، فليس من الممكن بشكل عام الحد من الزيادة في جهد الغلاف إلى ٥٠ فولت أو أقل بمجرد تقليل مقاومة التأريض إلى قيمة منخفضة. ويكون الحل في هذه الحالة هو خلق وضع من تساوي الجهد، كما هو موضح في البند الفرعي ١/١ "التوصيلات الأرضية"

*في الأماكن الجافة، و٢٥ فولت في الأماكن الرطبة (الحمامات وما إلى ذلك)

الحماية من الجهود الزائدة

إن الوضع المذكور آنفاً، والذي يصف خطر التلامس غير المباشر الناتج عن خلل العزل بالجهد العالي، هو أحد عدة طرق يمكن أن يحدث بسببها الزيادة في الجهد غير العادية، ويحتوي البند الفرعي ١/١ على طريقة تجنب الخطر بالنسبة للأفراد في هذه الحالة.

فيما يلي بعض الحالات الأخرى التي يمكن أن تتسبب في حدوث الزيادة في الجهد في أنظمة الجهد العالي والجهد المنخفض:

التغيرات المناخية المفاجئة،

- عطل أرضي في دائرة القصر في نظام ثلاثي الطور غير مؤرض (أو مؤرض عالي المعاوقة)،

الرنين الحديدي،

- تغذية مجموعات المكثفات
- بالطاقة،

فتح قاطع دائرة أو انصهار

- مصهر لقطع تيار دائرة القصر.

في حالة حدوث عطل جهد عال لغلاف معدني، فقد لا يكون من الممكن الحد من جهد التلامس إلى القيمة الآمنة ٥٠فولت* ويكون الحل هو خلق حالة من تساوي الجهد كما هو موضح بالبند الفرعي ١/١ "التوصيلات الأرضية".

■ الزيادات في الجهد التي تنشأ نتيجة الأسباب المذكورة أعلاه يمكن تقسيمها حسب الخصائص مثل:

■ المدة: دائمة، مؤقتة، عابرة ،

■ التردد:التردد الصناعي، توافقات التردد الصناعي، عالية التردد، زيادات مفاجئة أحادية الاتجاه.

الزيادات في الجهد ذات الاصل المناخي

يجب توفير الوقاية من هذا النوع من الأخطار عند تغذية المحطة الفرعية مباشرة من نظام خط علوي، وأكثر وسائل الوقاية شيوعاً في الاستخدام حالياً هو واقي من الصواعق من النوع ذي المقاوم غير الخطي حيث يتم وصله (واحد لكل طور) بين موصل طوري ونظام تأريض المحطة الفرعية بحيث يكون أقرب ما يمكن من نقطة الدخول إلى المحطة الفرعية.

بالنسبة للمحطات الفرعية الخاصة بالمستهلكين يمكن تحقيق هذه الوقاية بواسطة:

■ الواقيات من الصواعق (واحد لكل طور موصل، حيث يتم وصلها عادة على التوالي بجهاز لفصل قاطع الدائرة أوتوماتيكياً) (انظر الباب ل) و/أو بواسطة:

■ تقليل مقاومة تأريض المحطة الفرعية إلى أدنى قيمة ممكنة وذلك تجنباً (بقدر الإمكان) لانهيار عزل الجهد المنخفض بسبب ارتفاع جهد نظام التأريض عند تفريغ تيار التغير المفاجيء.

عندما يكون من المستحسن حماية محطة فرعية ضد الضربات المباشرة، يجب تركيب إلكترودات (أقطاب) تفريغ الصاعقة (من نوع فرانكلين) وأسلاك الحَجْب ووصلها بنظام تأريض المحطة الفرعية.

ينبغي الإشارة إلى أنه، عند معدلات الجهد (35 ? كيلو فولت)، تكون التغيرات المفاجئة لتشغيل المفاتيح عادة أقل حدة من التغيرات الناتجة عن الصواعق، وبالتالي فإن الوسائل المناسبة للوقاية من الصواعق تعتبر أيضاً كافية للوقاية من التغيرات الناتجة عن تشغيل المفاتيح .

الأعطال الأرضية في الأنظمة المؤرضة IT

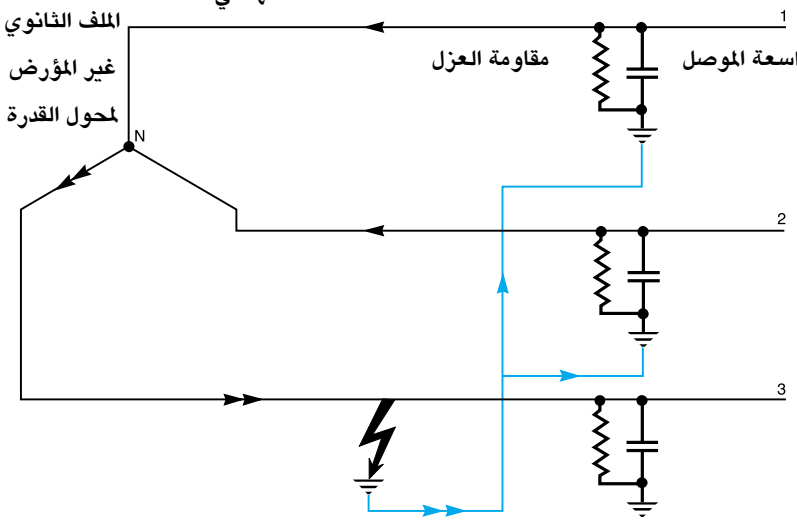
في الأحوال العادية تكون موصلات الطور جميعاً في نظام ITثلاثي الطور عند جهود الطور تقريباً بالنسبة للأرض. وتتوقف القيم الحقيقية في تلك الحالة على المعاوقة ومقاومة العزل لكل موصل بالنسبة للأرض. في النظام الذي لا يوجد به خطأ تكون تلك المعايير (البارامترات) متساوية بشكل معقول في الأطوار الثلاثة بحيث تكون العلاقة المتجهيَّة لجهود الطور كما هو موضح أدناه في الشكل جـ١٢، وتكون نقطة التعادل للملف الثانوي للمحول عند جهد الصفر تقريباً بالنسبة للأرض.

إن حدوث قصر دائرة في الأرضي لأحد الأطوار سيؤدي إلى تغيير قيم جهود موصل الطور بالنسبة للأرض، في حين ستبقى قيم جهد الطور – إلى – طور وعلاقاتها لإزاحة الطور دون تغيير. هذه الميزة الأخيرة، بالإضافة إلى حقيقة أن التيار المار خلال مسار العطل الأرضي سيكون من الصغر بحيث لا يشكل خطراً، هما السببان اللذان يفرضان اللجوء إلى نظام IT، حيث ينبغي الحفاظ على استمرارية التغذية حتى في حالات "العطل الأول".

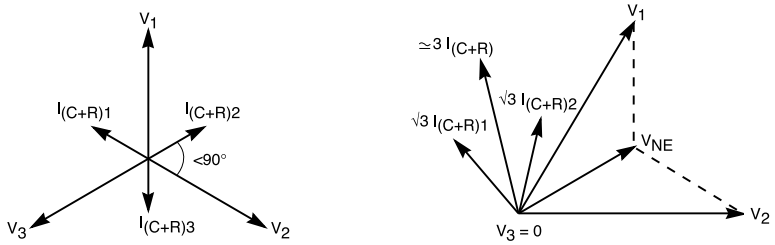
عند حدوث قصر في الدائرة لأحد الأطوار بالنسبة للأرض، مع وجود نقطة تعادل المحول مفصولة:

- ستعمل نقطة التعادل على زيادة جهود الطور فوق الأرض،
- سيكون موصل الطور الذي به العطل عند جهود صفر بالنسبة للأرض،
- سيرتفع الطورين الآخرين إلى $\sqrt{3}$ مرة قدر جهد الطور بالنسبة للأرض.

كما أشرنا أعلاه، فإن ذلك يكون في حالة الثبات عند ٥٠ هرتز (أو ٦٠ هرتز) ويجب أن يتم عزل المحولات والكابلات وكافة الأجهزة بشكل ملائم بالنسبة للأرض عند استخدامها في أنظمة IT.



تيار العمل يكون مقيد عادة إلى عدد من الملي أمبيرات ويعتمد ذلك على حجم التركيبات



الجهود العادية والتيارات السعوية/المقاومية

حالات الجهد والتيار التي تتبع عطل أرضي في نظام (IT)

الشكل ج١٢: عطل أرضي في نظم تأريض (IT)

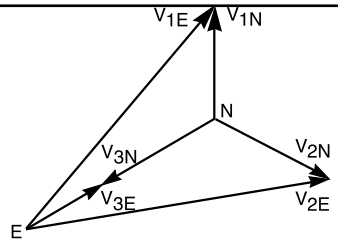
الرنين الحديدي

الرنين الحديدي هي حالة تلقائية تحدث نتيجة تفاعل معقد بين المعاوقات الحقيقية لنظام القدرة وبين المحاثات غير الخطية المعتمدة على الجهد للمحولات أو المفاعلات أو ملفات الخنق ... إلخ عندما تكون دوائرها المغناطيسية في حالة تشبع كبير (عادة بسبب اضطراب غير عادي في النظام). وقد تكون الحالة الرنينية عند أي تردد، ويمكن أن يكون رنيناً متوازياً أو متتالياً ليس متعلقاً بالتحديد بالشكل التقليدي لدوائر الرنين (LCالقائمة على افتراض خطية مكونات الـ LC).بالإضافة إلى ذلك، قد يحدث الرنين في طور أو طورين فقط من نظام ثلاثي الطور. إن كافة أنواع المحولات يمكن أن تتأثر، بما في ذلك محولات جهد المعدة؛ ويعتبر محول الجهد من النوع ذي المكثف (وغير المستخدم عادة في مستويات الجهد العالي التي يتناولها هذا الدليل) عرضة على وجه الخصوص للرنين تحت الرنين التوافقي (٣/١ الرنين الأساسي).

تعمل محولات الجهد الكهرومغناطيسية (شائعة الاستخدام عند معدلات الجهد العالي التي يغطيها هذا الدليل) على مقاومة احتمالية الرنين بواسطة:

- تصميم قلوب المحول لتعمل عند معدلات منخفضة من كثافة الدفق،
- تزويد الدوائر الثانوية أو الثلاثية للمحول بمقاومات مُضائلة.

بصرف النظر عن المشاكل الواضحة الناتجة عن الإشارات المزيفة التي تعطيها محولات المعدة ، فقد تحدث حالات من الزيادات الدائمة في الجهد . ومالم تتخذ التدابير المذكورة أعلاه فقد ينشأ الوضع التالي (وقد حدث ذلك مراراً في الماضي قبل أن يتم اكتشاف الظاهره). تتعلق المشكلة بأنظمة ITالمؤرضة ، والتي يصبح جهد نقطة التعادل فيها مُزاحاً (عن جهد الأرضي تقريباً) مما ينتج عنه حدوث قيم زائدة لجهد الطور بالنسبة للأرضي في طورين، كما هو موضح في مخطط بيان



الشكل ج١٣: المخطط المتجهي لمحايد تم ترحيله نتيجة الرنين الحديدي عند ٥٠ هرتز.

المتجهات في الشكل جـ١٣ هذه الحالة تكون نتيجة تشبع قلبين (من ثلاثة قلوب) أحاديٍّ الطور لمحول جهد، تتصل ملفاته بين الطور والأرض، كما هو موضح في الشكل جـ١٤، وقد يتأثر بحالة زيادة عابرة* في الجهد مثل المشار إليها أعلاه والموضحة في الشكل جـ١٢

تعمل الزيادة في الجهد على تشبع القلبين أحادي الطور لمحول الجهد اللذين ينتج عنهما حينئذ محاثة (غير خطية، ولكن معدل) أقل بكثير من القيمة الطبيعية. المزيج المتوازي من مواسعة الطور – إلى – الأرض ومحاثة الطور – إلى الأرض والذي يعمل ، تحت الظروف العادية، بشكل متكامل كمواسعة (Kحيث أن المفاعلة السعوية< المفاعلة الحثية) تتغير طبيعته فجأة ليعمل عمل المحاثة. ويوضح الشكلين جـ ١٤ (أ) و(ب) على الترتيب الحالتين المشار إليهما وهما قبل التشبع وأثناء التشبع. في الشكل جـ ١٤ (أ) فإن كلا من المواسعات الثلاث والمحاثات الثلاث تشكل مجموعة متوازنة مستقلة ثلاثية الطور ذات توصيل نجمي، أي لا يوجد تبادل للتيار فيما بينها.

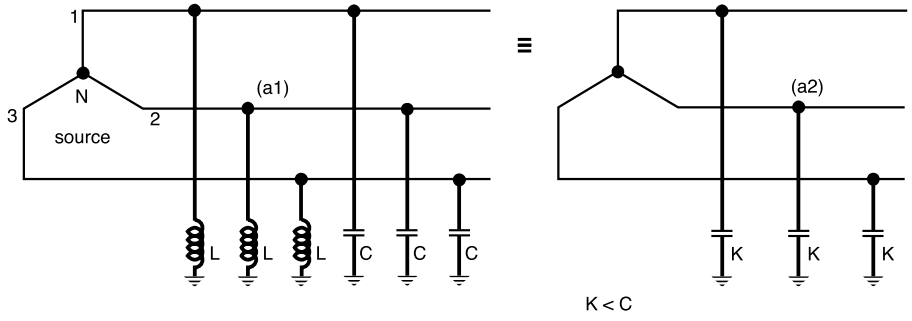
*على سبيل المثال ، طائر يتسبب في قصر دائرة بالأرض لمدة قصيرة، ويسقط على الخط دون أن يمسه أو الجسيمات التي تحملها الرياح .. الخ.

في الشكل ج١٤ (b2)، سوف يتضح أن المحاثتين مع مواسعة واحدة تؤدي إلى تكوين مجموعة ثلاثية الطور غير متوازنة، وتكون نقطة النجمة لها هي الأرضي.

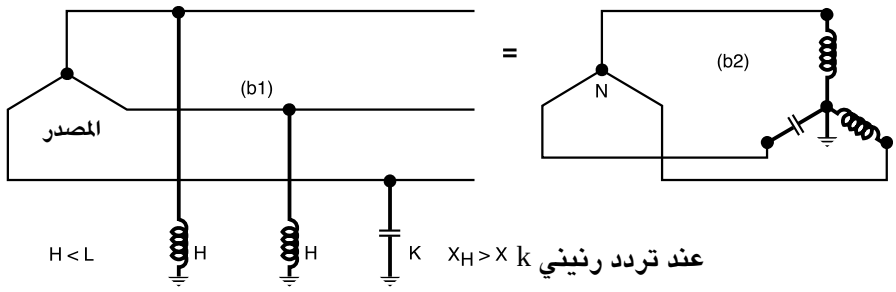
ومن الواضح أن حمل ثلاثي الطور غير متوازن على نظام ٣ سلك سوف يؤدي إلى إزاحة نقطة المحايد "العائمة" الخاصة بمصدر التيار. ويوضح الملحق ج٣ طريقة حساب مبسطة عن كيفية تعيين المخطط المتجهي للشكل ج١٣ .

ملحوظة: من المناسب القول أن التمثيل المتجهي الموضح بالشكل رقم ج١٣ يعطي صورة تقريبية – ولكنها مفيدة نوعياً– عن المظهر الحقيقي، نظراً لأن الجهود والتيارات التوافقية تكون أيضاً موجودة. ومع ذلك فإنه في حالة الرنين عند ٥٠ هرتز (أو ٦٠ هرتز) تكون قيم تردد القدرة سائدة. لذلك فإن سلوك الدائرة يتم التحكم فيه أساساً عن طريق كميات تردد القدرة هذه؛ وتبرر أن التمثيل المتجهي التقريبي يعتبر مناسباً. كما أن القياسات في الموقع قد أكدت سريان هذا التمثيل.

بالنسبة للباحثين فإن معلومات اضافية عن الرنين الحديدي موجود في "Cahier Technique No 31: Ferroresonance puplished by Merlin Gerin"



عند تردد النظام العادي (a)الدوائر في التشغيل العادي



(b)دوائر مع وجود قلوب الطور (١) والطور (٢) لمحول الجهد مشبعة

الشكل رقم ج ١٤: دوائر مكافئة لحالة رنين حديدي

٢/٣ الوقاية الكهربائية

التيارات الزائدة الناتجة عن الأحمال الزائدة أو أخطاء قصر الدائرة (بين الأطوار و/أو إلى الأرض) يتم اكتشافها بالأجهزة الوقائية باتجاه التيار وضد التيار لمحولات القدرة . هذه الأجهزة تعمل على فصل دائرة الخطأ عن التغذية بالقدرة.

هذه الأجهزة قد تكون أياً من الآتي:

- مصهرات تقوم بفصل دائرة الخطأ مباشرة، أو بتوصيلة قطع ميكانيكية تعمل على فتح مفتاح ثلاثي الطور لقطع الحمل،
- ملفات فصل مباشرة تكون جزءاً من قاطع دائرة الجهد المنخفض وتعمل بواسطة تيار الخطأ (أو الحمل الزائد) المار خلالها،
- مرحِّلات تعمل بشكل غير مباشر مثل:

*مرحلات كهربائية يتم تغذيتها من محولات جهد و/أو تيار،

*مرحلات تعمل بالضغط،

*مرحلات تعمل بدرجة الحرارة (ترموستات)،

*مرحلات الكشف عن الغاز (بكهولز.. الخ)

* مرحلات تعمل باندفاع الزيت.

عام

إن الدوائر والمعدات الموجودة في المحطة الفرعية يجب حمايتها بحيث يتم التخلص بسرعة من التيارات الزائدة و/أو الجهود الزائدة في النظام قبل أن تتسبب في حدوث أي خطر أو تلف أو دمار.

إن كافة المعدات المستخدمة عادة في تركيبة نظام القدرة يكون لها مقننات زمن تحمل قصير لحالات زيادة التيار وزيادة الجهد، ومهمة مخططات الوقاية هي ضمان عدم تجاوز تلك الحدود التحميلية بأي حال.

وهذا يعني بشكل عام أن حالات الخطأ يجب معالجتها بأسرع ما يمكن في نطاق تقدير أقصى معولية يمكن الوصول إليها.

التيارات الزائدة الناتجة عن زيادة الحمل يمكن تحملها عادة لفترات أطول عن تلك الناتجة بسبب قصر الدائرة، وقد صُمِّمت بعض الأجهزة الوقائية لتعمل بسرعة متزايدة كلما زادت درجة الحمل الزائد (أي أنها ذات طابع عكسي بالنسبة للوقت/التيار).

بالإضافة إلى الوقاية ضد الجهود الزائدة المشار إليها في القسم ٣/١، يتم توفير الحماية الكهربائية ضد الحالات غير الاعتيادية الآتية:

*الحمل الزائد (أي التيارات الزائدة غير الناتجة عن الأعطال)،

* أعطال المحول،

* أعطال دائرة القصر بين الأطوار،

* أعطال دائرة القصر إلى الأرضي، ويتم عادة اكتشافها بواسطة:

* قاطع دائرة باتجاه المحول،

* أجهزة الكشف والقطع التي تشكل جزءاً لا يتجزأ من المحول.

* قاطع دائرة أو مصهرات (مع أو بدون مفتاح قَطْع حمل) ضد اتجاه المحول.

يتوقف اختيار مخططات الوقاية ودرجة تطورها على خصائص المحطة الفرعية، وسيتم تناول هذا الموضوع لاحقاً. يجب التنسيق بين الأجهزة الوقائية باتجاه المحول وتلك التي ضد اتجاه المحول، كما هو موضح بالباب ج٢ البند الفرعي ٦/٤ .

الحماية من الجهود الزائدة

تنشأ الجهود الزائدة غالباً من الحاجة المتزامنة لعدد من الأحمال الصغيرة، أو من الزيادة في الطلب على القدرة الظاهرة لتركيبة ما (كيلو فولت أمبير) نظراً للتوسع في أحد المشاريع وما يصاحبه من التوسع في المنشآت وما إلى ذلك. وتؤدي الزيادات في الحمل إلى رفع درجة حرارة موصلات الدائرة ذات العلاقة بالإضافة إلى دائرة المحول. وعندما تتجاوز درجة الحرارة الحدود المعتادة للمعدات، يزداد معدل تدهور مواد العزل وبالتالي تقل فترة عمر التشغيل للمعدات. يتم عادة وضع أجهزة الوقاية من الجهود الزائدة باتجاه المحول في المحطات الفرعية ذات الشكل المخصص للمستهلك، في حين يتم وضعها غالباً في الاتجاه المضاد للمحول وذلك في المحطات الفرعية ذات التغذية العمومية

حماية المحول

الأحمال الزائدة

إن وقاية المحول ضد الأحمال الزائدة يتم توفيرها بواسطة مرحل زمن تأخير لزيادة الحمل (إما بواسطة قاطع حراري أو جهاز كهربائي) الذي يعمل على فصل قاطع الدائرة في جانب اتجاه التيار. سيعمل ملازم زمن التأخير في هذا المرحل على ضمان أن المحول لن يفصل بشكل غير ضروري عند الأحمال الزائدة ذات المدة القصيرة. فيما يلي بعض الخيارات الأخرى:

- بالنسبة للمحولات ذات الأقطاب المركبة يتم عادة استخدام مرحلات "صورة حرارية"، حيث تعمل تلك المرحلات على محاكاة درجة حرارة ملفات المحول بدقة تكفي لحماية العزل،
- المحولات من النوع الجاف تّستخدم أجهزة استشعار حرارية في أسخن جزء من عزل الملفات للإنذار و/أو القطع،
- المحولات الكبيرة المغمورة بالزيت يكون لها غالباً ثرموستات له وضعي ضبط ، أحدهما للإنذار والآخر للفصل.

الاعطال الداخلية

إن حماية المحولات بالأجهزة المركبة على المحولات ضد تأثيرات الأعطال الداخلية، يتم توفيرها للمحولات المزودة بخزانات حفظ منفثة للهواء (انظر الشكل ج١٥) بواسطة المرحل الميكانيكي التقليدي بكهولز. هذه المرحلات يمكنها الكشف عن التراكمات البطيئة للغازات التي تنتج عن القوس الكهربائي للأخطاء الأولية في عزل الملف أو عن دخول الهواء نتيجة تسرب الزيت. هذا المستوى الأول من الكشف يعطي تحذيراً بشكل عام، وفي حالة حدوث مزيد من التدهور فسيعمل المستوى الثاني من الكشف على فصل قاطع الدائرة بالاتجاه الصاعد. تقوم خاصية الكشف باندفاع الزيت لمرحل بكهولز بفصل قاطع الدائرة بالاتجاه الصاعد بمجرد حدوث اندفاع في الزيت في الأنبوبة التي تصل بين الخزان الرئيسي والخزان الواقي. هذا الاندفاع في الزيت يحدث فقط نتيجة إزاحة الزيت بواسطة التراكم السريع لفقاعات الغاز المتولدة بسبب القوس الكهربائي لتيار قصر الدائرة تحت الزيت. وتزود جميع المحولات بجهاز تنفيس الضغط الزائد الذي يعمل على الحد من قيمة الضغط القصوي إلى قيمة أقل من تلك التي يمكن أن يحدث عندها انفجار الخزان بالمحول. بعد إمكانية تصميم عناصر راديياتير التبريد الزيتي لأداء وظيفة تنظيمية، فقد أصبح بالإمكان الآن الحصول على محولات من الضخامة بحيث تصل إلى ١٠ ميجا فولت أمبير. إن تمدد الزيت يتم ملاءمته دون حدوث ارتفاع زائد في الضغط وذلك بواسطة تأثير "منافخ" عناصر الراديياتير . يحتوي البند الفرعي ٤/٤ (انظر الشكل ج١٦) على وصف كامل لهذه المحولات. على أنه ليس من الممكن تزويد تلك التصميمات بأجهزة بكهولز المشار إليها أعلاه، حيث يتم تطوير نظير حديث يقوم بقياس :

- تراكم الغاز،
- زيادة الضغط ،
- زيادة درجة الحرارة ،

الشكل ج١٥: محول مع خزان الحفظ.

الشكل ج١٦: محول مملوء بالكامل

حيث تقوم الحالتان الأولتان بفصل قاطع الدائرة بالاتجاه الصاعد وتقوم الحالة الثالثة بفصل قاطع الدائرة بالاتجاه الهابط للمحول.

هذا الجهاز المشار إليه (وحدة الكشف عن الغاز ودرجة الحرارة والضغط) مذكور بمزيد من التفصل في البند ٤/٤ تحت عنوان "المحولات التي تعتمد على السوائل".

الحماية ضد قصر الدوائر

إن قصر الدائرة يمكن أن يحدث بين موصلات الطور أو بين موصل طور والأرض أو بأي خليط من هذه الحالات في الأطوار الثلاثة. إن حدوث عطل قصر دائرة بين ملفات الجهد العالي وملفات الجهد المنخفض سينتج عنه عطل قصر دائرة – إلى – الأرض في ملف الجهد العالي إذا كان الملف الثانوي مؤرضاً، وهو ما تكون عليه الحالة في الغالب.

إن ملفات الجهد المنخفض الثانوية غير المؤرضة ذات التوصيل النجمي لمحولات نظام ITتكون مزودة بجهاز زيادة الجهد الذي يعمل في هذه الظروف بوصل نقطة التعادل لمحول الجهد المنخفض بالأرض مباشرة. تمثل الأعطال الأرضية في ملف الجهد العالي على وجه الخصوص خطراً على الأفراد نتيجة "الجهد المنقول" المشار إليه في البند الفرعي ١/١: "التوصيلات الأرضية". لهذا السبب يلزم وجود وسيلة سريعة وحساسة للوقاية من العطل الأرضي في جانب الجهد العالي لمحولات القدرة في العديد من المحطات الفرعية العمومية والتي تخص المستهلكين على حد سواء. ويوضح الشكل جـ١٧ مثل هذا المخطط والذي يمكن تطبيقه على المحولات ذات الملفات الابتدائية الثلاثية أو النجمية غير المؤرضة. هذا الترتيب الوقائي يطلق عليه الوقاية "المحدودة ضد العطل الأرضي" حيث أنه سيعمل فقط على كشف الأعطال الأرضية في ملفات الجهد العالي أو بالاتجاه الهابط لدائرة محولات التيار إلى أطراف توصيل الملف.

فيما يلي مميزات هذا المخطط:

- البساط وقلة التكاليف،
- التشغيل الفوري،
- الحساسية العالية،
- القضاء التقديري على أخطار الجهد المنقول (بسبب خاصية التشغيل الفوري)،
- عدم وجود مشاكل في التنسيق مع الوقاية بالاتجاه الهابط، تبدو الأعطال الأرضية للجهد المنخفض كأعطال طور/طور في جانب الجهد العالي للمحول، وبالتالي لا يقوم مرحل "الوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي" باكتشافها (انظر الشكل أ ج١ – ٢(جـ) من الملحق ج١).

في أنظمة التغذية العمومية بشكل عام، لا يوجد قاطع دائرة في جانب الجهد المنخفض وإنما يوجد مفتاح قاطع حمل. يتم توصيل مرحلات الوقاية ضد زيادة التيار (اثنين فقط) على التوالي مع محولات تيار الوقاية المحدودة

من العطل الأرضي، كما هو موضح بالشكلين المنقطين في الشكل جـ١٧ (انظر الملاحظة). هذه المرحلات توفر حماية ضد الأحمال الزائدة واعطال قصر الدائرة بالاتجاه الهابط لمحولات التيار، ولكن يجب التنسيق بدقة بينها وبين الأجهزة الوقائية ضد زيادة التيار بالجهد المنخفض.

ملحوظة: حيثما تكون مستويات عطل دائرة القصر منخفضة، يوصى باستخدام ثلاثة مرحلات تيار زائد (بدلاً من اثنين) حيث أن دائرة قصر طور/طور للجهد المنخفض في المحولات الثلاثية /النجمية تعطي توزيع تيار عطل ٢: ١: ١ عند الجهد العالي (انظر الشكل أج١– ٢ (ب) من الملحق ج١).

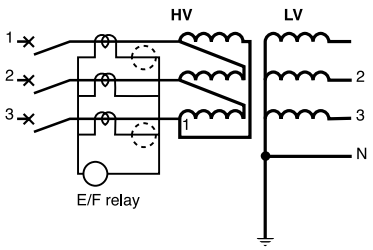
ونظراً لفعالية "الوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي" ضد أخطار الجهود المنقولة ونظراً لبساطة استخدامها، فإنه يوصى بشدة باستخدامها في أي مخطط وقاية يحتوي على قاطع دائرة ذي جهد عالي.

اختيار أجهزة الوقاية في جانب الصعود للمحول في محطة فرعية خاصة بالمستهلك.

في مواصفات* دولية معينة، يتم الاختيار على أساس قيمتين من قيم التيار:

- ■ التيار المرجعي ، وتكون قيمته كالآتي:
  - □ في حالة القياس عند جهد منخفض: التيار الأسمي المقنن للمحول،
  - □ في حالة القياس عند جهد عالٍ: مجموع التيارات الاسمية المقننة للمحولات ووحدة الجهد المرتفع الأخرى (مثل المحركات وخلافه)، القيمة الدنيا لتيار قصر دائرة ثلاثي الطور ذي جهد مرتفع عند التركيبات.

* لا توجد مواصفة قياسية مناظرة من اللجنة الدولية الكهروتقنية.



الشكل ج١٧: الحماية من العطل الأرضي على ملف الجهد العالي.

عندما يكون التيار المرجعي أقل من ٤٥ أمبير ولا يوجد إلا محول واحد، يمكن الوقاية بواسطة مصهرات أو قاطع دائرة. وحين يكون التيار المرجعي مساوياً أو أكبر من ٤٥ أمبير، أو إذا كان هناك أكثر من محول واحد، تكون الوقاية حينئذ بقاطع دائرة.

يعطي الجدول رقم جـ١٨ المقننات القياسية القصوى بالكيلو فولت أمبير والتي تحددها اللجنة الدولية الكهروتقنية للمحولات والتي تناظر تيار جهد عالٍ كامل الحمل لا يتعدى ٤٥ أمبير.

الجهد الابتدائي (كيلو فولت)		المقننات القياسية القصوى للمحولات التي تحددها الهيئة الدولية الكهروتقنية (كيلو فولت أمبير)
مقنن	أسمي	
٣,٦	٣ ٣,٣	٢٥٠
٧,٢	٤,١٦ ٥,٥ ٦ ٦,٦	٥٠٠
١٢	١٠ ١١	٨٠٠
١٧,٥	١٣,٨ ١٥	١٢٥٠
٢٤	٢٠ ٢٢	١٦٠٠
٣٦	٣٣	٢٥٠٠
٤٠,٥	٣٦,٥	٣١٥٠

الجدول جـ١٨: حدود القدرة للمحولات ذات أقصى تيار ابتدائي لا يتعدى ٤٥ أمبير.

■ الوقاية بالمصهرات

إن العلاقات بين التيار المرجعي ، كما هو موضح أعلاه، والتيار المقنن للمصهر وتيار دائرة القصر عند أطراف التوصيل الابتدائية للمحول، يتم تحديدها طبقاً للمواصفات الدولية المشار إليها سابقاً، على النحو الآتي:

- عندما تتكون المحطة الفرعية من محول جهد عالي/ جهد منخفض واحد، فإن التيار المقنن In للمصهر يجب أن يفي بالعلاقات الآتية:

$In > 1.4\ Ib$ and $In < Ic/6$

حيث:

In = التيار المقنن للمصهر،

Ib = التيار المقنن الابتدائي للمحول،

Ic = التيار الأدنى عند الجانب الابتدائي للمحول عند قصر دائرة أطراف توصيل الملف الثانوي،

- عندما يتم تغذية المحطة الفرعية من خط علوي، أو حينما تكون التركيبات حساسة لحالات الجهد غير المتوازن (على سبيل المثال أحمال محركات ثلاثية الطور)، فمن الموصى به أن يؤدي عطل المصهر إلى فصل الأطوار الثلاثة وذلك عن طريق القطع الأوتوماتيكي لمفتاح قطع الحمل بالجهد العالي (أي توليفة مفتاح – مصهر)

يوضح الجدول رقم جـ١٩ مقننات التيار القياسية للمصهرات حسب المواصفة القياسية IEC 282-1.

جهود التغذية (ك ف)	المقننات الاسمية للمحول (ك ف.أ)																
المقننة	الاسمية	٢٥	٥٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٥٠	١٦٠٠	٢٠٠٠	٢٥٠٠
٣,٦	٣	١٦	٢٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠				
	٣,٣	١٦	٢٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠				
٧,٢	٤,١٦	١٠	٢٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠			
	٥,٥	١٠	١٦	٢٥	٣١,٥	٤٠	٤٠	٥٠	٦٣	٦٣	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠		
	٦	١٠	١٦	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠	
	٦,٦	١٠	١٦	٢٥	٢٥	٣١,٥	٤٠	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٥٠	
١٢	١٠	٦,٣	١٠	١٦	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠
	١١	٦,٣	١٠	١٦	٢٥	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٦٣	٦٣	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠
١٧,٥	١٣,٨	٦,٣	٦,٣	١٠	١٦	٢٥	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٦٣	٦٣	٨٠	١٠٠	١٦٠	١٦٠
	١٥	٦,٣	٦,٣	١٠	١٦	١٦	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٠٠	١٦٠
٢٤	٢٠	٦,٣	٦,٣	١٠	١٠	١٦	١٦	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	٨٠	١٦٠
	٢٢	٦,٣	٦,٣	١٠	١٠	١٠	١٦	٢٥	٢٥	٢٥	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٥٠	٦٣	٨٠	١٦٠
٣٦	٣٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	٣١,٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠
٤٠,٥	٣٦,٥	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	٢٥	٢٥	٣١,٥	٤٠	٥٠	٦٣

الجدول رقم ج١٩: التيار المقنن (أمبير) لمصاهر الجهد العالي لوقاية المحول طبقاً للمواصفة القياسية (IEC 282-1)

يجب ألا يتسبب حدوث أي خلل بالتركيبات في تشغيل أي مرحل وقائي في شبكة التغذية بالقدرة.

من الموصى به بشدة، بعد تشغيل مصهر (أو مصهرات) للقضاء على عطل أو حالة زيادة في الحمل، أن يتم استبدال المصهرات الثلاثة جميعاً حيث أنه من المحتمل أن يكون المصهر (أو المصهرات) الذي لم يعمل قد أصابه التلف بسبب مرور تيار زائد أثناء الخلل.

الوقاية بواسطة قاطع دائرة

عند تغذية المحطة الفرعية عن طريق قاطع دائرة جهد عالٍ، فيجب أن يكون بالعقد شرط ينص على أن أي اضطراب يحدث بالتركيبات يجب ألا يؤدي إلى تشغيل أي مرحل وقائي في شبكة التغذية بالقدرة. ولضمان تحقق هذا الشرط، يجب أن تقوم جهة التغذية (الإمداد) بتحديد الفترات القصوى المسوح بها للقضاء على الاعطال التالية بالتركيبات:

- عطل ناشيء عن قصردائرة بين الأطوار الثلاثة جميعاً،
- عطل ناشيء عن قصر دائرة بين أي قطبين،
- عطل ناشيء عن قصر دائرة لطور واحد إلى الأرضي ،
- عطل ناشيء عن قصر دائرة بين أي قطبين والأرضي.

المعدل الأقصى لقصر دائرة ثلاثي الأطوار بالتركيبة كان معروفاً عند بداية المشروع وذلك لشراء معدات ذات مقننات مناسبة. ولضمان التشغيل السليم للأجهزة الوقائية، يجب أن تقوم جهة التغذية أيضاً بتحديد القيمة الدنيا لتيار قصر الدائرة ثلاثي الأطوار. عند تخطيط المخطط الوقائي للتركيبات، يجب أن يراعى المبدأ العام للتنسيق أن يكون لقاطع الدائرة الأقرب إلى منبع التغذية أطول زمن فصل.

في الحالة القائمة، يكون ذلك قاطع الدائرة للجهد العالي. هذا الزمن الأطول للفصل يجب ألا يتعدى القيمة التي حددتها جهة التغذية؛ وهو إلزام لا يتم الوفاء به إلا عن طريق مُرحِّلات وقائية عند قاطع دائرة الجهد العالي، لتكملة الأجهزة الوقائية المركبة بالمحولات والتي سبق ذكرها. بالنسبة للاعطال الأرضية فلا توجد مشكلة تتعلق بالتنسيق بشرط أن يكون ملف الجهد العالي للمحول ذا توصيل دلتا أو نجمة غير مؤرض حيث أن الأعطال الأرضية، كما أشرنا سابقاً، في نظام الجهد المنخفض ستظهر حينئذ على شكل أعطال طور–إلى–طور في نظام الجهد العالي.

بالتالي ، فإن الاعطال الأرضية للجهد العالي التي تحدث في المحطة الفرعية يمكن التغلب عليها فوراً بواسطة مخطط الوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي. كما أن الفصل الفوري لاعطال قصر الدائرة طور _إلى – طور التي تحدث في جانب الجهد العالي للمحول يمكن تحقيقها أيضاً ببساطة بواسطة أجهزة يطلق عليها أحياناً اسم مرحلات "المجموعة الفائقة".

ويعتمد مبدأ "المجموعة الفائقة" على حقيقة أنه إذا كان التيار عالياً بما يكفي لتشغيل المرحل فحينئذ يلزم أن يكون قصر الدائرة في جانب الجهد العالي من المحول، لأن حدوث قصر دائرة في أطراف توصيل الجهد المنخفض أو ملفات محول الجهد المنخفض لن يؤدي إلى حدوث تيار كافٍ في جانب الجهد العالي يكفي لتشغيل المرحل.

هذه المجموعة الفائقة من المرحلات (٢ أو ٣ كما أشرنا في البند الفرعي "الوقاية ضد قصر الدائرة") سيتم توصيل كل منها على التوالي بأحد المرحلات الزمنية العكسية لزيادة التيار، الموضحة بالنقاط في الشكل جـ١٧، ويتم بشكل عام ضبط المحولات ذات النوع التوزيعي لتعمل عند ٢٥ مرة قيمة تيار الحمل الكامل للمحول. بهذه الطريقة البسيطة يمكن التخلص فوراً من اعطال قصر الدائرة في جانب الجهد العالي لأي محول دون التأثير على تنسيق المخطط الخاص بالحماية بالاتجاه الهابط. في أوقات المعدلات الأقل لتيار عطل قصر الدائرة، قد لا يكون مخطط المجموعة الفائقة حساساً بما فيه الكفاية، بمعنى أن التيار قد لا يكون عالياً بما يكفي لتشغيل المرحل (هذه المشكلة لا توجد بالنسبة للاعطال الأرضية وذلك لأن مخطط الوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي يعتبر فائق الحساسية).

في الحالات القصوى التي يكون فيها الفرق بين معدلات العطل العظمى والدنيا كبيراً جداً، قد يلزم الأمر تزويد المحول بمخطط وقاية تفاضلي. تقوم مخططات الوقاية التفاضلية بمقارنة التيارات الداخلة إلى الملفات الابتدائية مع التيارات الخارجة من الملفات الثانوية (بعد التصحيح لمعدل التيار وتغيرات الطور) وأي فرق جوهري سيعمل على تشغيل المرحل الذي سيقوم بدوره بفصل قواطع الدائرة التي تتحكم في المحول. هذا النوع من الوقاية سيوفر حساسية كافية مع سرعة عالية في الفصل دون التأثير على تنسيق الوقاية بالاتجاه الهابط.

وتجدر الإشارة إلى أن المرحلات عالية السرعة المستخدمة في نظم الوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي والمجموعة الفائقة والوقاية التفاضلية تعتبر مستقرة ضد التشغيل غير الحقيقي نتيجة تشبع محول التيار (على سبيل المثال عند شحن المحول بالطاقة). وعادة تكون مرحلات التيار الزائد والوقاية المحدودة ضد العطل الأرضي والمجموعة الفائقة مُجَمَّعة في غلاف فردي.

اختيار الأجهزة الوقائية المركبة على الشبكة السفلية (الخرج)

إن أجهزة الوقاية (قاطع دائرة أو مفتاح بمصهر)* بالجانب السفلي من المحول يجب أن تشتمل على المتطلبات الآتية وأن تفي بها (هـ.د.ك ٣٤٦).

الجهاز يجب:

أن يتضمن مفتاح فصل (لحماية الأشخاص) تكون فيه ملامسات الفتح ظاهرة بوضوح،

أن يكون ذا مقنن تيار كافٍ للمحول ذي العلاقة،

أن يكون ذا مقنن تيار فصل، حيثما يكون ملائماً،* كافٍ لتيار قصر الدائرة الثانوي ثلاثي الأطوار،

أن يحتوي على العدد الصحيح من الأقطاب طبقاً لمخطط التأريض الخاص بالتركيبة ،

٤ أقطاب لمخطط IT مع موصل محايد، TT وTNS،

■ ٣ أقطاب لمخطط IT بدون موصل محايد ، ولمخطط TNC.

كمثال على ذلك، فإن الجدول جـ ٢٠ يحتوي على التيارات الاسمية وتيارات قصر الدائرة المناظرة عند أطراف التوصيل الثانوية للمحولات القياسية ٢٠/٠,٤ كيلو فولت. من هذه البيانات يمكن ملاحظة أن معاوقات قصر الدائرة تتراوح بين ٤٪ (لمحول ١٠٠ كيلو فولت أمبير) إلى ٦,٩٪ (لمحول ٢٠٠٠ كيلو فولت أمبير).

* إذا لم يتم تركيب قاطع دائرة أو مفتاح مصهر جهد منخفض، فيجب توفير مفتاح فصل غير تلقائي لفصل حمل الجهد المنخفض، ويجب تحقيق الوقاية من زيادة الحمل في الجهد العالي.

القدرة المقننة للمحول (kVA)	٥٠	١٠٠	١٦٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٥٠	١٦٠٠	٢٠٠٠	٢٥٠٠
تيار المحول Ir (A)	٦٩	١٣٧	٢٢٠	٣٤٤	٤٣٣	٥٥٠	٦٨٧	٨٦٦	١١٠٠	١٣٧٥	١٧١٨	٢١٩٩	٢٧٤٩	٣٤٣٧
تيار المحول المغمور في الزيت Isc (KA) Psc = 250MVA	١,٧١	٣,٤٠	٥,٤١	٨,٣٨	١٠,٥	١٣,٢	١٦,٤	٢٠,٤	١٧,٤	٢١,٥	٢٦,٤	٣٣,١	٤٠,٤	٤٩,١
Psc = 500MVA	١,٧١	٣,٤٢	٤,٤٥	٨,٤٩	١٥,٧	١٣,٥	١٦,٨	٢١,٠	١٧,٩	٢٢,٢	٢٧,٥	٣٤,٨	٤٣,٠	٥٢,٩
تيار المحول cast resin Isc (KA) Psc= 250MVA	١,١٤	٢,٢٨	٣,٦٣	٥,٦٣	٧,٠٧	٨,٩٣	١١,١	١٣,٩	١٧,٤	٥١,٥	٢٦,٤	٣٣,١	٤٠,٤	٤٩,١
Psc= 500MVA	١,١٤	٢,٢٨	٣,٦٥	٥,٦٨	٧,١٤	٩,٠٤	١١,٣	١٤,١	١٧,٩	٢٢,٢	٢٧,٥	٣٤,٨	٤٣,٠	٥٢,٩

الجدول رقم ج٢٠: تيارات دائرة القصر ثلاثية الطور لمحولات توزيع نموذجية.

التمييز (الانتقائية) بين الأجهزة الوقائية على جانب الشبكة العلوية (الدخل) وجانب الشبكة السفلية (الخرج) للمحول.

إن المحطة الفرعية الخاصة بالمستهلك ذات معدات قياس جهد منخفض تتطلب تمييزاً بين مصاهر الجهد العالي وبين قاطع الدائرة أو مصاهر الجهد المنخفض. إن مقاس مصاهر الجهد العالي سيتم اختياره على أساس خصائص المحول.

ويجب أن تكون خصائص الفصل لقاطع دائرة الجهد المنخفض بحيث يقوم بالفصل بسرعة كافية لضمان عدم تأثر مصاهر الجهد العالي بمرور الحمل الزائد خلالها، وذلك في حالة حدوث حمل زائد أو قصر دائرة بالاتجاه السفلي لقاطع الدائرة.

ويمكن توضيح منحنيات أداء الفصل لمصاهر الجهد العالي وقواطع دائرة الجهد المنخفض بالرسم البياني للعلاقة بين وقت التشغيل والتيار المار خلالها. كلا المنحنيات لهما الشكل العام للعلاقة العكسية بين الزمن والتيار (مع الانحراف الشديد لمنحنى قاطع الدائرة عند قيمة التيار التي يحدث القطع الفوري فوقها). هذه المنحنيات موضحة في الشكل جـ٢١

■ لتحقيق التمييز:

□ يجب أن تكون كافة أجزاء منحنى المصاهر إلى أعلى اليمين من منحنى قاطع الدائرة،

■ للعمل على عدم تأثر (أي عدم تلف) المصاهر:

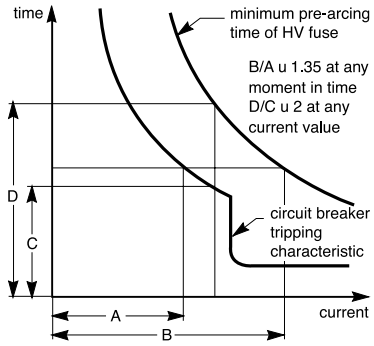
□ يجب أن تكون كافة أجزاء المنحنى الأدنى لمصهر ما قبل حدوث القوس موضوعة على يمين منحنى قاطع الدائرة بمُعامل قدره ١,٣٥ أو أكثر (بمعنى أنه عند مرور منحنى قاطع الدائرة عند الزمن "ز" خلال نقطة تناظر ١٠٠ أمبير، فإن منحنى المصهر يجب أن يمر عند نفس الزمن "ز" بنقطة تناظر ١٣٥ أمبير أو أكثر، وهكذا)،

□ يجب أن تكون كافة أجزاء منحنى المصهر فوق منحنى قاطع الدائرة بمعامل يساوي ٢ أو أكثر (بمعنى أنه عند مرور منحنى قاطع الدائرة عند معدل تيار I خلال نقطة تناظر ١,٥ ثانية، فإن منحنى المصهر عند نفس معدل التيار I يجب أن يمر بنقطة تناظر ٣ ثوان أو أكثر، وهكذا).

وقد تم تحديد المعاملات ١,٣٥ و ٢ على أساس حدود السماح القصوى في التصنيع لمصاهر الجهد العالي وقواطع دائرة الجهد المنخفض.*

للمقارنة بين المنحنيين، يجب تحويل تيارات الجهد العالي إلى تيارات جهد منخفض، أو العكس. الشكل رقم جـ٢١ يوضح تلك المتطلبات.

وفي حالة استخدام مفتاح مصهر جهد منخفض، يجب التقيد (عدم إغفال) بفصل مشابه لمنحنيات الخصائص لمصاهر الجهد العالي والجهد المنخفض. هذا التساؤل تم طرحه في الملحق جـ١ (الشكل أ جـ١-٣).



الشكل رقم ج٢١: التمييز بين تشغيل مصهر الجهد العالي وفصل قاطع تيار الجهد المنخفض لوقاية المحول.

ملحوظة: في الحالات البسيطة والشائعة الاستخدام التي يكون فيها قاطع دائرة الجهد العالي محتوياً على مرحلات (REF). ومرحلات ذات العلاقة العكسية بين الزمن والتيار الزائد كما أشرنا سابقاً، فإن الحماية الكهربائية الوحيدة لملفات الجهد المنخفض وتوصيلات الجهد العالي من أطراف توصيل المحول إلى أطراف التوصيل العلوية لقاطع دائرة الجهد المنخفض هي فقط التي يتم تحقيقها بمرحلات العلاقة العكسية بين الزمن والتيار الزائد.

*ميرلين جرين "توزيع الكتالوجات إتش تي/إم تي ٩٦" صفحة ٢٩ز.

لا توجد ضرورة للتمييز بين تلك المرحلات للجهد العالي ووقاية قاطع دائرة الجهد المنخفض، حيث أن قصر الدائرة في الجانب العلوي أو السفلي لقاطع الجهد المنخفض سيؤدي إلى فقدان كامل للتغذية في كلا الحالتين. بشكل عام، فإن وجود قصر دائرة ثلاثي الطور عند أطراف توصيل محول توزيع جهد منخفض سيؤدي إلى سريان تيار قيمته ١٤-٢٥ مرة قدر قيمة تيار الحمل الكامل للمحول في دوائر الجهد العالي والجهد المنخفض (في أوقات المستويات القصوى لعطل قصر الدائرة في النظام). وفي حالة ما إذا كان العطل عبارة عن قصر دائرة أحادي الطور إلى الأرض، مباشرة أعلى قاطع دائرة الجهد المنخفض، حينئذ سيتم خفض هذه القيمة إلى حوالي ٨-١٤ مرة قدر تيار الحمل الكامل على جانب الجهد العالي للمحول وسيسري في خطين فقط. في هذه الحالة، قد يصبح زمن الفصل لمرحلات العلاقة العكسية بين الزمن والتيار الزائد طويلاً بدرجة غير مقبولة.

الحل التقليدي للمشكلة هو تحرير توصيلات الجهد المنخفض من الأعطال عن طريق وضع الموصلات في أنابيب توصيل معدنية محمية ضد الحشرات، وهي طريقة تعتبر كافية بشكل عام بالنسبة للموقع (في منطقة محظور الوصول إليها إلا للأشخاص المصرح لهم فقط). أما الحل الجذري فيتمثل في تركيب مخطط وقاية متكاملة بداية من قاطع دائرة الجهد العالي وحتى قاطع دائرة الجهد المنخفض، كما أوضحنا في مخطط الحماية سابقاً.

أوضاع ضبط مرحلات العطل الأرضي للجهد العالي

إن مرحلات العطل الأرضي لها مدى منخفض لضبط التيار، بمعنى أنها عناصر حساسة وبالتالي يمكنها معالجة عطل دائرة القصر في مراحله الأولى، وبالتالي الحد إلى أقصى درجة من تلف العزل عند نقطة حدوث العطل وكذلك التقليل من مخاطر نشوب حريق. على أنه يجب الحذر لتلافي رفع درجة الحساسية (بخفض وضع ضبط تشغيل التيار) إلى درجة تؤدي إلى أن يعمل المرحل عند حدوث عطل أرضي في دائرة مجاورة في الوقت الذي تكون فيه دائرة المرحلة سليمة. هذا التشغيل الزائف يكون نتيجة للمواسعة المتأصلة إلى الأرض لمحولات طور نظام القدرة والأحمال المرتبطة بها، ويحتمل حدوثها خاصة في أنظمة المواسعة الأرضية (شائعة الاستخدام في مستويات الجهد العالي التي يغطيها هذا الدليل).

في الظروف العادية فإن التيار المواسعي من كل طور إلى الأرض يكون له نفس الشدة وتتجمع التيارات الثلاثة في الأرض لتعطي ما يسمى بالتيار "المتخلف" والذي تكون قيمته في تلك الحالة صفر نظراً لظروف التوازن.

إن قصر الدائرة لطور واحد إلى الأرض، كما ذكرنا تحت عنوان "الأعطال الأرضية في أنظمة التأريض IT"، سيؤدي إلى:

- هبوط جهد الموصل المعطوب، وجهود كافة موصلات الطور الذي به عطل على مساحة واسعة محيطة بموضع العطل، إلى الصفر،
- زيادة جهد موصلي الطور السليم على نفس المساحة إلى قيمة تصل إلى $\sqrt{3}$ مرات قيمتها الأصلية بالنسبة للأرض.

نتيجة لذلك فإن التيار المتخلف في كافة الدوائر المتأثرة بتغيرات الجهد لن يكون مقارباً للصفر. وفي الدوائر السليمة القريبة من موضع العطل ستبلغ قيمة التيار المتخلف حوالي ٣، كما هو موضح في الشكل جـ٢٢ إذا كانت هناك دائرة سليمة لها مواسعة معتبرة إلى الأرض (خط علوي طويل أو قسم من كابل أرضي)، فإن المرحل الخاص بها سيسجل القيمة ٣ وسيقوم -إذا كانت درجة حساسيته عالية-، بفصل قاطع الدائرة للدائرة السليمة.

ولتفادي هذه المشكلة فإن القيمة الدنيا التقليدية، والمطبقة على نطاق واسع في مجال صناعة توزيع القدرة، هي ٦ (أي بمعامل أمان مقداره ٢). هذه الظاهرة تتعلق فقط بالتصميمات الهندسية لمحطات الجهد العالي في الحالات التي يكون فيها قاطع دائرة الجهد العالي والمرحلات الوقائية قريبة بعض الشيء من المحول وخاصة إذا كانت التغذية بواسطة كابل أرضي وكان الجهد الأسمي للجهد العالي مرتفعاً، أي ≥ 20 كيلو فولت مثلاً.

تلك المناقشة السابقة بشأن وجود مكونات سعوية في تيار العطل الأرضي لأنظمة التأريض ذات المعاوقة ، تقودنا إلى ضرورة توضيح مبادىء ملف بيترسون.

تأريض النظام في أنظمة الجهد العالي بالخط العلوي بواسطة ملف بيترسون.

تأريض النظام في انظمة الجهد العالي بالخط العلوي بواسطة ملف بيترسون

في نظام المقاومة المؤرضة المشروح أعلاه، تم توضيح أن التيار خلال العطل الأرضي هو عبارة عن مجموع التيارات المواسعية المتخلفة للنظام والتيار المار في المقاومة. ويكون تيار المقاومة في الطور مع جهد الطور الذي به عطل (ناقل الجهد معكوساً خلال فترة العطل) كما هو موضح بالشكل رقم جـ٢٢ وتكون إزاحة الطور بين تيار المقاومة والتيار المواسعي المتخلف ٩٠ درجة. إذا تم استبدال المقاومة بمفاعل، فإن تيار المفاعل سيؤخر جهد طور العطل بمقدار ٩٠ درجة وسيكون بالتالي في طور مقابل لتيار التخلف المواسعي. يمكن عملياً عن طريق الاختيار الملائم لقيمة المفاعلة، إلغاء تيار التخلف المواسعي خلال العطل، بمعنى أنه لن يوجد تيار عطل يسري إلى الأرض، كما هو موضح بالشكل جـ٢٣ هذه هي فكرة عمل ملف بيترسون. من الناحية العملية، فإنه من غير الممكن ألغاء تيار العطل نهائياً، بسبب مقاومات الموصل ومسار العطل وتعذر الضبط السليم للملف في كل الأوقات.

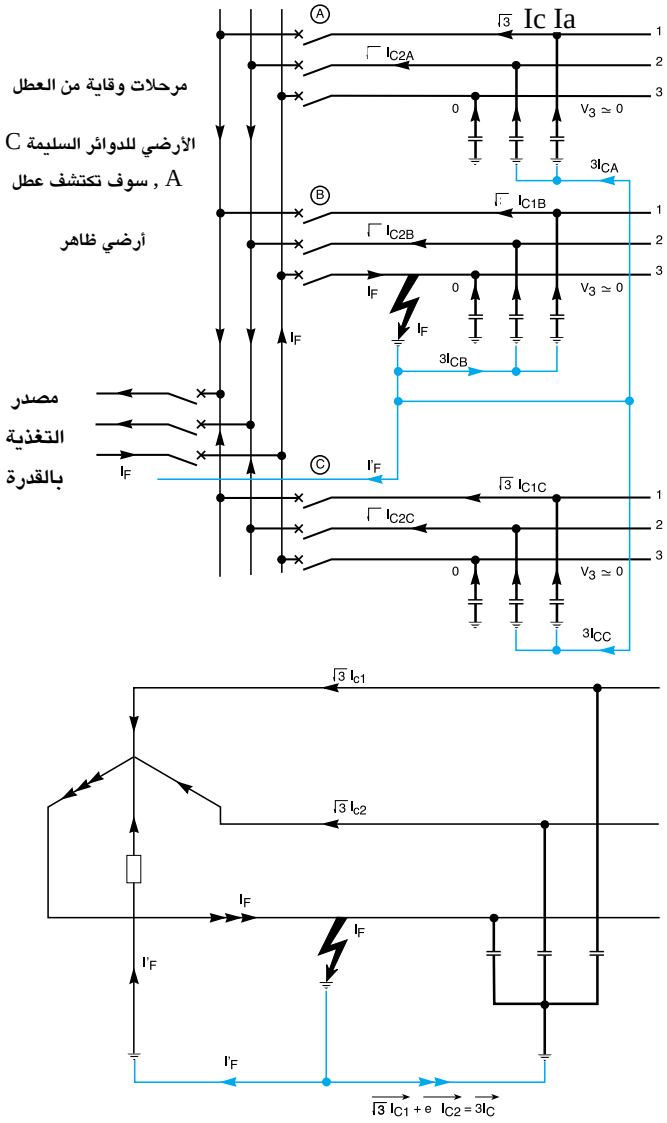
هذه التأثيرات تحول دون القضاء التام على التيارات المعاكسة ، غير أنه يمكن تقليل تيار العطل إلى قيم ضئيلة جداً بشرط أن تكون مقاومة مسار العطل منخفضة.

إن ملف بيترسون مزود بعدة خطوات تفريع على الملف لتغطي مدى من قيم مواسعة النظام. تلك الملفات تتعلق أساساً مع شبكات القدرة للخطوط العلوية المفصولة لمستويات الجهد العالي التي يغطيها هذا الدليل.

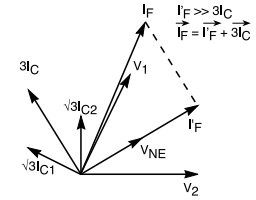
مميزات التشغيل

تشمل مميزات النظام ما يلي:

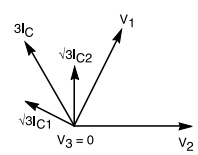
- استمـرار التغذية حتى في حـالة وجود عطل أرضي. اساساً، الـنظام يمكنه أن يعمل بشكل غير مـحدد مع وجود عطل في طور واحد.
- التلـف عند مـــوضع العطـل يكون محدوداً بسبب مستوى التيار المقيد.
- الانقطاع للنظم المجـاورة عند لحظة العطل غير موجودة عملياً.



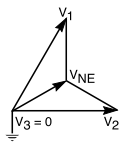
الشكل رقم ج ٢٢: مخطط عطل أرضي



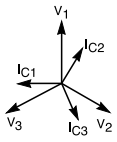
تيار العطل IF هو المجموع المتجهي لتيار مقاوم المحايد IF والتيارات السعوية المتبقية للنظام 3.Ic



تيار متبقي على دائرة سليمة أثناء العطل

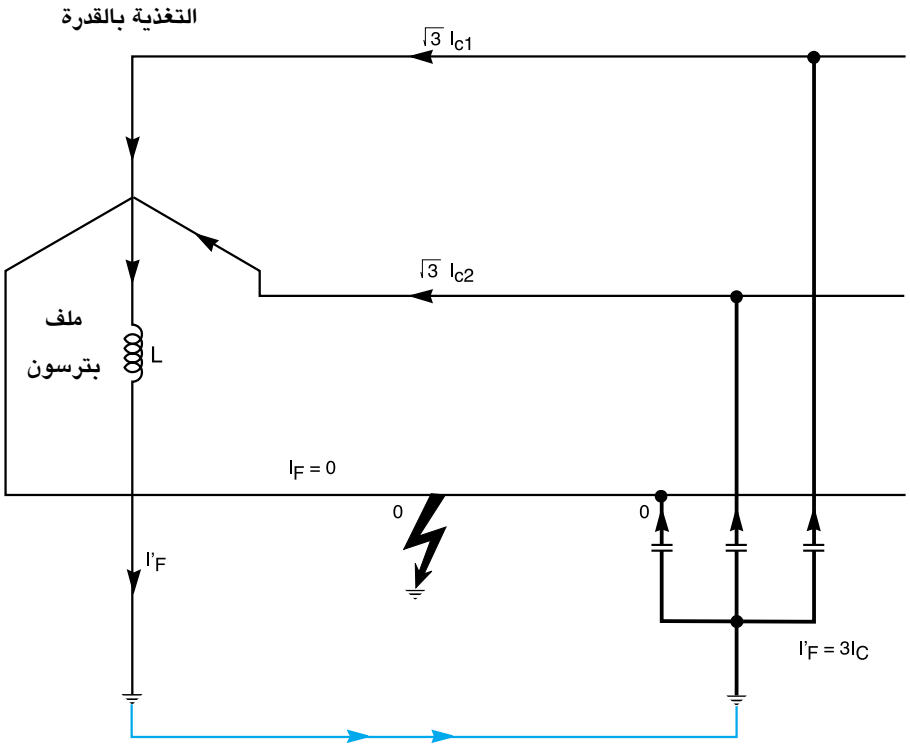


جهود اثناء قصر الدائرة إلى الأرض على الطور



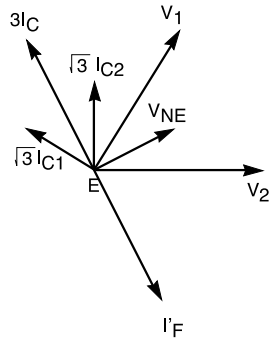
جهود عادية وتيارات سعوية

الشكل رقم ج ٢٢: مخطط عطل أرضي (تابع) رقم ٣

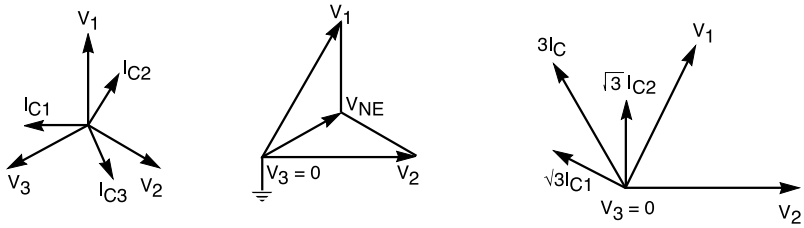


مخطط مبسط يوضح تقسيم التيار عندما تكون XC/XL = 3

(حيث XC = الممانعة السعوية لطور واحد إلى الأرض)



مخطط متجهي للحالة (IF = 3IC)



جهود عادية وتيارات سعوية

جهود أثناء قصر الدائرة إلى الأرض على الطور رقم ٣

تيار متبقي على دائرة سليمة أثناء العطل

الشكل رقم ج ٢٣: مخطط عطل أرضي (مع ملف بترسون (Petersen)

٣/٣ الوقاية ضد التأثيرات الحرارية

إن المخاطر والنتائج المترتبة على نشوب حريق هو أمر بالغ الأهمية. وقد تم تصميم وتصنيع المعدات الجاهزة بحيث يتم تجنب الارتفاع الشديد في الحرارة خلال الاستخدام العادي. وحيثما كانت التركيبات تحتوي على واحد أو أكثر من محولات معزولة بالسائل فإن القيود والضوابط المتعلقة بتفاصيل الحماية والتصميم ينبغي مراعاتها بدقة، وهي موصوفة في البند الفرعي ٣/٤: "اختيار محولات الجهد العالي/ الجهد المنخفض".

٤/٣ أدوات الربط والمناورات المشروطة

يتم تزويد الآليات ودوائر التحكم للأجهزة المركبة في المحطات الفرعية بتعشيقات كهربائية وميكانيكية كإجراء وقائي ضد أي مناورات غير سليمة يقوم بها أفراد التشغيل. ويتم تحقيق الوقاية الميكانيكية عن طريق:

- حجيرات تضم أجزاءً معينة من المعدة في الخلايا الجاهزة للجهد المرتفع،
- تعشيق مفتاح التحويل

إن مخطط التعشيق معد للوقاية ضد أي مناورات تشغيلية من شأنها أن تعرض العاملين للخطر.

التعشيق الرئيسي

إن أكثر أشكال الإحكام/ التعشيق شيوعاً في الاستخدام هي تلك التي تعتمد على تعشيق المفاتيح . وتقوم الفكرة على إمكانية تحرير أو تقييد أحد أو عدة مفاتيح، وفقاً لما إذا كانت شروط السلامة يتم مراعاتها أم لا.

هذه الشروط يمكن مزجها في سلسلة إلزامية متفردة تعمل على تحقيق سلامة العاملين بتجنب التشغيل غير السليم.

فعلى سبيل المثال، يتطلب الوصول إلى لوحة الضغط العالي عدداً معيناً من العمليات يجب أن تتم بترتيب محسوب. ومن الضروري القيام بمناورات بشكل عكسي لإعادة النظام إلى حالته السابقة. وأي خلل في ترتيب المناورات في كلتا الحالتين يمكن أن يؤدي إلى نتائج بالغة الخطورة على العاملين وعلى المعدات على حد سواء.

ملحوظة: من الضروري الاعتماد على مخطط تعشيق في المراحل الأساسية لتصميم وتخطيط المحطة الفرعية للجهد العالي/ الجهد المنخفض. بهذه الطريقة سيتم تزويد الأجهزة المعنية خلال مرحلة التصنيع بتوافقية مضمونة في المفاتيح وأجهزة الإحكام وذلك بشكل مترابط.

التعشيقات في المحطات الفرعية المزودة بمجموعة مفاتيح محاطة بمعدن .

في محطات توزيع الجهد العالي/ الجهد المنخفض التي تحتوي على :

- لوحة دخل جهد مرتفع فردية أو لوحتى دخل (من مغذيات متوازية) أو لوحتى دخل/خرج توزيع رئيسي حلقي،

■ محول مجموعة مفاتيح ولوحة وقاية، والذي يمكن أن يكون مزوداً بمفتاح فصل/قطع حمل مع مصاهر جهد مرتفع ومفتاح تأريض،أو قاطع دائرة ومفتاح فصل مع مفتاح تأريض.

■ تعشيقات حجيرة محول تسمح بالمناورات والوصول إلى اللوحات المختلفة في الحالات الآتية:

□ **تشغيل مفتاح فصل/قطع الحمل**، إذا كان باب اللوحة مغلقاً ومفتاح التأريض المتعلق بها مفتوحاً،

□ **تشغيل مفتاح فصل الخط للوحة محول مجموعة المفاتيح والوقاية**

– إذا كان باب اللوحة مغلقاً،

– إذا كان قاطع الدائرة مفتوحاً وكان مفتاح (مفاتيح) التأريض مفتوحاً (مفتوحة).

□ **غلق مفتاح تأريض**

إذا كان مفتاح (مفاتيح) الفصل مفتوحاً (مفتوحة)×.

□ **إمكانية الوصول إلى داخل كل لوحة**

إذا كان مفتاح الفصل الخاص باللوحة مفتوحاً وكان مفتاح (مفاتيح) التأريض في اللوحة مغلقاً (مغلقة)،

□ **غلق باب كل لوحة أو حجيرة**

إذا كان مفتاح (مفاتيح) التأريض مفتوحاً (مفتوحة).

□ **الوصول إلى مصاهر الجهد العالي لمحطة فرعية مزودة بخطيّ دخل من مغذيات متوازية.**

إذا كان مفتاحي الفصل مفتوحين وكان مفتاحي التأريض في اللوحة مغلقين.

□ **الوصول إلى الحجيرة (الحجيرات) التي يوجد بها محول (محولات) الجهد.**

إذا كان مفتاح فصل الجهد العالي مفتوحاً، وكانت وسيلة فصل الجهد المنخفض مفتوحة،

□ **تشغيل مفاتيح الفصل في لوحة محول الجهد.**

إذا كان باب اللوحة مغلقاً.

إذا كان مفتاح التأريض في دائرة دخل، فإن مفاتيح الفصل المتعلقة به تكون تلك التي على نهايتي الدائرة، ويكون من اللازم تعشيقها بشكل مناسب.

مثال عملي

في المحطات الفرعية من النوع الخاص بالمستهلك والمزودة بأجهزة قياس جهد منخفض، فإن أكثر أنواع مخططات التعشيق شيوعاً هي المخطط جهد عالي/جهد منخفض/ محول.

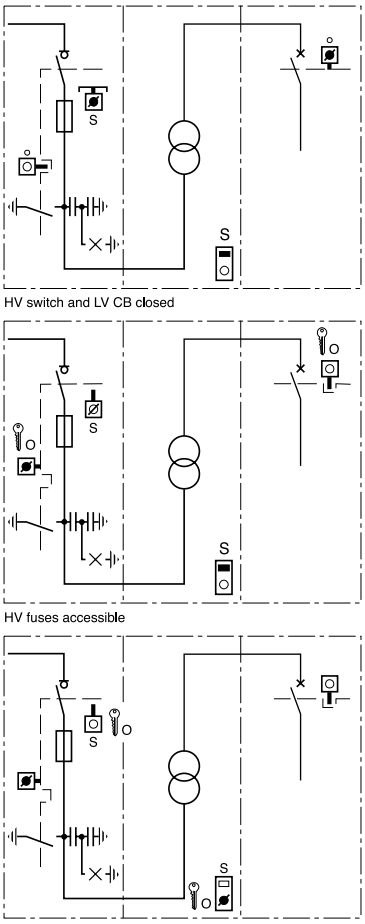
إن الهدف من التعشيق هو:

- منع الوصول إلى حجيرة المحول إذا لم يكن قد تم غلق مفتاح التأريض،
- منع غلق مفتاح التأريض في لوحة محول مجموعة المفاتيح والوقاية، إذا لم يكن قد تم إحكام قاطع دائرة الجهد المنخفض للمحول عند الوضع "مفتوح" أو "مسحوب".

إن الوصول لأطراف توصيل الجهد العالي أو الجهد العالي لأحد المحولات،محمية في الاتجاه العلوي بلوحة مجموعة مفاتيح ووقاية، التي تحتوي على قاطع حمل جهد عالي/مفتاح فصل ومصاهر جهد عالي ومفتاح تأريض جهد عالي، يجب أن يتم باتباع إجراءات صارمة موضحة فيما يلي ومبينة بالشكل رقم ج٢٤,٠.

ملحوظة: يكون المحول في تلك الحالة مزوداً بموصلات أطراف توصيل جهد عالي من النوع القابس والتي لا يمكن نزعها إلا بوسيلة احتجاز تصلح لكافة الموصلات ثلاثية الطور*. يكون مفتاح فصل: قطع الحمل للجهد العالي متصلاً ميكانيكياً بمفتاح تأريض الجهد العالي بحيث لا يمكن غلق المفتاحين معاً، أي أن يحول غلق أحدهما دون غلق الآخر.

*أو قد يكون مزوداً بغطاء وقائي شائع فوق الموصلات الثلاثة.



الشكل رقم ج ٢٤: مثال لتعشيق محول جهد عالي/جهد منخفض

خطوات فصل وتأريض محول القدرة، ونزع توصيلات نهايات الجهد العالي من النوع القابس (أو الغطاء الوقائي)

- **الشروط المبدئية:**
  - غلق مفتاح قاطع / فاصل الحمل للجهد العالي وقاطع دائرة الجهد المنخفض،
  - مفتاح تأريض الجهد العالي معشق على وضع الفتح عن طريق المفتاح "O"،

- تقييد المفتاح " "Oفي قاطع دائرة الجهد المنخفض طالما كان قاطع الدائرة هذا مغلقاً،

■ **الخطوة رقم ١:**

- يتم فتح قاطع دائرة الجهد المنخفض وتعشيقه على وضع الفتح بواسطة المفتاح "."O
- يتم بعد ذلك تحرير المفتاح ". "O

■ **الخطوة رقم ٢ :**

- يتم فتح مفتاح الجهد العالي،
- يتم التأكد من أن لمبات بيان "سريان الجهد" قد أضاءت عند فتح مفتاح الجهد العالي،

■ **الخطوة رقم ٣ :**

- يتم تحرير مفتاح تأريض الجهد العالي بالمفتاح "O"وغلق مفتاح التأريض.
- المفتاح "O"يعتبر مقيداً الآن،

■ **الخطوة رقم ٤ :**

- يمكن حينئذ نزع لوحة الوصول إلى مصاهر الجهد العالي (أي تحريرها عن طريق غلق مفتاح تأريض الجهد العالي). المفتاح "S"موجود في تلك اللوحة ويكون مقيداً عند غلق مفتاح تأريض الجهد العالي،
- يتم إدارة المفتاح "S" لتعشيق مفتاح الجهد العالي في وضع الفتح،
- المفتاح "S" يعتبر متحرراً الآن،

■ **الخطوة رقم ٥:**

- يسمح المفتاح "S"بنزع وسيلة التعشيق لموصلات أطراف توصيل الجهد العالي من النوع القابس في المحول أو للغطاء الوقائي فوق أطراف التوصيل، حسبما تقتضي الحالة. في كلتا الحالتين فإن تعرية واحد أو أكثر من الموصلات سيؤدي إلى تقييد المفتاح "S"في وضع التعشيق.

تتمثل نتائج الخطوات السابقة في الآتي:

أ) تعشيق مفتاح الجهد العالي في وضع الفتح بواسطة المفتاح . "S"تقييد المفتاح "S"عند تعشيق أطراف توصيل المحول طالما كانت أطراف التوصيل عارية.

ب) يكون مفتاح تأريض الجهد العالي في وضع الغلق ولكنه غير معشق، أي يمكن فتحه أو غلقه. عند

إجراء أعمال الصيانة، تستخدم وسيلة قفل بشكل عام لتعشيق مفتاح التأريض على وضع الغلق، على أن يكون مفتاح القفل بحوزة المهندس المشرف على العمل.

جـ) تعشيق قاطع دائرة الجهد المنخفض بواسطة المفتاح "O"، والذي تم تقييده بمفتاح تأريض الجهد العالي المغلق.

بالتالي يكون المحول معزولاً ومؤرضاً بشكل آمن. وتجدر الإشارة إلى أن طرف التوصيل العلوي لمفتاح قطع الحمل قد يبقى مكهرباً خلال تلك الخطوات المشار إليها. وهذا يعود إلى ثلاثة أسباب وهي:

- أن تكون أطراف التوصيل المعنية موضوعة في حجيرة منفصلة ومن غير الممكن الوصول إليها في مجموعة المفاتيح ذات العلاقة،
- أن تكون الملامسات المفتوحة للمفتاح لها شبكة (حجاب) مؤرضة موضوعة بينها،
- أن يكون الغلاف الذي يحتوي على المفتاح مُشَكَّلاً من مادة عازلة ومملوءاً بغاز SF6 وملحوماً بحيث لا يمكن فتحه.

في الحالة العامة ستكون أطراف التوصيل العلوية لمثل هذا المتفاح (أو قاطع الدائرة) عارية داخل الحجيرة، وسيتم إدماج مفتاح تأريض يتم تعشيقه ميكانيكياً مع مفتاح وصل الخط. أو قد يكون من الضروري (حسب نوع مجموعة المفاتيح) فصل وتعشيق كابل تغذية الدخل عند طرفه الأقصى، قبل غلق مفتاح التأريض المحلي. إن أي مخطط تعشيق يتعلق بخطوط مشابهة لتلك التي تم توضيحها أعلاه، بحيث أن يتضمن خطوات وإجراءات ملائمة.

٤/١ عام

إن المحطة الفرعية الخاصة بالمستهلك والتي تحتوي على عدادات جهد منخفض تعتبر تركيبات كهربائية متصلة بنظام تغذية محلي بجهد إسمي من ١ كيلو فولت إلى ٣٥ كيلو فولت، وتتضمن محولاً فردياً جهد عالي/ جهد منخفض لا يتجاوز بشكل عام ١,٢٥٠ كيلو فولت.

الوظائف

المحطة الفرعية

كافة أجزاء المكونات الخاصة بالمحطة الفرعية يتم وضعها في غرفة واحدة، سواء كانت داخل مبنى أو ملحقه به من الخارج.

التوصيل بشبكة الجهد العالي

التوصيل بالجهد العالي يمكن أن يكون:

- إما عن طريق كابل خدمة فردي أو خط علوي،
- عن طريق مفتاحي قطع حمل متعاشقين ميكانيكياً مع كابليّ خدمة من وحدتي تغذية،
- عن طريق مفتاحي قطع حمل ذوا وحدة توصيل رئيسي حلقي.

المحول

حيث أن استخدام المحولات المملوءة بعديد كلوريد ثنائي الفينيل يعتبر محظوراً في معظم البلدان، فإن البدائل المتاحة المفضلة هي:

- المحولات الزيتية للمحطات الفرعية التي تقع خارج المواقع،
- المحولات الجافة ذات الراتينج المشكل بالفراغ للأماكن التي تقع داخل المواقع، كالمباني متعددة الطوابق والمباني المعدة لاستقبال الجمهور .. الخ.

القياس

إن القياس عند الجهد المنخفض يتيح استخدام محولات قياس صغيرة بتكلفة متوسطة. وتأخذ معظم أنظمة التعريفة خسائر المحولات في الاعتبار.

دوائر تركيبات الجهد المنخفض

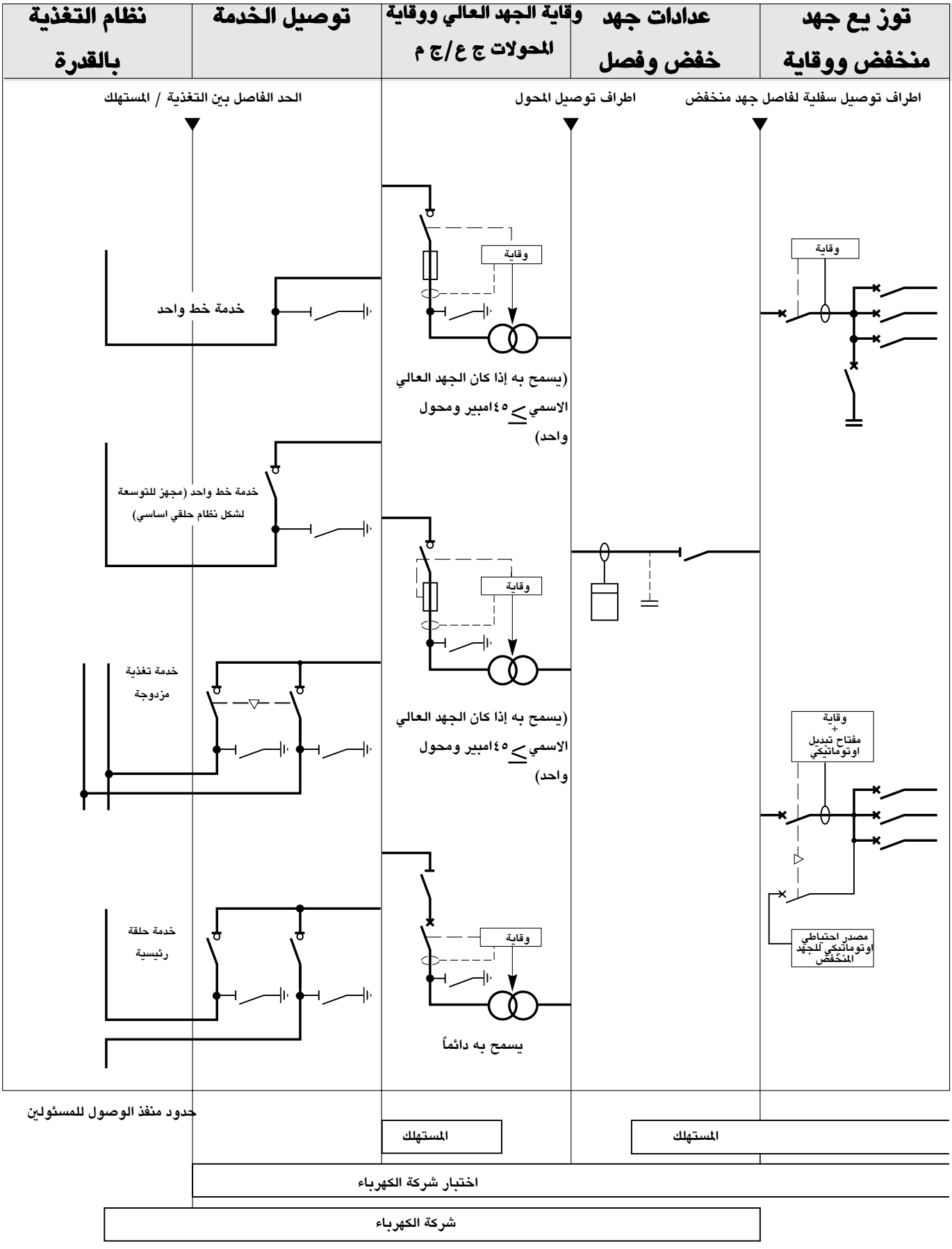
قاطع دائرة جهد منخفض ملائم لمهمة الفصل ذو ملامسات واضحة وخصائص إحكام بغرض :

- تغذية لوحة توزيع ،
- حماية المحول من الحمل الزائد وحماية الدوائر السفلية من أعطال قصر الدائرة.

المخططات ذات الخط الواحد

توضح المخططات في الصفحة التالية (الشكل رقم جـ٢٥) ما يلي :

- الطرق المختلفة لوصل خدمة الجهد العالي، والتي قد تكون أحد الأنواع الأربعة الآتية:
  - خدمة الدائرة الفردية،
  - الدائرة الفردية (للتغيير فيما بعد إلى خدمة الحلقي الرئيسي) ،
  - الخدمة المزدوجة (تعشيق ميكانيكي)،
  - خدمة الحلقي الرئيسي.
- الوظائف الوقائية للجهد العالي والتحول من الجهد العالي إلى الجهد المنخفض،
- عدادات الجهد المنخفض والوظائف العامة للفصل،
- الوظائف الوقائية والتوزيعية للجهد المنخفض،
- المناطق المتاحة للأطراف المعنية.



الشكل رقم ج٢٥ : محطة المستهلك الفرعية مع عدادات جهد منخفض

٢/٤ اختيار اللوحات

المواصفات القياسية والمواصفات الفنية

مجموعة المفاتيح الكهربائية والمعدات SF6 (سادس فلوريد الكبريت) الموضحة أدناه مقننة لأنظمة ١ كيلو فولت– ٢٤ كيلوفولت ومتطابقة مع المواصفات الدولية والوطنية التالية:

- دولية:

هـ د ك ٥٦–١، ١٢٩، ٢٦٥–١، ٢٩٨، ٦٩٤

- وطنية : فرنسية: UTE، EDF

بريطانية BS

المانية VDE

أمريكية ANSI

نوع المواد

جميع أنواع تنظيمات مجموعة المفاتيح الكهربية تكون ممكنة عند استخدام حجيرات لوحات تعديلية ، وتتحقق بسهولة تجهيزات لتوسعات تالية:

تستخدم بصفة خاصة المحطات الفرعية المدمجة ذات اللوحات التعديلية في الحالات التالية:

- المحطات الفرعية الرئيسية الحلقية (مجموعة ثلاثية الوظيفة أحادية الكتلة).
- الأحوال المناخية الشديدة القسوة أو عالية التلوث (العزل المتكامل).
- فراغ غير كافي لمجموعات المفاتيح الكهربائية "الكلاسيكية" تتميز معدات SF6-all بأبعادها المخفضة ووظائفها التكاملية ومرونتها التشغيلية.

السلامة التشغيلية لحجيرات اللوحات المغلفة بالمعدن

الوصف

تصف العبارات التالية لوحة مفتاح فصل حديثة لقطع الحمل (انظر شكل ج٢٦) تضم أحدث التطويرات وذلك لضمان :

- السلامة التشغيلية
- أقل متطلبات فراغ
- قابلية التوسعة والمرونة
- أقل متطلبات صيانة

كل لوحة تشتمل على ٤ وحدات (حجيرات):

- مجموعة مفاتيح كهربائية: مفتاح قطع الحمل مدمج في وحدة مملوءة SF6 ومحكمة الغلق (لفترة حياة الوحدة) بصمغ الإيوبكسي–راتينج.
- توصيلات: بالكابل عند الأطراف الواقعة على وحدة مفتاح قطع الحمل المغلقة.
- قضبان توصيل: تعديلية بحيث يمكن لأي عدد من اللوحات تجميعها جنباً إلى جنب لتشكل لوحة مفاتيح مستمرة.
- وحدة تحكم وبيان: تتسع لمعدات التحكم الأوتوماتيكي والترحيل. ويمكن تثبيت وحدة إضافية فوق الموجودة إذا لزم الأمر.

توصيلات الكابلات

تأتي توصيلات الكابل داخل حجيرة طرف الكابل في مقدمة الوحدة، ويمكن الوصول إليها بإزالة اللوح الأمامي للحجيرة.

توصل الوحدات كهربياً بواسطة أقسام سابقة الصنع من قضبان التوصيل. يتم التشييد في الموقع باتباع تعليمات التجميع.

يسهل تشغيل مجموعة المفاتيح الكهربائية بتجميع كل مفاتيح التحكم والبيان على لوحة تحكم في مقدمة كل وحدة.

تقوم تقنية وحدات مجموعات المفاتيح الكهربية هذه أساساً على السلامة التشغيلية وسهولة التركيب ومتطلبات الصيانة المنخفضة.

الشكل ج٢٦: وحدة (حجيرات) مفتاح فصل لقطع الحمل عالي الجهد بسادس فلوريد الكبريت.

حالة الفصل ظاهرة بوضوح

يلبي تماماً مفتاح قطع الحمل / الفصل متطلبات "الفصل الظاهر بوضوح" كما هي محددة في هـ د ك ١٢٩ بواسطة:

- مبين موضع يعكس بدقة حالة فتح الملامسات.
- حاجز معدني مؤرض معترضاً بين الملامسات المفتوحة

التعشيقات.

- لا يمكن إغلاق المفتاح مالم يكن مفتاح الأرضي مفتوحاً ولوحة الوصول إلى حجيرة أطراف الكابل× مغلقة.
- يمكن إغلاق مفتاح التأريض فقط إذا كان مفتاح قطع الحمل/الفصل مفتوحاً.
- يمكن فتح لوحة الوصول إلى حجيرة نهايات الكابل فقط إذا كان مفتاح التأريض مغلقاً.
- يكون مفتاح قطع الحمل /الفصل مثبتاً في وضع الفتح عندما تكون لوحة الوصول المذكورة أعلاه مفتوحة. وعندئذ يمكن تشغيل مفتاح التأريض.

*عند استخدام مصاهر الجهد العالي يكون موضعها في هذه الحجيرة.

بصرف النظر عن التعشيقات الوظيفية المذكورة أعلاه، تشتمل كل لوحة مجموعة مفاتيح على:

- تجهيزات قفل مبيته
- ٥ مجموعات ثقوب تثبيت مسبقة الحفر للإقفالات المعشقة المستقبلية المحتملة
- المناورات.
- مقابض التشغيل والأذرعة.. إلخ المطلوبة لمناورات الفتح والغلق مجمعة معاً على لوحة واضحة التصوير.
- جميع أذرعة غلق التشغيل متماثلة في جميع الوحدات (باستثناء الأذرعة التي تحتوي على قاطع دائرة).
- تشغيل الذراع الغالق يحتاج إلى جهد قليل جداً.
- بالإمكان فتح أو غلق مفتاح قطع حمل/فصل بواسطة ذراع أو زر ضغط للمفاتيح الكهربائية الأوتوماتيكية.

■ أحوال المفاتيح (مفتوحة – مغلقة– مشحونة بزنبرك) مبينة بوضوح

اختبار مقننات تحمل دائرة القصر

قصر الدائرة (ميجا فولت أمبير) (كيلو فولت)				من أجل جهود النظام الأسمي									ITH/1sec(1 ISC (2	ICL (3)
٣	٣,٣	٤,١٦	٥	٥,٥	٦	٦,٦	١٠	١١	١٣,٨	١٥	٢٠	٢٢	٣٣	(ك.أ) ج.م.م	(ك.أ) ذروي
٦٥	٧٠	٩٠	١١٠	١٢٠	١٣٠	١٤٥	٢١٥	٢٤٠	٣٠٠	٣٢٥	٤٣٥	٤٧٥	٧١٥	١٢,٥	٣١,٥
٧٥	٨٥	١٠٥	١٢٥	١٣٥	١٥٠	١٦٥	٢٥٠	٢٧٥	٣٤٥	٣٧٥	٥٠٠	٥٥٠	٨٢٥	١٤,٤	٣٦,٥
٨٥	٩٠	١١٥	١٤٠	١٥٠	١٦٥	١٨٥	٢٨٠	٣٠٥	٣٨٥	٤١٥	٥٥٥	٦١٠	٩١٥	١٦	٤٠
١١٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠	٢٠٠	٢٢٠	٢٤٠	٣٦٥	٤٠٠	٥٠٠	٥٤٥				٢٠	٥٠
١٣٥	١٥٠	١٩٠	٢٣٠	٢٥٠	٢٧٥	٣٠٠	٤٥٥	٥٠٠						٢٥	٦٢,٥
١٦٥	١٨٠	٢٢٧	٢٧٥	٣٠٠	٣٣٠	٣٦٠								٣١,٥	٧٩

الجدول رقم ج ٢٧: قصر الدائرة القياسي بالميجافولت أمبير ومقننات التيار عند مستويات مختلفة للجهد الإسمي.

(١) : ITH تيار التحمل الحراري لمدة ١ ثانية

(٢): ISC تيار قصر الدائرة

(٣): ICL تيار الغلق المقنن الذروي

٣/٤ اختيار لوحة مجموعة مفاتيح الجهد العالي لدائرة المحول

يوجد عموماً ٣ أنواع من ألواح مجموعة مفاتيح الجهد العالي:

■ مفتاح قطع الحمل ومصاهر الجهد العالي المستقلة في اللوحة.

■ توليفة مفتاح قطع الحمل/ مصهرات الجهد العالي.

■ قاطع دائرة

تؤثر سبعة متغيرات على الاختيار الأمثل وهي:

■ التيار الابتدائي للمحول

■ الوسط العازل للمحول

■ موضع المحطة الفرعية بالنسبة لمركز الحمل

■ مقنن (ك ف أ) للمحول

■ المسافة بين مجموعة المفاتيح والمحول

■ استخدام مرحلات وقاية مستقلة (كمقابل لملفات فصل سريعة التأثير)

ملحوظة: تحتوي المصهرات المستعملة في توليفة قطع الحمل/ مفتاح– مصهر على بنانات ضاربة تضمن اعتاق المفتاح ثلاثي القطب عند تشعيل مصهر واحد أو أكثر.

٤/٤ اختيار محول الجهد العالي / الجهد المنخفض ج ع / ج م

يتميز المحول من ناحية بمقاديره الكهربية وأيضاً بتقنينه وشروط استخدامه.

يتم اختيار القدرة المقننة للمحول حسب أقصى قوة ظاهرة كما هو محدد في ب ٤/٦ .

المقادير الخاصة للمحول

يتميز المحول من ناحية بمقاديره الكهربية وأيضاً بتقنينه وشروط استخدامه.

الخصائص الكهربية :

قوة مقننة :(Pn)القوة الظاهرة المعتادة بـ ك ف أ التي يقوم على أساسها قيم التصميم الأخرى والتكوين الانشائي للمحول.

وترجع اختبارات التصنيع والضمانات لهذا المقنن.

- التردد: بالنسبة لأنظمة توزيع القدرة من النوع المعروض في هذا الدليل ، يكون التردد ٥٠ هيرتز أو ٦٠ هيرتز.
- الجهود الابتدائية والثانوية المقننة: بالنسبة للملف الابتدائي القادر على التشغيل عند أكثر من مستوى جهد واحد، يجب إعطاء مقنن ك ف أ مناظر لكل مستوى.

الجهد المقنن الثانوي هو قيمة دائرته المفتوحة.

- مستويات العزل المقننة نحصل عليها من:

قيم اختبار تحمل الجهد الزائد عند تردد القدرة ومن الاختبارات النبضية للجهد العالي والتي تشبه تفريغات الصاعقة. وعند مستويات الجهد المذكورة في هذا الدليل، فإن الجهود الزائدة الناتجة عن عمليات فتح وغلق الجهد العالي عموماً تكون أقل شدة من العمليات التي تسببها الصاعقة ولذلك لا يتم عمل اختبارات منفصلة لقدرة تحمل تمور الفتح والغلق.

تقوم مواصفات هـ د ك بتعريف مقنن (القدرة – التردد) الجهد و "أعلى جهد للجهاز" بنفس العبارة بالضبط كما هو مذكور في البند الفرعي ١/١ من هذا الفصل .

- مفتاح اختيار – تفريعة الدائرة: عموماً يسمح باختبار حتى مستوى ± ٢,٥٪ و ± ٥٪ حول الجهد المقنن لأعلى جهد للملف. يجب فصل الطاقة عن المحول قبل تشغيل هذا المفتاح، ولكن مغيرات التفريعه عند اللاحمل تكون متاحة (مثلاً ± ١٢,٥٪ عندما تتطلب الظروف ذلك:

- أشكال الملف: موضحة في شكل تخطيطي برموز قياسية للفات على هيئة نجمة ودلتا ونجمة مترابطة (وتوليفات منها لخدمة خاصة، مثلاً المحولات المقومة للتيار ذات ٦ أو ١٢ طور إلخ) وفي الكود الرقمي الحرفي الموصى به من هـ د ك . يقرأ هذا الكود من اليسار إلى اليمين، يشير الحرف الأول إلى ملف أعلى جهد، والحرف الثاني إلى ملف الجهد الأعلى الذي يليه وهكذا،
- تشير الحروف الكبيرة إلى ملف أعلى جهد

D = دلتا (مثلثي)

Y = نجمي

Z = نجمي ترابطي

N= وصلة محايدة خارجة إلى طرف

- تستخدم الحروف الصغيرة للملفات الثلاثية والثنائية

d= دلتا (مثلثي)

y= نجمي

z= نجمي ترابطي

n= وصلة محايدة خارجة إلى طرف

- الأعداد من صفر إلى ١١ المناظرة للأعداد الموجودة على ميناء ساعة (يستخدم الصفر بدلاً من العدد ١٢) يليها أي زوج من الأحرف للإشارة إلى تغير الطور (إن وجد) الذي يحدث أثناء التحويل. وإن وجد طرف محايد فيظهر الرقم بعد (N) أو (n) .

ومن الأشكال الشائعة جداً في اللف المستخدمة لمحولات التوزيع محول Dyn 11ذو الملف دلتا عالي الجهد مع ملف ثانوي نجمي مترابط تنتهي نقطته المحايدة في صورة طرف. يكون تغير الطور عبر المحول + ٣٠ درجة أي الجهد الثانوي للطور ١ يكون عند "الساعة ١١" عندما يكون الطور ١ من الجهد الابتدائي عند "الساعة ١٢" كما هو موضح في شكل ج ,٣٦ جميع توليفات ملفات دلتا ونجمة ومتعرج ينتج عنها تغير طور يكون (إذا لم يكن صفراً) ٣٠ درجة أو أحد مضاعفات ٣٠ درجة. المواصفة القياسية هـ د ك ٧٦-٤ تصف بالتفصيل "كود الساعة".

الخصائص المتعلقة بتقنية واستخدام المحول.

هذه القائمة ليست شاملة:

- اختيار التقنية

وسط العزل هو:

- سائل (زيت معدني) أو
- صلد (راتينج إيبوكس وهواء)
- للتركيب الداخلي أو الخارجي
- الارتفاع عن مستوى سطح البحر (≤ 1000 متر هو القياسي)
- درجة الحرارة (هـ د ك ٧٦-٤)
- أقصى هواء محيط: ٤٠°س
- أقصى متوسط يومي للهواء المحيط: ٣٠°س.
- أقصى متوسط سنوي للهواء المحيط : ٢٠°س.

بالنسبة لظروف التشغيل غير القياسية ، يرجع إلى ج/١/١ لتأثير درجة الحرارة المحيطة والارتفاع عن مستوى سطح البحر على التيار المقنن .

وصف أساليب العزل

يوجد صنفان أساسيان من محولات التوزيع متوافران حالياً هما:

- النوع الجاف (مصبوب في راتنج)
- النوع المملوء بالسائل (مغمور في الزيت)

محولات النوع الجاف

ملفات هذه المحولات معزولة بقالب راتنج مصبوب تحت تفريغ (براءة اختراع مسجلة للصانعين الرئيسيين)

يوصى باختيار المحول وفقاً لوثائق مواصفات اللجنة الأوربية للتقييس الكهربي رقم HD46451على النحو التالي:

- فئة البيئة هـ٢ (تكاثف متكرر و/أو مستوى تلوث مرتفع)
- درجة أحوال مناخية ج٢ (الاستخدام والنقل والتخزين حتى -٢٥°س كحد أدنى).
- مقاومة الحريق (المحولات المعرضة لخطر الحريق ولها قابلية اشتعال منخفضة وإطفاء ذاتي في زمن معين).

ويشير الوصف التالي للعملية التي طورًها صانع أوربي كبير في هذا المجال:

يستخدم في تغليف الملف ثلاثة مكونات:

- راتنج إيبوكس يقوم على فينول ثنائي (أ) بلزوجة تضمن نقع كامل للملفات.
- مادة تقسية لا مائية معدلة لتعطي درجة مرونة في القالب ، ضرورية لتجنب تكوين شقوق أثناء دورات درجة الحرارة التي تحدث في التشغيل العادي.
- مادة pulverulentمضافة سهلة التفتت مكونة من ألومنيا ثلاثية التميؤ AI (OH)3 وسيلكا تعمل على تقوية خصائصها الميكانيكية والحرارية وتعطي خصائص أصلية استثنائية للعزل في وجود الحرارة.

نظام التغليف ثلاثي المكونات هذا يعطي عزلا من الفئة (و)(ΔӨ= 100 (كلفن) ذا خصائص تمتاز بمقاومة الحريق وإطفاء ذاتي فوري. لذا تصنف هذه المحولات بأنها غير قابلة للاشتعال.

لا تحتوي قوالب الملفات مركبات هالوجين (الكلور والبروم، إلخ) أو المركبات الأخرى القادرة على انتاج ملوثات أكّالة أو سامة وبذلك نضمن درجة سلامة عالية للأفراد في المواقف الطارئة وأساساً في حالة الحريق.

وتعمل أيضاً جيد بدرجة فائقة في الأجواء الصناعية غير الودية من الغبار والرطوبة إلخ. انظر شكل ج,٢٨

المحولات المملوءة بالسائل

إن الزيت المعدني هو أكثر السوائل العازلة/ المبردة استخداماً في المحولات.

الزيوت المعدنية موضحة في المواصفة .IEC 296 ولأن هذه الزيوت قابلة للاشتعال، فإن اجراءات السلامة إجبارية في كثير من الدول وخصوصاً في المحطات الفرعية داخل المباني. إن وحدات DGPT للكشف عن الغاز والضغط والحرارة تضمن حماية المحولات المملوءة بالزيت.

في حالة حدوث شيء غير طبيعي، تقطع وحدة كشف الغاز والضغط والحرارة إمداد الجهد العالي بسرعة جداً قبل أن يصبح الموقف خطيراً.

إن الزيوت المعدنية تنحل حيوياً ولا تحوي فينيل ثنائي عديد الكلورة الذي كان السبب في حظر الاسكيرال أي البيرالين والبيروليو والبيرولين.. وعند الطلب، يمكن إبداله بالزيت المعدني سائل عازل بديل بتهيئة المحول حسب اللازم واتخاذ احتياطات إضافية مناسبة إذا لزم الأمر.

إن السائل العازل يعمل أيضاً كعامل تبريد، إنه يتحدد مع زيادة الحمل و/أو درجة الحرارة المحيطة، ولذا يجب تصميم المحولات المملوءة بالسائل لتتسع للحجم الإضافي من السائل دون زيادة الضغط في الخزان.

شكل ج٢٨: محول من النوع الجاف

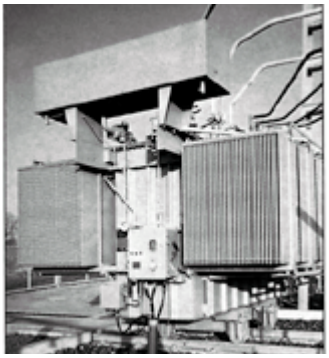
توجد طريقتان شائعتان يكون فيهما هذا الضغط محدداً (مقيداً)

- **خزان محكم الغلق ومملوء تماماً (حتى ١٠ ميجافولت أمبير في الوقت الحالي).**

اخترع هذه الطريقة صانع فرنسي كبير في عام ١٩٦٣، واعتمدتها هيئة الكهرباء الوطنية في عام ١٩٧٢ والآن تعمل في أنحاء العالم.

وتتم معادلة تمدد السائل بالانبعاج المرن لممرات تبريد الزيت الملتصقة بالخزان.

شكل ج٢٩: خزان محكم الغلق ومملوء تماماً



شكل ج٣٠: خزان نفاس للهواء من النوع المزود بوسيلة حفظ عند الضغط الجوي.

لأسلوب "الملء الكامل" مميزات هامة كثيرة على الطرق الأخرى:

- ☐ الاعاقة التامة لأكسدة سائل العزل الكهربائي (بالاكسيجين الجوي)
- ☐ لا حاجة لجهاز تجفيف هواء وبذلك لا توجد صيانة تالية (فحص وتغيير المجفف المشبع).
- ☐ لا حاجة لاختبار متانة العزل الكهربائي للسائل لمدة ١٠ سنوات على الأقل .
- ☐ إمكانية الوقاية البسيطة ضد الأعطال الداخلية بواسطة وحدة الكشف عن الغاز والضغط والحرارة.
- ☐ سهولة التركيب: شكل أخف واخفض (من الخزانات ذات الحافظ) ووصول غير معاق إلى أطراف الجهد العالي والجهد المنخفض.
- ☐ كشف فوري عن تسربات الزيت (حتى الصغيرة منها) ولا يمكن للماء دخول الخزان.

■ خزان نفاس للهواء من النوع الصائن عند الضغط الجوي

يستوعب التمدد في سائل العزل بتغيير في مستوى السائل في خزان (حفاظة) التمدد، المثبت فوق الخزان الرئيسي للمحول كما هو موضح في شكل ج,٣٠ بالإمكان ملء الفراغ أعلى السائل في الحافظة بالهواء المسحوب عند انخفاض مستوى السائل ويطرد الهواء جزئياً عند ارتفاع المستوى. عند سحب الهواء من الجو المحيط، يدخل خلال مانع تسرب زيت قبل اجتياز جهاز تجفيف (عموماً يحتوي على بلورات سيليكا-جل) قبل دخول الحافظة. في بعض تصاميم المحولات الأكبر يحتل الفراغ أعلى الزيت كيس هواء غير منفذ كي لا يتصل سائل العزل بالجو أبداً. يدخل ويخرج الهواء من الكيس القابل للتعدل من خلال مانع تسرب زيت ومجفف حسبما أوضح سابقاً. إن الخزان الحافظ للتمدد ضروري للمحولات المقننة أعلى من ١٠ ميجا فولت أمبير (وهو حالياً الحد الأعلى للمحولات من النوع المملوء بالكامل).

اختيار التقنية

حسبما ذكرنا أعلاه، فإن اختيار المحول يكون بين النوع المملوء بالسائل والنوع الجاف.

بالنسبة للمقننات حتى ١٠ م ف أ فإن الوحدات كاملة الملئ تمثل بديلاً للمحولات من النوع المزود بحافظ. يعتمد الاختيار على عدة اعتبارات تشمل:.

- ■ سلامة الأشخاص القريبين من المحول. يجب مراعاة النظم المحلية والتوصيات الرسمية.
- ■ الاعتبارات الاقتصادية التي تأخذ بالمميزات النسبية لكل أسلوب

النظم التي تؤثر في الاختيار

- ■ محول من النوع الجاف
  - ☐ في بعض الدول يكون المحول من النوع الجاف إجبارياً في العمارات المرتفعة.
  - ☐ لا تفرض المحولات من النوع الجاف قيوداً في المواقف الأخرى.
- ■ المحولات ذات العزل السائل
  - ☐ هذا النوع من المحولات ممنوع عموماً في العمارات المرتفعة.
  - ☐ بالنسبة للأنواع المختلفة من سوائل العزل فإن قيود التركيب أو الحد الأدنى للحماية ضد مخاطر الحريق تختلف حسب درجة العزل المستخدم.
- ■ بعض الدول التي تطور جداً فيها استعمال العوازل الكهربائية السائلة، تصنف الفئات العديدة للسائل حسب أداؤها ضد الحريق. ويتم تقويم أداء الحريق حسب معيارين هما:

درجة حرارة نقطة الوميض والقدرة الحرارية الدنيا. والأصناف الرئيسية موضحة في الجدول ج٣ الذي يستخدم فيه كود التصنيف للتسهيل.

الكو د	سائل العزل الكهربائي	نقطة الوميض (أس)	القدرة الحرارية الدنيا (MJ/Kg)
O1	زيت معدني	٣٠٠ <	–
K1	هيدروكربونات عالية الكثافة	٣٠٠ <	٤٨
K2	استرات	٣٠٠ <	٣٤ – ٣٧
K3	سيليكونات	٣٠٠ <	٢٧ – ٢٨
L3	سوائل هالوجينية عازلة	–	١٢

جدول ج ٣١: أصناف سوائل العزل الكهربائي

توجد مواصفات وطنية تحدد شروط تركيب المحولات المملوءة بالسائل. لم يتم عمل مواصفة مماثلة لمواصفة IEC حتى الآن.

تهدف المواصفة الوطنية إلى ضمان سلامة الأشخاص والممتلكات وتوصي أساساً بالحد الأدنى من الإجراءات المطلوب اتخاذها ضد خطر الحريق. الاحتياطات الرئيسية المطلوب مراعاتها موضحة في الجدول ج٣٢ .

- بالنسبة للعوازل الكهربائية السائلة من الدرجة L3 لا توجد إجراءات خاصة لاتخاذها.
- بالنسبة للعوازل الكهربية من درجة O1 و K1 تنطبق الإجراءات الموضحة فقط إذا كان في المحول أكثر من ٢٥ لتر من السائل العازل.
- بالنسبة للعوازل الكهربية من درجة K2 و K3 تنطبق الإجراءات الموضحة فقط إذا كان في المحول أكثر من ٥٠ لتر من السائل العازل.

درجة السائل العازل كهربياً	عدد اللترات التي فوقها يجب اتخاذ التدابير	الموقع				
		غرفة أو مساحة محاطة مقصورة على الأفراد المؤهلين والمسموح لهم ومفصولة عن أي مبنى آخر بمسافة D		محجوزة للأفراد المدربين ومعزولة عن مناطق العمل بجدران مانعة للحريق (مقننة بساعتين).		الغرف أو مواقع أخرى (ب)
		D < ٨ م	٤م < D < ٨م	لا فتحات	بفتحات (بفتحة)	
				D < ٤م (أ) في اتجاه المساحات المشغولة		
O1 K1	٢٥	لا توجد تدابير خاصة	إدخال ساتر مانع للحريق (مقننة لساعة واحدة)	جدار مانع للحريق (مقنن بساعتين) مقابل المبنى الملاصق	التدابير (١+٢) أو ٣ أو ٤	التدابير (١+٢+٥) أو ٣ أو (٤ + ٥)	التدابير (١أ + ٢ + ٤)(ج) أو ٣
K2 K3	٥٠	لا توجد إجراءات خاصة		إدخال ساتر مانع للحريق (مقنن بساعة واحدة)	لا توجد تدابير خاصة	التدابير ١ أ أو ٣ أو ٤	التدابير ١ أو٣ أو٤
L3		لا توجد إجراءات خاصة					

جدول ح ٣٢: إجراءات السلامة الموصى بها في التركيبات الكهربائية باستخدام سوائل عزل كهربي من الدرجات O1 أو K1 أو K2 أو K3

الإجراء ١: ترتيبات بحيث إذا إنفلت العازل الكهربي من المحول، يمكن احتوائه بالكامل (في بالوعة تجميع سفلى أو بعقبات حول المحول وباغلاق قنوات الكوابل ومجاريها وهكذا أثناء التشييد).

الإجراء ١أ: إضافة إلى الإجراء ١، يتم عمل ترتيب بحيث أنه في حالة اشتعال السائل لن توجد إمكانية لانتشار الحريق (يجب نقل أي مادة قابلة للاحتراق إلى مسافة ٤م على الأقل من المحول أو مترين على الأقل منه إذا تم إدخال ساتر مانع للحريق (مقنن بساعة) في الجدار البيني) .

الإجراء ٢: يتم عمل الترتيبات بحيث ينطفيء السائل المحترق بسرعة وبصورة طبيعية (بتوفير طبقة حصوية سفلية في بالوعة احتواء).

الإجراء ٣: إذا ظهر الغاز في خزان المحول، يوجد جهاز تلقائي (كاشف الغاز والضغط والحرارة DGPTأو بوكهولز Buchholzلقطع منبع القدرة الابتدائية وإعطاء إنذار تنبيه.

الإجراء ٤: أجهزة كشف حريق أوتوماتيكية على مسافة قريبة من المحول لقطع منبع القدرة الابتدائي وإعطاء إنذار تنبيه.

الإجراء ٥: الإغلاق التلقائي بألواح مقاومة للنار (مقننة بنصف ساعة كحد أدنى) لجميع الفتحات (شبك التهوية ... إلخ) في الجدران وسقف المحطة الفرعية.

ملاحظات:

(أ) لا يعتبر الباب المقاوم للحريق (المقنن بساعتين) فتحة.

(ب) غرفة المحول الملاصقة لورشة ومنفصلة عنها بجدران خصائصها المقاومة للحريق غير مقننة لمدة ساعتين .

المساحات الواقعة وسط الورش توضع المواد (أو لا توضع) في حاوية واقية.

(ج) لا يمكن الاستغناء عن حصر المعدات في غرفة تكون جدرانها صلدة وتكون فتحاتها فقط هي تلك الضرورية لأغراض التهوية.

تعيين القدرة المثالية

ينتج عن زيادة حجم محول :

- استثمار مالي مفرط وفواقد عدم تحميل عالية ولا ضرورة لها .
- فواقد تحميل منخفضة.

صغر حجم محول يسبب :

- كفاءة منخفضة عند الحمل الكامل(يتم الحصول على أعلى كفاءة في مدى ٥٠٪-٧٠٪ من الحمل الكامل) وبهذا لا نصل إلى الحمل المثالي.
- عند التحميل الزائد على المدى الطويل تحدث عواقب خطيرة على:
  - المحول، بسبب التقادم المبكر لعزل الملفات، وفي الحالات القصوى ينتج فشل العزل وفقدان المحول.
  - العزل، إذا أدى التسخين الزائد للمحول إلى قيام المرحلات الوقائية بفصل قاطع الدائرة الخاص بالتحكم.

تعريف القدرة المثالية

كي يتم اختيار مقنن قدرة مثالية (ك ف أ) لمحول، يجب الأخذ في الاعتبار العوامل التالية:

- حصر قدرة المعدات المستهلكة للقدرة المركبة كما هو موضح في الفصل (ب).
- تحديد عامل الاستهلاك (أو الطلب) لكل بند مفرد للحمل.
- تحديد دائرة حمل المنشأة مع مراعاة فترات الأحمال والأحمال الزائدة.
- ترتيب لتصحيح معامل القدرة– إذا كان لازماً – وذلك بغرض:
  - تقليل الغرامات المالية في الرسوم التي تعتمد جزئياً على مقدار ك ف أ الأقصى المطلوب.
  - تقليل قيمة الحمل المعلن P (KVA)=P(KW)/cos
- الاختيار في نطاق المقننات القياسية المتاحة للمحول آخذين في الاعتبار جميع التوسعات المستقبلية المحتملة للمنشأة.

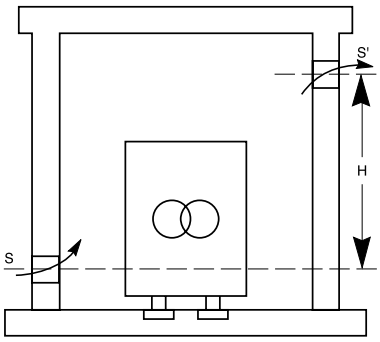
من المهم التأكد من أن تجهيزات التبريد للمحول ملائمة.

يتم تهوية الغرفة بالحمل الطبيعي أو بالتهوية الإجبارية.

فتحات التهوية

في الحالة العامة للتبريد بالدوران الطبيعي للهواء (AN)، يتم الإعداد بحيث تزيل تهوية الغرفة الحرارة (الناتجة عن الفواقد في المحول) بالحمل الطبيعي.

يسمح نظام التهوية الجيد للهواء البارد بالدخول خلال فتحة ذات مساحة قطاعية (S) بمستوى الأرض وبالخروج من الغرف خلال فتحة ذات مساحة قطاعية (S)على الجدار المقابل لجدار دخول الهواء وعلى ارتفاع (H) أعلى فتحة الهواء الداخل كما هو موضح في شكل ج٣٣.



شكل ج٣٣: التهوية الطبيعية

من المهم ملاحظة أن أي تقييد للسريان الحر لحجم كافي من الهواء سيؤدي إلى انخفاض في القدرة المتاحة من المحول، إذا لم يتم تجاوز حد درجة الحرارة المقننة.

التهوية الطبيعية

معادلتا حساب المساحة المقطعية لفتحات التهوية على النحو التالي:

$$S = 0.18\ P/\sqrt{H}$$
$$S' = 1.1\ S$$

حيث:

P= مجموعة فواقد اللاحمل وفواقد الحمل الكامل بالكيلووات

S= المساحة المقطعية لفتحة الهواء الداخل بالميلمتر المربع (مساحة القضبان أو الشبكة يتم خصمها).

S'= المساحة المقطعية لفتحة الهواء الخارج بالمليمتر المربع (تخصم مساحة القضبان أو الشبكة).

H= الارتفاع (من المركز إلى المركز) لفتحة الهواء الخارج عن فتحة الهواء الداخل أدناها بالمتر .

والمعادلتان صالحتان للتطبيق مع متوسط درجة حرارة محيطة ٢٠س وحتى ارتفاع ١٠٠٠ متر .

التهوية الاجبارية

التهوية الآلية (مثال ذلك باستخدام مروحة كهربية) للغرفة ضرورية لدرجات الحرارة المحيطة التي تزيد على ٢٠س أو إذا كانت الغرفة سيئة التهوية أو إذا تكرر الحمل الزائد على المحول وهكذا..

ويمكن التحكم في المروحة بثرموستات.

ويكون معدل سريان الهواء بالمتر المكعب في الثانية عند ٢٠س هو:

- المحول المملوء تماماً: 0.08P
- المحول من النوع الجاف من الفئة F: 0.05P

حيث P = إجمالي الفقد بالكيلووات

٥- المحطة الفرعية للمستهلك المزودة بعدادات جهد عالي

٥/١ عام

محطة المستهلك الفرعية ذات عدادات قياس جهد عالي منشأة كهربائية موصلة بنظام تغذية عمومي بجهد إسمي يتراوح بين ١ ك.ف – ٣٥ ك ف وتتضمن عموماً محول ج ع/ ج م يتجاوز ١٢٥٠ ك ف أ أو عدة محولات أصغر.

ولا يزيد التيار المقنن لمجموعة مفاتيح الجهد العالي عادة على ٤٠٠ أمبير.

الوظائف

المحطة الفرعية

حسب تركيبة المنشأة وأسلوب تقسيم الحمل تكون المحطة الفرعية على النحو التالي:

- قد تشتمل على غرفة واحدة تحوي لوحة مفاتيح الجهد العالي ولوحة (لوحات) القياس مع المحول (المحولات) ولوحات التوزيع الرئيسية للجهد المنخفض.
- أو قد تغذي غرفة محول أو أكثر تشمل لوحات توزيع محلية للجهد المنخفض مغذاه بجهد عالي من لوحة مفاتيح في محطة فرعية رئيسية مماثلة للموضحة أعلاه.

هذه المحطات الفرعية يمكن تركيبها إما

- داخل مبنى أو
- خارج المبنى في إنشاءات سابقة التجهيز

التوصيل بشبكة الجهد العالي

التوصيل بالجهد العالي يمكن أن يكون:

- إما بكابل خدمة مفرد أو خط النقل الهوائي، أو
- عن طريق مفتاحي قطع حمل متشابكين ميكانيكياً مع كابلي خدمة من أثنين من المغذيات، أو
- عن طريق أثنين من مفاتيح قطع الحمل من وحدة توزيع رئيسية حلقية.

القياس

قبل بدء مشروع التركيب، يجب الحصول على موافقة شركة الكهرباء بشأن تجهيزات القياس.

يتم إدخال لوحة قياس في لوحة مفاتيح الجهد العالي.

ويمكن إدخال محولات جهد ومحولات تيار ذات دقة القياس اللازمة في لوحة قاطع الدائرة الداخلة الرئيسية أو (في حالة محول الجهد) يمكن تركيبها منفصلة في لوحة القياس.

غرف المحول

إذا كانت المنشأة تحتوي على عدة غرف للمحولات، فإن مغذيات الجهد العالي من المحطة الفرعية الرئيسية يمكن أن يكون بمغذيات نصف قطرية بسيطة، موصلة مباشرة بالمحولات، أو بمغذيات مزدوجة لكل غرفة أو بوحدة توزيع رئيسية حلقية طبقاً لدرجة أمان التغذية المطلوبة وفي الحالتين الأخيرتين، يكون مطلوباً ثلاثة لوحات لوحدات رئيسية حلقية لكل غرفة محول.

مولدات الطواريء المحلية

الغرض من مولدات الطواريء الاحتياطية هو الاحتفاظ باستمرار ورود القدرة للأحمال في حالة عطل نظام التغذية بالقدرة.

المكثفات

يتم تركيب المكثفات حسب الحاجة:

- في مجموعات جهد عالي مدرجة بالمحطة الفرعية الرئيسية أو
- عند الجهد المنخفض في غرف المحولات

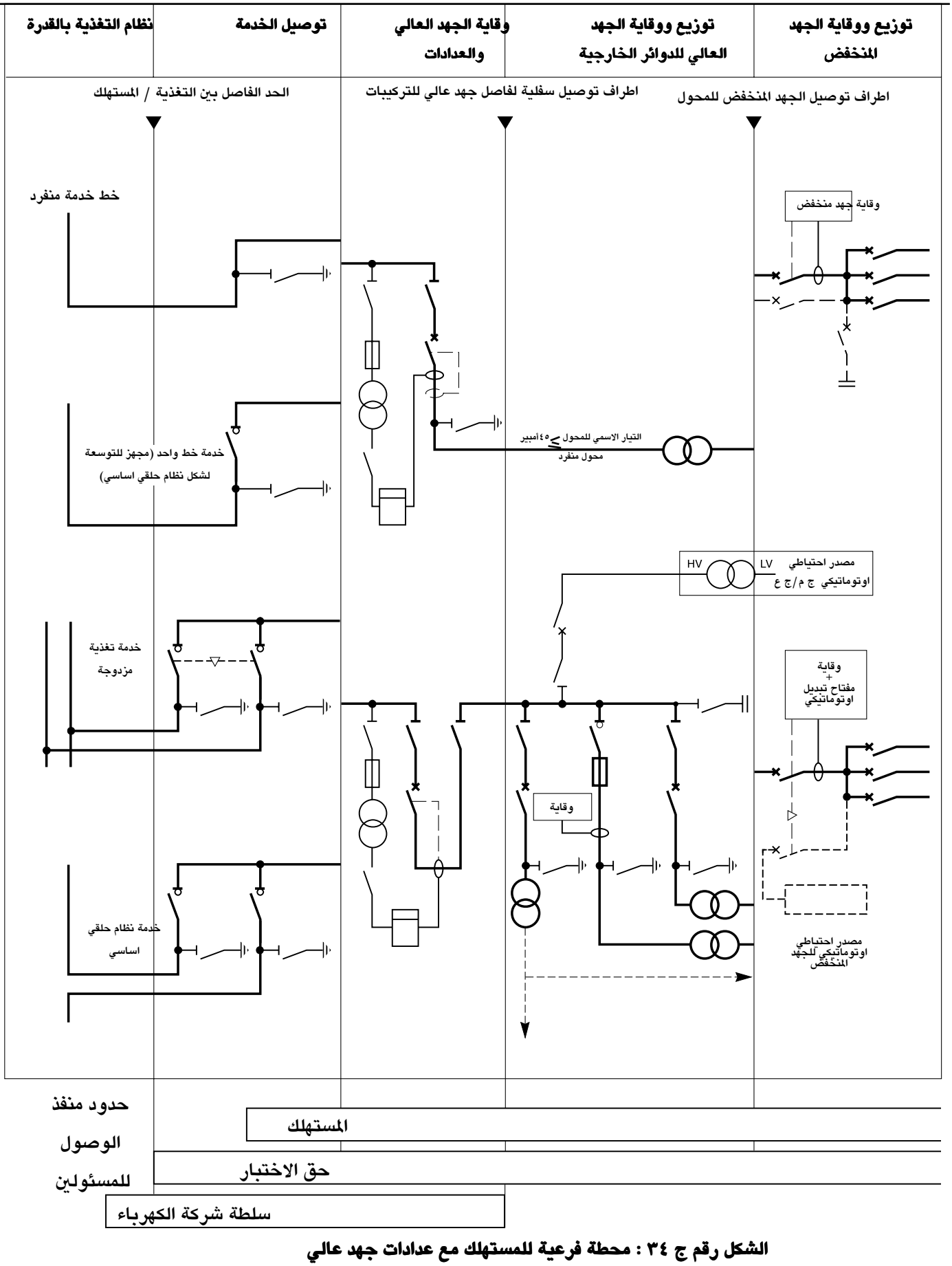
المحولات

لأسباب خاصة بسلامة التغذية، يمكن ترتيب المحولات للتشغيل بالتحويل التلقائي أو للتشغيل المتوازي .

المخططات ذات الخط الواحد

تمثل المخططات الموضحة في شكل ج٣٤ ما يلي:

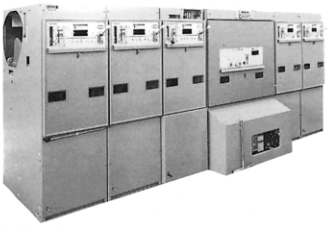
- ■ الطرق المختلفة لتوصيلة خدمة جهد عالي والتي يمكن أن تكون أحد ٤ أنواع:
  - □ خدمة دائرة مفردة
  - □ دائرة مفردة (للتغيير المستقبلي إلى خدمة التوزيع الرئيسية الحلقية).
  - □ الخدمة المزدوجة (المتعاشقة ميكانيكياً)
  - □ خدمة التوزيع الرئيسية الحلقية
- ■ الحماية العامة عند الجهد العالي ووظائف قياس الجهد العالي
- ■ وحماية دوائر الجهد العالي الخارجة
- ■ وحماية دوائر توزيع الجهد المنخفض.



الشكل رقم ج ٣٤ : محطة فرعية للمستهلك مع عدادات جهد عالي

٢/٥ اختيار اللوحات

تشمل المحطة الفرعية المزودة بأجهزة قياس (عدادات) جهد عالي بالإضافة إلى اللوحات الموضحة بالبند ٢/٤، على لوحات مصممة خصيصاً لأجهزة القياس، وإذا كان مطلوباً، تكون أيضاً للتغير التلقائي أو اليدوي من مصدر إلى آخر.

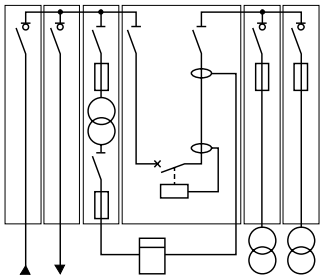


القياس والوقاية العامة

يتم تحقيق هاتين الوظيفتين باشتراك لوحتين:

- لوحة تحتوي على محول جهد.(VT)
- لوحة قاطع الدائرة الرئيسي للجهد العالي والذي يحتوي على محولات التيار(CTs)للقياس والوقاية.

تكون الوقاية العام دائماً ضد التيار الزائد (حمل زائد ودائرة قصر) وأعطال أرضية. يستخدم المخططون مرحلات وقائية محكمة الاغلاق بواسطة شركة الكهرباء.



الشكل رقم ج ٣٥: ترتيب نموذجي للوحات قطع وفصل ذات عدادات جهد عالٍ.

مخططات تبديل التغذية بالقدرة

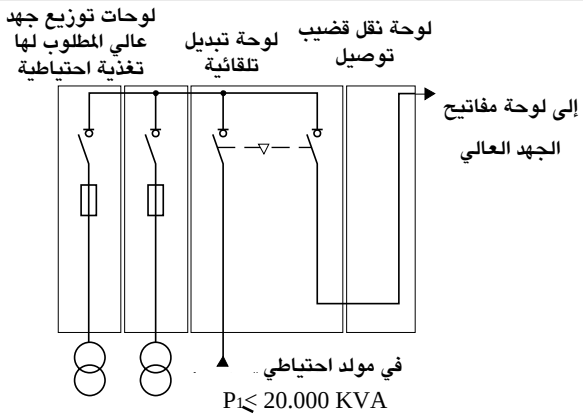
توصي بعض المواصفات القياسية الوطنية بوقاية إضافية عندما تشتمل التركيبات على وسيلة تعديل تلقائي للطوارئ على المولد المحلي. وتنص تلك المواصفات على أن تشغيل المحطة الاحتياطية يجب ألا ينتج عنه اضطراب على شبكة التغذية بالقدرة. وبعيداً عن الأجهزة الوقائية المخصصة لوقاية المولد، فإن هذا يعني ما يلي:

- إما أن يقوم مخطط الترابط بمنع أي إمكانية لحدوث تشغيل على التوازي للمولد مع نظام التغذية، أو
- استخدام مخطط فصل – تقارن تلقائي مناسب وموافق عليه من شركة الكهرباء والذي يعمل على فصل قاطع الدائرة المتوازي في حالة حدوث دائرة قصر، أو أي شذوذ آخر يحدث على نظام التغذية بالقدرة أو على التركيبات.

في الحالة الثانية، فإن أمر الفصل إلى قاطع الدائرة الخاص بفصل التقارن يجب أن يعمل بشكل يعتمد عليه للوقاية من هبوط الجهد والقدرة العكسية.

يتم ضبط مرحلات الوقاية بواسطة شركة الكهرباء، كما يتم احكام قفلها لمنع الوصول إليها من قبل المستهلك، أو ببعض الوسائل المكافئة الأخرى.

إن منبع التغذية المفصول ومفتاح (مفاتيح التحكم في جهاز القطع والوصل يجب أن يكون غير ممكن الوصول إليه بواسطة المستهلك.



شكل رقم ج ٣٦: قطاع للوحة جهد عالي تشتمل على لوحة تغذية احتياطية.

المولدات الصغيرة التي تعمل على التوازي مع شبكات التغذية العامة

توضح الملاحظات التالية بعض الاعتبارات الأساسية والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عندما يتم تشغيل مولدات المستهلك على التوازي مع شبكات التغذية بالقدرة العامة.

يكون منظم الجهد الذي يتحكم في مولد التيار المتردد عادة مستعداً للاستجابة لخفض الجهد عند أطراف توصيله وذلك بزيادة تيار استشارة المولد تلقائياً، حتى يتم استعادة الجهد إلى القيمة العادية.

عندما يكون المقصود هو أن يعمل مولد التيار المتردد على التوازي مع مولدات أخرى فإن منظم الجهد التلقائي (AVR)يوضع على "تشغيل توازي" والذي تكون فيه دائرة التحكم (AVR)معدلة قليلاً(مركبَّة)لضمان تقسيم الـ (Kvars)بشكل مرضٍ مع ماكينات التوازي الأخرى.

عندما يعمل عدد من المولدات على التوازي مع وجود منظم التحكم التلقائي في الجهد (AVR)فإن الزيادة في تيار الاستثارة لأحد منها (مثلاً إجراء يدوي بعد تشغيل AVRإلى التحكم اليدوي) سوف لا يكون له تأثير من الناحية العملية على مستوى الجهد.

إن مولد الجهد المتردد – الذي نحن بصدده– سوف يعمل في الواقع عند معامل قدرة منخفض (أي ك.ف.أ أكبر وبالتالي تيار أكبر)عما كان عليه قبل ذلك.

وسوف يتحسن معامل القدرة للماكينات الأخرى أوتوماتيكياً ، بحيث أن متطلبات معاملالقدرة للحمل تكون مرضية كما كانت قبل ذلك.

لنعتبر الآن حالة المولد الاحتياطي الموجود عند المحطة الفرعية للمستهلك والذي يعمل على التوازي مع جميع المولدات الموجودة في النظام العام للتغذية بالقدرة.

نفرض أن جهد نظام القدرة تم تخفيضه لأسباب تشغيلية (من الشائع تشغيل نظم الجهد العالي في نطاق مدى ± ٥٪ من الجهد الأسمي، أو حتى أكثر، حيث يتطلب اشكال سريان الحمل ذلك).

يوضع المنظم AVRعلى الوضع الذي يحتفظ بالجهد في نطاق ± ٣٪ (مثلاً) وفي الحال تجرى محاولة لرفع الجهد بزيادة تيار الاستثارة لمولد الجهد المتردد.

وبدلاً من رفع الجهد، فإن المولد سوف يعمل ببساطة عند معامل قدرة منخفض عن ذي قبل، وهكذا يزداد تيار خرجه، وسوف يستمر في عمل ذلك حتى يفصل عن طريق مرحلات الوقاية من التيار الزائد.

وهذه المشكلة معروفة جيداً وعادة ما يتم التغلب عليها وذلك بتدبير مفتاح تحكم ذي "معامل قدرة ثابت" على وحدة الـAVR.

بإجراء هذا الاختيار، فإن الـ AVR سوف يقوم بضبط تيار الاستثارة تلقائياً ليتوافق مهما كان الجهد الموجود على نظام القدرة، بينما يحتفظ في ذات الوقت بمعامل قدرة المولد ثابتاً عند القيمة السابق ضبطها (المختارة على وحدة التحكم AVR).

في الحالة التي يصبح فيها المولد منفصلاً عن نظام القدرة، فإن وحدة الـ AVRيجب أن تعمل تلقائياً وبسرعة للتحكم في جعل "الجهد ثابتاً".

ملحوظة : المشكلة أساساً تتعلق بالمولد "الصغير" والنظام "الكبير". إن الاصطلاحات "صغير" و "كبير" تعتبر نسبية لدرجة أنه –على سبيل المثال– حتى المولد الصغير الموجود عند نهاية خط طويل يمكنه العمل بشكل جيد على تحكم ذي جهد ثابت. وبشكل أكثر دقة، إذا كانت معاوقة النظام المعاينة في موقع النظام عالية (إي أن مستوى عطل دائرة القصر منخفض) فعندئذ يمكن أن يكون التحكم في ثبات الجهد مُرضياً في الشبكات المطوَّرة بشكل كبير والتي تكون فيها مستويات العطل لدائرة القصر عالية، عندئذ يكون تشغيل معامل القدرة الثابت ملزماً.

ومن الضروري اجراء مناقشة فنية مع شركة الكهرباء للوصول إلى حلول لتلك المسائل، ولكن يوصى بأن يتم تحديد التسهيلات لكل من نوعي التحكم عند شراء مجموعات المولد.

٣/٥ تشغيل المحولات على التوازي

تنشأ الحاجة إلى تشغيل محولين أو أكثر على التوازي غالباً عن الآتي:

- نمو في الحمل يزيد على سعة المحول الموجود.
- عدم وجود الفراغ (الارتفاع) لمحول واحد كبير.
- تدبير الأمن (احتمالية فشل محولين في نفس الوقت ضئيلة جداً)
- استخدام مقاس قياسي للمحول في نطاق التركيبات.

القدرة الكلية(ك.ف.أ)

القدرة الكلية المتوفرة (ك.ف.أ) عندما يتم توصيل محولين أو أكثر على التوازي ولها نفس المقنن ك.ف.أ، تساوي مجموع المقننات المنفردة، بشرط أن تكون النسبة المئوية للمعاوقات جميعها متساوية وأن تكون نسب الجهد متماثلة.

المحولات ذات المقننات (م.ف.أ) غير المتساوية سوف تقسم الحمل عملياً (ولكن ليس بالضبط) بالتناسب مع مقنناتها، بشرط أن تكون نسب الجهد متماثلة.

وتكون النسبة المئوية للمعاوقات (عند مقنناتها ك ف أ) متماثلة، أو متقاربة جداً. وفي هذه الحالات فإن أكثر من ٩٠٪ من مجموع المقننين يكون عادة متوفراً.

والمحولات التي تختلف مقنناتها (KVA) بأكثر من ٢: ١ يوصى بعدم تشغيلها على التوازي بشكل دائم.

الشروط الضرورية للتشغيل على التوازي

جميع الوحدات التي تعمل على التوازي يجب أن تغذى من نفس الشبكة.

التيارات الدائرية التي يتعذر تجنبها التي تنتقل بين دوائر الملف الثانوي للمحول التي تعمل على التوازي سوف تكون صغيرة ويمكن إهمالها بشرط:

- أن تكون تمديدات الكابلات إلى الملف الثانوي من المحول إلى نقطة ربط التوازي ذات أطوال متساوية تقريباً. لها نفس الخصائص.
- أن يتم إفادة صانع المحولات بشكل كامل بالعمل المخصص الذي ستقوم به هذه المحولات بحيث أن:
  - أشكال الملفات (نجمة ، دلتا – نجمة متعرجة) للمحولات التي لها نفس التغير الطوري بين جهود الملف الابتدائي والثانوي.
  - أن تكون النسبة المئوية لمعاوقات دائرة القصر متساوية أو تختلف بأقل من ١٠٪.
  - ألا تتعدى الاختلافات في الجهد بين الأطوار المتناظرة ٠,٤٪.
  - أن تعطى جميع المعلومات الممكنة عن ظروف الخدمة، دورات الحمل المتوقعة.. الخ إلى الصانع مع إعطاء فكرة عن الحمل الأقصى وفواقد اللاحمل.

ترتيبات الملف المشتركة

كـمـا هو مـوضح في البند الفـرعي ٤/٤ "الخـصـائص الكهربائية لأشكال الملف" فإن العلاقة بين الملفات الأولية والثانوية والثلاثية تعتمد على:

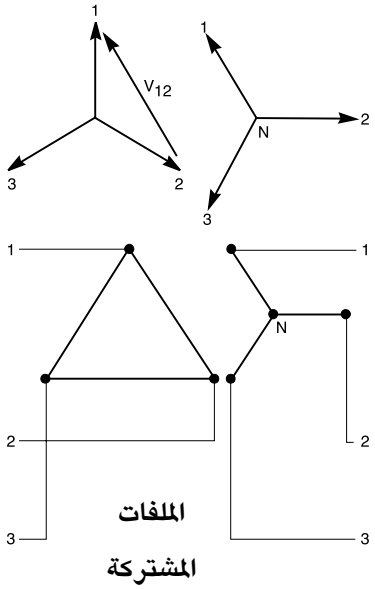
- نوع الملفات (دلتا، نجمة، متعرج)
- توصيلة الملفات الطورية.

تعـتمـد على أي من نهايات المـلفات سـوف تشكل نقطة النجمـة (مثـال ذلك)، ملف النجمـة سوف ينتج جـهوداً مزاحـة بمقدار ١٨٠ْ بالنسبـة إلى تلك المنتجـة في حالة ربط النهـايات العكسـيـة لتشكل نـقطة النجـمة. كـذلك تحدث تغيرات مقدارها ١٨٠ْ مماثلة في طريقتي توصيل الملفـات طور–إلى طور لتشكل ملفـات دلتا، بينمـا يكون ممكنا عـمل أربع مـجـمـوعـات مؤتلـفة للـتوصـيـلات المتعرجة،

- الإزاحـة الطورية لجـهود الطور الـثانوية بالـنسبـة لجهود الطور الأولية المناظرة.

كما تم ذكـره سابقاً فإن هذه الإزاحـة (إذا لم تكن صفراً) سوف تكون دائماً مضاعفـات للزاوية ٣٠ْ وسوف تعتمد على العاملين المـذكورين أعلاه، أي نوع الملفـات وطريقة التوصيل (أي القطبية) لملفات الطور.

إن أكـثـر نوع شـائع لشكل مـلف مـحـول الـتـوزيع هو توصيلة Dun11 .



(V12)على الملف الابـتـدائي ينتج (VIN)في الملف الثانوي وهكذا.

الشكل ج٣٧: الـتـغـيـر الطوري خلال محول Dun11 .

٦- تكوين محطات التوزيع الفرعية ج ع/ ج م

Schneider Electric

يتم انشاء محطات التوزيع الفرعيـة طبقاً لحجم الأحمال ونوع نظام القدرة.

ويمكن أن تبنى المحطات الفـرعية في أمـاكن عامـة، مثل الساحات أو الميادين العـامة، والمناطق السكنية .. الخ أو على المنازل الخـاصـة، وفي هذه الحـالة فـإن شـركـة الكهرباء يجب أن يكون لهـا حرية المرور غير المقـيدة إلى المحطة. وهذا يتـحـقق عن طريق وضع المحطـة بحـيث يكون أحد حـوائطها – والذي يشتـمل على باب للمرور– متطابق مع حدود مساكن المستهلكين ومع الطريق العام.

٦/١ الأنواع المختلفة للمحطات الفرعية

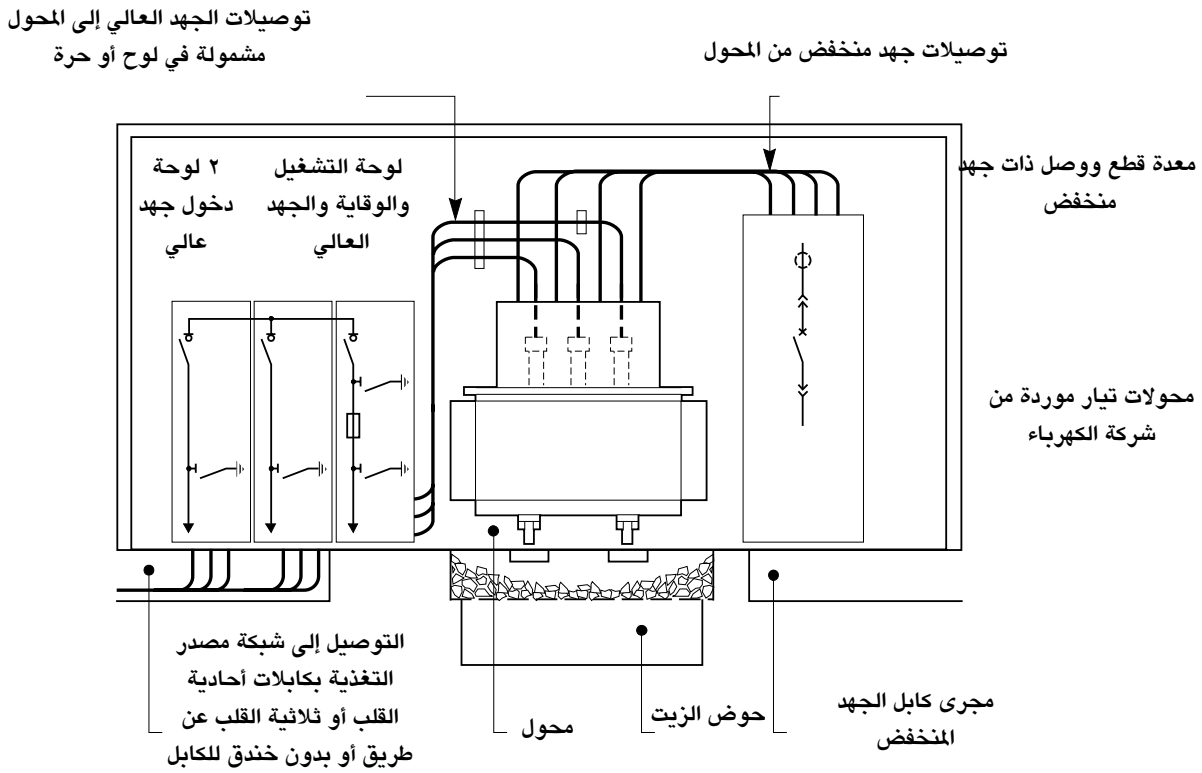
يمكن أن تصنف المحطات الفرعية طبقـاً لترتيبات طريقة عـدادات القيـاس (ج ع أو ج م) ونوع التغـذية (خطوط هوائيـة أو كـابلات أرضـيـة) ويمكن إنـشـاء المحطات الفرعية كالتالي:

- أما داخل المباني في غرف مبنية خصيصاً لهذا الغرض أو تكون مدمجة في كتلة مبنية بالشقة ... الخ
- أو تكون مركـبة خـارج المبنى مثبـتة على عـامود أو أعـمـدة (عـلـى شكل Hأو وضع على هيـئـة أربعـة أعمدة) أو في مبنى من الـطوب أو الخرسانة أو مبنى سابق التجهيز. وتعتبر المبانـي سابقة التجهيز المثبتة على قاعدة خرسـانية اختياراً سهلاً وسـريعاً وملائماً للغرض.

٦/٢ المحطات الفرعية المركبة داخل المبنى والمزودة بمفاتيح تشغيل محاطة بغلاف معدني التكوين العام

يوضح الشكل رقم ج ٣٨ مخططاً نموذجياً لمعدَّة، يوصى به للمحطة الفرعية ذات نظام قياس جهد منخفض.

ملحوظة : إن استخدام مـحول من النوع الجاف المعالج بالراتنج المسبوك سيـؤدي إلى تجنب الحاجة إلى وجود بالوعة زيت للوقاية من الحرائق.



الشكل رقم ج٣٨ : ترتيب نموذجي للوحات قطع ووصل ذات نظام قياس جهد منخفض

توصيلات الخدمة والتوصيلات الداخلية

بالمعدة:

عند الجهد العالي:

- يتم عمل التوصيلات لنظام الجهد العالي بواسطة شركة الكهرباء وتعتبر من مسئولياتها.
- التوصيلات بين معدة القطع والوصل للجهد العالي والمحولات يمكن أن تكون:
  - عن طريق قضبان نحاسية قصيرة حيث يكون المحول محاطاً داخل لوحة تشكل جزءاً من لوحة مفاتيح الجهد العالي.
  - عن طريق كابلات غير مسلحة احادية القلب ذات عزل اصطناعي .
  - عن طريق كابلات غير مسلحة احادية الطور حتى ٢٥٠ أمبير (أو أكثر) ذات أطراف توصيل من النوع القابس عند المحول.

عند الجهد المنخفض :

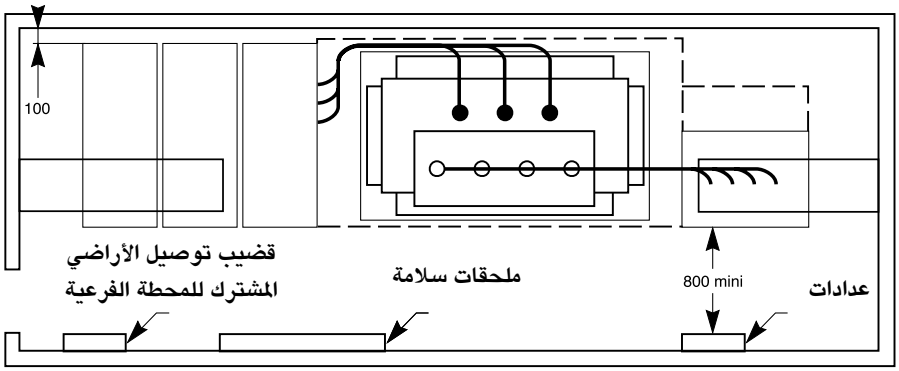
- التوصيلات بين أطراف توصيل الجهد المنخفض للمحول ومعدة القطع والوصل يمكن أن تكون:
  - كابلات غير مسلحة أحادية الطور

- قضبان نحاسية مصمتة (ذات مقطع دائري أو مستطيل) ذات عزل حراري قابل للإنكماش.

القياس:

- تركب عادة محولات التيار في الغطاء الوقائي لأطراف توصيل الجهد المنخفض لمحول القدرة، ويتم احكام قفل الغطاء عن طريق شركة الكهرباء.
- كبديل لذلك تركب محولات التيار في قسم مستقل محكم الغلق في نطاق خزانة توزيع الجهد المنخفض الرئيسية.
- تثبت العدادات على لوح خالٍ بالكامل من أي اهتزازات .
- توضع العدادت بالقرب بقدر الإمكان من محولات التيار .
- يسمح فقط لشركة الكهرباء بالوصول إلى هذه العدادات.

أقراص التدرج والتدريجات الخاصة بالعدادات يجب أن تكون ذات ارتفاع ١,٦٥ تقريباً فوق مستوى الأرض ولا تقل عن ٠,٧ م ولا تزيد على ١,٨م.



الشكل رقم ج٣٩: مسقط أفقي لمحطة فرعية نموذجية ذات عدادات قياس جهد منخفض.

دوائر التأريض

يجب أن تشتمل المحطة الفرعية على :

- قطب تأريض لجميع الأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة الكهربائية في المحطة الفرعية والأجزاء المعدنية المتفرقة المكشوفة وتشمل :
  - الشبكات المعدنية الوقائية

- القضبان المقواة في القاعدة الخرسانية للمحطة الفرعية.
- النقطة المشتركة للملفات الثانوية لمحولات التيار.

ملاحظة: الأبواب المعدنية وفتحات التهوية لا توصل بالأرضي .

- قطب تأريض لنقطة محايد الجهد المنخفض للمحول*
- روابط قابلة للفك عند النقط الاستراتيجية لاستمرارية القياس والمقاومات للاقطاب المنفردة.
- قطب تأريض للتركيبات *

* في المساحات الصغيرة تتداخل مناطق المقاومة لأقطاب التاريض. في هذه الحالات يتم ربط جميع الأقطاب لتشكل نظام تأريض مشترك لمعدات الجهد العالي والجهد المنخفض، حسب ما هو موضح في البند الفرعي ١/١ الخاص بـ" توصيلات التأريض" من هذا القسم.

إنارة المحطة الفرعية

تغذية دوائر الإنارة يمكن أن تؤخذ من نقطة عليا أو سفلى للدخول الرئيسي لقاطع دائرة الجهد المنخفض. في أي الحالتين، يجب توفير وقاية من التيار الزائد، ويوصى بتوفير دوائر تلقائية مستقلة لأغراض إنارة الطوارئ.

توضع مفاتيح التشغيل وأزرار الضغط مجاورة تماماً للمداخل. يتم ترتيب ملحقات الإنارة بحيث:

- أن تكون مقابض تشغيل معدة القطع والوصل وعلامات بيان الوضع مضاءة بشكل مناسب.
- أن تكون جميع أقراص العدادات ولوحات البيانات الإرشادية وغيرها سهلة القراءة.

مواد للتشغيل والأمان:

يجب أن تزود المحطة الفرعية بما يلي:

- الأدوات اللازمة للتحقق من الاستثمار الآمن للمعدات تشمل ما يلي:
  - جذع خشبي و/أو حصيرة عازلة (مطاط أو مادة إصطناعية)
  - زوج من القفازات محفوظة في غلاف يتم توفيرها.
  - جهاز كشف الجهد للاستخدام على معدات الجهد العالي.

- ☐ ملحقات تأريض (طبقاً لنوع معدة القطع والوصل)
- ■ وسائل إطفاء الحريق من نوع البودرة أو ثاني أكسيد الكربون .
- ■ علامات تحذيرية، أو تنبيهية ووسائل إنذار للأمان:
- ☐ على الأسطح الخارجية لجميع أبواب المرور، بيان تحذيري (خطر) وتنبيه بمنع الدخول، بالإضافة إلى إرشادات للأسعاف الأولى لمصابي الحوادث الكهربائية.
- ☐ داخل المحطة الفرعية لوحة للأسعاف الأولى حسب ما ذكر أعلاه .
- ☐ علامة (خطر) [جمجمة مع عظمتين متقطاعتين [أو علامة مكافئة محلية على كل لوحة قابل للفك يمكن الوصول من خلاله إلى أجزاء مكهربة.

٣/٦ المحطات الفرعية المركبة خارج المباني

محطات التوزيع الفرعية العامة المركبة على أعمدة:

مجال التطبيق:

تستخدم هذه المحطات الفرعية أساساً لتغذية مستهلكين بعيدين عن شبكات نظم توزيع خطوط هوائية جهد عالي:

- عند مستويات جهد بين ١-٢٤ ك.ف
- من محول مفرد لا يتعدى ١٦٠ ك ف أ وعند مستوى جهد منخفض مفضل ٢٣٠/٤٠٠ فولت (٣ طور-٤سلك)
- تستخدم عدادات جهد منخفض

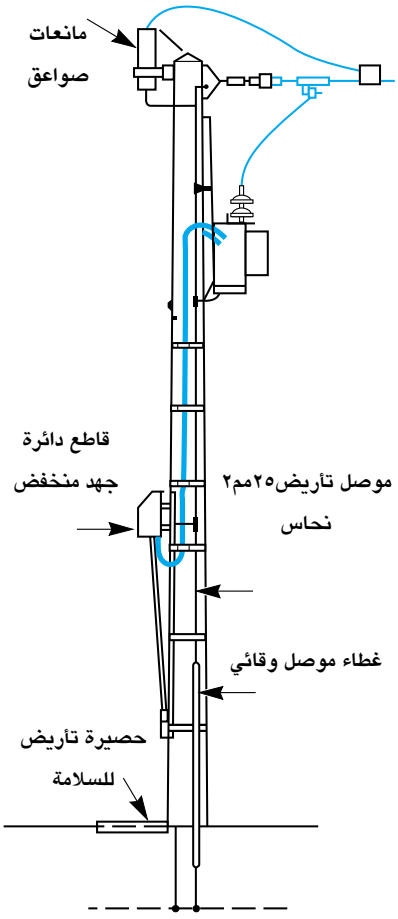
التكوين

تغذى هذه المحطات الفرعية عامة بواسطة خط مفرد-٣سلك، مع عدم وجود معدَّة قطع ووصل أو مصاهر عند جانب الجهد العالي للمحول. تزود المحطة بمانعات للصواعق، لوقاية المحول والمستهلكين كما هو موضح بالكشل ج٤٠ .

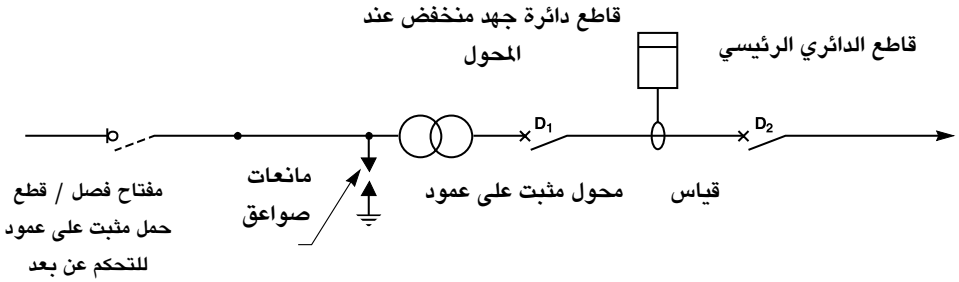
وقاية دوائر الجهد المنخفض يتم توفيره عامة عن طريق عدد أثنين قاطع دائرة (D1)، (D2) الموضحتين في الشكل رقم ج٤١:

- قاطع دائرة (D1) لوقاية المحول ضد الحمل الزائد وتوصيلة خدمة الجهد المنخفض ضد الخلل الناتج من قصر الدائرة. قاطع الدائرة هذا يثبت على العمود وله خصائص فصل (زمن عكسي/تيار مرحل) أو يمكن أن يفصل بإستخدام مرحل يعمل بالتمثيل الحراري بحيث يشير إلى درجة حرارة ملفات المحول.
- قاطع دائرة (D2) وهو قاطع دائرة الجهد المنخفض الرئيسي للتركيبات.

تمييز الفصل بين هذين القاطعين وأوضاع الضبط لهما وأحكام التسرب يجب أن يجرى بواسطة شركة الكهرباء.

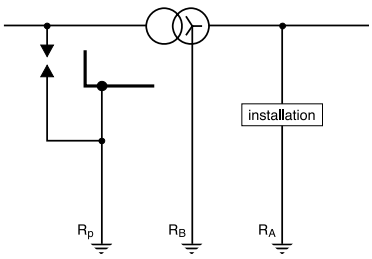


الشكل ج ٤٠: محطة فرعية من النوع الذي يثبت على عمود.



الشكل رقم ج٤١: مخطط يوضح العناصر الأساسية لمحطة محول فرعية مركبة على عمود:

ترتيبات عامة للمعدة



الشكل رقم ج٤٢: أقطاب تأريض مفصولة عن بعضها

كما تم ذكره في السابق فإن وضع المحطة الفرعية يجب أن يسمح بسهولة وصول- ليس فقط للأشخاص- ولكن أيضاً لمناولة المعدة (رفع المحول على سبيل المثال) وسهولة تحريك المركبات الثقيلة. أقطاب التأريض يجب أن تكون مفصولة عن بعضها حسب ما هو موضح في البند الفرعي ١/١ من هذا القسم. انظر الشكل رقم ج٤٢.

الكبائن (الوحدات) سابقة التجهيز المركبة خارج المباني

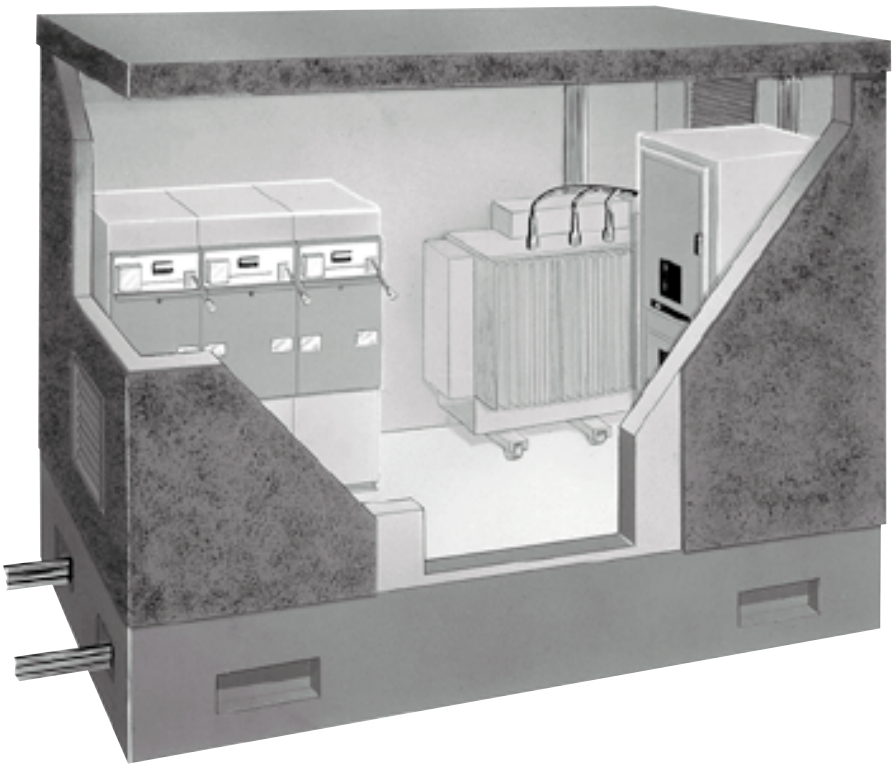
بالنسبة للمحطات المتقنة التي تتطلب استخدام وحدات توزيع رئيسية حلقية أو لوحات مزودة بالعديد من قواطع الدائرة، فتستخدم كبائن محكمة محمية من الرطوبة ومن دخول الحشرات.

هذه الوحدات سابقة التجهيز تتطلب حداً أدنى من الأعمال المدنية، وتركب على قاعدة خرسانية بسيطة، وتستخدم في كل من المدن والأرياف.

وتتميز هذه المحطات بما يلي:

- ■ فاعلية المواد والأدوات والأمان وهذا يتحقق مما يلي:
  - □ الاختيار الأنسب من بين الوحدات ذات المدى العريض في المقاسات المتوفرة.
  - □ المطابقة مع المواصفات القياسية الدولية.
- ■ تقليل وقت الدراسة والتصميم وتكلفة التنفيذ، وهذا يحقق ما يلي:
  - □ حداً أدنى من التناسق بين الدراسات العديدة لانشاء المبنى وأعمال الموقع.
  - □ الواقعية والاستقلالية لتشييد المبنى الأساسي.
  - □ تفادي الحاجة إلى استخدام خطاف مؤقت للرفع عند بداية أعمال التجهيز بالموقع.

- بساطة الأعـمال المدنيـة والتي تتكون فقط مـن تدابير للقاعدة المرعبة الخرسانية المقواه.
- تركيب المعدات وتوصيلها بسهولة كبيرة



الشكل رقم ج ٣٤ : منظر لمقطع في محطة فرعية ج ع / ج م يستخدم بها وحدة سابقة التجهيز

وهناك أنواع أخـرى من المحطات الفـرعـيـة شـائعـة الاسـتـخـدام في بعض البـلاد، وتسـتـخـدم بهـا معـدات مكشـوفـة مـقاومـة للرطوبـة، وهذا النوع يوضع داخل مـساحـة محـاطة بسـياج وبداخلـه يركب ثلاثة قواعـد خرسانية أو أكثر:

- بالنسبة لوحـدة حلقية رئيسية، أو واحـد أو أكثر من المصاهر المزودة بمفتاح أو وحدة قاطع دائرة أو أكثر.
- بالنسبة لمحول واحد أو أكثر
- بالنسبة لعمود توزيع واحد أو أكثر

بساطة الترتيبات هذه يقـابله من الناحية الأخرى ارتفاع تكاليف مـعدة القطع والوصل المقـاومة للرطوبة وكـذلك صناديق الـكابلات . الخ، وكـذلك تـأثيـر الرؤية غـيـر الملائمة.

هذا النوع مـن المحطات الفـرعـيـة يعتبر غير ملائم في المناطق السكنية أو في مـواقع أخـرى عندمـا تكون الرؤية المريحـة ضـرورية وهامـة، ولهذه الأسباب فـإن المحطات سابقة التجـهيز وكـذلك المعدات التي تركب خـارج المبـاني تحـل مـحل المحطات المذكورة في كثير من البلاد.

Schneider Electric

١/١ مشتركو الجهد المنخفض

تكون أكثر مصادر الجهد المنخفض شيوعاً ضمن المدى من ١٢٠ فولت أحادي الطور حتى ٢٤٠/٤١٥فولت ثلاثي الطور٤ أسلاك.
يمكن تغذية الأحمال حتى٢٥٠كيلو فولت أمبير بالجهد المنخفض،غير أن مؤسسات الإمداد بالطاقة تعرض بصيغة عامة خدمة جهد عال عند مستويات حمل تكون شبكات الجهد المنخفض الخاصة بها كافية للحد الأدنى.
لقد أوصت الهيئة الدولية الكهروتقنية بجهد قياسي دولي لنظم الجهد المنخفض ثلاثية الطور- ٤ أسلاك ، بأن يكون ٢٣٠/٤٠٠ فولت*.

إن مشتركي الجهد المنخفض – وفقاً للتعريف- هم أولئك المستهلكون اللذين يمكن تغذية أحمالهم بشكل مرض من نظام الجهد المنخفض في منطقتهم.

يمكن أن يكون جهد شبكة الجهد المنخفض المحلية ٢٠٨/١٢٠ فولت ٤١٥/٢٤٠ فولت، أي الحدين الأدنى والأعلى للمستويات ثلاثية الطور في الاستخدام العام والأكثر شيوعاً، أو عند بعض المستويات المتوسطة، كالموضح في الجدول (د١).

لقد أوصت الهيئة الدولية الكهروتقنية بجهد قياسي دولي لنظم الجهد المنخفض ثلاثية الطور- ٤ أسلاك، بأن يكون ٢٣٠/٤٠٠ فولت*.

يمكن تغذية الأحمال حتى ٢٥٠ كيلو فولت أمبير بالجهد المنخفض، غير أن مؤسسات الإمداد بالطاقة تعرض بصفة عامة خدمة جهد عال عند مستويات حمل تكون شبكات الجهد المنخفض الخاصة بها مناسبة جداً .

تم استخراج الجدول المجاور من الوثيقة "مصادر الكهرباء في العالم" – الطبعة الرابعة .

الدولة	التردد "و" التفاوت هرتز "و" ٪	سكني	تجاري	صناعي	التفاوت في الجهد المنخفض ٪
استراليا	٥٠ ±٠,١	٢٢٠/٤١٥(أ) (هـ) ٢٤٠(ل)	٢٢٠/٤١٥(أ) ٢٥٠/٤٤٠(أ) ٤٤٠(ل) (٩)	٢٢ ك ف ١١ ك ف ٦٦ ك ف ٢٤٠/٤١٥(أ) ٢٥٠/٤٤٠(أ) (٩)	٦ ± ٦ ± (١٠)
الجزائر	٥٠ ± ١,٥	١٢٧/٢٢٠(هـ) ٢٢٠(ل) (١)	٢٢٠/٣٨٠(أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ)	١٠ ك ف ٥٥ ك ف ٦٦ ك ف ٢٢٠/٣٨٠(أ)	٥٥ و + ١٠
الأرجنتين	٥٠ ± ١٠	٢٢٥ (ل) (١) ٢٢٠ (ل) (١)	٢٢٥/٣٩٠(أ) ٢٢٠/٣٩٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	١٣٢ ك ف ٦,٦٨ ك ف ٢٢٠/٣٩٠ (أ) ٢٢٠/٣٨٠ (أ)	١٠ ±
البرازيل	٦٠	٢٢٠(ل) (١) ١٢٧ (ل) (١)	٢٢٠/٣٨٠ (أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ)	١٣,٨ ك ف ١١,٢ ك ف ٢٢٠/٣٨٠ (أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ)	(٩)
بلجيكا	٥٠ ± ٣	٢٢٠/٣٨٠ (أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (و)	٢٢٠/٣٨٠(أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (و)	١٥ ك ف ٦ ك ف ٢٢٠/٣٨٠ (أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ) ٢٢٠(و)	٥ + (نهار) ١٠ ± (ليل)
بوليفيا	٥٠ ±١	١١٥/٢٣٠(ب)	١١٥/٢٣٠(ب)	١١٥/٢٣٠(ب) (٣)	٥ ±
كمبوديا	٥٠	١٢٠/٢٠٨(أ) ١٢٠ (ل)	٢٢٠/٣٨٠(أ) ١٢٠/٢٠٨(أ)	٢٢٠/٣٨٠ (أ) ١٢٠/٢٠٨(أ) (٣)	(٩)
كندا	٦٠ ± ٠,٠٢	١٢٠/٢٤٠(ك)	٣٤٧/٦٠٠(أ) ٤٨٠ (و) ٢٤٠ (و) ١٢٠/٢٤٠(ك) ١٢٠/٢٠٨(أ)	٧,٢/١٢,٥ ك ف ٣٤٧/٦٠٠(أ) ١٢٠/٢٠٨ ٦٠٠(و) ٤٨٠ (و) ٢٤٠ (و)	٤ ± ٨,٣ –
تشيلي	٥٠	٢٢٠ (ل) (١)	٢٢٠/٣٨٠ (أ) (١)	٢٢٠/٣٨٠ (أ) (٣)	(٩)
الصين	٥٠	٢٢٠ (ل) (١)	٢٢٠/٣٨٠ (أ)	٢٢٠/٣٨٠ (أ) (٣)	٧ ±
كولومبيا	٦٠ ± ١	١٢٠/٢٤٠ (ل) ١٢٠ (ل)	١٢٠/٢٤٠ (ل) ١٢٠ (ل)	١٣٢ ك ف ١٢٠/٢٤٠ (ل)	١٠ ±
كوستاريكا	٦٠	١٢٠ (ل) (١)	١٢٠/٢٤٠(ك) ١٢٠ (ل)	١٢٠/٢٤٠ (ل) (٣)	(٩)
تشيكوسلوفاكيا	٥٠ ± ٠,١	٢٢٠/٣٨٠(أ) ٢٢٠(ل)	٢٢٠/٣٨٠(أ)	٢٢ ك ف ١٥ ك ف ٦ ك ف ٣ ك ف ٢٢٠/٣٨٠ (أ)	١٠ ±

الجدول (د١): حصر لمصادر الكهرباء في دول مختلفة من العالم.

تتعلق الحروف التي بين قوسين بالرسومات التخطيطية للدوائر الواردة في نهاية الجدول، بينما تشير الأرقام التي بين قوسين إلى الملاحظات التي تتبع الرسومات التخطيطية .

الدولة	التردد و° التفاوت هرتز و٪	سكني	تجاري	صناعي	التفاوت في الجهد المنخفض ٪
الدنمارك	٥٠ ± ٠,٤	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٣٠ ك ف ١٠ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	± ١٠
مصر	٥٠ ± ١	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	١١ ك ف ٦,٦ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	± ١٠
فنلندا	٥٠ ± ٠,١	٢٣٠ (ل) (١)	٢٣٠/٣٨٠ (أ)	٦٦٠/٣٨٠ (أ) ٥٠٠ (ب) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) (د)	± ١٠
فرنسا	٥٠ ± ١	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ٢٣٠/١٢٧ (هـ) ١٢٧ (ل)	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٣٨٠ (ب) (د) ٣٨٠ (ب)	٢٠ ك ف ١٥ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ ٣٨٠ (ب) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) (د)	± ١٠
ألمانيا	٥٠ ± ٠,٣ ٥٠ ± ٠٣	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ١٢٧/٢٣٠ (أ) ١٢٧ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٠ ك ف ١٠ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ١٠ ك ف ٦ ك ف ٦٦٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	± ١٠ ± ٥
اليونان	٥٠ ± ١	٢٣٠ (ل) (١)	٦,٦ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	٢٢ ك ف ٢٠ ك ف ١٥ ك ف ٦,٦ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	± ٥
هونج كونج	٥٠ ± ٢	٢٠٠/٣٤٦ (أ) ٢٠٠ (ل) (١)	١١ ك ف ٢٠٠/٣٤٦ (أ) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٠٠ (ل)	١١ ك ف ٢٠٠/٣٤٦ (أ) ٢٣٠/٣٨٠ (أ) (٣)	± ٦
المجر	٥٠ ± ٢	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ)	٢٠ ك ف ٢٣٠ (ل) ١٠ ك ف ٢٣٠/٣٨٠ (أ)	+ ٥ − ١٠
أيسلندا	٥٠ ± ٠,١	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٠٠ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٣٠/٣٨٠ (أ) (٣)	(٩)
الهند (٤) بومباي	٥٠ ± ١	٢٥٠/٤٤٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٥٠/٤٤٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	١١ ك ف ٢٥٠/٤٤٠ (أ)	+ ٤
نيودلهي	٥٠ ± ٣	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	١١ ك ف ٢٣٠/٤٠٠ (أ)	+ ٦
روما كريشنا جرهوم (٢)	٥٠ ± ٣ ٢٥ د . مي	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ٢٣٠/٤٦٠ (ع)	٢٣٠/٤٠٠ (أ) ٢٣٠ (ل) ٢٣٠/٤٦٠ (ع)	٢٢ ك ف ° و ١١ ك ف (٩) (٩)	+ ٦
أندونيسيا	٥٠ ± ١ ٢ −	١٢٧/٢٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ١٢٧/٢٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) (٣)	+ ٥
إيران	٥٠ ± ٥	٢٣٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	٢٠ ك ف ١١ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	+ ١٥
العراق	٥٠	٢٣٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١١ ك ف ٦,٦ ك ف ٣ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	+ ٥
أيرلندا الشمالية	٥٠ ± ٠,٤	٢٣٠ (ل) (١) ٢٣٠ (ل) (١)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) (٣) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	+ ٦
جمهورية أيرلندا	٥٠	٢٣٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١٠ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	(٩)

د

الدولة	التردد "و" التفاوت هرتز "و٪"	سكني	تجاري	صناعي	التفاوت في الجهد المنخفض ٪
اسرائيل	٥٠ ± ٢	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٢٢ ك ف ١٢,٦ ك ف ٦,٣ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ)	٦ +
ايطاليا	٥٠ ± ٠,٤	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (هـ) ٢٢٠ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (هـ)	٢٠ ك ف ١٥ ك ف ١٠ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ج)	± ٥ (بدن) ± ١٠ (قرى)
اليابان (شرق) (٤)	٥٠ ± ٠,٢ (٥)	٢٠٠/١٠٠ (ك) ١٠٠ (ل)	٢٠٠/١٠٠ (ح) (ك)	٦,٦ ك ف ٢٠٠/١٠٠ (ح) ٢٠٠ (ل) (ط)	± ١٠
اليابان (غرب) (٤)	٦٠ ± ٠,١ (٥)	٢١٠/١٠٥ (ل) ٢٠٠/١٠٠ (ل) ١٠٠ (ل)	٢١٠/١٠٥ (ح) (ك) ٢٠٠/١٠٠ (ك) ١٠٠ (ل)	٢٢ ك ف ٦,٦ ك ف ٢١٠/١٠٥ (ح) ٢٠٠/١٠٠ (ح)	± ١٠
كوريا (الشمالية) كوريا (الجنوبية)	٦٠ + ٠ ـ٥ ٦٠	٢٢٠ (ل) ١٠٠ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٠٠/١٠٠ (ك)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) (٩)	+ ٦,٨ - ١٣,٦ (١٠) (٩)
الكويت	٥٠	٢٤٠ (ل) (١)	٤١٥/٢٤٠ (أ)	٤١٥/٢٤٠ (أ) (٣)	(٩)
لكسمبورج	٥٠ ± ٠,٥	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٢٠ ك ف ١٥ ك ف ٥ ك ف	± ٥ و ± ١٠
ماليزيا	٥٠ ± ١,٠	٢٤٠ (ل) (١)	٤١٥/٢٤٠ (أ)	٤١٥/٢٤٠ (أ) (٣)	+ ٥ - ١٠
المكسيك	٦٠ ± ٠,٢	٢٢٠/١٢٧ (أ) ٢٢٠ (ل) ١٢٠ (ب)	٢٢٠/١٢٧ (أ) ٢٢٠ (ل) ١٢٠ (ب)	١٣,٨ ك ف ١٣,٢ ك ف ٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (ب)	± ٦
المغرب	٥٠	٢٢٠/١٢٧ (أ) ٢٠٠/١١٥ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) (٣)	(٩)
هولندا	٥٠ ± ٠,٤	٣٠٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (هـ) (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١٠ ك ف ٣ ك ف ٣٨٠/ ٢٢٠ (أ)	± ٦
نيوزيلندا	٥٠ ± ١,٥	٤٠٠/٢٣٠ (أ) (هـ) ٢٣٠ (ل) ٢٤٠ (ل)	٤١٥/٢٤٠ (أ) (هـ) ٤٠٠/٢٣٠ (أ) (هـ) ٢٣٠ (ل) ٢٤٠ (ل)	١١ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٤١٥/٢٤٠ (أ) ٤٤٠ (ل) (٦)	± ٥
نيجيريا	٥٠ ± ١	٢٣٠ (ل) (١) ٢٢٠ (ل) (١)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٣٨٠/ ٢٢٠ (أ)	١٥ ك ف ١١ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٥
النرويج	٥٠ ± ٠,٢	٢٣٠ (ب)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٣٠ (ب)	٢٠ ك ف ١٠ ك ف ٥ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٣٠ (ب)	± ١٠
الباكستان	٥٠	٢٣٠ (ل) (١)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٤٠٠/٢٣٠ (أ) (٣)	(٩)
الفلبين	٦٠ ± ٠,١٦	٢٢٠/١١٠ (ك)	١٣,٨ ك ف ٤,١٦ ك ف ٢,٤ ك ف ٤٤٠ ف (ب) ٢٢٠/١١٠ (ح)	١٣,٨ ك ف ٤,١٦ ك ف ٢,٤ ك ف ٤٤٠ فولت (ب) ٢٢٠/١١٠ (ح)	± ٥
ماليزيا	٦٠ ± ٥	١٢٠/٢٤٠ (ح) (ك) ١٢٠/٢٤٠ (ح)	١٢٠/٢٤٠ (ح) (ك) ١٢٠/٢٤٠ (ح)	٢٠ ك ف ٦,٢٤ ك ف ٣,٦ ك ف ١٢٠/٢٤٠ (ح)	± ٥
بيرو	٦٠	٢٢٥ (ب) (ي)	٢٢٥ (ب) (ي)	١٠ ك ف ٦ ك ف ٢٢٥ (ب)	(٩)
بولندا	٥٠ ± ١	٢٢٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١٥ ك ف ٦ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٥

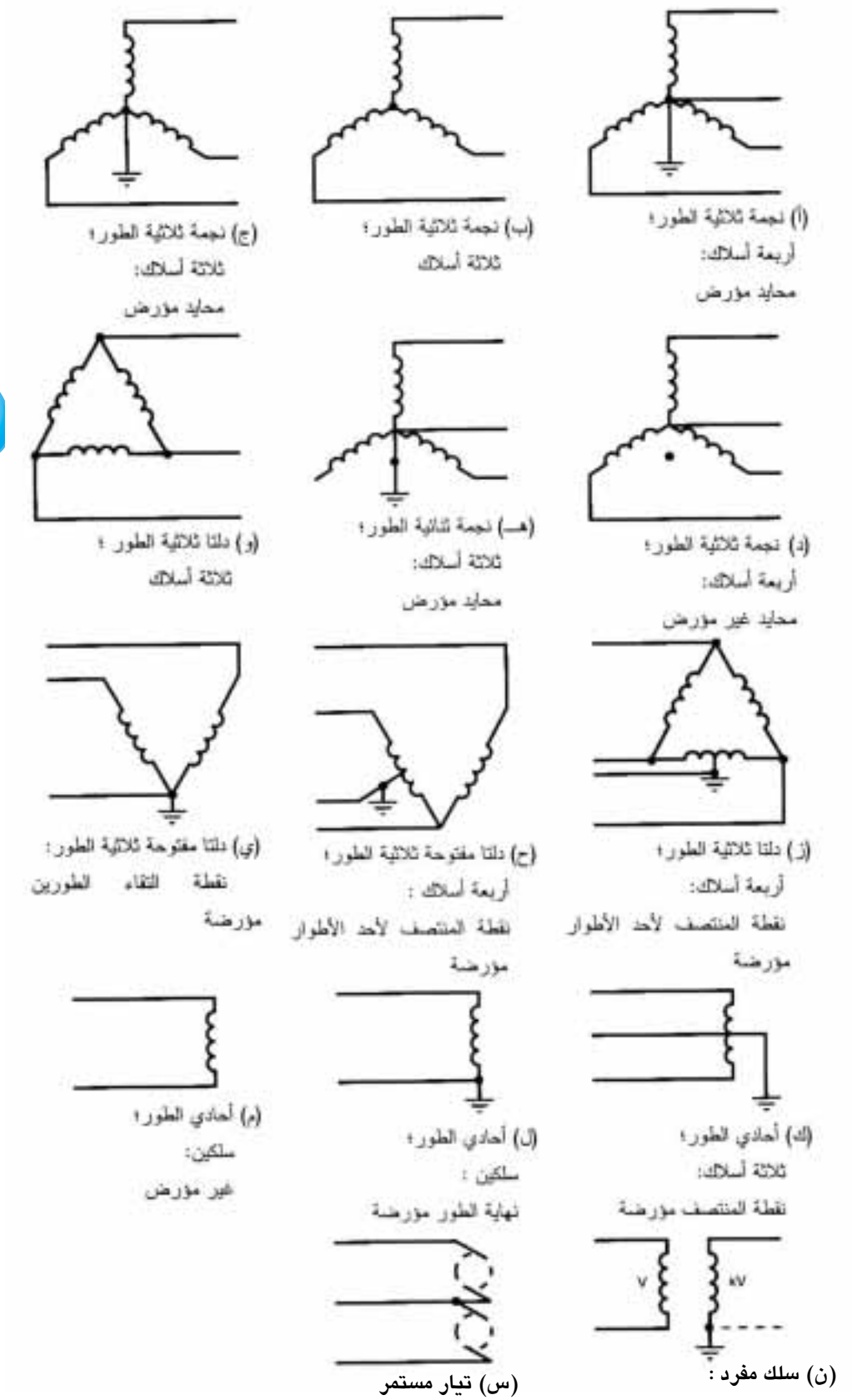
الدولة	التردد "و" التفاوت هرتز "و" ٪	سكني	تجاري	صناعي	التفاوت في الجهد المنخفض ٪
البرتغال	٥٠ ± ١	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	١٥ ك ف ٥ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	١٥ ك ف ٥ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٥
رومانيا	٥٠ ± ١	٢٢٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (ل)	٢٠ ك ف ١٠ ك ف ٦ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٥
السعودية	٦٠ ± ٠,٥	٢٢٠/١٢٧ (أ)	٢٢٠/١٢٧ (أ) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١٣,٨ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٥
سنغافورة	٥٠ ± ٠,٥	٤٠٠/٢٣٠ (أ) ٢٣٠ (ل)	٦,٦ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ)	٢٢ ك ف ٦,٦ ك ف ٤٠٠/٢٣٠ (أ)	± ٣
أسبانيا	٥٠ ± ٣	٣٨٠/٢٢٠ (أ)(هـ) ٢٢٠ (ل) ٢٢٠/١٢٧ (أ) (هـ) ١٢٧ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (أ)	١٥ ك ف ١١ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ٧
جنوب أفريقيا	٥٠ ± ٢,٥ ٢٥ (٨)	٤٣٣/٢٥٠ (أ) (٧) ٤٠٠/٢٣٠ (أ) (٧) ٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل) ٤٠٠/٢٣٠ (أ) (٧) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١١ ك ف ٦,٦ ك ف ٣,٣ ك ف ٤٣٣/٢٥٠ (أ) (٧) ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١١ ك ف ٦,٦ ك ف ٣,٣ ك ف ٥٠٠ (ب)	± ٥
السويد	٥٠ ± ٠,٢	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	٢٠ ك ف ١٠ ك ف ٦ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ١٠
سوريا	٥٠	٢٢٠ (ل) (١) ١١٥ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل) ٢٠٠/١١٥ (أ) ١١٥ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) (٣) ٢٠٠/١١٥ (أ)	(٩)
تايوان	٦٠ ± ٤	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل) ٢٢٠/١١٠ (ك) ١١٠ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١١٠ (ح)	٢٢,٨ ك ف ١١,٤ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ح)	± ٥٪ ± ١٠
تونس	٥٠ ± ٢	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (ل)	١٥ ك ف ١٠ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	+ ١٠
تركيا	٥٠ ± ٢	٢٢٠ (ل) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ)	١٥ ك ف ٦,٣ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ١٠
المملكة المتحدة	٥٠ ± ١	٢٤٠ (ل) (١)	٤١٥/٢٤٠ (أ)	٢٢ ك ف ١١ ك ف ٦,٦ ك ف ٣,٣ ك ف ٤١٥/٢٤٠ (أ)	± ٦
أمريكا (أ) شارلوت (جنوب كارولينا)	٦٠ ± ٠,٠٦	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٤٥٠/٢٦٥ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	١٤,٤ ك ف ٧,٢ ك ف ٢,٤ ك ف ٥٧٥ (و) ٤٦٠ (و) ٢٤٠ (و) ٤٦٠/٢٦٥ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	+ ٥ - ٢,٥
نيوارويت (ميتشجان)	٦٠ ± ٠,٢	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٤٨٠ (و) ٢٤٠/١٢٠ (ح) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	١٣,٢ ك ف ٤,٨ ك ف ٤,١٦ ك ف ٤٨٠ (و) ٢٤٠/١٢٠ (ح) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	+ ٤ - ٦,٦
لوس انجلوس (كاليفورنيا)	٦٠ ± ٠,٢	٢٤٠/١٢٠ (ك)	٤,٨ ك ف ٢٤٠/١٢٠ (ل)	٤,٨ ك ف ٢٤٠/١٢٠ (ل)	± ٥

الدولة	التردد "و" التفاوت هرتز "و" ٪	سكني	تجاري	صناعي	التفاوت في الجهد المنخفض ٪
ميامي (فلوريدا)	٦٠ ± ٠,٣	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٤٠/١٢٠ (ج) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	١٣,٢ ك ف ٢,٤ ك ف ٢٧٧/٤٨٠ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ج)	± ٥
نيويورك (نيويورك)	٦٠	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ) ٢٤٠ (و)	١٢,٤٧ ك ف ٤,١٦ ك ف ٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٤٨٠ (و)	(٩)
بيتسبورج (بنسلفانيا)	٦٠ ± ٠,٠٣	٢٤٠/١٢٠ (ك)	٤٦٠/٢٦٥ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ) ٤٦٠ (و) ٢٣٠ (و)	١٣,٢ ك ف ١١,٥ ك ف ٢,٤ ك ف ٤٦٠/٢٦٥ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ) ٤٦٠ (و) ٢٣٠ (و)	± ٥ (إنارة) ± ١٠ (قوى)
بورتلاند (أوريجون)	٦٠	٢٤٠/١٢٠ (ك)	٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ) ٤٨٠ (و) ٢٤٠ (و)	١٩,٩ ك ف ١٢ ك ف ٧,٢ ك ف ٢,٤ ك ف ٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ) ٤٨٠ (و) ٢٤٠ (و)	(٩)
سان فرنسيسكو (كاليفورنيا)	٦٠ ± ٠,٠٨	٢٤٠/١٢٠ (ك)	٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (ك)	٢٠,٨ ك ف ١٢ ك ف ٤,١٦ ك ف ٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٤٠/١٢٠ (أ)	± ٥
تولیدو (أوهايو)	٦٠ ± ٠,٠٨	٢٤٠/١٢٠ (ك) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	٤٨٠/٢٧٧ (جـ) ٢٤٠/١٢٠ (ج) ٢٠٨/١٢٠ (ك)	١٢,٤٧ ك ف ٧,٢ ك ف ٤,٨ ك ف ٤,١٦ ك ف ٤٨٠ (و) ٤٨٠/٢٧٧ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	± ٥
الاتحاد السوفيتي (سابقاً)	٥٠	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (أ) ٢٢٠/١٢٧ (أ) ١٢٧ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) (٣)	(٩)
فيتنام	٥٠ ± ٠,١	٢٢٠ (أ) (١) ١٢٠ (أ) (١)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٠٨/١٢٠ (أ)	١٥ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	± ١٠
يوغسلافيا	٥٠	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (أ)	٣٨٠/٢٢٠ (أ) ٢٢٠ (أ)	١٠ ك ف ٦,٦ ك ف ٣٨٠/٢٢٠ (أ)	(٩)

الجدول (د١) : حصر لمصادر الكهرباء في دول مختلفة من العالم .

تتعلق الحروف التي بني قوسين بالرسومات التخطيطية للدوائر الواردة في نهاية الجدول، بينما تشير الأرقام التي بين قوسين إلى الملاحظات التي تتبع الرسومات التخطيطية .

مخططات الدوائر *



*الملفات (أ) و (ب) و (ج) و (د) و (و) يمكن أن تكون ملفات ثانوية لمحول أو ملفات العضو الثابت لمولد تيار متردد

ملحوظات :

(١)تكون التـــغـــذية لكل منزل عـــادة أحـــادية الطور باستخـدام خط واحد وموصل محـايد واحد للنظم (أ) أو (ز).

(٢)يتم استخدام منابع الترددات التي تقل عن ٥٠ هرتز ومنابع التيـار المستمـر في مناطق محـدودة فقط. وتوضح الأمثلة المعطاة الاختلاف (تنوع الأشكال) في الاحتمالات الموجودة (المتوفرة).

(٣)المعلومات الخـاصـة بتغـذيات المصانع بجهـد عالٍ غير متوفرة هنا.

(٤)تم إعطاء أكثر من منطقـة واحدة في الدولة لايضاح الاختلافات الموجودة.

(٥) يكون التردد ٥٠ هرتز (المـنطقة الشرقـية) ويكون ٦٠هرتز (المنطقة الغربيـة). ويمر خط التقسيم من الشمال إلـى الجنوب عبر "شيزوكـا" على جزيرة "هونشو" .

(٦) تتم تغـذيـة بعض المناطق النائيـة بـواسطة نظام سلك واحد مع توصيلة عودة مؤرضة(س و ت م).

(٧) عدد قليل فقط من المدن لديه هذه التغذية.

(٨) تشير إلى مقاطعات (مناطق) مناجم معزولة.

(٩) المعلومات غير متوفرة .

(١٠) قيم تمت مراعاتها.

مشتركو المباني السكنية والتجارية:

إن وظيفة موزع "المأخذ الرئيسي" للجهد المنخفض (كابل أرضي أو خط هوائي) هي توفير توصيلات خدمة إلى عدد من المشتركين على امتداد مساره.

يتم حساب متطلبات مقننات التيار للموزعين من عدد المشتركين المراد التوصيل لهم ومتوسط الطلب (للطاقة) لكل مشترك.إن العاملين المحددين الأساسيين لمشترك ما هما:

- الحد الأقصى غير المحدود للتيار الذي يكون قادراً على حمله.
- الحد الأقصى لطول الكابل الذي سوف لن يتجاوز – عندما يحمل الحد الأقصى للتيار – الحد القانوني (التشريعي) للهبوط في الجهد .

هذان القيدان يعنيان أن مقدار الأحمال التي تكون مؤسسات التغذية بالقدرة مستعدة لتوصيلها بالمأخذ الرئيسي لتوزيع الجهد المنخفض لهذه الأحمال يكون بالضرورة محدوداً (مقيداً).

بالنسبة لمدى نظم الجهد المنخفض المشار إليه في الفقرة الثانية من هذا البند الفرعي (١/١) أي: ١٢٠فولت أحادي الطور إلى ٤١٥/٢٤٠ ف ٣– أطوار، يمكن أن تكون نموذجاً للحد الأقصى للأحمال المسموح بها الموصلة بموزع جهد منخفض.

النظام	الحد الأقصى المفترض للتيار المسموح به لكل خدمة مشترك (أمبير) .	ك ف أ
١٢٠ فولت ١–طور ٢–سلك .	٦٠	٧,٢
١٢٠/٢٤٠فولت ١–طور ٢–سلك .	٦٠	١٤,٤
١٢٠/٢٠٨فولت ١–طور ٢–سلك .	٦٠	٢٢
٢٢٠/٣٨٠فولت ١–طور ٢–سلك .	١٢٠	٨٠
٢٣٠/٤٠٠فولت ١–طور ٢–سلك .	١٢٠	٨٣
٢٤٠/٤١٥فولت ١–طور ٢–سلك .	١٢٠	٨٦

الجدول د ٢

*إن القيم الموضحة في الجدول د ٢ تعتبر إرشادية فقط، وهي مبنية (على نحو اختياري) على ٦٠ أ كحد أقصى لتيارات الخدمة بالنسبة للنظم الثلاثة الأولى، نظراً لأنه يسمح بهبوطات أصغر في الجهد عند هذه الجهود المنخفضة، بالنسبة للحد القانوني لنسبة مئوية معينة.

المجموعة الثانية من النظم مبنية (على نحو اختياري مرة ثانية) على ١٢٠ أمبير كحد أقصى لتيار الخدمة المسموح به.

إن الممارسات الفنية تختلف بشكل ملموس من مؤسسة تغذية بالقدرة إلى أخرى، لذا لا يكون بالإمكان إعطاء قيم "موحدة قياسياً" .

وتشتمل العوامل الواجب أخذها في الاعتبار على مايلي:

- حجم موزع موجود يكون من المطلوب توصيل حمل جديد به،
- الحمل الكلي الذي سبق توصيله بالموزع.
- موقع الحمل الجديد المقترح على امتداد الموزع، أي يكون ملاصقاً للمحطة الفرعية أو قريباً من النهاية البعيدة للموزع، الخ.

باختصار، يجب أن تفحص كل حالة على حدة . وتكون مستويات الحمل الواردة أعلاه مناسبة لجميع مشتركي الخدمة العادية، وسوف تكون كافية لتركيبات كثير من المباني الادارية والتجارية والمباني المشابهة.

مشتركون صناعيون ذوو استهلاك متوسط وصغير (ذات خطوط جهد منخفض خاصة مباشرة من محطة فرعية عمومية جهد عالي /جهد منخفض)

يمكن أيضاً أن تتم تغذية متوسطي وصغار المشتركون الصناعيون بشكل مرضٍ عند جهد منخفض.

بالنسبة للأحمال التي تزيد على أقصى حد مسموح به للخدمة من موزع، يمكن عادة توفير كابل مخصص لها من مصهر (أو مفتاح) لوحة توزيع الجهد المنخفض التي تتفرع منها موزعات المآخذ الرئيسية في المحطة الفرعية للجهة المختصة بالتغذية بالقدرة.

وكقاعدة، يكون الحد الأعلى للحمل الذي يمكن تغذيته بهذه الوسيلة مقتصراً فقط على المحول الإضافي المتوفر في المحطة الفرعية. ومن الناحية العملية على أي حال:

- الأحمال الكبيرة (أي لله ٣٠٠ ك ف أ) تحتاج بالتبعية كابلات كبيرة، بحيث يمكن أن تكون هذه الطريقة غير مرغوب فيها من الناحية الاقتصادية– مالم يكن مركز الحمل قريباً جداً من المحطة الفرعية.
- كثيراً من مؤسسات التغذية بالكهرباء تفضل تغذية الأحمال التي تزيد على ٢٠٠ ك ف أ بجهد عالٍ (يتغير هذا الرقم مع المؤسسات المختلفة) .

ولهذه الأسباب ، يتم بصفة عامة استخدام خطوط التغذية الخاصة بجهد منخفض (عند ٢٢٠/٣٨٠ ف حتى٢٤٠/٤١٥ ف) إلى مدى حمل من ٨٠ ك ف أ حتى ٢٥٠ ك ف أ.

ويشكل المشتركون اللذين تتم تغذيتهم عادة بجهد منخفض القئات التالية:

- المنازل السكنية.
- المحلات والمباني التجارية.
- المصانع الصغيرة والورش ومحطات الوقود.
- المطاعم.
- المزارع، إلخ.

٢/١ شبكات توزيع الجهد المنخفض

في المدن والمجمعات الكبيرة تشكل كابلات توزيع الجهد المنخفض الموحدة قياسياً شبكة من خلال صناديق توصيل. ويتم فك بعض التوصيلات، بحيث أن كل موزع (له مصهر) يتفرع من محطة فرعية يشكل نظام دائري مفتوح النهاية وفرعي، كما هو موضح في الشكل د,٣

في الدول الأوروبية تكون مستويات جهد التوزيع ٣ أطوار، ٤ أسلاك القياسية هي ٢٢٠/٣٨٠ ف أو ٢٣٠/٤٠٠ ف أو ٢٤٠/٤١٥ ف. وكثير من الدول تقوم حالياً بتغيير نظم الجهد المنخفض الخاصة بها إلى المواصفة القياسية الأخيرة الصادرة عن الهيئة الدولية الكهروتقنية بحيث يصبح 230/400 ف إسمي (هـ د ك ١٩٨٣/٣٨). وإن التاريخ المستهدف لاستكمال ذلك هو العام ٢٠٠٣,

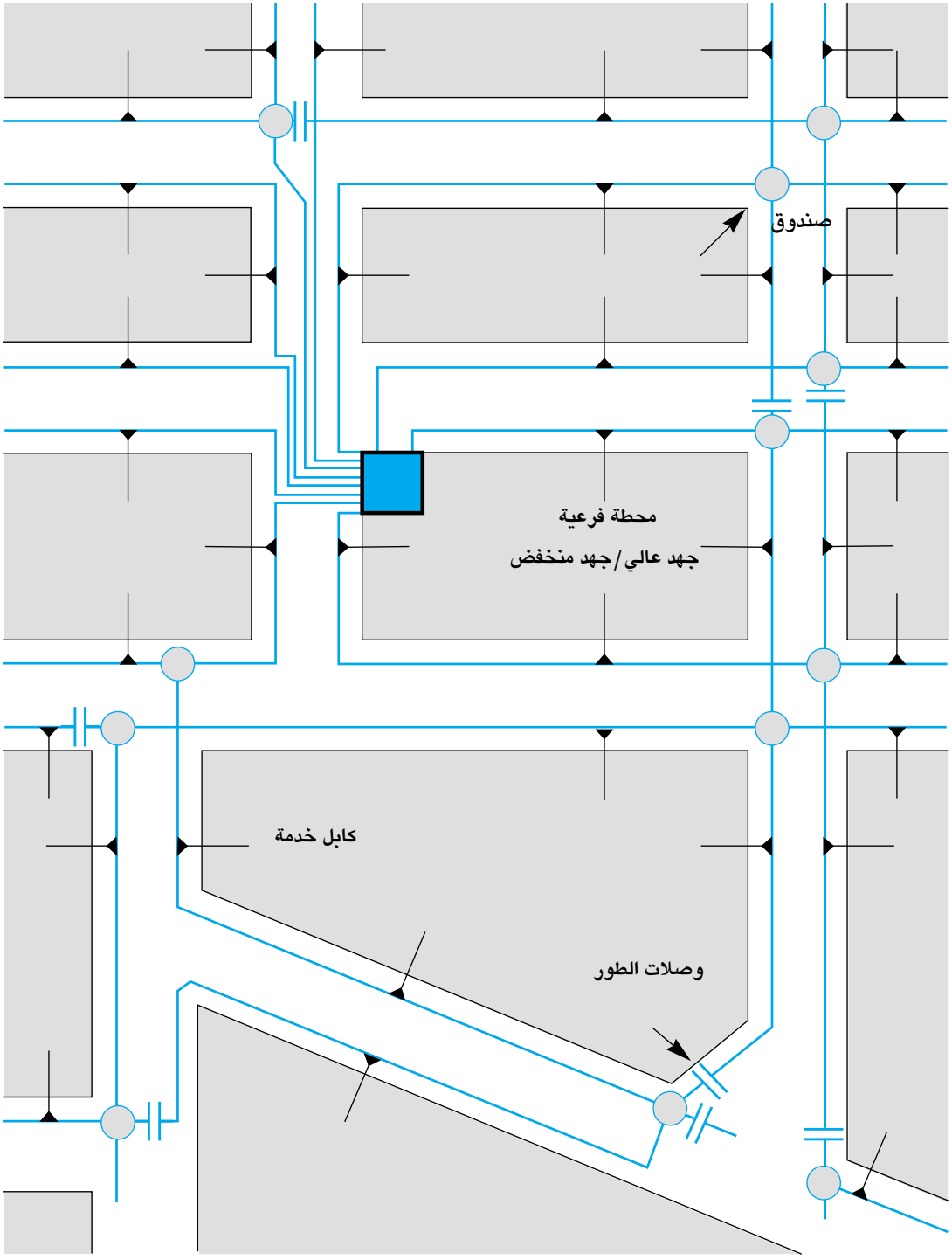
تحتوي المجمعات والمدن المتوسطة والكبيرة الحجم على نظم توزيع ذات كابلات أرضية. إن المحطات الفرعية لتوزيع الجهد العالي / الجهد المنخفض – التي تتباعد عن بعضها بـ ٥٠٠–٦٠٠ متر تقريباً– تكون عادة مزودة بما يلي:

- لوحة مفاتيح جهد عالي ٣ أو ٤ طرق، مؤلفة من مفاتيح قطع الحمل للدخول والخروج مكونة جزءاً من توزيع رئيسي حلقي وقاطع أو قاطعي دائرة جهد عالي أو مجموعة مدمجة من مصهر/مفاتيح قطع الحمل لدوائر المحول.
- محول أو محولين ١٠٠٠ ك ف أ جهد عالي/ جهد منخفض.
- لوحة أو لوحتي توزيع (متقارنتين) ٦ أو ٨ طرق، جهد منخفض ، ٣ أطوار، ٤ أسلاك ذات مصاهر أو لوحات ذات قواطع دائرة بصندوق مشكل "و" التحكم في الوقاية لكابلات التوزيع الخارجة ذات ٤ قلوب ، والتي يشار إليها بصفة عامة بـ "الموزعات". ويتم توصيل خرج محول ما بقضبان توصيل الجهد المنخفض عن طريق مفتاح قطع الحمل أو ببساطة من خلال وصلات عازلة.

وفي المناطق ذات الأحمال الكثيفة، يتم تمديد موزع ذي حجم قياسي ليكوِّن شبكة ، مع كابل واحد (بصفة عامة) على إمتداد كل رصيف (للشارع) "و" صندوق توصيل ذي ٤ طرق واقعاً في غرف تفتيش عند أركان الشارع، حيثما يتقاطع كابلين. وتميل الإتجاهات الحديثة إلى الخزانات (الكبائن) الصامدة للعوامل الجوية فوق سطح الأرض، إما مقابلة لجدار أو متساطحة مع الجدار– حيثما يكون ذلك ممكناً.

ويتم إدخال الوصلات بطريقة ما بحيث تشكل الموزعات دوائر متفرعة من المحطة الفرعية مع فروع مفتوحة النهاية (انظر الشكل د٣). حيثما يضم صندوق توصيل موزع من أحد المحطات الفرعية مع موزع آخر من محطة فرعية مجاورة، يتم إهمال توصيلات الطور أو أن تستبدل بمصاهر، غير أن وصلة المحايد تظل في مكانها.

ويوفر هذا الترتيب نظاماً مرناً جداً يمكن فيه إخراج محطة فرعية كاملة من الخدمة، بينما تتم تغذية المنطقة عادة من صناديق التوصيل للمحطات المحيطة. فضلاً عن ذلك ، يمكن عزل الأطوال القصيرة من الموزع (بين صندوقي وصل) عند تحديد موقع الخطأ والإصلاح.



الشكل د٣: يوضح واحداً من الطرق المتعددة التي يمكن فيها ترتيب شبكة توزيع الجهد المنخفض من أجل تشغيل موزع فرعي شعاعي، عن طريق إزالة وصلات (الطور).

في المناطق الحضرية ذات الأحمال الأقل كثافة، يتم بشكل شائع استخدام نظام أكثر اقتصاداً لتوزيع شعاعي مستدق الطرف (متدرج التضييق)، يتم فيه تقليل مقاس الموصلات كلما زادت المسافة من المحطة الفرعية.

وحيثما تتطلب كثافة الحمل ذلك، تكون المحطات الفرعية أكثر قرباً، وتكون المحولات حتى ١٥٠٠ ك ف أ أحياناً ضرورية.

ويتم استخدام أشكال أخرى من شبكات الجهد المنخفض في المناطق الحضرية – اعتماداً على أعمدة توزيع الجهد المنخفض حرة الوقوف – موضوعة فوق الأرض عند نقاط إستراتيجية في الشبكة، على نطاق واسع في مناطق ذات كثافة أحمال منخفضة. ويوضح هذا المخطط مبدأ الموزعات الشعاعية المخروطية يكون مقاس موصل كابل التوزيع مخفضاً كعدد المشتركين ويكون في هذا المخطط عدد من مغذيات الجهد المنخفض المتفرعة مجزأة أجزاء كبيرة من لوحة التوزيع في المحطة الفرعية كل منها تغذي قضبان التوصيل لعمود توزيع، ويتفرع منها مغذيات أصغر تغذي المشتركين المحيطين مباشرة بالعمود.

ويعتمد التوزيع في المدن والقرى والمناطق الريفية – لسنوات كثيرة– على موصلات نحاسية عارية محمولة على أعمدة خشبية أو خرسانية أو من الصلب، يتم تغذيتها من محولات مركبة على أعمدة أو مركبة فوق الأرض.

هناك طرق محسَّنة باستخدام موصلات مبرومة معزولة لتكوين كابل هوائي وتعتبر الآن ممارسة نموذجية في دول كثيرة.

في السنوات الأخيرة، تم تطوير موصلات معزولة للجهد المنخفض ومبرومة لتكوين كابل ذاتي الدعم ثنائي أو رباعي القلب للاستخدام الهوائي، وتعتبر آمنة ومقبولة من الناحية الجمالية أكثر من الخطوط النحاسية العارية.

ويكون على وجه الخصوص هكذا عندما تكون الموصلات ثابتة على الجدران (أي تحت أفريز التمديدات) حيثما يكون من الصعوبة ملاحظتها.

ومما يجدر ذكره، أنه تم تطبيق مباديء مشابهة عند جهود أعلى وموصلات معزولة محزومة ذاتية الدعم للتركيبات الهوائية للجهد العالي متوفرة حالياً للتشغيل عند ٢٤ كيلو فولت.

وحيثما تتم تغذية قرية من أكثر من محطة فرعية، يتم عمل ترتيبات عند الأعمدة التي تتقابل عليها خطوط الجهد المنخفض الآتية من محطات فرعية مختلفة لربط

الأطوار المتناظرة في أوقات الطوارىء. ويتم ربط موصلات المحايد بشكل دائم.

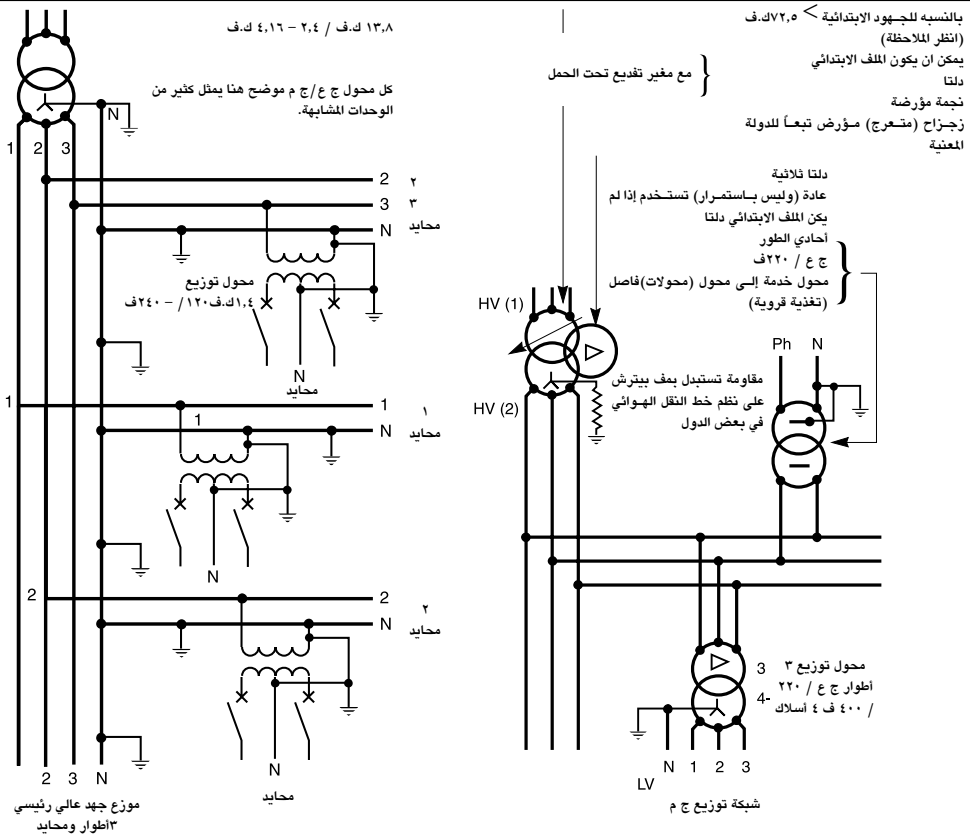
في أوروبا تكون كل محطة فرعية لتوزيع التغذية العامة قادرة على تغذية منطقة عند جهد منخفض تكون مناظرة لنصف قطر حوالي ٣٠٠ متر من المحطة الفرعية.

وتختلف الممارسات الفنية لشمال ووسط أمريكا بشكل أساسي عن تلك الأوروبية، وفيها لا تكون شبكات الجهد المنخفض موجودة من الناحية العملية، كما تكون تغذية المناطق السكنية بتغذية ثلاثية الطور نادرة. ويتم إجراء التوزيع بفعالية بجهد عالٍ بطريقة ما –تختلف أيضاً عن الممارسات الفنية القياسية في أوروبا. ويكون نظام الجهد العالي – في الواقع– عبارة عن نظام ثلاثي الطور ، ٤ أسلاك، تخرج منه موزعات أحادية الطور (موصلي الطور والمحايد) تغذي عدة محولات أحادية الطور، ويكون الملف الثانوي لها بنقطة منتصف لانتاج مغذيات ١٢٠/٢٤٠ فولت أحادي الطور، ٣ أسلاك توفر الموصلات الوسطى محايدات الجهد المنخفض، بحيث تكون هي وموصلات المحايد للجهد العالي مؤرضة تأريضاً صلباً عند مسافات بينية على إمتداد أطوالها.

ويغذي كل محول جهد عالي / جهد منخفض في العادة مبنى أو عدة مباني مباشرة من موقع المحول بواسطة كابل (كابلات) شعاعي أو بواسطة خط (خطوط) هوائي.

توجد نظم كثيرة أخرى في هذه الدول، لكن النظام الموصوف يبدو أنه الأكثر انتشارا. يوضح الشكل (د٤) السمات الأساسية للنظامين.

في أوروبا تكون كل محطة فرعية لتوزيع التغذية العامة قادرة على تغذية منطقة عند جهد منخفض تبعد حوالي ٣٠٠ متر من المحطة الفرعية.
تشتمل أنظمة التوزيع في شمال ووسط أمريكا على شبكة جهد عالي يتفرع منها العديد من محولات جهد عالي/ جهد منخفض (صغير) يغدي كل منها مشتركاً واحداً أو أكثر ، عن طريق كابل (أوخط) خدمة مباشرة من موقع المحول.



(١): ١٢٣ ك .ف.مثلاً .

(٢) : ١١ ك.ف مثلاً .

الشكل د٤: نـظامي نموذج أمـريـكي ونمط أوروبي واسعي الانتشار.

ملحوظة : عند الجهود الابتدائية الأكبر من ٧٢,٥ ك.ف . في المحطات الفـرعيـة الكبيـرة، فإن الممـارسة الفنيـة الشائعـة في بعض دول أوروبا تستخـدم ملف ابتدائي نجمـة مؤرض وملـف ثانوي دلتـا. ثم يتم تزويد نقطة المحايـد على الجانب الثانوي بمفـاعل تأريض متعرج ، توصل نقطة النجمة له بالأرض عن طريقة مقاومة.

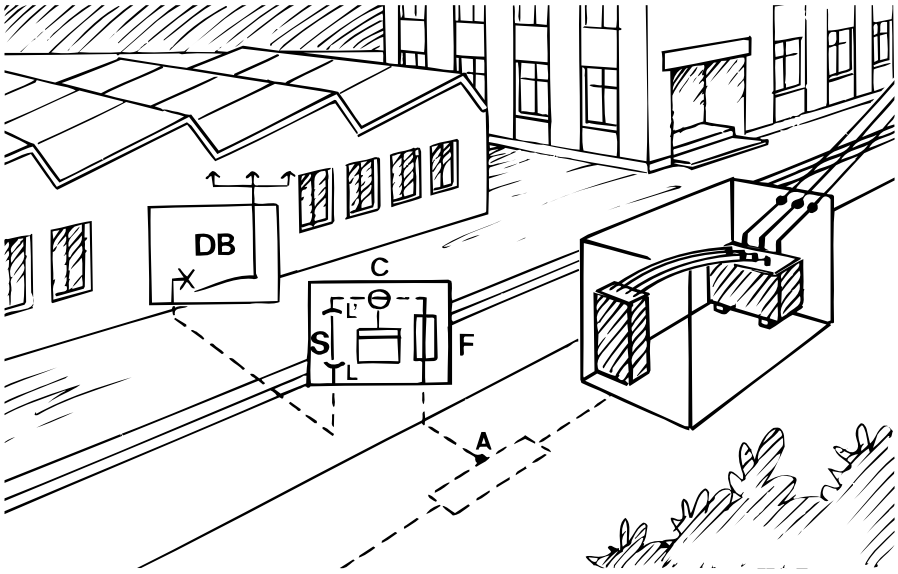
كثـيراً مـا يكون لمفـاعل التأريض ملف ثانوي لـتوفـير تغـذيات جـهد مـنخفض ٣ أطـوار للمحـطة الفرعـيـة. وعندئذ يشار إليها بـ "محول تأريض" .

١/٣ إيصال الخدمة للمشترك

كانت مكونات الخدمة والعدادات تركب في الماضي داخل مبنى المستهلك. أما الاتجاه السائد حديثاً فهو وضع هذه الوحدات خارج المبنى في كبائن لحمايتها من العوامل الجوية.

في الماضي كان تركيب الكابل الأرضي أو الموصلات الحائطية المعزولة يتم من خط خدمة هوائي ، ينتهي غالباً داخل موقع المستهلك، حيث يوجد صندوق إحكام نهاية الكابل ومصاهر الإمداد الرئيسية (لا يمكن الوصول إليها من قبل المستهلك) وأجهزة القياس (العدادات) . أما الاتجاه الأكثر حداثة فهو وضع هذه المكونات (بقدر المستطاع) في علب خارج المبنى. إن نقطة الالتقاء بين جهة الإمداد والمشترك هي غالباً ما تكون عند توصيلات الخروج لجهاز (أجهزة) القياس ، أو في بعض الحالات عند توصيلات الخروج لقاطع الدائرة الرئيسي للتركيبات (حسب ما جرت عليه العادة محلياً) والتي قام بالتوصيل لها المختصون بالإمداد الرئيسي بعد اختبار وفحص التركيبات بشكل مرضٍ.

الشكل رقم (د ٥) يوضح مثالاً لتلك التجهيزات.



الشكل رقم (د ٥): نموذج تجهيز خدمة لنظم مؤرضة TT

أ = وصلة تائية (على شكل حرف T) لكابل الخدمة

ف = مصاهر الإمداد الرئيسي

حـ = معدات القياس

س = وصلة عازلة

د ب = قاطع الدائرة الرئيسي للتركيبات

الـ MCCB التي تحتوي على سمة وقائية حساسة من

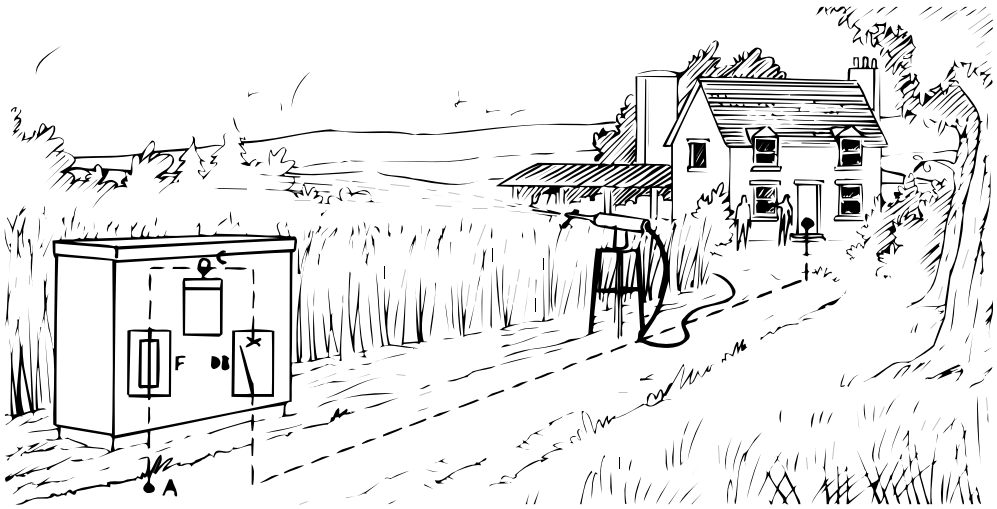
عادة ما تتم تغذية المشتركين عند الجهد المنخفض حسب نظام TN أو TT ،كما هو موضح في القسمين و ، ز . وقاطع الدائرة الرئيسي في التركيبات يجب أن يشتمل على جهاز وقائي ضد التسرب الأرضي للتيار المختلف . وبالنسبة لخدمة الـTN، فيلزم الحماية من التيار الزائد بواسطة قاطع دائرة أو مفتاح ذي مصهر (فيروز) .

تيار متخلف خطأ أرضي تعتبر إلزامية عند أصل أي تركيب منخفض الجهد يشكل جزءاً من نظام تأريض TT.إن السبب في استخدام تلك السمة ومستويات تيار التسرب المتعلقة بها تمت مناقشته في البند ٣ من القسم ز. وسبب آخر لوجود الـ MCCBهو ألا يتمكن المستهلك من تجاوز الحمل الأقصى المقرر له (المتعاقد عليه) ، نظراً لأن وسيلة الاعتاق لجهاز الوقاية من زيادة الحمل ـ والذي يتم إحكام غلقه بمعرفة السلطة المسئولة عن توزيع الكهرباء ـ ستقطع التغذية عن الحمل عندما يزيد التيار على القيمة المحددة (التي سبق التعاقد عليها) . ويكون بإمكان المشترك أن يوصل أو يفصل الـ MCCBبحيث أنه إذا فصل الـ MCCB بشكل غير مقصود عند زيادة الحمل أو خلل بجهاز ما ، فيمكن استعادة التغذية بسرعة بعد إزالة سبب الخلل .

ونظراً للازعاج الذي يحدث للمستهلك وقارئ العداد، فقد أصبحت تلك العدادات تركب في الوقت الحالي بشكل عام خارج المواقع، إما:

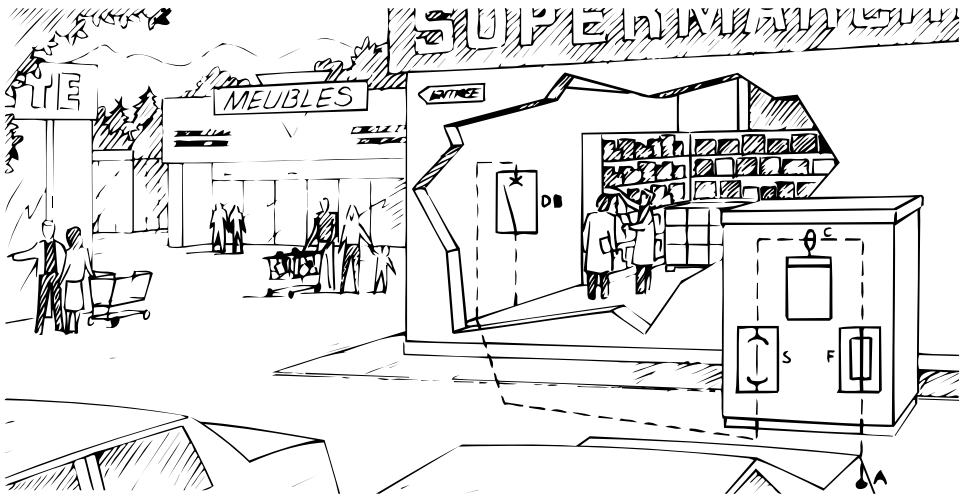
في حيز عمودي قائم بذاته كما هو موضح في الشكلين (د٦) و (د٧).

في حيز داخل مبنى، ولكن مع وجود نهاية الكابل ومصاهر الإمداد الرئيسي في كبائن (صناديق) محمية ضد العوامل الجوية يمكن الوصول إليها من الطريق العام، كما هو موضح بالشكل د٨



الشكل د٦: نموذج للتركيبات في المناطق الريفية

في هذا النوع من التركيبات، يكون من الضروري غالباً وضع قاطع الدائرة الرئيسي للتركيبات على مسافة معينة من نقطة الخدمة. مثلاً مناشير، محطات ضخ، الخ.



الشكل د٧: تركيبات في مناطق شبه حضرية (مناطق التسوق ، الخ)

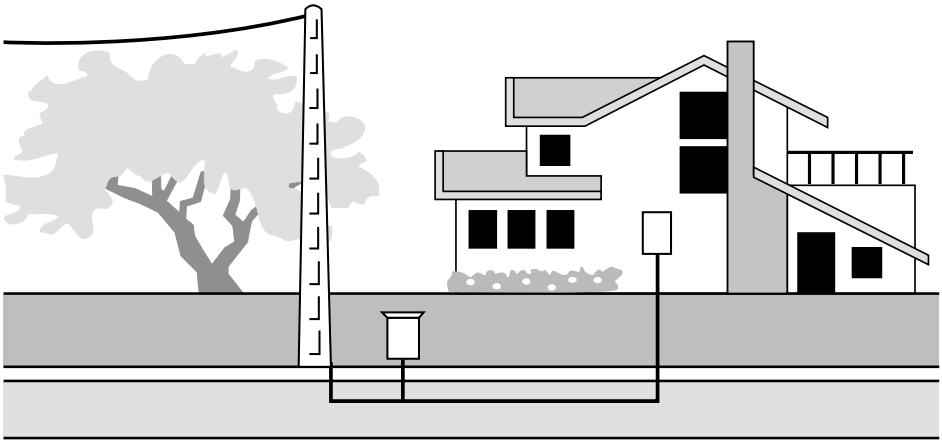
يقع قاطع الدائرة الرئيسي للتركيبات في مبنى المستهلك حيث يتم ضبطه بحيث يتم إعتاقه (فصله) إذا تم تجاوز طلب الحمل المعلن بالكيلو فولت أمبير.

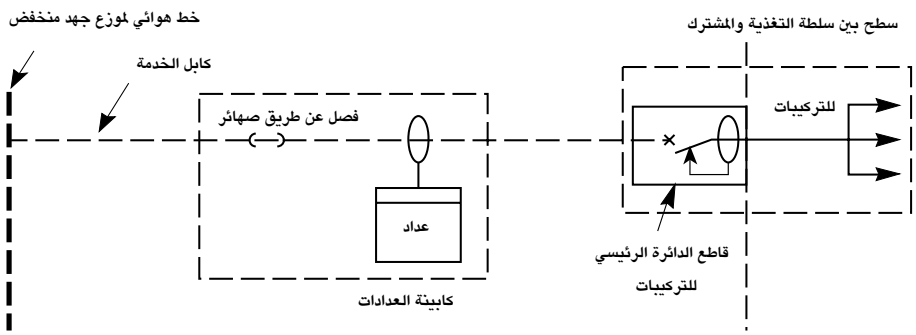
الشكل د٨: تركيبات في مركز (وسط) المدينة

ينتهي كابل الخدمة في لوحة تركب متساطحة مع الحائط تحتوي صهائر عازلة يمكن الوصول إليها من الطريق العام. وتفضل هذه الطريقة لأسباب جمالية، حيث يمكن للمستهلك تأمين عدادات مناسبة ومكان للمفتاح الرئيسي.

■ بالنسبة للمشتركين السكنيين ، يتم تركيب المعدات الموضحة في الكابينة كما هو مبين في الشكل ده في كابينة (لوحة) واقية من العوامل الجوية تركب رأسياً على إطار معدني في الحديقة الأمامية، أو تركب متساطحة على الجدار الحدودي للمبنى (السور الخارجي) ، ويكون مرئياً بالنسبة للعاملين المسئولين من رصيف الشارع. ويوضح الشكل د٩ الترتيب العام الذي تتوفر فيه وسيلة الفصل عن طريق صهائر قابلة للفك.

لقد تطورت التجارب الآن بشكل جيد في مجال العدادات الالكترونية، إذ أن القراءة والتسجيل على بطاقات ممغنطة أصبح الآن ممكناً باستخدام أساليب تقنية المعلومات، وأننا نتوقع بثقة أنه – وبالإضافة إلى القراءة والتسجيل عن بعد – سيكون بالإمكان تعديل هياكل التعرفة لأي عداد من موقع تحكم مركزي، في مواقع يتم ضبطها اقتصاديا.





الشكل د ٩: نموذج لترتيبات خدمة الجهد المنخفض لمشتركين سكنيين .

٤/١ جودة جهد التغذية

إن جودة جهد التغذية لشبكة الجهد المنخفض في أوسع معانيها تعني:

- تحقيق الحدود القانونية لشدة التيار والتردد،
- عدم استمرارية التذبذب في هذه الحدود،
- عدم انقطاع الإمداد بالطاقة، إلا في حالات الصيانة، أو أي حالة طارئة أخرى،
- الحفاظ على شكل موجي جيبي تقريباً.

وفي هذا البند الفرعي سنتناول فقط صيانة شدة الجهد، أما الموضوعات الأخرى فسيتم تغطيتها في الفقرة ٢ من القسم (و).

في معظم البلدان تكون الجهات المختصة بالإمداد بالقدرة ملزمة قانونياً بالحفاظ على مستوى الجهد في موقع خدمة المشتركين عند القيمة الاسمية المعلن عنها بتفاوت قدره ±٥٪ (أو في بعض الحالات ±٦٪ أو أكثر – انظر الجدول د١).

وتوصي اللجنة الدولية الكهروتقنية ومعظم المواصفات الدولية أن يتم تصميم واختبار أجهزة الجهد المنخفض لتعمل بكفاءة حتى حدود ±١٠٪ من الجهد الإسمي. ويسمح ذلك بهامش ـ تحت أسوأ الظروف (–٥٪ عند موضع الخدمة ، على سبيل المثال) لهبوط الجهد في تمديدات الأسلاك مقداره ٥٪.

ويحدث انخفاض الجهد في نظام التوزيع كما يلي:

الجهد في أطراف توصيل الجهد العالي في محول جهد عالي / جهد منخفض يبقى عادة في نطاق ± ٢٪ عن طريق حركة مغيرات مأخذ الحمل للمحولات في محطات التغذية الكبيرة والتي تقوم بتغذية شبكة الجهد العالي من نظام نقل فرعي عالي الجهد.

إذا كان محول الجهد العالي/ الجهد المنخفض في موضع قريب جداً من محطة تغذية فرعية كبيرة الفرعية ، فإن النطاق ±٢٪ قد يتركز على مستوى جهد أعلى من القيمة الاسمية للجهد المرتفع. على سبيل المثال يمكن أن يكون الجهد ٢٠,٥ كيلو فولت ±٢٪ على نظام ٢٠ كيلوفولت. في هذه الحالة فإن مفتاح قاطع دائرة الجهد العالي في المحول يجب أن هبوط الجهد في المحول عند التغذية بالحمل الكامل عند يكون مضبوطاً على الوضع + ٢,٥٪ تفريع .

وعلى العكس، في المواقع البعيدة عن محطات التغذية من المحتمل أن يكون الجهد ١٩,٥ كيلو فولت (٢٪، حيث ينبغي في تلك الحالة ضبط مفتاح التفريع لقاطع الدائرة على الوضع –٥٪.

ويعتبر الاختلاف في مستويات الجهد في نظام ما أمراً عادياً ويعتمد على نمط تدفق الطاقة بالنظام.

فضلاً عن ذلك، فإن هذه الاختلافات في الجهد هي السبب في التعبير بلفظ (اسمي) عند الإشارة إلى جهد النظام.

التطبيق العملي

عند ضبط مفتاح التفريع بالمحول على الوضع السليم فإن جهد الخرج للمحول غير المحمَّل سيبقى في حدود (٢٪ جهد خرجه عند اللاحمل. ولضمان حفاظ المحول على مستوى الجهد اللازم عند التحميل الكامل، فإن جهد الخرج عند اللاحمل يجب أن يكون أعلى ما يمكن دون أن يتجاوز الحد الأقصى وهو +٥٪ (المحدد لهذا المثال).

وفي التطبيقات الحالية تعطي نسب اللفات بشكل عام جهد خرج حوالي١٠٤٪ عند اللاحمل ×، حينما يسلط الجهد الاسمي عند الجهد العالي ، أو حينما يُصَحَّح بواسطة مفتاح التفريع كما هو موضح أعلاه. وهذا سيؤدي إلى نطاق جهد من ١٠٢٪ إلى ١٠٦٪ في الحالة الحالية.

محول توزيع الجهد المنخفض يحتوي على جهد مُفَاعَل دائرة قصر مقداره ٥٪ وإذا كان من المفترض أن يكون جهد المقاومة فيه عُشْر هذه القيمة، فإن *المحولات المصممة لـ ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت ستحتوي على خرج لاحمل ٤٢٠ فولت، أي ١٠٥٪ من الجهد الإسمي .

الحفاظ على معدل جهد كاف في نهايات خدمة العملاء يعتبر أمراً ضرورياً لتعمل المعدات والأجهزة بشكل مرض. وتوضح القيم العملية للتيار والهبوط الناتج في الجهد في نظام للجهد المنخفض، أهمية الحفاظ على معامل قدرة عال كوسيلة لتقليل الهبوط في الجهد.

معامل قدرة يبلغ ٠,٨ متأخر سيكون كالآتي:

نسبة الهبوط في الجهد٪ =

المقاومة المادية (R) ٪ x جتا φ +

المقاومة الحثية (X) ٪ x جـا φ

= ٠,٥ x ٠,٨+ x٥ ٠,٦

= ٠,٤ + ٣ = ٣,٤ ٪

وبالتالي، فإن نطاق الجهد عـند نهايات الخرج للمحول الذي تم تحميله بالكامل سيكون

(١٠٢ – ٣,٤) = ٩٨,٦٪ إلى (١٠٦–٣,٤) = ١٠٢,٦٪.

وعلى ذلك يكون أقـصى هبوط مـسمـوح به في الجهـد عبر أي موزِّع هو

٩٨,٦ – ٩٥ = ٣,٦٪

وهذا يعني عـمليـاً أن كـابل توزيع مـتـوسط الحـجم ٢٣٠ / ٤٠٠ فـــولت ثلاثي الـطور رباعي الأســـلاك ذا موصلات نحاسية ٢٤٠مم٢ يمكن أن يوفر حملاً إجمالياً يبلغ ٢٩٢ كيلو فولت أمبيـر عند معامل قدرة يبلغ ٠,٨ مـتأخـر ، موزعـة بالتـساوي عـلى طول ٣٠٦ متـر من الموزع.

وكـبـديـل ، يمكن إمـداد نـفس الحـمل في مـواقع أحـد المسـتهلكين على مـسـافة ١٥٣ مـتر من المحـول، لنفس الهبوط في الجهد، وهكذا...

والحقيقة أن أقصى مقنن للكابل ، على أساس الحسابات بالمواصـفـة IEC 287 (1982)هو ٢٩٠ كـيلو فـولت أمبير، وبالتالي فـإن هامش الـ٣,٦٪ ليس مقيداً، بمعنى أنه يمكن التحميل الكامل لـلكابل لمسافات مطلوبة عادة في نظم توزيع الجهد المنخفض.

علاوة على ذلك ، فإن مـعامل القدرة ٠,٨ متأخر يعـتبر ملائماً للأحمال الصناعية.

في المناطق الصناعـية المخـتلطة تعتـبر النسـبة ٠,٨٥ أكثـر شيـوعاً، بينما تسـتخـدم النسبة ٠,٩ بـشكل عام للحسـابات المتعلقـة بالمناطق السكنية، وعـلى ذلك فإن الهبـوط في الجهد المشـار إليه أعلاه يعـتبر مـثالاً على "الحالة الأسوأ".

لا توجد محاولة في هذا الدليل لمناقشة رسوم معينة، حيث أنه يبدو أن هناك من تراكيب الرسوم المختلفة بقدر ما هناك سلطات توزيع.

وبعض هذه الرسوم معقد جداً في تفاصيله ولكنها جميعاً تشترك في بعض العناصر الأساسية وفي أنها تهدف إلى تشجيع المستهلكين للاقتصاد في استهلاكهم للقدرة بشكل يعمل على تقليل نفقات سلطة التوزيع من حيث توليد ونقل وتوزيع القدرة.

هناك طريقتان أساسيتان لتقليل تكاليف التغذية بالقدرة إلى العملاء، وهما:

- تقليل فاقد القدرة في عملية توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية. ويمكن تحقيق أقل فاقد في نظام القدرة حين تعمل كل أجزاء النظام عند معامل قدرة موحد.
- التقليل من الطلب على القدرة وقت الذروة، مع رفع الطلب في أوقات الحمل المنخفض، وبالتالي استخدام وحدة التوليد بشكل أكبر، وتقليل الزائد عن الحاجة بالوحدة.

خفض الفاقد

على الرغم من أن الحالة المثالية المشار إليها في الاحتمال الأول المذكور أعلاه من غير الممكن تحقيقها في الواقع ، إلا أن العديد من أشكال الرسوم تعتمد أساساً على الطلب للكيلو فولت أمبير بالإضافة إلى ما تم استهلاكه بالكيلو واط ساعة .

وحيث أن أدنى قيمة للكيلو فولت أمبير، لحمل معين من الكيلو واط، تحدث عند معامل قدرة موحد، فبإمكان المستهلك خفض قيمة الفاتورة باتخاذ خطوات لتحسين معامل قدرة الحمل (كما هو موضح في القسم هـ) .

وتعتبر طريقة الطلب للكيلو فولت أمبير المستخدمة بشكل عام في تحصيل الرسوم هي أعلى طلب للكيلو فولت أمبير خلال فترات محددة (بشكل عام ، على فترات ١٠، ٣٠، ٦٠ رقيقة) واختيار أعلى هذه القيم.

هذا المبدأ (القاعدة) مشروح فيما بعد تحت عنوان "مبدأ المعايرة على أساس أعلى طلب على الكيلو فولت أمبير".

خفض الطلب على القدرة وقت الذروة

أما الهدف الثاني، فهو التقليل من الطلب على القدرة وقت الذروة ورفع الطلب في أوقات الحمل المنخفض، فقد أوصل إلى نظام رسوم يوفر خفضاً كبيراً في تكاليف الطاقة في:

- ساعات معينة من اليوم،
- فترات معينة من العام.

وأبسط مثال على ذلك هو أن يكون لدى المستهلك المحلي سخان ماء (أو سخان هواء.. الخ). ويحتوي العداد على خانتين رقميتين للتسجيل واحدة منها تعمل خلال النهار والأخرى خلال الليل (يعتمد الغلق والفتح فيهما على جهاز توقيت).

يقوم مفتاح تلامس، يعمل بنفس جهاز التوقيت، بغلق دائرة سخان الماء، حيث يظهر استهلاكها حينئذ على خانة الاستهلاك الأقل سعراً. ويمكن فتح أو غلق السخان في أي وقت من اليوم حسب الرغبة، ولكن سيكون القياس والمحاسبة حينئذ على أساس المقنن العادي.

وكبار المستهلكين في مجال الصناعة قد يكون لهم ٣ أو ٤ مقننات تطبق في أوقات مختلفة من اليوم، ونفس العدد لأوقات مختلفة من العام.

وفي مثل هذه الأنماط فإن نسبة التكلفة لكل كيلو واط في الساعة خلال فترة الطلب وقت الذروة للعام، ونسبة التكلفة في فترة أدنى حمل قد تصل إلى ١:١٠.

العدادات

من المسلم به أن استخدام الأجهزة والمعدات ذات الجودة العالية يعد ضرورياً لاستخدام هذا النوع من العدادات، عند استخدام المعدات الكهروميكانيكية التقليدية.

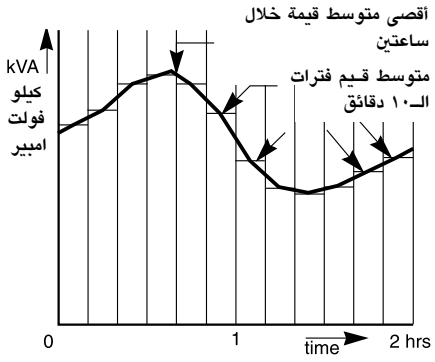
إن التطورات الحديثة في العدادات الإلكترونية والمعالجات الدقيقة (الميكروبروسيسور) بالإضافة إلى التحكم بالتموجات (عالية التردد)× من مركز تحكم سلطة الإمداد (لتغيير توقيتات الذروة على مدار العام ، ...الخ)، تستخدم حالياً بالفعل وتسهل بشكل ملحوظ تطبيق المباديء المذكورة.

*التحكم بالتموجات هو نظام إشارة يتم فيه دفع تيار تردد صوتي (غالباً عند ١٧٥ هيرتز) في الخطوط الرئيسية للجهد المنخفض عند محطات ملائمة. ويتم دفع الإشارة كنبضات مشفرة، حيث تقوم المرحلات المضبوطة على تردد الإشارة والتي تتعرف على الشفرة المعينة، بالعمل لبدء المهمة (الوظيفة) المطلوبة. وبهذه الطريقة، تتوافر ما يقرب من ٩٦٠ إشارة تحكم متميزة.

في معظم البلدان تعتمد رسوم معينة، كما أشرنا سابقاً، بشكل جزئي على الطلب للكيلو فولت أمبير، بالإضافة إلى الاستهلاك بالكيلو واط ساعة خلال فترات الاستهلاك (كل ثلاثة شهور غالباً).

وأقصى طلب يسجله العداد يعتبر في الواقع أعلى متوسط طلب كيلو فولت أمبير تم تسجيله لفترات لاحقة خلال فترات الاستهلاك.

ويوضح الشكل رقم د١٠ نموذج منحنى طلب كيلو فولت أمبير خلال فترة مدتها ساعتان مقسمة إلى فترات لاحقة مدة كل منها ١٠ دقائق. ويقيس العداد متوسط قيمة الكيلو فولت أمبير خلال كل فترة ١٠ دقائق من تلك الفترات.



الشكل رقم د ١٠: الحد الأقصى لمتوسط قيمة الكيلو فولت أمبير خلال فاصل زمني قدره ساعتين .

مبدأ قياس أقصى طلب بالكيلو فولت أمبير

يعتبر نظاما الكيلو فولت أمبير ساعة والكيلو واط ساعة متشابهين في كافة الأساسيات ولكن تم تعديل علاقة طور الجهد والتيار ليتم قياس الكيلو فولت أمبير ساعة بفاعلية.

وبالإضافة إلى ذلك، وبدلاً من وجود عدة خانات عشرية بالعداد، كما هو الحال في عدادات الكيلو واط ساعة التقليدية، فإن هذا الجهاز يحتوي على مؤشر دوّار. وحينما يدور المؤشر فإنه يقيس الكيلو فولت أمبير ساعة ويدفع أمامه مؤشراً دليلياً أحمر اللون.

وبعد مرور ١٠ دقائق يكون المؤشر قد تحرك مسافة معينة على القرص (تم تصميمه بحيث لا يمكن أن يكمل دورة كاملة خلال ١٠ دقائق) ليعود تلقائياً مرة أخرى إلى وضع الصفر ليبدأ فترة أخرى مدتها ١٠ دقائق.

يبقى المؤشر الأحمر في الوضع الذي وصل إليه بواسطة مؤشر القياس ويعتبر هذا الوضع مناظراً لعدد الكيلو فولت أمبير في الساعة، الذي تم استهلاكه خلال ١٠ دقائق.

وبدلاً من أن يتم ترقيم القرص بالكيلو فولت أمبير ساعة عند هذه النقطة، يمكن ترقيمه بوحدات متوسط الكيلو فولت أمبير.

والأرقام التالية ستوضح المسألة. على فرض أن النقطة التي وصل إليها المؤشر الأحمر تناظر ٥ كيلو فولت أمبير ساعة. من المعلوم أن كمية متغيرة من الكيلو فولت أمبير من القدرة الظاهرة كانت تتدفق لمدة ١٠ دقائق،

أي $\frac{١}{٦}$ ساعة .

إذاً لو قسمنا ٥ كيلو فولت أمبير ساعة على عدد الساعات، يكون ناتج القسمة هو متوسط قيمة الكيلو فولت أمبير خلال هذه الفترة. وبالتالي يكون متوسط الكيلو فولت أمبير لهذه الفترة:

$٥ \times \frac{١}{٦/١} = ٥ \times ٦ = ٣٠$ كيلو فولت أمبير ويتم ترقيم كل نقطة حول القرص

بنفس الطريقة، بمعنى أن رقم متوسط الكيلو فولت أمبير سيكون ستة أضعاف قيمة الكيلو فولت أمبير ساعة عند أي نقطة.

ويمكن تطبيق مفهوم (طريقة) مماثل على أي تقسيم زمني آخر.

عند نهاية فترة الاستهلاك، سيكون المؤشر الأحمر عند أعلى متوسط قيم تم بلوغها (تسجيلها) خلال فترة الاستهلاك. عند بداية كل فترة استهلاك جديدة، يعود المؤشر الأحمر إلى نقطة الصفر.

ويجرى استبدال العدادات الكهروميكانيكية من النوع المشار إليه بشكل واسع بالمعدات الإلكترونية.

وقاعدة (أسلوب) القياس الأساسية التي تعتمد عليها تلك العدادات الإلكترونية هي نفسها التي تم شرحها أعلاه.

١/١ طبيعة الطاقة المفاعلة

تمدنا أنظمة التيار المتردد بنوعين من الطاقة

- قدرة فعالة يتم قياسها بالكيلوات / ساعة (ك و س). والذي يتم تحويلها إلى عمل ميكانيكي، أو حراري أو ضوئي.. الخ..
- قدرة غير فعالة (مفاعلة) والتي تأخذ بدورها شكلين:
  - قدرة مفاعلة (عاطلة) تتطلبها الدوائر الحثية (المحولات، المحركات.. الخ).
  - قدرة فعالة (متفاعلة) والتي تتطلبها الدوائر السعوية (مثل الكابلات السعوية والقدرات السعوية، الخ..).

تقوم جميع الآلات الحثية الكهربائية والمولدات الحثية (مثل المولدات الكهرومغناطيسية) وجميع الأجهزة التي تعمل على التيار المتغير بتحويل الطاقة الكهربائية المتولدة من مولدات الطاقة إلى عمل ميكانيكي وحراري (طاقة ميكانيكية وحرارية). وهذه القدرة تقاس بعدادات (كيلووات ساعة " ك و س"). ويشار إليها بالطاقة النشطة أو الطاقة الفعالة. ولكي يتم القيام بهذا التحويل لابد من تولد مجال مغناطيسي في الماكينات المحركات)، (وهذه المجالات تكون مصحوبة بصورة أخرى من صور الطاقة تستمدها من أنظمة الطاقة وتعرف باسم الطاقة المفاعلة. أو الطاقة غير الفاعلة .

وسبب ذلك هو أن المحطة الحثية تستوعب الطاقة دوريا من النظام (أثناء بلوغ المجال المغناطيسي ذروته) ثم يعاد حقن هذه الطاقة إلى النظام (عند انهيار أوتلاشي المجال المغناطيسي وهكذا مرتين في كل دورة تردد للطاقة) .

وتأثير المولد الدوار هو القيام بمهمة التبطئة خلال جزء من الدورة ثم زيادة السرعة خلال الجزء الآخر من الدورة.

أما إزدواجية التدوير النابضة فتنطبق تماما على المنوبات (المولدات) الأحادية الطور أما في المنوبات (المولدات) ثلاثية الطور يتم إلغاء التأثير تبادليا في الأطوار الثلاثة، وذلك لأن القدرة العاطلة "المفاعلة" التي يتم توليدها في واحد أو أثنين من الأطوار تكون مماثلة تماما للطاقة العائدة في الطورين أو الطور الآخر من النظام المتوازن، وهكذا تكون النتيجة النهائية هي (صفر) وهو متوسط الحمل على المولد بمعنى أن الطاقة المفاعلة هي طاقة (عاطلة).

وهناك ظاهرة مشابهة تماما تحدث مع عناصر مكثف التوازي في أنظمة الطاقة. مثل الكابلات السعوية أو طبقات المواسعات الخ... وفي هذه الحالة يتم تخزين الطاقة على هيئة طاقة كهربائية ساكنة . ودورة الشحن والتفريغ في وحدة المواسعات تعمل على مولدات النظام بنفس الطريقة تماما مثلما سبق وصفه آنفا في المحطة الحثية، إلا أن تدفق التيار من وإلى وحدة المواسعات يكون على درجة مخالفة تماماً للمحطة الحثية (الوحدة الحثية).

وهذه الصورة تعتبر الأساس التي تعتمد عليها خطط التطوير. ويجب الملاحظة أن التيار العاطل (الطاقة المفاعلة) للحمل الكهربائي لا تقوم بسحب تيار من النظام ولكنها تضيع أو تبدد الطاقة أثناء نقلها وتوزيعها وذلك عن طريق تسخين الموصلات.

وفي أنظمة القدرة العملية، تعد مركبات القدرة المفاعلة لأحمال التيار تعد ثابتة وغير متغيرة. بينما تكون المقاومة الظاهرية لنقل القدرة الكهربائية وأنظمة التوزيع تكون باستمرار طاقة عاطلة (مفاعله).

والإئتلاف (التركيب) بين التيار الحثي الذي يمر من خلال المفاعلة الحثيه يولد أسوء حالات ممكنة من انقطاع الجهد (بمعنى في الطور الأحادي المباشر والمضاد لنظام الجهد).

ولهذه الأسباب يعني:

- فقدان القدرة أثناء نقلها.
- هبوط الجهد.

تقوم سلطات إمداد الطاقة بتقليل القدرة العاطلة (المفاعلة) بأقصى وسيلة ممكنة.

والتيار العاطل "المفاعلة". له تأثير عكسي على مستويات الجهد ويسبب ارتفاع الجهد في أنظمة الطاقة.

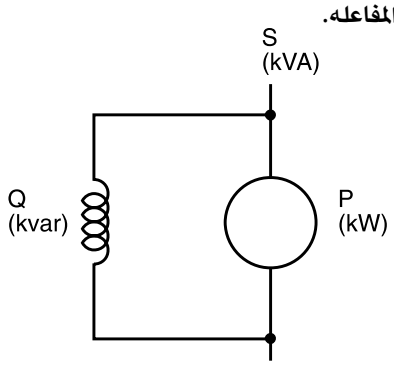
القدرة المصاحبة للتيار الفعال (كيلو وات) يرمز لها دائما بالحرف .(P).

القدرة المفاعلة (العاطلة) يرمز لها دائما بالحرف .(Q).

القدرة الحثية المفاعلة تكون كمية ايجابية .(+Q).

الطاقة السعوية المفاعلة دائما ما توضح على أنها كمية سالبة .(-Q).

والبند ١ . ٣ يوضح العلاقة بين .S,Q,P حيث Sتمثل القدرة الظاهرية والشكل هـ ١ يوضح القدرة الظاهرة KVA وهي مجموع الكميات الموجهة من الكيلوات في القدرة النابضة الفعاله، KVA، للقد.رة المفاعله.



شكل هـ١: متطلبات محرك كهربائي من القدرة الفعالة P، والقدرة المفاعلة Qمن نظام القدرة

٢/١ المنشأة والأجهزة التي تتطلب تياراً مفاعلاً

أجهزة المصنع التي تتطلب طاقة مفاعلة

تتطلب كافة المنشآت والأجهزة التي تشتمل على أجهزة كهرومغناطيسية أو تعتمد على ملفات متقارنة مغناطيسياً، درجة من التيار المفاعل لإيجاد تدفق مغناطيسي.

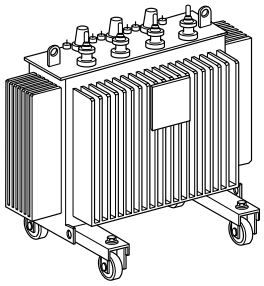
إن معظم أجهزة هذا النوع هي المحولات والمفاعلات والمحركات ومصابيح التفريغ (أي كابحاتها).

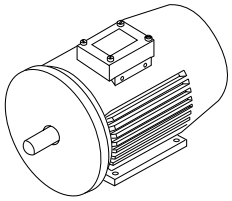
تتنوع نسبة القدرة المفاعلة (كيلو فولت– أمبير مفاعل) بالنسبة للقدرة الفعالة (كيلو وات) عندما يتم تحميل جهاز ما بالمصنع طبقاً لنوع الجهاز المعني.

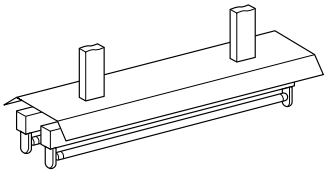
- ٦٥–٧٥٪ بالنسبة للمحركات اللامتزامنة.
- ٥–١٠٪ بالنسبة للمحركات المتزامنة .

ويمكن تغيير معامل القدرة الذي يعمل عنده المحرك المتزامن وذلك بتعديل تيار الإستثارة. ويمكن تشغيل هذه الأجهزة عند معاملات قدرة متخلفة (أقل استثارة) أو معاملات قدرة رئيسية (عالية الاستثارة). وبالنسبة للحالة الأخيرة، يشار أحياناً إلى المحرك المتزامن بـ "مكثف متزامن".

وقبل تطور تقنية المكثفات بقدر يكفي لضمان تحقيق أكبر قدر من موثوقية المكثفات الحديثة، فقد شاع استخدام المكثفات المتزامنة داخل نظم النقل لتوفير تعويض للقدرة المفاعلة لتحقيق الأداء الأمثل للنقل تحت ظروف أحمال متغيرة.







شكل هـ ٢: الأجهزة التي تستهلك القدرة والتي تحتاج إلى طاقة مفاعلة.

هـ

٣/١ معامل القدرة

معامل القدرة هو نسبة الكيلووات إلى الكيلو فولت – أمبير. كلما اقترب معامل القدرة من أقصى قيمة ممكنة له ١، كلما زاد إنتفاع كل من المستهلك والمورد.

$$\text{معامل القدرة} = \varphi \text{ جتا} = \frac{P(kw)}{S(kVA)}$$

حيث : P = القدرة الفعالة (كيلو وات)

S= القدرة الظاهرية

تعريف معامل القدرة

إن معامل القدرة لحمل ما والذي يمكن أن يكون جهازاً واحداً مستهلكاً للطاقة أو عدداً من الأجهزة (على سبيل المثال تركيبات بكاملها)، يمكن حسابه بـ P/S أي كيلو وات مقسوماً على كيلو فولت أمبير عند أية لحظة معينة.

وتتراوح قيمة معامل القدرة بين صفر إلى واحد.

يوضح الرسم البياني بالشكل هـ٣ أن النسبة المذكورة أعلاه تعطي قيمة الـ جتا لإزاحة الزاوية بين قيمة الكيلو وات وقيمة الكيلو فولت أمبير. ويرمز عادة لهذه الزاوية بالرمز φ

حيث معامل القدرة = جتا φ.

تعتمد دقة هذا التكافؤ على مدى غياب التيارات والجهود التوافقية بالنظام. يُفترض غالباً أن تكون هذه الآثار ضئيلة، لذا تعتبر جتا φ ومعامل القدرة متكافئان، لكافة الأغراض العملية. يُعنى بمعامل القدرة القريب من الوحدة أن الطاقة المفاعلة صغيرة بالمقارنة مع الطاقة الفعالة في حين تشير القيمة المنخفضة لمعامل القدرة إلى العكس.

إن كميات القدرة كيلو أمبير وكيلو فولت أمبير مفاعل ذات دالات تردد مزدوجة ولا يمكن تمثيلها على رسم بياني لمتجه بسيط. ولكن يمكن الحصول على رسم بياني ثابت لهذه الكميات (شكل هـ٣)، لتوفير تمثيل بصري بمساعدة الرسم البياني للمتجه الحقيقي لمكونات التيار وجهد الطور الواحد (شكل هـ٤). ونظراً لأن كميات القدرة في الرسم البياني لها إتجاه وقيمة، فإنه يشار إليها بـ "متجهات"

الرسم البياني لمتجه القدرة

القدرة الفعالة () (Pبالكيلو فولت)

- أحادي الطور (١ طور ومحايد)

القدرة الفعالة = جتا φ VI

- أحادي الطور (طور إلى طور)

القدرة الفعالة = جتا φ UI

- ثلاثي الطور (٣ أسلاك أو ٣ أسلاك +محايد)

القدرة الفعالة = √٣ جتا φ UI

القدرة المفاعلة (Q)بالكيلو فولت أمبير مفاعل)

- أحادي الطور (١ طور ومحايد)

القدرة المفاعلة = جا φ VI

- أحادي الطور (طور إلى طور)

القدرة المفاعلة = جا φ UI

- ثلاثي الطور (٣ أسلاك أو ٣ أسلاك +محايد)

القدرة المفاعلة = √٣ جا φ* UI

القدرة الظاهرية (S)بالكيلو فولت أمبير)

- أحادي الطور (١ طور ومحايد)

القدرة الظاهرية = VI

- أحادي الطور (طور إلى طور)

القدرة الظاهرية = UI

- ثلاثي الطور (٣ أسلاك أو ٣ أسلاك +محايد)

القدرة الظاهرية = √٣ UI

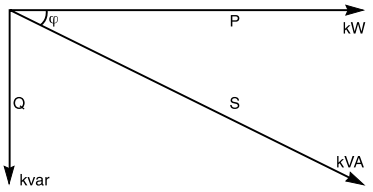
حيث:

V= الجهد بين الطور والمحايد

U= الجهد بين الأطوار

S= القدرة الظاهرية: √(قدرة فعالة٢ + قدرة مفاعلة٢)

*بالنسبة للأحمال المتزنة وشبه المتزنة في النظم ذات الأربعة أسلاك.



شكل هـ٣: مخطط القدرة

P= القدرة الفعالة

Q= القدرة المفاعلة

S= القدرة الظاهرية

متجهات الجهد والتيار وإشتقاق الرسم البياني للقدرة

إن الرسم البياني لمتجه القدرة مفيد حيث يتم أُشتقاقه مباشرة من الرسم البياني لمتجه التدوير الحقيقي للتيارات والجهود كما يلي:

تُؤخذ جهود نظام القدرة ككميات مرجعية ويعتبر الطور الواحد فقط مهماً في حالة إفتراض وجود تحميل ثلاثي الطور متوازن.

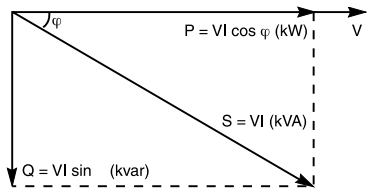
يتزامن جهد الطور المرجعي (V)مع المحور الأفقي ويقوم التيار (I)لهذا الطور بتأخير الجهد بزاوية φ لكل أحمال النظام.

إن مركبة التيار (I) والمتطابقة مع الجهد (V) لهي المركبة الفاعلة للتيار وتساوي I COS φ بينما أن VICOSφ) تكون هي القدرة الفاعلة (KW) في الدائرة إذا كان الجهد (V) معبر عنه بالكيلو فولت (KV).

إن مكون التيار (I) الذي يتخلف ٩٠ درجة خلف (V) هو مكون عديم الواط للتيار (I) ويساوي ISinφ في حين أن VISinφ يساوي القدرة المفاعلة (بالكيلو فولت أمبير مفاعل) في الدائرة إذا كان V معبر عنه بالكيلو فولت.

وإذا ضُرب المتجه (I) في (V) معبر عنه بالكيلو فولت، فإن VI يساوي القدرة الظاهرية (بالكيلو فولت أمبير) للدائرة.

إن قيم الكيلو وات والكيلو فولت أمبير مفاعل والكيلو فولت أمبير لكل طور عند ضربها في ٣، يمكن أن تمثل العلاقات بين الكيلو فولت أمبير غير الفاعله والكيلو وات والكيلو فولت أمبير ومعامل القدرة لمجمل حمل ثلاثي الطور إجمالي كما هو موضح في الشكل هـ٣



شكل هـ٤: التيار والرسم البياني لمتجه الجهد لكل طور

٤/١ ظا ϕ (tan ϕ)

تعتمد بعض هياكل التعرفة الكهربائية جزئياً على هذا العامل الذي يوضح قيمة القدرة المفاعلة المزودة لكل كيلو وات. إن القيمة المنخفضة لـ tan ϕ تناظر معامل قدرةٍ ما مرتفع وفاتورة إستهلاك كهربائية مقبولة.

قدرة مفاعلة (كيلو فولت أمبير غير فعال)

$$\tan \phi = \frac{Q(kvar)}{P(kw)}$$

٥/١ قياس عملي لمعامل القدرة

يمكن قياس معامل القدرة جتا ϕ (أو $\cos\varphi$) إما:

- عن طريق عداد قياس جتا φ ذي القراءة المباشرة لتحديد القيمة اللحظية أو
- عداد قياس تسجيل الفولت أمبير غير الفاعل والذي يسمح بالتسجيل لمدة زمنية مرغوبة لكل من التيار والجهد ومعامل القدرة. وتعتبر القراءات المأخوذة لفترة زمنية مطولة وسيلة مفيدة لتقدير متوسط قيمة معامل القدرة للتركيبات.

٦/١ قيم عملية لمعامل القدرة

مثال لحسابات القدرة

نوع الدائرة	القدرة الظاهرية S (KVA)	القدرة الفعالة P (kw)	القدرة غير الفعالة Q (kvar)
أحادي الطور (طور ومحايد)	S = VI	P = VI cosφ	Q = VI sin φ
أحادي الطور (طور إلى طور)	S = UI	P = UI cosφ	Q = UI sin φ
مثال حمل ٥ ك وات جتا ϕ = ٠,٥	10 KVA	5 KW	8.7 kvar
ثلاثي الطور- ثلاثي الأسلاك أو ثلاثي الأسلاك + محايد	S = √3 UI	P=√3 UI cosφ	Q=√3 UI sinφ
مثال محرك Pn = 51 KW جتا = ٠,٨٦ كفاءة المحرك = ٠,٩١	65 KVA	56 KW	33 kvar

جدول هـ ٥- مثال لحسابات القدرة الفعالة والمفاعلة

إن حسابات النموذج ثلاثي الطور المذكور أعلاه هي كما يلي:

Pn = قدرة عمود الإدارة = ٥١ ك وات

P = القدرة الفعالة المستهلكة =

قدرة عمود الادارة (pn) ٥١

كفاءة المحرك ρ ٠,٩١ = ٥٦ كيلو وات

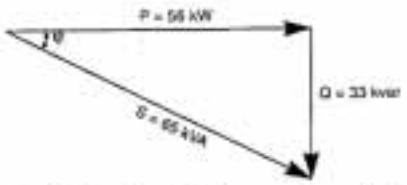
القدرة الظاهرية (S) =

القدرة الفعالة (P) P

جتا φ = ٠,٨٦ = ٦٥ كيلو فولت أمبير

لذلك، مع الإشارة إلى الجدول هـ٢٠ أو باستخدام آلة حاسبة فإن قيمة ظا φ المناظرة لقيمة جتا ϕ ٠,٨٦ تكون ٠,٥٩.

القدرة المفاعلة(Q) = القدرة الفعالة × ظا φ = ٥٦×٠,٥٩ = ٣٣ كيلو فولت أمبير مفاعل .



شكل هـ٦: رسم بياني لحساب القدرة

إضافة ألى المعلومات الأخرى، فإن الجدول هـ ٢٠ يعطي قيم tan, cos لزوايا معينة.

هـ

أو بطريقة أخرى:

القدرة المفاعلة = $\sqrt{\text{القدرة الظاهرية}^2 - \text{القدرة الفعالة}^2}$ = $\sqrt{(٦٥)^2 - (٥٦)^2}$ = ٣٣ كيلو فولت أمبير غير فعالة.

متوسط قيم معامل القدرة للمنشآت والمعدات والأجهزة الشائعة الاستخدام.

المنشأة و الأجهزة			cos φ	tan φ
عام	محمل عند	%٠	٠,١٧	٥,٨٠
محاثة		%٢٥	٠,٥٥	١,٥٢
محرك		%٥٠	٠,٧٣	٠,٩٤
		%٧٥	٠,٨٠	٠,٧٥
		%١٠٠	٠,٨٥	٠,٦٢
■ مصابيح ذات فتيلة			١,٠	٠
■ مصابيح فلورسنت (غير مكافأة)			٠,٥	١,٧٣
■ مصابيح فلورسنت (مكافأة)			٠,٩٣	٠,٣٩
■ مصابيح تفريغ			٠,٤ – ٠,٦	٢,٢٩ – ١,٣٣
■ أفران تستخدم عناصر مقاومة			١,٠	٠
■ أفران تسخين محاثة (مكافأة)			٠,٨٥	٠,٦٢
■ أفران تسخين من النوع العازل كهربائياً			٠,٨٥	٠,٦٢
■ ماكينات لحام من النوع المقاوم			٠,٨ – ٠,٩	٠,٧٥ – ٠,٤٨
■ مجموعة لحام قوس كهربائي أحادي الطور مثبت			٠,٥	١,٧٣
■ مجموعة توليد المحرك ذات اللحام بالقوس الكهربائي			٠,٧ – ٠,٩	١,٠٢ – ٠,٤٨
■ مجموعة مقوم / محول لحام بالقوس الكهربائي			٠,٧ – ٠,٨	١,٠٢ – ٠,٧٥
■ فرن قوس كهربائي			٠,٨	٠,٧٥

جدول هـ ٧ : قيم كل من جتا φ وظا φ للمنشآت والأجهزة الشائعة الاستخدام

هـ

٢- لماذا يتم تحسين معامل القدرة؟

٢/١ تقليل تكلفة الكهرباء

يتسم أي تحسين لمعامل القدرة في التركيبات الكهربائية بمزايا اقتصادية وفنية أبرزها تخفيض قيمة فواتير الكهرباء.

تحقق الإدارة الجيدة لإستهلاك الطاقة المفاعلة المزايا الإقتصادية الآتية.

تعتمد هذه الملاحظات على هيكل تعرفة حقيقي لنوع معمول به في أوربا ومصمم هذا النظام لتشجيع المستهلكين لتقليل إستهلاكهم من الطاقة المفاعلة.

إن تركيب مواسعات تصحيح معامل القدرة في التركيبات الكهربائية يسمح للمستهلك بتقليل قيمة فاتورة الكهرباء الخاصة به عن طريق المحافظة على مستوى إستهلاك الطاقة المفاعلة عند أقل من القيمة المتفق عليها في التعاقد مع شركة الكهرباء. وفي هذه التعرفة الخاصة، فإن الطاقة المفاعلة تحدد قيمتها طبقاً لمعدل الـ ظا φ كما لوحظ سابقاً أن:

$$\text{ظا } \varphi = \frac{\text{القدرة المفاعلة لكل ساعة (kvarh)}}{\text{القدرة المفاعلة لكل ساعة (kwh)}}$$

عند موقع خدمة تغذية، فإن موزع إمداد القدرة يستمر في إمداد طاقة مفاعلة بصورة مجانية حتى:-

- يصل إلى نقطة ٤٠٪ من الطاقة الفعالة (ظا φ = ٠,٤) لمدة أقصاها ١٦ ساعة كل يوم (من الساعة ٦ وحتى الساعة ٢٢) أثناء فترة التحميل الشديدة (غالباً في الصيف).
- بدون ضوابط أثناء فترة التحميل الخفيف في الشتاء وفي موسمي الربيع والخريف . أثناء فترة الضوابط، فإن إستهلاك الطاقة المفاعلة الذي يزيد عن ٤٠٪ من الطاقة الفعالة (أي ظا φ>٠,٤) فإنه تحدد قيمته وتصدر له فاتورة شهرياً بالمعدلات الجارية المعمول بها.

وعلى هذا الأساس ، فإن كمية الطاقة المفاعلة الذي يصدر بشأنها فواتير في هذه الفترات ستكون:

القدرة المفاعلة لكل ساعة (kvarh)المقرر إصدار فاتورة لها)= القدرة الفعالة لكل ساعة (kWh)(ظا φ – ٠,٤)

حيث kWh هي الطاقة الفعالة المستهلكة أثناء فترة القيودات وظا kWhφ هي إجمالي الطاقة المفاعلة أثناء فترة القيود و 0.4kWh هو حجم ومقدار الطاقة المفاعلة المستهلكة مجاناً أثناء فترة القيد.

إن ظا φ = ٠,٤ تناظر معامل قدرة بقيمة ٠,٩٣ لذلك، فإنه إذا تم اتخاذ خطوات لضمان أنه أثناء فترات القيد والحصر لا يقل معامل القدرة عن ٠,٩٣، فإن المستهلك في هذه الحالة لن يدفع شيئاً نظير القدرة المفاعلة المستهلكة.

وفي مقابل المزايا المالية من جراء تخفيض فاتورة الكهرباء، فإنه يجب على المستهلك أن يوازن بين تكلفة الشراء والتركيب وصيانة مكثفات تحسين معامل القدرة ومفاتيح التحكم وأجهزة التحكم الأوتوماتيكية والقدرة الفعالة لكل ساعة استهلكت بواسطة فقد العزل الكهربائي للمكثفات .. الخ.

قد يكون من المجدي اقتصادياً أن يكون هناك تعويض جزئي فقط وتكون القيمة المدفوعة للطاقة المفاعلة المستهلكة أقل تكلفة مقارنة مع تعويض كامل ١٠٠٪.

إن قضية تصحيح معامل القدرة هي أمر يهدف إلى تحقيق الاستغلال الأمثل ما عدا حالات بسيطة جداً.

هـ

٢/٢ أقصى مردود فني واقتصادي

إن تحسين معامل القدرة يسمح بإستخدام محولات صغيرة ومفاتيح وصل وفصل وكابلات .. إلخ ، إلى جانب تقليل معدلات فقد القدرة وهبوط الجهد في التركيبات الكهربائية.

يسمح معامل القدرة العالية بالاستغلال الأمثل لمكونات تركيب ما. ويمكن تجنب التقنين الزائد لجهاز ما ولكن، لتحقيق أفضل النتائج ، يجب أن يكون التصحيح كلما أمكن بالقرب من أجهزة المصنع الحثية المنفردة.

تقليل حجم الكابل

يوضح الجدول هـ٨ الزيادة المطلوبة في حجم الكابلات حيث يقل معامل القدرة من الوحدة إلى ٠,٤

معامل ضرب المساحة المقطعية لقلب (قلوب) الكابل.	١	١,٢٥	١,٦٧	٢,٥
جتا φ	١	٠,٨	٠,٦	٠,٤

جدول هـ٨: معامل الضرب لحجم الكابل كدالة لـ جتا φ.

تقليل الفقد (قدرة فعالة، كيلو وات) في الكابلات

إن نسبة الفقد في الكابلات هي نسبة تربيعية بالنسبة للتيار وتقاس بواسطة عداد الكيلو وات في الساعة في التركيبات. وعلى سبيل المثال، إن تقليل التيار الإجمالي في موصل ما بنسبة ١٠٪ سوف يقلل الفقد غالباً بنسبة ٢٠٪.

تقليل هبوط الجهد

تعمل مكثفات تصحيح معامل القدرة على تقليل أو حتى إلغاء التيار المفاعل (الحثي) في الموصلات وبالتالي تقلل أو تمنع هبوط الجهد. ملاحظة: إن التعويض الزائد سوف يسفر عن إرتفاع الجهد في المكثفات.

زيادة القدرة المتاحة

مع تحسين معامل القدرة لحمل ما مزود من محول ما ، فإن التيار المار عبر المحول سوف يقل مما يسمح بإضافة المزيد من الحمل. ومن الناحية العملية قد يكون الأمر أقل تكلفة عند تحسين معامل القدرة* من استبدال المحول بوحدة أكبر

*حيث أن هناك مزايا أخرى قد تنشأ عن إرتفاع قيمة معامل القدرة كما لوحظ سابقاً.

هـ

١/٣ مباديء نظرية

إن تحسين معامل القدرة للتركيبات الكهربائية يتطلب مجموعة من المكثفات التي تعمل كمصدر للطاقة المفاعلة. ويقصد بهذا النظام إجراء تعويض للطاقة المفاعلة .

يحتاج حمل حثي ما له معامل قدرة منخفض إلى مولدات ونظم نقل/ توزيع لتمرير تيار مفاعل (متأخر عن جهد النظام بمقدار ٩٠ درجة) إلى جانب مفاقيد قدرة مرافقة وهبوط جهد كبير كما لوحظ في البند الفرعي ١/١ .

وإذا تم إضافة مجموعة من مكثفات التوازي إلى الحمل، فإن تياره المفاعلة (السعوي) سوف يسلك نفس الطريق عبر نظام القدرة مثل تلك الخاص بتيار الحمل المفاعلة.

وكما أشير في البند الفرعي ١/١، فإن هذا التيار السعوي Ic (والذي يتقدم على جهد النظام بمقدار ٩٠ درجة) مضاداً بشكل مباشر لتيار الحمل المفاعلة، فإن تدفق كلاهما عبر نفس الطريق سوف يلغي كل منهما الآخر حيث أنه إذا كانت طبقة المكثف كبيرةً بصورة كافية وكان $I_C = I_L$، فإنه لن يكون هناك تدفقاً للتيار المفاعلة في النظام ضد تيار المكثفات.

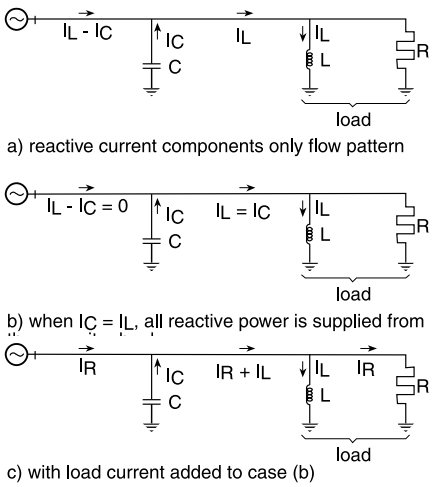
قد تمت الإشارة إلى ذلك في الشكل هـ٩ (أ) و(ب) والذي يوضح تدفق مكونات التيار المفاعلة فقط.

وفي هذا الشكل

R تمثل عناصر القدرة الفعالة للحمل.

L تمثل عناصر القدرة المفاعلة (الحثية) للحمل

C تمثل عناصر القدرة المفاعلة (السعوية) لجهاز تصحيح معامل القدرة (أي المكثفات).



C) with load current added to case (b)

شكل هـ٩ : توضيح المقومات الضرورية لتصحيح معامل القدرة.

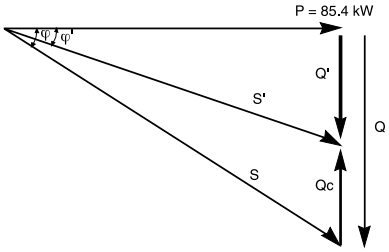
ويلاحظ من الرسم البياني ب من الشكل هـ٩ أن طبقة المكثف Cتغذي كل تيار الحمل المفاعلة. لهذا السبب، فإنه يشار إلى المكثفات أحياناً بـ "مولدات القدرة غير الفعالة المتقدمة".

وفي الرسم البياني (جـ) في الشكل هـ٩، لقد تم إضافة مكون تيار القدرة الفعالة، ويوضح أن الحمل المعوض بالكامل يبدو لنظام القدرة بأنه له معامل قدرة,١

وبصفة عامة، فإنه غير مجد إقتصادياً تعويض تركيبات ما بالكامل.

ويستخدم الشكل هـ ١٠ رسم بيان القدرة التي تمت مناقشتها في البند الفرعي ٣/١ (الشكل هـ٣) لتوضيح مبدأ التعويض بتقليل قدرة مفاعلة كبيرة Q إلى قيمة أصغر Qبواسطة مجموعة من المكثفات ذات قدرة مفاعلة Qc.

وعند القيام بذلك ، فإنه يلاحظ أن القدرة الظاهرية Sقد قلت إلى .Ś



شكل هـ١٠: رسم بياني يوضح مبدأ التعويض : تيار القدرة المفاعلة= القدرة الفعالة (ظا φ – ظا φ́)

مثال:

محرك ما يستهلك ١٠٠ كيلووات عند معدل قدرة ٠,٧٥ (أي ظا φ = ٠,٨٨)

لتحسين معامل القدرة إلى ٠,٩٣

(أي ظا φ = ٠,٤) فإنه يجب أن تكون القدرة المفاعلة لطبقة المكثف:

تيار القدرة المفاعلة = ١٠٠ (٠,٨٨-٠,٤) = ٤٨ كيلو فولت أمبير غير فعال.

هـ

يعتمد اختيار مستوى التعويض وحساب تقنين طبقة المكثف على التركيبات المعنية. ولقد تم توضيح العوامل التي تحتاج إلى العناية والاهتمام بصفة عامة في البند ٥ والبندين ٦و٧ الخاصة بالمحولات والمحركات.

ملحوظة :

قبل البدء في مشروع التعويض، فإنه يجب إتخاذ عدد من الاحتياطات وعلى الأخص يجب تجنب زيادة حجم المحركات بالإضافة إلى تشغيل المحركات في حالة عدم التحميل.

وفي هذه الحالة الأخيرة ينتج عن الطاقة المفاعلة المستهلكة بواسطة محرك ما، معامل قدرة منخفض جداً (يساوي تقريباً ٠,١٧). ويعزى ذلك إلى أن الكيلو وات المستهلك بواسطة المحرك (عندما كان غير محمل) كان ضئيل جداً.

هـ

٢/٣ بواسطة استخدام أيٍّ معدات؟

التعويض عن الجهد المنخفض

عند الجهد المنخفض، يتم التعويض بواسطة:

- مكثف ذو قيمة محددة
- معدات توفر التنظيم الأوتوماتيكي، أو طبقات تسمح بتعديلٍ مستمر طبقاً للمتطلبات مع تغير حمل التركيبات.

ملحوظة :

عندما تزيد القدرة المفاعلة المركبة للتعويض عن ٨٠٠ كيلوفولت أمبير مفاعل ويكون الحمل مستمراً وثابتاً، فإنه يثبت غالباً أنه من المجدي إقتصادياً تركيب طبقات مكثفات عند جهدٍ عال.

يمكن تنفيذ التعويض بواسطة قيمة ثابته من المواسعة في ظروف مواتية.

المكثفات (المواسعات) الثابتة

يستخدم هذا الترتيب واحداً أو أكثر من المكثفات حتى تشكل مستوى ثابتاً من التعويض. ويمكن أن يتم التحكم بالطرق التالية:

- يدوياً: بواسطة قاطع دائرة أو مفتاح لقطع الحمل.
- شبه أوتوماتيكي: بواسطة ملامس
- بالتوصيل المباشر بجهازٍ ما ويتم تشغيله مع هذا الجهاز.

توضع هذه المكثفات:

- عند أطراف الأجهزة الحثية (المحركات والمحولات).
- عند قضبان التوصيل التي تغذي العديد من المحركات الصغيرة والأجهزة الحثية والتي قد تكون عملية التعويض لها بشكل فردي مكلفة جداً.
- في الحالات التي يكون فيها مستوى الحمل ثابتاً بصورة معقولة.

شكل هـ ١١: مثال لقيمة مواسعات (مكثفات) التعويض الثابتة

غالباً ما يتم التعويض بواسطة مجموعة من المكثفات المتدرجة التي يتم التحكم فيها أوتوماتيكياً.

مجموعة المكثفات التلقائية (الأوتوماتيكية)

يوفر هذا النوع من الأجهزة تحكماً تلقائياً للتعويض مع الاحتفاظ، ضمن حدود ضيقة، بمستوى مختار من معامل القدرة. ويتم وضع مثل هذه الأجهزة عند نقاط داخل التركيبات حيث تكون اختلافات القدرة الفعالة و/أو القدرة المفاعلة مرتفعة نسبياً. وعلى سبيل المثال:

- عند قضبان توصيل لوحة توزيع قدرة عامة.
- عند أطراف كابلات تغذي أحمالاً عالية.

شكل هـ١٢: مثال على معدة لتنظيم التعويض التلقائي

تسمح طبقات المكثفات المنظمة أوتوماتيكياً بالتكيف الفوري مع التعويض حتى يتماشي مع مستوى الحمل .

هـ

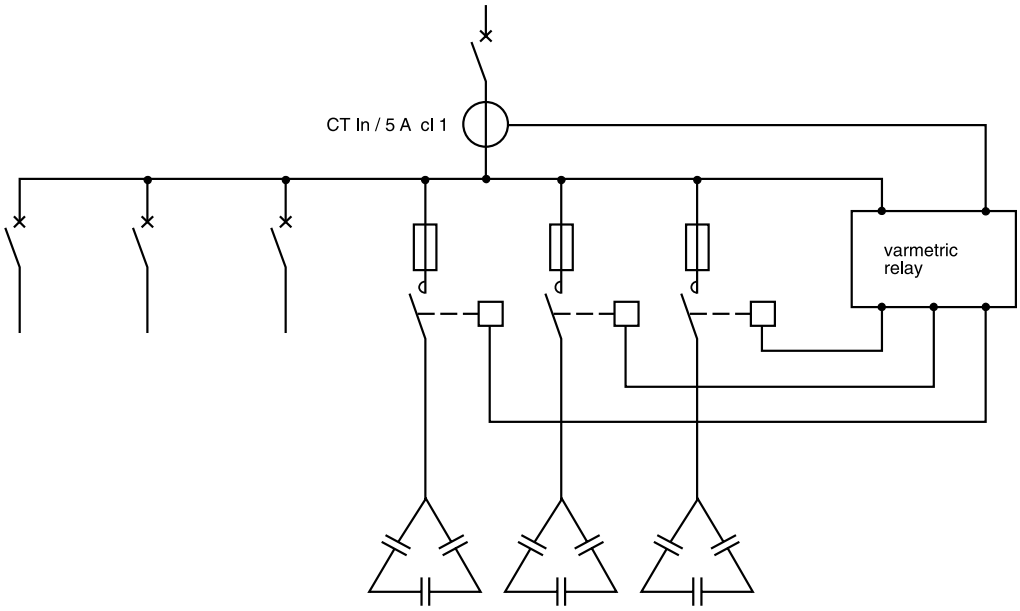
أسس وأسباب إستخدام التعويض التلقائي

تُقسم طبقة المكثف إلى عدد من الأجزاء يتم التحكم في كل منها بواسطة ملامس حيث أن قفل ملامس ما يضع الجزء الخاص به في تشغيل متوازٍ مع الأجزاء أي بواسطة فتح وقفل ملامسات التحكم.

ويشير مُرحل التحكم إلى معامل قدرة الدوائر التي يتم التحكم فيها كما أنه منظم بشكل يسمح بقفل وفتح الملامسات المناسبة للمحافظة على معامل القدرة ثابتاً بصورة معقولة (ضمن التفاوت الذي يسمح به حجم كل خطوة من خطوات التعويض) يجب وضع المحول الحالي

للمرحل المبين على طور واحد لكابل الدخل الذي يغذي الدائرة (أو الدوائر) التي يتم التحكم فيها، كما هو موضح في الشكل هـ١٣ وعند محاولة التوفيق بين التعويض والحمل، فإنه يجب تجنب إحتمال وجود جهود زائدة في أوقات الحمل المنخفض وبالتالي فإن ذلك يمنع حالة الجهود الزائدة كما يمنع إحداث تلف للأجهزة والمعدات.

الجهود الزائدة الناجمة عن التعويض المفاعل تعتمد جزئياً على قيمة معاوقة المصدر.



شكل هـ ١٣ أساس التحكم بالتعويض التلقائي

٣/٣ الاختيار بين مجموعة المكثفات الثابتة أو المنظمة تلقائياً

القواعد العامة المطبقة

عندما يكون تقنين الكيلو فولت أمبير مفاعل للمكثفات أقل من أو مساوياً لـ ١٥٪ من تقنين محول التغذية، فإن القيمة الثابتة للتعويض تكون مناسبة.

وفي حالة الزيادة عن ١٥٪، فإنه يوصى بتركيب مجموعة مكثفات منظمةً تلقائياً.

إن موقع المكثفات ذات الجهد المنخفض في تركيب ما يمثل طريقة التعويض والذي قد يكون شاملاً (موقع واحد للتركيبات بكاملها). جزئياً (قسم وقسم)، محلياً (عند كل جهاز بمفرده) أو كلاً من الموقعين الأخيرين.

وفي الأساس، فإن التطبيق المثالي للتعويض يكون عند نقطة الاستهلاك وعند المستوى المطلوب عند أي لحظة.

ومن الناحية العملية ، فإن العوامل الفنية والاقتصادية هي التي تتحكم في عملية الاختيار.

هـ

١/٤ تعويض شامل

حيثما يكون الحمل مستمراً وثابتاً، فإنه يمكن تطبيق التعويض الشامل.

الأساس

تُوصل طبقة المكثف بقضبان توصيل لوحة التوزيع الرئيسية منخفضة الجهد الخاصة بالتركيب وتظل هذه الطبقة في الخدمة أثناء فترة الحمل العادي.

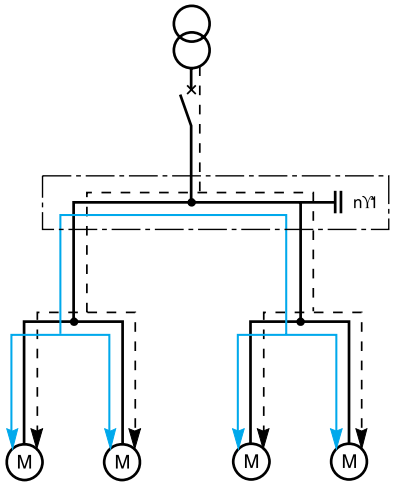
المزايا

تتمثل مزايا التعويض الشامل في ما يلي:-

- يقلل غرامات تعرفة زيادة إستهلاك الكيلوفولت أمبير غير الفعال kvars.
- يقلل الطلب على القدرة الظاهرية كيلو فولت أمبير والتي تعتمد عليها غالباً حسابات الرسوم المقررة.
- يخفف عن محول التغذية حتى يكون قادراً على تحمل المزيد من الأحمال إذا لزم الأمر.

التعليقات:

- يستمر تدفق التيار غير الفعال في كافة موصلات الكابلات (باتجاه) لوحة التوزيع الرئيسية منخفضة الجهد.
- لذلك السبب المذكور أعلاه ، فإنه لا يتم تحسين حجم هذه الكابلات وفقد القدرة بها عند استخدام نظام التعويض الشامل.



شكل هـ ١٤: تعويض شامل

٢/٤ التعويض بواسطة قطاع

يوصى بالتعويض بواسطة قطاع عندما يكون التركيب مكثفاً وعندما تختلف أنظمة الحمل / الزمن في جزء واحد من التركيب عن بقية الأجزاء الأخرى .

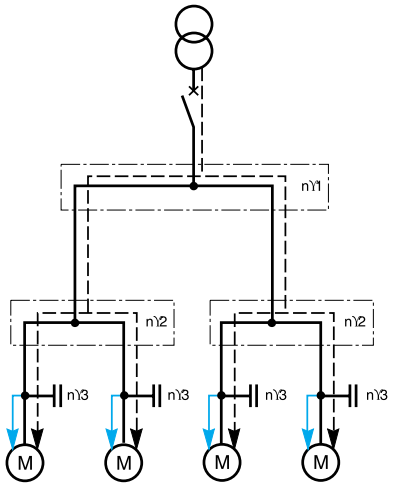
الأساس

يتم توصيل طبقات المكثف بقضبان توصيل كل لوحة توزيع محلية على حده كما هو موضح في الشكل هـ ١٤ ويستفيد جزء كبير من التركيب في هذا النظام ولاسيما كابلات التغذية الخارجة من لوحة التوزيع الرئيسية إلى كل من لوحات التوزيع المحلية حيث تطبق إجراءات التعويض.

المزايا

يتسم التعويض بواسطة قطاع بالمزايا الآتية:-

- يقلل غرامات تعرفة زيادة إستهلاك الكيلوفولت أمبير غير الفعال kvars.
- يقلل الطلب على القدرة الظاهرية كيلو فولت أمبير والتي تعتمد عليها غالباً حسابات الرسوم المقررة.
- يخفف الضغط على محول التغذية حتى يكون قادراً على تحمل المزيد من الأحمال إذا لزم الأمر.



شكل هـ ١٥: تعويض بواسطة قطاع

KW _____ _ _ _

Kvar ----------

موصلات _____

هـ

■ يمكن تقليل حجم الكابلات المغذية للوحات التوزيع المحلية أو يكون لها القدرة على تحمل المزيد من الأحمال الممكنة.

■ يمكن تقليل الفقد في نفس الكابلات.

التعليقات:

■ يستمر تدفق التيار غير الفعال في كافة الكابلات بإتجاه لوحة التوزيع المحلية.

■ لذلك السبب المذكور أعلاه، فإنه لا يتم تحسين حجم هذه الكابلات وفقد القدرة بها.

■ حيثما تحدث تغيرات كبيرة في الأحمال، فهناك مخاطر التعويض الزائد ومشاكل الجهود الزائدة المترتبة على ذلك.

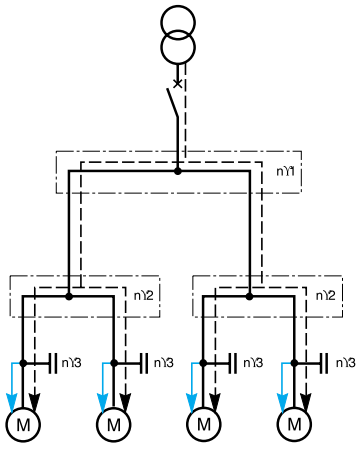
٣/٤ التعويض المستقل

يجب دراسة التعويض الفردي عندما تكون قدرة المحرك كبيرة بالقياس إلى قدرة التركيب.

الأساس

يتم توصيل المكثفات مباشرة بأطراف الوحدة الحثية (ولا سيما المحركات، انظر البند ٧ لمزيد من التفاصيل). يجب أن نأخذ في الاعتبار التعويض الفردي عندما تكون قدرة المحرك كبيرة بالقياس إلى المتطلب الخاص بالقدرة المعلنة للتركيب (كيلو فولت أمبير).

وتبلغ قيمة الكيلو فولت أمبير في حدود ٢٥٪ من قيمة الكيلو وات للمحرك. وقد يكون من المفيد أيضاً إتخاذ تعويض تكميلي عند مصدر وأصل التركيب (المحول).



شكل هـ ١٦: تعويض مستقل

المزايا

تتمثل مزايا التعويض الفردي في أنه:-

■ يقلل غرامات تعرفة زيادة إستهلاك الكيلوفولت أمبير غير الفعال kvars.

■ يقلل من الطلب على القدرة الظاهرية

■ يقلل من حجم الكابلات إلى جانب فقد الكابلات.

التعليقات

■ لم يعد هناك تيارات غير فعالة كبيرة موجودة في التركيبات .

٥- كيفية تقدير المستوى الأمثل للتعويض

١/٥ طريقة عامة

تحديد قائمة مطالب القدرة غير الفعالة عند مرحلة التصميم

يمكن تحديد هذه القائمة بنفس الطريقة المتبعة في تحميل القدرة المذكورة في الفصل ب. ويمكن بالتالي تحديد مستويات تحميل القدرة الفعالة وغير الفعالة عند كل مستوى من التركيبات (عامة عند نقاط التوزيع والتوزيع الفرعي للدوائر).

الوصول بتركيب ما موجود إلى المستوى الأمثل فنياً وإقتصادياً.

يمكن تحديد التقنين الأمثل لمكثفات التعويض لتركيب ما موجود من خلال الاعتبارات الرئيسية الآتية:

- فواتير الكهرباء قبل تركيب المكثفات
- فواتير الكهرباء المستقبلية المتوقعة بعد تركيب المكثفات
- تكاليف كل من:
  - شراء المكثفات وأجهزة التحكم (ملامسات، مرِّحلات وكبائن... الخ).
  - تكاليف التركيب والصيانة
  - تكلفة فقد تسخين العزل الكهربائي في المكثفات ضد المفاقيد المخفضة في الكابلات والمحول ... الخ عقب تركيب المكثفات

توجد العديد من الطرق المبسطة المطبقة على تعريفات نموذجية (الشائعة في أوربا) في البندين الفرعيين ٥/٣ و ٥/٤.

٢/٥ طريقة مبسطة

الأساس العام

إن الحساب التقريبي يعتبر بصفة عامة كافياً ومناسباً في معظم الحالات، ويمكن الاعتماد عليه عند افتراض وجود معامل قدرة ٠,٨ (تخلف) قبل التعويض. ولتحسين معامل القدرة إلى قيمة تكفي لتجنب غرامات التعرفة (يعتمد ذلك على هيكل التعرفة المحلية ، ولكن يفترض هنا أن تكون ٠,٩٣) ولتقليل المفاقيد وإنخفاضات الجهد... إلخ في التركيب ، فإنه يمكن الرجوع إلى الجدول هـ ١٧.

ومن الجدول، يتضح أنه لكي نرفع معامل القدرة بالتركيبات من ٠,٨ إلى ٠,٩٣، فإنه يتطلب ٠,٣٥٥ كيلو فولت أمبير لكل كيلو وات من الحمل، وتكون قيمة مجموعة من المكثفات الموجودة عند قضبان توصيل لوحة التوزيع الرئيسية للتركيبات كما يلي:

القدرة غير الفعالة (كيلو فولت أمبير غير فعال) = ٠,٣٥٥ × قدرة فعالة (كيلو وات).

وتسمح هذه الطريقة البسيطة بسرعة تحديد مكثفات التعويض حتى في أية حالة من حالات الأنظمة: الشاملة أو الجزئية أو المستقلة.

مثال:

مطلوب تحسين معامل قدرة تركيب ٦٦٦ كيلو فولت أمبير من ٠,٧٥ إلى ٠,٩٢٨ مطلب القدرة الفعالة هو ٠,٧٥×٦٦٦ = ٥٠٠ كيلو وات.

من الجدول هـ١٧ نجد أن تقاطع صف جتا φ = ٠,٧٥ (قبل التصحيح) مع عمود جتا φ = ٠,٩٣ (بعد التصحيح) يشير إلى أن هناك قيمة ٠,٤٨٧ كيلو فولت أمبير غير فعال للتعويض لكل كيلو وات حمل. بالتالي فإنه بالنسبة لحمل قيمته ٥٠٠ كيلووات، فإنه مطلوب ٥٠٠× ٠,٤٨٧ = ٢٤٤ كيلو فولت أمبير غير فعال للتعويض السعوي.

ملحوظة : تسري هذه الطريقة على أي مستوى جهد، أي أنها مستقلة عن الجهد.

هـ

قبل التعويض			مقننات طبقة المواسع (kvar) لتركيبه لكل كيلو وات من الحمل، لتحسين جتا ϕ (معامل القدرة) أو ظا ϕ											
جتا ϕ	ظا ϕ	جتا ϕ / ظا ϕ	٠,٧٥	٠,٧٩	٠,٨٠	٠,٨٣	٠,٨٤	٠,٨٥	٠,٨٦	٠,٨٧	٠,٨٨	٠,٨٩	٠,٩٠	٠,٩١	٠,٩٢	٠,٩٣	٠,٩٤	٠,٩٥	٠,٩٦	٠,٩٧	٠,٩٨	٠,٩٩	١
٠,٤٠	٢,٢٩		١,٥٥٧	١,٥٤٧	١,٥٤٤	١,٥٣٧	١,٥٣٤	١,٥٣١	١,٥٢٨	١,٥٢٥	١,٥٢٢	١,٥١٩	١,٥١٦	١,٥١٣	١,٥١٠	١,٥٠٧	١,٥٠٤	١,٥٠١	١,٤٩٨	١,٤٩٥	١,٤٩٢	١,٤٨٩
٠,٤١	٢,٢٢		١,٥٢٤	١,٥١٩	١,٥١٧	١,٥١٠	١,٥٠٧	١,٥٠٤	١,٥٠١	١,٤٩٨	١,٤٩٥	١,٤٩٢	١,٤٨٩	١,٤٨٦	١,٤٨٣	١,٤٨٠	١,٤٧٧	١,٤٧٤	١,٤٧١	١,٤٦٨	١,٤٦٥	١,٤٦٢
٠,٤٢	٢,١٩		١,٤٩٣	١,٤٨٨	١,٤٨٦	١,٤٧٩	١,٤٧٦	١,٤٧٣	١,٤٧٠	١,٤٦٧	١,٤٦٤	١,٤٦١	١,٤٥٨	١,٤٥٥	١,٤٥٢	١,٤٤٩	١,٤٤٦	١,٤٤٣	١,٤٤٠	١,٤٣٧	١,٤٣٤	١,٤٣١
٠,٤٣	٢,١٠		١,٤٦٢	١,٤٥٧	١,٤٥٥	١,٤٤٨	١,٤٤٥	١,٤٤٢	١,٤٣٩	١,٤٣٦	١,٤٣٣	١,٤٣٠	١,٤٢٧	١,٤٢٤	١,٤٢١	١,٤١٨	١,٤١٥	١,٤١٢	١,٤٠٩	١,٤٠٦	١,٤٠٣	١,٤٠٠
٠,٤٤	٢,٠٤		١,٤٣٥	١,٤٣٠	١,٤٢٨	١,٤٢١	١,٤١٨	١,٤١٥	١,٤١٢	١,٤٠٩	١,٤٠٦	١,٤٠٣	١,٤٠٠	١,٣٩٧	١,٣٩٤	١,٣٩١	١,٣٨٨	١,٣٨٥	١,٣٨٢	١,٣٧٩	١,٣٧٦	١,٣٧٣
٠,٤٥	١,٩٨		١,٤٠٨	١,٤٠٣	١,٤٠١	١,٣٩٤	١,٣٩١	١,٣٨٨	١,٣٨٥	١,٣٨٢	١,٣٧٩	١,٣٧٦	١,٣٧٣	١,٣٧٠	١,٣٦٧	١,٣٦٤	١,٣٦١	١,٣٥٨	١,٣٥٥	١,٣٥٢	١,٣٤٩	١,٣٤٦
٠,٤٦	١,٩٣		١,٣٨٣	١,٣٧٨	١,٣٧٦	١,٣٦٩	١,٣٦٦	١,٣٦٣	١,٣٦٠	١,٣٥٧	١,٣٥٤	١,٣٥١	١,٣٤٨	١,٣٤٥	١,٣٤٢	١,٣٣٩	١,٣٣٦	١,٣٣٣	١,٣٣٠	١,٣٢٧	١,٣٢٤	١,٣٢١
٠,٤٧	١,٨٨		١,٣٥٨	١,٣٥٣	١,٣٥١	١,٣٤٤	١,٣٤١	١,٣٣٨	١,٣٣٥	١,٣٣٢	١,٣٢٩	١,٣٢٦	١,٣٢٣	١,٣٢٠	١,٣١٧	١,٣١٤	١,٣١١	١,٣٠٨	١,٣٠٥	١,٣٠٢	١,٢٩٩	١,٢٩٦
٠,٤٨	١,٨٣		١,٣٣٥	١,٣٣٠	١,٣٢٨	١,٣٢١	١,٣١٨	١,٣١٥	١,٣١٢	١,٣٠٩	١,٣٠٦	١,٣٠٣	١,٣٠٠	١,٢٩٧	١,٢٩٤	١,٢٩١	١,٢٨٨	١,٢٨٥	١,٢٨٢	١,٢٧٩	١,٢٧٦	١,٢٧٣
٠,٤٩	١,٧٨		١,٣١٢	١,٣٠٧	١,٣٠٥	١,٢٩٨	١,٢٩٥	١,٢٩٢	١,٢٨٩	١,٢٨٦	١,٢٨٣	١,٢٨٠	١,٢٧٧	١,٢٧٤	١,٢٧١	١,٢٦٨	١,٢٦٥	١,٢٦٢	١,٢٥٩	١,٢٥٦	١,٢٥٣	١,٢٥٠
٠,٥٠	١,٧٣		١,٢٩٢	١,٢٨٧	١,٢٨٥	١,٢٧٨	١,٢٧٥	١,٢٧٢	١,٢٦٩	١,٢٦٦	١,٢٦٣	١,٢٦٠	١,٢٥٧	١,٢٥٤	١,٢٥١	١,٢٤٨	١,٢٤٥	١,٢٤٢	١,٢٣٩	١,٢٣٦	١,٢٣٣	١,٢٣٠
٠,٥١	١,٦٩		١,٢٧٢	١,٢٦٧	١,٢٦٥	١,٢٥٨	١,٢٥٥	١,٢٥٢	١,٢٤٩	١,٢٤٦	١,٢٤٣	١,٢٤٠	١,٢٣٧	١,٢٣٤	١,٢٣١	١,٢٢٨	١,٢٢٥	١,٢٢٢	١,٢١٩	١,٢١٦	١,٢١٣	١,٢١٠
٠,٥٢	١,٦٤		١,٢٥٢	١,٢٤٧	١,٢٤٥	١,٢٣٨	١,٢٣٥	١,٢٣٢	١,٢٢٩	١,٢٢٦	١,٢٢٣	١,٢٢٠	١,٢١٧	١,٢١٤	١,٢١١	١,٢٠٨	١,٢٠٥	١,٢٠٢	١,١٩٩	١,١٩٦	١,١٩٣	١,١٩٠
٠,٥٣	١,٦٠		١,٢٣٢	١,٢٢٧	١,٢٢٥	١,٢١٨	١,٢١٥	١,٢١٢	١,٢٠٩	١,٢٠٦	١,٢٠٣	١,٢٠٠	١,١٩٧	١,١٩٤	١,١٩١	١,١٨٨	١,١٨٥	١,١٨٢	١,١٧٩	١,١٧٦	١,١٧٣	١,١٧٠
٠,٥٤	١,٥٦		١,٢١٢	١,٢٠٧	١,٢٠٥	١,١٩٨	١,١٩٥	١,١٩٢	١,١٨٩	١,١٨٦	١,١٨٣	١,١٨٠	١,١٧٧	١,١٧٤	١,١٧١	١,١٦٨	١,١٦٥	١,١٦٢	١,١٥٩	١,١٥٦	١,١٥٣	١,١٥٠
٠,٥٥	١,٥٢		١,١٩٢	١,١٨٧	١,١٨٥	١,١٧٨	١,١٧٥	١,١٧٢	١,١٦٩	١,١٦٦	١,١٦٣	١,١٦٠	١,١٥٧	١,١٥٤	١,١٥١	١,١٤٨	١,١٤٥	١,١٤٢	١,١٣٩	١,١٣٦	١,١٣٣	١,١٣٠
٠,٥٦	١,٤٨		١,١٧٢	١,١٦٧	١,١٦٥	١,١٥٨	١,١٥٥	١,١٥٢	١,١٤٩	١,١٤٦	١,١٤٣	١,١٤٠	١,١٣٧	١,١٣٤	١,١٣١	١,١٢٨	١,١٢٥	١,١٢٢	١,١١٩	١,١١٦	١,١١٣	١,١١٠
٠,٥٧	١,٤٤		١,١٥٢	١,١٤٧	١,١٤٥	١,١٣٨	١,١٣٥	١,١٣٢	١,١٢٩	١,١٢٦	١,١٢٣	١,١٢٠	١,١١٧	١,١١٤	١,١١١	١,١٠٨	١,١٠٥	١,١٠٢	١,٠٩٩	١,٠٩٦	١,٠٩٣	١,٠٩٠
٠,٥٨	١,٤٠		١,١٣٢	١,١٢٧	١,١٢٥	١,١١٨	١,١١٥	١,١١٢	١,١٠٩	١,١٠٦	١,١٠٣	١,١٠٠	١,٠٩٧	١,٠٩٤	١,٠٩١	١,٠٨٨	١,٠٨٥	١,٠٨٢	١,٠٧٩	١,٠٧٦	١,٠٧٣	١,٠٧٠
٠,٥٩	١,٣٧		١,١١٢	١,١٠٧	١,١٠٥	١,٠٩٨	١,٠٩٥	١,٠٩٢	١,٠٨٩	١,٠٨٦	١,٠٨٣	١,٠٨٠	١,٠٧٧	١,٠٧٤	١,٠٧١	١,٠٦٨	١,٠٦٥	١,٠٦٢	١,٠٥٩	١,٠٥٦	١,٠٥٣	١,٠٥٠
٠,٦٠	١,٣٣		١,٠٩٢	١,٠٨٧	١,٠٨٥	١,٠٧٨	١,٠٧٥	١,٠٧٢	١,٠٦٩	١,٠٦٦	١,٠٦٣	١,٠٦٠	١,٠٥٧	١,٠٥٤	١,٠٥١	١,٠٤٨	١,٠٤٥	١,٠٤٢	١,٠٣٩	١,٠٣٦	١,٠٣٣	١,٠٣٠
٠,٦١	١,٣٠		١,٠٧٢	١,٠٦٧	١,٠٦٥	١,٠٥٨	١,٠٥٥	١,٠٥٢	١,٠٤٩	١,٠٤٦	١,٠٤٣	١,٠٤٠	١,٠٣٧	١,٠٣٤	١,٠٣١	١,٠٢٨	١,٠٢٥	١,٠٢٢	١,٠١٩	١,٠١٦	١,٠١٣	١,٠١٠
٠,٦٢	١,٢٧		١,٠٥٢	١,٠٤٧	١,٠٤٥	١,٠٣٨	١,٠٣٥	١,٠٣٢	١,٠٢٩	١,٠٢٦	١,٠٢٣	١,٠٢٠	١,٠١٧	١,٠١٤	١,٠١١	١,٠٠٨	١,٠٠٥	١,٠٠٢	٠,٩٩٩	٠,٩٩٦	٠,٩٩٣	٠,٩٩٠
٠,٦٣	١,٢٣		١,٠٣٢	١,٠٢٧	١,٠٢٥	١,٠١٨	١,٠١٥	١,٠١٢	١,٠٠٩	١,٠٠٦	١,٠٠٣	١,٠٠٠	٠,٩٩٧	٠,٩٩٤	٠,٩٩١	٠,٩٨٨	٠,٩٨٥	٠,٩٨٢	٠,٩٧٩	٠,٩٧٦	٠,٩٧٣	٠,٩٧٠
٠,٦٤	١,٢٠		١,٠١٢	١,٠٠٧	١,٠٠٥	٠,٩٩٨	٠,٩٩٥	٠,٩٩٢	٠,٩٨٩	٠,٩٨٦	٠,٩٨٣	٠,٩٨٠	٠,٩٧٧	٠,٩٧٤	٠,٩٧١	٠,٩٦٨	٠,٩٦٥	٠,٩٦٢	٠,٩٥٩	٠,٩٥٦	٠,٩٥٣	٠,٩٥٠
٠,٦٥	١,١٧		٠,٩٩٢	٠,٩٨٧	٠,٩٨٥	٠,٩٧٨	٠,٩٧٥	٠,٩٧٢	٠,٩٦٩	٠,٩٦٦	٠,٩٦٣	٠,٩٦٠	٠,٩٥٧	٠,٩٥٤	٠,٩٥١	٠,٩٤٨	٠,٩٤٥	٠,٩٤٢	٠,٩٣٩	٠,٩٣٦	٠,٩٣٣	٠,٩٣٠
٠,٦٦	١,١٤		٠,٩٧٢	٠,٩٦٧	٠,٩٦٥	٠,٩٥٨	٠,٩٥٥	٠,٩٥٢	٠,٩٤٩	٠,٩٤٦	٠,٩٤٣	٠,٩٤٠	٠,٩٣٧	٠,٩٣٤	٠,٩٣١	٠,٩٢٨	٠,٩٢٥	٠,٩٢٢	٠,٩١٩	٠,٩١٦	٠,٩١٣	٠,٩١٠
٠,٦٧	١,١١		٠,٩٥٢	٠,٩٤٧	٠,٩٤٥	٠,٩٣٨	٠,٩٣٥	٠,٩٣٢	٠,٩٢٩	٠,٩٢٦	٠,٩٢٣	٠,٩٢٠	٠,٩١٧	٠,٩١٤	٠,٩١١	٠,٩٠٨	٠,٩٠٥	٠,٩٠٢	٠,٨٩٩	٠,٨٩٦	٠,٨٩٣	٠,٨٩٠
٠,٦٨	١,٠٨		٠,٩٣٢	٠,٩٢٧	٠,٩٢٥	٠,٩١٨	٠,٩١٥	٠,٩١٢	٠,٩٠٩	٠,٩٠٦	٠,٩٠٣	٠,٩٠٠	٠,٨٩٧	٠,٨٩٤	٠,٨٩١	٠,٨٨٨	٠,٨٨٥	٠,٨٨٢	٠,٨٧٩	٠,٨٧٦	٠,٨٧٣	٠,٨٧٠
٠,٦٩	١,٠٥		٠,٩١٢	٠,٩٠٧	٠,٩٠٥	٠,٨٩٨	٠,٨٩٥	٠,٨٩٢	٠,٨٨٩	٠,٨٨٦	٠,٨٨٣	٠,٨٨٠	٠,٨٧٧	٠,٨٧٤	٠,٨٧١	٠,٨٦٨	٠,٨٦٥	٠,٨٦٢	٠,٨٥٩	٠,٨٥٦	٠,٨٥٣	٠,٨٥٠
٠,٧٠	١,٠٢		٠,٨٩٢	٠,٨٨٧	٠,٨٨٥	٠,٨٧٨	٠,٨٧٥	٠,٨٧٢	٠,٨٦٩	٠,٨٦٦	٠,٨٦٣	٠,٨٦٠	٠,٨٥٧	٠,٨٥٤	٠,٨٥١	٠,٨٤٨	٠,٨٤٥	٠,٨٤٢	٠,٨٣٩	٠,٨٣٦	٠,٨٣٣	٠,٨٣٠
٠,٧١	٠,٩٩		٠,٨٧٢	٠,٨٦٧	٠,٨٦٥	٠,٨٥٨	٠,٨٥٥	٠,٨٥٢	٠,٨٤٩	٠,٨٤٦	٠,٨٤٣	٠,٨٤٠	٠,٨٣٧	٠,٨٣٤	٠,٨٣١	٠,٨٢٨	٠,٨٢٥	٠,٨٢٢	٠,٨١٩	٠,٨١٦	٠,٨١٣	٠,٨١٠
٠,٧٢	٠,٩٦		٠,٨٥٢	٠,٨٤٧	٠,٨٤٥	٠,٨٣٨	٠,٨٣٥	٠,٨٣٢	٠,٨٢٩	٠,٨٢٦	٠,٨٢٣	٠,٨٢٠	٠,٨١٧	٠,٨١٤	٠,٨١١	٠,٨٠٨	٠,٨٠٥	٠,٨٠٢	٠,٧٩٩	٠,٧٩٦	٠,٧٩٣	٠,٧٩٠
٠,٧٣	٠,٩٣		٠,٨٣٢	٠,٨٢٧	٠,٨٢٥	٠,٨١٨	٠,٨١٥	٠,٨١٢	٠,٨٠٩	٠,٨٠٦	٠,٨٠٣	٠,٨٠٠	٠,٧٩٧	٠,٧٩٤	٠,٧٩١	٠,٧٨٨	٠,٧٨٥	٠,٧٨٢	٠,٧٧٩	٠,٧٧٦	٠,٧٧٣	٠,٧٧٠
٠,٧٤	٠,٩١		٠,٨١٢	٠,٨٠٧	٠,٨٠٥	٠,٧٩٨	٠,٧٩٥	٠,٧٩٢	٠,٧٨٩	٠,٧٨٦	٠,٧٨٣	٠,٧٨٠	٠,٧٧٧	٠,٧٧٤	٠,٧٧١	٠,٧٦٨	٠,٧٦٥	٠,٧٦٢	٠,٧٥٩	٠,٧٥٦	٠,٧٥٣	٠,٧٥٠
٠,٧٥	٠,٨٨		٠,٧٩٢	٠,٧٨٧	٠,٧٨٥	٠,٧٧٨	٠,٧٧٥	٠,٧٧٢	٠,٧٦٩	٠,٧٦٦	٠,٧٦٣	٠,٧٦٠	٠,٧٥٧	٠,٧٥٤	٠,٧٥١	٠,٧٤٨	٠,٧٤٥	٠,٧٤٢	٠,٧٣٩	٠,٧٣٦	٠,٧٣٣	٠,٧٣٠
٠,٧٦	٠,٨٦		٠,٧٧٢	٠,٧٦٧	٠,٧٦٥	٠,٧٥٨	٠,٧٥٥	٠,٧٥٢	٠,٧٤٩	٠,٧٤٦	٠,٧٤٣	٠,٧٤٠	٠,٧٣٧	٠,٧٣٤	٠,٧٣١	٠,٧٢٨	٠,٧٢٥	٠,٧٢٢	٠,٧١٩	٠,٧١٦	٠,٧١٣	٠,٧١٠
٠,٧٧	٠,٨٣		٠,٧٥٢	٠,٧٤٧	٠,٧٤٥	٠,٧٣٨	٠,٧٣٥	٠,٧٣٢	٠,٧٢٩	٠,٧٢٦	٠,٧٢٣	٠,٧٢٠	٠,٧١٧	٠,٧١٤	٠,٧١١	٠,٧٠٨	٠,٧٠٥	٠,٧٠٢	٠,٦٩٩	٠,٦٩٦	٠,٦٩٣	٠,٦٩٠
٠,٧٨	٠,٨٠		٠,٧٣٢	٠,٧٢٧	٠,٧٢٥	٠,٧١٨	٠,٧١٥	٠,٧١٢	٠,٧٠٩	٠,٧٠٦	٠,٧٠٣	٠,٧٠٠	٠,٦٩٧	٠,٦٩٤	٠,٦٩١	٠,٦٨٨	٠,٦٨٥	٠,٦٨٢	٠,٦٧٩	٠,٦٧٦	٠,٦٧٣	٠,٦٧٠
٠,٧٩	٠,٧٨		٠,٧١٢	٠,٧٠٧	٠,٧٠٥	٠,٦٩٨	٠,٦٩٥	٠,٦٩٢	٠,٦٨٩	٠,٦٨٦	٠,٦٨٣	٠,٦٨٠	٠,٦٧٧	٠,٦٧٤	٠,٦٧١	٠,٦٦٨	٠,٦٦٥	٠,٦٦٢	٠,٦٥٩	٠,٦٥٦	٠,٦٥٣	٠,٦٥٠
٠,٨٠	٠,٧٥		٠,٦٩٢	٠,٦٨٧	٠,٦٨٥	٠,٦٧٨	٠,٦٧٥	٠,٦٧٢	٠,٦٦٩	٠,٦٦٦	٠,٦٦٣	٠,٦٦٠	٠,٦٥٧	٠,٦٥٤	٠,٦٥١	٠,٦٤٨	٠,٦٤٥	٠,٦٤٢	٠,٦٣٩	٠,٦٣٦	٠,٦٣٣	٠,٦٣٠
٠,٨١	٠,٧٣		٠,٦٧٢	٠,٦٦٧	٠,٦٦٥	٠,٦٥٨	٠,٦٥٥	٠,٦٥٢	٠,٦٤٩	٠,٦٤٦	٠,٦٤٣	٠,٦٤٠	٠,٦٣٧	٠,٦٣٤	٠,٦٣١	٠,٦٢٨	٠,٦٢٥	٠,٦٢٢	٠,٦١٩	٠,٦١٦	٠,٦١٣	٠,٦١٠
٠,٨٢	٠,٧٠		٠,٦٥٢	٠,٦٤٧	٠,٦٤٥	٠,٦٣٨	٠,٦٣٥	٠,٦٣٢	٠,٦٢٩	٠,٦٢٦	٠,٦٢٣	٠,٦٢٠	٠,٦١٧	٠,٦١٤	٠,٦١١	٠,٦٠٨	٠,٦٠٥	٠,٦٠٢	٠,٥٩٩	٠,٥٩٦	٠,٥٩٣	٠,٥٩٠
٠,٨٣	٠,٦٧		٠,٦٣٢	٠,٦٢٧	٠,٦٢٥	٠,٦١٨	٠,٦١٥	٠,٦١٢	٠,٦٠٩	٠,٦٠٦	٠,٦٠٣	٠,٦٠٠	٠,٥٩٧	٠,٥٩٤	٠,٥٩١	٠,٥٨٨	٠,٥٨٥	٠,٥٨٢	٠,٥٧٩	٠,٥٧٦	٠,٥٧٣	٠,٥٧٠
٠,٨٤	٠,٦٥		٠,٦١٢	٠,٦٠٧	٠,٦٠٥	٠,٥٩٨	٠,٥٩٥	٠,٥٩٢	٠,٥٨٩	٠,٥٨٦	٠,٥٨٣	٠,٥٨٠	٠,٥٧٧	٠,٥٧٤	٠,٥٧١	٠,٥٦٨	٠,٥٦٥	٠,٥٦٢	٠,٥٥٩	٠,٥٥٦	٠,٥٥٣	٠,٥٥٠
٠,٨٥	٠,٦٢		٠,٥٩٢	٠,٥٨٧	٠,٥٨٥	٠,٥٧٨	٠,٥٧٥	٠,٥٧٢	٠,٥٦٩	٠,٥٦٦	٠,٥٦٣	٠,٥٦٠	٠,٥٥٧	٠,٥٥٤	٠,٥٥١	٠,٥٤٨	٠,٥٤٥	٠,٥٤٢	٠,٥٣٩	٠,٥٣٦	٠,٥٣٣	٠,٥٣٠
٠,٨٦	٠,٥٩		٠,٥٧٢	٠,٥٦٧	٠,٥٦٥	٠,٥٥٨	٠,٥٥٥	٠,٥٥٢	٠,٥٤٩	٠,٥٤٦	٠,٥٤٣	٠,٥٤٠	٠,٥٣٧	٠,٥٣٤	٠,٥٣١	٠,٥٢٨	٠,٥٢٥	٠,٥٢٢	٠,٥١٩	٠,٥١٦	٠,٥١٣	٠,٥١٠
٠,٨٧	٠,٥٧		٠,٥٥٢	٠,٥٤٧	٠,٥٤٥	٠,٥٣٨	٠,٥٣٥	٠,٥٣٢	٠,٥٢٩	٠,٥٢٦	٠,٥٢٣	٠,٥٢٠	٠,٥١٧	٠,٥١٤	٠,٥١١	٠,٥٠٨	٠,٥٠٥	٠,٥٠٢	٠,٤٩٩	٠,٤٩٦	٠,٤٩٣	٠,٤٩٠
٠,٨٨	٠,٥٤		٠,٥٣٢	٠,٥٢٧	٠,٥٢٥	٠,٥١٨	٠,٥١٥	٠,٥١٢	٠,٥٠٩	٠,٥٠٦	٠,٥٠٣	٠,٥٠٠	٠,٤٩٧	٠,٤٩٤	٠,٤٩١	٠,٤٨٨	٠,٤٨٥	٠,٤٨٢	٠,٤٧٩	٠,٤٧٦	٠,٤٧٣	٠,٤٧٠
٠,٨٩	٠,٥١		٠,٥١٢	٠,٥٠٧	٠,٥٠٥	٠,٤٩٨	٠,٤٩٥	٠,٤٩٢	٠,٤٨٩	٠,٤٨٦	٠,٤٨٣	٠,٤٨٠	٠,٤٧٧	٠,٤٧٤	٠,٤٧١	٠,٤٦٨	٠,٤٦٥	٠,٤٦٢	٠,٤٥٩	٠,٤٥٦	٠,٤٥٣	٠,٤٥٠
٠,٩٠	٠,٤٨		٠,٤٩٢	٠,٤٨٧	٠,٤٨٥	٠,٤٧٨	٠,٤٧٥	٠,٤٧٢	٠,٤٦٩	٠,٤٦٦	٠,٤٦٣	٠,٤٦٠	٠,٤٥٧	٠,٤٥٤	٠,٤٥١	٠,٤٤٨	٠,٤٤٥	٠,٤٤٢	٠,٤٣٩	٠,٤٣٦	٠,٤٣٣	٠,٤٣٠

جدول هـ ١٧: ك فولت أمبير غير فعال (kvar) المركبة لكل كيلو وات من الحمل، لتحسين معامل القدرة للتركيبات

هـ

٣/٥ طريقة مبنية على تفادي غرامات التعرفة

في حالة أنواع معينة (شائعة) من التعرفة ، فإن دراسة العديد من الفواتير التي تغطي معظم فترة التحميل الزائد من العام قد تسمح بتحديد مستوى الكيلو فولت أمبير غير الفعال Kvar للتعويض المطلوب لتفادي رسوم الكيلو فولت أمبير غير فعال في الساعة الواحدة

تبلغ فترة استرداد رسوم مجموعة من مكثفات تحسين معامل القدرة والأجهزة المرافقة بصفة عامة حوالي ١٨ شهراً.

تسمح الطريقة الآتية بحساب معدل طبقة مكثف مقترحة على أساس الفاتورة حيث تناظر هيكل التعرفة (أو تتشابه مع) تلك المشروحة في البند الفرعي ٢/١ من هذا الفصل.

تحدد الطريقة الحد الأدنى من التعويض المطلوب لتجنب الرسوم التي تعتمد على استهلاك الكيلو فولت أمبير غير الفعال في الساعة .kvarh

تتمثل الطريقة في ما يلي:

- يُرجع إلى الفواتير التي تغطي الاستهلاك لمدة ٥ أشهر من الشتاء (في فرنسا مثلاً تمتد هذه الفترة من نوفمبر حتى مارس).

ملاحظة: في المناخ الاستوائي، قد تشكل أشهر الصيف فترة التحميل الأقصى (نظراً لتحميل مكيفات الهواء العالي) حيث أن التنوع المتعاقب على فترات التعرفة العالية يعد ضرورياً في هذه الحالة. وتتناول بقية هذا المثال أشهر الشتاء في فرنسا.

- يتم في الفواتير تحديد الخط الذي يشير إلى "الطاقة غير الفعالة المستهلكة" والكيلو فولت أمبير غير الفعال في الساعة المقرر أن يصدر لها رسوم. وبعد ذلك يتم اختيار الفاتورة التي توضح أعلى رسوم خاصة بالكيلو فولت أمبير غير الفعال في الساعة (بعد التأكد من أن ذلك لم يكن نتيجةً لبعض الظروف الاستثنائية).

وعلى سبيل المثال ١٥,٩٦٦ كيلو فولت أمبير غير فعال في الساعة في شهر يناير.

- تقيم الفترة الكلية للتشغيل المحمل في هذا الشهر على سبيل المثال ٢٢٠ ساعة (٢٢ يوم × ١٠ ساعات). إن الساعات التي يجب حسابها هي تلك الساعات التي تحدث على نظام القدرة أثناء التحميل الزائد وتحميل الذروة المرتفع. وتكون هذه الساعات مسجلة في وثائق التعرفة وتكون غالباً أثناء فترة ١٦ ساعة كل يوم إما من الساعة ٦ وحتى الساعة ٢٢ أو من الساعة ٧ وحتى ٢٣ طبقاً للمنطقة . ولا تفرض أية رسوم خارج هذه الفترات لإستهلاك الكيلو فولت أمبير غير فعال في الساعة.

- قيمة التعويض الضرورية بالكيلو فولت أمبير غير فعال

$$= \frac{\text{الكيلو فولت أمبير غير الفعال في الساعة الواحدة بالفاتورة}}{\text{عدد ساعات التشغيل}}$$

=تعويض القدرة غير الفعالة (QC) في الفترة الموضحة بالفاتورة وأثناء الساعات التي يصدر فيها رسوم للطاقة غير الفعالة في الحالة الموضحة أعلاه .

$$\text{تعويض القدرة غير الفعالة (QC)} = \frac{\text{١٥,٩٦٦ كيلوفولت أمبير غير فعال في الساعة}}{\text{٢٢٠ ساعة}}$$

= ٧٣ كيلو فولت أمبير غير فعال.

ويتم إختيار تقنين طبقة المكثف المركبة عامة حتى يكون أكبر من ذلك التقنين المحسوب بصورة ضئيلة. ويمكن أن يوفر بعض المصنعين "مساطر منزلقة" صممت خصيصاً لتسهيل هذه الحسابات طبقاً لتعرفات خاصة. تساعد هذه الأدوات والوثائق المصاحبة على اختيار الأجهزة وبرامج التحكم المناسبة بالإضافة إلى جذب الانتباه إلى الضوابط المفروضة بواسطة الجهود التوافقية على نظام القدرة. وتتطلب مثل هذه الجهود إما مكثفات ذات أبعاد زائدة (بالنظر إلى تبدد الحرارة ومعدلات الجهد والتيار) و/أو ملفات محاثة الخمد التوافقي أو المرشحات (انظر الملحق هـ٣).

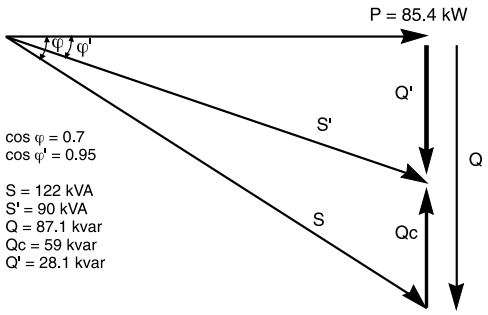
هـ

٤/٥ طريقة مبنية على تقليل أقصى قدرة ظاهرية معلنة (KVA)

بالنسبة للتعرفات ذات الجزءين والمعتمدة جزئياً على القيمة المعلنة للكيلو فولت أمبير، فإن جدول هـ ١٦ يسمح بتحديد تعريف الكيلو فولت أمبير المطلوب لتقليل قيمة الكيلو فولت أمبير المعلنة ولتفادي تجاوزها.

بالنسبة للمستهلكين الذي تعتمد تعريفاتهم على رسوم محددة لكل كيلو فولت أمبير معلن بالإضافة إلى الرسوم لكل كيلو وات ساعة مستهلك فمن الواضح أن التقليل في الكيلو فولت أمبير سيكون مفيداً. ويتضح من الشكل هـ ١٨ أنه مع تحسن معامل القدرة، تقل قيمة الكيلو فولت أمبير عند قيمة كيلووات معطاة ثابتة. والهدف من تحسين معامل القدرة (بعيداً عن المزايا الأخرى السابق ذكرها) هو تقليل المستوى المعلن وعدم تجاوزه وبالتالي تجنب دفع سعر زائد لكل كيلو فولت أمبير أثناء فترات الزيادة و/أو إعتاق قاطع الدائرة الرئيسي.

يشير الجدول هـ ١٧ إلى قيمة تعويض الكيلوفولت أمبير غير فعال لكل كيلووات حمل والمطلوب لتحسين قيمة معامل القدرة إلى قيمة أخرى.



شكل هـ ١٨ : تقليل القيمة القصوى المعلنة للكيلو فولت أمبير عن طريق تحسين معامل القدرة.

مثال:

سوبر ماركت ذات تحميل معلن ١٢٢ كيلوفولت عند معدل قدرة ٠,٧ متأخر أي تحميل قدرة فعالة ٨٥,٤ كيلووات.

إعتمد التعاقد مع هذا المستهلك على القيم المتدرجة للكيلوفولت أمبير المعلن (بتدرجات من ٦ كيلوفولت أمبير حتى ١٠٨ كيلو فولت أمبير وتدرجات ١٢ كيلوفولت أمبير زيادة على هذه القيمة، ويعد ذلك تقليداً عاماً في العديد من أنواع التعريفات ذات الجزءين).

وفي هذه الحالة، فإنه تصدر فاتورة للمستهلك على أساس ١٣٢ كيلو فولت أمبير. وبالرجوع إلى جدول هـ١٧، يمكن ملاحظة أن وجود مجموعة من المكثفات ٦٠ كيلو فولت أمبير غير فعال سوف تحسن معامل القدرة من ٠,٧ إلى ٠,٩٥ (٠,٦٩١ × ٨٥,٤ = ٥٩ كيلو فولت أمبير في الجدول).

حينئذ ستكون القيمة المعلنة للكيلو فولت أمبير

$$\frac{٨٥,٤}{٠,٩٥} = ٩٠$$ كيلوفولت أمبيرأي تحسين قدرة ٣٠٪ .

هـ

٦- التعويض عند أطراف توصيل محول

٦/١ التعويض لزيادة قدرة الخرج الفعالة المتاحة

إن تركيب مجموعة من المكثفات يمكن أن يلغي الحاجة إلى تغيير محول ما في حال زيادة حمل ما.

إن اتخاذ خطوات تتشابه مع تلك الخطوات التي تم إتخاذها بغية تقليل الحد الأقصى المعلن للكيلوفولت أمبير أي تحسين معامل قدرة الحمل، كما هو مشروح في البند الفرعي ٤/٥ سوف يصل بسعة المحول المتاحة إلى الحد الأقصى أي تزويد مزيد من القدرة الفعالة.

يمكن من خلال تلك الطريقة، تجنب حالات يمكن أن تنجم عند إستبدال محولٍ ما بوحدة أكبر لتزويد نمو وزيادة الحمل. ويوضح الجدول هـ ٢٠ بصورة مباشرة مقدرة القدرة (كيلو وات) لمحولات محملة بصورة كاملة بمعاملات قدرة مختلفة والتي يمكن من خلال الحصول على زيادة خرج القدرة الفعالة مع زيادة معامل القدرة.

هـ

tan φ	cos φ	القدرة الاسمية (kVA) للمحولات											
		100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.00	1	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.20	0.98	98	157	245	309	392	490	617	784	980	1225	1568	1960
0.29	0.96	96	154	240	302	384	480	605	768	960	1200	1536	1920
0.36	0.94	94	150	235	296	376	470	592	752	940	1175	1504	1880
0.43	0.92	92	147	230	290	368	460	580	736	920	1150	1472	1840
0.48	0.90	90	144	225	284	360	450	567	720	900	1125	1440	1800
0.54	0.88	88	141	220	277	352	440	554	704	880	1100	1408	1760
0.59	0.86	86	138	215	271	344	430	541	688	860	1075	1376	1720
0.65	0.84	84	134	210	265	336	420	529	672	840	1050	1344	1680
0.70	0.82	82	131	205	258	328	410	517	656	820	1025	1312	1640
0.75	0.80	80	128	200	252	320	400	504	640	800	1000	1280	1600
0.80	0.78	78	125	195	246	312	390	491	624	780	975	1248	1560
0.86	0.76	76	122	190	239	304	380	479	608	760	950	1216	1520
0.91	0.74	74	118	185	233	296	370	466	592	740	925	1184	1480
0.96	0.72	72	115	180	227	288	360	454	576	720	900	1152	1440
1.02	0.70	70	112	175	220	280	350	441	560	700	875	1120	1400

الجدول هـ ٢٠ : مقدار الاستطاعة للقدرة الفعالة لمحولات محملة بالكامل عند تغذيتها بأحمال عند قيم مختلفة لمعامل القدرة

مثال:

يُرجع إلى الشكل هـ ١٩

تركيبات يتم تغذيتها من محول ٦٣٠ كيلوفولت أمبير وحمل ٤٥٠ كيلووات (P1) بمعامل قدرة متوسط ٠,٨ متأخر.

القدرة الظاهرية S1

$$= \frac{٤٥٠}{٠,٨} = ٥٦٢ \text{ كيلو فولت أمبير}$$

القدرة غير الفعالة المناظرة Q1

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2}$$

= ٣٣٧ كيلو فولت أمبير غير فعال

زيادة الحمل المتوقعة P2 = ١٠٠ كيلووات بمعامل قدرة ٠,٧ متأخر.

القدرة الظاهرية $S2 = \frac{١٠٠}{٠,٧} = ١٤٣$ كيلو فولت أمبير.

القدرة غير الفعالة المناظرة

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2}$$

= ١٠٢ كيلوفولت أمبير غير فعال

ما هو الحد الأدنى للقيمة السعوية للكيلو فولت أمبير غير فعال المقرر تركيبها لتفادي تغيير المحول ؟.

القدرة الكلية المقرر تزويدها الآن هي:

القدرة الكلية(p) = القدرة الفعالة P1 + القدرة الفعالة P2

= 550 كيلو وات.

تبلغ القدرة القصوى غير الفعالة لمحول ٦٣٠ كيلوفولت أمبير عند تسليم ٥٥٠ كيلو وات.

القدرة غير الفعالة القصوى (Qm) =

$$= \sqrt{(\text{القدرة الظاهرية})^2 - (\text{القدرة الفعالة})^2}$$

$$= \sqrt{(٦٣٠)^2 - (٥٥٠)^2}$$

= ٣٠٧ كيلو فولت أمبير غير فعال

القدرة غير الفعالة الكلية المطلوبة قبل إجراء التعويض:

القدرة غير الفعالة Q_1 + القدرة غير الفعالة Q_2

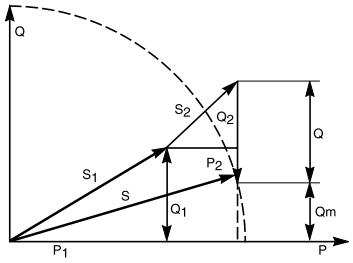
= ٣٣٧ + ١٠٢ = ٤٣٩ كيلو فولت أمبير غير فعال ،

لذلك فإن الحد الأدنى لحجم طبقة المكثف المقرر وضعها:

قدرة غير فعالة كيلو فولت أمبير غير فعال= ٤٣٩– ٣٠٧ = ١٣٢ كيلو فولت أمبير غير فعال .

يجب أن نلاحظ أن هذه الحسابات لم تأخذ في الاعتبار الأحمال الذروية ومدتها.

إن أفضل تحسين ممكن ، أي التصحيح الذي يحقق معامل القدرة١، سوف يسمح بوجود قدرة احتياطية للمحول تبلغ٦٣٠–٥٥٠= ٨٠ كيلو وات. لذلك فإن مقنن طبقة المكثف يكون ٤٣٩ كيلو فولت أمبير غير فعال.



شكل هـ١٩: يسمح التعويض Q بإضافة تمديد حمل التركيب S2 بدون الحاجة إلى استبدال المحول الموجود والذي يقتصر على S.

هـ

٢/٦ تعويض الطاقة غير الفعالة المتصة بواسطة المحول

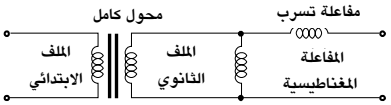
عند إجراء القياس عند الجانب ذي الجهد العالي للمحول، فإن فقد الطاقة الفعالة في المحول قد يتطلب تعويضها (ويعتمد ذلك على التعرفة).

طبيعة مفاعلات المحول الحثيه

جميع الأجهزة التي سبق الإشارة إليها موصلة على التوازي مثل تلك المستخدمة في الأحمال العادية ومكثف تصحيح معامل القدرة.. الخ. وسبب ذلك أن المصنع الموصَّل بالتوازي يحتاج إلى أكبر كميات من القدرة غير الفعالة في نظم القدرة، ولكن على أية حال فإن المفاعلات الموصلة بالتوالي مثل مفاعلات خطوط القدرة الحثية ومفاعلات تسرب ملفات المحول.. إلخ يمكن أيضاً أن تمتص الطاقة غير الفعالة.

وعند القيام بالقياس على الجانب ذي الجهد العالي لمحول ما، فإن فقد الطاقة غير الفعالة للمحول قد تحتاج إلى تعويضها (ويعتمد ذلك على التعرفة).

حيثما ذكرت فقد القدرة غير الفعالة فقط، فإنه يمكن تمثيل محولٍ ما من خلال الرسم البياني للشكل هـ ٢٢, يشار بكافة قيم المفاعلات إلى الجانب الثانوي للمحول حيث يمثل فرع التوازي ممر التيار المغنط. يظل التيار المغنط ثابتاً من الناحية العملية (عند حوالي ١,٨٪ من تيار الحمل الكامل)، من حالة اللاحمل إلى حالة الحمل الكامل في الظروف العادية أي بجهد إبتدائي ثابت وذلك حتى يمكن تركيب مكثف تواز ذي قيمة محددة على الجانب ذي الجهد العالي أو الجهد المنخفض لتعويض الطاقة غير الفعالة المتصة.



شكل هـ٢٢: مفاعلات المحول (لكل طور).

لايمكن تجاهل القدرة غير الفعالة المتصة بواسطة المحول حيث يمكن أن تصل إلى حوالي ٥٪ من تقنين المحول عند إمداد حمله الكامل. وفي هذه الحالة يمكن القيام بالتعويض بواسطة مجموعة من المكثفات.

في المحولات، يجري إمتصاص القدرة غير الفعالة بواسطة كل من مفاعلات تواز (ممغنطة) ومفاعلات توالي (تدفق تسرب)، ويمكن إجراء تعويض بواسطة مجموعة من المكثفات ذات الجهد المنخفض موصلة على التوازي.

إمتصاص القدرة غير الفعالة في مفاعل موصل على التوازي (تدفق تسرب)

تتضح هذه الظاهرة ببساطة من خلال متجه الرسم البياني في الشكل هـ٢١ إن مكون التيار غير الفعال من خلال الحمل = I جا φ لذلك فإن $Kvar_L = VI \sin \varphi$

إن مكونات التيار غير الفعال من المصدر

I = I جا ρ لذلك فإن $Kvar_L = V\ I \sin \varphi$ حيث يعبر عن كل من V و E بالكيلوفولت.

يمكن ملاحظة أن $E > V$ كما أن $Sin'\varphi > Sin\ \varphi$ إن الفرق بين $EI\ Sin'\varphi$ و $VI Sin\ \varphi$ يعطى بالكيلوفولت أمبير غير فعال لكل طور المتصة بواسطة XL.

ويمكن توضيح أن قيمة الكيلوفولت أمبير غير فعال Kvar تساوي $I^2 X_L$ التي تناظر $I^2 R$ فقد القدرة الناجمة عن مقاومة التوالي لخطوط القدرة ... الخ).

وبشكل مبسط جداً يمكن أن نستنتج قيمة الكيلوفولت أمبير غير فعال Kvar المتصة عند أي حمل لأي محول معين بالصورة الآتية:

إذا تم استخدام قيمة لكل وحدة (بدلاً من القيم المئوية) يمكن أن نجرى ضرب لكل من I و XL .

شكل هـ ٢١: إمتصاص القدرة الفعالة بواسطة محاثة على التوازي.

مثال:

محول ٦٣٠ كيلوفولت أمبير ذو جهد محاثة قصيرة الدائرة يصل إلى ٤٪ محمل بصورة كاملة . ما هو فاقد قدرته غير الفعالة؟

4% = 0.04pu Ipu = 1

$loss = I^2\ X_L = 1^2 \times 0.04 = 0.04$ pu kvar

حيث

Ipu = ٣٦٠ كيلوفولت أمبير

فقد الكيلو فولت أمبير غير فعال ثلاثية الطور هي:

٦٣٠ × ٠,٠٤ = ٢٥,٢ كيلوفولت أمبير غير فعال

أو (ببساطة ٤٪ من ٦٣٠ كيلوفولت أمبير غير فعال).

عند منتصف الحمل أي I = 5% pu فإن المفاقيد ستكون

(٠,٥)^{٢} × ٠,٠٤ = ٠,٠١ pu

= ٦٣٠ x ٠,٠١ = ٦,٣ كيلوفولت أمبير غير فعال وهكذا.

إن هذا المثال والرسم البياني للمتجه في الشكل هـ٢١ يوضحان أن:-

- معامل القدرة عند الجانب الابتدائي لمحول ما محمل تختلف (عادةً أقل) عن معامل الجانب الثانوي (نظراً لإمتصاص القدرة غير الفعالة vars).
- إن فقد القدرة غير الفعالة الناجمة عن محاثة (مفاعل) التسرب تتساوي مع النسبة المئوية لمحاثة (مفاعل) المحول (٤٪ محاثة تعني فاقد قدرة غير فعالة مساوياً لـ ٤٪ من تقنين الكيلو فولت أمبير للمحول).
- أن فقد القدرة غير الفعالة الناجمة عن محاثة التسرب تتغير مع مربع التيار أو (لحمل الكيلو فولت أمبير).

لتحديد فقد القدرة غير الفعالة Kvar لمحولٍ ما فإنه يجب إضافة فقد دائرة التيار المغنط الثابت (تقريباً ١,٨٪ من معدل الكيلو فولت أمبير للمحول) إلى فقد دوائر التواز.

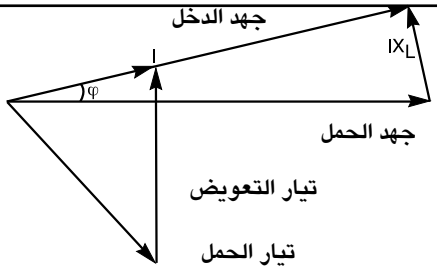
ويوضح الجدول هـ ٢٤ فقد القدرة غير الفعالة في حالة اللاحمل والحمل الكامل لمحولات التوزيع النموذجية.

وفي الأساس، يمكن تعويض محاثات التوازي باستخدام مكثفات توازي ثابتة (مثلما يحدث عامة في حالة خطوط النقل الطويلة ذات الجهد العالي)، لكن ذلك صعب من الناحية التشغيلية ولكن عند مستويات الجهد الموضحة في هذا الدليل، فإنه دائماً يجرى تطبيق التعويض المتوالي.

وفي حالة قياس الجهد العالي، فإنه يكفي زيادة معامل القدرة إلى نقطة ما حيث يكون المحول إضافة إلى استهلاك القدرة غير الفعالة للحمل أقل من المستوى الذي تصدر عنده فواتير رسوم الاستهلاك. ويعتمد هذا المستوى على التعرفة ولكن غالباً يناظر قيمة ظا φ التي تصل إلى ٠,٣١ (جتا φ ٠,٩٥٥).

يمكن تعويض فقد القدرة غير الفعالة Kvar في محول ما بصورة كاملة بواسطة تعديل طبقة المكثف لتعطي الحمل معامل قدرة متقدم في مثل هذه الحالة، ويمكن تزويد كل القدرة غير الفعالة kvar للمحول من خلال طبقة المكثف في حين يكون دخل جانب المحول ذي الجهد العالي عند معامل قدرة الوحدة كما هو موضح في الشكل هـ ٢٣.

هـ



شكل هـ٢٣: التعويض الزائد للحمل لتعويض فقد القدرة غير الفعالة للمحول بصورة كاملة.

لذا من الناحية العملية، فإن تعويض القدرة غير الفعالة الممتصة للمحول قد أدرجت في المكثفات المعدة أساساً لتصحيح معامل قدرة الحمل إما بصورة شاملة أو جزئية أو بطريقة فردية.

إن إمتصاص المحول، على النقيض من معظم أجهزة الإمتصاص الأخرى، يتغير بصورة معقولة مع تغير مستوى الحمل حتى أنه إذا تم تطبيق تعويض فردي على المحول، فإنه يجب أن نفترض متوسط مستوى حملٍ ما.

ولحسن الحظ فإن إستهلاك القدرة غير الفعالة kvarبصفة عامة يشكل فقط جزءاً صغيراً نسبياً من القدرة غير الفعالة الكلية لتركيب ما، لذا فإن عدم توافق التعويض في أوقات تغير الحمل لا يشكل مشكلة على وجه الاحتمال.

ويشير الجدول هـ ٢٤ إلى قيم نموذجية لفاقد القدرة غير الفعالة Kvarللدائرة المغنطة (أعمدة الكيلو فولت أمبير غير الفعال عند اللاحمل)، بالإضافة إلى المفاقيد الكلية عند جهد كامل بالنسبة لمعدل قياس لمحولات التوزيع القياسية المغذاة عند ٢٠ كيلو فولت (التي تشمل المفاقيد الناجمة عن محاثة (مفاعل) التسرب.

rated power	reactive power (kvar) to be compensated			
kVA	oil immersed type		cast resin type	
	no load	full load	no load	full load
50	1.5	2.9		
100	2.5	5.9	2.5	8.2
160	3.7	9.6	3.7	12.9
250	5.3	14.7	5.0	19.5
315	6.3	18.3	5.7	24.0
400	7.6	22.9	6.0	29.4
500	9.5	28.7	7.5	36.8
630	11.3	35.7	8.2	45.2
800	20	66.6	10.4	57.5
1 000	24.0	82.6	12.0	71.0
1 250	27.5	100.8	15.0	88.8
1 600	32.0	125.9	19.2	113.9
2 000	38.0	155.3	22.0	140.6
2 500	45.0	191.5	30.0	178.2

جدول هـ ٢٤ إستهلاك القدرة غير الفعالة لمحولات توزيع ذات ملفات ابتدائية ٢٠ كيلو فولت.

ملاحظة: بالنسبة لمحول ٦٣٠ كيلوفولت أمبير، فإن معدل فقد القدرة غير الفعالة يمتد من ١١,٣ عند اللاحمل إلى ٣٥,٧ كيلوفولت أمبير فعال عند التحميل الكامل، تتناظر هذه القيم بصورة وثيقة مع تلك المعطاة في المثال المشروح أعلاه.

١/٧ توصيل مجموعة مكثف وأوضاع ضبط الحماية

يوصى بتعويض المحرك الفردي عندما تكون قدرة المحرك عاليه (كيلوفولت أمبير) بالقياس إلى قدرة التركيب المقررة.

إحتياطات عامة

نظراً لظآلة إستهلاك الكيلووات، فإن معامل قدرة المحرك يكون منخفضاً جداً عند اللاحمل أو الحمل الخفيف، ويظل التيار غير الفعال للمحرك ثابتاً من الناحية العملية عند كل الأحمال، لذلك فإن عدداً من المحركات غير المحملة يشكل استهلاكا للطاقة غير الفعالة يضر بالتركيبات بصورة عامة لأسبابٍ تم شرحها في أجزاءٍ سابقة.

لذا، فإن هناك قاعدتين عامتين: أنه يجب إطفاء المحركات غير المحملة، كذلك لا يجب زيادة أحجام المحركات (نظراً لأن تلك المحركات يتم تحميلها بشكل خفيف).

التوصيل

يجب توصيل مجموعة المكثفات مباشرة بأطراف توصيل المحرك.

محركات خاصة

يُوصى بأنه لا يجب تعويض المحركات الخاصة (مثل محركات التدرج والكبح والدفع البطيء وعكس الحركة).

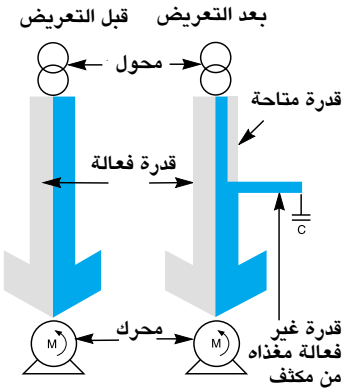
الأثر الواقع على ضوابط الحماية

بعد تطبيق التعويض على محركٍ ما، فإن التيار المار إلى كل من المكثف والمحرك سوف يكون أقل من ذي قبل مع إفتراض وجود نفس شروط الحمل الدافعة للمحرك. ويعزى ذلك إلى أن جزءاً هاماً من المكون غير الفعال لتيار المحرك يتم تزويده من المكثف كما هو موضح بالشكل هـ٢٥

وعندما يتم وضع أجهزة الحماية ضد إرتفاع التيار أعلى وصلة المكثف والمحرك (وهذه هي دائماً حالة المكثفات الموصلة من الأطراف)، فإنه يجب تقليل ضبط مرحّل التيار الزائد إلى النسبة الآتية:

$$\frac{\text{جتا } \varphi \text{ قبل التعويض}}{\text{جتا } \varphi \text{ بعد التعويض}}$$

وبالنسبة للمحركات المعوضة طبقاً لقيم الكيلو فولت أمبير غير الفعال الموضحة في الجدول هـ٢٨ (أعلى قيم موصى بها لتجنب الإستثارة الذاتية لمحركات حثيه معيارية ، كما هو مشروح في البند الفرعي ٢/٧)، فإن النسبة المذكورة أعلاه سوف تكون ذات قيمة مشابهة لتلك المشار إليها لسرعة المحرك المناظرة في الجدول هـ ٢٦.



شكل هـ ٢٥: قبل التعويض، يغذى المحول كل القدرة غير الفعالة. بعد التعويض يغذى المكثف جزءاً كبيراً من القدرة غير الفعالة.

السرعة (دورة/دقيقة)	معامل التقليل
٧٥٠	٠,٨٨
١٠٠٠	٠,٩٠
١٥٠٠	٠,٩١
٣٠٠٠	٠,٩٣

جدول هـ ٢٦: معامل التخفيض للحماية ضد التيار الزائد بعد التعويض.

٢/٧ كيفية تفادي الإستثارة الذاتية لمحركٍ حثي

عندما يتم توصيل طبقة مكثف بأطراف توصيل محرك حثي، فإن من الأهمية بمكان أن يتم التأكد من أن حجم الطبقة أقل من تلك الطبقة التي تحدث عندها الإستثارة الذاتية.

عندما يقود محرك ما حملاً ذا قصور ذاتي فإن مرتفع، فإن المحرك سيستمر في الدوران (مالم يفرمل عن عمد) بعد إطفاء تغذية المحرك.

يُقصد بالقصور الذاتي المغناطيسي لدائرة المحرك أنه سوف يتم توليد قوة دافعة كهربائية emf في الفائض للعضو الساكن لفترة قصيرة بعد الإطفاء وسوف تقل بالطبع إلى صفر بعد دورة واحدة أو دورتين في حالة المحرك غير المعوض.

وعلى أية حال فإن مكثفات التعويض تشكل حملاً عديم القدرة الفعالة ثلاثي الطور لمثل هذه القوة الدافعة الكهربائية والتي تسبب تدفق التيارات السعوية عبر لفائف العضو الساكن. إن تيارات العضو الساكن هذه سوف تسفر عن وجود مجال مغناطيسي دائر في العضو الدوار والذي يعمل بالضبط بطول نفس المحور ونفس الاتجاه الخاص بالمجال المغناطيسي المتلاشي.

ويزداد تدفق العضو الدوار تبعاً لذلك حيث تزداد تيارات العضو الساكن وتزداد أيضاً جهود أطراف توصيل المحرك إلى مستويات عالية خطيرة أحياناً.

وتعرف هذه الظاهرة بالاستثارة الذاتية والتي تعد أحد الأسباب وراء عدم تشغيل المولدات ذات التيار المتردد عند معاملات قدرة رئيسية وبمعنى آخر هناك ميل إلى الاستثارة الذاتية التلقائية (وغير المتحكم فيها).

ملاحظات:

١- إن خصائص المحرك المنقاد بواسطة قصور ذاتي للحمل لا تتشابه بصورة كبيرة مع خصائص المحرك اللاحملية.

٢- عندما يعمل المحرك كمولد، فإن التيارات المارة تكون غير فعالة بصورة كبيرة لدرجة أن أثر الفرملة (أو الكبح) على الموتور يكون سببه فقط الحمل الذي يمثله مروحة تبريد المحرك.

٣- إن لكل من التيار المأخوذ من مصدر التغذية (غالباً ٩٠٪ متأخر) في الظروف العادية بواسطة المحرك غير المحمل والتيار (٩٠٪ رئيسي) الموصل إلى المكثفات بواسطة المحرك الذي يعمل كمولد نفس علاقة الطور بجهد طرف التوصيل. ولهذا السبب يمكن إضافة خصائص كلا التيارين على الرسم البياني.

ولتفادي الإستثارة الذاتية كما هو موضح أعلاه، فإن تقنين الكيلو فولت أمبير غير فعال لطبقة المكثف يجب تحديده بالقيمة القصوى الآتية:

$$Qc \leq 0.9\ Io\ Un\sqrt{3}$$

حيث Io = تيار اللاحمل للمحرك

Un = جهد المحرك الاسمي من طور إلى طور بالكيلو فولت

يعطي الجدول هـ ٢٨ القيم المناسبة لطبقة المكثف المناظرة لهذا المعيار.

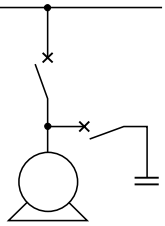
مثال

محرك ثلاثي الطور ٤٠٠ فولت، ٣٠٠٠ لفة في الدقيقة، ٧٥ كيلو وات قد يكون به طبقة مكثف عامة صغيرة جداً كتعويض المحرك إلى مستوى الـ جتا φ المطلوب. ولكن التعويض الإضافي يمكن تطبيقه على النظام فعلى سبيل المثال وضع طبقة كاملة للتعويض الشامل بالنسبة لعدد من الأجهزة الصغيرة.

محركات ذات قصور ذاتي مرتفع و/أو أحمال

عندما يكون هناك أحمال تدفعها محركات ذات قصور ذاتي مرتفع، فإنه يجب إعتاق قواطع الدائرة أو الملامسات التي تتحكم في هذه المحركات بصورة سريعة في حالة الفقد الكلي لتغذية القدرة.

وإذا لم يتخذ هذا الإجراء، فإن من المحتمل أن تحدث استثارة ذاتية حتى جهود مرتفعة جداً حيث أن طبقات المكثفات الأخرى في التركيب سوف تكون متوازية مع تلك الخاصة بمحركات القصور الذاتي المرتفع.



شكل هـ ٢٧: توصيل مجموعة المكثف بالمحرك

هـ

لـذلك فإن خـطة حماية هذه المحـركات يجب أن تشـتمل على مرِّحل إعتاق الجهد المرتـفع بالإضافة إلى ملامسات للتأكد من القدرة الإنعكاسيـة (المحرك سوف يغذي بقية التركيبات حتى تتبدد طاقة القصور الذاتي المخزنة).

لا يكون مـرِّحل الفلـطيـة المنخـفـضـة (أقل من المعـدل) مناسباً لأن الجـهد لن يبقى فقط عند مـعدله بل قد يزيد مباشرة عقب فقد مصدر تغذية القدرة .

وإذا كانت طـبقة المكثف المـرتبطة بالمحرك ذات القـصور الذاتي المرتفـع أكـبـر من تلك الموصى بـهـا في الجـدول هـ٢٨، فـإنه يجب التـحكم بهـا منفـردةً بواسطة قـاطع دائرة أو عضو ملامس والذي يتم إعتاقه مع قاطع دائرة المحرك الرئيسي أو الملامس الرئيسي كما هو موضح في الشكل هـ ٢٧, ويخضع إغـلاق الملامس الرئيسي عـامةً لملامس المكثف الذي قد تم إغلاقه سابقاً.

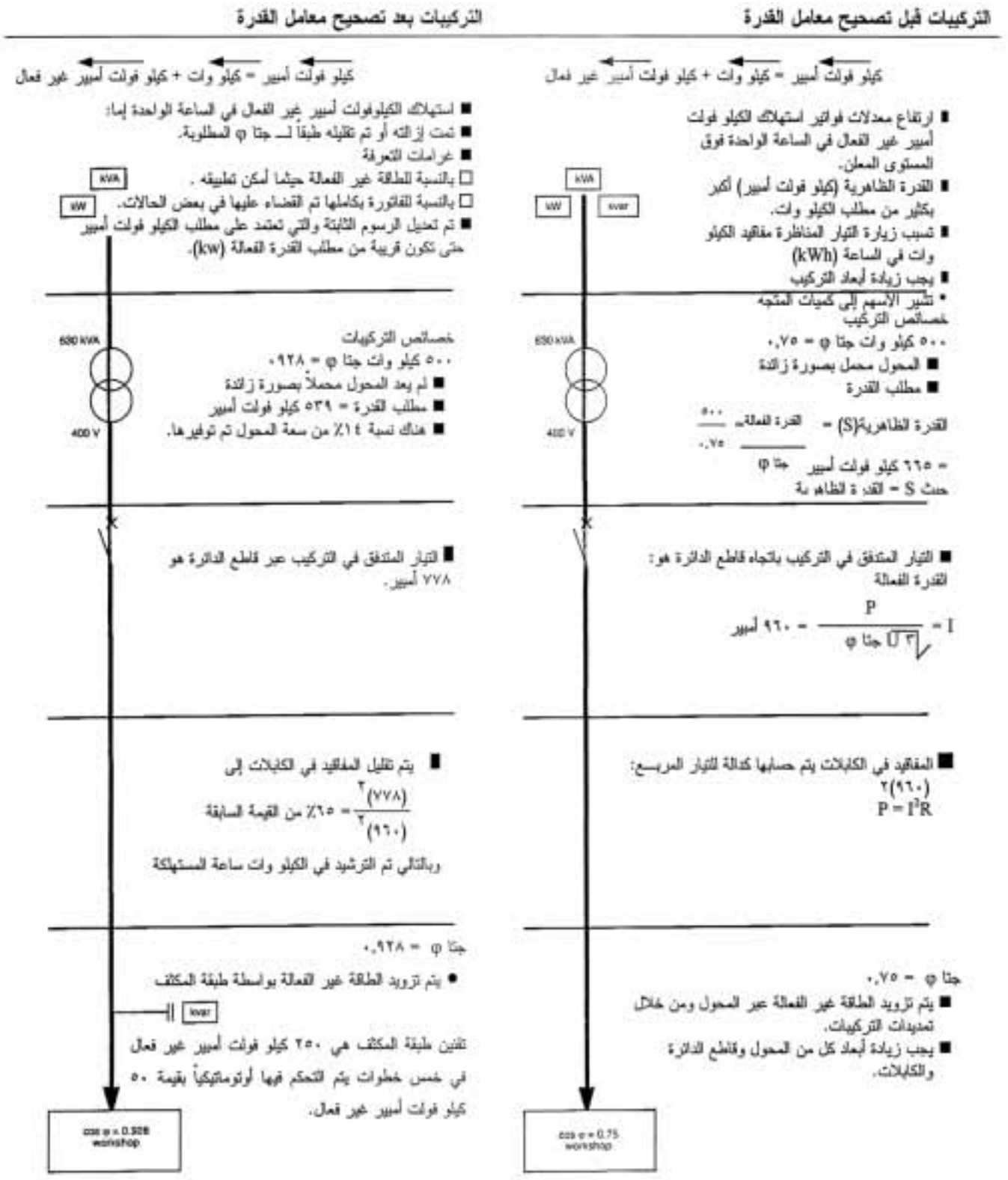
محركات ثلاثية لطور ٢٣٠/٤٠٠ فولت					
القدرة الإسمية	كيلو فولت أمبير المفاعل المركب				
	سرعة الدوران (لفة في الدقيقة)				
ك و	حصان	٣٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
٢٢	٣٠	٦	٨	٩	١٠
٣٠	٤٠	٧,٥	١٠	١١	١٢,٥
٣٧	٥٠	٩	١١	١٢,٥	١٦
٤٥	٦٠	١١	١٣	١٤	١٧
٥٥	٧٥	١٣	١٧	١٨	٢١
٧٥	١٠٠	١٧	٢٢	٢٥	٢٨
٩٠	١٢٥	٢٠	٢٥	٢٧	٣٠
١١٠	١٥٠	٢٤	٢٩	٣٣	٣٧
١٣٢	١٨٠	٣١	٣٦	٣٨	٤٣
١٦٠	٢١٨	٣٥	٤١	٤٤	٥٢
٢٠٠	٢٧٤	٤٣	٤٧	٥٣	٦١
٢٥٠	٣٤٠	٥٢	٥٧	٦٣	٧١
٢٨٠	٣٨٠	٥٧	٦٣	٧٠	٧٩
٣٥٥	٤٨٢	٦٧	٧٦	٨٦	٩٨
٤٠٠	٥٤٤	٧٨	٨٢	٩٧	١٠٦
٤٥٠	٦١٠	٨٧	٩٣	١٠٧	١١٧

جـدول هـ٢٨: القيـمـة القـصوى للكيـلو فولت أمـبيـر المفاعل (Kvar) لتصحيح معامل القدرة الممكن تطبيقها على أطراف توصـيـل المحـرك دون التـعـرض لمخـاطر الاستثارة الذاتية.

ملاحظة:

إن معرفة الحجم الدقيق لوحدة المكثف الخاصة بالمحرك يمكن تحديدها فقط إذا تم التـعرف على تيار اللاحمل أو الكيلو فولت أمبير غير الفعال اللاحمل الممغنط.

٨ - مثال لتركيبات قبل وبعد تصحيح معامل القدرة



شكل هـ ٢٩: مقارنة إقتصادية قبل تركيب ما قبل وبعد تصحيح معامل القدرة.

ملاحظة: في الحقيقة تظل جتا φ للورشة عند ٠,٧٥ ولكن جتا φ الخاصة بكل التركيبات بعكس تيار طبقة المكثف حتى أطراف المحول المنخفضة الجهد هي ٠,٩٢٨ وكما ذكر في البند الفرعي ٢/٩ فإن جتا φ عند الجانب ذي الجهد المرتفع للمحول سوف تكون أقل بصورة طفيفة نظراً لمفاقيد القدرة غير الفعالة في المحول.

هـ

٩- تأثير التوافقيات على تقنين مجموعة مكثفات

١/٩ مشاكل تنشأ من توافقيات نظام القدرة

تعاني الأجهزة التي تستخدم مكونات الكترونيات القدرة (متحكمات سرعة المحرك المتغيرة، مقومات تتحكم فيها بواسطة ثايروستور... الخ) في الآونة الأخيرة من بعض المشاكل التي يرجع سببها إلى توافقيات نظام القدرة.

لقد وُجدت التوافقيات منذ فترات بداية الصناعة الأولى وكان (ومايزال) سببها المعوقات الممغنطة غير الخطية لكل من المحولات والمفاعلات وكابحات مصابيح الفلورسنت .. الخ.

إن التوافقيات بنظم القدرة المتماثلة ثلاثية الطور عامة تأخذ الأرقام الفردية أي الثالث والخامس والسابع والتاسع.. وهكذا كما تقل القيمة مع زيادة نظام التوافقيات.

يمكن استخدام كل هذه المقومات بطريقة مختلفة لتقليل توافقيات معينة إلى قيم ضئيلة مهملة- غير أن القضاء عليها تماماً مستحيل في هذا القسم يوصى باستخدام وسائل عملية لتقليل تأثير التوافقيات مع الإشارة بصفة خاصة إلى طبقات المكثف.

إن المكثفات تعد حساسة بصفة خاصة للمكونات التوافقية لجهد التغذية نظراً لحقيقة أن المحاثة (المفاعلة) السعوية تنخفض عند زيادة التردد . يعني ذلك ، من الناحية العملية، أن نسبة مئوية قليلة نسبياً من الجهد التوافقي يمكن أن تسب تدفق تيار معقول في دائرة المكثف.

يسبب وجود مكونات توافقية تشوه شكل موجة الجهد (عادة جيبية) أو التيار حيث كلما زاد المحتوى التوافقي كلما زادت درجة التشوه

إذا كان التردد الطبيعي لكل من طبقة المكثف ومفاعلة القدرة قريباً من مكون توافقي خاص فإنه سيحدث بالتالي رنين جزئي مع زيادة قيم الجهد والتيار عند التردد التوافقي المعني.

في هذه الحالة فإن التيار المرتفع سوف يسبب التسخين الزائد للمكثف مع انحطاط العزل الكهربائي والذي قد يترتب عليه فشله التدريجي.

يتوفر العديد من الحلول لهذه المشاكل والتي تهدف في الأساس إلى تقليل تشوه شكل موجة جهد التغذية وذلك بين الجهاز الذي يسبب التشوه ومجموعة المكثفات قيد الدراسة. يتحقق ذلك بصفة عامة بواسطة مرشح توافقي موصل على التواز و/أو مفاعلات كبح توافقية.

*مع إدخال أجهزة الكترونيات القدرة والمكونات غير الخطية المرافقة ، فإنه لوحظ أن هناك توافقيات زوجية العدد.

٢/٩ حلول ممكنة

صعب أن تؤخذ التوافقيات في الاعتبار ذلك مع المكثفات ذات الأحجام الكبيرة إلى جانب مفاعلات الإخماد التوافقية موصلة على التوالي.

مقاومة آثار التوافقيات

ينجم عن وجود التوافقيات جهد التغذية مستويات تيار مرتفعة بصورة غير عادية خلال المكثفات يسمح بذلك بواسطة تصميم قدره جذر متوسط المربعات r.m.s للتيار تساوي ١,٣ مرة من التيار المقنن العادي.

إن كافة عناصر التوالي مثل التوصيلات والمصهرات والمفاتيح ... إلخ المرافقة للمكثفات ذات حجم كبير بين ١,٣ إلى ١,٥ مرة من التقنين العادي.

يسفر التشوه التوافقي لموجة الجهد عن وجود شكل موجة "ذرويه" والتي فيها تزداد القيمة الذروية للموجة الجيبية العادية.

يجب أن يؤخذ في الاعتبار هذه الاحتمالية، إلى جانب حالات زيادة الجهد الأخرى المحتمل حدوثها وذلك عند مقاومة آثار الرنين كما هو موضح أسفل عن طريق زيادة مستوى العزل عن المستوى الخاص بالمكثفات "المعيارية". في حالات عديدة يحقق هذان الإجراءان التشغيل المرضي.

مقاومة آثار الرنين

إن المكثفات تعد أجهزة مفاعلة خطية، وبالتالي لا تُولِّد توافقيات. يمكن على أية حال، أن يترتب على تركيب مكثفات في نظام قدرة ما (والذي تكون فيه المعاوقات حثيه) رنين كلي أو جزئي عند تردد واحد من الترددات التوافقية.

يمكن أن نحصل على النظام (الترتيب) التوافقي ((ho لتردد الرنين الطبيعي بين محاثة النظام وطبقة المكثف من المعادلة الآتية:

$$\sqrt{Ssc / Q}$$

حيث :

Ssc= مستوى قصر دائرة النظام كيلو فولت أمبير عن نقطة توصيل المكثف

Q= تقنين مجموعة المكثف بالكيلو فولت أمبير غير فعال و

ho= النظام التوافقي للتردد الطبيعي foأي fo/50 لنظام ٥٠ هيرتز أو fo/60 لنظام ٦٠ هيرتز.

على سبيل المثال يمكن أن يعطي $\sqrt{Ssc/Q}$ قيمة للنظام التوافقي هي ٢,٩٣ والتي توضح أن التردد الطبيعي لمجموع المكثف/ ومحاثة النظام قريباً من التردد التوافقي الثالث للنظام.

من النظام التوافقي fo/50 = ho يمكن ملاحظة أن:

fo= 50 ho = 50 x 2.93 = 146.5 Hz

كلما إقترب التردد الطبيعي من أحد التوافقيات الموجودة بالنظام ، كلما زاد الأثر (غير المرغوب) في المثال الموضح عاليه، وسيحدث بالتأكيد ظروف (شروط) رنين قوية مع المكون التوافقي الثالث للموجة المشوهة.

في مثل هذه الحالات، فإنه يتم إتخاذ خطوات لتغيير التردد الطبيعي لقيمة ما تحدث رنين مع أي من التوافقيات المعروف بوجودها. يتم ذلك بواسطة إضافة محاثة كبت توافقية موصلة بالتوالي مع طبقة المكثف. بالنسبة لأنظمة الـ ٥٠ هيرتز، فإنه يجرى تعديل هذه المفاعلات غالباً للحصول على تردد لكل من طبقة المكثف والمفاعلات حتى ١٩٠ هيرتز. ويتم تعديل المفاعلات إلى ٢٢٨ هيرتز في نظام الـ ٦٠ هيرتز.

وهذه الترددات تناظر قيمة للنظام التوافقي hoهي ٣,٨ لنظام الـ ٥٠ هيرتز أي تقريباً في منتصف الطريق بين التوافقيات الثالثة والخامسة.

طبقاً لهذا الترتيب، فإن وجود المفاعل يزيد من تيار التردد الأساسي (٥٠ هيرتز أو ٦٠ هيرتز) بنسبة ضئيلة (من ٧ إلى ٨٪) وبالتالي يزيد الجهد عبر المكثف بنفس النسبة.

يجب أن يؤخذ ذلك في الاعتبار، باستخدام، على سبيل المثال ، مكثفات تم تصميمها للتشغيل عند ٤٤٠ فولت على نظام الـ ٤٠٠ فولت.

هـ

٣/٩ إختيار الحل الأمثل

يتم اختيار أحد المعالم (البارمترات) التالية:

Gh= مقدار تقنين الكيلو فولت أمبير لكافة أجهزة

■ التوليد التوافقية (المحولات الثابتة المقوِّمات العكسية ومتحكمات السرعة ... الخ) الموَّصلة بقضبان التوصيل المغذى منها طبقة (صف) المكثف.

إذا كان تقنين بعض هذه الأجهزة بالكيلو وات فقط، إفترض متوسط معامل قدره ٠,٧ للحصول على تقنين الكيلو فولت أمبير.

Ssc = مستوى قصر الدائرة ثلاثي الطور بالكيلو

■ فولت أمبير عند أطراف توصيل طبقة المكثف.

■ Sn = مقدار تقنين الكيلو فولت أمبير لكافة المحولات التي تغذى (أي الموَّصلة مباشرة) مستوى النظام والذي يشكل قضبان التوصيل جزءاً منه.

إذا كان هناك عدداً من المحولات يعمل بالتوازي، فإنه إزالة واحد أو أكثر من هذه المحولات من الخدمة سوف يغير قيم كل من Sn وSsc بصورة معقولة.

ومن خلال هذه المعالم (البارمترات) يمكن اختيار المواصفة الفنية للمكثفات والتي تضمن تحقيق مستوى تشغيل مقبول مع جهود وتيارات النظام التوافقية، بعد الرجوع إلى الجدول التالي:

هـ

مكثفات يتم تغذيتها عند جهد منخفض خلال المحول (المحولات)

■ قاعدة عامة تسري لأي سعة من المحولات

$Gh \le \frac{Ssc}{120}$	$\frac{Ssc}{120} \le Gh \le \frac{Ssc}{70}$	$Gh > \frac{Ssc}{70}$
مكثفات قياسية	مقنن جهد المكثف يزيد بمقدار ١٠٪ (فيما عدا الوحدات ٢٣٠ فولت)	مقنن جهد المكثف يزيد بمقدار ١٠ ٪ + مفاعل مخمد توافقي

■ قاعدة مبسطة إذا كان مقنن المحول (المحولات) $S_n \le 2MVA$

$Gh \le 0.15\ S_n$	$0.15\ S_n < Gh \le 0.25\ S_n$	$0.25\ S_n < Gh \le 0.60\ S_n$	$Gh > 0.6\ S_n$
مكثفات قياسية	مقنن جهد المكثف يزيد بمقدار ١٠٪ (فيما عدا الوحدات ٢٣٠ فولت)	مقنن جهد المكثف يزيد بمقدار ١٠٪+مفاعل مخمد توافقي	مرشحات

جدول هـ ٣٠:اختيار الحلول للحد من التوافقيات المرتبطة بمجموعة مكثفات الجهد المنخفض

أمثلة

سيتم عرض ثلاث حالات لتوضيح المواقف على التوالي التي يتم فيها تركيب طبقات المكثف القياسية ثم الطبقات ذات الأبعاد الكبيرة ، مضاف لها جهاز كبت توافقي .

مثال ١

محول ٥٠٠ كيلو فولت أمبير ذو جهد قصر دائرة ٤٪.

التقنين الإجمالي لأجهزة التوليد التوافقية Gh= ٥٠ كيلو فولت أمبير

$Ssc = ٥٠٠ \times \frac{١٠٠}{٤} = ١٢٥٠٠$ كيلو فولت أمبير

$\frac{Ssc}{١٢٠} = \frac{١٢٥٠٠}{١٢٠} = ١٠٤$

$Gh = ٥٠ \ge \frac{Ssc}{١٢٠}$

الحل : استخدم مكثفات قياسية .

مثال ٢ :

محول ١٠٠٠ كيلو فولت أمبير ذو جهد قصر دائرة ٦٪

إجمالي تقنين أجهزة التوليد التوافقية Gh = ٢٢٠ كيلو فولت أمبير

$Ssc = ١٠٠٠ \times \frac{١٠٠}{٦} = ١٦٦٦٧$ كيلو فولت أمبير

$\frac{Ssc}{١٢٠} = \frac{١٦,٦٦٧}{١٢٠} = ١٣٩$

$\frac{Ssc}{٧٠} = \frac{١٦,٦٦٧}{٧٠} = ٢٣٨$

$Gh = ٢٢٠$ تكون بين $\frac{Ssc}{١٢٠}$ و $\frac{Ssc}{٧٠}$

الحل: إستخدم مكثفات Overated (٤٤٠ فولت).

مثال ٣:

محول ٦٣٠ كيلو فولت أمبير ذات جهد قصر الدائرة ٤٪

إجمالي تقنين أجهزة التوليد التوافقية Gh=٢٥٠ كيلو فولت أمبير

Ssc= ٦٣٠ × $\frac{١٠٠}{٤}$ = ١٥,٧٥٠ كيلو فولت أمبير

$\frac{Ssc}{٧٠} = \frac{١٥,٧٥٠}{٧٠}$ =٢٢٥

$\frac{Ssc}{٧٠}$ > ٢٥٠ = GH

الحل : إستخدام مكثفات Overated (٤٤٠ فولت) ومفاعلات كبت توافقية.

٤/٩ الآثار المحتملة لمكثفات تصحيح معامل القدرة على نظام التغذية بالقدرة

إنه لمن الضروري أن نضمن أن لا يسفر التداخل بين أجهزة التوليد التوافقية ومكثفات تصحيح معامل القدرة عن وجود مستويات جهد غير مقبولة و/أو تشوه شكل موجة التيار داخل شبكة تغذية القدرة.

إنه لمن الضروري أن نضمن أن لا يسفر التداخل بين أجهزة التوليد التوافقية ومكثفات تصحيح معامل القدرة عن وجود مستويات جهد مقبولة و/أو تشوه شكل موجة التيار داخل شبكة تغذية القدرة.

تفرض سلطات تغذية القدرة بصفة عامة ضوابط على التشوه التوافقي الاجمالي (THD) المسموح به عند نقطة إمداد القدرة للمستهلك.

تقاس درجة التشوه بمعدل جذر متوسط المربعات r.m.sلكل التوافقيات الموجودة بالعلاقة مع متوسط جذر المربعات الخاص بموجة التردد الأساسية (٥٠ أو ٦٠ هيرتز).

بالنسبة للأحمال ذات الجهد المنخفض المزودة من خلال محولٍ ما من توصيلة ذات جهد مرتفع فإن ذلك يعني أن القيمة القصوى للتشوه التوافقي الإجمالي ٤ أو ٥٪ عنط أطراف توصيل المحول ذات الجهد المنخفض.

إذا تعذر الحصول على هذه القيمة للتشوه التوافقي الإجمالي، فإنه لابد من اللجوء إلى مرشحات توالي L.Cذات جهد منخفض توصل مثل هذه المرشحات على التوازي وموالفة حتى تحدث رنين عند ترددات توافقية والتي لا تمثل لها عائقاً من الناحية العملية.

للمرشحات الموصلة بهذة الطريقة فائدة إضافية وهي الإسهام في تعويض القدرة غير الفعالة في التركيب.

هـ

١/١٠ عناصر المكثف

التقنية

إن المكثفات هي وحدات من النوع الجاف (اي أنها لا تتشرب بالعازل الكهربائي السائل) وتتكون من .طبقة ذاتية الإلتئام من عديد البروبلين المعدن في شكل لفافة (رول) ذات طبقتين.

يتم حماية المكثفات بواسطة نظام عالي الجودة (جهاز فصل ذو ضغط مرتفع مع مصهر (HPCوالذي يفصل المكثف إذا حدث خطأ داخلي.

يعمل نظام الحماية كما يلي:

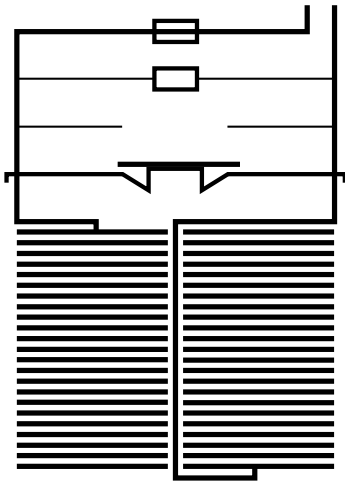
■ قصر دائرة عبر العازل الكهربائي يفجر المصهر.

مستويات التيار الزائدة عن المستوى العادي، ولكنها غير كافية لتفجير المصهر، على سبيل المثال نظراً لوجود تدفق ميكروسكوبي في طبقة العازل الكهربائي، ولكن سرعان ما تلتئم هذه الأخطاء بسبب التسخين الموضعي بواسطة تيار التسرب، لذلك فإن الوحدات تعرف بأنها "ذاتية الالتئام".

□ إذا استمر تيار التسرب، فإن الخطأ قد يتطور إلى قصر دائرة وينفجر المصهر.

الغاز الناتج عن تبخير المعدنة

□ الحادثة عند موضع الخطأ سوف يجمع بالتدريج ضغطاً داخل العبوة البلاستيكية وتشغل جهاز الضغط الحساس ليقصر دائرة الوحدة وبالتالي يجعل المصهر ينفجر. والمكثفات مصنوعة من مادة عازلة توفر لها عزلا مزدوجا ولا يحتاج الأمر إلى وصلة أرضية.



شكل هـ ٣١:

الخصائص الكهربائية

المواصفات القياسية		IEC 831 , NF C54 – 104 , VDE0560 CSA standards , UL tests		
مدى التشغيل	الجهد المقنن	٤٠٠ فولت		
	التردد المقنن	٥٠ هرتز		
التفاوت في المواسعة		من صفر إلى + ٥ ٪		
مدى درجة الحرارة	أقصى درجة حرارة	٥٥° س		
	متوسط درجة الحرارة خلال ٢٤ ساعة	٤٥° س		
	المتوسط السنوي لدرجة الحرارة	٣٥° س		
	أدنى درجة حرارة	– ٢٥° س		
مستوى العزل		جهد التحمل عند ٥٠ هرتز لمدة ١ دقيقة : ٦ ك.ف جهد التحمل النبضي ١,٢/٥٠ ميكروثانية : ٢٥ ك . ف		
تيار الحمل الزائد المسموح به		العدى القياسي	العدى H	
		٣٠ ٪	٥٠ ٪	
جهد الحمل الزائد المسموح به		١٠ ٪	٢٠ ٪	
استهلاك التيار	عند مصدر ٤٠٠ فولت ــ ٥٠ هرتز	٢ أمبير/ كيلو فار	٢,٢ أمبير / كيلو فـار*	
	عند مصدر ٢٣٠ فولت ــ ٥٠ هرتز	٣,٥ أمبير / كيلو فار		

* كيلو فار (Kvar) = كيلو فولت أمبير مفاعل

٢/١٠ اختيار أجهزة الحماية والتحكم وكابلات التوصيل

أبعاد المكونات

يعتمد اختيار كابلات ضد التيار ووسائل الحماية والتحكم على تحميل التيار بالنسبة للمكثفات، يعتبر التيار دالة على:

*قيمة الجهد المطبق وتوافقياته

*قيمة المواسعة.

يمكن الحصول على التيار الإسمي لمكثف ما ذات تقنين كيلو فولت أمبير غير فعال Qمزود من نظام ثلاثي الطور وبه جهد طور/طور Unكيلو فولت، مما يلي:

$$In = \frac{Q}{\sqrt{3Un}}$$

إن المدى المسموح به للجهد المطبق عند التردد الأساسي إضافة إلى المكونات التوافقية إلى جانب تفاوتات التصنيع الخاصة بالمواسعة الحقيقية (بالنسبة لقيمة إسمية معلنة) يمكن أن يؤدي إلى زيادة بنسبة ٥٠٪ زيادة على قيمة التيار المحسوبة.

يرجع تقريباً ٣٠٪ من هذه الزيادة إلى زيادات الجهد في حين تعود ١٥٪ إلى مدى تفاوتات الصناعة بحيث ان

1.3 x 1.15 = 1.5 In

لذلك فإن كافة المكونات التي تحمل تيار المكثف يجب أن تكون مناسبة حتى تغطي هذه الحالة "الأسوء" في درجة الحرارة العادية بحد اقصى ٥٠ْس.

في حالة وجود درجات حرارة أعلى (من ٥٠ْس) داخل المنشآت.. الخ فإنه من الضروري تقليل التقنين للمكونات.

الحماية

عند لحظة قفل مفتاح ما لتنشيط المكثف، فإن التيار يتم تمديده فقط بواسطة معوقات الشبكة المضاءة لتيار المكثف، حتى يحدث إرتفاع القيم الذروية للتيار لفترة وجيزة، ثم ما تلبث أن تعود إلى قيم التشغيل العادية.

ولكن، على أية حال، فإن هذا التيار الزائد العابر هو ظاهرة ذات تردد عالي والتي تركب على موجة تيار الـ ٥٠ هيرتز (أو تيار الـ ٦٠ هيرتز.

تحصل الذروة الأولى للتيار العابر ذات التردد العالي أو أحياناً التيار "اللاإتجاهي" على القدر الأكبر . إن أقصى قيمة يمكن الحصول عليها، عند شحن مكثف غير مشحون مبدئياً، سوف تحدث إذا تلامست ملامسات مفتاح القفل عند لحظة جهد تغذية القدرة الذروي .

بالنسبة لهذه الحالة ، فإنه يمكن الحصول على تيار الذروة ذات التردد العالي مما يلي:

$$Ip = U\sqrt{\frac{2C}{3Lo}}\ A$$

حيث

U= جهد النظام طور إلى طور بالفولت

C= مواسعة المكثف بالفاراد

Lo= محاثة معاوقة النظام بالهنري (يتم تجاهل مقاومة النظام).

ويمكن الحصول على تردد تمور التيار العابر fo بالطريقة التالية:

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LoC}}\ HZ$$

*بصفة عامة، إن التيارات اللاإتجاهية الذروية أقل من الذروة الأولى لتيارات التردد العالي.

■ بالنسبة لمجموعة مكثف واحدة، فإن كابلات ضد التيار والمحولات يشكلون الجزء الأكبر من محاثة النظام .(Lo).

■ ولكن عندما يوجد مجموعة من المكثفات والتي تفتح وتقفل أوتوماتيكياً، فإن الوحدات الموجودة بالفعل في الخدمة سوف تفرغ شحناتها من مجموعة المكثف غير المشحونة مع لحظة فتح هذه الوحدات. سوف يصل التيار المتدفق العابر من الوحدات التي سبق شحنها إلى ذروة مبدئية تبلغ:

هـ

$$I'p = \sqrt{\frac{2C}{3L}} \quad \frac{n}{n+1}$$

حيث:

L= محاثة كابل التغذية الموصلة بالتوالي مع كل مكثف

n= عدد خطوات المكثف التي تم تنشيطها قبل قفل المفتاح.

C= مواسعة كل مجموعة تمثل خطوة واحدة (كل الخطوات تتماثل كهربائياً).

يمكن الحصول على تردد التيار fo من المكثفات المنشطة كما يلي:

$$fo' = \frac{1}{2\sqrt{LC}} \text{ Hz}$$

إن إجمالي التيار المتدفق هو مجموع المغذيين أي من النظام ومن طبقة المكثف التي سبق شحنها.

بصفة عامة، فإنه لا يتساوي ترددات كلا المغذيين.

لا يجب أن تتجاوز القيمة الذروية لهذا التيار العابر ١٠٠ مرة من التيار المقنن للمكثفات خطوة واحدة لطبقة متعددة الخطوات (IEC 831-1). تحدث الذروة القصوى لهذا التيار العابر عند تنشيط الخطوة الأخيرة. من الضروري أحياناً تركيب محاثات توالي صغيرة لتحقيق ذلك ويجب إستشارة الصانع في هذه الحالة. ولتفادي الإعتاق المزعج غير المرغوب لقواطع الدائرة عند لحظة تنشيط طبقة مكثف ما، فإنه يجب إعطاء العناصر اللحظية لمرِّحلات إعتاق زيادة التيار ضبط مرتفع مناسب.

ملاحظة: يجب أن يكون تقنين فصل تيار قصر الدائرة الخاص بقاطع الدائرة مناسباً حتى يتوافق مع مستوى قصر الدائرة الموجود عند نقطة توصيل طبقة المكثف.

هـ

مساحة مقطع الموصلات

يجب أن يعتمد تقنين تيار الكابلات، كما لوحظ سابقاً، على ١,٥ مرة من تقنين التيار الاسمي.

يسهل القسم ح ١-٢ من الفصل ح عملية اختيار الكابلات المناسبة أو أنواع أخرى من الموصلات لتوضيح خصائصها وطريقة التركيب ودرجة الحرارة المحيطة ... الخ.

الجهود العابرة

إن الجهود العابرة ذات التردد العالي عندما تصاحب التيارات العابرة ذات التردد العالي فإن أقصى ذروة الجهد العابر لا تتجاوز (في غياب التوافقيات ذات الوضع الثابت) ضعف قيمة ذروة الجهد المقنن عند تشغيل وفتح مكثف ما غير مشحون.

ولكن في حالة وجود مكثف ما قد شُحن بالفعل عند لحظة قفل المفتاح، فإن الجهد العابر يمكن أن يحصل على قيمة قصوى تصل إلى ٣ مرات من القيمة الذروية المقننة الإسمية.

تحدث هذه الحالة القصوى فقط إذا

- كان الجهد القائم بالمكثف مساوياً للقيمة الذروية للجهد المقنن.
- قفل ملامسات المفتاح عند لحظة جهد التغذية الذروية.
- كان قطب جهد تغذية القدرة معاكساً لقطب المكثف المشحون. في مثل هذا الوضع، سوف يكون التيار العابر عند أقصى قيمة ممكنة له أي ضعف قيمته القصوى عند القفل لمكثف غير مشحون مبدئياً كما لوحظ سابقاً.

بالنسبة لأية قيم أخرى للجهد والقطبية في المكثف الذي سبق شحنه، فإن قيم الجهد العابرة والتيار ستكون أقل من تلك المشار إليها سابقاً. وفي حالة الجهد المقنن الذروي في مكثف ذات نفس قطبية جهد التغذية وقطبية إقفال المفتاح عند لحظة ذروة جهد التغذية، فإنه لن يكون هناك أية جهود أو تيارات عابرة.

لذلك، فإنه في حالة وصل أو قطع طبقات المكثفات المتدرجة أوتوماتيكياً، فإنه يجب الاهتمام بضرورة ضمان أن يكون الجزء المقرر شحنه من المكثفات مفرغاً من شحنته بصورة كاملة.

ويجوز أن يُقصر زمن تأخير التفريغ إذا لزم الأمر، بواسطة إستخدام مقاومات ذات مقاومة منخفضة.

Schneider Electric

١/١ المخططات الأساسية لتوزيع الجهد المنخفض

في نموذج التركيبات للجهد المنخفض ، تبدأ دوائر التوزيع عند لوحة التوزيع العام الرئيسية التي تمتد منها الكابلات بأنواع المسارات المختلفة للكابلات والمواسير ، إلخ لتغذية لوحات التوزيع المحلية والفرعية .

إن ترتيب مجموعات الموصلات المعزولة ووسائل تثبيتها وحمايتها من التلف الميكانيكي، دون إغفال الاعتبارات الجمالية (الشكلية)، تشكل العوامل التي تحقق الوصول إلى تركيبات كهربائية.

ترتيبات الدوائر

إن إنشاء دوائر مستقلة للأجزاء المختلفة من التركيبات يتيح:

- الحد من العواقب في حالة عطل دائرة ،
- تبسيط التعرف على موقع دائرة معطوبة ،
- أعمال صيانة أو تمديد دائرة دون التعرض لمعظم التركيبات.

إن تقسيم الدوائر ينقسم منطقياً إلى عدة فئات، كل فئة تتطلب دائرة مفردة أو مجموعة من الدوائر وأنواعاً معينة ـ في بعض الحالات ـ من الكابلات (على سبيل المثال دوائر الإنذار ضد الحريق ودوائر الوقاية).

ومجموعات الدوائر الآتية تعتبر مطلوبة بشكل عام:

- دوائر الإنارة (الدوائر التي تحدث فيها معظم أعطال العزل) .
- دوائر المقابس.
- دوائر أجهزة التسخين و /أو التكييف.
- دوائر القدرة للوحدات الثابتة التي تدار بالمحركات.
- دوائر التغذية بالقدرة للخدمات الخارجية .
- دوائر وقاية الأنظمة (أنوار الطوارىء، أنظمة الحماية من الحريق، دوائر وحدات استمرارية القدرة (UPS لأنظمة الكمبيوتر،..الخ)، والتي يخضع تركيبها عادة لنظم ولوائح دولية صارمة.

وعلى الصفحات التالية وصف لأكثر الأنواع شيوعاً من ترتيبات التوزيع لتركيبات الجهد المنخفض.

إن مخططات التوزيع ذات التفريع القطري التي تتناقص فيها أحجام الموصلات عند كل نقطة قسم فرعي بالدائرة، هي أكثر الأنظمة استخداماً في معظم الدول.
في دوائر المقابس في بعض الدول تكون دائرة التوزيع الرئيسية الحلقية ذات حجم قياسي، حيث لايتغير فيها مقاس الموصل على طول الدائرة. كما أن أسلاك الدوائر الممدودة خلال مواسير بالإضافة إلى قنوات التوصيل سابقة التجهيز- تعتبر شائعة الاستعمال.

التوزيع ذو التفريع القطري

يعتبر هذا المخطط للتوزيع مخططاً عالمياً، وتحقيقه يتطلب عموماً ترتيبات مشابهة لتلك الموضحة أدناه:

المزايا

في حالة الخطأ ، ستَفْصِل دائرة تقسيم فرعي واحدة فقط (بواسطة المصاهر أو قواطع الدائرة ذات الهيكل المقولب). من السهل تحديد موضع الخطأ .

ويمكن صيانة الدائرة أو تمديدها دون إيقاف المنشأة عن العمل. ويمكن تضييق مقاس الموصل ليناسب مستويات التيار المتناقصة نحو الدوائر الفرعية النهائية .

العيوب

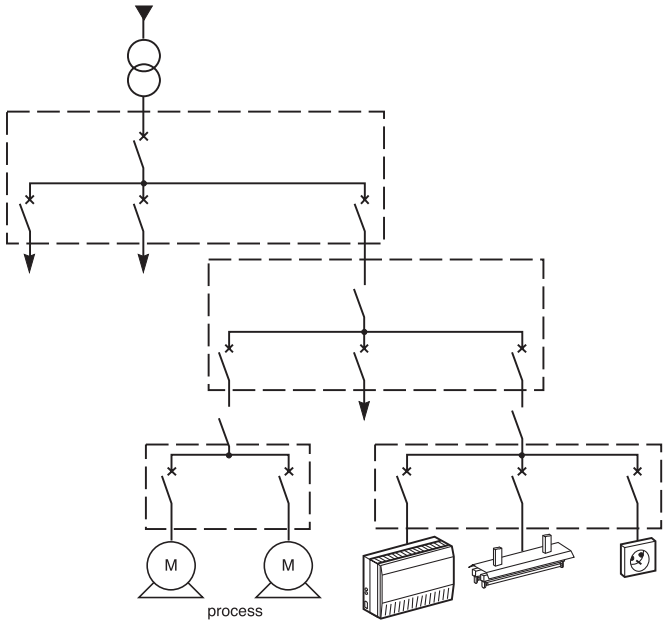
الخطأ الذي يحدث في أحد الكابلات الآتية من لوحة التوزيع الرئيسية سيقطع التغذية عن كافة دوائر لوحات التوزيع في الشبكة السفلى ولوحات التوزيع الفرعية ذات العلاقة.

تركيبات تمديد الأسلاك التقليدية (الشكل و١)

في المباني المخصصة لاستخدامات معينة مثل الوحدات السكنية، الفنادق، النشاطات الزراعية، المدارس، ...الخ.

المزايا

ممر غير مقيد لمسارات الكابلات ومواسير الأسلاك والمجاري (المسالك) والمواسير .. الخ

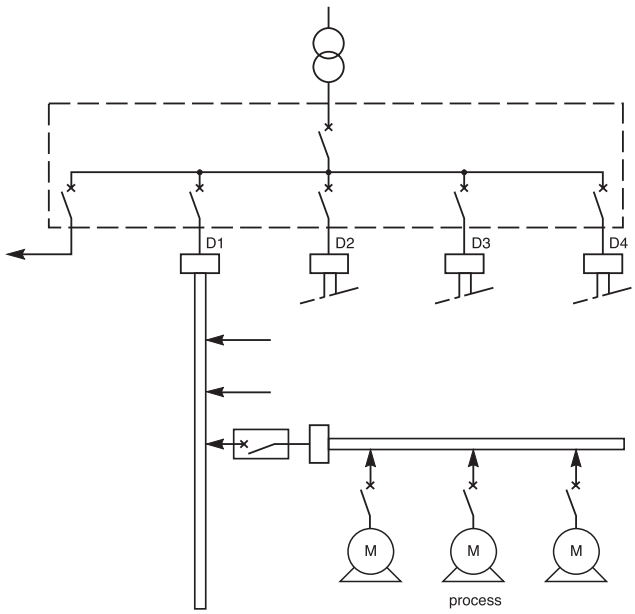


الشكل و١: التوزيع ذو التفريع القطري بتمديدات سلكية تقليدية عند ثلاثة مستويات.

استخدام قنوات التوصيل سابقة التجهيز عند المستوى الثاني للتوزيع (الشكل و٢) في التركيبات الصناعية وتركيبات القطاع الثالث.

المزايا

مرونة التركيبات في مساحات العمل الكبيرة الخالية من الفواصل (الحواجز)، سهولة الاستغلال.

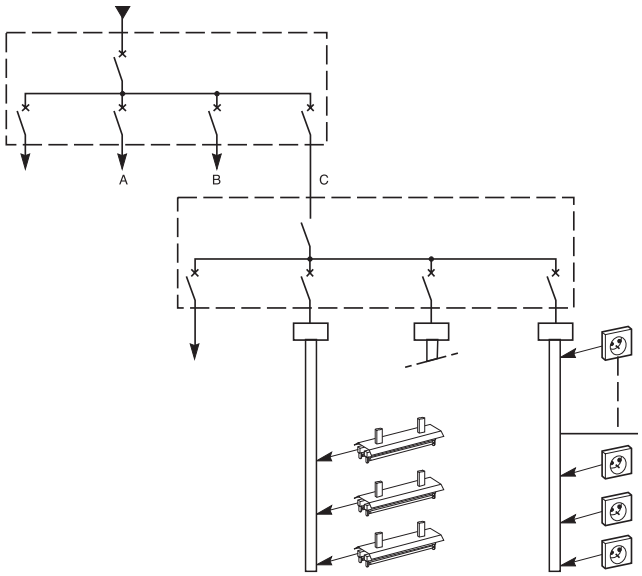


الشكل و٢: التـوزيع ذو التفريع الـقطري باستخـدام قنوات توصيل سـابقة التـجهـيز عند المستوى الثاني للتوزيع.

المزايا

اسـتخـدام قنوات قضـبـان توصيل سـابقـة التجـهيـز وقنوات تم وضع السلك فـيـها مـسـبقـاً عند مـسـتـوى الدوائر النهائية (الشكل و٣): للمكاتب، المعامل، ... الخ.

مقـبولة من حـيث المظهر الجـمالي ، ذات مـرونـة في المواضع طبـقـاً لمتطلـبـات العملاء، سهولة الاستغلال.



الشكل و٣: التوزيع ذو التـفريع القطري باستـخدام قنوات تم وضع السلك فيـها مسبـقاً وقضبان إنارة عند مستوى الدوائر النهائية .

التوصيل القطري البسيط (بدون تفريعات)

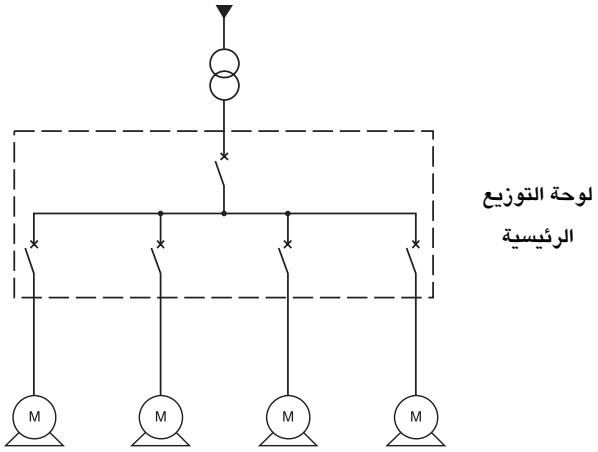
يستخدم هذا المخطط للتحكم المركزي في تركيب أو في عملية موجهة لاستخدام خاص، وفي التحكم فيها والإشراف عليها وصيانتها .

المزايا

في حالة حدوث خلل(خلاف الخلل عند مستوى قضيب التوصيل) فإن دائرة واحدة فقط هي التي ستنفصل.

المساوئ

فائض نحاسي نتيجة لتعدد الدوائر.
خصائص جهاز الوقاية يجب أن تكون على مستوى عالٍ (قرب المنبع).



الشكل و٤ : توزيع قطري بسيط

٢/١ لوحة التوزيع الرئيسية للجهد المخفض

إن نقطة البداية لتصميم تركيبات كهربائية والموضع الطبيعي للوحات التوزيع ولوحات التوزيع الفرعية ، هي القسم الجغرافي للأحمال ، والموضح في المساقط الأفقية للمبنى (المباني) المعنية .

إن المحطة الفرعية للجهد العالي/ الجهد المنخفض ووحدة التغذية الاحتياطية ولوحة توزيع الجهد المنخفض الرئيسية يجب وضعها جميعاً لأسباب فنية واقتصادية ـ أقرب ما يمكن من منطقة مركز الحمل.

يجب الأخذ في الاعتبار العديد من العوامل الأخرى وخاصة موافقة السلطة المختصة بالتغذية بالقدرة للمحطة الفرعية للجهد العالي/ الجهد المنخفض وأعمال الهندسة المدنية المتعلقة بها. في الحقيقة ، غالباً ما يمكن وضع لوحة توزيع رئيسية للجهد المنخفض فقط في مركز الحمل، مع وجود المحطة الفرعية للجهد العالي/ الجهد المنخفض في المبنى المحاذي للطريق العام.

الشكل و ٥ : لوحة التوزيع الرئيسية للجهد المنخفض .

٣/١ الانتقال من نظام IT إلى نظام TN

في تركيبات الجهد المنخفض الكبيرة ، يتم عادة استخدام مستويين للجهد:

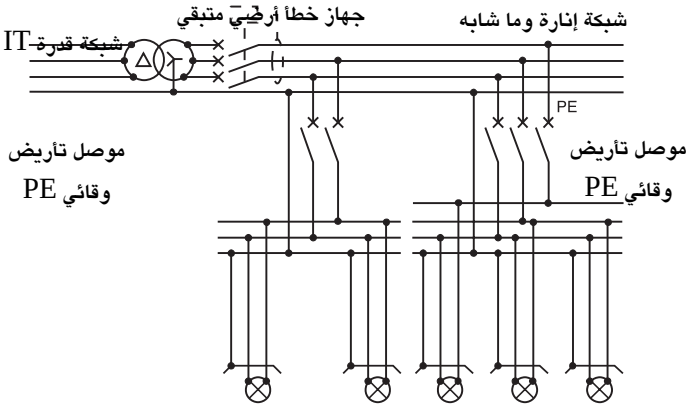
- أحدهما بشكل عام للجهود ٣٨٠ فولت أو ٤٠٠ فولت أو ٤١٥ فولت (أو ٤٨٠ فولت بشكل استثنائي) لدوائر القدرة ،التي تكون أساساً عبارة عن محركات.
- المستوى الثاني ٢٢٠ فولت أو ٢٣٠ فولت، أو ٢٤٠ فولت (أو ٢٧٧ فولت بشكل استثنائي) لدوائر الإنارة والمقابس.

المجموعة الأولى من الجهود هي جهود الطور–إلى طور للأنظمة ثلاثية الطور، وتناظر على الترتيب جهود الطور– إلى – محايد المعطاة في المجموعة الثانية. وفي معظم الأحوال ـ خاصة في المصانع وبعض المستشفيات ـ يحتوي النظام على أسلاك الأطوار الثلاثة فقط ويعمل كمخطط IT (الذي جرى تناوله باستفاضة في القسم ز البند ٦).

من أجل توفير جهود منخفضة لدوائر الإنارة وغيرها، مع المحافظة على ميزة استخدام مخطط IT - بالنسبة لمثل تلك الدوائر التي تحتاجه ـ يتم استخدام محولات دلتا نجمة جهد منخفض/ جهد منخفض كما هو موضح في الشكل و٦.

في هذه الطريقة:

- تتوافر تغذية ثلاثية الطور ثلاثية الأسلاك في الجانب الثانوي من محول الجهد المنخفض/ جهد المنخفض بالجهود طور – إلى – طور ٢٢٠ فولت أو ٢٣٠ فولت أو ٢٤٠ فولت ، حسب الحاجة،
- كافة الأحمال تكون متصلة طور– إلى طور فقط (انظر الملحوظة)،
- أي خطأ أرضي يحدث في نظام TN سيتم معالجته بسرعة بواسطة قاطع دائرة نظام الـ TNمع الحفاظ على ميزة وجود مخطط IT .



الشكل و ٦: استخدام محول جهد منخفض / جهد منخفض لتوفير نظام TNثلاثي الطور ثلاثي الأسلاك من شبكة ITثلاثية الطور ثلاثية الأسلاك.

ملحوظة : في هذا المخطط الخاص بالأحمال الموصلة على شكل دلتا ، يكون من الضروري بقاء الأحمال متزنة على جميع الأطوار الثلاثة .

و

٢- مصادر التغذية الاحتياطية للخدمات الأساسية

من أجل تحقيق أفضل أداء ممكن لمصنع ما، فمن الضروري ضمان استمرارية وجودة التغذية بالقدرة الكهربائية.

٢/١ استمرارية التغذية بالقدرة الكهربائية

تتحقق استمرارية التغذية بالقدرة عن طريق :

التقسيم الملائم للتركيبات وتدبير وجود منابع تغذية بديلة ،

- وسيلة لتوليد قدرة طوارىء احتياطية محلية ،
- تقسيم ومضاعفة الدوائر الهامة،
- نوع مخطط التأريض (IT مثلاً)،
- مخططات وقاية مميزة.

يمكن تحقيق درجة عالية من استمرارية التغذية بالقدرة عن طريق : تقسيم التركيبات، توفير أكثر من منبع واحد، على سبيل المثال توصيلة خدمة رئيسية من النوع الحَلَقي وتوليد قدرة احتياطية محلية تلقائية للخدمات الرئيسية وتقسيم الدوائر واختيار نظام التأريض (.. TN, TT, IT الخ) واستخدام أجهزة (وسائل) مميزة للوقاية (مصاهر ، مرحِّلات).

تقسيم التركيبات وتدبير أكثر من منبع واحد

إن منابع تغذية الجهد العالي ذات التوصيل الحلقي الرئيسية (إذا كان الحمل المركب يبرر تكلفة ذلك) ومحولين أو أكثر للجهد العالي/ الجهد المنخفض ، مع وسيلة للربط بين اللوحات الرئيسية لتوزيع الجهد المنخفض، تعتبر أكثر الطرق شيوعاً لضمان مستو عال من استمرارية التغذية من شبكة القدرة. أما استخدام عدة محولات فإنه سيتيح وسيلة لفصل الأحمال يمكن أن يسبب اضطرابات غير مقبولة للدوائر الأخرى، على سبيل المثال:

- أنظمة الكمبيوتر الحساسة لتنظيم الجهد (الانخفاض المفاجيء والذروة) ولتشوه أشكال الموجات (التوافقيات)،
- الدوائر التي تنشيء توافقيات، مثل مصابيح التفريغ، المغيرات الكهربائية بأنواعها المختلفة (المقومات ذات التحكم الترانزيستوري ، المقومات العكسية، أجهزة التحكم في سرعات المحركات.. الخ)،
- الدوائر التي تُحدث تغيرات كبيرة في الجهد ، مثل المحركات الكبيرة، الأفران القوسية.. الخ.

هذه الأحمال وما شابهها في الخصائص، أي الأحمال المعرضة للاضطرابات والأحمال المسببة لها، يفضل ضرورة أن تتم التغذية بها عن طريق محولات جهد عالي/ جهد منخفض مختلفة. في هذه الطريقة يتم تحريك نقطة التقارن المشترك (PCC) من قضبان توصيل الجهد المنخفض إلى قضبان توصيل الجهد العالي ، حيث تقل التأثيرات بشكل ملحوظ بين مجموعة أحمال والمجموعة التي تليها، وقد تزول تماماً في بعض الحالات.

وهناك حالة خاصة تتعلق بالتوافقيات الثالثة وكافة مضاعفات التوافقيات الثالثة* .

إذا تم استخدام محولات دلتا/نجمة للجهد العالي/ الجهد المنخفض ، فإن تيارات التوافق الثلاثية على جانب أحد محولات الجهد العالي/ الجهد المنخفض لا تظهر في موصلات جانب الجهد العالي التي تقوم بتغذيته (تدور التيارات داخلياً حول ملفات الدلتا).

وبالتالي لا يمكنها التأثير على المحولات المجاورة.

بالإضافة إلى ذلك، أي جهود توافقية ثلاثية قد توجد على قضبان توصيل الجهد العالي (من أحمال الجهد العالي الموصلة مباشرة على سبيل المثال) لن يتم تحويلها إلى جهد منخفض بواسطة محول دلتا/نجمة . وأحياناً يشار إلى فصل الأحمال عبر المحولات في هذه الطريقة بالتعبير "فك التقارن".

*تُعرف بالتوافقيات الثلاثية. والتوافقيات الثلاثية تعتبر تتابع الطور صفر في النظم المتوازنة ثلاثية الطور، والمسئولة عن سلوكها الخاص في محولات دلتا/نجمة .

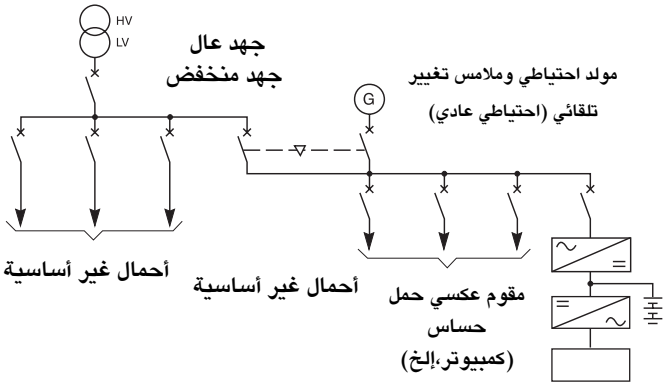
توفير منابع تغذية بالقدرة الاحتياطية المتعلقة بالحالات الطارئة

الأمثلة على منابع التغذية بالقدرة الاحتياطية تشمل: محطتي جهد عالي/ جهد منخفض منفصلتين ، محطات فرعية ، وحدة توليد قوى مملوكة لشخص ، مجموعات ديزل – مولد ، معدات توليد قدرة ستاتيكية غير متقطعة.

التقسيم الفرعي للدوائر

تقسم الدوائر إلى مجموعات حسب أهميتها. بصفة عامة، يتم فصل مجموعتين، يشار إليهما غالباً بالأحمال "الأساسية" والأحمال "غير الأساسية"، وتتم تغذيتهما في قضبان توصيل مختلفة.

الشكل رقم و٧ يوضح نموذج ترتيب مخطط تحويل تلقائي لتوفير قدرة احتياطية من الجهد المنخفض للوحة توزيع أحمال "أساسية".

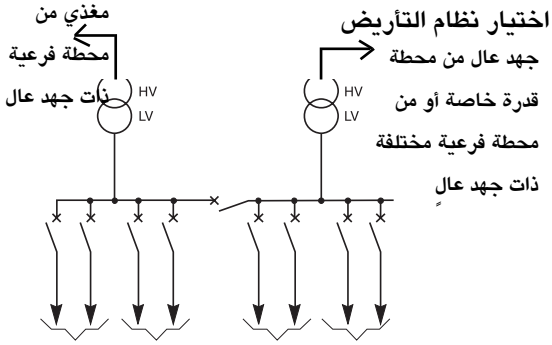


الشكل و ٧: فصل بين الأحمال الأساسية وغير الأساسية بواسطة منابع احتياطية تلقائية للأحمال الأساسية.

تحتاج مجموعات المعدات الفرعية ذات الأحمال الأساسية، كأجهزة الكمبيوتر ومعدات تقنية المعلومات إلى أعلى درجة استمرارية ومستوى جهد ثابت وجودة الشكل الموجي.

هذه المتطلبات يمكن الوفاء بها عن طريق استخدام نظام مقوم عكسي ذي وحدات استمرارية القدرة (UPS).

اختيار نظام التأريض



الشكل و٨:مثال لمنبع قدرة احتياطي للجهد العالي

حينما تكون استمرارية الإمداد بالطاقة أمراً بالغ الأهمية، كما هو الحال في الأعمال الصناعية المستمرة، غرف العمليات الجراحية بالمستشفيات... الخ، يتم بشكل عام استخدام مخطط الـ IT* للتأريض .

وهذا المخطط يسمح باستمرارية تشغيل النظام بشكل عادي (وآمن) في حالة حدوث خطأ أرضي (وهو أكثر أنواع انهيار العزل شيوعاً حتى الآن). ويمكن بعد ذلك إيقاف العمل لتحديد وإصلاح الخطأ في وقت لاحق (انظر ز٢/٦) في أي وقت مناسب (مثلاً عند انتهاء عملية التصنيع ، إلخ) .

في حالة حدوث خطأ أرضي ثان (إذا حدث في طور مختلف أو في موصل محايد) فإنه سوف يؤدي إلى خلل قصر دائرة حيث سيجعل مرحلات التيار الزائد تقوم بفصل الدائرة (الدوائر).

*البند الفرعي ٤/٥ من القسم و سيتناول موضوع مخططات التأريض بمزيد من التفاصيل.

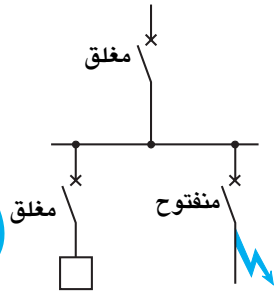
التمييز الاختياري بواسطة مرحلات الوقاية و/أو مصاهر (فيوزات)

إن الهدف الرئيسي في أي مخطط للوقاية التلقائية من انهيارات العزل أو الحمل الزائد ..الخ، هو فصل قاطع الدائرة أو المصاهر التي تتحكم في الدائرة المعنية فقط دون أن تتأثر القواطع أو المصاهرالأخرى.

وفي التركيبات القُطرية المتفرعة، يعني ذلك أقرب قاطع دائرة أو مصهر في الاتجاه الصاعد لموضع الخلل. وتبقى كافة الأحمال في الاتجاه الهابط بدون تغذية .

سيقوم تيار دائرة القصر(أوالحمل الزائد) بالمرور خلال أحد أو كل قواطع الدائرة أو المصاهر في الاتجاه الصاعد لقاطع الدائرة (أوالمصاهر)التي تتحكم في الكابل المعطوب.

والتعبير "تمييز" يعني أن أي جهاز من أجهزة الوقاية، التي يمر خلالها تيار الخلل (أو الحمل الزائد) ، لن يعمل قبل أن يعمل جهاز الوقاية الذي يتحكم في الدائرة المعطوبة. بشكل عام يتحقق التمييز برفع (زيادة) زمن تشغيل المرحلات حيثما يصبح موضعها في الشبكة أقرب إلى مصدر القدرة. وبهذه الطريقة فإن عدم تمكن المرحل الأقرب إلى الخلل من العمل، يعني أن المرحل التالي في الاتجاه الصاعد سيعمل مدة أطول قليلاً.



الشكل و٩ : مبدأ التمييز الاختياري .

و

٢/٢ جودة التغذية بالقدرة الكهربائية

تكون شبكات منبع القدرة العامة والخاصة عرضة لاضطرابات مختلفة، وهذه الاضطرابات يجب التحكم في معدلها وتكرارية حدوثها لتبقى ضمن الحدود المقبولة. وأكثر هذه الاضطرابات إزعاجاً هي:

- هبوط الجهد، أو الارتفاعات والانخفاضات المفاجئة،
- الارتعاش،
- الجهود الزائدة ،
- الجهود والتيارات التوافقية، خاصة التوافقيات ذات الأرقام الفردية (الثالثة ، الخامسة ...) ،
- ظاهرة التردد العالي .

قد تكون الاضطرابات التي تحدث في شبكات القدرة ذات طبيعة استمرارية أو عابرة. واهم هذه الاضطرابات، من ناحية التصميم وعمل الشبكة، هي:

- الانخفاضات الحادة (انخفاضات عرضية في الجهد، من ١٥ إلى ٩٠٪ Un، (من نصف دورة إلى واحد ثانية) والارتفاعات القصوى في جهد التغذية عند التردد العادي.
- الارتعاش، وهو انخفاضات متلاحقة في الجهد أقل من ١٠٪ ،مثلاً بسبب ماكينة لحام أو آلة نسخ ..الخ ، تمّورات الجهد الزائد ،
- الجهود والتيارات التوافقية ، خاصة التوافقيات الفردية (الثالثة ، الخامسة...) ؛
- ظاهرة التردد العالي .

تتم معالجة التأثيرات غير المرغوب فيها للانخفاضات المفاجئة في الجهد بطرق مختلفة تبعاً لنوع الجهاز المعني.
فيما يلي بعض طرق العلاج الشائعة:

- فصل وإعادة توصيل الحمل ذاتياً، استخدام وحدات استمرارية التغذية بالقدرة،
- لمحركات ذات العزم المرتفع،
- استخدام لمبات لا تحترق أثناء الانخفاض المفاجي ، وحلول أخرى.

انخفاضات الجهد ذات الفترة القصيرة (الانخفاضات المفاجئة)

أنواع الانخفاض المفاجئ في الجهد

تبعاً للفترة الزمنية لحالة انخفاض الجهد، يمكن أن يكون أصل الانخفاض المفاجيء ناتجاً عن أحد الأسباب الآتية:

- أقل من ٠,١ من الثانية: أعطال قصر دائرة في أي مكان من شبكة الجهد المنخفض المحلية ويمكن معالجتها بالأجهزة الوقائية (مرحلات، مصاهر، ... الخ) . وهذا النوع من الانخفاض المفاجيء هو الأكثر شيوعاً في النظم "القياسية"، أي كمقابل للشبكات القريبة من الصناعة الثقيلة حيث يكثر حدوث الاضطرابات.
- من ٠,١ إلى ٠,٥ ثانية : معظم الأعطال التي تحدث في أنظمة الجهد المرتفع تقع ضمن نطاق هذه الفئة.
- أعلى من ٠,٥ ثانية : في شبكات المناطق الريفية حيث يكثر استخدام قواطع الدائرة ذاتية إعادة الغلق، وقد تحدث عدة انخفاضات متلاحقة قبل أن يتم إصلاح العطل. ومن الأسباب الأخرى للانخفاضات الأعلى من ٠,٥ ثانية بدء تشغيل المحركات الكهربائية المحلية (على سبيل المثال، صفارات إنذار الحريق تتسبب في انخفاضات دورية في شبكة التوزيع المجاورة)، وكذلك محركات المصاعد تؤثر على المشتركين المحليين، وهكذا.

بعض النتائج والحلول

فيما يلي بعض النتائج غير المرغوب فيها لانخفاضات الجهد:

- اعتماداً على شدة الانخفاض ونوع الأحمال، يوجد خطر تموّر شديد في التيار يحدث عند استعادة الجهد العادي، مع ما يتبع ذلك من فصل لقواطع الدائرة الرئيسية عند زيادة التيار .

ويمكن علاج ذلك بواسطة مخطط لفصل الحمل ذاتياً وإعادة وصل الأجهزة التي تحتاج إلى تيارات عالية لبدء التشغيل

مثل مصابيح التوهج الباردة وأحمال التسخين المقاومية.

- في كافة الاستخدامات المتعلقة بالكمبيوتر، مثل معالجة الكلمات وتقنيات معلومات والتحكم في الأجهزة وغيرها، فإن الانخفاضات في الجهد تعتبر غير مقبولة، حيث يمكن أن يحدث فقد المعلومات أو إنهيار برنامج، مع نتائج وخيمة.

بعض درجات الاختلاف (التباين) في الجهد يمكن قبولها ويوجد لها دوائر لتثبيت الجهد مركّبة في الأجهزة لهذا الغرض، ولكن الحل الأمثل هواستخدام وحدات استمرارية التغذية بالقدرة والمصممة على أساس خلايا تخزين ومقوّمات ذات شحن بسيط مع مجموعات ديزل ـ مولد تلقائية التحكم.

- بالنسبة لمحرك كهربائي فإن تباطؤ السرعة خلال انخفاض الجهد (العزم يتناسب مع مربع الجهد) يعني أن القوة الدافعة الكهربائية العكسية له ستكون على الأرجح خارج الطور عند استعادة الجهد. وهذا يقود إلى (نوعاً ما، حسب درجة اختلاف الطور) ظروف دائرة قصر مع ما يتبع ذلك من تدفق شديد للتيار. في حالات معينة قد تحدث عزوم عابرة زائدة، مع احتمال تلف الأعمدة الدوارة والوصلات القارنة.. الخ. والعلاج الشائع لذلك هو تركيب محركات ذات قصور عالٍ وذات عزوم ذروة مرتفعة، حيثما يسمح الحمل بذلك.
- بعض أنواع مصابيح التفريغ (كمصابيح بخار الزئبق) المستخدمة في الإنارة العامة تنطفيء عند هبوط الجهد إلى حد معين، وتحتاج لعدة دقائق (حتى تبرد) لتضيء مرة أخرى. وعلاج هذا الأمر أن يتم استخدام أنواع أخرى وبعدد كاف من المصابيح للإبقاء على مستوى آمن من الإنارة.

يمكن تجنب الآثار الضارة لزيادة الجهد:

- بالنسبة للجهود الزائدة عند تردد نظام القدرة بواسطة:
  - ضمان مقدرة تحملية كافية للمعدة المعنية ضد الجهد الزائد ،
  - استخدام أجهزة للحد من الجهد ـ إذا لزم الأمر ـ في مخطط عزل ذي ترتيب ملائم. تلك الأجهزة تكون ضرورية دائماً في نظم IT المؤرضة،
- للزيادات العابرة في الجهد (غالباً من النوع ذي النبضة) بواسطة:
  - استخدام واقيات الصواعق،
  - التنسيق السليم في مخطط العزل المذكور أعلاه.

الجهود الزائدة

أنواع الجهود الزائدة

يتم التمييز بشكل عام بين الجهود الزائدة حسب أصل كل منها :

- تمورات الجهد الزائد بسبب الصاعقة يشار إليها على أنها ذات أصل جوي. وهذا النوع من الجهد الزائد يؤثر أساساً في خطوط النقل والتوزيع الهوائية ومعدات المحطة الفرعية خارج المنازل ومجموعة المفاتيح الكهربائية والمحولات.. الخ الموصلة مباشرة بمثل هذه التجهيزات المكشوفة.

ويُعزى تكرار مثل هذه التمورات إلى ما يسمى بالمستوى الكيرونيكي للمنطقة وإلى أنواع الشبكات المعنية ؛ أي كابلات أرضية أو خطوط هوائية.

ويعرف المستوى الكيرونيكي بأنه عدد الأيام في السنة التي يُسْمَع فيها صوت الرعد في المنطقة المعنية.

- الجهد الزائد التشغيلي

يمكن أن يؤدي تشغيل المفاتيح عند جهد عالٍ إلى تمورات في الجهد مشابهة لتلك التمورات ذات الأصل الجوي، في حين أن انصهار المصاهر للتخلص من تيار الخلل في شبكات الجهد المنخفض يمكن أن يؤدي أيضاً إلى تمورات شديدة في الجهد نسبياً. وعند مستويات جهد لتوزيع الجهد العالي ، يمكن الحد من تلك التمورات في الجهد بواسطة موانع قياسية للصواعق.

- الجهد الزائد في تركيبات جهد منخفض نتيجة خلل في نظام الجهد العالي ، مثلاً:
  - خلل جهد عالي/ جهد منخفض يحدث مباشرة بين الملفات الابتدائية والثانوية لمحوّل، أو في خط جهد عالي يتلامس مع موزع خط هوائي للجهد المنخفض، ... الخ،
- نتيجة تسرب تيار الخلل الأرضي من خلل جهد عالٍ أو تفريغ كهربائي، حيث يمر خلال نظام تأريض محطة فرعية وهوعام في كل من شبكات الجهد العالي والجهد المنخفض. طرق الوقاية من أخطار هذا النوع من الجهود الزائدة مشروحة في القسم (جـ) البند الفرعي ٣/١.

النتائج والحلول

يجب أن تكون كافة الأجهزة والمعدات ذات مقدرة أساسية على تحمل الجهد الزائد .

والمحركات الكهربائية على وجه الخصوص تكون عرضة لانهيار عزل الملفات عند حدوث تمورات جهد عالٍ وتردد عالٍ ، في حين أن تركيبات أجهزة الكمبيوتر والمعدات الإلكترونية الملحقة غالباً ما يتم تزويدها بتغذيات مستقلة(تعتمد على بطاريات) والتي لاتضمن فقط مستوٍ عالٍ من الجودة لجهد ثابت خالٍ من التوافقيات ، ولكنها تعمل أيضاً على فصل الدوائر الحساسة بكفاءة عن التمورات المعنية في الجهد.

وتعتبر الوقاية من الجهد الزائد في التركيبات الصناعية متحققة إذا كانت كل مكونات التركيبات قد تم اختبار مقدرة تحملها بنجاح للجهد الزائد عند تردد منبع القدرة، وأنه قد تم الأخذ بالاحتياطات المذكورة أدناه للوقاية من الجهد العالي والتردد العالي وظاهرة الارتفاع المفاجيء أحادي الاتجاه.

- الاختبارات عند التردد العادي للقدرة. اختبار جهد تحمل العزل عند التردد العادي للقدرة لمعظم معدات الجهد المنخفض هو (2U + 1000) فولت لمدة دقيقة واحدة (أو ما يقرب من هذه القيمة – مازالت تجرى مناقشات بهذا الخصوص في الهيئة الدولية الكهروتقنية). في أنظمة التأريض ITيكون إلزامياً استخدام وسيلة للحد من الجهد بين نقطة المحايد لمحول التغذية والأرض للوقاية من الجهود الزائدة عند تردد المنبع ومن التمور المستحث المحتمل.

■ تدابير ضد التمور (الارتفاع المفاجيء) في الجهد العابر من نوع النبضة.

تعتمد هذه التدابير ـ بالإضافة إلى مقدرة مواد العزل على تحمل جهد النبضة ـ على استخدام موانع الصواعق عند بداية التركيبات بالإضافة إلى وسائل إخماد التمور في الجهد عند المواضع الحساسة في التركيبات (على سبيل المثال عند أطراف توصيل المحركات الكبيرة). وتتطلب مثل هذه المخططات دراسة متأنية وأفضل تطبيق لها يكون بالتعاون مع المصنّعين المعنيين.

وبالنسبة لتركيبات الجهد المنخفض، فإن نقل جهود الارتفاع المفاجيء عبر مكثفات الملفات البينية لمحول الجهد العالي/ الجهد المنخفض يقلل بشكل ملحوظ من شدة الجهد الزائد على جانب الجهد المنخفض ، مقارنة بذلك الذي على جانب الجهد العالي .

ويمكن أيضاً استخدام المحولات ذات الحاجبات المؤرضة بين ملفات الجهد العالي والجهد المنخفض كوسيلة مُكلفة ولكنها فعّالة في علاج تلك المشكلة.

■ مقدرة تحمل المواد العازلة للجهد النبضي .

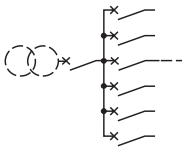
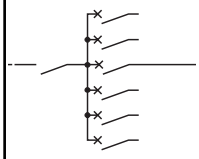
يُطبق الاختبار الرئيسي نبضة قياسية لجهد الصاعقة من الشكل الموضح في الشكل ف١١، ذات قيم مميزة ١,٢/ ٥٠ ميكروثانية.

وتوضح هاتان القيمتان (بالميكروثانية) الفاصل الزمني لتصل الموجة إلى قيمتها الذروية من لحظة بداية (محددة) النبضة (أي ١,٢ ميكرو ثانية) والوقت اللازم لتهبط النبضة إلى ٥٠٪ من قيمتها الذروية (٥٠ ميكروثانية). وهاتان القيمتان يطلق عليهما "زمن الجبهة" و "زمن بلوغ نصف القيمة" على الترتيب. قيمة الذروة محددة بالرمز Uimp (imp = نبضة).

بعض الأشكال الأخرى للاختبار النبضي ، خاصة لتمثيل الجهود الزائدة لتشغيل المفاتيح، تستخدم لغرض الاختبار، ولكن هذه الاختبارات متعلقة فقط بجهود النظم عالية الارتفاع، فوق المدى المستخدم للتوزيع.

الجدول ف١٠ يوضح القيم القصوى لذروة الجهد الزائد والمحتمل حدوثه عند نقاط مختلفة في تركيبات جهد منخفض نموذجية .

ملحوظة : المواد التي يتم اختبارها طبقاً لمواصفات IEC لها مقدرة تحمل نبضة ١٢٣٪ من القيم الموضحة في الجدول ف١٠، لارتفاعات من صفر إلى ٢٠٠٠ متر فوق سطح البحر.

الجهد الإسمي للتركيبات			
			
	لوحة التوزيع الرئيسية	لوحة التوزيع المحلية	مستوى الدوائر النهائية
٢٣٠ / ٤٠٠ فولت	٦ كيلو فولت	٤ كيلو فولت	٢,٥ كيلو فولت
٤٠٠ / ٦٩٠ فولت	٨ كيلو فولت	٦ كيلو فولت	٤ كيلو فولت

الجدول و١٠: المستويات المفترضة للجهد الزائد العابر المحتمل حدوثه عند نقاط مختلفة في تركيبات نموذجية .

بالنسبة للجهود الزائدة فإن المواصفة IEC رقم ٩٤٧ تأخذ في الحسبان القواعد التي تحكم تنسيق العزل وتشترط أن يتم إجراء الاختبار النبضي على مجموعة مفاتيح الجهد المنخفض طبقاً لقيم التحمل الموضحة في الجداول ذات العلاقة.

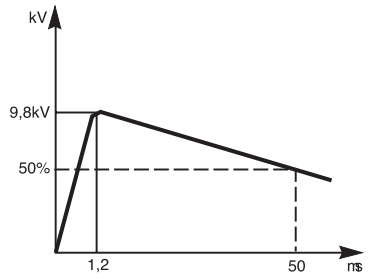
□ مجموعة المفاتيح الصناعية.

المستويات الموضحة في الجدول ف ١٢ مأخوذة من المواصفة هـ د ك ٩٤٧ . يجب خلال الاختبارات العديدة للجهد النبضي ألا يحدث انهيار للعزل بين الأطوار أو بين الملامسات المفتوحة أو بين أي طور والأرض.

كما يحتوي الجدول ف١٢ أيضاً على اختبار لمجموعة المفاتيح، والمعزول وجهها الأمامي إلى مستوى الفئة II ، ولكنها في نفس الوقت تحتوي على مقبض تشغيل يدوي متاح. هذه الخاصية توفر سلامة إضافية للقائمين على التشغيل.

ملحوظة: كافة قواطع الدائرة من النوع الملموم* (Compact)و *Masterpact لها نفس خاصية الوجه الأمامي فئة I I .

*أسماء موديلات من إنتاج شركة ميرلان جيران



الشكل و ١١ : الشكل الموجي لجهد النبضة القياسي

تسليط الجهد النبضي	تسليط الجهد النبضي	
	قواطع الدائرة	قواطع الدائرة / الفواصل	قواطع الدائرة/الفواصل +الوجه الأمامي فئة رقمII
بين الأطوار	٩,٨ كيلو فولت	٩,٨ كيلو فولت	٩,٨ كيلو فولت
عبر قاطع الدائرة المفتوح	٩,٨ كيلو فولت	١٢,٣ كيلو فولت	١٢,٣ كيلو فولت
بين الأطوار والأرض	٩,٨ كيلو فولت	٩,٨ كيلو فولت	١٤,٧ كيلو فولت

الجدول و١٢: مستويات نموذجية لجهد التحمل النبضي لقواطع دائرة صناعية مكتوب على بطاقاتها الإيضاحية Uimp = ٨ كيلو فولت.

□ استخدام مانعات الصواعق.

تعتبر مانعات الصواعق ضرورية (إلزامية في بعض البلدان) حيثما تتم تغذية التركيبات بخط هوائي منخفض الجهد وكان المستوى الكيروني ٢٥ أو أكثر.

ويوصى بشدة باستخدام مانعات الصواعق تلك ، بغض النظر عن المستوى الكيروني ، عند وجود معدات معروفة بقابليتها للتلف عند الارتفاعات المفاجئة في زيادة الجهد.

تركب كابحات (مانعات) الصواعق عادة عند كل نهاية لخط الجهد المنخفض، بشكل عام على القطب الأول البعيد عن موضع محول الجهد العالي/ الجهد المنخفض وفي القطب محل اتصال كابل خدمة المشترك بالخط. وبهذا الترتيب فإن الجهد لن يتجاوز ٣-٤,٥ كيلو فولت، حيث ينشطر وجه الموجة عند هذا المستوى. إن قيمة التحمل لمركبات الجهد المنخفض معايرة طبيعياً عند ٦ كيلو فولت لنبضة ١,٢/ ٥٠ ميكروثانية، والمعدات المطابقة لتلك المواصفات تعتبر بالتالي محمية بشكل كافٍ.

بافتراض أن موصل المحايد ومانعات الصواعق موصلة إلى نفس قطب التأريض ، فإن تيار التفريغ عبر مانعات الصواعق سيرفع الجهد الكهربائي لموصل المحايد، أكثر أو أقل، حسب مقاومة أقطاب التأريض المختلفة العديدة المتصلة به.

سينتقل الجهد الكهربائي لموصلات الطور للتركيبات ، كما هو موضح بالقسم جـ البند الفرعي ١/٣ . إذا كان قطب التأريض للتركيبات وراء منطقة تأثير قطب مانعات الصواعق، عندئذ يكون من الشائع إستخدام نظام مؤرض TT . وإذا لم يتم ذلك، فيلزم استخدام نظام TN-C-Sالأعلى تكلفة و"هيكل" مخطط التأريض متساوي الجهد.

الجهود والتيارات التوافقية

مصادر وأنواع التوافقيات

تتمثل المصادر الرئيسية للتوافقيات في:

- الماكينات والأجهزة الكهرومغناطيسية والأجهزة مثل: المحاثات ذات القلب الحديدي والمحولات (تيارات المغنطة) ، والمحركات والمولدات وما شابهها، وتنشأ من العلاقة غير الخطية بين التيار والتدفق المغناطيسي الناشيء عن التيار في المواد ذات المغناطيسية الحديدية. وهذه اللاخطية تولّد توافقيات ذات ترتيب فردي (الترتيب الثالث بشكل رئيسي) مع بعض التوافقيات الإضافية من الماكينات الدوارة المتعلقة في الدوائر المغناطيسية،
- تركيبات الكمبيوتر.
- مصابيح التفريغ وكابحات (كلاهما له قيم لا خطية عالية) .
- الأنواع المختلفة من المحولات الاستاتيكية ثلاثية الطور (مقومات عكسية، عناصر التحكم في السرعة في محركات التيار المتردد، المقومات، وغيرها) التي تعتمد على التحكم بالمقوم الترانزيستوري وتقطيع التيار. ويتباين توليد التوافقيات طبقاً للمهمة (الوظيفة) ولكن التوافقيات الخامسة والسابعة تعتبر أشهرها، في حين أن التوافقيات من النوع الثاني قد توجد (على عكس المصادر ذات المغناطيسية الحديدية)،
- أفران القوس تخلق طيفاً مستمراً من الاضطرابات العشوائية. وإذا كان القوس تياراً مستمراً تتم تغذيته عن طريق مقومات استاتيكية ذات تحكم بالمقوم الترانزيستوري فإن الاضطرابات العشوائية تكون ذات سعة أقل معدلاً وتكون التوافقيات الناتجة عن المقومات معتبرة نسبياً.

النتائج

تؤدي التوافقيات إلى حدوث النتائج التالية (بالإضافة إلى نتائج أخرى):

- الحاجة إلى تضخيم مكونات معينة في الشبكة والتركيبات :
  - تضخيم الموصلات (يرجع إلى مُصَنِّعي المنتجات المعنية) ،

يمكن تقليل التأثيرات غير المرغوب فيها للتيارات والجهود التوافقية عن طريق :

- تضخيم أحجام المكونات (المكثفات مثلاً)،
  - زيادة مستويات العزل.
  - رفع مقدرة حمل التيار.
- فصل منبع توافقي عن طريق تغذيته بواسطة محول فصل جهد عالي/ جهد منخفض.
- استخدام مرشحات التوافقيات.

- تضخيم موصلات المحايد (ذات النظام ثلاثي الطور رباعي الأسلاك) خاصة لدوائر الإنارة بالتفريغ أو دوائر إنارة الفلوروسنت ؛ على سبيل المثال، محتوى ٣٣٪ توافقيات من النوع الثالث في تيار كل طور يؤدي إلى ١٠٠٪ تيار توافقيات من النوع الثالث ذات تتابع طوري صفر في النظم ثلاثية الطور، وتضاف حسابياً)،
- تضخيم المنوِّبات (مولدات التيار المتناوب) (مثلاً في مجموعات ديزل ـ مولد). يرجع إلى مصنعي المقومات الاستاتيكية أحادية الطور والمقومات العكسية للاسترشاد. إن قيمة المفاعلة دون العابرة للمنوِّب ونوعية الأحمال تعتبر من العوامل الهامة،
- تضخيم المحولات،
- تضخيم مجموعات المكثفات،

■ ارتفاع موضعي في الحرارة للدوائر المغناطيسية في المحركات،

■ إحتمالية حدوث رنين بين المواسعات والمحاثات (رنين حديدي) أو بين مجموعات المكثفات ومعاوقة المنبع بالنظام (حثية بشكل رئيسي).

بالنسبة للحالة الأخيرة فإن مُصَنِّع مجموعات المكثفات يجب أن يكون قادراً على الإفادة بشأن ترتيبات الترشيح المناسبة.

الحلول

لا يمكن للتركيبات أن تستوعب بشكل عام نسبة عالية من التوافقيات: يوصى غالباً بحد أقصى ٥٪.

ويتطلب تقليل محتوى التوافقيات من نظام ما إلى مستوى مقبول ما يلي:

■ استخدام محولات دلتا/نجمة جهد منخفض/ جهد منخفض لفصل التوافقيات من النوع الثالث (والمضاعفات الفردية للتوافقيات من النوع الثالث) ،

■ تركيب مرشحات. والمرشحات تنقسم إلى نوعين:

- موصلة على التوازي ، رنين توالٍ: ذات فاعلية عالية لتوافقية معينة (من النوع الخامس على سبيل المثال) وتستخدم مع مرشحات أخرى للترشيح الانتقائي لجهود التوافقيات ،
- مرشح مُخَمَّد: أقل فاعلية ولكنه يغطي نطاقاً واسعاً من الترددات . وعمل المرشح المخمد مشروح في الملحق و١ .
- مفاعل كبح التوافقيات ، موصل على التوالي مع مجموعة مكثفات. عمل مفاعل كبح سلسلة التوافقيات مشروح في الملحق و١

يمكن التقليل من التأثيرات غير المرغوب فيها للمحاثة (سواء كهربائية أو مغناطيسية) أو تقارن المعاوقة المألوفة بين الدوائر المجاورة عند تردد نظام القدرة (مع توافقياته واضطراباته المتراكبة ذات التردد العالي) بالإضافة إلى الموجات الكهرومغناطيسية عالية التردد كما يلي:

- اختيار مواد ملائمة،
- الدراسات النوعية,

التوافق الكهرومغناطيسي (EMC)

يتعلق هذا الموضوع بكافة حالات التقارن بمعاوقة مشتركة والحث (كهربي أو مغناطيسي) عند التردد الأساسي والترددات التوافقية، بالإضافة إلى التمورات أحادية الاتجاه عالية التردد والموجات الكهرومغناطيسية، الناتجة عن ظروف التشغيل الطبيعية (تشغيل المفاتيح ... الخ). وغير الطبيعية (حالات خلل النظام، الصواعق.. الخ).

والسمة الموحدة لكل ظواهر الحث هي أن المجالات الكهربائية أو المغناطيسية أو الكهرومغناطيسية ، أو مجموعات مؤتلفة من أي عدد منها، تتسبب في حدوث قوى دافعة كهربائية في أي وسط موصل في مساراتها.

تكون الاختلافات الجوهرية كالآتي:

- المجالات الكهربائية أو المغناطيسية عند تردد نظام قدرة وتوافقياته لا تترك ـ لكافة الأغراض العملية ـ المساحة المحيطة مباشرة بنقطة بدايتها ، أي موصل مشحون (مجال كهربي) أو موصل حامل للتيار (مجال مغناطيسي). بالإضافة إلى ذلك، فإن شدة المجال في كلتا الحالتين تتغير عكسياً مع مربع المسافة من الموصل×، أي أن نطاق تأثيرها يتضاءل بسرعة كلما بعدت عن الموصل.
- كمية الطاقة التي تنطلق من موصل ما على شكل موجة كهرومغناطيسية تعتمد على تسارع الإلكترونات. والسبب في ذلك ـ على سبيل المثال ـ أنه لحظة إطفاء المصباح فإن الإشعاع بسبب التسارع المبدئي للإلكترونات يمكن سماعه في جهاز راديو (أي التيار العابر لتشغيل المفاتيح). جميع الاضطرابات في نظم القدرة والتي تسبب تسارع الإلكترونات ، سواء بشكل أحادي الاتجاه أو بشكل متذبذب، تؤدي إلى إنبعاث موجة من الموصل وانتشارها في الفضاء. وكلما زاد التردد كلما زاد تسارع الإلكترونات وبالتالي زادت كمية الطاقة الصادرةمن الدائرة على شكل إشعاع . وتختلف شدة مجال موجة منبعثة عكسياً مع المسافة من الموصل، أي أن منطقة تأثيرها أكبر بكثير من المجالات الكهربائية أو المغناطيسية المشار إليها أعلاه.
- اختلاف آخر بين الحالات المذكورة أعلاه هو أن المجال الكهربائي غير المشع يمكن أن يكون أقوى بكثير من المجال المغناطيسي المرتبط به، على سبيل المثال في دائرة مرتفعة الجهد عالية المعاوقة (تيار منخفض)، وبالعكس، أي في دائرة منخفضة الجهد منخفضة المعاوقة (تيار مرتفع). وحيثما تكون الطاقة في المجال الكهربائي في موجة منبعثة مساوية تماماً للطاقة في المجال المغناطيسي، فإن دائرة الأصل تكون بشكل عام مزيجاً من حثية/سعوية حيث XL = XC عند تردد الرنين الطبيعي. وتجدر الإشارة إلى أنه في ضوء المناقشات الجارية؛ فإن تأثيرات الموجة المنبعثة لم تكن ـ حتى وقت قريب ـ ذات أهمية كبيرة. إلا أنه مع زيادة استخدام أجهزة الووكي توكي وأجهزة الهاتف الجوال والهواتف اللاسلكية ...الخ، فإن سمات التوافقيات الكهرومغناطيسية تتطلب مزيداً من الاهتمام عن ذي قبل.

إن القوى الدافعة الكهربائية المستحثة بواحد أو أكثر من الأشكال الثلاثة المحتملة تكون عادة من فئة المللي أو الميكروفولت . على أي حال، بعض الدوائر الإلكترونية الحديثة لها قوة تكبير هائلة، في حين أنه في دوائر أخرى تكون التيارات والجهود البسيطة طبيعية وتكون مكونات الدائرة قابلة للكسر.

*فيما عدا حالات القرب الشديد من الموصل ، حيث تتغير عكسياً مع مكعب المسافة .

المعدات

للأسباب سالفة الذكر تتطلب المعدات الإلكترونية عناية خاصة ووقاية كاملة ضد التداخل من أي مصدر انتشار أو مباشر متقارن.

والمصادر الأخرى التي تتسبب عادة في إيجاد مشاكل هي:

- " الضوضاء البيضاء" من مصابيح الفلوروسنت والأنواع الأخرى من مصابيح التفريغ.
- الانبعاث من نظم الاشتعال في محركات الاحتراق الداخلي.
- أجهزة الراديو وسيارات الأجرة الموجهة بالراديو وأجهزة الاتصالات الشخصية .. الخ،
- التداخلات التي منشأها منبع التغذية من خلال الموصلات في التركيبات ، على سبيل المثال فتح ملفات ملامس أو ملفات فصل قاطع دائرة.

ولقد فرضت التوجيهات الأوربية بتاريخ ٣ مارس ١٩٨٩، بشأن التوافقيات الكهرومغناطيسية حداً أقصى للانبعاث المسموح به من التركيبات الكهربائية وأجزائها المكونّة (التطبيق العملي للوسائل المتبناة مازالت تحت الدراسة عند نشر هذا الدليل الإرشادي).

ترتيبات التأريض والربط متساوي الجهد – دليل لمقاولي التركيبات

الملحوظات التالية تم استخلاصها من أوراق اقتراح مشروع للهيئة الدولية الكهروتقنية في نوفمبر ١٩٩٣,

الوقاية من التداخلات الكهرومغناطيسية (EMI)

يمكن أن تسبب تيارات الصاعقة في نظام وقاية من الصاعقة أو بجوار أحد المباني زيادات في الجهد في التركيبات الكهربائية في المباني بواسطة التأثيرات الحثية. ويكون هذا هو الحال إذا كانت هناك حلقات معدنية كبيرة، حيث يتم تركيب أنظمة تمديدات أسلاك كهربائية مختلفة لتغذية معدات كهربائية مختلفة، لمنبع قدرة وتقنية معلومات على سبيل المثال، على طرق (مسالك) مختلفة.

والمثل الشائع جداً، عملياً، هو وصل موصلات مؤرضة لكابلات منبع القدرة وكابلات أنظمة تقنيات المعلومات في شبكة متسعة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن نظم الربط متساوي الجهد وإنشاءات المباني أو نظم تمديدات الأنابيب للتغذيات غير الكهربائية، مثل الماء والغاز والتدفئة والتكييف، يمكن أيضاً أن تتسبب في حدوث تلك اللفات الحثية.

عند وصل نظم تمديدات أنابيب غير كهربائية أو أجزاء معدنية من هيكل المبنى مع نظام الربط متساوي الجهد للمبنى، فإن هذه الأجزاء المعدنية قد تسهم في تأثير حجبي يعمل على تقليل الحث ويسهم في الحماية من التداخلات الكهرومغناطيسية. وتتوقف قيمة الجهد المستحث على معدل ارتفاع (di/dt) لتيار الصاعقة وعلى مقاس اللفة .

حجم موصل الطور معطى في جداول توضح ما يلي:

■ الحرف المميز يوضح طريقة التركيبات

و

■ معامل التأثير .K

هذه الجداول تفرق بين الدوائر الغير مدفونة من الدوائر المدفونة.

يمكن أن تسبب كابلات القدرة التي تحمل تيارات ضخمة مع معدل عالٍ للارتفاع في التيار (di/dt) (على سبيل المثال تيار بدء التشغيل للمصاعد أو التيارات التي يتم التحكم فيها بواسطة المقّومات) جهودا زائدة في كابلات أنظمة تقنيات المعلومات، والذي قد يؤثر أو يتلف المعدة الكهربائية المعنية.

وفي غرف الاستخدامات الطبية أو بالقرب منها، فإن المجالات الكهربائية أو المغناطيسية للتركيبات الكهربائية قد تتداخل معها المعدات الطبية الكهربائية (بند جديد للقسم ٧١٠ من IEC364، تجرى حالياً دراسة حول هذا الوضع) .

وتعتمد التدابير الموصى بها لتقليل آثار الزيادات الحثية في الجهد على القدر الكافي من الربط متساوي الجهد، والحجب والفصل الطبيعي واستخدام المرشحات ومخمدات الارتفاع المفاجيء.

يجب أن يضع المخطط والمصمم للتركيبات الكهربائية في الحسبان الاعتبارات الآتية:

١- موضع المصادر المحتملة للتداخلات بالنسبة للمعدات الحساسة.

٢- موضع المعدات الحساسة بالنسبة للمراكز ذات التحميل المرتفع أو قضبان التوصيل أو المعدات ، على سبيل المثال المصاعد .

٣- شرط استخدام المرشحات و/أو مخمدات الارتفاع المفاجيء في الدوائر التي تغذي المعدات الكهربائية الحساسة.

٤- ربط الأغلفة المعدنية والتحجيب.

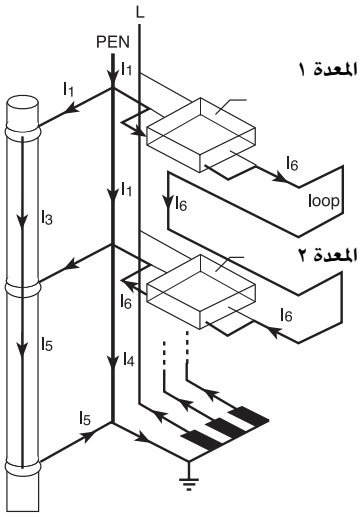
٥- الفصل الكافي لكابلات القدرة والإشارة ووصلات التحويل بزوايا قائمة.

٦- تجنب اللفات الحثية وذلك باتباع وسيلة شائعة لأنظمة التمديدات السلكية. انظر أيضاً البند ١٧ من هذه القائمة.

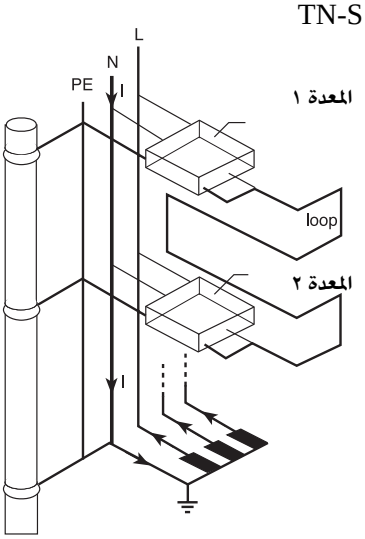
٧- استخدام كابلات إشارة محجبة و/أو مزدوجة مجدولة.

٨- وصلات الربط يجب أن تكون أقصر ما يمكن.

٩- نظم تمديدات الأسلاك ذات الموصلات أحادية القلب يجب أن تكون داخل أغلفة من المعدن المقوى.



الشكل و ١٣ : تيارات المحايد في نظام TN-S



الشكل و ١٤ : تيارات المحايد في نظام TN-C

١٠- تجنب نظام الـ TN-C (انظر البند الفرعي ٢/٤ و البند ز٥) في التركيبات ذات المعدات الحساسة، انظر الشكل و١٣، في المباني التي تحتوي، أو التي من المحتمل أن تحتوي، على معدات تقنية معلومات، يجب الاهتمام باستخدام موصلات وقائية منفصلة (PE) (وموصلات محايدة (N) خلف نقطة إمداد الدخول وذلك لتقليل احتمالية حدوث زيادة الجهد ومشاكل التوافق الكهرومغناطيسي، نتيجة مرور تيار محايد عبر كابلات الإشارة (انظر الشكلين و١٣، و١٤).

١١- بالنسبة لأنظمة TN-C-S، هناك احتمالان يعتمدان على التوصيل فيما بين المعدات والأجزاء الموصلة في المبنى:

- تجنب قسم "TN-C" لنظام TN-C-S للتوزيع خلال المبنى، أي عمل الفصل (لموصل PE عن موصل PEN) عند أصل التركيبات ،
- تجنب اللفات بين "أقسام " TN-S المختلفة لنظام TN-C-S داخل المبنى (انظر الشكل و ١٤).

١٢- الكابلات والأنابيب (على سبيل المثال الخاصة بالمياه أو الغاز أو التدفئة) لتغذية المبنى يجب أن تدخل إلى المبنى من نفس المكان. ربط الرقائق المعدنية والحاجبات والأنابيب المعدنية وتوصيلات تلك الأجزاء مع الربط الرئيسي متساوي الجهد للمبنى (انظر الشكل و١٥).

١٣- يجب تحاشي فروقات الجهد بين المناطق المختلفة للربط متساوي الجهد وذلك باستخدام كابل ألياف بصرية خالٍ من المعدن أو أية نظم توصيل أخرى غير موصِّلة مثل وصلات الميكروويف أو الليزر.

ملحوظة: مشكلة الجهود الأرضية الاختلافية في شبكات الاتصال المحلية الكبيرة تعتبر مسئولية عامل تشغيل الشبكة، الذي قد يطبق طرقاً أخرى.

احتياطات للتوافقيات الكهرومغناطيسية توصيلات الإشارة

في المباني التي تشتمل على موصل أرضي محايد، أو حينما توجد مشاكل توافقيات كهرومغناطيسية في كابلات الإشارة نظراً لعدم كفاية الاحتياطات في التركيبات الكهربائية، يمكن اعتبار الوسائل التالية لتجنب أو الحد من المشكلة:

١٤- استخدام وصلات ألياف بصرية لتوصيلات الإشارة.

١٥- استخدام معدات من الفئة II.

١٦- استخدام محولات محلية بملفات منفصلة (محولات مزدوجة اللف) لتغذية معدات تقنية المعلومات، مع الوضع في الاعتبار متطلبات المواصفة IEC364-3، البند الفرعي ٣/٢/٣١٢ و IEC364-4 البند الفرعي ٥/١/٤١٣ لنظم *IT (نظم *ITمحلية)، أو البند ٤١٣-٥، للحماية بالفصل الكهربائي (أي محولات حسب المواصفةIEC742).

١٧- استخدام مسار مناسب لتوصيلات الأسلاك (لتمديد الكابلات) لتقليل المنطقة المغلفة للفات العامة المتكونة بواسطة كابلات التغذية وكابلات الإشارة.

*يجب عدم الخلط بينها وبين تقنية المعلومات ، نظم التأريض ITمُعَرَّفة في البند الفرعي ٢/٤

وقد تتعرض معدات تقنية المعلومات إلى تدن في أدائها نتيجة التيارات والجهود المستحثة في المعدات أو بين المعدات المرتبطة ببعضها .

وفيما يلي بعض الأمثلة الإضافية للتقنيات الأساسية المستخدمة لتحقيق المناعة ضد الاضطرابات الكهرومغناطيسية:

أ) توفير مناعة ذاتية في معدات تقنية المعلومات، سواء كهربائياً أو باستخدام تصحيح الأخطاء.

ب) فصل معدات تقنية المعلومات عن مصادر الاضطرابات،

جـ) توفير ترابط متساوي الجهد بين المعدات لمدى الترددات ذي العلاقة،

د) توفير مستوى إسناد أرضي ذي معاوقة منخفضة للحد من فروق الجهود المحتملة وتوفير حماية.

هناك مدى مستمر من طرق تأريض وترابط متساوي الجهد لتحقيق التوافق الكهرومغناطيسي، والطرق الآتية مثال على ذلك المدى.

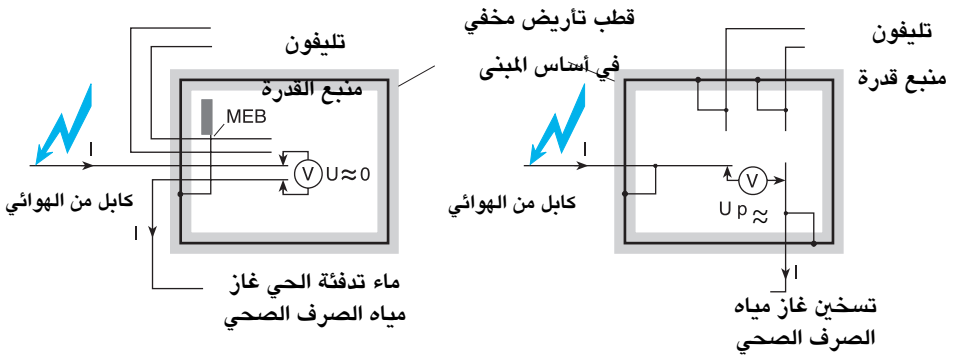
الطريقة رقم ١: الموصلات الوقائية الموصلة قطرياً (انظر الشكل و١٦)

تستخدم هذه الطريقة الموصلات الوقائية المعتادة مع موصلات التغذية. إن الموصل الوقائي في كل معدة يوفر مسار عالي المعاوقة نسبياً للاضطرابات الكهرومغناطيسية (بخلاف التيارات العابرة التي تتحملها الموصلات الرئيسية) بحيث تكون كابلات الإشارة الداخلة إلى الوحدة معرضة لكمية كبيرة من الضوضاء الحادثة. ولذلك يجب أن تكون المعدة ذات مناعة عالية لتعمل بشكل مُرضٍ.

بتوفير دائرة تغذية ونظام تأريض لمعدات تقنية المعلومات، يمكن خفض الاضطرابات الحادثة بشكل كبير. في بعض الأحوال، فإن نقطة التأريض النجمية (مثلاً قضيب الموصل الوقائي الأرضي ((PEفي لوحة التوزيع ذات العلاقة) للموصلات الوقائية وموصلات التأريض الموصلة قطرياً لمعدات تقنية المعلومات يمكن تأريضها بواسطة موصل منفصل معزول يتم وصله بنهاية التأريض الرئيسية.

الطريقة رقم ٢: استخدام نظام ترابط محلي أفقي متساوي (متعادل) الجهد (شبكة) (انظر الشكل و١٧)

يتم تعزيز الموصلات الوقائية المعتادة بترابط متساوي الجهد لمركّبات نظام تقنية المعلومات لشبكة محلية (حصيرة ترابط). اعتماداً على التردد ومساحة الشبكة، فإن هذه الطريقة يمكن أن توفر مستوى إسناد أرضي ذو معاوقة منخفضة لتوصيلات الإشارة بين مركبات النظام المجاور للشبكة. وكما هو الحال في الطريقة رقم ١، يمكن توفير مناعة إضافية بواسطة دائرة تغذية منفصلة ونظام تأريض، بما في ذلك شبكة الترابط، من دوائر التغذية ونظم التأريض مثل الأعمال المعدنية بالمبنى.



الشكل و ١٥: مداخل الكابلات المسلحة والأنابيب (المواسير) المعدنية إلى المباني (أمثلة).

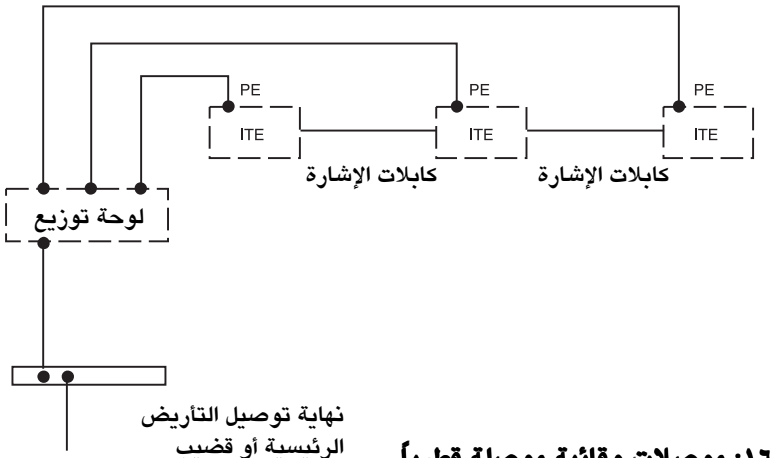
أ) المدخل المعتاد يعتبر ملائماً، U = O

ب) الإدخال عند مناطق مختلفة يعتبر غير ملائم ، U ≈ O .

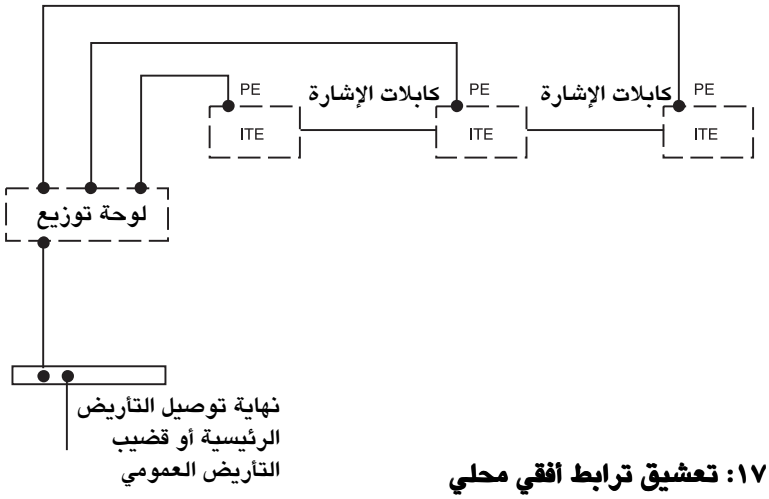
الطريقة رقم ٢ يمكن توسيعها عند الضرورة بتركيب تعشيقات ترابط في الأدوار الأخرى. جميع هذه التعشيقات (الشبكات) تترابط فيما بينها بموصلات ربط رأسية (متعددة) لتقليل احتمالية الاختلافات في التعشيقات. الطريقة رقم ١ تعتبر أسهل تطبيقاً خاصة في المباني القائمة بالفعل. في الطريقة رقم ٢ وتمديداتها المحتملة، تزداد الصعوبة وترتفع نفقات التطبيق. إلا أن الطريقتين هما الأكثر احتمالاً لتوفير مناخ ملائم للمستقبل غير المحدد لمعدات تقنية المعلومات .

المعلومات السابقة والخاصة بالطريقتين ٢،١ مأخوذة من مشروع نوفمبر ١٩٩٣ لقسم جديد (٥٤٨) لـ IEC 364 الجزء رقم ٥، القسم رقم ٤٥ .

في حالة مواجهة صعوبات خاصة معينة، قد يكون من الضروري إستشارة المختصين. وبالنسبة للمشروعات الحالية، وفي غياب المعلومات الأكثر دقة، يوصى بأن يتم اختيار المواد التي تفي بمتطلبات الجدول رقم و ١٨.



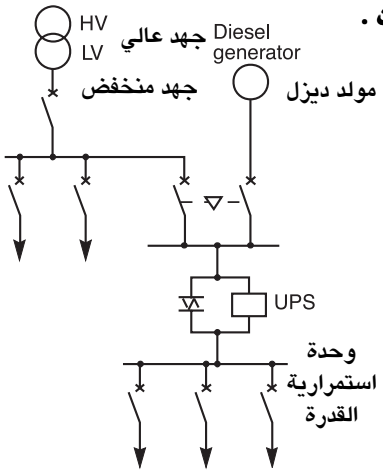
الشكل رقم و١٦: موصلات وقائية موصلة قطرياً



الشكل رقم و ١٧: تعشيق ترابط أفقي محلي

الاضطراب	المرجع	المعدل أدنى	المعدل الموصى به
تفريغ كهروستاتيكي	IEC 801-2	المستوى٣ (٨ كيلو فولت)	المستوى ٤ (١٥ كيلو فولت)
شدة المجال	IEC 801-3	المستوى ٢ (٣ فولت/متر)	المستوى ٣ (١٠ فولت/متر)
"قرقعات" عابرة متكررة ذات سرعة عالية (ارتداد تلامس)	IEC 60	المستوى ٢	المستوى ٤
جهود زائدة عابرة	IEC 60.2		
	عند بداية التركيبات	٦٩٠ف	١٠ كيلو فولت
	الحالات الأخرى	٤٠٠ ف	٧,٥ كيلو فولت
		٦٩٠ ف	٧,٥ كيلو فولت
		٤٠٠ ف	٥ كيلو فولت
موجات تيار (صاعقة ، غلق مفتاح	IEC (تحت الاعداد)	٢٠/٨ ميكروثانية	٨٠ أمبير
			٢٠٠ أمبير

الجدول رقم و ١٨: مستويات التوافق لمواد التركيبات .



الشكل رقم و١٩: نموذج لإنتاج منبع تغذية بالقدرة ذو "جودة عالية"

و

من الممكن، في تركيبات جهد منخفض، استخدام منبع ذي "جودة عالية" (خالٍ من الاضطرابات) للدوائر المعدة خصيصاً لتغذية المعدات ذات الحساسية العالية، مثل الأجهزة المتعلقة بالكمبيوتر، ... الخ

المنابع ذات الجودة العالية

إن الهدف هو تغذية المعدات الحساسة (أجهزة تقنيات المعلومات، آلات تسجيل النقد، المعالجات فائقة الصغر،... الخ) من منبع خالٍ من التلوثات التي تمت مناقشتها أعلاه وبتكلفة معقولة. الشكل رقم و١٩ يوضح مخططاً عند مستوى لوحة التوزيع العام الرئيسية.

يتم تحقيق "الجودة العالية" بواسطة مقوِّم عكسي وملحقاته من خلايا تخزين ومقوم (شاحن)، حيث يتم تغذيته ـ في الظروف العادية ـ عن طريق خَرْج واحد للوحة التوزيع العام الرئيسية. ويمكن ضمان استمرارية التغذية عن طريق مجموعة محرك–ديزل ومفتاح تحويل تلقائي وذلك ضماناً للإبقاء على استمرارية القدرة لفترة غير محددة (إذا كان هناك أشخاص لملء خزان الوقود) أو لعدة ساعات في حالة عدم وجود أحد بالمحطة الفرعية.

١/٣ تركيبات الأمان

توفير تركيبات الأمان والطواريء يعتبر التزاماً قانونياً

تعتبر تركيبات خدمات الطواريء والأمان محكومة بلوائح تشريعية تتعلق بما يلي:

- منشآت تستقبل عامة الناس،
- عمارات سكنية عالية،

منشآت يعمل فيها الناس (مكاتب، محلات، مصانع، الخ). وهذه يجب أن تحتوي على وسائل تضمن

- الإخلاء الآمن للأشخاص، ومن هذه الوسائل:
- أنوار الأمن والسلامة ؛
- نظم تنبيه وإنذار،
- أجهزة كشف أتوماتيكي للحريق ،
- نظم إطفاء حريق،

أجهزة طرد الدخان،

- ضواغط هوائية لنظام الإطفاء الذي يعمل بالضغط ،
- مضخات مياه لإعادة ملء نظام الإطفاء.

وفضلاً عن القواعد العامة المذكورة أعلاه، هناك مشاريع معينة تتعلق لوائح الأمان فيها بعمليات معينة (بتروكيماويات ، أعمال الأسمنت...) أو خدمات (إضاءة الأنفاق، إضاءة ممرات الإقلاع والهبوط بالمطارات..).

ملحوظة: منابع التغذية بالقدرة لأنوار الأمن موصوفة في القسم ي، البند الفرعي ٤/٦ .

٢/٣ منابع الطوارئ لتغذية القدرة الاحتياطية

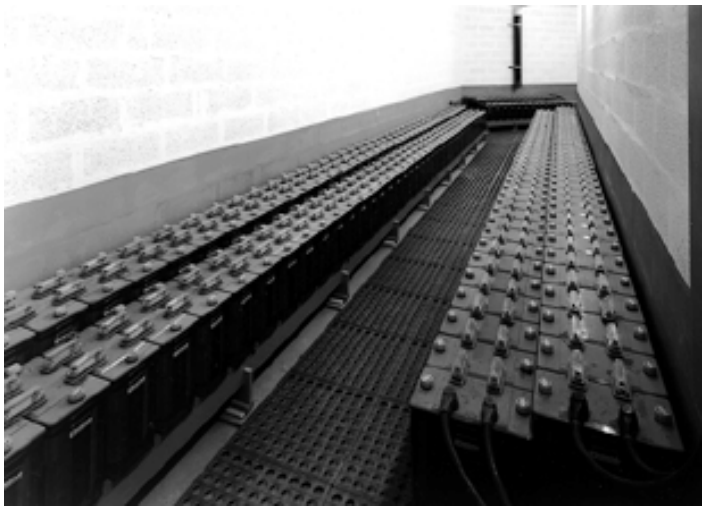
تعتبر منشآت القدرة الاحتياطية ضرورة اقتصادية في العديد من الظروف التي يمكن أن يؤدي فقدان التغذية فيها إلى عواقب بعيدة الأثر.

من بين العديد من (التطبيقات) التي لا تحتمل انقطاع التغذية بالقدرة، نورد فيما يلي بعضاً منها:

- تركيبات تقنيات المعلومات (حماية البيانات الخاصة بالتأمينات، المعاملات البنكية ، الأعمال المهنية، الإدارات...)،
- العمليات الصناعية (استمرارية "التغذية" بالمواد لاستمرار العمليات، مضخات تغذية الغلايات بالماء في محطات القدرة، إنتاج الورق، محطات تحلية المياه...)،
- الصناعات الغذائية (منشآت التبريد ، تفريخ البيض ...) ،
- الاتصالات،
- البحث العلمي،
- غرف العمليات الجراحية،
- تذاكر وحجوزات الطيران، ماكينات تسجيل النقد...،

المجال العسكري.

وتجدر الإشارة إلى أنه عند وجود عدة منابع خدمة طواريء، فمن الممكن أيضاً استخدامها كمنابع قدرة احتياطية بشرط أن يكون كل منها متاحاً وقادراً على بدء إمداد كافة دوائر الأمان والطواريء ، وألا يؤثر الخلل في أحدها على الأداء الوظيفي الطبيعي للمنابع الأخرى.



الشكل و٢٠: أمثلة لمنابع القدرة الاحتياطية: تخزين بطاريات مركزي (يسار) ومجموعة مولدات ديزل (يمين)

٣/٣ اختيار وخصائص منابع القدرة الاحتياطية

بصرف النظر عن فترات انقطاع التيار المحسوسة (حتى ولو كانت قصيرة جداً) فإن الانقطاعات غير المحسوسة التي تبلغ بضع مللي ثوان تعتبر كافية للتداخل مع معدات معينة. وكما أشرنا سابقاً، فإن نظم وحدات استمرارية التيار تعتبر ضرورية في تلك الحالات وتستخدم مع منبع القدرة الاحتياطي لتحقيق أعلى درجات الأمان.

المواصفات الرئيسية

للوفاء بمتطلب الاستخدام الاقتصادي، يجب تحقق السمات التالية:

- انقطاع التغذية لا يمكن تحمله:
  - في نظم تقنية المعلومات .
  - في عمليات المعالجة المستمرة، عدا الأحمال ذات القصور العالي والتي يمكن أن تتحمل انقطاعاً حتى ثانية واحدة .
- فترة حفظ البيانات في نظم تقنية المعلومات ١٠ دقائق ،
- الاستقلال الذاتي يعتبر مرغوباً في تركيبات منابع التغذية بالقدرة الاحتياطية، وهي مهمة الاقتصاديات المتعلقة بالاستخدام لما وراء الحد الأدنى المطلوب لسلامة الأفراد (فقط) .

المواصفات المتعلقة بتركيبات السلامة

تحتوي التشريعات التي تغطي تركيبات السلامة على عدد من الشروط الواجب مراعاتها فيما يتعلق بمنابع القدرة الكهربائية لتلك التركيبات:

- فترة الانقطاع: حسب الحالة، الاختيارات الآتية تعتبر مُلزمة:
  - لا انقطاع،
  - انقطاع أقل من ثانية واحدة ،
  - انقطاع أقل من ١٥ ثانية،
- الاستقلال الذاتي المطلوب لمنبع القدرة الاحتياطي: بشكل عام فإنه يناظر الوقت اللازم لاستكمال كافة عمليات السلامة للأشخاص: على سبيل المثال الوقت اللازم للإخلاء (في منشآت استقبال العامة) : ساعة واحدة كحد أدنى. في الوحدات السكنية الكبيرة ، يجب أن يكون الاستغلال الذاتي للمنبع ٣٦ ساعة أو أكثر .

المتطلب			
	أجهزة تحكم يمكن برمجتها معدات IT اتصالات	عمليات تتابعية قابلة للانقطاع	عمليات مستمرة
التطبيقات			
أنواع الاستخدامات	– بنوك البيانات – أعمال التحكم والمراقبة	– تتابع أعمال معالجة المعادن على البارد	مؤشرات مقادير العمليات والتحكم فيها .
أمثلة على التركيبات	– إدارة تأمين الخدمات البنكية IT – إدارة نظم عمليات الإنتاج	– المعدات الخفيفة – سلسلة مجموعة تغليف	– الذرة – الكيمياء – البيولوجيا – الحرارة – المعدات الثقيلة (عزم قصور ذاتي مرتفع)
الشروط			
فترات الانقطاع المسموح بها	صفر	■	■
	≥ ثانية واحدة		■
	≥ ١٥ ثانية		■ (١)
	≥ ١٥ دقيقة		■ (١)
الحد الأدنى والحد المفضل للاستقلال الذاتي للمنبع	١٠ دقيقة	■ (٢)	
	٢٠ دقيقة		■ ■
	ساعة واحدة	■	■ ■
		بشكل دائم إذا كان ذلك اقتصادياً	
الحلول			
التقنية المطبقة	مقوم عكسي مع أو بدون مولد لتحمل الحمل الزائد على المقوم	مولّد مانع للانقطاع أو بدء وتحمل الحمل الزائد	مجموعة توليد مستديمة

إن أداء تيار القطع لقصر الدائرة لقاطع دائرة جهد منخفض يتعلق (تقريباً) بـ جتا ϕ لدائرة تيار الخطأ ، والقيم القياسية لهذه العلاقة موجودة في بعض المواصفات القياسية.

(١) طبقاً للظروف الاقتصادية

(٢) حد الوقت اللازم لتخزين البيانات.

الجدول و ٢١: جدول يوضح اختيار أنواع منابع التغذية بالقدرة الاحتياطية تبعاً لمتطلبات التطبيق وفترات انقطاع التغذية المسموح بها .

٤/٣ اختيار وخصائص المنابع المختلفة

إن الحلول العديدة المتاحة تتسم بتوافرها، أي الزمن الفوري أو المتأخر لمجابهة الحمل، واستقلالها الذاتي، أي القدرة على تغذية الحمل فترة معينة دون توقف (إعادة ملء خزانات الوقود على سبيل المثال). كما أنه من الضروري اعتبار الأمور الآتية:

- التقييدات المفروضة من التركيبات: وخاصة للمواقع المخصصة، وحسب المنبع المستخدم (أو المنابع المستخدمة) .
- المعدات التكميلية ؛
- التقييدات التشغيلية، أي حسب إرشادات التشغيل المقدمة من الصانعين أو حسب اللوائح النظامية المحلية، ... الخ،
- متطلبات الصيانة الروتينية، والتي قد تفرض أقل من قيود مُثْلَى خلال الفترات المخصصة لمثل ذلك العمل.

إن النظرة الشاملة على الاحتمالات والقيود المرتبطة بها تؤدي غالباً إلى الحل الأمثل على أساس مخطط مقوم عكسي مع وحدة توليد ديزل احتياطية. وتتيح خلايا تخزين البطاريات تغذية غير منقطعة خلال أوقات بدء التشغيل ومجابهة الحمل للمجموعة الاحتياطية.

منبع تغذية طوارئ و/أو احتياطي	بطارية	مقوم عكسي	مولد ديزل بدء التشغيل على البارد	مجابهة الحمل	مولدات في الخدمة الدائمة
الوقت اللازم للتغذية					
الوقت صفر (دون انقطاع)	■	■			■
ثانية واحدة				■	
دقيقة واحدة إلى (١٠) دقائق (٥)			■		
الوقت الاجمالي لعملية تحويل					
صفر	■	■			■
تتعلق بمخطط التحويل الذاتي المطبق على كل منبع		■	■	■	
تقييدات التركيبات					
	موقع خاص (نوع البطارية) . شبكة تيار مستمر خاصة.	بدون. مالم تكن البطاريات من النوع المفتوح .	موقع خاص (ضوضاء الاهتزازات، إمكانية الوصول المطلوبة للصيانة، الوقاية من الحريق). خزانات الوقود .		

	معدات إضافية (بخلاف أجهزة الوقاية والتحويل)				
	شاحن منظم، مبينات وأجهزة قياس	بدون. مالم يتطلب الأمر بطاريات إضافية	بادىء تشغيل، بالبطاريات أو الهواء المضغوط.	حذافة (عجلة تنظيم السرعة) بالقصور الذاتي وقابض (كلتش) بالقصور الذاتي	معدات تزامن ذاتية تلقائية
	أسلوب التشغيل والتقييدات				
	شبكة خاصة . مفاتيح النظام . الكشف الدوري .	تلقائي .	يدوي أو تلقائي بدء التشغيل الدوري	تلقائي . الحد الأقصى للحمل الثابت.	مجموعة أفراد تشغيل ثابتة.
	المقادير المتغيرة الأخرى				
الصيانة	إيقافات دورية للكشف وأعمال الصيانة .	بدون. ما لم تكن بطاريات من النوع المفتوح .	فحوصات دورية، ولكنه يتطلب الحد الأدنى من التآكل والقليل جداً من الصيانة.	تقييدات ميكانيكية ضئيلة فقط فيما عدا على الكلتش وعمود التقارن.	فحوصات دورية، ولكنه يتطلب الحد الأدنى من التآكل والقليل جداً من الصيانة.
العمر المتوقع (٣)	٤ إلى ٥ أعوام (٢).	٤ إلى ٥ أعوام (للبطاريات محكمة الغلق) .	١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ ساعة ومن ٥ إلى ١٠ أعوام	٥ إلى ١٠ أعوام	١٠٠٠٠ساعة أو عام واحد
الفائض المطلوب (٤)	× ٢ إذا كانت التركيبات دائمة.	بالمثل ٢ لـ ١ و ٣ لـ ٢	بطاريات × ٢	× ٢ حيثما يكون الأمن هاماً	× ٢ إذا كانت التركيبات دائمة
الاعتمادية (٤)	من المهم الفحص المستمر (العديد من أخطاء الأشخاص).	الفحوصات المتكاملة.	ميكانيكي وبطاريات بدء الحركة	مجموعة كلتش ميكانيكية وعمود تقارن .	ميكانيكي ونظام تزامن.

(١) مجموعة محرك ـ مولد دائمة الدوران ومزودة بحذافة ثقيلة .

عند فقد التغذية الطبيعية فإن لقط الحمل يتطلب عادة أقل من ثانية واحدة .

(٢) فترة أطول إذا كانت البطارية من النوع المفتوح.

(٣) قبل أن يتطلب الأمر إصلاحاً هاماً.

(٤) دراسة متطلبات السلامة تتيح تعريف المخطط الأمثل.

(٥) يتوقف على ما إذا كان قد تم عمل تسخين مسبق للمجموعة أم لا.

الجدول و ٢٢: جدول خصائص المنابع المختلفة.

كثير من التصميمات لقواطع الدائرة للجهد المنخفض توضح حدود مقدرة تيار قصر الدائرة، حيث تم تقليل التيار ومنعه من الوصول لأقصى قيمة (شكل ح ٢-٢٧) أداء حدود التيار لهذه القواطع تم التعبير عنها على شكل تخطيطي الموضح بشكل ح٢-٣٦ مخطط (a) .

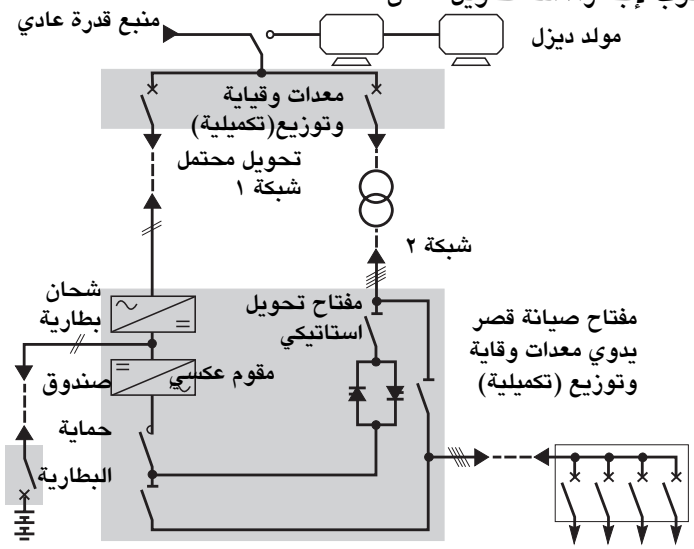
٥/٣ مجموعات التوليد المحلية

يكون من الضروري في تركيبات معينة استخدام منبع تغذية بالقدرة مستقل عن الخدمة العامة العادية لتوفير مولد محلي (يدار عادة بواسطة محرك ديزل) ويكون مقترناً بمقوم عكسي .

وفي هذه الحالة يجب أن يكون استغلال المقوم العكسي ـ أي البطارية ـ كافٍ لتغطية فترة بدء تشغيل الديزل وتوصيل المولد بالحمل.

يعتمد الوقت المطلوب لإجراء التحويل من مولد ديزل مصدر إلى آخر على الخصائص المعينة للتركيبات مثل: تتابع البدء للمحرك أو الفصل المحتمل للأحمال غير الأساسية...

تجرى عملية الاقتران عامة عند لوحة التوزيع العام الرئيسية منخفضة الجهد بواسطة لوحة تحويل ذاتية، يوضح الشكل و ٢٣ نموذجاً تخطيطياً لهذه اللوحة.



الشكل و ٢٣: مثال لمخطط مقوم عكسي/ مجموعة توليد ، مأخوذ عن كتاب "إرشادات البراءات" لشركة مارلين جيران .

أثناء عملية التشغيل العادية للمقوم العكسي تمر قوة تيار متردد في جزء مقوم التيار ويتبقى جزء قليل جداً من قدرة التيار المستمر عند خروج المقوم البطارية في حالة الشحن الكامل. يتم تحويل الباقي من التيار المستمر إلى قدرة تيار متردد خالٍ من التداخل للحمل.

عند حدوث تحويل من منبع مولد قدرة عادي إلى منبع مولد قدرة عكسي يكون من المهم (خاصة إذا كان الحمل الذي سيتم تغذيته من المولد كبيراً نسبة إلى مقننه) يجب تجنب العزم العابر الضار الواقع على عمود المحول والقارنات. ويحدث مثل هذا العزم للأحمال المطبقة بصورة مفاجئة ونتيجة للعزم العابر المتذبذب للعمود وعزم الحمل الثابت مضافاً ومطروحاً عند التردد الطبيعي لتذبذبات العمود لتجنب هذه الظواهر ، يتم التحكم في المقوم الكترونياً ليمر تيار منخفض مبدئياً ويزداد التيار تدريجياً حتى يقاوم المولد الحمل بصورة كاملة وتستقبل البطارية شحنة منخفضة المعدل تحافظ عليها. وتستغرق هذه العملية ١٠-١٥ ثانية . يتوقف المقوم العكسي أيضاً تدريجياً بواسطة أجهزة تحكم على دوائر المقوم.

يمنع التسليط التدريجي للحمل أيضاً التيارات العابرة الكبيرة والتراوح في التردد ويحدث التراوح في التردد نتيجة للقصور الذاتي في نظام حاكم تنظيم السرعة للمحرك الرئيسي

يحـدث المقوم في نظام التـحـويل تيارات توافـقيـة مما يعني بصفـة عامة إنخفـاضاً في احتياطي مـولد القدرة العكسي (أي أنـه يجب في هذه الحـالة تركـيب مـولد أكبر) ولابد من مناقشة هذه المـسألة مع مصنعي أجهزة القدرة عديمة الانقطاع. (ups) .

في المثال الموضح في الشكل و ٢٣ يكون الخـرج من المقـوم العكسي في تزامن مع منبع الدخل للمـقوم حـتى يحافظ ـ في حالـة حدوث حمل زائد أو إخـفـاق للمـقـوم العـكسي – يتم الإقـفـال الفـوري لمفتـاح التـحـويل الإستاتيكي لضمان استمرار التغذية.

٤/١ توصيلات التأريض

في أي مبنى، يعمل التوصيل بقطب تأريض والتوصيل المشترك (الربط) لكل الأجزاء المعدنية للمبنى وكل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات الكهربائية، على منع ظهور جهود عالية خطيرة بين أي نقطتين معدنيتين يمكن الوصول إليهما في وقت واحد.

تعاريف

تستخدم المصطلحات التالية عادة في الصناعة والنشرات. تشير الأرقام المحصورة بين قوسين إلى الشكل و ٢٤ .

- **قطب تأريض (١)**: موصل أو مجموعة موصلات تتصل بصورة أساسية وتزود التوصيلة الكهربائية بالأرض (انظر الشكل و٤-٦).
- **الأرضي** : كتلة الأرض الموصلة التي يكون الجهد الكهربائي فيها عند أي نقطة محسوباً إصطلاحياً كصفر.
- **أقطاب تاريض مستقلة كهربائياً**: أقطاب تأريض تقع عند المسافة بين قطب وآخر بحيث لا يؤثر الحد الأقصى للتيار المتوقع تدفقه خلال أحدهما على جهد الآخر (الأخرى).
- **مقاومة قطب التأريض**: مقاومة توصيل قطب التأريض بالأرض.
- **موصل التأريض (٢)**: موصل وقاية يربط طرف التأريض الرئيسي (٦) لأحد التركيبات بقطب أرضي (١) أو بوسيلة تأريض أخرى (مثل نظم .TN)
- **جزء توصيل مكشوف(انظر الجدول و٢٥)**: جزء موصل من المعدة يمكن لمسه ولا يكون جزء مكهرب ، لكنه قد يصبح مكهرباً تحت ظروف الخلل والأعطال.
- **موصل وقاية (٣)**: موصل يستخدم لبعض تدابير الوقاية من الصدمة الكهربائية ومعد لربط أحد الأجزاء التالية ببعضها :
  - الأجزاء الموصلة المكشوفة ،
  - الأجزاء الموصلة الخارجية ،
  - طرف التأريض الرئيسي ،
  - ، قطب (أقطاب) التأريض ،
  - النقطة المؤرضة للمنبع أو محايد اصطناعي.
- **جزء موصل خارجي (انظر الجدول و٢٥)**: جزء موصل معرض لإحداث جهد - يكون بصورة عامة - جهد تأريض ولا يشكل جزءاً من التركيبات الكهربائية (٤) . مثال على ذلك:
  - الأرضيات أو الجدران أو هياكل المباني المعدنية غير المعزولة.
  - المواسير المعدنية وأعمال المواسير (ليست جزءاً من التركيبات الكهربائية) للمياه أو الغاز أو التدفئة أو الهواء المضغوط ، إلخ . والمواد المعدنية الملازمة لها.
- **موصل ربط (٥)**: موصل وقاية يوفر ربطاً متساوي (متعادل) الجهد.
- **طرف التأريض الرئيسي(٦)**: الطرف أو القضيب الخاص لتوصيل الموصلات الواقية بما في ذلك موصلات الترابط متساوية الجهد وموصلات التأريض الوظيفي - إن وجدت - بوسيلة التأريض.

التوصيلات

نظام الربط الرئيسي متساوي الجهد

يتم إجراء عملية الربط بواسطة موصلات وقائية ويكون الهدف هو ضمان عدم حدوث اختلاف في الجهد بين الأجزاء الموصلة الخارجية داخل التركيبات في حالة دخول موصل خارجي (مثل أنابيب الغاز.. الخ) يحدث فيه بعض الجهد نتيجة حدوث خلل خارج المبنى. يجب أن يحدث الربط عند أقرب نقطة (نقاط) ممكنة من مدخل المبنى وأن يوصل بطرف التأريض الرئيسي (٦) .

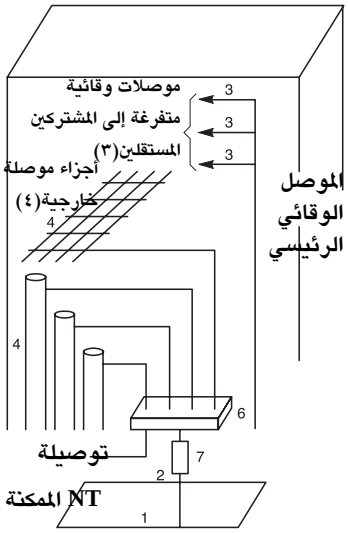
من ناحية ثانية تتطلب التوصيلات بأرضي الأغلفة المعدنية لكابلات الاتصالات موافقة مالكي الكابلات.

توصيلات تكميلية متساوية الجهد

هذه التوصيلات مخصصة لتوصيل كل الأجزاء الموصلة المكشوفة التي يمكن الوصول إليها في وقت واحد عندما تكون الظروف الصحيحة للوقاية غير مطابقة أي عندما تظهر في موصلات الربط الأصلية مقاومة عالية غير مقبولة.

توصيل أجزاء موصلة مكشوفة بقطب (أقطاب) تاريض

يجرى التوصيل بواسطة موصلات وقائية توفر مقاومة منخفضة لتيارات الخطأ حتى تسري إلى الأرض.



الشكل و٢٤: مثال لمجموعة من الشقق التي يوفر طرف التأريض الرئيسي(٦) فيها الربط الرئيسي متساوي الجهد. تسمح الوصلة المتحركة (٧) بفحص مقاومة قطب التأريض.

يعتبر الربط الفعال وتوصيل كل التثبيتات المعدنية التي يمكن الوصول إليها بالأرضي وكل الأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة الكهربائية والمعدات ضرورياً للوقاية الفعالة ضد الصدمات الكهربائية.

أجزاء مكوّنة تعتبر كأجزاء موصلة مكشوفة	أجزاء مكوّنة تعتبر كأجزاء موصلة خارجية
١- مجاري (مسارات) الكابل ■ المواسير ■ كابل معزول بالورق المشبع ومغطى بالرصاص ، مسلح أو غير مسلح. ■ كابل معزول ومغلف بمعدن (بيروتيناكس إلخ). ٢- مجموعة المفاتيح الكهربائية ■ جزء يمكن سحبه ٣- الأجهزة ■ أجزاء معدنية مكشوفة من الأجهزة المعزولة فئة I ٤- عناصر غير كهربائية □ ملحقات معدنية ملازمة لمجاري الكابل (حوامل الكابل، سلالم الكابل.. إلخ). ■ أشياء معدنية □ قريبة من الموصلات الهوائية أو الموصلات العمومية □ ملامسة للمعدات الكهربائية	١- عناصر مستخدمة في إنشاء المبنى ■ معدنية أو خرسانة مسلحة (RC) □ هيكل مشكل من الفولاذ. □ قضبان مقواة □ ألواح الخرسانة المسلحة سابقة التجهيز ■ دهانات الأسطح □ أرضيات وجدران من الخرسانة المسلحة دون معالجة إضافية للسطح ، □ سطح مبلط ، ■ طبقة تكسية معدنية ، □ تكسية معدنية للجدار. ٢-عناصر خدمات المبنى خلاف الكهربائية ■ أنابيب معدنية ، مواسير ، مجاري للغاز والماء ونظم التسخين ، إلخ ، ■ مكونات معدنية ذات الصلة (الأفران، الخزانات، الصهاريج، المدافيء) ■ ملحقات معدنية في غرف الغسيل ، الحمامات ، المراحيض ، إلخ. ■ أوراق ممعدنة .
أجزاء مكوّنة لا تعتبر كأجزاء موصلة مكشوفة	**أجزاء مكوّنة لا تعتبر كأجزاء موصلة خارجية**
١- قنوات أو أنابيب الخدمة المتعددة ، إلخ ■ مواسير من مواد معزولة ، ■ قوالب من الخشب أو مادة عازلة أخرى. ■ موصلات وكوابل دون غلاف معدني ٢- مجموعة المفاتيح الكهربائية ■ مواد تغليف مصنوعة من مادة عازلة ، ٣- الأجهزة ■ كل الأجهزة ذات فئة العزل II بصرف النظر عن نوع الغلاف الخارجي .	■ أرضيات من كتل خشبية ، ■ أرضيات مغطاه بالمطاط أو الليوليم ، ■ ألواح تقسيم من كتل الجص الجاف ، ■ جدران من القرميد ، ■ السجاد والموكيت الذي يغطي من الجدار إلى الجدار ،

الجدول و ٢٥: قائمة بالأجزاء الموصلة المكشوفة والأجزاء الموصلة الخارجية .

تركيب وقياسات أقطاب التأريض

تمت مناقشة هذا الموضوع في نهاية البند الفرعي ٦/٤ .

٢/٤ تعريف مخططات التأريض الموحدة قياسياً

تحدد مخططات التأريض المختلفة الموضحة طريقة تأريض نقطة محايد الجهد المنخفض لمحول الجهد المنخفض/ الجهد العالي (أو أي مصدر آخر) ووسيلة تأريض الأجزاء الموصلة المكشوفة الخاصة بتركيبات الجهد المنخفض التي تغذى منه . إن اختيار هذه الطرق يحكم الإجراءات الضرورية الخاصة بالوقاية من مخاطر التلامس غير المباشر.

تحدد مخططات التأريض المختلفة الموضحة طريقة تأريض نقطة محايد الجهد المنخفض لمحول الجهد العالي/ الجهد المنخفض وتأريض الأجزاء الموصلة المكشوفة لتركيبات الجهد المنخفض. يحدد اختيار هذه الطرق الإجراءات الضرورية للوقاية من مخاطر التلامس غير المباشر.

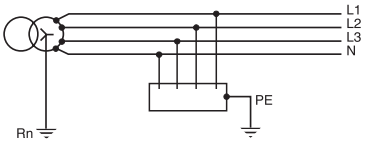
مخطط TT (محايد مؤرض)

محايد ← أرضي

أجزاء موصلة مكشوفة ← أرضي

*بصفة عامة نقطة النجمة لملفات جهد منخفض موصلة نجمة .

توصل نقطة واحدة عند منبع التغذية مباشرة بالأرض . توصل كل الأجزاء المكشوفة والخارجية بقطب أرضي مستقل عند التركيبات. يمكن أن يكون هذا القطب مستقلاً أو غير مستقل عن قطب المنبع . يمكن أن يحدث تداخل بين مجالي التأثير دون أن يؤثر على عمل أجهزة الوقاية.



الشكل و ٢٦: مخطط TT.

مخططات TN

محايد ← أرضي

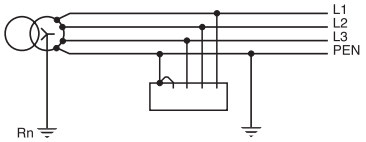
أجزاء موصلة مكشوفة ← أرضي

يؤرض المنبع كما ورد للمخطط TT (أعلاه). عند التركيبات ، توصل كل الأجزاء الموصلة والخارجية بموصل المحايد. توضح فيما يلي الصور المختلفة لمخططات TN :

مخطط TN-C

يستخدم موصل المحايد أيضاً كموصل وقائي ويشار إليه بموصل (الأرضي والمحايد "الوقائي "PEN لا يسمح بهذا المخطط للموصلات التي تقل عن ١٠مم٢ والأجهزة المنقولة .

يتطلب مخطط TN-Cتأسيس بيئة فعالة متساوية الجهد داخل التركيبات مع المباعدة بين أقطاب التأريض المنتشرة بطريقة منتظمة بقدر الإمكان.

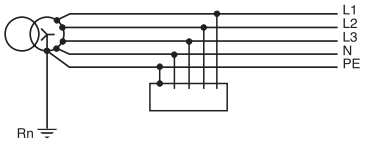


الشكل و٢٧: مخطط TN-C.

مخطط TN-S

يعتبر نظام TN-S (٥ أسلاك) إلزامي للدوائر التي تقل مساحة مقطعها عن ١٠مم٢ للنحاس و١٦مم٢ للألومنيوم في الأجهزة المنقولة.

يكون الموصل الوقائي وموصل المحايد مستقلين. في أنظمة الكابل المدفون تحت الأرض حيث توجد كوابل مغلفة بالرصاص يكون الموصل الوقائي فيها بصفة عامة هو غلاف الرصاص. يعتبر استخدام موصلين أرضي وقائي (PE)ومحايد (N)(٥ أسلاك) إلزامي للدوائر التي تقل مساحة مقطعها عن ١٠مم٢ للنحاس و١٦مم٢ للألومنيوم في الأجهزة المنقولة .

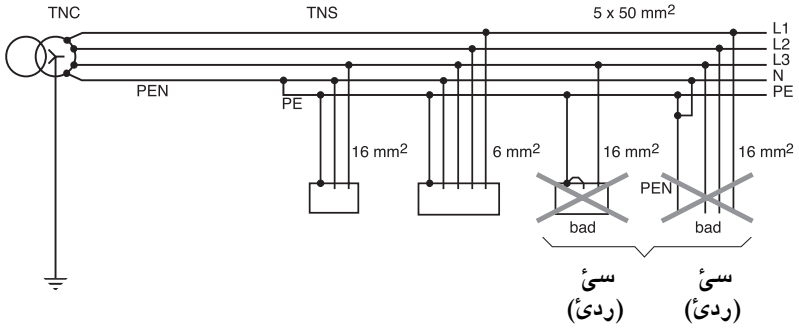


الشكل و٢٨: مخطط TN-S.

مخطط TN-C-S

يمكن استخدام مخططات TN-C و TN-S في نفس التركيبات . في مخطط TN-C-S يجب عدم استخدام مخطط TN-C (٤ أسلاك) في اتجاه مجرى المخطط TN-S (٥ أسلاك).

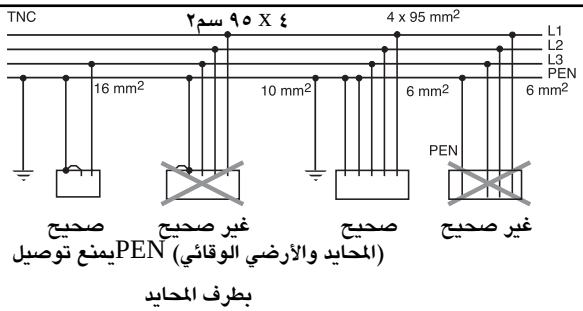
النقطة التي يستقل فيها الأرضي الوقائي (PE) عن موصل المحايد (N) تكون بصفة عامة عند نقطة بدء التركيبات.



١٦ مم٢

الشكل و٢٩: مخطط TN-C-S

هام: في مخطط TN-C تحتل وظيفة الموصل لموصل المحايد والأرضي الوقائي الأولوية وبصفة خاصة ، يجب توصيل موصل المحايد والأرضي الوقائي مباشرة بطرف التأريض للجهاز، ثم توصيلة القنطرة بطرف المحايد .



الشكل و٣٠: توصيلة موصل PEN (المحايد والأرضي الوقائي) في مخطط TN-C

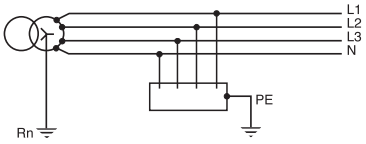
محايد ← منفصل
أجزاء موصلة مكشوفة ← أرضي

أو مؤرضة بمعاوقة

مخطط IT (محايد منفصل)

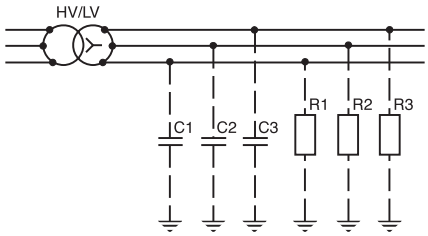
يجب عدم إجراء توصيلة بين نقطة المحايد لمنبع التغذية والأرض (الشكل و٣١) بطريقة مقصودة .

توصل الأجزاء الموصلة الخارجية والمكشوفة للتركيبات بقطب تأريض .



الشكل و٣١:مخطط IT (محايد منفصل)

عملياً يكون لكل الدوائر معاوقة تسرب للأرض ، حيث أنه لا يوجد عزل تام وكامل. يوجد على التوازي مع ممر التسرب المقاومي (الموزع) ممر تيار سعوي موزع ويشكل الممران معاً معاوقة التسرب العادية للأرض.



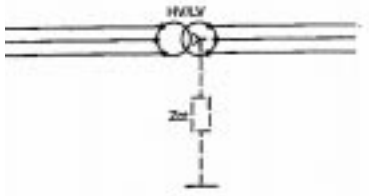
الشكل و٣٢: معاوقة التسرب في المخطط IT .

مخطط IT(معاوقة مؤرضة)

توصل المعاوقة (Zsمن الرتبة ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ أوم) بشكل دائم بين نقطة المحايد لمحول ذي ملف جهد منخفض والأرضي (الشكل و٣٤). وتوصل كل الأجزاء الموصلة الخارجية والمكشوفة بقطب أرضي. أسباب هذا الشكل لتأريض مصدر القدرة هي تثبيت جهد شبكة صغيرة فيما يتعلق بالأرضي (تعتبر Zs صغيرة مقارنة بمعاوقة التسرب) ولتقليل مستوى الجهود الزائدة مثل التمورات المرسلة من ملفات الجهد العالي والشحنات الاستاتيكية إلخ. فيما يتعلق بالأرضي .

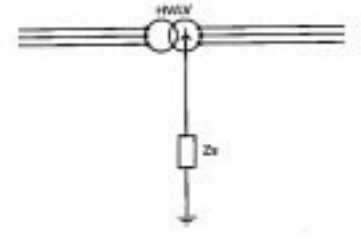
مثال

في نظام الجهد المنخفض ثلاثي الطور ذو الثلاثة أسلاك يكون لكابل طوله ١ كم معاوقة تسرب نتيجة لـ C1 و C2و C3و R1و R2و R3 مكافئة لمعاوقة أرضي محايد Zct من ٣٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ أوم.



الشكل و٣٣: معاوقة مكافئة لمعاوقة التسرب في المخطط IT.

هذه المعاوقة لها تأثير في الزيادة الطفيفة لمستوى تيار الخلل الأول (انظر ز٣/٤)



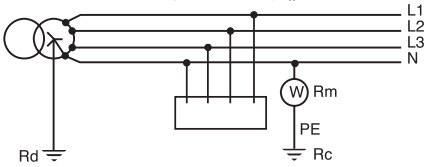
الشكل و٣٤: مخطط (IT) معاوقة مؤرضة)

٣/٤ خصائص مخططات التأريض

يعكس كل مخطط تأريض (يشار إليه عادة بطراز نظام القدرة أو ترتيب تأريض النظام) ثلاثة خيارات فنية:

- طريقة التأريض ؛
- ترتيب الموصلات الوقائية (PE) ؛
- ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر .

ستتم مناقشة هذه الخيارات ونتائجها لكل مخطط.



الشكل و٣٥: في المخطط TN-S يمكن أن تكون تيارات الخلل عالية جداً ومحدودة فقط بواسطة معاوقة الموصلات المكهربة (الطور والمحايد الأرضي الوقائي ("PEN") .

تتعلق النتائج بالنقاط التالية:

- الصدمة الكهربائية ؛
- الحريق ؛
- استمرارية منبع التغذية بالقدرة ؛
- الجهود الزائدة ؛
- اضطرابات كهرومغناطيسية ؛
- التصميم والتشغيل .

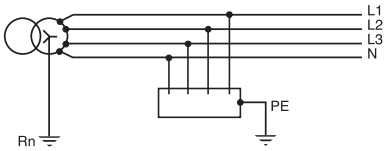
مخطط TN-C

الخصائص

- طريقة التأريض :
  - ☐ توصل نقطة المحايد للمحول مباشرة بالأرضي ويؤرض موصل المحايد عند أكبر عدد ممكن من النقاط ؛
  - ☐ توصل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات والأجزاء الموصلة الخارجية بموصل المحايد؛
- ترتيب الموصلات الوقائية (PE)، يتم جمع الموصل الوقائي (PE) والموصل المحايد في موصل واحد وقائي ومحايد . (PEN) .
- ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر.

تعطي تيارات الخلل العالية وجهود خلل التلامس .

- ☐ يكون الفصل الذاتي إلزامياً في حالة حدوث فشل للعزل.
- ☐ يجب أن يتم هذا الفصل بواسطة قواطع دائرة أو مصاهر. في تركيبات بموصل وقائي ومحايد مدمجين. لا يمكن استخدام أجهزة تيار متبقي لهذا الغرض حيث يكون فشل العزل للأرضي أيضاً دائرة قصر محايد الطور.



الشكل و٣٦: يسبب أي فشل في العزل يحدث خارج المبنى في الارتفاع السريع في اختلاف الجهد خارج المبنى. يتم هنا توضيح نتيجة فشل عزل الجهد العالي لنظام TN، وكل اقطاب التأريض تعتبر مجموعة واحدة .

النتائج

■ طريقة التأريض :

□ توصل نقطة المحايد للمحول مباشرة بالأرضي ويؤرض موصل المحايد عند أكبر عدد ممكن من النقاط ؛

□ توصل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات والأجزاء الموصلة الخارجية بموصل المحايد ؛

■ الجهود الزائدة :

□ تحت الظروف العادية يكون كل من المحايد والأجزاء الموصلة المكشوفة والأرضي عند نفس الجهد فعلياً ؛

□ عند وجود التأثير المحلي لأقطاب التأريض يمكن أن يختلف الجهد مع اختلاف المسافة الممتده من القطب. لذلك أثناء وجود فشل في عزل الجهد العالي يسري تيار خلال القطب الأرضي لمحايد الجهد المنخفض وسيظهر جهد عند تردد المنبع بين الأجزاء الموصلة المكشوفة لمعدات الجهد المنخفض والأرضي البعيد ؛

■ استمرارية منبع التغذية بالقدرة والتوافق الكهرومغناطيسي والحريق: لا يتم تحديد تيار فشل العزل بواسطة أي معاوقة قطب تأريض ولذلك يكون التيار عالٍ (عدة كيلو أمبير) .

أثناء فشل عزل جهد منخفض ، يكون الانخفاض في جهد المنبع والاضطربات الكهرومغناطيسية وخطر الضرر (حريق وملفات المحرك والنطاقات المغناطيسية)عالياً.

■ الجهود الزائدة : أثناء فشل عزل جهد منخفض تستبدل نقطة المحايد للمثلث الذي يمثل نظام الجهد ثلاثي الطور ويتجاوز الجهد بين الطور والأجزاء الموصلة المكشوفة من التركيبات جهد الطور إلى المحايد .عملياً توفر القيمة 1.45 Un تقديراً تقريبياً .

■ الموصلات الوقائية: يتم دمج موصل المحايد وموصل الأرضي معاً في موصل محايد أرضي واحد (PEN).

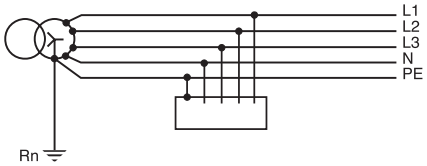
يجب أن يفي الموصل الذي يعمل كموصل محايد ووقائي أرضي في نفس الوقت (PEN) بمتطلبات هاتين الوظيفتين ، ويكون لوظيفة الأرضي الوقائي (PE) الأولوية في حالة التعارض .

يمنع استخدام مخطط TN-C لكل الدوائر التي لها مساحات مقطع تقل عن ١٠مم٢ لموصلات النحاس أو ١٦ مم٢ لموصلات الألومنيوم . ويمنع استخدامه أيضاً للموصلات المرنة.

الحماية من الحريق

يمنع استخدام مخطط TN-C في المباني التي يوجد فيها احتمالات كبيرة لمخاطر الحريق أو الانفجار ، مثال على ذلك المباني من الفئة BE2 والفئة BE3 على التوالي للمواصفة .NFC 15-100

ويعود السبب في ذلك إلى أن ربط الأجزاء الموصلة الخارجية للمبنى بموصل المحايد والأرضي الوقائي (PEN) يحدث سرياناً للتيار في الهيكل الإنشائي للمباني مما ينتج عنه أخطار حريق وتشويشات كهرومغناطيسية. أثناء حدوث فشل في العزل تزداد هذه التيارات السارية بصورة كبيرة . وتمثل هذه الظواهر احتمالات الخطر في استخدام مخطط TN-S في المباني التي تكون أخطار الحريق فيها محتملة بشكل كبير.



الشكل و٣٧: يؤدي ظهور أي طول لموصل المحايد والأرضي الوقائي إلى سريان تيارات في الأجزاء الموصلة المكشوفة وتغليف المعدات التي تغذى عن طريق مخطط .TN-S

■ التوافق الكهرومغناطيسي

□ عند تركيب الموصل المحايد والأرضي الوقائي (PEN) في مبنى فإنه يؤدي ـ بغض النظر عن طوله ـ إلى هبوط في الجهد عند تردد القدرة تحت ظروف التشغيل العادية مما ينتج عنه حدوث اختلافات في الجهد وبالتالي سريان تيارات في أي دائرة تكونها الأجزاء الموصلة المكشوفة للتركيبات أو الأجزاء الموصلة الخارجية للمبنى أو الكابل المحوري وتحجيب الكمبيوتر أو نظم الإتصالات.

هذه الانخفاضات في الجهد تتضخم في التركيبات الحديثة بسبب زيادة المعدات التي تولد توافقيات من الدرجة الثالثة. وقد يصل مقدار هذه التوافقية إلى ثلاثة أمثالها في موصل المحايد بدلاً من إزالتها كماهوالحال بالنسبة للتوافقية الرئيسية؛

□ بطريقة أقل وضوحاً تتناظر هذه التيارات الدوارة مع عدم التوازن للتيارات في دائرة التوزيع وبالتالي ينتج عنه مجال مغناطيسي قد يؤدي إلى إضطراب في أنابيب أشعة الكاثود وكذلك الشاشات ومعدات طبية معينة ، إلخ ، عند مستويات تقل عن ٠,٧ أمبير في المتر (أي حدود ٥ أمبير تسري في متر واحد من جهاز حساس). وتتضخم هذه الظاهرة في حالة حدوث فشل في العزل؛

■ التآكل: للتآكل مصدران . الأول وهو مركبة تيار مستمر يمكن أن يحملها موصل المحايد والأرضي الوقائي (PEN)، والثاني هو تيارات أرضية تعمل على تآكل أقطاب الأرضي والمنشآت المعدنية في حالة التأريض المضاعف ؛

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر.

في حالة وجود تيارات خطأ عالية وجهود تماس عالية ؛

□ يكون الفصل الذاتي إلزامياً في حالة حدوث فشل في العزل

□ يجب أن يكون هذا الفصل بواسطة قواطع دائرة أو مصاهر. عند عمل تركيبات بإستخدام موصل وقائي ومحايد مشترك (مدمج) لا يمكن استخدام أجهزة تيار متبقي لهذا الغرض

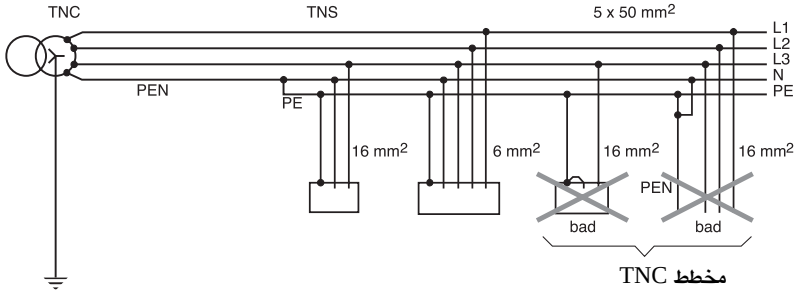
حيث يشكل الفشل في الأرضي دائرة قصر بين المحايد والطور أيضاً.

■ الحريق: لا تتوفر وقاية لأنواع معينة من الخلل (الخلل المتوقع) الذي لا ينتقل فورياً إلى دوائر القصر الصلبة. وتقوم أجهزة التيار المتبقي فقط بتوفير هذا النوع من الحماية . إلا أن هذا الوضع يمثل بالتالي أحد أخطار الحريق.

■ التصميم والتشغيل

□ عند استخدام قواطع الدائرة أو المصاهر للوقاية من اللمس غير المباشر، يجب أن تحدد معاوقة المنبع ودوائر منبع التيار ودوائر مصب التيار (الدوائر التي يجب وقايتها) عند مرحلة التصميم وتبقى تبعاً لذلك دون تغيير مالم تتغير الوقاية أيضاً. ويجب أن تقاس هذه المعاوقة بعد إجراء التركيبات ومن ثم على فترات زمنية منتظمة بعد ذلك (معتمداً على نوع المباني المعنية). ويتم تحديد خصائص أجهزة الوقاية من هذه العناصر.

o عندما يكون بالإمكان ، يتم تزويد التركيبات بالتيار من منبعين (مصادر مستمرة ، مجموعة محرك ـ مولد ، إلخ) يجب أن تحدد الخصائص التي تتحكم في فتح قواطع الدائرة أو احتراق المصهر لكل من أشكال المنابع المستخدمة .



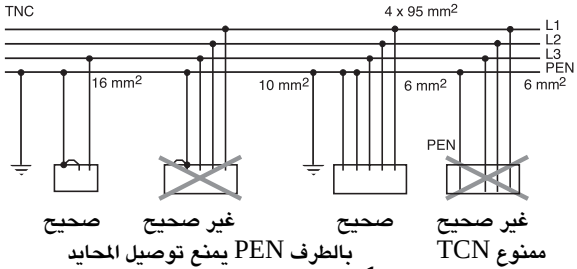
مخطط TNC

لايسمح بالهبوط لنظام TN-S

الشكل و ٣٨: لتعيين سعة القطع لقاطع الدائرة C، يكون من الضروري معرفة معاوقة المنبع العادي والمنبع البديل وطول الدائرة C التي يتم وقايتها بواسطة قاطع الدائرة c.

□ تم تصميم الدائرة مرة واحدة ولا يكون بالإمكان أن تتجاوز الحد الأقصى المحدد للطول في جداول التصميم كوظيفة لجهاز الوقاية المستخدم.
وتكون الكابلات ذات المقاسات الكبيرة ضرورية في حالات معينة ؛

□ عندما يتطلب أي تعديل في التركيبات إعادة فحص وتقييم ظروف الوقاية.



الشكل ٣٩و: يمكن أن تكون تيارات الخلل عالية جداً في المخطط TN-S، التي تحددها معاوقة الموصلات المكهربة (الطور والأرضي والوقائي PE) .

مخطط TN-S

الخصائص

■ طريقة التأريض :

□ تؤرض نقطة المحايد للمحول (أو نظام منبع التغذية بالقدرة إذا استخدم المخطط TN-C في التوزيع والمخطط TN-Sفي التركيبات) مرة واحدة فقط عند نهاية مدخل تيار المنبع للتركيبات .

□ يتم توصيل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات والأجزاء الموصلة الخارجية بموصلات الوقاية التي توصل بدورها بمحايد المحول؛

■ ترتيب موصلات الوقاية للأرضية (PE) .
تعتبر موصلات الوقاية الأرضية مستقلة عن موصلات المحايد ويتم اختيار مقاسها بحيث يناسب أعلى تيار خلل يمكن حدوثه ؛

■ ترتيب الوقاية ضد التلامس غير المباشر.
في حالة وجود تيارات خلل عالية وجهود تماس؛

□ يكون الفصل التلقائي إلزامياً في حالة حدوث خلل في العزل .

□ يجب توفير هذا الفصل عن طريق قواطع دائرة أو مصاهر أو أجهزة تيار متخلف حيث يمكن فصل الوقاية من التلامس غير المباشر عن الوقاية من قصر دائرة طور وطور أو قصر دائرة طور ومحايد.

النتائج

طريقة التأريض :

■ تؤرض نقطة المحايد للمحول (أو نظام التغذية بالقدرة إذا استخدم المخطط TN-C في التوزيع والمخطط TN-S في التركيبات) مرة واحدة فقط عند نهاية مدخل تيار المنبع للتركيبات.

□ يتم توصيل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات والأجزاء الموصلة الخارجية بموصلات الوقاية التي توصل بدورها بمحايد المحول؛

□ الجهود الزائدة : تحت الظروف العادية ، يكون محايد المحول والأجزاء الموصلة المكشوفة وقطب التأريض عند نفس الجهد حتى إذا كان من غير الممكن منع ظواهر الحالات العابرة في التيار والتي يمكن أن تؤدي إلى إستخدام مانعات الصواعق على الأطوار والمحايد والأجزاء الموصلة المكشوفة .

■ استمرارية سريان القدرة والتوافق الكهرومغناطيسي والحريق: تتشابه تأثيرات فشل الجهد العالي /الجهد المنخفض .
إن أعطال عزل الجهد العالي وأعطال عزل الجهد المنخفض تشابه تلك الموضحة سابقاً في مخطط TN-C.

وبصفة خاصة ، لا يتم تحديد تيار فشل العزل بواسطة أي معاوقة قطب تأريض مما يؤدي إلى إرتفاعه (عدة كيلو أمبير) (أنظر النقاط ٢ و ٣ و ٤ من الجزء المناظر للمخطط :(TN-C)

■ لا يمكن تأريض موصل المحايد. حيث أن ذلك يمنع ظهور مخطط TN-C مع عيوبه المتأصلة أي هبوط الجهد وتيارات الحمل وموصل الوقاية تحت ظروف التشغيل العادية؛

■ ترتيب موصلات الوقاية للأرضية (PE) .

تعتبر موصلات الوقاية الأرضية مستقلة عن موصلات المحايد ويتم اختبار مقاسها بحيث يناسب أعلى تيار خلل يمكن حدوثه ؛

■ التوافق الكهرومغناطيسي :

□ تحت الظروف العادية ، يكون موصل الوقاية الأرضية على العكس من موصل المحايد والوقاية الأرضية (PEN) لا يتعرض لهبوط الجهد ويتم التخلص من كل العيوب الموجودة في مخطط TN-C.وبالتالي يتشابه مخطط TN-C مع مخطط TT .

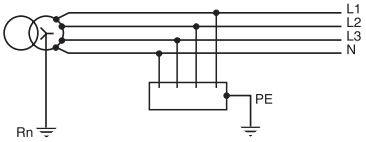
□ عند حدوث فشل في العزل ، يظهر جهد نبضي عالي على طول موصل الوقاية الأرضية (PE) مما يحدث نفس مشاكل الحالات العابرة كما هو الحال بالنسبة للمخطط TN-C .

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر .

في حالة وجود تيارات خلل عالية وجهد تماس:

يكون الفصل التلقائي إلزامياً في حالة حدوث فشل العزل .

□ يجب أن يكون هذا الفصل عن طريق قواطع دائرة أو مصاهر أو أجهزة تيار متبقي نظراً لأن الوقاية من التلامس غير المباشر يمكن أن تكون مستقلة عن الوقاية من قصر دائرة طور وطور أو قصر دائرة طور ومحايد .



الشكل و ٤٠: يتم تحديد تيارات الخلل في مخطط TT بواسطة مقاومات قطب التأريض ويكون هبوط الجهد المصاحب لها صغير جداً.

إذا توفرت الوقاية من التلامس غير المباشر بواسطة أجهزة الوقاية من التيار الزائد ، تطبق نفس خصائص المخطط TN-C.

■ الحريق: عدم توفر وقاية من الخلل المتوقع ، مما يؤدي إلى خطر نشوب حريق.

■ التصميم والتشغيل:

□ حساب معاوقة المنابع والدائرة التي سيتم وقايتها مع الفحص عن طريق عمل قياسات بعد التركيب ثم بعد ذلك على فترات منتظمة.

□ تقدير مضاعف لظروف الفصل عندما يمكن تغذية التركيبات من مصدرين (المصدر المستمر أو مجموعة محرك مولد ، إلخ) .

□ يكون للدوائر حد أقصى للطول لا يجب تجاوزه.

□ يتطلب أي تعديل في التركيبات إعادة تقييم وفحص أحوال الوقاية.

مخطط TT

■ الخصائص

□ طريقة التأريض :

□ توصل نقطة المحايد للمحول مباشرة بالأرض.

توصل الأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة بالقطب الأرضي للتركيبات بواسطة موصلات وقاية للتركيبات التي مستقلة بشكل عام بالنسبة لقطب التأريض (PE) لمحايد المحول .

■ ترتيب الموصلات الوقائية للأرضي PE .

تعتبر موصلات الأرضي الوقائية مستقلة عن موصلات المحايد ويكون مقاسها بحيث يناسب أعلى تيار فشل يمكن حدوثه.

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر.

يكون الفصل التلقائي الزامياً في حالة حدوث فشل العزل .

يتم هذا الفصل ـ عملياً ـ عن طريق أجهزة التيار المتخلف . ويجب أن تكون تيارات تشغيلها منخفضة بصورة كافية تمكن الأجهزة من اكتشاف تيارات الخلل المحدودة بواسطة مقاومتين لقطب التأريض على التوالي.

■ طريقة التأريض .

في حالة توفر الوقاية من التلامس غير المباشر عن طريق أجهزة التيار المتبقي لتجنب الفصل المزعج يكون من الممكن في الغالب استخدام تيارات تشغيل متخلفه من الدرجة ١ أمبير أو أكثر؛

■ الحريق، التصميم والتشغيل:

□ يتم إزالة العوائق التي نوقشت سابقاً ونحتفظ عندئذ بمميزات مخطط TT

□ يساعد استخدام أجهزة التيار المتبقي ذات تيار تشغيل ٥٠٠ ملي أمبير على منع تلف منبع الكهرباء الذي يمكن أن يحدث في حالة فشل المعاوقة أو نتيجة مستوى عالٍ من

النتائج

■ توصل نقطة المحايد للمحول مباشرة بالأرض .

■ توصل الأجزاء الموصلة المكشوفة للمعدات بقطب التأريض للتركيبات بواسطة الموصلات الوقائية وتكون التركيبات مستقلة بشكل عام بالنسبة لقطب التأريض لمحايد المحول.

■ الجهد الزائد :رغم تساوي جهد الأجزاء الموصلة المكشوفة في مخطط TN مع جهد قطب التأريض ، فقد يكون من الممكن أن يكون ذلك غير حقيقي لموصل المحايد الذي يوصل كهربائياً بقطب التأريض والأجزاء الموصلة المكشوفة ، مختلفاً وبعيداً نسبياً في بعض الحالات (غالباً حالات الصواعق البرقية في المناطق الريفية) ؛

لا تعتبر هذه الحالة عامة في المناطق الصناعية أو الحضرية . كما يعتبر تقارن قطبي التأريض حلاً وسطاً مقبولاً. كما تقوم مانعات الصواعق التي يتم تركيبها بتوفير مستوى الحماية اللازمة .

■ التوافقية الكهرومغناطيسية : في حالة حدوث فشل في العزل ، يكون تيار الفشل منخفضاً نسبياً. على سبيل المثال ، عندما تكون مقاومة قطب التأريض ٢٣٠ فولت/١٠٠ أمبير ≈ ٢,٣ ، يكون تيار الخلل ١٠٠ أمبير فقط وكنتيجة لذلك يكون الهبوط في الجهد الناشئ عن الخلل والأضطرابات الكهرومغناطيسية المصاحبة وإختلاف الحالة العابرة في الجهد بين جهازين (كجهازي كمبيوتر موصلين معاً) موصلين بكابل محجب أسهل كثيراً في التحمل من مخطط TN-S.

■ ترتيب الموصلات الوقائية (PE) .

تعتبر الموصلات PE مستقلة عن موصلات المحايد كما يناسب حجمها أعلى تيار فشل يمكن حدوثه.

■ التوافقية الكهرومغناطيسية: لا يخضع موصل الأرضي الوقائي تحت الظروف العادية لهبوط الجهد ولذلك يتم التخلص من العوائق الناتجة عن مخطط TN-C وفي حالة حدوث فشل في العزل ، يكون ظهور الجهد النبضي على طول موصل الأرضي الوقائي منخفضاً ويمكن إهمال الإضطرابات الناتجة.

■ التصميم والتشغيل: يمكن أن تكون مساحة مقطع موصل الوقاية الأرضية بالنسبة لدوائر التوزيع أقل من مساحة مقطع موصل الوقاية الأرضية لمخطط TN-S.

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر:

□ يكون الفصل التلقائي إلزامياً في حالة حدوث فشل في العزل.

□ عملياً، تقوم أجهزة التيار المتبقي بعملية الفصل. ويجب أن تكون تيارات تشغيلها منخفضة بدرجة كافية بحيث يكون الجهاز قادراً على اكتشاف تيارات الخلل المحددة بواسطة مقاومتين لقطب التأريض موصلتين على التوالي.

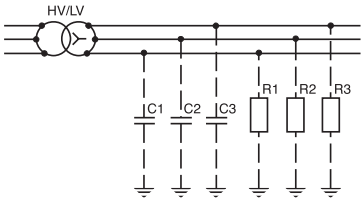
□ تضاف أجهزة التيار المتخلف في شكل مرحلات لقواطع الدائرة وفي شكل قواطع دائرة تعمل بالتيار المتبقي (RCCBS) للمصاهر. ويمكن أن توفر الوقاية لدائرة واحدة أو مجموعة من الدوائر ، ويتم اختيار تيارات تشغيلها طبقاً للحد الأقصى لقيمة المقاومة R لقطب التأريض للأجزاء الموصلة المكشوفة.

□ يقلل وجود أجهزة التيار المتبقي قيود التصميم والتشغيل. ويكون من غير الضروري معرفة معاوقة مصدر تيار المنبع وعدم وجود حد خاص بطول الدوائر (سوى لتجنب هبوط الجهد) . ويمكن تعديل التركيبات أو تمديدها بدون عمليات حسابية أو قياسات في الموقع.

□ استخدام منبع بديل عن طريق شركة الكهرباء أو المشغِّل يعتبر حلاً سريعاً.

■ الحريق: يساعد استخدام أجهزة التيار المتبقي بتيارات تشغيل ≤ ٥٠٠ ملي أمبير في منع الحرائق ذات المنشأ الكهربائي .

■ التوافق الكهرومغناطيسي: تستمر تيارات فشل العزل فترة قصيرة فقط أقل من ١٠٠ ملي الثانية (أو أقل من ٤٠٠ملي ثانية على دوائر التوزيع) وتكون منخفضة في سعتها .



الشكل و٤١ : يتم تحديد تيارات الفشل في مخطط IT عن طريق تأريض المحايد ومحدد الجهد الزائد .

مخطط IT

الخصائص

■ **طريقة التأريض:**

يتم عـزل نقطة المحايـد للمحـول عن الأرض أو الأرضي خلال معاوقة ومـحدد الجهد الزائد . ويتم الإبقاء ـ تحت الظروف العـادية ـ على جهـدها مـقارباً لجـهد الأجـزاء الموصلة المكشوفـة بواسطة مواسعات التـسرب الأرضي لقنوات الكابلات والمعدات .

توصل الأجـزاء الموصلة المكشـوفـة للمـعدات والأجـزاء الموصلة الخارجية للمبنى بأرضي المبني .

■ ترتيب موصلات الوقاية الأرضية (PE) .

تكون موصلات الوقـاية الأرضية مستـقلة عن موصلات المحايد وأن يكون مقاسهـا بحيث يناسب أعلى تيار فشل يمكن حدوثه.

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر

يكون تيار الخـلل منخفضـاً في حالة حـدوث خلل واحد في العزل ولا يمثل أي خطر.

يجب العمل عـلى تقليل احتمـالية حـدوث فشل ثانٍ عن طريق تركـيب جـهـاز مراقـبـة للعـزل ليكتـشف ويبين حدوث الخلل الأول الذي يمكن تحديده وإزالته .

النتائج

■ **طريقة التأريض :**

يتم عزل نقطة المحـايد للمحول عن الأرض أو تأريضـها خلال معاوقة ومـحدد الجهد الزائد . ويتم الإبقاء ـ تحت الظروف العـادية ـ على جهـدها مـقارباً لجـهد الأجـزاء الموصلة المكشوفة بواسطة مواسـعات التسريب الأرضي لقنوات الكابل والمعدات .

توصل الأجـزاء الموصلة المكشـوفـة للمـعدات والأجـزاء الموصلة الخارجية للمبنى بأرضي المبنى .

■ الجهد الزائد

□ عند الأحـوال العادية يكون مـوصل المحايد والأجـزاء الموصلة المكشـوفة وقطب التـأريض عند نفس الجـهد تقريباً.

□ يجب أن يركب مـحدد الجهـد الزائد لمنع زيادة الجـهد بـين الأجـــــزاء المـكهـــــربـة والأجـــــزاء الموصلـة المكشـــوفـــة الذي يمـكن أن يتـجاوز جـهد التـحمل لمعـدات الجهـد المنخـفض في حالة حدوث فـشل ناتج عن تركـيبات الجـهد العـالي. يجب أن تطبق الوقـاية من زيادة الجـهد طبقـاً للقـواعـد المشـتـركـة لـكل مـخططات التأريض .

■ اسـتـمـرارية منبع التـغذية بالقـدرة والتوافق الكهرومغناطيسي:

■ يكون تيـار الفـشل الأول في العـزل منخفـضاً نتـيجـة للمواسـعات بين الموصلات المكهربة والأجزاء الموصلة المكشـوفة مـثل تلك الخاصـة بدوائر الحمل ومرشحات التردد العالي.

■ لا يؤدي أول فـشل عـــزل منخـفض الجهد إلى حدوث أي هـبوط في جهد الخطوط الرئيسـية أو إلى إضطراب كهـرومغناطيسـي في نطاق عريض للتردد يناظر حدوث تيـار فشل عزل تقليدي .

■ الجـهد الـزائد : بعد حـدوث الفـشل الأول ، تستـمر المعدات في التـغذية بالقـدرة وجـهـد طور – إلى – طور يظهر تدريجيـاً بين الأطوار السليمة والأجزاء الموصلة المكشوفة. يجب أن يوضع هذا القـيد في الحـسبـان عند اختيار المعدات .

ملحوظات:

■ تحـدد المواصـفـة IEC 950 (أو المواصـفة الأوربيـة EN 60950) فئة أجـهزة معالجـة المعلومات التي يمكن استخدامها في نظم IT.

■ في حالة استخدام مانعات الصواعق ، تشترط المواصفات القياسية أن يتم اختـيار الجهد المقنن لـها طبقاً لجـهد الطور–إلى طور

■ اسـتـمـرارية منبع التـغذية بالقـدرة والتوافق الكهرومغناطيسي يمكن أن يحـدث فـشل عـزل ثـان في طور مـخـتلف ينتـج عنه دائرة قـصـر وأخطار مـصاحبـة لذلك. ويتـحرى مستـخدم نظام IT عدم حدوث هذا الوضع مطلـقـاً حـتى لو سـمـحت المواصفـات القياسيـة بتلك الإمكانية لاسباب السلامة.

■ ترتيب موصلات الوقاية الأرضية .

تكون موصلات الوقاية الأرضية مستقلة عن موصلات المحايد وأن يكون مقاسها بحيث يناسب أعلى تيار فشل يمكن حدوثه؛

■ التوافق الكهرومغناطيسي: تحت الظروف العادية ،وحتى عند حدوث أول فشل في العزل، لا يظهر أي هبوط في جهد موصلات الوقاية الأرضية . ويتم الإبقاء على أعلى مستوى لتساوي الجهد بين موصلات الوقاية التأريض الوظيفية والأجزاء الموصلة المكشوفة والأجزاء الموصلة الخارجية للمبنى التي تم التوصيل بها ؛

■ ترتيب الوقاية من التلامس غير المباشر.

عند حدوث خلل عزل منفرد يكون التيار منخفضاً ولا يشكل أي خطورة .

يجب تجنب حدوث فشل ثانٍ وذلك بتركيب جهاز لمراقبة العزل بحيث يكتشف أول فشل يمكن تحديد موقعه وإزالته. ويتم تصميم الأجهزة الوقائية بحيث تعمل في حالة حدوث فشل مضاعف. وفي حالة استخدام قواطع دائرة أو مصاهر ، تكون القواعد مماثلة لتلك القواعد الخاصة بمخطط TN.ويمكن أيضاً استخدام أجهزة التيار المتبقي . وإذا حدث خللان في مخرج الشبكة الكهربائية لمنبع نفس جهاز التيار المتبقي، فإن الجهاز يتعامل مع التيار المتبقي كتيار حمل وقد لا يقوم بالإعتاق (الفصل) ، لذلك يتطلب وجود جهاز تيار متبقي مستقل لكل دائرة. وإذا كان لموقعين نفس التركيبات باستخدام مخطط IT وأن نظامي قطبي تأريضهما غير متصلين ، عندئذ يجب إدخال جهاز تيار متبقي بصورة دائمة عند رأس كل تركيبة. وهذا الاحتياط يمنع خلل العزل على الطور ١ للموقع الأول وآخر على الطور ٢ للموقع الثاني من إحداث نتائج خطيرة مثل:

■ الحريق: يمنع استخدام جهاز مراقبة العزل وأجهزة التيار المتبقي الممكن حدوثه مع تيار تشغيل (٥٠٠ ملي أمبير للحماية من نشوب الحرائق ذات المنشأ الكهربائي .

■ التصميم والتشغيل:

□ يجب توفر عمال صيانة مدربين لتحديد وإزالة أول فشل للعزل،

□ يجب أن يصمم التركيب بعناية فائقة: استخدام مخطط IT حيث يتم استيفاء المتطلبات المتعلقة باستمرارية المنبع وعزل الأحمال ذات تيارات التسرب العالية (أفران وأنواع معينة من معدات الكمبيوتر)، اختبار تأثير تيارات التسرب – خاصة فيما يتعلق بأجهزة التيار المتبقي ، تقسيم التركيب، إلخ.

□ إذا تم استخدام أجهزة تيار متبقي ٣٠ ملي أمبير لحماية دوائر المقبس:

- يجب ألا يتجاوز تيار التسرب الأرضي السعوي الكلي لتيار المنبع لمثل هذا الجهاز ١٠ ملي أمبير. وتقدَّر القيمة باستخدام جهد طور – إلى– طور وبالنسبة للطور ولجهد طور – إلى– محايد للمحايد.

- إذا كانت الأحمال المغذاة بواسطة مثل هذه الدائرة ليست حرجة، فيمكن أن يعتق جهاز التيار المتبقي عند أول فشل للعزل. وبذلك يمكن إزالة هذا الفشل فوراً، وإلا يجب تجنب استخدام مقابس أو إتخاذ تدابير أخرى.

□ التعليق : الموصل الأرضي – إذا تم توزيعه– فيجب حمايته بواسطة أجهزة ذات أربعة أقطاب تحتوي على حماية للمحايد أو أجهزة ذات قطبين. يسمح في صناديق التوزيع النهائية بأجهزة وقاية ١ قطب + محايد طالما أن المقننات للطور والمحايد متماثلة أو متقاربة وطالما أن جهاز التيار المتبقي موجود في دوائر الشبكة العليا.

٤/٤ معايير الاختيار

القاعدة الأولى

لا يوجد مخطط تأريض معروف يستخدم بصورة عامة.

وفي حالة اختيار مخطط تأريض، فيجب أن تحلل كل حالة بصورة مستقلة بحيث يكون الاختيار النهائي مبنياً على القيود الخاصة للتركيبات الكهربائية ومتطلبات المستخدم والقواعد التي تحددها النظم المطبقة أو بواسطة مرفق توزيع القدرة .

ويشتمل الحل الأمثل غالباً على العديد من مخططات التأريض المختلفة لأجزاء مختلفة من التركيبات .

القاعدة الثانية

يجب أن تفي هذه الحلول بالقواعد الرئيسية التالية:

- الوقاية من الصدمة الكهربائية ؛
- الوقاية من أي حريق سببه الكهرباء ؛
- استمرارية التغذية بالقدرة ؛
- الوقاية من الجهود الزائدة ؛

الوقاية من الإضطرابات الكهرومغناطيسية

القاعدة الثالثة : مقارنة مخططات التأريض

تؤدي مقارنة مخططات التأريض إلى التوصيات التالية الخاصة بالاستخدام :

يوصى بمخطط TT للتركيبات التي لها مراقبة محدودة فقط أو التركيبات التي تكون عرضة للتوسع أو التعديل.

والسبب الرئيسي يكمن في أنه أبسط مخطط يمكن تطبيقه سواء في التوزيع العام أو الخاص.

ومن جهة أخرى فإن المتطلب المحدد لقطبي تأريض منخفضي الجهد مستقلين والوقاية من زيادة الجهد يجب أن تكون متوفرة دائماً.

تأثير أقطاب التأريض

محطة فرعية خاصة ذات مخطط TN

- لا تعرّض المكونات الداخلية للمعدة (U2 = 230 V)؛
- تعرض النظم الداخلية إلى UF الجهد المنخفض ذو المخطط TT
- تعرّض المكونات الداخلية للمعدة في حالة حدوث ضربات صاعقة مجاورة.

انظر الجزء الخاص بالواقيات من الصاعقة.

- عند التطبيق الصحيح يمكن إزالة آثار فشل عزل الجهد العالي.

يوصى بمخطط IT إذا كانت استمرارية التغذية بالقدرة إلزامية.

يوفر المخطط IT أفضل ضمان فيما يتعلق بتوفير القدرة .

- دراسة مفصلة:
  - ☐ تنظيم تحمل الجهد الزائد وتيارات التسرب ؛
- وجود عمال صيانة مدربين في كل الأوقات؛
  - ☐ إزالة أي خلل أول على الفور.
  - ☐ الاشراف على التوسع في التركيبات.

يوصى بمخطط TN-S للتركيبات التي لها مستوى عالٍ من المراقبة أو التركيبات التي لا تكون عرضة للتوسع أو التعديل .

ويطبق هذا المخطط بصورة عامة بدون أجهزة تيار متخلف متوسطة الحساسية. وتشتمل العيوب على:

- ☐ ارتفاع تيارات فشل العزل ويمكن أن ينتج عنها:
  - ☐ إضطرابات عابرة ،
  - ☐ مخاطر عالية للتلف ،
  - ☐ خطر الحريق ،

يتطب دراسة مفصلة ،

إذا تم تركيب أجهزة تيار متخلف متوسطة الحساسية فإنها توفر لهذا المخطط وقاية جيدة ضد الحريق ومرونة أكبر في التصميم والاستخدام.

لا يوصى باستخدام مخططات TN-C و TN-C-S وينتج عنها مخاطر الحريق والإضطرابات الكهرومغناطيسية نتيجة لـ :

- هبوط الجهد على امتداد موصل المحايد الأرضي الوقائي (PEN)؛
- تيارات فشل العزل العالية ؛
- تيارات مارة في الأجزاء الموصلة الخارجية ، حجب ، والأجزاء الموصلة المكشوفة.

■ فشل معوق غير مزال .

يتطب دراسة مفصلة .

يؤدي ظهـور أي طول فـي مـوصل المحـايد الأرضي الوقـائي في المبنى إلى تدفق تيـارات في أجـزاء الموصل المكشوفة وحجب المعدات المغذاة بواسطة مخطط TN-S

القاعدة الرابعة

فـيـمـا يتـعلق بتـحـمل الجـهـد الـزائد والإضطرابات الكهرومـغناطيسية فـإن مخططات ITو TTو TN-S كافية بصورة متساوية إذا طبقت بصورة صحيحة

القاعدة الخامسة

عند إجـراء مـقـارنة اقـتـصـاديـة ، يجب أن تؤخـذ كل التكاليف في الاعتبار ، بما في ذلك ما يتعلق بالتالي:

■ التصميم ؛

■ الصيانة ؛

■ التعديلات والتوسعات ؛

■ خسائر الانتاج .

مقارنة لكل من المعايير

١- مستوى الوقاية من الصدمات الكهربائية

توفر كل مـخططات التأريض حمـاية متسـاوية ضد الصدمات الـكهربائية طالما أنها مطبـقة ومستـخدمة طبقاً للمواصفات المعمول بها .

٢- الحماية ضد الحرائق ذات المنشأ الكهربائي

عند استخدام المخططات TTو ITوفي حالة حدوث خلل واحـد يكون تيـار خـلل العـزل منخـفـضـاً أو منخفضـاً جداً. ويكون نفس الشيء حقيقيـاً بالنسبة لمخاطر الحريق.

بالنسـبـة لمخططات TN، تكون الوقـايـة من خلل المعـاوقة غـير كـافيـة مالم تحـتوي على أجـهزة تيـار متبقي.

في هذه الحالة، يوصى بإستـخدام مخطط TN-S مع أجـهزة تيـار متـخلف ويكون ذلك أفضل من اسـتخـدام مخطط TN القياسي.

بالنسبة لمخططات النوع TN وعند حدوث خلل مباشر يكون تيـار خلل العـزل مرتفـع ويمكن أن ينتج عن ذلك خسائر كبيرة .

يؤدي مخطط TN-C إلى مخـاطر حريق عـالية تحت ظروف التـشغـيل العادية عن المخططات الأخـرى، لذلك يمنع في المواقع التي تشكل خطر حريق أو إنفجار.

وهناك تيار حمل غير متوازن يسري بصـورة مسـتـمـرة في مـوصـلات المحـايد والأرضي الوقائي والأجـزاء الموصلة (مـثل الإطارات المعـدنيـة والأجزاء الموصلة المكشوفة والحجب ، إلخ).

٣- الحماية ضد الجهد الزائد

تعتبر الخطوات التالية ضرورية لكل مخططات المحايد:

١) تقييم الإضطرابات التي سـتؤخذ في الاعتبار كدالة لـ :

☐ تعرض الموقع :

☐ الجـهود زائدة نتـيجـة التأثيـرات غير المباشرة للصاعقة ،

☐ ضـربات الـصـاعـقـة المبـاشـرة المجاورة ؛

☐ نوع نظام المنبع :

☐ خلل عزل الجهد العالي يوجه خاص

■ نوع المباني :

☐ اختيار مستوى السلامة الملائم .

يجب إجراء هذا التقييم عند تردد المنبع ثم عند ترددات عالية تصل إلى العديد من الميجاهرتز.

٢) تقرير عدد وجودة المناطق متساوية الجهد (غرفة، مبنى، موقع) حتى يمكن تنظيم الوقاية لكل منها. وعملياً بالنسبة للمواقع التي لها عدد من المباني المزودة بنفس المنبع ومتصلة بوسائط اتصالات يجب استخدام أحد الحلول التالية .

■ تساوي الجهد بواسطة توصيل المباني بأحد الطريقتين التاليتين:

□ بواسطة موصل واحد على الأقل له مقطع لا يقل عن ٣٥مم٢ يناسب حجمه تيارات الخلل المتوقعة.

□ بواسطة شبكة مكثفة .

■ عزل كامل ، على سبيل المثال بواسطة استخدام وصلة توصيل من الألياف البصرية بدون غلاف موصل.

٣) تطبيق الوقاية الضرورية

(مانعات الصواعق .. إلخ) على خطوط الأنظمة الكهربائية المختلفة الداخلة والخارجة.

■ لا يمنع استخدام مخطط TN-S الحاجة للقياسات المذكورة سابقاً.

■ تتطلب تركيبات TTمانعات صواعق بصورة عامة (في المناطق الريفية) ،

علاوة على ذلك بالنسبة لمخططات IT ، يجب أن تكون الحماية ضد الجهد الزائد نتيجة خلل الجهد العالي بواسطة محدد زيادة الجهد .

٤- الوقاية من الاضطرابات الكهرومغناطيسية

١) لإضطرابات حالات التفاوت، يكون مخطط التأريض المستخدم غير ذي أهمية.

لكل إضطرابات الحالات العادية وحالات التفاوت ذات الترددات التي تزيد على ١ميجاهرتز، يكون مخطط التأريض المستخدم غير ذي أهمية.

٢) إذا طبقت بطريقة صحيحة، يمكن أن تفي مخططات TT و TN-S و IT بكل قواعد التوافق الكهرومغناطيسي.

وعلى أي حال يلاحظ أنه بالنسبة لمخطط TN-S، حدوث إضطرابات كبيرة أثناء خلل العزل.

٣) بالنسبة لمخططات التأريض TN-C أو TN-C-S ، يسري تيار حمل غير متوازن بصورة مستمرة في موصل المحايد والأرضي الوقائي والأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة وحواجز الكابلات، وتقوم توافقيات من الرتبه الثالث بتضخيم هذا التيار في التركيبات الحديثة إلى درجة كبيرة، ويُحدث هذا التيار المتواصل هبوطاً في الجهد بين الأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة الحساسة الموصلة بموصل محايد وأرضي وقائي.

لذلك لا يوصى بإستخدام هذه المخططات.

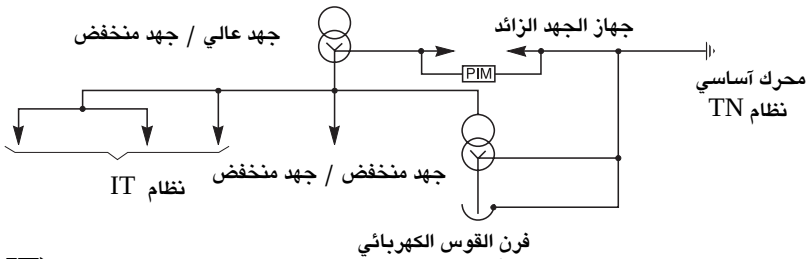
بعد الاطلاع على القواعد المحلية ولوائح الممارسات الفنية ذات الصلة ، الخ ، يمكن استخدام الجدولين و٤٠ ، و٤١ للمساعدة في تقرير التقسيمات والعزل المجلفن الممكن للأجزاء الملائمة من التركيب المقترح .

تقسيم المصدر

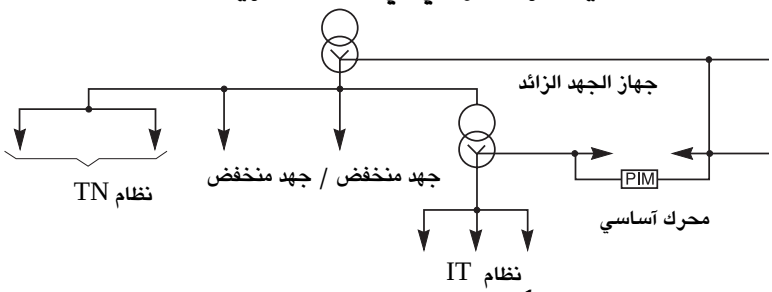
تختص هذه الطريقة باستخدام عدة محولات بدلاً من استخدام وحدة كبيرة. وقد لوحظ أن هذه الطريقة تعتبر كوسيلة للأحمال غير المتقارنة التي قد تسبب اضطرابات غير مقبولة للأحمال الأخرى مثل هبوط الجهد أثناء فترة بدء تشغيل محرك كبير ، وهكذا.

بذلك يمكن تحسين جودة واستمرارية المنبع لكل التركيبات.

مثال



الشكل و٤٢ : تحتوي الورشة التي يكون فيها استمرارية المنبع عند أقصى حد لها ((IT على فرن قوس كهربائي. يعتبر مخطط IT أكثر الترتيبات ملائمة للورشة ومحول فصل جهد منخفض/جهد منخفض لتغذية الفرن القوسي في مخطط التاريض.TN



الشكل و٤٣ : مصنع ذو حمل يتكون أساساً من ماكينات لحام تتطلب نظام تاريض TN وورشة دهانات تكون استمرارية تغذيتها بالقدرة ذات أهمية قصوى . تم توضيح منبع الورشة ليتم تزويده بواسطة نظام جزيرة IT خلال محول جهد منخفض / جهد منخفض .

الاستنتاج :

يحكم اكتمال أداء كل التركيبات اختيار نظام التأريض (انظر البند الفرعي التالي ٤/٦).

بما في ذلك :

- الاستثمارات الأولية،
- الانفاق على التشغيل المستقبلي الذي قد ينتج عن الاعتمادية غير الكافية وجودة المواد والسلامة واستمرارية الخدمات ، الخ ، التي يكون من الصعب التنبوء بها.

يتكون البناء المثالي من:

- ☐ مصدر منبع عادي للتغذية بالقدرة ،
- ☐ مصدر للتغذية بالقدرة احتياطي محلي (انظر البند ٣ من هذا الفصل)ومخططات التأريض الملائمة.

تقلل تكلفة مجموعة المفاتيح (يكون مستوى تيار قصر الدائرة أقل) يجب أن يتم التقييم الفني/الاقتصادي حالة بحالة.

جزر الشبكة

يسمح تكوين "جزر" مجلفنة مستقلة بواسطة محولات جهد منخفض/جهد منخفض بالاختيار المفتوح لنظام التأريض الذي سيستخدم على الجانب الثانوي الذي يكون مستقلاً عن مخطط تأريض مفروض في شبكة الجهد المنخفض الابتدائية. بهذه الطريقة قد يتم ترتيب شبكة التركيب للأداء الأمثل على الأنواع المختلفة للحمل.

٦/٤ تركيب وقياسات أقطاب التأريض

يساعد قطب التأريض ذو المعاوقة المنخفضة على تحسين وقاية التركيبات الكهربائية بصورة كبيرة من الإضطرابات الكهرومغناطيسية وخاصة في حالة زيادة الجهد التي تسببها الصواعق، تتطلب عملية حماية المبنى من ضربات الصواعق مع ذلك دراسات خاصة ولم يتم التطرق لهذا الموضوع هنا.

تعتمد جودة قطب التأريض (مقاومة أقل ما يمكن) أساساً على عاملين:

- طريقة التركيب
- طبيعة الأرض

طرق التركيب

سوف يتم مناقشة ثلاثة أنواع من التركيب:

قطب من نوع موصل يشكل حلقة أسفل محيط المبنى الذي يحتوي على التركيبات المعنية.

(الشكل و ٤٤)

يوصى بهذا الحل بشدة خاصة في حالة المباني الجديدة. يجب أن يدفن القطب حول محيط الحفر المعد للأساسات . من المهم أن يكون الموصل المكشوف ملامساً للتربة (ولا يوضع في الحصى أو الركام أو أي مادة قاسية تشكل أساساً للخرسانة).

يجب أن تزود توصيلات التركيبات بأربعة موصلات مرتبة رأسياً من القطب وحيثما يكون ممكناً يجب توصيل أي قضبان تقوية في أعمال الخرسانة بالقطب.

يجب أن يكون الموصل الذي يشكل قطب التأريض وخاصة عندما يكون مدفوناً بالحفرة الخاصة بالأساسات في الأرض على الأقل ٥٠سم أسفل قاعدة الركام أو المواد الصلبة لأساسات الخرسانة. يجب ألا يلامس القطب أو الموصلات الأفقية التي ترتفع إلى الدور الأرضي بخرسانة الأساس .

يجب أن يدفن موصل قطب بالنسبة للمباني الموجودة حول الجدار الخارجي للمبنى لعمق متر واحد على الأقل. وكقاعدة عامة يجب أن يتم عزل كل الموصلات الأفقية من القطب إلى ما فوق مستوى الأرض لجهد منخفض إسمي (٦٠٠ – ٥٠٠ فولت) . يمكن أن تكون الموصلات :

- كابل نحاسي عار أو عار بصورة مضاعفة (٢٥ مم٢؛
- كابل من صلب لا يصدأ أو عار بصورة مضاعفة (٣٥ مم٢,
- كابل من الصلب المجلفن

يعتبر النحاس من أغلى المواد من حيث السعر ولكنه أنسبها من حيث اعتبارات التآكل.

ويكون استخدام أكثر من مادة من هذه المواد أمراً غير مألوف حيث أن الخلية الأولية الابتدائية (مثل الزنك/ النحاس) تتشكل في الأرض الرطبة "الإلكتروليت" مما ينتج عنه مشاكل التآكل ، وفي هذه الحالة سوف يصبح الزنك ذائباً بالنسبة للنحاس ويترك في النهاية موصل صلبي (تآكلي) غير مغطى ذا مقاومة تلامس سطح – إلى الأرض – عالية .

ولقضبان التقوية الصلب في الخرسانة – مع ذلك – نفس جهد الجلفنة تقريبا في السلسلة الكهروكيميائية كالنحاس في التربة حتى يمكن توصيل أقطاب التأريض النحاسية بقضان التقوية الصلب دون خطر التآكل×. ومن ناحية أخرى سوف تتآكل القضبان الصلب في الخرسانة . ويعتبر الألومنيوم والرصاص مواداً غير مناسبة للاستخدام في أقطاب التأريض.

المقاومة التقريبية R للقطب بالأوم

$$R = \frac{2\rho}{L}$$

حيث:

L = طول الموصل بالمتر

ρ = مقاومية التربة بالأوم –متر

(أنظر الجدولين و٤٧ ، و٤٨)

الطريقة الأكثر فعالية للحصول على توصيلة أرضية ذات مقاومة منخفضة تكون بدفن الموصل على شكل دائرة مغلقة في التربة عند قاع الحفر لأساسات المبنى .

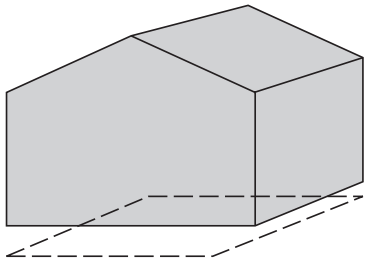
تعطى المقاومة التقريبية R لمثل هذا القطب (في تربة متجانسة) بالأوم عن طريق المعادلة .

$$R = \frac{2\rho}{L}$$

حيث L = طول الموصل المدفون بالمتر

ρ = المقاومة النوعية للتربة بالأوم – متر

يجب اتخاذ الحيطة لتجنب حدوث تآكل وخاصة حيثما يتم دقن معادن غير متماثلة في وضع متقارب جداً.



الشكل و٤٤ : مـوصل مـدفـون تحت مـسـتـوى الأساسات ، أي ليس في الخرسانة

*اثبتت التجربة العـملية أن التآكل لا يمثل مشكلة عند حدوث اختلافات في الجهد تقل عن ٠,٣ فولت .

قضبان التأريض (الشكل و ٤٥)

تستـخدم قضـبان التأريض المدقـوقة (المدفونة) رأسـياً للأبنية القـائمة ، ولتحـسين (أي تقليل مقـاومة) أقطاب التأريض في حالات يمكن فيها فقط مقاومة جفاف تربة الطبـقـة العـليـا عن طريق التـغلغل بـشكل أعـمق في الأرض.

يمكن أن تكون القضبان:

■ نحاس (الأكـثر شـيوعـاً) أو صلب مكسو بالنـحاس ويكون طول هذا الأخـيـر ١ أو ٢ متـر بصـفـة عامـة ويكون مزوداً بنـهايات مثـقوبة وتجـاويف للوصول إلى أعماق كبيرة وإذا كان ضرورياً (على سبيل المثال ، مستوى سطح المياه الجوفية في المناطق التي تكون مقاومية التربة فيها عالية).

■ أنبـوبة من الصلـب المجلفن (انظر الملحوظة أدناه) قطرها ⩾ ٢٥ مم ، أو قضـيب قطره ⩾ ١٥ مم وطوله ⩾ مترين في كل حالة . ويكون من الضروري غالباً استخدام أكثر من قـضـيب واحـد وتـكون المسـافـة بينهمـا في كلتا الحالتين أكـبر من العمق الذي يتم فيه دقها. بالمعامل ٢ إلى ٣ .

ومن ثم فـإن المقـاومـة الكليـة (في التـربة المتجـانسـة) تكون مسـاوية لمقاومة قضيب واحـد ، مقسومة على عدد القضبان المعنية.

المقاومة التقريبية R يتم الحصول عليها

$$\text{بالأوم} = \frac{\rho}{nL}$$

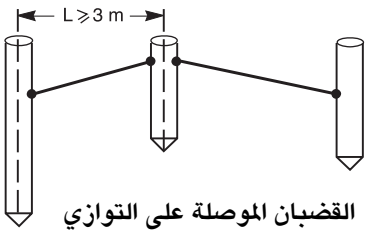
إذا كانت المسافة الفاصلة بين القضبان > ٤ل حيث :

L = طول القضيب بالمتر

ρ = مقاومية التربة بالأوم– متر (انظر الجدول و ٤٧)

n = عدد القضبان

L ⩾ ٣ متر



القضبان الموصلة على التوازي

الشكل و٤٥ : قضبان التأريض .

لعدد n من القضبان

$$R = \frac{\rho}{nL}$$

لعدد n من القضبان

$$R = \frac{0.8\ \rho}{L}$$

الألواح الرأسية (الشكل و ٤٦)

تكون الألواح المستطيلة ≤ ٠,٥ متـراً وتستـخدم بشكل شائع كأقطاب تأريض وتدفن في مـستوى رأسي بحيث يكون مركز اللوح على الأقل ١ متر أسفل سطح التربة.

والألواح يمكن أن تكون:

- نحاس بسمك ٢ مم ؛
- صلب مجلفن* بسمك ٣مم .

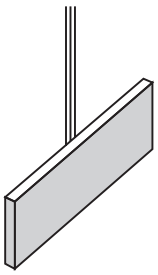
وتعطى المقاومة Rبالأوم (تقريباً) كما يلي:

$$\frac{0.8\ \rho}{L}$$

حيث ρ = مقاومية التربة بالأوم ـ متر

L = محيط اللوح بالمتر.

*ملحـوظة: حيث يتم اسـتخدام مـواد موصلة مـجلفنة لأقطاب التـــأريض . يمكن أن تـكون أقطاب الوقـــاية المهبطية (الكاثودية) الذوابة ضـرورية لتجنب التآكل السريع للأقطاب حـيث تكون التربة قاسيـة وخاصة أقطاب المغنسيـوم المعدة (في كيس مـسامي مملوء بـ "تربة" مناسبة) متوفرة للتوصيل المباشر بالأقطاب. وفي مـثـل هذه الحـالات ، يوصى باتبـــاع إرشـادات الخبراء في هذا المجال.



سمك ٢مم (نحاس)

الشكل و ٤٦ : لوح رأسي.

و

لبيانات المتعلقة بالمقاومة النوعية لأراضي متشابهة توفر قاعدة جيدة تصميم نظام قطب أرضي.

تأثير طبيعة الأرض

طبيعه الأرض	المقاومية (بالأوم – متر
تربة مستنقعات، سبخة	١–٣٠
طمي غريني	٢٠–١٠٠
الديال، قطر أوراق الأشجار	١٠–١٥٠
الخث	٥–١٠٠
الطين اللين	٥٠
المرل والطين المركب	١٠٠ – ٢٠٠
مرل جوراسي	٣٠ – ٤٠
طين رملي	٥٠ – ٥٠٠
رمل سلسيوس	٢٠٠ – ٣٠٠
تربة صخرية	١٥٠٠ – ٣٠٠٠
تربة منحنية صخرية مغطاة بالعشب	٣٠٠ – ٥٠٠
تربة جيرية	١٠٠ – ٣٠٠
حجر جيري	١٠٠٠ – ٥٠٠٠
حجر جيري مشقوق	٥٠٠ – ١٠٠٠
شست، شال	٥٠ – ٣٠٠
ميكاشست	٨٠٠
جرانيت وحجر رملي	١٥٠٠–١٠٠٠٠
جرانيت منحل وحجر رملي	١٠٠ – ٦٠٠

الجدول و ٤٧ : مقاومية (مقاومة نوعية) (Ω – متر) أنواع مختلفة من التربة

طبيعة الأرض	القيمة المتوسطة للمقاومية (بالأوم ــ متر
أرض صالحة للزراعة، ضفاف رطبة مركبة	٥٠
أرض صالحة للزراعة ذات تربة خفيفة، أرض ضفافها قوية	٥٠٠
تربة صخرية جرداء، رمل جاف، صخور متشققة	٣٠٠٠

الجدول و ٤٨ : متوسط قيم المقاومية (Ω – متر) لتقدير تقريبي لمقاومة قطب تأريض بالنسبة لجهد الأرض صفر

قياسات وثبات المقاومة بين قطب تأريض والأرض

من النادر بقاء تداخل كل من مقاومة القطب والأرض في حالة ثبات.

ومن بين العوامل الرئيسية التي تؤثر على هذه المقاومة ما يلي :

- رطوبة التربة: التغيرات الفصلية في الرطوبة لمكونات التربة يمكن أن تكون هامة عند أعماق تصل إلى ٢ متر. وعند عمق يصل إلى ١ متر يمكن أن تختلف قيمة المقاومية (ρ) بمعدل ١ إلى ٣ بين الشتاء الممطر والصيف الجاف في الأقاليم المعتدلة.

الصقيع: يمكن أن تزيد الأرض المتجمدة من مقاومية التربة بدرجات مختلفة. ويعد ذلك من أحد الأسباب – بالإضافة إلى ما أشير إليه مسبقاً – للتوجيه بعمل تركيبات تكون الأقطاب فيها ذات عمق في التربة،

- التقادم: سوف تتلف المواد المستخدمة للأقطاب بصفة عامة إلى مدى معين (بعض الشيء) لأسباب متنوعة، منها مثلاً:

- التفاعلات الكيميائية (في التربة الحمضية أو التربة القلوية).
- الجلفنة : نتيجة لضياع التيارات المستمرة في الأرض من نظم الجر ، إلخ ، أو نتيجة لمعادن مختلفة مكونة من خلايا ابتدائية ؛ يمكن أيضاً أن تُشكل التربة المختلفة التي تعمل على أجزاء من نفس الموصل مناطق أقطاب موجبة وسالبة مما ينتج عنه فقد في معدن السطح من المناطق الأخرى. ولسوء الحظ ، فإن أفضل الظروف لمقاومة منخفضة لقطب التأريض (أي مقاومة نوعية منخفضة للتربة) هي تلك التي يمكن أن تتدفق فيها تيارات جلفنة بسهولة.

- التأكسد: الوصلات الملحومة بالنحاس والملحومة هي المواقع التي يكثر فيها احتمال حدوث تأكسد. ومن خلال تنظيف الوصلة التي تم صنعها حديثا ولفها بواسطة رباط شريطي مناسب ذي زيت شحمي فإن ذلك يعتبر تدبيراً وقائياً مطبقاً بشكل واسع.

يجب أن يكون هناك دائماً وصلة (أو عدد منها) قابلة للإزالة لعزل القطب الأرضي حتى يمكن اختباره.

قياس مقاومة قطب التأريض

يجب أن تكون هناك دائما وصلات قابلة للإزالة بحيث تسمح بإمكانية عزل قطب التأريض عن التركيبات حتى يمكن إجراء اختبار المقاومة الأرضية بصورة دورية، ولإجراء مثل هذه الاختبارات يتطلب وجود أقطاب إضافية يكون كل واحد منها من قضيب مغروز رأسياً .

■ طريقة الأميتر (الشكل و ٤٩)

$$A = RT + Rt1 = \frac{UTt1}{i1}$$

$$B = Rt1 + Rt2 = \frac{Ut1t2}{i2}$$

$$C = Rt2 + RT = \frac{Ut2T}{i3}$$

$$A + C - B = 2RT$$

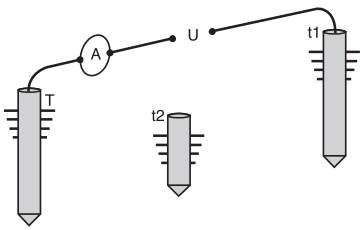
عندما يكون جهد المنبع Uثابتاً (تم ضبطه ليحافظ على نفس القيمة عند كل اختبار)

إذاً:

$$RT = \frac{U}{2}\left(\frac{1}{i1} \quad \frac{1}{i3} \quad \frac{1}{i2}\right)$$

ولكي يتم تجنب الأخطاء الناتجة عن ضياع التيارات الأرضية (الجلفنة (تيار مستمر) أو تيارات التسرب من شبكات القدرة والإتصالات وهكذا) يجب أن يكون تيار الاختبار تياراً متردداً لكن عند تردد مختلف مثل تردد نظام القدرة أو أي من توافقياته. وينتج عن الأجهزة التي تستخدم المولدات ذات الدفع اليدوي لعمل هذه القياسات جهد تيار متردد بتردد يتراوح بين ٨٥ هرتز و١٣٥ هرتز.

المسافات بين الأقطاب لا تكون حرجة وربما تكون في إتجاهات مختلفة من القطب الذي يجرى اختباره . حسب ملاءمة الموقع. ويتم بصفة عامة إجراء عدد من الاختبارات عند مسافات وإتجاهات مختلفة لفحص نتائج الاختبارات.



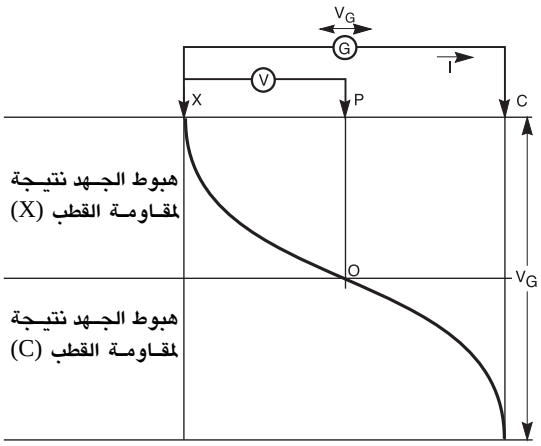
الشكل٤٩ و: قياس المقاومة للأرضي للقطب الأرضي للتركيب بواسطة جهاز الأميتر.

■ **استخدام جهاز قياس المقاومة (أوميتر) للقراءة المباشرة لمقاومة التأريض (الشكل و٥٠)**

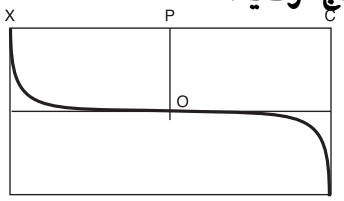
تستخدم هذه الأجهزة مولد يدار باليد أو مولد تيار متردد من النوع الإلكتروني بالإضافة إلى قطبين إضافيين يتم تحديد المسافة بينهما بحيث يكون مجال تأثير القطب الذي يجري اختباره لا يتراكب مع قطب الاختبار (C) .

يقوم قطب الاختبار (C) البعيد عن القطب (X) الذي يجرى اختباره بتمرير تيار خلال الأرض والقطب الذي يجرى اختباره ، بينما يلتقط قطب الاختبار الثاني (P) جهداً. وهذا الجهد المقاس بين (X) و (P) يكون نتيجة لتيار الاختبار ويكون مقياساً لمقاومة التلامس (للقطب الذي يجرى اختباره) مع الأرض. ومن الواضح أن المسافة بين (X) و (P) يجب أن يتم اختيارها بعناية للحصول على نتائج دقيقة . إذا تمت زيادة المسافة (X) إلى (C)تصبح مع ذلك مجالات المقاومة للأقطاب (X) و (C) أكثر بعداً عن بعضها البعض ويصبح منحنى الجهد أكثر أفقية حول النقطة.(O)

وفي الاختبارات العملية تزداد لذلك المسافة (X) إلى (C)حتى أخذ القراءات مع القطب (P) عند ثلاثة نقاط: عند (P) وعند حوالي ٥ أمتار على كلا جانبي (P) تعطي قيماً متساوية. وتكون المسافة (X) إلى (P) بصفة عامة حوالي ٠,٦٨ من المسافة (X) إلى (C) .



أ) مبدأ القياس مبني على افتراض ظروف تربة متجانسة حيث مناطق تاثير القطبين C و"X متراكبة ، يكون من الصعب تحديد موضع قطب الاختبار P من أجل الحصول على نتائج مرضية.



ب) يوضح التاثير على تدرج الجهد (فرق الجهد في وحدة الطول) عندما تفصل بين (X) و" (C) مسافة كبيرة. لا يكون موضع قطب الاختبار P حرجاً ويمكن تحديده بسهولة.

الشكل رقم و٥٠: قياس المقاومة لكتلة الأرض للقطب (X) باستخدام أوميتر اختبار قطب التاريض.

قياس مبسط (نظام TT)

في نظام مؤرض TT، يكون القياس المبسط لمقاومة قطب التأريض ممكناً. ويتكون من قياس المعاوقة بين قطب التأريض من قياس المعاوقة بين قطب التأريض والموصل المحايد. وهي تساوي مجموع مقاومة قطب التأريض للمشترك ومقاومة قطب التأريض للموزع، وهذه القيمة مشكوك فيها دائماً، لكن مقاومة قطب التأريض للموزع تقل بصفة عامة عن ٥, وفي حالة الشك ، استخدام الطريقة العامة.

٥- لوحات التوزيع

تعد لوحة التوزيع من أكثر العناصر أهمية في تركيبها، ولابد أن يتطابق تصميمها وتركيبها مع مواصفات قياسية محددة جيدة .

٥/١ أنواع لوحات التوزيع

تملي احتياجات الحمل نوع لوحة التوزيع التي يمكن تركيبها.

لوحة التوزيع العامة الرئيسية هي النقطة التي تتوزع عندها التغذية بالقدرة الداخلة إلى دوائر منفصلة، حيث يتم التحكم فيها ووقايتها بواسطة مصاهر أو مجموعة المفاتيح الكهربائية داخل تلك اللوحة.

وبوجه عام ، يتصل منبع التغذية مع مجموعة من قضبان التوصيل عن طريق مفتاح رئيسي (كقاطع دائرة أو مصهر مفتاح).

والدوائر المنفصلة والتي عادة ما تقسم حسب وظيفة الدائرة (إنارة أو تدفئة وتسخين، قدرة وهكذا...) ويتم امدادها بالتيار من قضبان التوصيل. وبعضا من الدوائر يتم تغذيتها مباشرة من قضبان التوصيل للوحات توزيع محلية صغرى حيث تكون قسما من الدوائر بينما هي ضمن التركيبات الشاملة.

ولوحات التوزيع الفرعية تكون ضرورية أحياناً، بهذا تعطى ثلاثة مستويات من التوزيع.

والتطبيقات الحديثة تقوم على إحاطة لوحات توزيع الجهد المنخفض في تغليف معدني حيث يوفر وقاية مزدوجة.

- وقاية مجموعة المفاتيح الكهربائية وأجهزة البيان والمرحلات ومجموعة المصاهر.. من الصدمات الميكانيكية والاهتزازات وغيرها من المؤثرات الخارجية المحتمل تداخلها مع التكامل التشغيلي (غبار، رطوبة ، الخ).
- حماية الأفراد من إمكانية الصدمة الكهربائية .

يمكن أن تختلف لوحات التوزيع ، أو مجموعة المفاتيح للجهد المخفض تبعا لنوع التطبيق ولقاعدة التصميم المتبعة (ملاحظة في ترتيب قضبان التوصيل)

لوحات توزيع تبعاً لتطبيقات خاصة

الأنواع الرئيسية للوحات التوزيع هي:

- لوحة توزيع عامة رئيسية (شكل و٥٣) ؛
- لوحة توزيع عامة محلية (شكل و٥٢) ؛
- لوحة توزيع فرعية (شكل و٥١) ؛
- لوحة تحكم معالجة.بمعنى لوحة توزيع "وظيفية". مثلاً MCC)مركز تحكم في محرك) ، ولوحة تحكم في دوائر التسخين وهكذا . ولوحات التوزيع الفرعية والمحلية منتشرة في جميع إنحاء التركيبات.

لوحات تحكم المعالجة تكون إما :

- مجاورة للوحة التوزيع العامة الرئيسية ، أو
- قريبة من المعالجة المعنية .

لوحات التوزيع بوجه عام يشار إليها في الكتب بالاختصار (DB)

شكل و٥١: نموذج للوحة توزيع فرعية

شكل و٥٢ : لوحة توزيع عامة محلية.

شكل و ٥٣ : مثال للوحة توزيع عامة رئيسية صناعية كبيرة .

و

لقد تم التمييز بين :

- لوحات التوزيع التقليدية ومجموعة المصاهر،الخ، مثبتة على هيكل في الجزء الخلفي الداخلي من الصندوق الحاوي.
- لوحات توزيع وظيفية لتطبيقات خاصة.

التعرف على نوعين من لوحات التوزيع

لوحات التوزيع التقليدية

عادة ما توضع مجموعة المفاتيح ومجموعة المصاهر ، الخ ، على هيكل بالقرب من مؤخرة الصندوق ، ويتم تركيب أجهزة البيان والتحكم (عدادات، لمبات، أزرار ،الخ،) على الوجه الأمامي للوحة، يتطلب وضع المكونات داخل الصندوق دراسة متأنية جداً ، مع الأخذ في الاعتبار أبعاد كل جزء والوصلات التي توصل معه والفراغات المحيطة به لضمان تشغيل آمنٍ وخالٍ من المشاكل.

ويمكن عمل تقدير سريع للمساحة المطلوبة بضرب مجموع المساحات للأجزاء كل على حدة في ٢,٥.

لوحات التوزيع الوظيفية

يقتصر عمل هذه اللوحات على الوظائف الخاصة وتعمل على إعادة مسارات وحدات القياس الوظيفية التي تشتمل على مجموعة المفاتيح والأجهزة بالإضافة إلى الملحقات المطلوبة للتركيب والتوصيل.

مثالاً ، وحدات التحكم في المحركات من نوع الأدراج والتي تشتمل على مفتاح تلامس ومصاهر ومفتاح فاصل وأزرار تحكم ولمبات بيان ، إلخ.

ويكون تصميم اللوحة سريعاً حيث يمكن إضافة عدد من وحدات القياس المطلوبة مع فراغات خاليه لوحدات تضاف فيما بعد عند الضرورة.

وباستعمال هذه الوحدات سابقة التجهيز ، يسهل جدا تجميع اللوحة. وأكثر من ذلك فإن مكونات هذه اللوحات قد افادت من اختبارات الطراز ، وبذلك تضمن أداءً آمناً ممتازاً . يبين الشكل و٥٤ مثالاً للوحة توزيع صناعية وظيفية.

٢/٥ التقنيات الوظيفية للوحات التوزيع

توجد ثلاث تقنيات أساسية في الاستعمال العام لتحقيق لوحات التوزيع الوظيفية .

وحدات وظيفية ثابتة (الشكل و ٥٤)

تتكون اللوحة من وحدات وظيفية ثابتة مثل مفاتيح التلامس (الملامسات) والمرحلات المصاحبة لها حسب الوظيفة المحددة. وهذه الوحدات ليست ملائمة لعزل الدائرة (عن قضبان التوصيل مثلاً) بحيث أن أي تدخل للصيانة أو التعديل ، الخ ، يتطلب إطفاء اللوحة كلها.

إن استعمال وحدات قابلة للفصل أو الإزاحة يمكن أن يقلل من زمن الإطفاء الذي سيقتصر على الفترة المطلوبة فقط لإزاحة الوحدة في الدائرة المعنية.

الوحدات الوظيفية التي بها سمات فصل وقطع (الشكل و ٥٥)

يتم تركيب كل وحدة على لوحة قابلة للخلع ومزودة بوسيلة فصل بينها وبين قضبان التوصيل وتسهيلات فصل على الجانب الصاعد للتيار (قضبان التوصيل) وتسهيلات قطع على الجانب الهابط للتيار (دائرة) . ويمكن للوحة الكاملة أن تنزع للصيانة دون الحاجة للإطفاء العام.

الوحدات الوظيفية المركبة على هيكل قابل (شاسيه) للسحب (شكل ف-٥٦)

تركب المفاتيح والملحقات المصاحبة لها على هيكل أفقي درجي الشكل قابل للسحب. والوظيفة بشكل عام تعتبر معقدة وغالبا ما تتعلق بالتحكم في المحركات.

ويتأثر الفصل على الجانبين الصاعد للتيار والهابط للتيار عندما تتم الإزاحة الكاملة للوحة .

شكل و٥٤:لوحة بوحدات وظيفية ثابتة

شكل و٥٥ : لوحات بسمات فصل وقطع على كل وحدة وظيفية

شكل و٥٦: وحدات وظيفية مركبة على هيكل (شاسية) قابل للسحب .

٣/٥ مواصفات قياسية

يكون التطابق مع المواصفات القياسية المعينة من الأهمية بمكان من أجل ضمان درجة مناسبة من السلامة التشغيلية.

هناك أنواع محددة من لوحات التوزيع (وعلى وجه الخصوص لوحات التوزيع الوظيفية) تكون كل أجزائها خاضعة للمواصفة القياسية IEC947، وهذه الأنواع تتطابق أيضاً مع التوصيات الخاصة الواردة في IEC 439-1.

هناك عنصران من المواصفة القياسية IEC439-1 يسهمان إلى درجة كبيرة في السلامة التشغيلية هما:

- أشكال الفصل بين الوحدات الوظيفية المتجاورة تبعاً لمتطلبات المستخدم.
- تحديد كل من الاختبارات الفردية واختبارات الطراز بوضوح.

المواصفة القياسية IEC 439-1

تغطي هذه المواصفة القياسية مجموعات المفاتيح والتحكم للجهد المنخفض كوحدات مصنعة وكاملة وتم اختبارها طرازياً .

تحدد IEC 439-1 أربعة أشكال للتجميع تبعاً لدرجة الفصل الداخلي بواسطة حواجز أو فواصل في حجيرات (خلايا) مختلفة.

يوفر الفصل:

- وقاية من التماس مع أجزاء مكهربة للوحدات الوظيفية المجاورة.
- محدودية احتمال حدوث أخطاء قوسية .
- الوقاية من مرور أجسام صلبة غريبة من أي وحدة من المجموعة إلى وحدة مجاورة.

وفيما يلي أشكالاً نموذجية للفصل بواسطة فواصل أو حواجز :

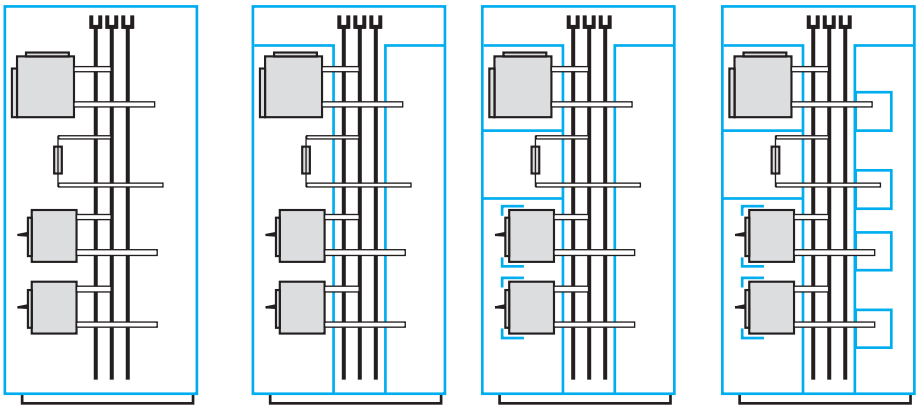
- ☐ شكل ١: لا يوجد فصل ؛
- ☐ شكل ٢: فصل الشرائح الموصلة عن الوحدات الوظيفية ؛
- ☐ شكل ٣: فصل قضبان التوصيل عن الوحدات الوظيفية وفصل كل الوحدات الوظيفية –الواحدة عن الأخرى – سوى عند أطراف خروجها.
- ☐ شكل ٤: كما في شكل ٣ ، ولكن شاملاً فصل الأطراف الخارجة لكل الوحدات الوظيفية ، الواحدة عن الأخرى .

إن شكل الفصل (معدني أو غير معدني) يجب أن يكون موضع اتفاق بين الصانع والمستخدم.

أشكال ٢، ٣، ٤ تكون مستخدمة بشكل عام ، حيث أنه في كل حالة تكون قضبان توصيل محاطة، وبذلك تسمح بمعامل آمن مع الوحدات الوظيفية أو مكونات دائرتها الخارجية ، أكثر مما هو متاح من شكل ١,

يتم تبني الشكلان ٣ ، ٤ حيثما يكون الحيز المتاح لكل وحدة وظيفية محدود ، بحيث تكون بدون فصل كامل بين الوحدات المتجاورة ويكون التدخل الآمن للصيانة.. الخ غير ممكناً إلا أذا أطفأت لوحة التوزيع بالكامل.

- أخيراً ، اختبارات الطراز المنفصلة والفحوص والاختبارات الوظيفية التي تجرى أثناء التصنيع تضمن تطابقاً مع المواصفات الخاصة بالمجموعة ككل.



الشكل ١ الشكل ٢ الشكل ٣ الشكل ٤

شكل و ٥٧ : تمثيل أشكال مختلفة من لوحات التوزيع الوظيفية للجهد المنخفض .

٤/٥ التحكم المركزي

إن تكامل لوحات التوزيع الوظيفية في نظام إدارة فنية مركزية، يجب أخذه في الحسبان عند أول مراحل التصميم.

أصبح تنظيم أسلوب الحصول على البيانات والتعليمات للمعدات ، في مخططات التحكم عن بعد ، يشكل أهمية عظمى حيث أن تقنيات الإدارة الفنية المركزية صارت أكثر شيوعاً وإنتشاراً.

فمن الناحية الاقتصادية (في تكاليف كابل الاتصالات) كل البيانات وإشارات وأوامر التحكم يتم معالجتها عند المعدات (لوحات التوزيع الوظيفية مثلاً) المعنية للنقل إلى والإستقبال من مركز الأوامر المركزي.

وتحويلات الإشارة هذه (على سبيل المثال من تماثلية إلى رقمية ومن كهربائية إلى بعدية... إلخ) لتلائم عناصر نقل البيانات لابد بالتالي أن يتم تخزينها وتغذيتها بالتيار من مصدر قدرة خال من التلوث يكون عند لوحات التوزيع أو قريباً جداً منها أو من أي معدات أخرى ذات علاقة.

٦/١ الوصف والاختيار

هناك إمكانية لنوعين من التوزيع:
بواسطة أسلاك معزولة وكابلات،
بواسطة قنوات مسبقة الصنع لكابل مسبق التمديد.
والنوع الأخير هو الأفضل نتيجة لسهولة تركيبه ومرونته وعدد نقط التوصيل الممكنة.

الأنواع

هناك إمكانية لنوعين من التوزيع :

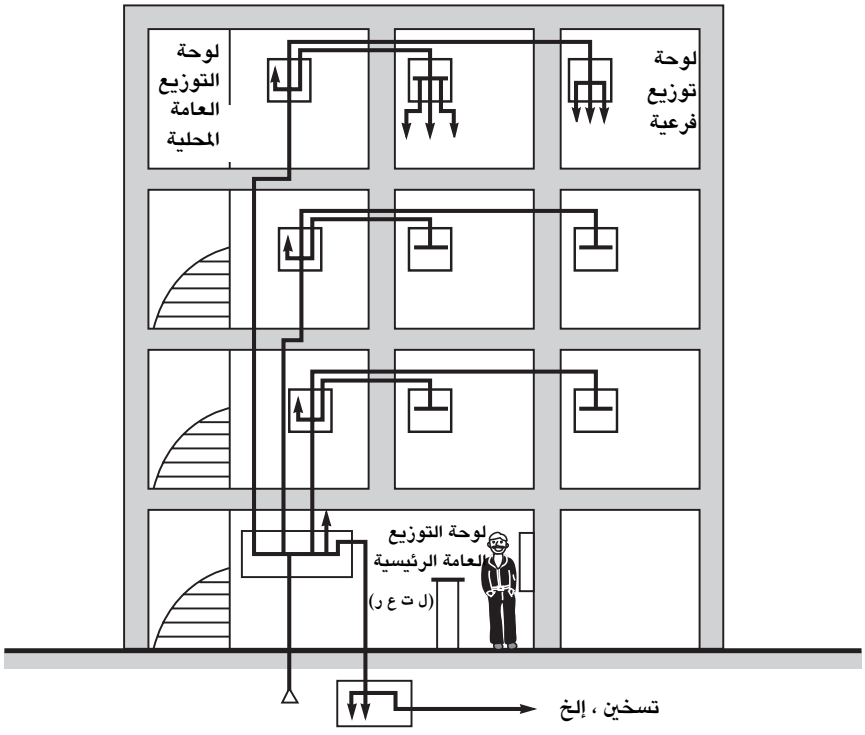
توزيع بواسطة موصلات معزولة وكابلات

وتشتمل على الوقاية الميكانيكية وتثبيت المواسير، إلخ،

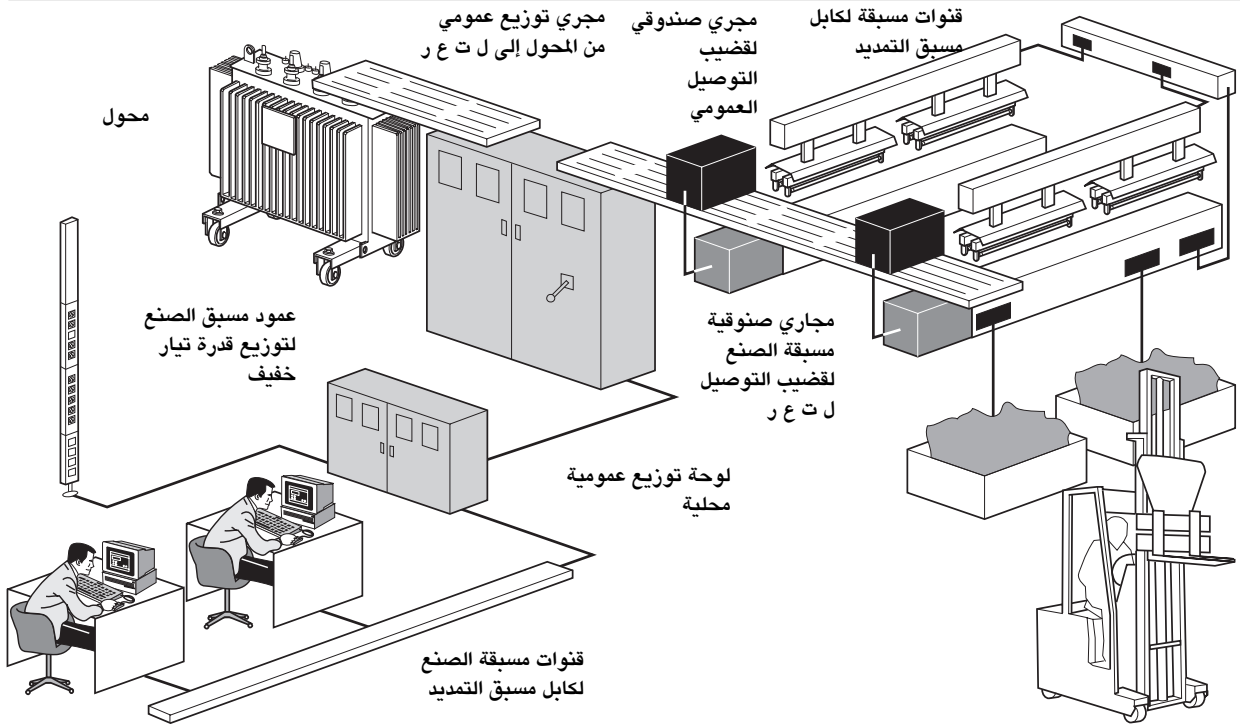
وستؤثر طريقة التركيب على أقصى تيار يسمح به كالوارد في المواصفة القياسية IEC439 الجزءين ١,٢

توزيع بواسطة قنوات كابلات مسبقة الصنع ويتم تمييز هذه القنوات بسهولة التركيب والمرونة وبعدد نقاط التوزيع الممكنة.

أمثلة :



الشكل و٥٨: مثال ١: مخطط تمديد أسلاك توزيع شعاعي لفندق ، باستخدام موصلات في مواسير وكابلات .



الشكل و٥٩: مثال ٢: توزيع شعاعي بمجاري توصيل صندوقية وقنوات كابل لتركيبات مركز تجاري.

اختيار الطريقة– القواعد (المعايير)

إن أهم الاعتبارات التي تحكم اختيار طريقة ما أو أخرى هو التكلفة الأولية والاحتمالية القوية لإجراء تعديلات شاملة ومتكررة.

وفي حالة التركيبات الثابتة التي لا يكون من المحتمل إجراء تعديلات بها– إما بصفة متكررة أو شاملة – يكون نظام الأسلاك المعزولة والمواسير هو الحل الأفضل من الناحية الاقتصادية.

وحيث أن المرونة والسهولة في إجراء تعديلات بالدائرة تكون ذات أهمية، فإن نظام قنوات الكابل مسبقة التصنيع ينبغي أن يكون الاختيار الأول (الأمثل).

معلومات التصميم الخاصة بأصغر مساحة مقطع (أي الأكثر اقتصاداً) مسموح بها لموصلات وكابلات التمديدات، وبالنسبة لحالة تركيبات أسلاك ومواسير، فهي معطاة في البنود الفرعية ٢/١/٢، ٢/٢، ٢/٣ من الفصل ح١ .

٢/٦ المواسير والموصلات والكابلات

تعطي المواصفة القياسية IEC364-2-52معلومات عن كيفية اختيار وتركيب نظم التمديدات، المبنية على الأساسيات المبينة في المواصفة القياسية IEC 364-1، والخاصة بالكابلات والموصلات ونهايات توصيلها وتوصيلاتها والحوامل المصاحبة لها أو وسائل تعليقها وأغلفتها الخارجية أو طرق وقايتها من المؤثرات الخارجية.

اختيار نظم التمديدات وطرق التركيب، طبقاً للمواصفة القياسية IEC364-5-52 (1993)

يمكن اختيار نظم تمديدات من الجدول التالي:

الموصلات والكابلات	طريقة التركيب						
	بدون تثبيت	مشبوكة مباشرة	ماسورة	مجاري صندوقية (شاملة لمجاري الصندوقية ذات الحافة والمجاري الصندوقية التي تركب مسطحة مع الأرض)	مجرى كابل	سلم كابل، حامل كابل، حاصرات كابل	
موصلات عارية	–	–	–	–	–	–	+
موصلات معزولة	–	–	+	+	+	–	+
كابلات مغلفة (شاملة المسلحة والمعزولة بمعدن)							
■ متعددة القلوب	+	+	+	+	+	+	صفر
■ أحادية القلب	صفر	+	+	+	+	+	صفر

+: مسموح بها ، – : غير مسموح بها ، صفر: لا ينطبق، أو أنها لا تستخدم عادة في التطبيقات العملية.

الجدول و٦٠: اختيار نظم التمديدات.

طرق الانشاء الموصى بها مبينة في الجدول التالي:

الأوضاع (المواقع)	طريقة التركيب							
	بدون تثبيتات	مع تثبيتات	ماسورة	مجاري صندوقية (شاملة لمجاري الصندوقية ذات الحافة والمجاري الصندوقية التي تركب متسلطحة مع الأرض)	مجرى كابل	سلم كابل، حامل كابل، حاملات كابل	على عازل	سلك حامل
فراغات المباني	٢١،٢٥ ٧٣،٧٤	صفر	٢٢،٧٣ ٧٤،	–	٢٣	١٢،١٣ ، ١٤،١٥ ، ١٦	–	–
قنوات الكابل	٤٣	٤٣	٤١،٤٢	٣١،٣٢	٢٣ ،٤	١٢،١٣ ، ١٤،١٥ ، ١٦	–	–
مدفون في الأرض	٦٢،٦٣	صفر	٦١	–	٦١	صفر	–	–
مخفي في الهيكل	٥٢،٥٣	٥١	١،٢،٥	٣٣	٢٤	صفر	–	–
مركبة على السطح	–	١١	٣	٣١، ٣٢ ٧١، ٧٢	٤	١٢،١٣ ، ١٤، ١٥ ١٦،	١٨	–
هوائي	–	–	صفر	٣٤	–	١٢،١٣ ، ١٤، ١٥ ١٦،	١٨	١٧
مغمور	٨١	٨١	صفر	–	صفر	صفر	–	–

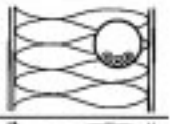
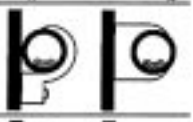
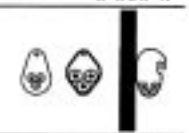
الأرقام داخل كل من خانات الجدول تشير إلى الرقم المرجعي في الجدول ح ٥٢ (IEC 364-5-52)*.

:-غير مسموح بها ، صفر: لا ينطبق، أو أنها لا تستخدم عادة في التطبيقات العملية.

ملحوظة: بالنسبة لسعة حمل التيار راجع IEC 364-5-523.

الجدول و٦١ : إقامة نظم التمديدات .

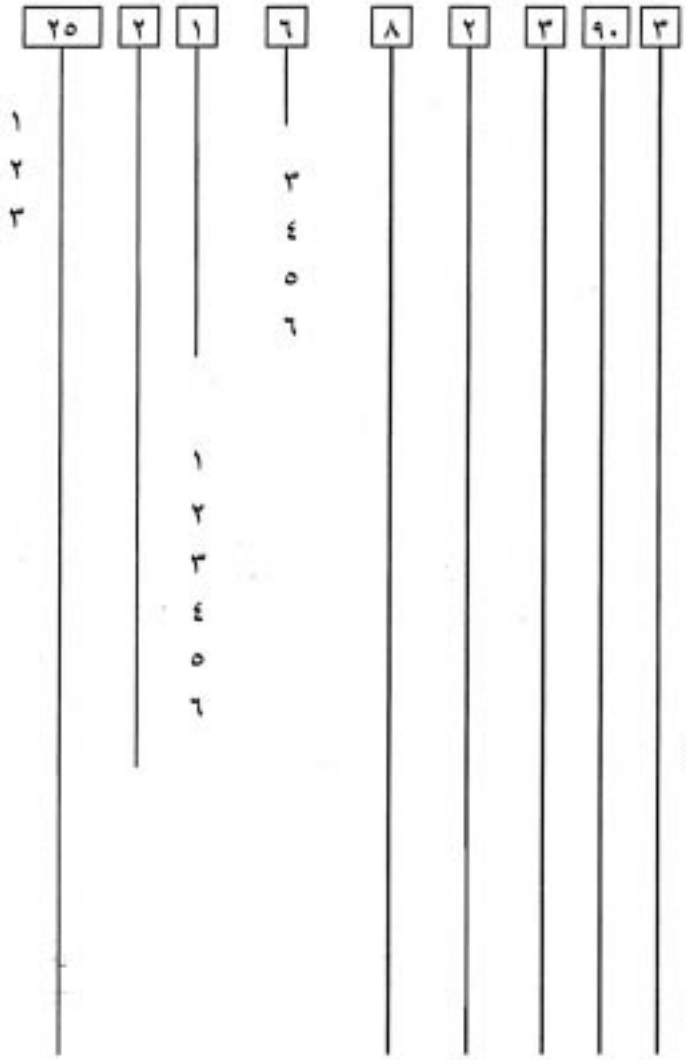
*الجدول (ح٥٢) من IEC 364-5-52 يملأ ٧ صفحات . وقد تم استنساخ صفحتين من هذه الصفحات حيث تعتبر كمثال لذلك .

مثال ١	الوصف ٢	المرجع ٣
	موصلات معزولة داخل مواسير مخفية في جدران معزولة حرارياً	١
	كابلات متعددة القلوب داخل مواسير مخفية في جدران معزولة حرارياً	٢
	موصلات معزولة داخل مواسير مركبة على السطح	٣
	كابلات أحادية أو متعددة القلوب داخل مواسير مركبة على السطح	أ٣
	موصلات معزولة داخل مجاري كابلات على جدار كابلات أحادية أو متعددة القلوب داخل مجاري مجهزة بالمباني	٤ أ ٤
	موصلات معزولة داخل مواسير مخفية في المباني	٥
	كابلات أحادية أو متعددة القلوب في مواسير مخفية في مجرى مجهزة بالمباني	أ٥
	كابلات مغلفة و/أو مسلحة أو كابلات أحادية او متعددة القلوب مغلفة ومسلحة	
	■ على جدار	١١
	■ على سقف	أ١١
	■ على حوامل غير مثقبة	١٢
	■ على حوامل مثقبة	١٣
	■ على سنادات قوسية تسري أفقياً أو رأسياً	١٤
	■ على مرابط (كابلات)، على مسافة من جدار أو سقف	١٥
	■ على سلالم	١٦
	كابلات أحادية أو متعددة القلوب مغلفة ومعلّقة في سلك تعليق منفصل عنها أو مدمج بها	١٧
	موصلات عارية أو معزولة على عوازل	١٨

الجدول و٦٢ : بعض أمثلة لطرق التركيب .

ملحوظة : الأشكال غير معدة لوصف (شرح) المنتج الحقيقي أو الممارسات الفنية للتركيب لكنها إرشادية للطريقة الموصوفة .

تمييز المواسير طبقاً لأحدث توصيات الهيئة الدولية الكهروتقنية (I E C)



مميز المواسير طبقاً لأحدث توصيات الهيئة
الدولية الكهروتقنية (IEC)
الرمز (الشفرة) الجديد للمميز
رابع رقم تكميلي: مقاومة تغلغل الأجسام
الصلبة: مواسير توفر الحماية من :
الأجسام الصلبة الأكبر من ٢,٥مم
الأجسام الصلبة الأكبر من ١مم
الغبار
صامدة للغبار (تضمين كامل)
خامس رقم تكميلي: مقاومة التآكل :
مواسير مزودة بحماية:
خفيفة، حماية داخلية وخارجية
حماية خارجية متوسطة وداخلية خفيفة
حماية خارجية متوسطة وداخلية متوسطة
حماية خارجية شديدة وداخلية خفيفة
حماية خارجية شديدة وداخلية متوسطة
حماية خارجية وداخلية شديدة
سادس رقم تكميلي: مقاومة الاشعاع الشمسي :
مواسير مزودة بحماية:
درجة منخفضة
درجة متوسطة
درجة عالية
رقم مرجعي يدل على القطر الخارجي بالمليمتر
١٦-٢٠-٢٥-٣٢-٤٠-٥٠-٦٣

الجدول و٦٣ : التمييز الشفري للمواسير تبعاً لآخر إصدارات IEC .

كالمشار إليه في هذا البند الفرعي، فإن الموصل يتألف من قلب معدني مفرد داخل غلاف عازل.

يتكون الكابل من عدد من الموصلات، مفصولة كهربائياً، لكنها متماسكة ميكانيكاً، ويتم – بصفة عامة– إحتوائها داخل غلاف واق مرن.

يشير المصطلح "مسار كابل" إلى موصلات و/أو كابلات شاملة وسيلة حملها ووقايتها، إلخ، فمثلاً : صواني الكابل والسلالم والمجاري والقنوات وما شابه ذلك، تعتبر جميعاً "مسارات كابل"

تعاريف

■ **موصل**: كالمشار إليه في هذا البند يتألف أي موصل من قلب معدني مفرد داخل غلاف عازل.

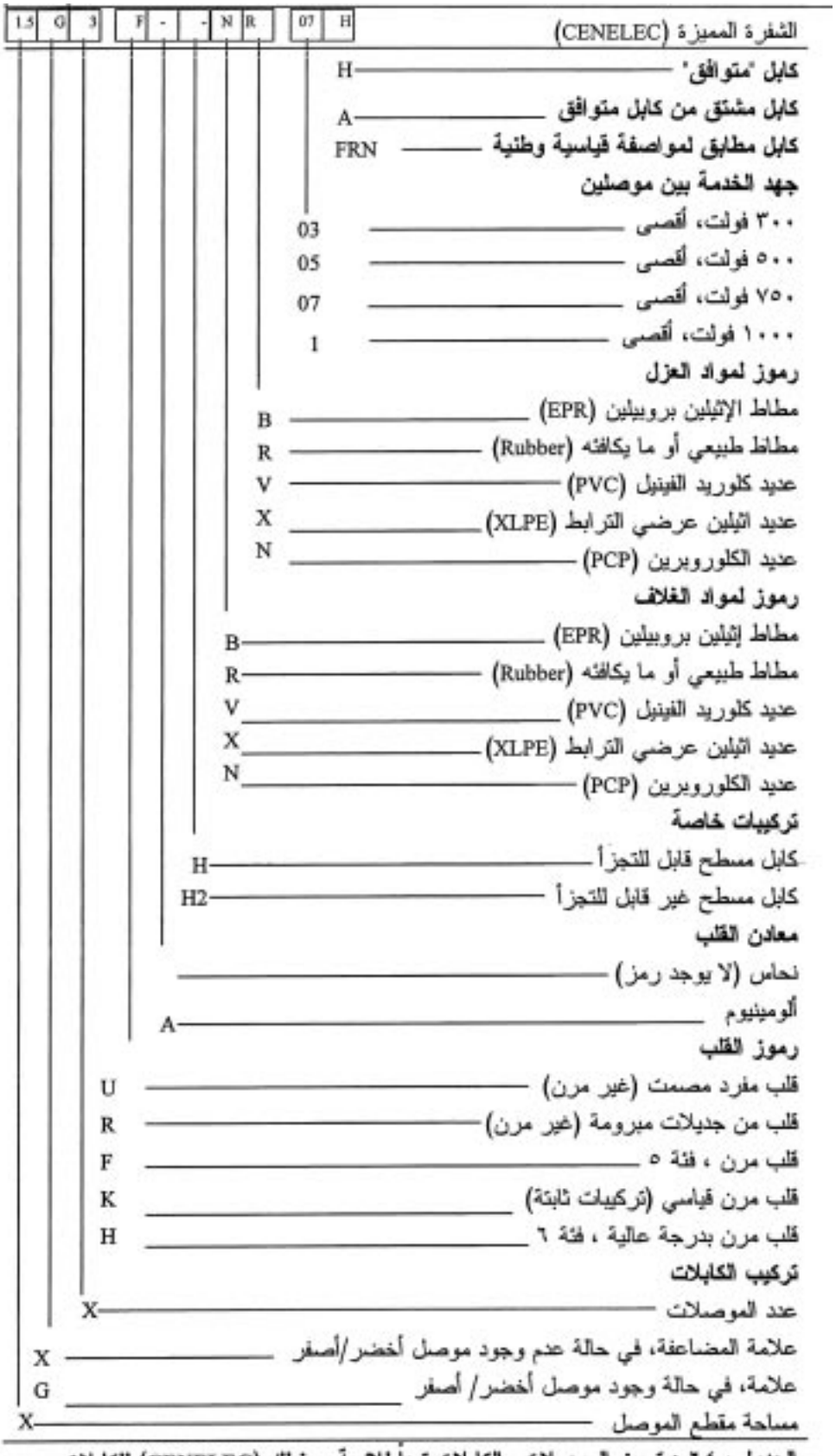
■ **كابل**: يتكون أي كابل من عدد من الموصلات مفصولة كهربائياً، لكنها متماسكة ميكانيكياً ، ويتم – بصفة عامة– احتوائها داخل غلاف واقي مرن.

■ **مسار كابل**: يشير المصطلح مسار كابل إلى موصلات و/أو كابلات شاملة وسيلة حملها ووقايتها، إلخ، فمثلا: صواني الكابلات والسلالم والمجاري والقنوات وما شابه ذلك، تعتبر جميعاً مسارات كابلات.

المميز

معظم الدول لديها مواصفات قياسية وطنية للموصلات والكابلات. وفي أوروبا، تم وضع لائحة عن طريق النسخة المعدلة لسينيلك " *"CENELEC التي تتوافق مع اللوائح المختلفة للدول الأعضاء، وتقوم كل من هذه الدول تدريجياً باستبدال لائحتها الوطنية بنسخة سينيلك المعدلة. ويمكن الانتباه إلى أنه في وقت كتابة اللائحة المتوافقة، لم تكن مشتملة على بعض أنواع الكابلات (من أهمها الكابلات المعزولة بعديد الاثيلين عرضي الترابط "(XLPE"، الجدول و٦٤ يوضح شكل وأهمية الرمز المميز.

*اللجنة الأوروبية لمواصفات التقنية الكهربائية (CENELEC) .



الجدول و ٦٤ : تمييز الموصلات والكابلات تبعاً للائحة سينيلك (CENELEC) للكابلات المتوافقة.

لقد أخذت سينيلك على عاتقها مشروعاً لاجراء توافق بين المواصفات القياسية الوطنية المختلفة، وذلك من أجل تسهيل التبادل بين الدول الأوروبية.

مثال لحل الشفرة: H07 RN-F 3 G1.5

كابل متوافق – جهده الإسمي ٤٥٠ / ٧٥٠ فولت– معزول بالمطاط– مغلف بالنيوبرين (-PCPمرن – ذي ٣ موصلات: ١ موصل أخضر/أصفر – مساحة

الشكل (و٦٥): كابل نموذجي غير مسلح ذو ٣ قلوب.

الموصلات والكابلات	المميز طبقاً للائحة المواصفات القياسية الوطنية الفرنسية	المميز طبقاً للائحة سينيلك (CENELEC)	عدد الموصلات	مساحة المقطع لإسنة ٢°C.S.a – الجهد مم٢ف
كابلات غير مرنة معزولة بعديد الاثيلين عرضي الترابط (XLPE)	U 1000 R 12 N U 1000 R 2 V U 1000 RVFV U 1000 RGPFV	لم يتم حتى الآن توافق المواصفات القياسية للكابلات	١ إلى ٥ ١ إلى ٥ ١ إلى ٥	١,٥ – ٦٣٠ ١,٥ – ٣٠٠ ١,٥ – ٢٤٠
كابلات غير مرنة بعازل خال من الهالوجين (١)		FRN 1 X 1 X 2 FRN 1 X 1 G1 FRN 1X1X2Z4X2 FRN 1X1G1Z4G1	١ إلى ٥ ١ إلى ٥ ١ إلى ٥ ١ إلى ٥	١,٥ – ٦٣٠ ١,٥ – ٦٣٠ ١,٥ – ٣٠٠ ١,٥ – ٣٠٠
كابلات معزولة بمادة عازلة مرنة		H 07 RN-F FRN 07 RN -7	٢ إلى ٥ ٧ إلى ٣٧	١,٥ – ٥٠٠ ١,٥ – ٤
كابلات معزولة بعديد كلوريد الفينيل		FRN 05 VV-U FRN 05VV - R H 05 VV-F H 05VVH2-F	٢ إلى ٥ ٢ إلى ٥ ٢ إلى ٥ ٢	١,٥ – ٣٥ ١,٥ – ٣٥ ٠,٧٥ – ٢,٥ ٠,٧٥
موصلات معزولة بعديد كلوريد الفينيل		H 07V-U H 07V-R H 07VK	١ ١ ١	١,٥ – ٤٠٠ ١,٥ – ٤٠٠ ١,٥ – ٢٤٠
موصلات بعازل خال من الهالوجين		FRN O.....-U FRN O.....-R FRN O....	١ ١ ١	١,٥ – xxx ١,٥ – xxx ١,٥ – xxx

الجدول و٦٦ : الموصلات والكابلات شائعة الاستخدام .

(1)كابل من الفئة C1 (كابل لا ينتشر فيه الحريق) .

العلامات الإيضاحية التي تميز موصلات الجهد المنخفض

يتم وسم تمديدات موصلات كابل الجهد المنخفض إما بالألوان أو بالأرقام. ويتم التحكم في هذه الوسومات – كالموصى به في - IEC446عن طريق القواعد الثلاث التالية:

■ القاعدة ١:

وسم شريطي أخضر ـ و ـ أصفر يكون مخصص فقط للموصلين الوقائيين PEأو PEN.

■ القاعدة ١

الوسم الشريطي الملون أخضر –و– أصفر يكون مخصص فقط للموصلين الوقائيين PE أو PEN .

■ القاعدة ٢:

حيثما تشتمل دائرة ما على موصل محايد، فإنه يجب أن يكون باللون الأزرق الفاتح (أو أن يوسم بالرقم ١ بالنسبة للكابلات متعددة القلوب ذات أكثر من ٥ موصلات).

وحيثما لا تشتمل دائرة ما على موصل محايد، يجوز استخدام الموصل الأزرق الفاتح كموصل طور (وجه) إذا كان مشمولاً في كابل ذي أكثر من موصل واحد. *

■ القاعدة ٣:

يجوز تمييز موصلات الطور بأي لون، سوى:

□ أخضر – و– أصفر،

□ أخضر،

□ أصفر،

□ أزرق فاتح (انظر القاعدة ٢).

ملحوظة: إذا احتاجت دائرة ما إلى موصل وقائي، لكن الكابل المتوافر للدائرة لا يشتمل على موصل موسوم بشريط أخضر ـ و ـ أصفر، ففي هذه الحالة يمكن أن يكون الموصل الوقائي:

■ إما موصل مستقل (منفصل عن الكابل) بعازل شريطي أخضر –و– أصفر، أو

■ موصل أزرق فاتح، إذا كانت الدائرة لا تشتمل على موصل محايد ، أو

■ موصل أسود، إذا كانت الدائرة تشتمل على موصل محايد. وفي الحالتين الأخيرتين، يجب أن يوسم الموصل المستخدم بأربطة أو حلقات بشرائط ملونة أخضر – و – أصفر عند نهايات الكابل، وعلى امتداد أي من أطواله المكشوفة.

■ القاعدة ٢:

حيثما تشتمل دائرة ما على موصل محايد، فإنه يجب أن يكون باللون الأزرق الفاتح (أو أن يوسم بالرقم ١ بالنسبة للكابلات متعددة القلوب ذات أكثر من ٥ موصلات).

وحيثما لا تشتمل دائرة ما على موصل محايد، يجوز استخدام الموصل الأزرق الفاتح كموصل طور (وجه) إذا كان مشمولاً في كابل ذي أكثر من موصل واحد.

■ القاعدة ٣:

يجوز تمييز موصلات الطور بأي لون، سوى:

□ أخضر – و– أصفر،

□ أخضر،

□ أصفر،

□ أزرق فاتح (انظر القاعدة ٢).

٧- المؤثرات الخارجية

كل تركيبات كهربائية تشغل بيئة ما يتواجد فيها كثير – أو– قليل من درجة مخاطرة شديدة.

- للأشخاص،
- للمواد المكونة للتركيبات، وبناء عليه تؤثر الظروف البيئية على تحديد واختيار مواد العزل الملائمة واختيار التدابير الوقائية من أجل سلامة الأشخاص.

تعود الظروف البيئية إلى تجميعة تسمى بـ "المؤثرات الخارجية".

١/٧ التصنيف

تحتوي كثير من المواصفات القياسية الوطنية الخاصة بالمؤثرات الخارجية على مخطط تصنيف مبني على – أو مشابه بدرجة كبيرة لـ المواصفة القياسية الدولية IEC 364-3.

وتخصص هذه المواصفة القياسية الدولية (IEC364-3) صفحات كثيرة لشروحات تفصيلية لكل فئة من المؤثرات، ومن أجل ذلك التفصيل تتم إحالة القاريء إلى هذه المواصفة القياسية. وباتباع مخطط الترميز لـ IEC المعطى أدناه – من جهة ثانية– فإن الجدول و٦٧ يقدم قائمة مختصرة للمؤثرات الخارجية، تم استخلاصها من الملحق (أ) لمواصفة IEC .

الترميز

تم تمييز كل ظرف من المؤثرات الخارجية بواسطة رمز يتألف من حرفين كبيرين ورقم كما يلي:

يتعلق الحرف الأول بالفئة العامة للمؤثر الخارجي.

A= البيئة

B= الاستخدام

C= تشييد المباني

ويتعلق الحرف الثاني بطبيعة المؤثر الخارجي.

ويتعلق الرقم بالفئة داخل كل مؤثر خارجي.

فمثلاً، الرمز AC2 يدل على:

A= البيئة

AC= البيئة – الارتفاع

AC2= البيئة – الارتفاع < ٢٠٠٠ متر

ملحوظة: الترميز المعطى في هذا الفصل غير مخصص للاستخدام في البيانات الايضاحية الخاصة بالمعدات .

A					
البيئة	AA	درجة الحرارة المحيطة (س)	AE2	صغيرة	AL مجموعة الحيوان
	AA1	– ٦٠س + ضس	AE3	صغيرة جداً	AL1 لا توجد خطورة
	AA2	– ٤٠س + ضس	AE4	غبار	AL2 خطرة
	AA3	– ٢٥س + ضس	AF	تآكل – صدأ	AM اشعاعية
	AA4	– ضس + ٤٠س	AF1	يمكن إهماله	AM1 يمكن إهماله
	AA5	+ ضس + ٤٠س	AF2	جوي	AM2 تيارات شاردة
	AA6	+ ضس + ٦٠س	AF3	متقطع	AM3 كهرومغناطيسي
	AB	الرطوبة	AF4	مستمر	AM4 تأين
	AC	الارتفاع (م)	AG	صدم	AM5 كهرستاتيكي
	AC1	≥ ٢٠٠٠	AG1	منخفض	AM6 محاث
	AC2	< ٢٠٠٠	AG2	متوسط	AN شمسية
	AD	الماء	AG3	عالٍ	AN1 يمكن إهمالها
	AD1	يمكن إهماله	AH	الاهتزاز	AN2 بدرجة ملموسة
	AD2	نقط	AH1	منخفض	AP زلزالية
	AD3	رشاشات	AH2	متوسط	AP1 يمكن أهمالها
	AD4	تناثر	AH3	عالٍ	AP2 منخفضة
	AD5	تدفق	AJ	إجهادات	AP3 متوسطة
	AD6	موجات		ميكانيكية	AP4 مرتفعة
	AD7	غمر		أخرى	AQ الصواعق
	AD8	غطس	AK	مجموعة النبات	AQ1 يمكن إهمالها
	AE	أجسام غريبة	AK1	لا توجد خطورة	AQ2 غير مباشرة
	AE1	يمكن إهمالها	AK2	خطرة	AR الرياح
B					
الاستخدام	BA	المقدرة	BC2	بسيط	BD4 (كثافة عالية /خروج صعب)
	BA1	عادية	BC3	متكرر	
	BA2	أطفال	BC4	مستمر	BE المواد
	BA3	معوقين	BD	الاخلاء	BE1 لا توجد مخاطر
	BA4	تحت التعليم	BD1	(كثافة منخفضة /خروج سهل)	BE2 خطر حريق
	BA5	ماهـر			BE3 خطر انفجار
	BB	المقاومة	BD2	(كثافة منخفضة /خروج صعب)	BE4 خطر تلوث
	BC	التلامس مع الأرض			
	BC1	لا يوجد	BD3	(كثافة عالية /خروج سهل)	
C					
المبنى	CA	المواد	CB	الهيكل	CB3 المنشأة
	CA1	غير قابلة للاحتراق	CB1	مخاطر يمكن إهمالها	حركة
	CA2	قابلة للاحتراق	CB2	انتشار الحريق	CB4 مرن

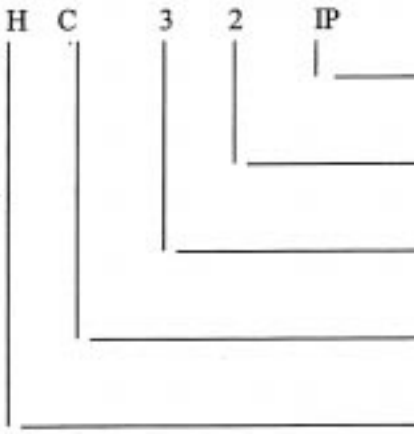
الجدول و٦٧ : قائمة مختصرة للمؤثرات الخارجية الهامة (مأخوذة من الملحق (أ) من IEC364-3) .

٢/٧ الوقاية بواسطة الأغلفة الخارجية : حماية دولية رمز IP

درجة الوقاية التي يوفرها الغلاف الخارجي مبينة في الرمز IP الموصى به في IEC 529(1989) .

ويتم توفير الحماية من المؤثرات الخارجية التالية:

- التغلغل بواسطة أجسام غريبة ؛
- حماية الأشخاص من الوصول إلى الأجزاء المكهربة ؛
- الوقاية من دخول الغبار ؛
- الوقاية من دخول السوائل .



حيثما لا تكون هناك حاجة إلى النص على رقم مميز، فيجب استبداله بالحرف "X" ("XX" إذا تم حذف كلا الرقمين) .

يجوز حذف الحروف الإضافية و/أو الحروف التكميلية دون إستبدال.

الشكل و٦٨ : ترتيب لائحة رمز الحماية الدولية (IP) .

ملحوظة: يطبق الرمز IP على المعدات الكهربائية للجهود حتى ٧٢,٥ كيلوفولت.

و

عناصر الرمز IP ومعانيها

عناصـر وصف بسـيط لعناصـر الرمـز IP مـعطي في المخطط التالي .

العنصر	أرقام أو حروف	المعنى الخاص بوقاية المعدات	المعنى الخاص بوقاية الأشخاص
الأحرف الرمزية	IP	–	–
الرقم المميز الأول	0 1 2 3 4 5 6	من دخول الأشياء الغريبة المصمتة (غير محمي) ≤ ٥٠مم قطر ≤ ١٢,٥ مم قطر ≤ ٢,٥ مم قطر ≤ ١,٠ مم قطر محمي من الغبار محكم ضد الغبار	من الوصول إلى الأجزاء الخطرة بواسطة (غير محمي) مؤخرة اليد الأصبع أداة سلك سلك سلك
الرقم المميز الثاني	0 1 2 3 4 5 6 7 8	من دخول الماء مع التأثيرات الضارة (غير محمي) تنقيط رأسي تنقيط (مائل ١٥°) رش تناثر تدفق تدفق قوي غمر مؤقت غمر مستمر	
حرف إضافي (اختياري)	A B C D	–	من الدخول إلى الأجزاءالخطرة بواسطة مؤخرة اليد الأصبع أداة سلك
حرف تكميلي (اختياري)	H M S W	معلومات تكميلية خاصة بـ: أجهزة الجهد العالي الحركة أثناء اختبار الماء الثبات أثناء اختبار الماء ظروف الطقس	–

جدول و ٦٩ : عناصر لائحة رمز الحماية الدولية (IP)

أمـثلة لاسـتخـدام الحـروف في رمز الحـمـاية

الدولية IP "ح د"

توضح الأمثلة التالية استخدام وترتيب الحروف في الرمز IP.

IP44– لا حروف، لا خيارات.

IPX5– حذف الرقم المميز الأول.

IP2X– حذف الرقم المميز الثاني.

IP20C– إستخدام حرف إضافي.

IPXXC– حذف كلا الرقمين المميزين، - استخدام حرف إضافي.

IPX1Cحذف الرقم المميز الأول ، - استخدام حرف إضافي.

IP3XDحذف الرقم المميز الثاني ، - استخدام حرف إضافي .

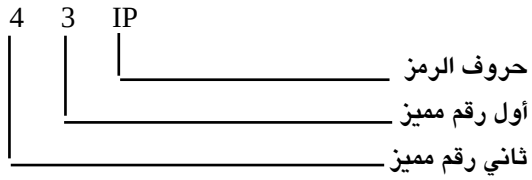
IP23S– استخدام حرف تكميلي.

IP21CM– استخدام حرف إضافي وحرف تكميلي.

IPX5/IPX7– تعطي رقمين مختلفين للحماية بواسطة غلاف خارجي من نوافير الماء والغمر المؤقت في الماء للاستخدام المتعدد.

أمثلة للمميزات مع الرمز IP

■ رمز IPعند عدم استخدام حروف اختيارية:



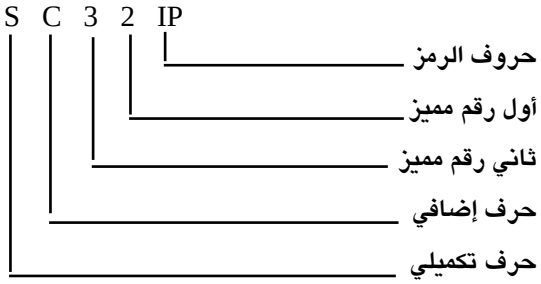
غلاف خارجي بهذا المميز (المميز IP)

(3)– يحمي الأشخاص، تداول أدوات ذات قطر ٢,٥مم وأكبر، دون الوصول إلى الأجزاء الخطرة.

-يحمي المعدات التي في داخل الغلاف الخارجي من دخول الأشياء الغريبة المصمتة ذات قطر ٢,٥مم وأكبر.

(4)يحمي المعدات التي في داخل الغلاف الخارجي من المؤثرات الضارة نتيجة للماء المتناثر مقابل الغلاف الخارجي من أي اتجاه.

■ رمز IPيستخدم حروفاً اختيارية:



غلاف خارجي مع هذا المميز(الرمزIP).

- (2)يحمي الأشخاص من الوصول إلى الأجزاء الخطرة بواسطة الأصابع.

-يحمي المعدات داخل الغلاف الخارجي من دخول الأشياء الغريبة المصمتة ذات قطر ١٢,٥ مم وأكبر.

(3)يحمي المعدات داخل الغلاف الخارجي من المؤثرات الضارة نتيجة لرش الماء للغلاف الخارجي.

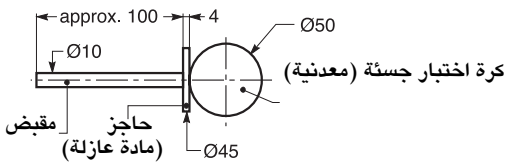
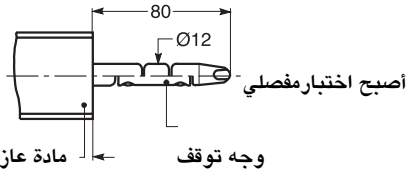
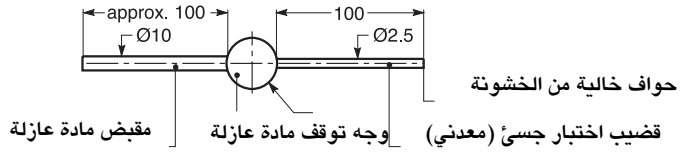
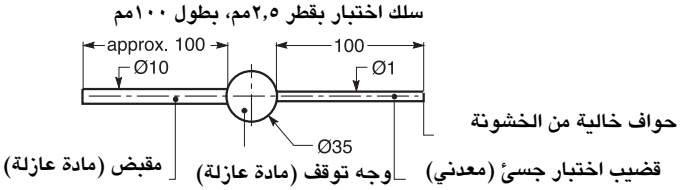
(C)يحمي الأشخاص الذين يتداولون أدوات ذات قطر ٢,٥مم فأكبر وطول لا يتجاوز ١٠٠مم من الوصول إلى الأجزاء الخطرة (يمكن أن تتغلغل الأداة في الغلاف الخارجي حتى كامل طولها) ؛

(S)تم اختباره للحماية من المؤثرات الضارة نتيجة دخول الماء عندما تكون جميع أجزاء المعدة ثابتة (العضو الدوار لماكينة دوارة).

وصف مستفيض لاندماجات الأرقام الممكنة للمتطلبات الوقائية يكون خارج مجال هذا الدليل ، ومن أجل المعلومات الإضافية والتفاصيل الكاملة لمتطلبات الاستخدام والاختبار للرمزIP، يمكن للقارئ الرجوع إلى (١٩٨٩) .IEC529

الوصول إلى داخل غلاف خارجي وقائي

في حالة التشغيل العادي، تكون أبواب الدخول والفواصل القابلة للفك من أجل الصيانة مغلقة، إلا أن معظم الأغلفة الخارجية تكون مزودة بفتحات تهوية. ويعتبر إجراء الضبطات من خلال الفتحات بواسطة الأدوات (مفكات – مفاتيح لقمة ، إلخ) من الخارج أيضاً شائعة، بينما يتم الدخول المحدود إلى بعض أقسام "آمنة" لغلاف خارجي بصفة متكررة (غالباً) من خلال فتحات يدوية أسفل لوحة قابلة للفك. ويمكن أن تقود تلك التغلغلات– مالم تكن الترتيبات الداخلية قد صممت بعناية لمنع ذلك– إلى تلامس عرضي مع الأجزاء المكهربة. الشكل و٧٠ يوضح مجسات اختبار للـ IEC وهي مخصصة لاثبات كفاية الحماية من هذه الأخطار، ورمز IP المناظر لكل مجس.

الرقم الأول	حرف إضافي	محبس الدخول	قوة الاختبار
١	A	كرة بقطر ٥٠مم 	٥٠ نيوتن ± ١٠٪
٢	B	أصبح اختبارمفصلي 	١٠ نيوتن+ ١٠٪
٣	C	قضيب اختبار بقطر ٢,٥مم ، بطول ١٠٠مم 	٣ نيوتن ± ١٠٪ تقريباً
٤	D	سلك اختبار بقطر ٢,٥مم، بطول ١٠٠مم 	١ نيوتن ± ١٠٪

الشكل و٧٠– مجسات الدخول الخاصة باختبارات حماية الأشخاص من الوصول إلى الأجزاء الخطرة.

الحماية من الصدم الميكانيكي

إن اختيار المعدات طبقاً لرمز كاف من IPيمكن أن يضمن السلامة فقط إذا كان الغلاف الخارجي متيناً بدرجة كافية لتحمل الاجهادات الميكانيكية المتوقعة– قوى الصدم مثلاً– دون تلف يؤثر عكسياً على تصنيفها من حيث درجة الحماية الدولية IP.

لذا ينبغي أن تشتمل المواصفات الفنية لتلك المعدات على الرمز الملائم منAG (AG1 أو AG2أو AG3) تبعاً لشدة اجهادات الصدم المحتملة كالمدونة في الجدول (و٦٧).

لقد تم إجراء "توافق" لاختبارات شدات الصدم القياسية في نوفمبر ١٩٩٣ دولياً، وتم اعتمادها على أربعة مستويات لطاقة الصدم، أي:

المستوى	الطاقة بالجول
١	٠,٢٥٥
٢	٢,٠
٣	٦,٠
٤	٢٠,٠

الحماية من التآكل (الصدأ)

لأسباب مشابهة لتلك المشار إليها أعلاه (أي، التخفيض المحتمل في درجة الحماية المطلوبة نتيجة للمؤثرات الخارجية)، فإن احتمال ضعف الأغلفة الخارجية أو توسعة (زيادة مساحة) الفتحات وما شابه بسبب التآكل يجب أيضاً إعطائه الاعتبار المناسب.

ويمكن الإشارة إلى شدة البيئة المسببة للتآكل في المواصفات الفنية للمعدات بواسطة الرمز AF (AF1أو AF2أو AF3 أو AF4) كالمدونة في الجدول و٦٧ ، والمحددة في البند الفرعي ٣٢١ من IEC 364-3 .

Schneider Electric

١/١ الصدمة الكهربائية .

عندما يمر تيار يزيد على ٣٠ ملي أمبير خلال جزء من جسم الإنسان، فإن الشخص الذي يتعرض لذلك يكون في خطر بالغ إذا لم يتم فصل التيار في زمن قصير جداً.

إن حماية الأشخاص ضد الصدمة الكهربائية في تركيبات الجهد المنخفض يجب أن تتم بشكل متطابق مع المواصفات القياسية الوطنية الملائمة واللوائح التنظيمية والقواعد التطبيقية، والأدلة الإرشادية الرسمية، والنشرات الدورية، الخ. ويشمل ذلك المواصفات القياسية المعنية للهيئة الدولية الكهروتقنية (هـ د ك) التالية:

هـ د ك ٣٦٤، هـ د ك ٤٧٩-١، هـ د ك ٧٥٥، هـ د ك ١٠٠٨، هـ د ك ١٠٠٩، هـ د ك ٩٤٧-٢ الملحق ب.

الصدمة الكهربائية:

الصدمة الكهربائية هي التأثير المرضي (الفسيولوجي) على وظائف أعضاء الجسم عند مرور تيار كهربائي خلال الجسم البشري.

ويؤثر مرور هذا التيار بشكل أساسي على وظائف الدورة الدموية والتنفسية وأحياناً ينتج عنه حروق خطيرة.

وتتوقف درجة الخطر على الضحية على قيمة التيار المار، وعلى أجزاء الجسم التي يمر خلالها، ومدة مرور هذا التيار.

وتعرِّف النشرة الدولية الكهروتقنية هـ د ك ٤٧٩-١ أربع مناطق لـ قيمة التيار / المدة الزمنية، يتم في كل منها وصف التأثيرات الفسيولوجية المرضية " شكل ز١ " . أي شخص يتلامس مع مادة معدنية مكهربة سوف يتعرض لخطر الصدمة الكهربائية.

ويوضح المنحنى جـ١ (من الشكل ز١) أنه عند مرور تيار أكبر من ٣٠ ملي أمبير خلال جزء من الجسم البشري، فإن الشخص المعرض. لذلك قد يموت مالم يتم فصل التيار في وقت قصير نسبياً.

١) غير مدرك بالحس

٢) يمكن إدراكه بالحس

٣) تأثيرات قابلة للإنعكاس

تشنجات عضلية

٤) احتمالية تأثيرات غير قابلة للانعكاس

C1: لا يوجد انقباض عضلي للقلب.

C2: ٥٪ احتمالية انقباض عضلي للقلب.

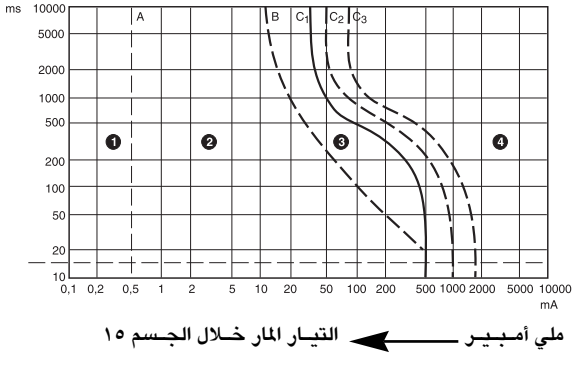
C3: ٥٠٪ احتمالية انقباض عضلي للقلب.

إن النقطة ٥٠٠ ملي ثانية/١٠٠ ملي أمبير القريبة من المنحنى (C1) تناظر احتمالية الانقباض العضلي للقلب بدرجة ٠,١٤٪.

إن حماية الأشخاص ضد الصدمة الكهربائية في تركيبات الجهد المنخفض يجب أن تتم بشكل مطابق مع المواصفات القياسية الوطنية الملائمة واللوائح التنظيمية والقواعد التطبيقية، والأدلة الإرشادية الرسمية، والنشرات الدورية، الخ. ويشمل ذلك المواصفات القياسية المعنية للهيئة الدولية الكهروتقنية (هـ د ك) التالية:

هـ د ك ٣٦٤، هـ د ك ٤٧٩-١، هـ د ك ٧٥٥، هـ د ك ١٠٠٨، هـ د ك ١٠٠٩، هـ د ك ٩٤٧-٢ الملحق ب.

ج٣ ج٢ ج١ ب



الشكل ز١: المنحنى (C1من المواصفة (IEC479-1يعرِّف حدود سعة التيار / المدة الزمنية التي لا يجب تجاوزها.

٢/١ التلامس المباشر وغير المباشر

تميز المواصفات القياسية والقواعد التنظيمية بين نوعين من التلامسات الخطيرة:

التلامس المباشر

التلامس غير المباشر

والتدابير الوقائية المناظرة لذلك.

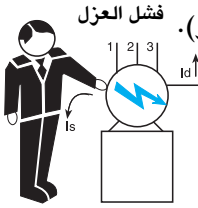
التلامس المباشر:

يعود التلامس المباشر إلى قيام شخص بالتلامس مع موصل يكون مكهرباً في الظروف العادية.

الشكل ز٢: تلامس مباشر : ISتيار تلامس

التلامس غير المباشر:

يعود التلامس غير المباشر إلى قيام شخص بالتلامس مع جزء موصل والذي يكون عادة غير مكهرب، ولكنه يصبح مكهرباً مصادفة (بسبب فشل العزل أو لسبب آخر).



الشكل ز٣: تلامس غير مباشر: Id تيار فشل العزل

٢- الحماية ضد التلامس المباشر

يتم غالباً فرض تدبيرين وقائيين ضد التلامس المباشر وذلك نظراً لأنه خلال التطبيق العملي فإن التدبير الأول قد لا يبرهن على نجاحه.

يستخدم بشكل عام تدبيران مكملان لبعضهما البعض كحماية ضد اخطار التلامس المباشر وهما:

- المنع الطبيعي للتلامس مع الأجزاء المكهربة بإستخدام حواجز أو عزل أو وسائل تمنع إمكانية الوصول إلى هذه الأجزاء... الخ.
- حماية إضافية في حالة حدوث التلامس المباشر، مع عدم الإقلال من التدابير المذكورة أعلاه. وتعتمد هذه الحماية على التيار المتبقى الذي يقوم بتشغيل مرحلات ذات فصل سريع وحساسية عالية، والتي تكون مؤثرة بشكل قوي في معظم حالات التلامس المباشر.

٢/١ تدابير الحماية ضد التلامس المباشر

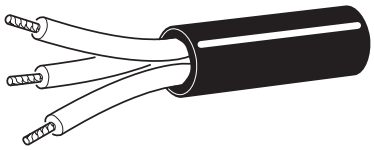
تقوم الهيئة الدولية الكهروتقنية (هـ د ك) وكذلك المواصفات القياسية الوطنية بالتمييز بين درجات الحماية كالتالي:

- كاملة (عزل وأغلفة)
- جزئية أو خاصة

تدابير للحماية الكاملة

الحماية عن طريق عزل الأجزاء المكهربة.

تتكون هذه الحماية من عزل يتطابق مع المواصفات القياسية المعنية. علماً بأن الدهانات والطلاء بالورنيش لا يوفر حماية جيدة.



الشكل ز٤: حماية ملازمة ضد التلامس المباشر بإستخدام عزل للكابلات ثلاثية الطور مع غلاف خارجي.

ز

الحماية باستخدام حواجز أو أغلفة.

هذا التدبير له استخدام واسع الانتشار نظراً لأن كثيراً من المكونات والمواد تركب داخل خزائن ودعائم ولوحات تحكم وأغلفة لوحات توزيع.. الخ. وحتى يمكن اعتبار أن هذه الوسائل توفر حماية فعّالة ضد أضرار التلامس المباشر، فإن هذه الأجهزة يجب أن يكون لها درجة حماية مساوية على الأقل IP2Xأو IPXXB) انظر الفصل (و)، البند الفرعي ٢/٧).

وأكثر من ذلك فإن أي فتحة في الغلاف (باب أو لوح أو درج .. الخ) يجب فكه أو فتحه أو سحبه بإحدى الطرق التالية:

- إستخدام مفتاح أو أداة متوفرة لهذا الغرض، أو
- بعد عزل كامل للأجزاء المكهربة في الغلاف، أو
- بفعل اوتوماتيكي لمصراع معدني معترض يتم إزالته فقط بإستخدام مفتاح أو أداة.

ويجب أن يكون الغلاف المعدني وجميع المصاريع مربوطة إلى موصل التأريض الوقائي الخاص بالتركيبات.

الشكل ز٥: مثال لمنع التلامس المباشر بإستخدام غلاف معدني مؤرض

تدابير جزئية للحماية

الحماية باستخدام عوائق أو عن طريق وضع المعدَّة بحيث لا يمكن الوصول إليها.

هذا التطبيق يتعلق بالمواقع التي يمكن فقط للأشخاص المؤهلين أو المسئولين الوصول إليها.

تدابير خاصة للحماية

الحماية باستخدام نظم جهد السلامة فائق الانخفاض(SELV) .

هذا الإجراء يستخدم فقط في الدوائر ذات القدرة المنخفضة وفي ظروف معينة كما هو موضح بالبند الفرعي ز٥/٣.

ز

٢/٢ إجراء إضافي للحماية ضد التلامس المباشر

إجراء إضافي للحماية ضد أخطار التلامس المباشر يتم توفيره باستخدام أجهزة تعمل بالتيار المتبقى عند ٣٠ ملي أمبير أو أقل ويشار إليها (RCDS) ذات حساسية عالية.

جميع تدابير الحماية السابقة تعتبر اجراءات تعويقية، ولكن التجارب أوضحت أنه لأسباب متعددة فإنه لا يمكن اعتبارها مؤكدة النجاح. ومن بين هذه الأسباب ما يلي:

- القصور في توفير الصيانة الجيدة
- الاهمال والإجراءات غير الحكيمة .
- التهتك العادي (أو غير العادي) والتمزق للعزل، مثال ذلك إنثناء وتآكل أطراف التوصيل.
- التلامس العرضي (غير المقصود)
- الغمر في الماء، الخ– الحالة التي يكون فيها العزل غير فعَّال.

ولوقاية المستخدمين من مثل هذه الظروف فإنه يجب استخدام أجهزة عالية الحساسية وسريعة الفصل تعتمد على اكتشاف التيار المتبقى الواصل إلى الأرض (والذي قد يكون خلال جسم الإنسان أو الحيوان أو غير ذلك) وذلك لفصل مصدر التغذية تلقائياً، وبسرعة كافية لمنع حدوث ضرر دائم أو وفاة بواسطة الكهرباء لإنسان يتمتع بصحة جيدة.

الشكل ز٦: جهاز يعمل بالتيار المتبقى (RCD)عالي الحساسية

تفرض اللوائح التنظيمية للتمديدات الكهربائية المذكورة في IEC استخدام أجهزة وقاية (RCDs)على الدوائر التي تغذي مخارج المقابس، المركبة في مواقع خاصة ذات أجواء خطيرة، أو تستخدم لأغراض خاصة.

وبعض اللوائح التنظيمية الوطنية تفرض استخدام هذه الأجهزة على جميع الدوائر التي تغذي مخارج المقابس (البرايز).

هذه الأجهزة تعمل على أساس التيار الفرقي والذي يكون فيه أي اختلاف بين التيار الداخل إلى الدائرة والخارج منها (في نظام يتم تغذيته من مصدر مؤرض) يجب أن يسري إلى الأرض إما خلال عزل رديء أو خلال تلامس لجسم مؤرض– مثل شخص– مع موصل مكهرب.

إن أجهزة التيار المتبقى القياسية – المشار إليها بـ (RCDs) والتي تكون ذات حساسية كافية للوقاية من التلامس المباشر يتم تقنينها عند ٣٠ ملي أمبير للتيار الفرقي (التفاضلي) أما مقننات الـ IEC القياسية الأخرى

لأجهـزة (RCDs) العاليـة الحسـاسية فـهي ١٠ ملي أمبـير و٦ ملي أمـبيـر (تستخـدم عادة لحـماية جـهاز منفـرد). هذه الوقاية الإضـافية يتـم فرضهـا في بلدان معـينة للدوائر التي تغذي مـقابس مقننـها لا يزيد على ٣٢ أمـبيـر، وأحيـاناً أعلى من ذلك إذا كان الموقع رطبـاً و/أو مؤقتاً (كمواقع العمل مثلا).

وفي الفـصل ك، القـسـم ٣ جـرى ذكـر المواقع العـامـة المخـتلفة الـتي يكون فيـهـا تركـيب أجهـزة (RCDs) العاليـة الحساسـية الزاميـاً (في بعض البلدان)، ولكن على أية حال، يوصى باستخدامها كوقاية فعَّالة ضد كلٍ من أخطار التلامس المباشر وغير المباشر.

٣- الحماية ضد التلامس غير المباشر

تُلزم اللوائح الوطنية التي تغطي تركيبات الجهد المنخفض أو توصي بقوة تأمين الأجهزة اللازمة للوقاية ضد التلامس غير المباشر.

تدابير الوقاية هي:

- الفصل التلقائي للمنبع (عند اكتشاف العطل الأول أو الثاني، وهذا يعتمد على نظام التأريض
- تدابير خاصة طبقاً للظروف

تكون المواد الموصلة (١) التي تستخدم في تصنيع جهاز كهربائي– والتي لا تمثل جزءاً من دائرة الجهاز– مفصولة عن الأجزاء المكهربة بواسطة عزل أساسي. وانهيار هذا العزل الأساسي سوف ينتج عنه أن تصبح الأجزاء الموصلة مكهربة.

أما ملامسة جزء ما– غير مكهرب عادة– في جهاز كهربائي والذي يصبح مكهرباً نتيجة انهيار عزله، فيشار إليه على أنه تلامس غير مباشر وهناك تدابير متنوعة تستخدم للوقاية من هذا الخطر، وتشمل ما يلي:

- الفصل التلقائي لمنبع القدرة المغذي للجهاز المعني.
- ترتيبات خاصة مثل:
  - استخدام مواد عازلة فئة IIأو ذات درجة عزل مكافئة .
  - موقع غير موصل– لا يمكن الوصول إليه–أو حواجز(٢) معترضة.
  - موضع متساوي الجهد
  - إنفصال كهربائي بإستخدام محولات فاصلة.

(١) المواد الموصلة (عادة معدن) والتي يمكن أن يتم لمسها دون فك الجهاز، يشار إليها كأجزاء موصلة مكشوفة.

(٢)تعريف مقاومات الحوائط والأرضية والسقف لموقع غير موصل معطاه في البند ز٣–٥.

١/٣ تدبير وقاية باستخدام الفصل التلقائي للمنبع

يمكن أن تتحقق الحماية ضد أخطار التلامس غير المباشر بإستخدام الفصل التلقائي للمنبع إذا كانت الأجزاء الموصلة المكشوفة للجهاز مؤرضة بشكل جيد.

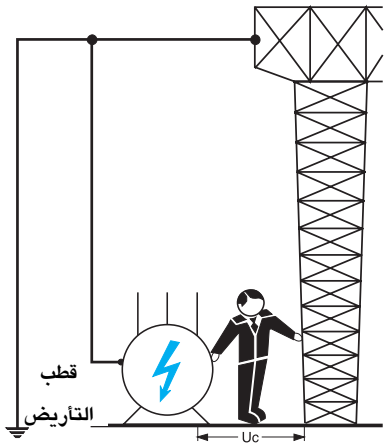
قاعدة أساسية

يعتمد التدبير الوقائي على متطلبين أساسيين:

- تأريض جميع الأجزاء الموصلة المكشوفة للجهاز في التركيبات والتكوين لشبكة ربط متساوية الجهد (انظر البند الفرعي و٤/١).
- الفصل التلقائي للقسم المعني من التركيبات بطريقة يراعى فيها متطلبات السلامة لجهد اللمس/الزمن لأي مستوى لجهد اللمس (٣) Uc

(٣) جهد اللمس :Uc

جهد اللمس هو الجهد الموجود (كنتيجة لإنهيار العزل) بين جزء موصل مكشوف وأي عنصر موصل يمكنه الوصول إلى هذا الجزء ويكون (عادة مؤرض) عند جهد مختلف. وكلما كانت قيمة Ucكبيرة كلما كانت سرعة الفصل المطلوبة لتوفير الوقاية كبيرة (انظر الجداول ز/٨، ز/٩). اعلى قيمة للجهد Uc التي يمكن السماح بها بدون خطر على الإنسان تسمى حد جهد اللمس الاصطلاحي (U_L) .



الشكل رقم ز/٧: في هذا الشكل يكون جهد التلامس الخطير من يد إلى يد.

في التطبيق العملي تعتمد أزمنة الفصل واختيار خطط الوقاية المستخدمة على نوع نظام التأريض المعني TT أو TNأو IT. بيانات دقيقة معطاة في الفقرات المناظرة

حدود زمن الفصل النظري:

جهد اللمس المفترض (فولت)	أقصى زمن فصل للجهاز الوقائي (ثواني)	
	تيار متردد	تيار مستمر
< ٥٠	٥	٥
٥٠	٥	٥
٧٥	٠,٦٠	٥
٩٠	٠,٤٥	٥
١٢٠	٠,٣٤	٥
١٥٠	٠,٢٧	١
٢٢٠	٠,١٧	٠,٤٠
٢٨٠	٠,١٢	٠,٣٠
٣٥٠	٠,٠٨	٠,٢٠
٥٠٠	٠,٠٤	٠,١٠

الجدول رقم ز/٨: أقصى مدة سلامة للقيم المفترضة لجهد اللمس في الحالات التي يكون فيها UL = 50 فولت (١).

(١)مقاومة الأرضيات وتآكل الأحذية محسوب في هذه القيم.
بالنسبة لمعظم المواقع فإن أقصى جهد لمس مسموح به (ULهو ٥٠ فولت. بالنسبة لمواقع خاصة ويتم تخفيض هذا الحد إلى ٢٥ فولت. انظر ز/٤/١ والبند ك/٣.

جهد اللمس المفترض (فولت)	أقصى زمن فصل للجهاز الوقائي	
٢٥	٥	٥
٥٠	٠,٤٨	٥
٧٥	٠,٣٠	٢
٩٠	٠,٢٥	٠,٨٠
١١٠	٠,١٨	٠,٥٠
١٥٠	٠,١٢	٠,٢٥
٢٣٠	٠,٠٥	٠,٠٦
٢٨٠	٠,٠٢	٠,٠٢

الجدول رقم ز/٩: أقصى مدة سلامة للقيم المفترضة لجهد اللمس في الحالات التي يكون فيها UL = ٢٥ فولت

٢/٣ الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TT (تابع)

يحدث الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TT عن طريق جهاز يعمل بالتيار المتبقي RCD ذي حساسية مقدارها:

$$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_A} = \frac{50V^*}{R_A}$$

حيث RA = مقاومة قطب التأريض للتركيبات.

*٢٥ فولت في بعض الحالات الخاصة.

قاعدة أساسية

في هذا المخطط يجب أن توصل جميع الأجزاء الموصلة المكشوفة والخارجية بقطب تأريض مشترك. ويكون محايد نظام منبع التغذية مؤرضاً عادة عند نقطة تقع خارج منطقة تأثير القطب الخاص بالتركيبات، حيث لا يجب أن يكون كذلك. وهذا يعني أن معاوقة حلقة عطل التأريض سوف تتكون أساساً من قطبين أرضيين (أي قطب مصدر التغذية، وقطب التركيبات) على التوالي، بحيث يكون مقدار تيار العطل الأرضي عامة صغير جداً بحيث لا يمكنه تشغيل مرحلات التيار الزائد والمصاهر ويكون استخدام تشكيلة للوقاية التي تعمل بالتيار التفاضلي ضرورياً.

وتسري هذه القاعدة الأساسية للوقاية أيضاً في حالة استخدام قطب أرضي واحد مشترك، وجدير بالذكر أنه في حالة المحطة الفرعية للمستهلكين والتي تقع في نطاق موقع التركيبات، حيث قد تفرض تحديدات المكان استخدام نظام تأريض TN، ولكن لا يتم استيفاء جميع الشروط الأخرى المطلوبة في نظام TN.

تتأكد الوقاية التلقائية لتركيب ذي نظام تأريض باستخدام جهاز RCD ذي حساسية

$$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_A} = \frac{50V}{R_A}$$

حيث RA = مقاومة قطب التأريض للتركيبات

$I\Delta n$ = المستوى التشغيلي للتيار التفاضلي المقنن.

بالنسبة لمصادر التغذية المؤقتة (مواقع التشغيل..الخ)، والمؤسسات الزراعية والبستانية فإن قيمة UL في العلاقة المذكورة أعلاه يجب أن تستبدل لتكون ٢٥ فولت .

مثال:

مقاومة قطب تأريض المحايد للمحطة الفرعية (Rn) هو ١٠ أوم.

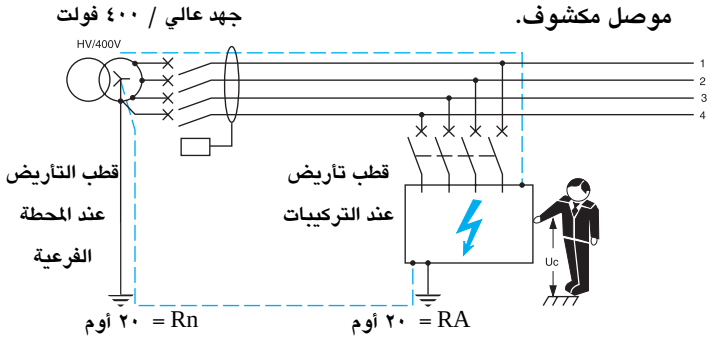
مقاومة قطب التأريض للتركيبات (RA) هو ٢٠ أوم.

تيار العطل الأرضي Id = ٧,٧ أمبير.

جهد التلامس $U_C = I_d R_A$ = ١٥٤ فولت ولذلك يعتبر خطيراً، ولكن،

$I\Delta n = \frac{50}{20}$ = ٢,٥ أمبير

لذلك فإن جهاز RCD الذي له تيار قياسي ٣٠٠ ملي أمبير سوف يعمل في خلال ٣٠ ملي ثانية لإزالة الحالة التي يظهر فيها جهد تلامس ٥٠ فولت أو أكثر على جزء موصل مكشوف.



الشكل رقم ز١٠: الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TT

٢/٣ الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TT

إن أزمنة الفصل لأجهزة RCDs تكون عادة أقل من تلك التي تم وصفها في معظم المواصفات القياسية الوطنية، وهذه الميزة تسهل استخدامها وتسمح باستخدام خطة فعَّالة من أجل الحماية المميزة.

زمن الفصل المحدد

RCDهو مصطلح عام لجميع الأجهزة التي تعمل أساساً بالتيار المتبقي. ×) RccBقاطع الدائرة الذي يعمل بالتيار المتبقي) كما هو معرَّف في مواصفات هـ د ك ١٠٠٨ يعتبر فئة خاصة من RCD.

النوع) Gعام) والنوع) Sانتقائي) لديهما خصائص زمن فصل/ تيار كما هو موضح في الجدول ز,١١ هذه الخصائص تسمح بدرجة معينة للفصل الانتقائي بين المجموعات المؤتلفة العديدة للمقنن والنوع كما سيوضح بعد ذلك في البند الفرعي ٣/٤ .

xI∆n	١	٢	٥	٥<
لحظي (ملي ثانية)	٣٠٠	١٥٠	٤٠	٤٠
منزلي				
النوع) Sملي ثانية)	٥٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٥٠
صناعي الضبط١** (ملي ثانية)	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠

*مارلين جيرين

الجدول رقم ز١١: أقصى أزمنة تشغيل لـ (RCCBsهـ د ك ١٠٠٨).

**ملاحظة: استخدام الاصطلاح "قاطع دائرة" لا يعني أن الجهاز RCCBيمكنه أن يقطع تيارات دائرة القصر. لمثل هذه المهمات فإن RCDيعرف بـ "O") RCBOsللتيار الزائد) ويجب استخدامها كما هو محدد في هـ د ك ١٠٠٩ .

٣/٣ الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تأريض TN

إن القاعدة الأساسية لنظام التأريض TNهي ضمان أن تيار العطل الأرضي سوف يكون كافياً لتشغيل أجهزة الوقاية من التيار الزائد (فصل بالفعل المباشر ومرحلات تيار زائد ومصاهر) بحيث

$$La \leq \frac{U_O}{Z_S} \text{ or } 0.8 \frac{U_O}{Z_C}$$

قاعدة أساسية

في هذا المخطط يتم توصيل جميع اجزاء التركيبات المكشوفة أو الاجزاء الدخيلة الموصلة مباشرة إلى نقطة مؤرضة لمصدر القدرة وذلك بواسطة موصلات وقائية. وكما هو موضح في الفصل "و"، البند الفرعي ٢/٤، فإن الطريقة التي يجرى بها هذا التوصيل المباشر تعتمد عما إذا كان سيستخدم نظام تأريض TN-C أو TN-S أو TN-C-S كطريقة لإنجاز نظام TN أساساً. الشكل ز١٢ يوضح طريقة TN-Cوالذي يعمل فيها الموصل المحايد عمل كل من الموصل الأرضي الوقائي والموصل المحايد (PEN).

وفي جميع ترتيبات نظام TN، فإن أي عطل أرضي للعزل ينشأ عنه دائرة قصر محايد– طور. إن مستويات تيار العطل العالية تعمل على تسهيل متطلبات الوقاية ، ولكن يمكن أن تعطى ارتفاعاً لجهود تلامس تزيد على ٥٠٪ من جهد طور– إلى – محايد عند موضع العطل خلال زمن الفصل الوجيز.

لذلك، ففي التطبيق العملي يتم عادة تركيب أقطاب تأريض على مسافات على امتداد محايد شبكة مصدر التغذية.

بينما يحتاج المستهلك عامة تركيب قطب تأريض واحد عند موضع الخدمة. أما في التركيبات الكبيرة فيتم تركيب أقطاب تأريض إضافية حول المباني غالباً لتقليل جهد اللمس على قدر المستطاع.

بالنسبة للمباني السكنية العالية الارتفاع، يتم توصيل جميع الأجزاء الموصلة العرضية إلى الموصل الوقائي عند كل مستوى. ولضمان الوقاية الكافية فإن تيار العطل الأرضي:

$$Id=\frac{U_O}{Z_S} \text{ or } 0.8 \frac{U_O}{Z_C} \geq La$$

حيث:

Uo= جهد محايد – طور الاسمي

Zs=معاوقة حلقة تيار العطل الأرضي.

وتساوي مجموع معاوقات المصدر

وموصلات الطور الحاملة للتيار حتى موضع العطل، والموصلات الوقائية العائدة من موضع العطل إلى المصدر.

Zc = معاوقة حلقة الدائرة العاطلة.

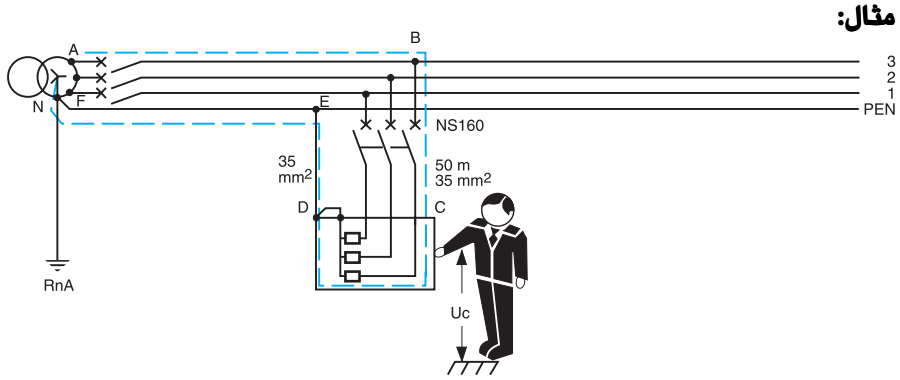
(انظر " الطريقة الاصطلاحية " البند الفرعي ٢/٥) .

ملاحظة: المسار من خلال أقطاب التأريض العائد إلى المصدر سوف يكون له (على العموم) قيم معاوقة أعلى من تلك المبينة أعلاه ولا يحتاج الأمر أخذها في الحسبان.

Id = تيار العطل

Ia = تيار يساوي القيمة المطلوبة لتشغيل الجهاز الوقائي في الزمن المحدد.

مثال:



الشكل رقم ز١٢: الفصل التلقائي لتركيب ذي نظام تاريض TN

في الشكل ز١٢ يكون جهد اللمس :

Uc= $\frac{٢٣٠}{٢}$ = ١١٥فولت

ولذلك يعتبر خطيراً.

المعاوقة Zs للحلقة =

$Z_{NA}+Z_{EN}+Z_{DE}+Z_{BC}+Z_{AB}$

إذا كانت ZBC و ZDE هي السائدة عندئذ تكون

$2\rho=ZS$ $\frac{L}{S}$ = ٦٤,٣ ملي أوم.

لذلك يكون : Id= $\frac{٢٣٠}{٦٤,٣}$ =٣,٥٧٦ أمبير

(In 22 على أساس قاطع دائرة ١٦٠ أمبير)

ويكون ضبط جهاز الفصل المغناطيسي "اللحظي" لقاطع الدائرة أقل بكثير من هذه القيمة، بحيث يتم التأكد من التشغيل الإيجابي في أقل زمن ممكن .

ملاحظة:

بعض الجهات المسئولة تتبع هذه الحسابات بغرض حدوث فقد في الجهد ٢٠٪ في الجزء الخاص ، بـ impedance loop BANE .

هذه الطريقة المقترحة في الفصل (ز) البند الفرعي ٢/٥ "الطريقة الاصطلاحية" وفي هذا المثال سوف تعطي تيار عطل مقداره:

$\frac{٢٣٠ \times ٠,٨ \times ١٠^{٣}}{٦٤,٣}$ = ٢٨١٦ أمبير

(In18 =)

يعتمد أقصى زمن قطع مسموح به في نظام التأريض TN على الجهد الإسمي للنظام.

أزمنة القطع القصوى المحددة

الأزمنة المحددة هي دالة لفرق الجهد الاسمي بين الطور والأرضي. والتي هي الجهد بين الطور والمحايد بالنسبة لكل الأغراض العملية في نظم TN.

(Uoفولت) طور/ محايد	زمن القطع (بالثواني) حيث Uمنخفض= ٥٠ فولت (انظر ملحوظة ٢)
١٢٧	٠,٨
٢٣٠	٠,٤
٤٠٠	٠,٢
٤٠٠<	٠,١

جدول ز١٣: أزمنة القطع القصوى والمحددة لمخططات التوصيل TNبالأرضي (IEC 364-4-41).

ملحوظة١ : وهي فترة زمنية أطول من تلك المحددة في الجدول (إلا أنها في كل الأحوال أقل من ٥ ثواني) يسمح لها تحت ظروف معينة لدوائر التوزيع مثل الدوائر النهائية التي تغذي جهازا ثابتاً بشرط ألا يتسبب عن ذلك ظهور جهد تماس خطر على جهاز آخر. وتوصي IECوعدد من اللوائح الوطنية بتوفير وصل متكافئة الجهد لكل الأجزاء الموصلة المتفرقة والمكشوفة والتي يمكن ملامستها في نفس الوقت، في أي مكان حيث تكون مخارج التيار مركبة، والتي يمكن توصيل أجهزة محمولة أو متنقلة بها. والخط الرئيسي المشترك متكافيء الجهد مركب في كابينة (صندوق) لوحة التوزيع الخاص بالمكان المعني.

ملحوظة٢:عندما يكون حد فرق الجهد
٠,٣٥ ثانية لـ ١٢٧ فولت
٠,٢ ثانية لـ ٢٣٠ فولت
٠,٠٥ ثانية لـ ٤٠٠ فولت
إذا كانت الدوائر المعنية هي دوائر نهائية. فإن هذه الأزمنة يمكن تحقيقها بسهولة باستعمال أجهزة التيار المتبقي RCDs .

ملحوظة٣: إن استعمال أجهزة التيار المتخلف كما ذكر في ملحوظة ٢ يمكن أن يكون ضرورياً في نظم TNالمؤرضة . إن استعمال أجهزة التيار المتخلف على أنظمة TN-C-Sيعني أن الموصل الواقي والموصل المحايد لابد (وبشكل واضح) أن يفصلا عن بعضهما قبل جهاز التيار المتخلف. وهذا الفصل ينفذ عادة في موقع الخدمة.

الحماية بواسطة قاطع الدائرة

إذا كان بالإمكان توفير الحماية بواسطة قاطع التيار فيمكن التحقق من أن تيار الخطأ يتجاوز دائماً مستوى ضبط التيار لوحدة الفصل اللحظية أو بالتأخير الزمني القصير Im .

$$Im \leq \frac{U_o}{Z_s} \text{ or } \frac{0.8}{Z_c} *$$

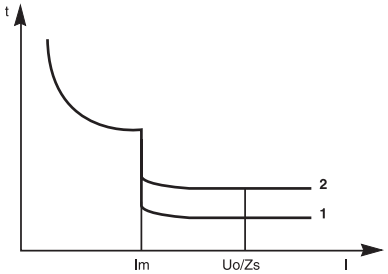
تبعاً لطريقة الحساب الاصطلاحية (انظر البند الفرعي ٥/٢)

تعمل وحدة فصل التيار اللحظية بقاطع الدائرة على إزالة خطأ قصر دائرة مع الأرضي في أقل من ٠,١ ثانية. وتبعاً لذلك فالفصل التلقائي في حدود الزمن الأقصى المسموح سوف يكون دائماً مضمونا، وما دامت كل أنواع وحدات الفصل مغناطيسية كانت أو الكترونية. لحظية كانت أو بها تأخير طفيف فإنها كلها مناسبة Ia=Im.

وعلى أي حال فالتفاوت الأقصى المقنن من المواصفات المعنية لابد أن يؤخذ دائما في الاعتبار.

ومع ذلك فإن من المقبول أن تيار الخطأ Uo/Zsأو ٠,٨ Uo/Zc المعين بالحسابات (أو تم تحديده في الموقع) يكون أكبر من تيار ضبط الفصل اللحظي أو مستوى منطلق الفصل ذو الزمن القصير جداً، لضمان حدوث الفصل داخل حدود الوقت المسموح به.

١- الفصل اللحظي .
٢- الفصل بتأخير زمن قصير.



شكل ز١٤: الفصل بواسطة قاطع الدائرة لتركيبات مؤرضة بنظام TN.

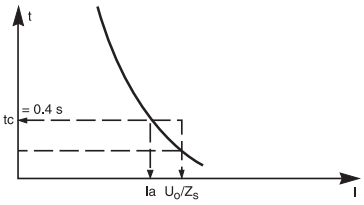
La يمكن تحديدها من منحنى أداء المصهر . وفي أية حال فالحماية لا يمكن تحقيقها إذا كانت المعاوقة الظاهرية للفه Zs أو Zc تتجاوز قيمة محددة .

الحماية بواسطة المصاهر

إن قيم التيار التي تضمن التشغيل السليم للمصهر يمكن التأكد منها من رسم اداء التيار مع الزمن للمصهر المقصود. فتيار الخطأ Uo/Zs أو ٠,٨ Uo/Zc كما قد تحدد من قبل لابد وأن يتجاوز بمقدار كبير القيم الضرورية لضمان التشغيل الايجابي للمصهر. والشرط الذي يجب ملاحظته لذلك هو:

$$Ia \leq \frac{U_o}{Z_s} \text{ or } 0.8 \frac{U_o}{Z_c}$$

كالموضح بالشكل ز ١٥ .



شكل ز١٥: الفصل بالمصاهر لتركيبات مؤرضة بنظام . TN

مثال: جهد الطور/المحايد الإسمي للشبكة هو ٢٣٠ فولت، وزمن القطع الأقصى المعطى من الرسم في شكل ١٥ز هو ٠,٤ ثانية. القيمة المقابلة لـ Ia يمكن قراءتها من الرسم باستخدام جهد ٢٣٠ فولت. والتيار Ia والمعاوقة الظاهرية الكاملة للدائرة أو معاوقة الدائرة يمكن حسابها من

$$Zc = \frac{٢٣٠}{Ia} \quad \text{أو} \quad Zc = \frac{٢٣٠}{Ia} (٠,٠٨)$$

قيمة المعاوقة هذه لابد ألا تتجاوزها أي قيمة ويفضل أن تكون فعلياً أقل لضمان أداء مرضٍ للمصهر.

٤/٣ الفصل التلقائي لخطأ أرضي ثانٍ لتركيب ذي نظام تأريض (IT)

في هذا النوع من الأنظمة:

- تكون التركيبات معزولة عن الأرض، وتكون النقطة المحايدة في مصدر التيار متصلة بالأرض من خلال معاوقة عالية.
- تكون كل الأجزاء الموصلة المكشوفة والمتفرقة قد تم تأريضها عن طريق قطب أرضي في التركيبات.

في مخطط IT ، عند حدوث الخطأ الأول للأرضي لن يتسبب عنه أي فصل .

الخطأ الأول

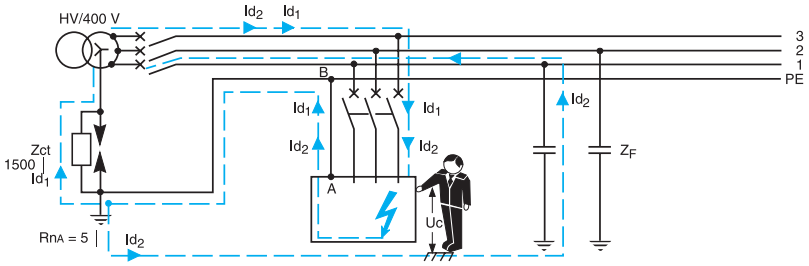
عند حدوث خطأ قصر دائرة مع الأرضي، المشار إليه بالخطأ الأول، يكون تيار الخطأ صغيراً جداً. بحيث تراعي القاعدة $Id \times RA \leqslant 50V$ انظر ز٣/٢) ولا يمكن حدوث جهد تماس خطر.

ويعتبر التيار Id من الناحية العملية غير فعال. وهي حالة ليست خطرة على الأفراد ولا ضرر منها على التركيبات.

ومن جهة ثانية ، في هذا النسق :

- لابد من توفير مراقبة دائمة لحالة العزل مع الأرضي مع إشارة إنذار(صوتي و/أو نور متقطع..إلخ)في حالة حدوث خطأ أرضي أول.
- التعرف على موقع الخطأ الأول وإصلاحه بسرعة يكون أحرى إذا تم إدراك الفوائد الكاملة لنظامIT .إن استمرارية الخدمة هي ميزة عظيمة يمكن أن تتحق من ذلك النظام.

شكل ز١٦: مُرحِّل مراقبة عزل الأطوار والأرضي (الزامي بالنسبة للتركيبات المؤرضة بنظام – IT) .



شكل ز١٧: مسارات تيار الخلل لخلل أرضي أول في تركيبات مؤرضة بنظام– IT.

مثال:

في شبكة كهربائية تتألف من ١ كيلومتر من الموصلات، كانت معاوقة التسرب (سعوية) مع الأرض ZF بمقدار ٣٥٠٠ أوم لكل طور. وفي التشغيل العادي (بغير خلل) لذا يكون تيار المكثف إلى الأرضي.

$$\frac{Uo}{ZF} = \frac{230}{3500} \times = 66mA \quad \text{(لكل طور)}$$

أثناء خطأ الطور مع الأرضي ، كما هو مبين في G17، فالتيار العابر خلال مقاومة القطب RnA هو المجموع المتجهي للتيارات المكثفة في الطورين الاثنين العاملين. إن الجهد في الطورين العاملين قد زاد (بسبب الخلل) إلى $\sqrt{3}$ لجهد الطور العادي ، بحيث أن التيارات السعوية تزداد بنفس المقدار، وهذان التياران متباعدان عن بعضهما بزاوية ٦٠°، بحيث أنهما عند إضافتهما متجهياً فإنهما يبلغان ٣× ٦٦مللي أمبير= ١٩٨ ملي أمبير، أي Id2في المثال الحالي.

ويكون جهد اللمس Uc بذلك ١٩٨×٥×١٠$^{-٣}$= ٠,٩٩ فولت والذي كما هو واضح غير ضار والتيار خلال التماس يعطي بالمحصلة المتجهة لتيار المقاومة المحايدة (Id1 153 مللي أمبير) والتيار السعوي Id2. حيث أن الأجزاء الموصلة المكشوفة للتركيبات موصلة مباشرة بالأرضي فإن المعاوقة المحايدة لا تلعب عملياً أي دور في انتاج جهود التماس مع الأرضي.

*تيار التسرب المقاوم مع الأرضي خلال العزل، يفترض أن يكون مهملا في هذا المثال.

حالة الخطأ الثاني

عند ظهور الخطأ الثاني على طور مختلف، أو على موصل محايد يكون الفصل السريع لازما للتخلص من الخلل ويختلف في كل من الحالات التالية:

الحالة الأولى: تختص بالتركيبات التي تكون كل الموصلات المكشوفة فيها موصلة مع موصل PE مشترك كما هو موضح في شكل ز١٩ . وفي هذه الحالة لا توجد أقطاب أرضية متضمنة في مسار تيار الخلل بحيث تضمن تيار خلل عالي المستوى واستعمال أجهزة حماية تقليدية لزيادة التيار، أي قواطع تيار ومصاهر .

ويمكن الخطأ الأول أن يحدث في نهاية دائرة بجزء بعيد عن التركيبات . بينما الخطأ الثاني يمكن تحديده عملياً عند النهاية الأخرى للتركيبات. ولهذا السبب فقد جرى اعتبار مضاعفة معاوقة لفة الدائرة عند حساب مستوى ضبط الخلل المتوقع لجهاز (أجهزة) الحماية من زيادة التيار.

إن الوجود المتزامن لخللين أرضيين (إذا لم يكن كليهما على نفس الطور) يعبر خطراً ، ويعتمد التخلص السريع بواسطة المصاهر أو فصل قواطع الدائرة الأتوماتيكي على نوع نسق توصيل الأرضي وإذا ما كانت أقطاب أرضية مستعملة آم لا في التركيبات المعنية.

■ حينما يشتمل النظام على موصل محايد بالإضافة إلى موصلات الأطوار الثلاثة، ستحدث تيارات خطأ تماس إذا ما كان واحدا من الخطأين من الموصل المحايد إلى الأرضي (كل الموصلات الأربعة معزولة عن الأرضي في مخطط IT).أما في تركيبات الكابلات الأربعة IT فإن فالجهد بين الطور والمحايد لابد وأن يستعمل لحساب المستويات الواقية من قصر الدائرة أي

$$(1)\ 0.8\ \frac{Uo}{2Zc} \geq La$$

حيث :

Uo = جهد الطور / المحايد ،

Zc = المعاوقة لملف تيار الخطأ للدائرة (انظر ز٣/٣) ،

Ia = مستوى التيار لقيمة ضبط الاعتاق .

إذا لم يكن هناك موصل محايد، فعندئذ تكون قيمة الجهد المستخدم لحساب تيار الخطأ هي قيمة طور إلى طور أي:

$$\frac{0.8x\sqrt{3}\ Uo}{2\ \ Zc} \geq Ja$$

الحالة الأولى: عندما تكون كل الأجزاء الموصلة متصلة بموصل PE مشترك تكون مخططات الوقاية من زيادة التيار مطبقة (مثل تلك المستخدمة في نظم TN) مع اعتماد حسابات مستوى خلل وأزمنة عملية إعتاق (فصل)/انصهار مصهر مناسبة.

الأزمنة المحددة لإزالة الاعتاق/ المصهر

أزمنة الفصل لنظم التأريض IT٣سلك، ٣طور تختلف عن تلك الأنظمة المتبناه لنظام IT ، ٤سلك ، ٣طور. وهي موضحة لكلا الحالتين في الجدول دقم ز١٨ .

*مبنيه على الطريقة الاصطلاحية المبينة في المثال الأول للبند الفرعي ٣/٣ .

Uo/U (فولت)	زمن الفصل (ثانية) UL = 50V[1]	
Uo = جهد الطور /المحايد (فولت) U = جهد طور /طور (فولت)	٣ أطور – ٣ أسلاك	٣ أطوار ـ ٤ أسلاك
١٢٧/٢٢٠	٠,٨	٥
٢٣٠/٤٠٠	٠,٤	٠,٨
٤٠٠/٦٩٠	٠,٢	٠,٤
٥٨٠/١٠٠٠	٠,١	٠,٢

جدول ز ١٨ : أزمنة الفصل القصوى المحددة للتركيبات الموصلة أرضياً بـ(IT) (IEC 364-4-41)

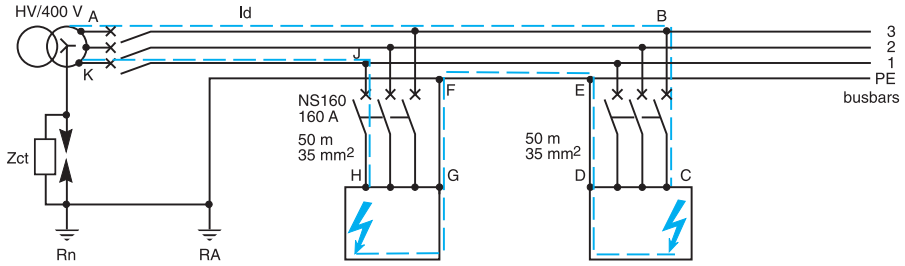
(1)عندما يكون حد الجهد الاصطلاحي ٢٥ فولت، تصبح أزمنة الفصل:

فولت، تصبح أزمنة الفصل :

■ في حالة مخطط ثلاثي الطور ثلاثي الأسلاك تكون ٠,٤ ثانية عند ١٢٧/٢٢٠ فولت، ٠,٢ ثانية عند ٢٣٠/٤٠٠ فولت و٠,٠٦ ثانية عند٤٠٠/٦٩٠ فولت.

■ في حالة مخطط ثلاثي الطور رباعي الأسلاك تكون ثانية واحدة عند ١٢٧/٢٢٠ فولت و٠,٥ ثانية عند ٢٣٠/٤٠٠ فولت و٠,٢ ثانية عند ٤٠٠/٦٩٠ فولت.

مثال:



شكل ز١٩: قاطع دائرة يفصل التيار نتيجة الخطأ (الأرضي) الثاني عند توصيل أجزاء موصلة مكشوفة لموصل واقي مشترك.

تعتمد مستويات التيار والتدابير الوقائية على أجهزة الوصل والفصل والمصاهر المعنية.

■ قواطع الدائرة

في الحالة المبينة في شكل ز١٩ فمستويات ضبط التيار الزائد وذو التأخير الزمني القصير لابد أن يتم تحديدها. فالأزمنة الموصى بها في جدول ز١٨ يمكن التعامل معها مباشرة.

مثال: من الحالة المبينة في شكل ز١٩، حدد أن الحماية ضد قصر الدائرة المتوفرة عن طريق قاطع التيار ١٦٠ أمبير هي مناسبة للتخلص من قصر دائرة حادث بين طور وآخر يفترض أنهما متساويان في الطول وبموصلين متساويين في المقاس ، وموصلات PE بنفس مقاس موصلات الطور. في مثل هذه الحالة فإن معاوقة ملف الدائرة عند استعمال "الطريقة الاصطلاحية" (الفقرة ٢/٥ من هذا الفصل) ستكون ضعف تلك التي حسبت لواحدة من الدوائر في حالة TNالمبينة في البند الفرعي ٣/٣ .

لذا فإن مقاومة ملف الدائرة ١ FGHJ

$$= 2\ RHJ = 2\rho \frac{L}{a}\ m\Omega$$

حيث P = المقاومة النوعية بالملي أوم لقضيب نحاسي طوله متر واحد ومساحة مقطعه ١ م٢ .

L = طول الدائرة بالأمتار

a = مساحة مقطع الموصل بالمليمتر المربع

$$=2x22.5\ x\frac{50}{35}=64.3\ m\Omega$$

ومقاومة الملف B,C,D,E,F,G,H,J ستكون $2x64.3 = 129m\Omega$

لذا سيكون تيار الخطأ :

$$\frac{0.8x\sqrt{3}\ x\ 230\ x\ 103}{129}=245A$$

■ المصاهر

إن التيار Iaالذي لابد من ضمانه لأجل تشغيل المصهر وفي زمن محدد حسب جدول ز١٨ يمكن إيجاده من منحنيات تشغيل المصاهر،كما وصف في شكل ز١٥. والتيار المشار إليه سيكون أقل بكثير من تيارات الخطأ المحسوبة للدائرة المعنية .

قواطع الدائرة التي تعمل بالتيار المتبقي

في حالات خاصة تكون قواطع الدائرة التي تعمل بالتيار المتبقي ضرورية. وفي هذه الحالة فالحماية ضد مخاطر التلامس غير المباشر يمكن تحقيقها باستعمال قاطع دائرة واحد يعمل بالتيار المتبقي لكل دائرة.

الحالة الثانية : عندما تكون أجزاء الموصلات المكشوفة للجهاز موصلة أرضياً كل على حده أو في مجموعات منفصلة، فكل جهاز أو كل مجموعة لابد أن يتم وقايتها بواسطة RCD (إضافة للوقاية من التيار الزائد) .

الحالة الثانية: تختص بالأجزاء الموصلة المكشوفة والتي تم تأريضها إما كل على حدة (أي أن كل جزء له قطب أرضي خاص) أو في مجموعات منفصلة (قطباً واحداً لكل مجموعة).

إذا لم تكن كل الأجزاء الموصلة مرتبطة ببعضها مع نظام قطب مشترك، فإنه من الممكن بالنسبة للخلل الأرضي الثاني أن يحدث في مجموعة أخرى مختلفة أو في جهاز مفرد مؤرض على حدة . والحماية الإضافية التي شرحت فيما سبق للحالة (١) مطلوبة هنا وهي تتكون من RCD موضوع عند قاطع الدائرة المتحكم في كل مجموعة، وكل جهاز متصل أرضياً على حده.

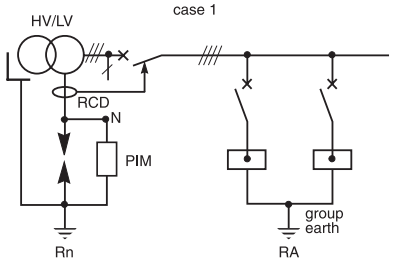
والسبب في الحاجة لهذا المتطلب هو أن أقطاب المجموعات المستقلة تكون مربوطة ببعضها من خلال الأرض ، بحيث أن تيار قصر طور/طور سيكون - بصفة عامة - محدوداً عند مروره خلال الربط الأرضي بواسطة .

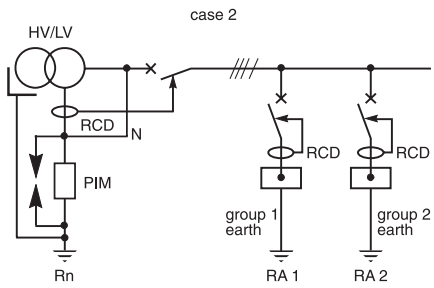
مقاومات تماس القطب مع الأرض. بحيث يجعل الوقاية بواسطة أجهزة زيادة التيار لا يعتمد عليها. وكلما كانت أجهزة RCD أكثر حساسية كلما كان ذلك ضرورياً ، إلا أن تيار التشغيل لها لابد وأن يتعدى قيمة التيار الذي يحدث للخلل الأول.

بالنسبة للخلل الثاني الذي يقع داخل مجموعة بها نظام قطب أرضي مشترك فإن الوقاية من التيار الزائد تعمل كما سبق شرحها في الحالة (١).

ملحوظة (١): انظر أيضاً فصل ح١ البند الفرعي ٢/٧ لوقاية الموصل المحايد.

ملحوظة (٢): في وقاية تركيبات ثلاثية الطور رباعية الأسلاك من زيادة التيار في الموصل المحايد يمكن تحقيقها أحياناً بسهولة باستعمال محول تيار حلقي النوع على الموصل المحايد مفرد القلب.كما هو مبين في شكل ز٢٠(انظر أيضاً جدول هـ١- ٦٥ج).





شكل ز٢٠: تطبيق RCDs عندما تؤرض الأجزاء الموصلة المكشوفة كل على حده أو في مجموعات، في نظم تاريض IT.

٥/٣ تدابير الحماية ضد التلامس المباشر أو غير المباشر بدون فصل الدائرة

تطبيقات السلامة بواسطة استخدام جهد الامان فائق الإنخفاض(SELV).

يتم تطبيق السلامة بواسطة استخدام الجهد فائق الانخفاض في المواقع التي يشكل فيها تشغيل الجهاز الكهربائي خطراً حقيقياً (حمامات السباحة ، الملاهي ، إلخ) ويعتمد هذا الاحتياط على توفير التيار عند فرق جهد منخفض جداً من اللفات الثانوية من محولات عازلة مصممة خصيصاً حسب مواصفات قياسية وطنية أو دولية .(IEC 742).

ومستوى تحمل الصدم للعزل بين الملفات الابتدائية والثانوية عالٍ جداً و/أو شبكة معدنية متصلة أرضياً أحياناً ما يشتمل عليها بين الملفات. ويجب ألا يتعدى الجهد الثانوي ٥٠ فولت مطلقاً.

ولابد من اعتبار ثلاثة شروط للاستغلال من أجل توفير حماية مقبولة ضد التماس غير المباشر.

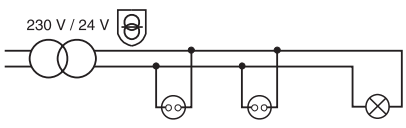
- لا يوصل موصل مكهرب عند جهد الأمان فائق الانخفاض (SELV)إطلاقاً بالأرضي.
- أجزاء الموصلات المكشوفة للأجهزة التي يتم تغذيتها بواسطة SLEVلا يجب إطلاقاً توصيلها بالأرضي ، ولا أي أجزاء موصلة مكشوفة أخرى ولا لأجزاء خارجية.
- كل الأجزاء المكهربة لدوائر SELV والدوائر الأخرى ذات فرق الجهد العالي. لابد وأن تفصل عن بعضها لمسافات تساوي على الأقل تلك التي بين الملفات الثانوية والابتدائية لمحول عزل السلامة. وتتطلب هذه الإجراءات ما يلي:
- لابد لدوائر SELV أن تستعمل غلافات موردة خصوصها لها، إلا الكابلات المعزولة ضد فروق جهد أعلى لدوائر أخرى مستعملة في نظام .SELV
- لا يجب لنقط التيار الكهربي لنظام SELVأن يكون بها مسمار أرضي. أو يجب أن تكون المقابس والبرايز لنظام SELVمن نوع خاص، بحيث لا يمكن توصيلها بطريق الاهمال أو الخلل بنظام ذي جهد مختلف.

ملحوظة: في الأحوال العادية عندما يكون فرق جهد SELVأقل من ٢٥ فولت، فليس هناك داع لتوفير حماية ضد مخاطر التماس المباشر. والاحتياجات الخاصة يشار إليها في فصل ل، بند ٣: (المواقع الخاصة).

الحماية بواسطة استخدام الجهد فائق الإنخفاض (PELV) .

يستخدم هذا النظام للأغراض العامة حيث يتطلب الوضع جهداً منخفضاً لأسباب السلامة غير المواقع ذات الخطورة العالية المذكورة أعلاه. إن المفهوم متماثل لمفهوم نظام SELVما عدا أن الدائرة الثانوية موصلة أرضياً في نقطة واحدة.

وتعَّرف المواصفة القياسية IEC 364-4-41 بكل دقة مغزى مرجع PELV .إن الحماية ضد مخاطر التماس المباشر هي ضرورة بشكل عام ماعدا أن يكون الجهاز في منطقة الاتصال متعادل الجهد عندما لا يتجاوز الجهد الإسمي ٢٥ فولت ، وإن الجهاز يستخدم في أحوال جافة فقط ، ولا يتوقع التماس بمساحة كبيرة مع الجسم البشري. وفي كل الحالات الأخرى، يكون الجهد المسموح الأقصى ٦ فولت بينما لا تتوفر حماية للتماس المباشر.



شكل ز٢١: مغذيات جهد منخفض من محول فاصل مختص بالسلامة كالمحدد في المواصفة القياسية IEC 742.

نظام FELV(الجهد الوظيفي شديد الانخفاض)

عندما يستخدم لأسباب وظيفية جهد قيمته ٥٠ فولت أو أقل إلا أنه ليست كل المتطلبات لها علاقة مع نظامي SELV وPELV فإن إجراءات ملائمة شرحت في IEC364-4-41 لابد وأن تؤخذ لضمان الحماية ضد كل من مخاطر التماس المباشر وغير المباشر. تبعاً لموقع واستخدام هذه الدوائر.

ملحوظة: هذه الأحوال على سبيل المثال نقابلها عندما تشتمل الدائرة على أجهزة مثل المحولات والمرحلات وأجهزة الوصل والفصل بعيدة التحكم والملامسات غير المعزولة جيداً بالنسبة لدوائر ذات جهود عالية.

فصل الدوائر الكهربائية

إن قاعدة فصل الدوائر (عامة الدوائر أحادية الطور) لأغراض السلامة مبنية على الأسباب التالية.

الموصلان الاثنان من الملفات الثانوية أحادية الطور غير الموصلة أرضياً لمحول فصل معزولان عن الأرض.

إذا وقع تماس مباشر مع أحد الموصلين، فإن تياراً صغيراً جداً سيسري في جسم الشخص الذي وقع معه التماس من خلال الأرضي ويعود مرة أخرى إلى الموصل الثاني عن طريق السعة لهذا الموصل بالنسبة للأرض. وما دام أن سعة الموصل مع الأرض صغيرة جداً فإن التيار بوجه عام يكون تحت مستوى الإدراك.

وبينما يتزايد طول سلك الدائرة فسيزداد التيار المباشر تبعاً لذلك إلى الحد الذي تحدث معه صعقة كهربائية خطيرة. وحتى إذا نتج عن قصر طول السلك أي خطر من التيار السعوي فإن قيمة قليلة لمقاومة العزل بالنسبة للأرض يمكن أن ينتج عنها خطراً ، ما دام مسار التيار إذن يكون عن طريق الشخص الواقع معه التماس ومن خلال الارضي وعودته إلى الموصل الآخر من خلال العزل الضعيف بين الموصل والأرضي.

لتلك الأسباب فإن أطوالاً قصيرة نسبياً من أسلاك جيدة العزل تكون ذات أهمية بالغة في مخططات الفصل.

ولذلك الغرض تصمم محولات خاصة على درجة عالية من العزل بين الملفات الابتدائية والثانوية أو بالحماية المكافئة، مثل شبكة معدنية متصلة أرضياً بين الملفات.

وتصميم المحولات يكون طبقاً للفئة II لمستوى العزل.

وكما أشير أعلاه فإن استغلالا ناجحاً لهذه القاعدة يتطلب ما يلي:

- عدم توصيل أي موصل أو جزء مكشوف من موصل في الدائرة الثانوية بالأرضي.
- تحديد أطوال الأسلاك الثانوية لتجنب قيم السعات الكبرى.
- الحفاظ على قيم مقاومة عزل عالية للأسلاك والأجهزة.

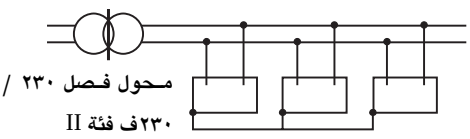
هذه الشروط تحدد بشكل عام تطبيق إجراءات السلامة هذه لكل جهاز على حده. وفي حالة توافر عدة أجهزة متصلة كهربائياً بمحول الفصل فإن من الضروري مراعاة المتطلبات التالية:

- يجب توصيل الأجزاء الموصلة المكشوفة للأجهزة ببعضها بموصل وقائي معزول ولكن غير متصل بالأرضي.
- يجب توافر بنان للتوصيل الأرضي في المقابس. وهو يستعمل في هذه الحالة فقط لضمان الاتصال المتبادل لكل الأجزاء الموصلة المكشوفة.

في حالة الخطأ الثاني ، لابد أن توفر حماية التيار الزائد فصلاً تلقائياً بنفس الشروط المطلوبة في مخطط ITلتأريض نظام القدرة.

*توصيIEC364-4-41بألا يزيد حاصل ضرب الجهد الإسمي للدائرة بالفولت وطول نظام تمديدات الأسلاك بالمترعلى١٠٠,٠٠٠، وألا يزيد طول نظام تمديدات الأسلاك بالمتر على ٥٠٠ متر.

إن فصل الدوائر الكهربائية يكون مناسباً عندما تكون أطوال الكابل قصيرة نسبياً وذلك مستويات عالية لمقاومة العزل. وهي أفضل ما تستخدم في جهاز مستقل.



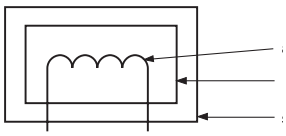
شكل ز٢٢: توريدات السلامة من محول فصل

أجهزة الفئة II

الرمز ⧈

ويشار أيضاً لهذه الأجهزة بأنها مزدوجة العزل، حيث أنه في أجهزة الفئة II يضاف عزلاً إضافياً للعزل الأساسي. ولابد ألا تتصل أجزاءً موصلة في أجهزة الفئة II مع موصل واقٍ.

- أغلب الأجهزة النقالة أو الشبه ثابتة وبعض المصابيح وبعض أنواع المحولات مصممة بأن يكون لها عزل مزدوج، ومن الأهمية بمكان إعطاء عناية خاصة في استغلال أجهزة الفئة II والتحقق بانتظام من أن مستوى جودة الفئة II مازالت باقية (متوفرة) (أي عدم وجود كسر في غلاف الملف.. إلخ) الأجهزة الالكترونية ، والراديو والتلفزيون بها مستويات سلامة معادلة للفئة II إلا أنها ليست أجهزة من فئة II رسمياً.
- العزل الإضافي في تركيبات كهربائية (البند ٤١٣-٢ من المواصفة القياسية IEC364-4-41 وبعض المواصفات الوطنية مثل NFC 15-100 (ملحق لـ ٤١٣-٢ الفصل ٤١) لفرنسا تصف بتفاصيل أكثر الإجراءات الضرورية لتحقيق العزل الإضافي أثناء أعمال التركيبات.



شكل ز٢٣: مبدأ مستوى العزل من الفئة II

وكمثال بسيط هو سحب سلك داخل ماسورة من PVC. وقد وصفت كذلك طرق بالنسبة للوحات التوزيع.

- بالنسبة للوحات التوزيع والأجهزة المماثلة فقد تم وصفها في المواصفة القياسية IEC 439-1 لمجموعة من المتطلبات لما يشار إليه بالعزل الكلي، المكافيء للفئة II.
- يمكن اعتبار بعض الكابلات مكافئة للفئة II تبعاً للعديد من المواصفات الوطنية.

من حيث المبدأ، إن توفير السلامة بوضع الأجزاء الموصلة بعيداً بحيث لا يمكن الوصول إليها أو بوضع عوائق دونها يتطلب أيضاً توفير أرضية معزولة كهربائياً. وهذا كله ليس سهل التطبيق.

البعد عن الوصول إليه أو العوائق البينية.

عن طريق هذه الوسائل، فإن احتمال لمس جزء موصل مكهرب. وفي نفس الوقت لمس جزءاً موصل مكشوف له جهد الأرضي، وهذا الاحتمال ضئيل للغاية. ويمكن تطبيق هذا الإجراء عملياً فقط في موقع جاف وينفذ تبعاً للشروط التالية.

- لابد للأرض والجدران أن تكون معزولة وغير موصلة. أي أن المقاومة إلى الأرض عند أي نقطة لابد أن تكون :

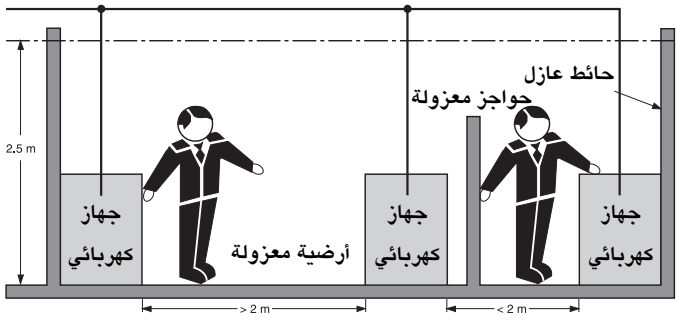
> ٥٠ كيلو أوم (لجهد التركيبات < ٥٠٠ فولت) ،

> ١٠٠ كيلو أوم (٥٠٠ فولت ≤ جهد التركيبات < ١٠٠٠ فولت).

وتقاس المقاومة بواسطة الميجر (وهو مولد كهربائي يشغل باليد أو موديل الكتروني يعمل بالبطارية) فيما بين قطب موضوع على الأرض أو على الحائط، والأرض (أي أقرب موصل للحماية الأرضية). ولابد لمساحة تماس القطب والضغط المسلط عليه بكل وضوح أن يكون نفس القيمة لكل الاختبارات.

ويوفر موردو مختلف الأجهزة أقطاباً خاصة بمنتجاتهم بحيث تعطي العناية الكافية لضمان أن الأقطاب المستخدمة هي التي وردت مع الجهاز. وليس هناك مواصفات معروفة عالمياً وضعت لهذه الاختبارات في وقت كتابة هذه المادة.

- وضع المعدات والعوائق يجب أن يراعى فيه أن يكون تلامس أي شخص مع جزءين موصلين مكشوفين في نفس الوقت مستحيلاً.
- عدم إدخال موصل واقٍ مكشوف في الغرفة المعنية.
- المداخل لتلك الغرف يجب تأمينها بحيث لا يكون الأشخاص الداخلين إليها عرضة للخطر على سبيل المثال شخص واقف على أرضية موصلة خارج الغرفة ، فلا يجب أن يكون بإمكانه أن يصل من خلال الباب ليلمس جزءاً موصلاً مكشوفاً مثل مفتاح إنارة موضوع في صندوق مواسير من الحديد الزهر من النوع الصناعي.



شكل ز٢٤: الحماية بواسطة ترتيبات لمنع الوصول ووضع عوائق غير موصلة.

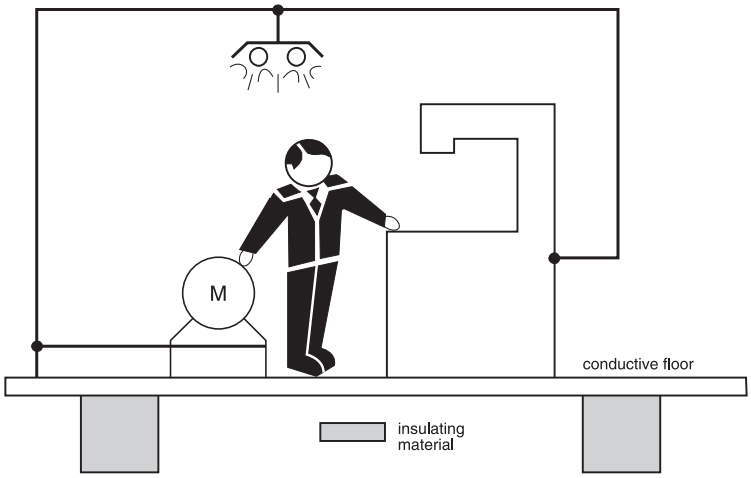
الغرف متعادلة الجهد بدون الأرضي والمتعلقة بتركيبات خاصة (مثل المعامل ... الخ) تعطي فرصة لنشوء عدد من الصعوبات في التركيبات العملية

الغرف متعادلة الجهد بدون أرضي :

في هذا المخطط تتصل كل الأجزاء الموصلة المكشوفة بما فيها الأرضية مع بعضها بموصلات كبيرة مناسبة بحيث لا يمكن توليد فرق جهد فيما بين أي اثنين منها. إن فشل العزل بين موصل مكهرب والغلاف المعدني لجهاز ما سينتج عنه ارتفاع القفص جميعه لفرق الجهد بين الطور والأرض، ولكن لن يسري تيار الخلل. وفي هذه الحالة فإن أي شخص يدخل الغرفة سيكون في خطر (حيث سيخطو على ارضية مكهربة) يجب أخذ الاحتياطات المناسبة لوقاية الأفراد من هذا الخطر (مثل الأرضيات غير الموصلة عند المداخل.. الخ).

ومن الضروري أيضاً وضع أجهزة واقية خاصة لإكتشاف فشل العزل، في غياب تيار خلل ذي قيمة عالية.

ملحوظة : الأجزاء الموصلة المتداخلة التي تدخل في أو تخرج من حيز متعادل الجهد (مثل مواسير المياه،الخ) يجب أن تكون محاطة بمادة عازلة مناسبة وأن تستثني من شبكة تعادل الجهد، نظراً لأن تلك الأجزاء قد يحتمل وصلها بالموصلات الواقية (المؤرضة) في أي مكان من التركيبات.



شكل ز٢٥:الوصل متعادل الجهد لكل الأجزاء الموصلة المكشوفة يمكن لمسها في نفس الوقت .

٤/١ تدابير وقائية

تطبيقها في أماكن المعيشة قد غطيت في فصل ل بند ١ .

الحماية ضد التلامس غير المباشر

حالة عامة

ضمان الحماية ضد التلامس غير المباشر عن طريق RCDsوالحساسية $I\Delta n$ التي تنطبق مع الوضع هي :

$$I\Delta n \leq \frac{50\ V^{(1)}}{RA}$$

(1)تكون ٢٥ فولت لتجهيزات موقع العمل، والمنشآت الزراعية ، إلخ.

إن اختيار حساسية الجهاز التفاضلي (الفرقي) هو دالة في المقاومة RAللقطب الأرضي للتركيبات وهو معطى في جدول ز٢٦ .

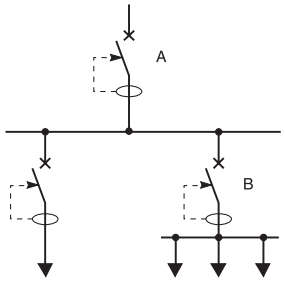
$I\Delta n$	المقاومة القصوى للقطب الأرضي	
	٥٠ فولت	٢٥ فولت
٣ أمبير	Ω١٦	Ω٨
١ أمبير	Ω٥٠	Ω٢٥
٥٠٠ ملي أمبير	Ω١٠٠	Ω٥٠
٣٠٠ مللي أمبير	Ω١٦٦	Ω٨٣
٣٠ مللي أمبير	Ω١٦٦٦	Ω٨٣٣

جدول ز٢٦ : الحد الأقصى لمقاومة قطب التأريض لتركيبات ما والذي يجب ألا تتعداه، لمستويات حساسية معينة لـ RCDsعند حدي الجهد UL لـ ٥٠ فولت و٢٥ فولت.

حالة دوائر التوزيع

تعرّف المواصفة القياسية IEC 364-4-41وغيرها من المواصفات القياسية الوطنية، زمن الفصل الأقصى بثانية واحدة في دوائر توزيع التركيبات (في مقابل الدوائر النهائية). وهذا يسمح بتحقيق درجة تمييز انتقائي :

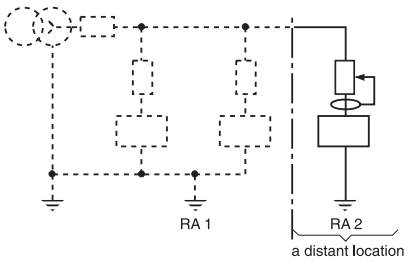
- عند مستوى A: جهاز تيار متبقي ذو زمن متأخر، ومثال ذلك نوع " S "
- عند مستوى B : جهاز تيار متبقي ذو زمن لحظي.



شكل ز٢٧: دوائر توزيع.

الحالة عندما تكون الأجزاء الموصلة المكشوفة لجهاز أو مجموعة من الأجهزة متصلة مع قطب تأريض مستقل .

الحماية ضد التلامس غير المباشر بواسطة RCDعند قاطع دائرة يتحكم في كل مجموعة أو جهاز مؤرض بشكل مستقل.وفي كل حالة ، فإن الحساسية لابد وأن تكون متوافقة مع مقاومة قطب التأريض المعني.



شكل ز٢٨: قطب تأريض مستقل .

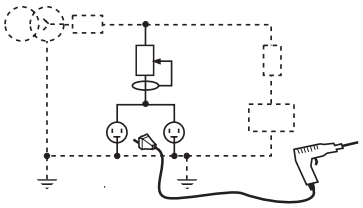
ز

أجهزة التيار المتبقي(RCDs)عالية الحساسية

توصي IEC 364-4-471بشدة باستعمال RCDعالي الحساسية (٣٠ مللي أمبير) في الحالات التالية:

- دوائر مقابس (برايز) لتيارات مقننة ≤ ٣٢ أمبير في أي موقع (١).
- دوائر مقابس في المواقع الرطبة عند كل مقننات التيار(١).
- دوائر مقابس في التركيبات المؤقتة(١).
- دوائرتغذي غرف الغسيل وحمامات السباحة(١).
- دوائر تغذية مواقع العمل وعربات المساكن المتنقلة (الكرافان) وقوارب الترفيه والمعارض المتنقلة(١) وهذه الحماية قد تكون لدوائر مستقلة ، أو لمجموعات من الدوائر.
- يوصي بشدة بالنسبة للدوائر ذات مقابس ≤ ٢٠ أمبير (إلزامية إذا كان من المتوقع أن تغذي معدات نقالة بالتيار للاستخدام الخارجي).
- في بعض الدول يكون هذا المتطلب إلزامياً لكل دوائر المقابس ذات مقنن ≤ ٣٢ أمبير .

(1)هذه الحالات يتم بحثها بالتفصيل في فصل ل ،بند ٣ .

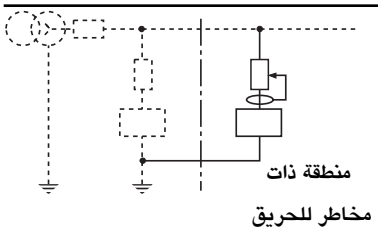


شكل ز ٢٩: دائرة تغذي مقابس

في الأماكن ذات المخاطر العالية لنشوب الحريق

إن حماية RCDعند قاطع الدائرة المتحكم في كل التغذيات للمنطقة المعرضة للخطر ضرورية في بعض المواقع وإلزامية في العديد من الدول.

وحساسية RCDلابد وأن تكون ≤ ٥٠٠ مللي أمبير.

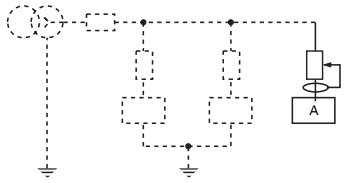


شكل ز٣٠: موقع به مخاطر حريق.

الحماية عندما تكون الأجزاء الموصلة المكشوفة غير موصلة بالأرض .

(في حالة تركيبات موجودة وقائمة بالفعل حيث الموقع جاف ومن غير الممكن توفير وصلة تأريض، أو في حالة أن سلكاً واقياً أرضياً قد اصبح مكسوراً).

فإن RCDsذات الحساسية العالية (≤ ٣٠ مللي أمبير) ستوفر كلا من الحماية ضد مخاطر التلامس غير المباشر، والحماية الإضافية ضد أخطار التلامس المباشر.



شكل ز٣١: أجزاء موصلة مكشوفة غير مؤرضة . (A)

٢/٤ أنواع أجهزة التيار المتبقي(RCDs)

RCDs عادة ما تكون متضمنة في المكونات التالية:

- قواطع الدائرة التفاضلية ذات الهيكل المقولب الصناعية المطابقة للمواصفة القياسية IEC947-2 وملحقها B.
- قواطع الدائرة التفاضلية المنزلية ((RCCBs المطابقة للمواصفات القياسية IEC 755, 1008 و١٠٠٩ (.RCBOs)

انظر الملحوظة الخاصة RCCBsفي نهاية البند الفرعي ٢/٣ .

شكل ز٣٢: قاطع دائرة صناعي مع موديول .RCD

قواطع الدائرة التفاضلية القابلة للتهايؤ ـ بما فيها الوحدات المركبة على مسار - DINمتوفرة التي يمكن أن تكون مصحوبة بموديل إضافي . ويوفر الانسجام الكلي مدى شامل للوظائف الوقائية

قاطع الدائرة للتغذية الداخلة يمكن أيضاً أن تكون له خصائص للتأخير الزمني (نوع S).

شكل ز٣٣: قاطعات الدائرة التفاضلية للخطأ الأرضي المنزلية .

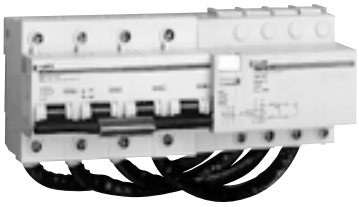
بالإضافة إلى قاطعات الدائرة الصناعية القابلة للتكيف والمطابقة للمواصفات الصناعية والمنزلية فهناك سلسلة من قواطع الدائرة التفاضلية

مفاتيح تفاضلية ((RCCBsتستعمل لحماية لوحات التوزيع الرئيسية أو الفرعية.

شكل ز٣٤: مفاتيح تفاضلية (RCCBs).

■ مفاتيح تفاضلية مطابقة للمواصفات القياسية الوطنية المعنية .

■ مرحلات RELAYSمع محولات تيار حلقية منفصلة ((Toroidal مطابقة للمواصفة القياسية IEC 755 . RCDsيكون استعمالها الزامياً عند أصل تركيبات التأريض بطريقة TT، حيث أن قدرتها للتمييز مع RCDs أخرى تسمح بالفصل الانتقائي. وبذلك تضمن المستوى المطلوب لإستمرارية الخدمة .



DINكل قواطع الدائرة مع موديل RCD. (الفصل وقصر الدائرة والحمل الزائد والوقاية الحساسة للخلل الأرضي) .

نوع أحادي القالب لقاطعات الدائرة التفاضلية للخلل الأرضي ، مصممة لحماية دوائر المقابس وحماية الدوائر النهائية.

"أحادية القالب " المعدة للتطبيقات المنزلية والقطاع الثالث.

RCDsمع محولات تيار حلقية مستقلة يمكن استخدامها بالاشتراك مع قواطع دائرة أو مفاتيح تلامس.

شكل ز٣٥: RCDsمع محولات حلقية مستقلة.

إن المواصفات القياسية الدولية لقواطع الدائرة التفاضلية الصناعية هي IEC947 وملحقها ب .

إن المواصفات القياسية الدولية لقواطع الدائرة التفاضلية المنزلية (RCBOS) هي IEC 1009 .

ز

RCCBs و RCBOs و CBRs

(RCCBsقواطع دائرة تعمل بالتيار المتبقي).

هذه الأجهزة موصوفة بشكل أكثر دقة في النص الفرنسي للمواصفة القياسية IEC 1008 بكلمة "IN TERRUPTEURS" والتي يمكن ترجمتها بشكل عام بأنها "مفاتيح قطع الحمل" ، وبذلك فإن التسمية الأكثر دقة يجب أن تكون "مفاتيح قطع الحمل للتيار المتبقي" والتي بالرغم من توصيفها حسب تصنيفها وسعة الفصل بها إلا أنها ليست مصممة لقطع تيارات قصر الدائرة (السمة المميزة لقاطع الدائرة) بحيث أن اللفظ RCCB يمكن أن يكون مضللاً. وكما قد لوحظ في الفقرة ٧/٣ فإن SCPD (جهاز وقاية من قصر الدائرة) لابد أن يفصل دائماً على التوالي مع RCCB.

RCBOs

حيث يشير حرف "O" إلى "Overcurrent" أي زيادة التيار، والذي يشير إلى حقيقة أن إضافته إلى الحماية الحساسة التفاضلية للخلل الأرضي، فإن الحماية ضد التيار الزائد متوفرة كذلك . والـ RCBO لها قدرة مقننة لقطع التيار عند حدوث قصر الدائرة ويشار إليها كقاطع دائرة . و IEC1009هي المواصفة القياسية المرجعية الدولية لها.

ملحـــوظة: كلا من RCCBsو RCBOsموحدان في المواصفتين القياسيتين ١٠٠٩ و IEC1008على الترتيب ، ويوفران عزلا تاما عند فتحهما. وهذه الوحدات مصممة للتركيبات المنزلية والمشابهة.

CBRs

التعديل (١) لعام ١٩٩٢ للمواصفة القياسية للمنتج التي هي IEC947-2الجزء ٢ : "قواطع الدائرة " يشتمل على ملحق B يغطي ادماج حماية ضد التيار المتخلف في قواطع الدائرة الصناعية للجهد المنخفض . الملحق مبني على المتطلبات المعنية للمواصفة القياسية . IEC755

IEC1008 و . IEC1009 قواطع الدائرة المزودة بذلك يشار إليها بـ CBRs

*عند لوحات التوزيع العام المحلية

■ بشكل عام، عند لوحات التوزيع (ولوحات التوزيع الفرعية - إن وجدت) وعند الحماية المستقلة للأجهزة كل على حدة ، تركب أجهزة الفصل التلقائي (الأوتوماتي) في حالة حدوث خطر من تلامس غير مباشر، مع حماية إضافية ضد أخطار التلامس المباشر.

٣/٤ التنسيق بين أجهزة الحماية التفاضلية

التنسيق ذو الفصل التمييزي يمكن تحقيقه إما بتأخير زمني أو إعادة تقسيم الدوائر، والتي تكون عندئذ محمية كل على حده أو في مجموعات، أو بتجميع كلتا الطريقتين، وهذا التمييز يتفادى الفصل لأي قاطع غير ذلك الذي يسبق موضع الخلل.

■ مع توفر المعدات المتوفرة حالياً ، فإن التمييز يكون ممكنا عند ثلاثة أو أربعة مستويات مختلفة للتوزيع مثلاً:

■ عند لوحة التوزيع العام الرئيسية.

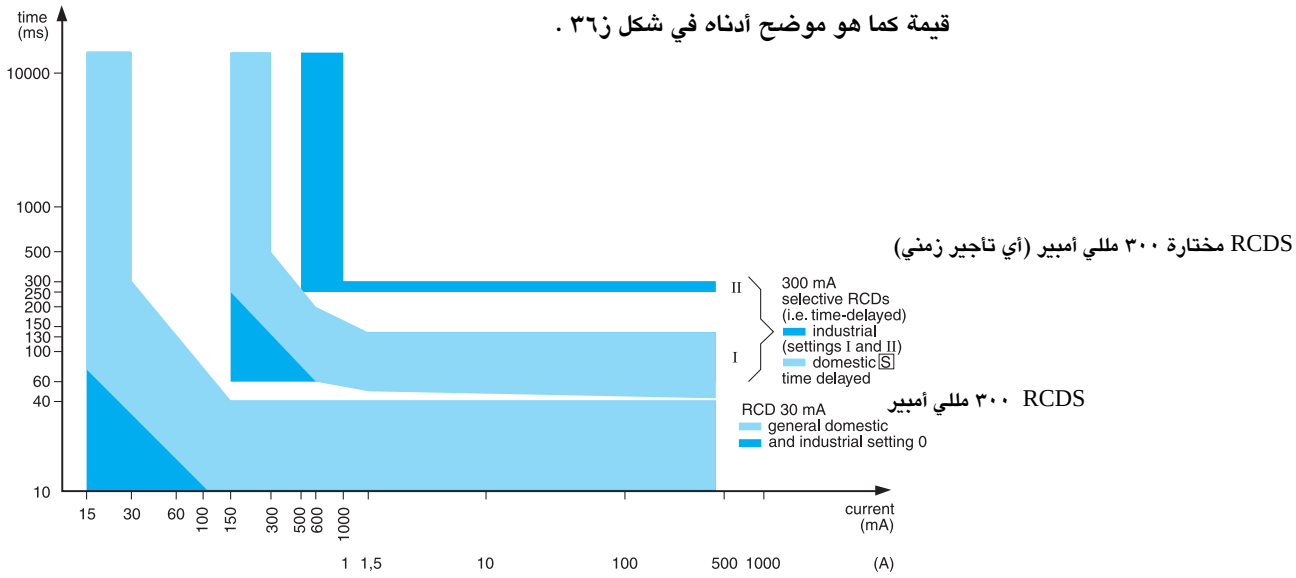
■ عند لوحات التوزيع العام المحلية.

■ عند لوحات التوزيع الفرعية.

■ عند المقابس الخاصة بالحماية المستقلة لكل جهاز على حدة .

التمييز بين RCDs

يتحقق التمييز باستغلال المستويات المختلفة للحساسية الموصفة : ٣٠ مللي أمبير و ١٠٠ مللي امبير و٣٠٠ مللي أمبير و ١ أمبير. وأزمنة الفصل المقابلة لكل قيمة كما هو موضح أدناه في شكل ز٣٦ .



RCDS مختارة ٣٠٠ مللي أمبير (أي تأجير زمني)

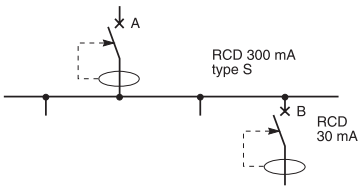
RCDS ٣٠٠ مللي أمبير

شكل ز٣٦: التمييز بين RCDs .

التمييز عند مستويان

الحماية

- مستوى : Aضبط التأخير الزمني للـ (RCD للأجهزة الصناعية) نوع (S للأجهزة المنزلية) للحماية ضد التلامس غير المباشر.
- مستوى RCD : Bاللحظية (الفورية) ، بحساسية عالية في الدوائر التي تغذي المقابس أو الأجهزة المعرضة لمخاطر عالية (الغسالات.. الخ. انظر كذلك فصل ل فقرة٣).

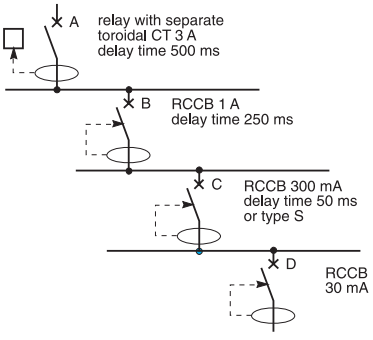


شكل ز٣٧ .

التمييز عند ٣ أو ٤ مستويات

الحماية:

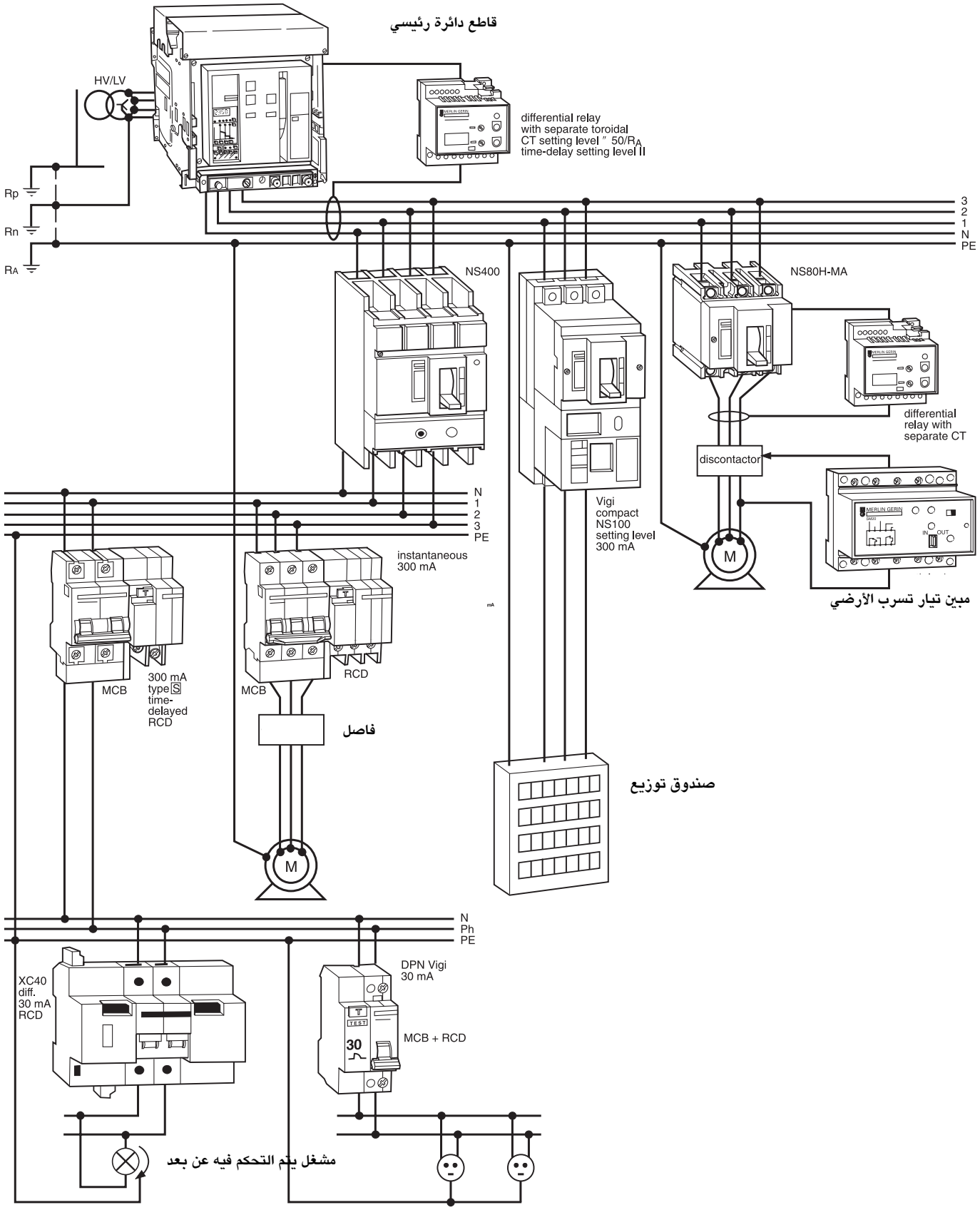
- مستوى RCD :A بتأخير زمني (موضع الضبط III).
- مستوى RCD :B بتأخير زمني (موضع الضبط II).
- مستوى RCD :C بتأخير زمني موضع الضبط (I) أو النوع S.
- مستوى RCD :D لحظية .



شكل ز٣٨:التمييز عند ٣ أو ٤ مستويات .

ز

الحماية التمييزية عند ثلاثة مستويات



شكل ز٣٩: تركيبات نموذجية بثلاثة مستويات، تبين حماية دوائر التوزيع في نظام تأريض TT.

محرك واحد مزود بحماية خاصة به .

٥/١ إشتراطات أولية

في مرحلة التصميم، فإن الأطوال القصوى المسموح بها للكابلات والتي تلي قاطع الدائرة المتحكم بها (أو بمجموعة من المصاهر) لابد من حسابها، بينما لابد من المراعاة التامة لقواعد محددة أثناء أعمال التركيب.

الشروط المفروضة

يجب مراعاة شروط معينة، كما هي مذكورة فيما يلي وموجودة في شكل ز٤٠ .

١- أقطاب التأريض يجب توفيرها عند نقاط متساوية المساحات (بقدر ما تسمح الظروف العملية) بطول الموصل .PE

ملحوظة: ليس من المعتاد عمل ذلك لتركيبات منزلية واحدة، فقطب تأريض واحد عادة ما يحتاجه الأمر عند موضع الخدمة.

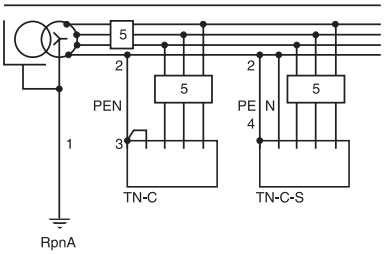
٢- يجب عدم مرور موصل PE من خلال جراب حديدي (قابل للحفظ) أو مواسير ..الخ أو أن يوضع فوق تركيبات صلبية. حيث يمكن للآثار الحثية و/أو التقاربية أن تزيد من المعاوقة الفعالة (IMPEADANCE)للموصل.

٣- في حالة موصل PEN (وهو موصل متعادل والذي يستعمل أيضاً كموصل واقي)، فالتوصيل يجب أن يجرى مباشرة بطرف التأريض للجهاز (انظر ٣ في شكل ز٤٠) قبل لفه إلى الطرف المحايد للجهاز.

٤- عندما يكون الموصل (٦مم٢ من النحاس أو ١٠مم٢ من الألومنيوم أو حيث يكون الكابل قابلاً للتحريك فإن الموصلات المحايدة والواقية يجب فصلها (اي يجب اتباع مخطط TN-Sداخل التركيبات).

٥- يجب التخلص من الخلل الأرضي بواسطة أجهزة الحماية ضد زيادة التيار أي بواسطة مصاهر وقواطع دائرة .

تبين القائمة السابقة الاشتراطات التي يجب مراعاتها عند تنفيذ مخطط TNللحماية ضد التلامس غير المباشر.



الشكل ز٤٠: تنفيذ نظام TN للتوصيل الأرضي.

ملحوظة:

(١)يتطلب مخطط TNأن يكون المحايد للجهد المنخفض لمحول الجهد العالي/الجهد المنخفض والأجزاء الموصلة المكشوفة من المحطات الفرعية والتركيبات والأجزاء الموصلة الخارجية في المحطة الفرعية والتركيبات ، جميعها مؤرضة بنظام أرضي مشترك (عام).

(٢)بالنسبة لمحطة فرعية حيث تكون فيها أجهزة القياس (العدادات) عند الجهد المنخفض فيجب توفير وسائل عزل عند أصل تركيبات الجهد المنخفض وأن يكون العزل مرئيا بوضوح.

(٣)يجب ألا يقاطع موصل PENمطلقاً تحت أي ظروف. إن معدات التحكم والوقاية لمختلف ترتيبات TN ستكون :

- 3 أقطاب عندما تشتمل الدائرة على موصل PEN .
- من الأفضل ٤ أقطاب(٣ طور + محايد) عندما تشتمل الدائرة على محايد مع موصل PE مستقل.

٢/٥ الحماية ضد التلامس غير المباشر

هناك ثلاث طرق للحساب شائعة الاستعمال :
طريقة المعاوقة، مبنية على المضاف المثلثي (بحساب المثلثات) للمقاومات والمفاعلات الحثية للنظام.
طريقة التركيب .
الطريقة التقليدية (الاصطلاحية) مبنية على الانخفاض المفترض في الجهد واستعمال الجداول المعدة .

طرق تحديد مستويات تيار قصر الدائرة

في الأنظمة المؤرضة بـ TN، بسبب حدوث قصر دائرة مع الأرض تياراً كافياً لتشغيل جهاز التيار الزائد. وتكون معاوقات المنبع ومصدر التغذية أقل كثيراً مما هي لدوائر التركيبات بحيث أن أي قيود على قيمة تيارات الخلل الأرضي ستكون أساساً بسبب موصلات التركيبات (أسلاك طويلة مرنة إلى الأجهزة تزيد بشدة من معاوقة "لفات الخلل" مع تخفيض مناظر لتيار قصر الدائرة) .

إن أحدث توصيات (IEC الهيئة الدولية الكهروتقنية) للحماية ضد التلامس غير المباشر في مخططات التوصيل الأرضي لـ TN فقط ترتبط بأقصى وقت فصل للجهد الإسمي للنظام (انظر جدول ز١٣ في البند الفرعي ٣/٣) .

إن الأسباب وراء هذه يكون التوصيات هي أنه بالنسبة لنظم TN، التيار الذي يجب مروره ليرفع من جهد جزء موصل مكشوف إلى ٥٠ فولت أو أكثر عالياً بحيث يحدث أحد الاحتمالين التاليين :

- إما أن أحد مساري الخلل سيصهر نفسه عملياً فوراً أو
- سيقوم الموصل بلحام نفسه في خلل صلب ويوفر تياراً مناسباً لتشغيل أجهزة التيار الزائد .

لضمان تشغيل سليم لأجهزة زيادة التيار في الحالة الأخيرة يجب وضع تقدير صحيح بدرجة معقولة لمستويات تيار خلل الأرضي لدائرة القصر في مرحلة التصميم للمشروع.

ويتطلب التحليل الدقيق استعمال تقنيات مركبة تتابع الطور المطبقة على كل دائرة على حدة . والقاعدة مباشرة، ولكن كمية الحسابات ليس لها ما يبررها وخاصة حيث أن معاوقات التتابع الصفر إلى الطور في غاية الصعوبة لحسابها بأي درجة معقولة من الدقة في التركيبات العادية للجهد المنخفض .

وهناك طرق أكثر بساطة لاستخدامها تكون مفضلة ، ومنها ثلاث طرق عملية هي:

- " طريقة المعاوقة" المعتمدة على جمع المعاوقات (التتابع الموجب للطور فقط) حول لفة الخلل لكل دائرة.
- "طريقة التركيب " والتي هي تقدير لتيار قصر الدائرة عند النهاية البعيدة للفه، عندما يكون مستوى تيار قصر الدائرة في النهاية القريبة للفة معروفاً.
- "الطريقة التقليدية (الاصطلاحية " لحساب المستويات الدنيا لتيارات الخلل الأرضي مع استخدام جداول القيم للحصول على نتائج سريعة.

وهذه الطرق يعتمد عليها فقط للحالة التي بها تكون الكابلات التي تكوِّن لفات تيار الخلل مجاورة جداً (مع بعضها) وليست منفصلة بواسطة وجود مواد حديدية مغناطيسية.

ز

حسابات التدريبية الحديثة يستخدم softwar الموافق عليه بواسطة السلطات وطنية، ومعين على أساس طريقة معاوقات، مثل ECODIAL2 (مارلين يرين) وغالباً ما تصدر السلطات الوطنية شراءح) والتي تشتمل على قيم نموذجية أطوال الموصلات، إلخ .

طريقة المعاوقات:

تعتمد هذه الطريقة على مجموع المعاوقات المتتابعة الموجبة لكل بند (كابل، موصل حماية أرضي، محول، الخ) والمشمول في الخطأ الأرضي للدائرة الحلقية والتي يتم على أساسها حساب تيار الخطأ الأرضي لقصر الدائرة مستخدماً المعادلة:

$$I = U/\sqrt{(\Sigma R)^2+(\Sigma X)^2}$$

حيث $(\Sigma R)^2$ =□ مجموع كل المقاومات في الحلقة)٢

$(\Sigma X)^2$ = □ مجموع المعاوقات الحثية في الحلقة

الجهد الإسمي للنظام بين طور ومحايد تطبيق هذه الطريقة ليس سهلاً دائماً، لأنه يتم افتراض المعلومات لجميع القيم المتغيرة وخصائص العناصر في الحلقة وفي كثير من الحالات تقوم اللوائح الوطنية يمكن أن بتزويدنا بقيم نموذجية لتقدير الأغراض.

طريقة التركيب:

تسمح هذه الطريقة بتحديد تيار قصر الدائرة عند نهاية الحلقة من قيمة معروفة لقصر الدائرة عند نقطة الارسال بواسطة المعادلة التقريبية:

$$I = \frac{UI\,sc}{U + Z\,sc\,Isc}$$

حيث:

Isc تيار قصر الدائرة بالشبكة العليا

I تيار قصر الدائرة بنهاية الحلقة

U النظام الأسمي لجهد الطور

Zsc معاوقة الحلقة

ملحوظة: في هذه الطريقة يتم إضافة المعاوقات المنفردة حسابياً×على عكس الطريقة السابقة طريقة المعاوقات .

*هذه النتائج لقيم تيار محسوبة والتي تقل عن التيار المار الحقيقي لو أن ضبط التيار الزائد يكون مبنياً على القيم المحسوبة ومن ثم يكون عمل المرحل والمصهر مؤكداً.

الطريقة الاصطلاحية

غالباً ما تعتبر هذه الطريقة كافية الدقة لتثبيت الحد الأعلى لأطوال الكابل.

المبدأ:

يعتمد المبدأ حسابات تيار قصر الدائرة على افتراض أن الجهد عند أصل الدائرة المعنية (مثلا عند النقطة التي يتم عندها وضع جهاز الحماية) يبقى عند ٨٠٪ أو أكثر من الجهد الأسمي للطور–محايد وتستخدم قيمة الـ ٨٠٪ معاً مع معاوقة الدائرة الحلقية، لحساب تيار قصر الدائرة وهذا العامل يأخذ في الاعتبار جميع الفقد في الجهد بالشبكة العليا لنقطة مأخوذة في الاعتبار. في كابلات الجهد المنخفض ، عندما تكون جميع الموصلات لدائرة ٣– طور ٤ سلك في متقارب (والتي تكون حالة عادية) فإن المفاعلة الحثية * داخل وبين الموصلات تكون صغيرة يمكن إهمالها بالمقارنة بمقاومة الكابل.

ويعتبر هذا التقريب صحيحاً لمقاسات الكابل حتى ١٢٠مم٢ وأكبر من ذلك المقاس تزداد قيمة المقاومة R كما يلي:

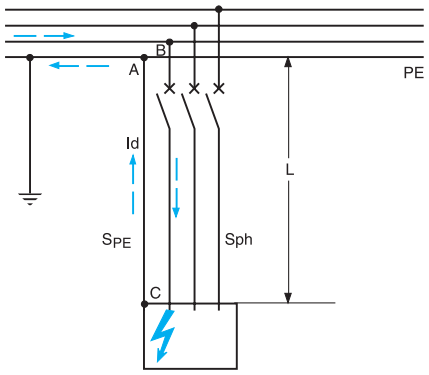
مقطع الموصل (القلب) مم٢	قيمة المقاومة
$S = 150mm^2$	R + ٪١٥
$S = 185mm^2$	R + ٪٢٠
$S = 240mm^2$	R + ٪٢٥

*تسبب التقاربية والتأثيرات القشرية مثلاً زيادة ظاهرية في المقاومة.

يكون أقصى طول لأي دائرة لنظام TN – لتركيبات مؤرضة :

$$Lmax = \frac{0.8UoSph}{p(1+m)Ia}$$

مثال:



شكل ز٤١: حساب Lmax لنظام TN المؤرض ، باستخدام الطريقة الاصطلاحية .

يمكن حساب أقصى طول دائرة في نظام TN لتركيبات مؤرضة تعطى بواسطة المعادلة:

$$Lmax = \frac{0.8UoSph}{p(1+m)Ia} \text{ metres}$$

حيث:

Lmax = أقصى طول بالأمتار.

Uo = جهد الطور = ٢٣٠ فولت بنظام ٤٠٠ / ٢٣٠ فولت.

p = المقاومة النوعية عند درجة حرارة طبيعية (أوم– مم٢ / متر)

= ٢٢,٥ × $١٠^{-٣}$ للنحاس

= ٣٦ × $١٠^{-٣}$ للألمونيوم

Ia = تيار الاعتاق المضبوط للتشغيل اللحظي لقاطع الدائرة، أو

Ia = التيار الذي يؤكد عمل مصهر الحماية المعني في زمن محدد.

m = Sph/ SPE

Sph = مساحة مقطع الموصل لموصلات الطور للدائرة المعنية (مم٢).

SPE = مساحة مقطع الموصل لموصل الحماية المعني (مم٢).

تعطي الجداول التالية طول الدائرة والتي يجب عدم تجاوزها من أجل حماية الأشخاص ضد مخاطر التلامس غير المباشر بواسطة أجهزة الحماية.

* وضعت على أساس الجداول المعطاه في الدليل UTEC15-105

الجداول

الجداول الآتية قابلة للتطبيق بنظم TN، وقد تم إعدادها طبقاً للطريقة الاصطلاحية الموضحة بعاليه. وتعطي الجداول أقصى أطوال للدائرة ، والتي ورائها المقاومة الأومية للموصلات سوف تحدد قيمة تيار قصر الدائرة لمستوى أقل من القيمة المطلوبة لإعتاق قاطع الدائرة (أو أقل من المصهر) الذي يقوم بحماية الدائرة، بسرعة كافية لتأكيد الأمان ضد التلامس غير المباشر.

الجداول تأخذ في الحسبان :

- نوع الحماية: قاطع دائرة أو مصاهر،
- ضبط تيار التشغيل.
- مساحة مقطع الموصل لموصلات الطور وموصلات الحماية .
- نوع نظام التأريض(انظر شكل ز٤٧).
- نوع قاطع الدائرة(مثلاB و Cأو D)

ويمكن أن تستخدم الجداول لنظم ٤٠٠ / ٢٣٠ فولت . والجداول المكافئة للحماية بواسطة قواطع الدائرة المضغوطة والمتعدد ٩ (مارلين جيرين) المشمولة في النشرات المعطاه .

معامل التصحيح m

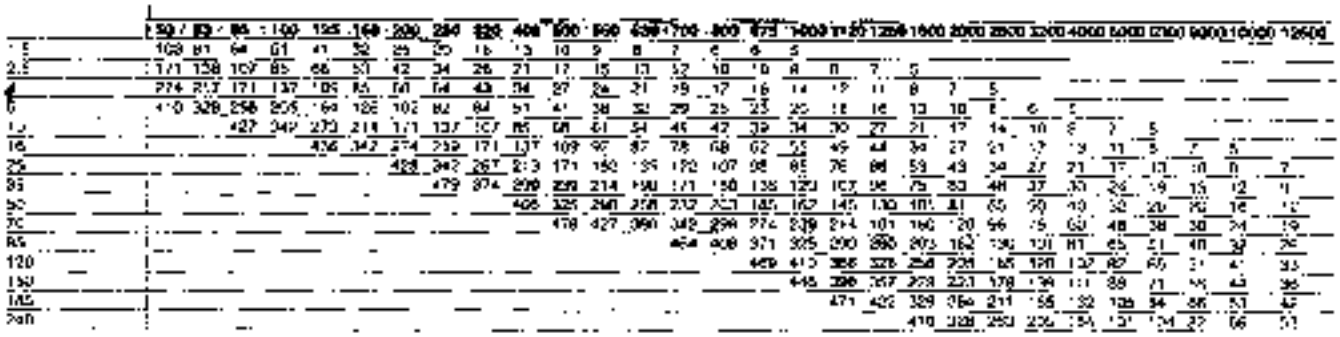
يبين جدول ز٤٢ معامل التصحيح الذي يطبق القيم المعطاه في الجداول ز٤٣ حتى ز٤٦ طبقاً لنسبة Sph/SPE، ونوع الدائرة ومادة الموصلات.

الدائرة	مادة الوصل	m= sph/spe (or PEN)			
		m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
3P+N or + N	نحاس	1	0.67	0.50	0.40
	الومنيوم	0.62	0.42	0.31	0.25

جدول ز – ٤٢ : معامل التصحيح المطبق لأطوال معطاه في جداول ز ٤٣ حتى ز ٤٦ لنظم TN

دوائر محمية بواسطة قواطع الدائرة للأغراض العامة .

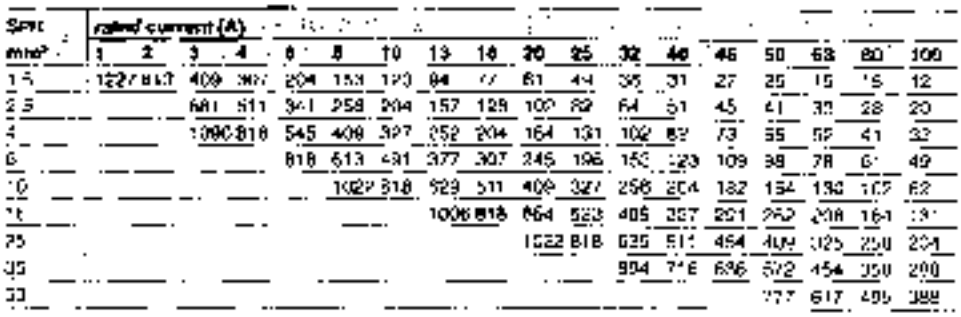
مساحة مقطع الموصلات الاسمية (مم)٢	تيار الأعتاق اللحظي أو المتاخر بزمن قصير (Im) أمبير



جدول ز ٤٣ : أقصى مقاسات للموصل وتيار الإعتاق اللحظي المضبوط لقواطع الدائرة ذات الأغراض العامة

ز

الدوائر المحمية بواسطة قواطع الدائرة المضغوطة *
أو المتعددة ٩* للاستخدامات الصناعية أو المنزلية



جدول ز٤٤ أقصى أطوال للدائرة لمقاسات مختلفة للموصل وتيارات مقننة لقواطع الدائرة نوع B (1)

منتجات مارلين جيرين

(١)لتعريف قاطع الدائرة نوع Bيرجع إلى ح٢ – بند فرعي ٤٢ .

SPH	التيار المقنن (A)																	
mm²	1	2	3	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	45	50	63	80	100
1.5	613	307	204	153	102	77	61	47	38	31	25	19	15	14	12	10	8	6
2.5	1022	511	341	256	170	128	102	78	64	51	41	32	25	23	20	16	13	10
4		818	545	409	273	204	164	126	102	82	65	51	41	38	33	25	20	16
6			818	613	409	307	245	189	153	123	98	77	61	55	49	38	31	25
10				1022	681	511	409	315	256	204	164	128	102	91	82	65	51	41
16						818	654	503	409	327	262	204	164	145	131	104	82	65
25							1022	786	639	511	409	319	256	227	204	167	128	102
35									894	716	572	447	358	318	286	227	179	143
50											777	607	485	431	389	309	243	194

جدول ز ٤٥ : أقصى أطوال دائرة لمختلف مقاسات الموصل للتيارات المقننة لقواطع الدائرة نوع ٢ (١)

(١)لتعريف قواطع الدائرة C إرجع إلى فصل ح٢ بند فرعي ٢/٤ .

SPH	التيار المقنن (A)																				
mm²	1	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3	8	10	12.5	13	16	20	25	32	40	45	50	63	80	100
1.5	438	274	219	175	146	110	73	70	60	44	35	34	27	22	18	14	11	10	9	7	5	4
2.5	730	456	365	292	243	183	121	116	89	73	58	56	46	37	29	23	18	16	15	13	9	7
4		730	584	467	389	292	195	186	141	117	93	90	73	58	47	37	29	25	23	18	14	12
6			876	701	584	438	292	279	211	175	140	135	110	88	70	55	44	39	35	28	21	16
10					974	730	487	465	352	292	234	225	183	146	117	91	73	65	58	46	35	29
16							779	743	564	467	374	359	292	234	187	146	117	104	93	74	56	47
25									881	730	584	562	456	365	292	228	183	162	146	115	86	73
35										1022	818	785	639	511	409	319	256	227	204	162	123	102
50													867	693	555	432	347	308	277	220	174	139

جدول ز – ٤٦ : أقصى أطوال دائرة لمختلف مقاسات الموصل للتيارات المقننة لقواطع الدائرة نوع Dأو MAميرلن جيرن (١) .

(١) لتعريف قواطع الدائرة نوع D إرجع إلى فصل في شكل 3 - j5

ز

مثال

تركيبات ٣-طور ٤-سلك (٢٣٠ / ٤٠٠ فولت) مؤرضة لنظام TN-C.الدائرة محمية بقاطع دائرة مقنن ٦٣ أمبير ويتكون من كابل ذو قلب ألمونيوم ٥٠مم٢ للطور وموصل المحايد ٢٥مم٢ (PEN) .

ما هو أقصى طول لدائرة دون الحد الذي يحمي الأشخاص ضد مخاطر التلامس غير المباشر ويتحقق بواسطة متمم إعتاق مغناطيسي لحظي لقاطع الدائرة؟

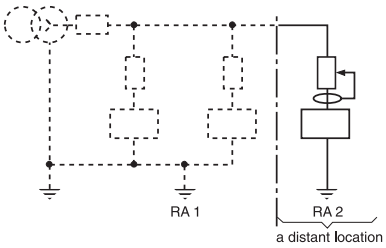
يعطي جدول ز٤٤ ٦١٧ متراً والتي يجب أن تطبق معامل ٠,٤٢ (جدول ز٤٢ لـ m= SPH/SPE =2)

أقصى طول للدائرة يكون :

٦١٧ × ٠,٤٢ = ٢٥٩ متر.

حالة خاصة عندما يكون جزء موصل مكشوف أو أكثر مؤرضاً بقطب تأريض منفصل.

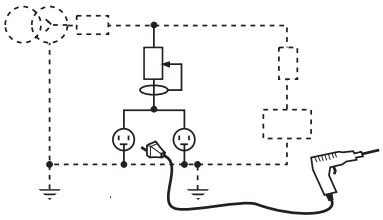
يجب أن تزود الحماية ضد التلامس غير المباشر بواسطة جهاز (RCD)يعمل بالتيار المتبقي عند أصل أي دائرة تغذي جهازاً منزلياً أو مجموعة من الأجهزة المنزلية، وتكون الأجزاء الموصلة الظاهرة والمتصلة بقطب تأريض مستقل. يجب أن تتلائم حساسية جهاز (RCD) الذي يعمل بالتيار المتبقي مع مقاومة قطب التأريض(RA2في شكل ز٤٧) . ويجب أن يكون التأريض بالشبكة السفلى لجهاز RCDنظام تأريض TN-S.



شكل ز٤٧: قطب تأريض منفصل

ز

٣/٥ أجهزة التيار المتبقي (RCDs)ذات الحساسية العالية



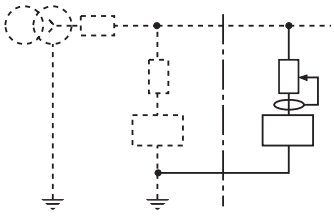
شكل ز٤٨: دائرة مغذية لمخارج المقابس.

توصي المواصفة العالمية IEC 364-4-471بشدة استخدام RCDذي حساسية عالية (٣٠ (mA)في الحالات الآتية:

- دوائر مخارج المقابس للتيارات المقننة (٣٢أ عند أي موضع (١).
- دوائر مخارج المقابس في المواضع الرطبة عند جميع مقننات (١) التيار.
- دوائر مخارج المقابس في التركيبات المؤقتة (١).
- الدوائر المغذية لغرف غسيل الملابس وحمامات السباحة (١).
- الدوائر المغذية لمواقع العمل ، سيارات البيوت المتنقلة ، قوارب النزهة، والمعارض المتنقلة(١). هذه الحماية يمكن أن تكون للدوائر المنفصلة أو لمجموعة من الدوائر،
- الطلب بشدة لدوائر مخارج المقابس ≤ ٢٠أ (تكون إجبارية إذا كان متوقعاً أن تغذي معدة محمولة للاستخدام الخارجي).
- في بعض الدول ، يكون هذا المتطلب إجباري لجميع دوائر مخارج المقابس ذات مقنن ≥ ٣٢أ).

(١)هذه الحالات تم معالجتها بالتفصيل في الفصل ل بند ٣,

٤/٥ الحماية في مواقع ذات مخاطر عالية لنشوب الحرائق .



شكل ز٤٩: موضع مخاطر الحريق

في المواقع التي يكون بها مخاطر عالية لنشوب الحريق ، غالباً ما يستبعد استخدام نظام TN-Cللتأريض ، ويجب استخدام نظام .TN-S

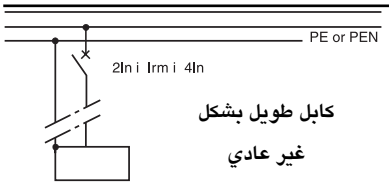
وفي بعض الدول تكون الحماية بواسطة RCDذو حساسية ٥٠٠ملي أمبير عند أصل دائرة تغذي موقع ذو مخاطر عالية للحريق يكون إجبارياً.

٥/٥ عندما تكون معاوقة حلقة تيار الخطأ كبيرة في أحوال خاصة

عندما يكون تيار الخطأ محدداً نتيجة معاوقة حلقة خطأ عاليـة، فإن الحماية ضـد التيار الزائد لا يمكن الاعتـماد عليهـا في هذه الحالة لإعـتاق الدائرة خـلال زمن معين ، لذا يجب أخذ الاقتراحات الآتية في الاعتبار.

اقتراح ١:

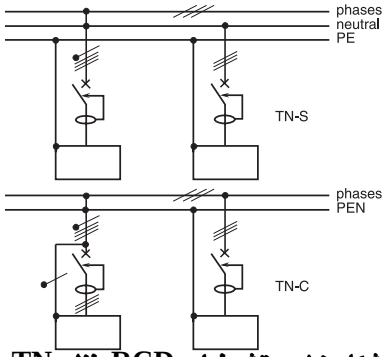
يتم تركـيب قاطـع دائرة له عنصر إعـتـاق مغناطيـسي لحظي مع مستوى تشغيل يكون أقل من الضبط العادي، كـمـثـال ٢ 2In≤ Irm≤4In وهذا يوفـر الحـمـاية للأشـخاص في الدوائر التي تكون طويلة فـوق المعـتاد، ويجب فحصها، للتأكد على أي حال أن التيارات العابرة العـالية مثـل تيارات بدء الحـركة للمـحركـات سوف لا تسبب إعتاقات مزعجة .



شكل ز٥٠: قـاطع دائرة بإعـتـاق مغناطيسي منخفض الضبط.

اقتراح ٢:

يتم تركيب RCDبالدائرة يكون ، ولا يحتاج الجهاز أن يكون عالي الحساسية (عـدة أمبيرات إلى عشرات قليلة من الامـبيـرات)، وعندمـا تكون مخـارج المقـابس تكون مشـمولة ضـمن الدوائر فإن تلك الدوائر الخـاصة يجب على أي حـالة أن تكون مـحـمـيـة بواسطة RCDs (≤30mA) عالية الحـساسية وغالباً ما تكون RCD واحدة لعدد من مخارج المقابس بالدائرة المشتركة.



شكل ز٥١: تشـغيل RCDبنظم TN بمعاوقة حلقية عالية الخطا الأرضي.

اقتراح ٣:

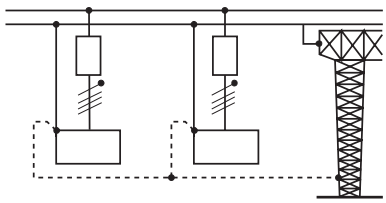
زيادة حـجم الموصـلات PEأو PENو/أو مـوصـلات الطور، وذلك لتقليل المعاوقة الحلقية.

اقتراح ٤:

إضافة موصلات تكميليـة ذات ربط متساوي الجهد وهذا سـوف يكون له تأثير مـشابـه للاقتـراح ٣، مثـلا تقليل المقاومـة الحلقية للخطأ الأرضي، بيـنما في نفس الوقت يتم تحسين تدابير الوقاية لجهد التلامس القائم .

إن تأثير هـذا التحسين يمكن فـحصـه بواسطة مقـاومة اخـتبـار بين كل جـزء ظاهر مـوصل وموصـل الحمـاية المحلي الرئيسي.

، الربط الموضح في شكل ز٥٢ لتـركيـبات TN-Cغيـر مسموح به ، ويجب عوضاً عن ذلك تبني إقتراح رقم ٣ .



شكل ز٥٢: تحسين الربط المتساوي الجهد.

٦/١ اشتراطات أولية .

إن السمة الأساسية لنظام تأريض ITهي أنه ، عند لحظة قصر الدائرة بالنسبة لخطأ الأرض، يستطيع النظام أن يستكمل أداءه بدون فصل.

ومثل هذا الخطأ يشار إليه "كخطأ أول" وفي هذا النظام ، جميع الأجزاء الموصلة الظاهرة بالتركيبات لقطب التأريض بالتركيبات عن طريق موصلات PE، بينما تكون نقطة المحايد لمحول التغذية معزولة عن الأرض أو متصلة بالأرض خلال مقاومة عالية (عادة تساوي ١٠٠٠ أوم أو أكثر) ، وهذا يعني أن التيار خلال الخطأ الأرضي سوف يقاس بالمللي أمبير، والتي سوف لا تسبب تلف خطير عند موضع الخطأ، أو يعطي إرتفاع شديد لجهود اللمس ، أو ينتج عنه مخاطر نشوب حريق. ولذلك يمكن أن يسمح النظام بأداء عادي حتى يتم عزل القسم الموجود به الخطأ ومن ثم يتم إصلاحه. وفي العادة يحتاج النظام إلى بعض الاحتياطات المحددة لاستغلاله بصورة مرضية.

- مراقبة دائمة للعزل بالنسبة للأرض، والتي يجب أن تبين(بشكل مسموع أومرئي) حدوث الخطأ الأول،
- جهاز لتحديد الجهد والتي يكون نقطة المحايد لمحول التغذية يستطيع الحصول عليها بالنسبة للأرض،
- تحديد موضع "الخطأ الأول" يكون بواسطة فريق صيانة كفؤ، ويمكن الكشف بسهولة عن موضع الخطأ بواسطة أجهزة تلقائية تكون متاحه حديثاً ،
- إعتاق آلي عالي وسريع لقواطع دائرة مناسبة ويجب أن تحدث في لحظة حدوث الخطأ الثاني وقبل إصلاح الخطأ الأول، الخطأ الثاني (بالتعريف) هو خطأ الأرضي المؤثر بطور مختلف عن طور الخطأ الأول أو الموصل المحايد*.

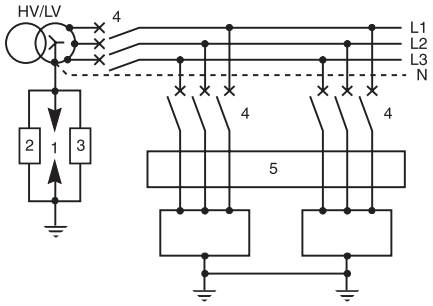
نتائج الخطأ الثاني بقصر الدائرة خلال الأرض و/أو خلال موصلات الحماية المرتبطة.

*في النظم التي يكون فيها المحايد موزع كما هو موضح في شكل ز ,٥٨

الشروط الابتدائية تم تلخيصها في جدول ز٥٣ وشكل ز٥٤ .

الوظائف الدنيا المطلوبة	المركبات والأجهزة	أمثلة (MG)
الحماية ضد زيادة الجهد عند تردد النظام	(1)محدد جهد	Cardew C
مقاوم الأرضي المحايد (بالنسبة لتغيير المعاوقة الأرضية)	(2)مقاوم	المعاوقة Zx
مبين خطأ الأرض الكلي مع إنذار لحالة الخطأ الأول.	(3)مبين العزل الثابت PINمع خاصية الإنذار	Vigilohm TR22A or XM 200
خلوص الخطأ التلقائي على الخطأ الثاني وحماية موصل المحايد ضد زيادة التيار	(4)قواطع دائرة ذات أربعة أقطاب (لو أن المحايد تم توزيعه) جميع الأقطاب الأربعة +الإعتاق	قاطع دائرة مضغوط أو RCD-MS
موضع الخطأ الأول	(5)مع جهاز لتحديد موضع الخطأ على النظام المكهرب، أو بواسطة فتح دوائر متعاقب.	نظام Vigilohm

جدول ز٥٣: الوظائف الضرورية في نظم التأريض IT



شكل ز٥٤: نظام ITالمؤرض ثلاثي الطور – ٣ سلك

٢/٦ الحماية ضد التلامس غير المباشر

حالة الخطأ الأول

يقاس تيار الخطأ الأرضي والذي يمر في حالة الخطأ الأول يقاس بالمللي– أمبير ويكون جهد اللمس بالنسبة للأرضي ويكون ناتج عن حاصل ضرب هذا التيار ومقاومة تركيب قطب التأريض وموصل الحماية الأرضي PE (من مركبة الخطأ إلى قطب التأريض) قيمة الجهد هذه لا تؤدي إلى ضرر واضح وتستطيع كمية عديدة من الجهد أن تلحق الضرر فقط في أسوأ حالة (مقاومة الأرضي ١٠٠٠ أوم سوف تمرر ٢٣٠ ميللي أمبير* والتركيبات الغير سليمة لقطب تأريض مقاومته ٥٠ أوم، سوف يعطي ١٢,٥ فولت، على سبيل المثال). إنذار يعطى بواسطة مبين دائم للخطأ الأرضي.

مبدأ مبين تيار الخطأ:

يتم استخدام مولد تيار متردد أو تيار مستمر له تردد منخفض جداً (لتقليل تأثيرات سعة الكابل لقيم مغيره مهملة) يطبق الجهد بين نقطة المحايد لمحول المنبع والأرض .

وهذا الجهد يسبب تياراً صغيراً ماراً خلال معاوقة العزل للأرضي لجميع التركيبات بالإضافة إلى أي أجهزة أخرى موصلة .

ويمكن استخدام أجهزة التردد المنخفضة بنظم التيار المتردد والتي تولد مركبات تيار مستمر عابرة تحت حالات الخطأ. بعض النسخ المعدلة تميز بين المركبات السعوية والمقاومية لتيار التسرب.

والتطورات الحديثة تسمح بقياس قيمة تيار التسرب ولهذا يمكن منع حدوث الخطأ الأول .

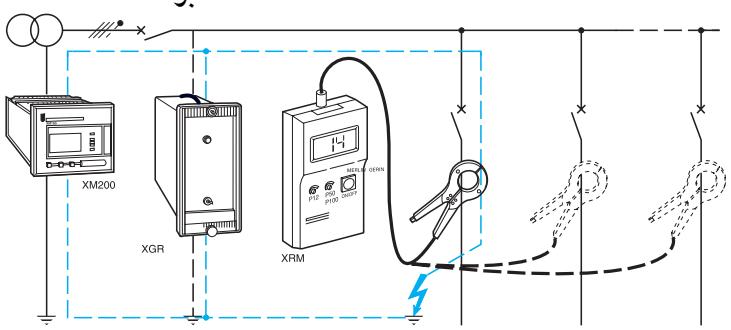
نظم البيان الحديثة تمكن من تحديد الخطأ الأول وإصلاحة .

أمثلة للأجهزة والمعدات:**

تحديد موضع الخطأ يدوياً (شكل ز٥٥) المولد يمكن أن يكون ثابت (مثال: XM200) أو متنقل (مثال: XGR الذي يسمح بفحص الدوائر المعطوبة) ويكون المستقبل،كل من و لاقط مغناطيسي نوع حساس متنقلين .

*بنظم ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت ثلاثية الطور

**الأجهزة والمعدات الموجودة لتوضيح مباديء موضع الخطأ ، تم تصنيعها بواسطة MG .

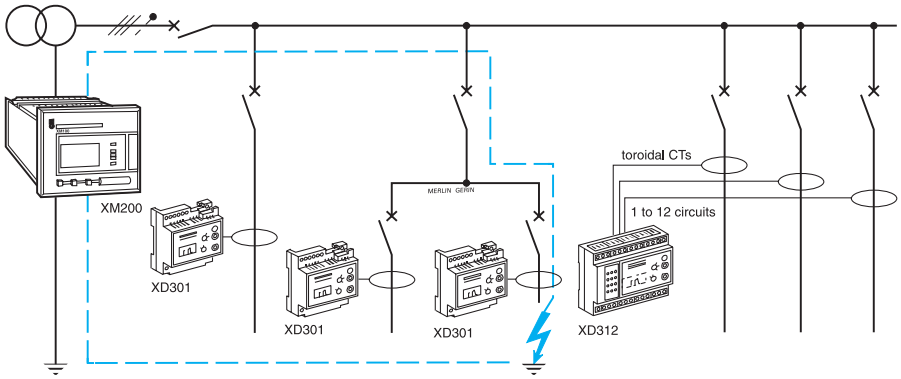


شكل ز٥٥: تحديد موضع الخطأ غير التلقائي (اليدوي)

■ تحـديد موضع الخطأ التلـقائي الثـابت (شكل ز٥٦)

يقـوم مرحل المراقـبة XM 200، معـاً مع كاشـفات مثبـتة XD301(كل واحدة تتغـذى من دائرة حلقية تحتـوي على الموصلات للدائرة المعنية) توفـر نظاماً لتحـديد موضع الخطأ في التركـيبات الكهـربائية بشكل تلقائي .

وبالإضـافة إلى ذلك يتم توضـيح مسـتوى العـزل لكل دائرة تحت المراقبـة ، وتفحص قـيمتـان: القيـمة الأولى تحذر من مـقاومة العـزل المنخفضـة إلى حد غيـر عادي حـتى يمكن أخذ الاحـتيـاطات الوقـائية، بينمـا توضح القيمة الثانية حالة الخطأ وتعطي إنذاراً لذلك .

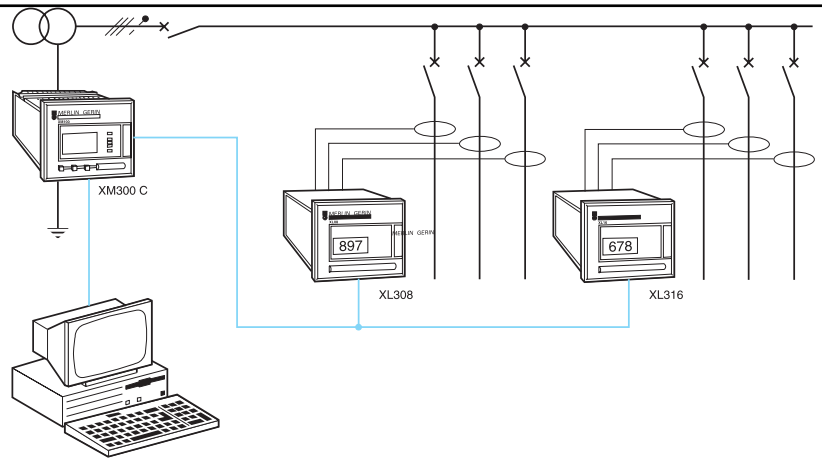


شكل ز٥٦: تحديد موضع الخطأ الثابت التلقائي

■المراقبـة التلقائـية ، والأداء ، وتحديد مـوضع الخطأ.

يسـمح نظام مراقـبـة الأوم أيضاً باتـصاله بطابعـة و/أو PCوالذي يزود بمراجعـة شاملة للمسـتويات الكلية للعـزل في التركيبـات ويسجل التقـييم الزمني لقيم العزل بكل دائرة.

ويقوم المبين المركزي XM300C، مع الكاشفات المحلية XL308وXL316، وكـذلك مع حلـقـات دائـرية من دوائر عـديدة، كـمـا هو مـوضـح أسـفل في شكل ز٥٧، بتوفير تلك الوسيلة الآلية .



شكل ز٥٧: تحديد موضع الخطأ التلقائي وبيانات مقاومة العزل

تطبيق أجهزة مراقبة العزل الدائم (PIM):

■ توصيل

عادة ما يتم توصيل جهاز PIM بين نقطة المحايد لمحول التغذية وقطب التأريض له.

■ مصدر التغذية

تغذية جهاز PIM بالقدرة الكهربائية يجب أن تؤخذ من مصدر ذات درجة عالية الوثوقية. وفي العادة يكون هذا مباشرة من تركيبات تكون تحت المراقبة بواسطة أجهزة الحماية ضد زيادة التيار ذات تيار قصر دائرة مقنن مناسب.

■ معاوقة جهاز PIM

من أجل المحافظة على مستوى الخطأ الأرضي ضمن حدود آمنة ، يكون التيار المار خلال جهاز PIM أثناء قصر الدائرة للأرضي يكون عادة محدداً بقيمة ≤ ٣٠ مللي أمبير وحيث أن نقطة المحايد تكون مؤرضة خلال معاوقة ، فإن التيار الكلي المار خلال جهاز PIM والمعاوقة (على التوازي معها) يجب أن تكون ≤ ٥٠٠ مللي أمبير. وهذا يعني أن جهد لمس أقل من ٥٠ فولت سوف يحدث بالتركيبات طالما أن مقاومة قطب التأريض لأقل من ١٠٠ أوم لذا فإن مخاطر نشوب حريق ذي منشأ كهربائي يمكن تلافيها .

■ ضبط المستوى

توصي بعض المواصفات الوطنية بالضبط الأول عند ٢٠٪ أقل من قيمة العزل للتركيبات الجديدة. وهذا الضبط يسمح بالكشف عن مدى النقص في جودة العزل، لذا يمكن إتخاذ احتياطات الصيانة الوقائية اللازمة عند حالة بدء الانهيارالكشف عن الإنذارعن الهطأ الأرضي سوف يتم ضبطه عند قيمة أكثر إنخفاضاً.

وبطريقة المثال، يكون المستويان كما يلي:

- قيمة العزل الجديد المركب:١٠٠كيلو أوم.
- تيار التسرب بدون خطر:٥٠٠مللي أمبير(مخاطر الحريق ٥٠٠مللي أمبير).
- مستويات البيان المضبوطة بواسطة المستهلك:

مدخل للصيانة الوقائية:

$$0.8 \times 100 = 80 \quad K\Omega$$

- مدخل الإنذار عن قصر الدائرة: ٣٠٠ مللي أمبير .

ملحوظات :

- بعد فترة طويلة للإيقاف المؤقت ، وحينما يبقى كل أو جزء من التركيبات تبقى غير مكهرب ٦ ، فإن الرطوبة يمكن أن تقلل من المستوى العام العامة لمقاومة العزل وهذه الحالة التي تنتج أساساً بسبب تيار التسرب فوق السطح المعطوب للعزل الجيد لا ينشأ عنها حالة خطأ، وسوف يتحسن الوضع بسرعة إرتفاع درجة حرارة الموصلات الحاملة للتيار التي ستقلل من رطوبة السطح .
- يستطيع جهاز PIM (XM) قياس مركبات التيار السعويه والمقاومية لتيار الخطأ الأرضي بشكل منفصل ، وبتلك الوسيلة نستنتج مقاومة العزل الحقيقية من تيار التسرب الدائم.

ز

حالة الخطأ الثاني

يمثل الخطأ الأرضي الثاني بنظام (ITماعدا الذي يحدث على نفس الموصل كخطأ أول) خطأ طور –طور أو خطأ طور– المحايد وسواء حدث على نفس الدائرة كخطأ أول، أو على دائرة مختلفة ، فإن أجهزة الحماية ضد التيار الزائد (مصاهر أو قواطع دائرة) فسوف تعمل بصورة عادية لتؤثر آلياً بخلوص الخطأ. أن ضبط مرحلات إعتاق زيادة التيار وتقنين المصاهر يشكل قيماً أساسية تقرر أقصى طول عملي لدائرة يمكن معه توفير حماية مقبولة كما نوقش في البند الفرعي ٢/٥ .

ملحوظة: في الظروف العادية، تيار الخطأ يمر خلال موصلات مشتركة للحماية الأرضية PE، بإتحاد جميع الأجزاء الموصلة الظاهرة للتركيبات، ويمكن لمعاوقة الخطأ للدائرة المقفلة أن تكون منخفضة لدرجة كافية لضمان مستوى كاف لتيار الخطأ.

وحيث أن أطوال الدائرة قد تكون طويلة لدرجة لا يمكن تجنبها ، وخاصة لو أن الأجهزة المنزلية للدائرة تكون منفصلة التأريض (حيث أن تيار الخطأ يمر خلال قطبين أرضيين)، فإن إعتاقاً موثوقاً به ضد زيادة التيار لا يمكن أن يكون محتملاً.

وفي هذه الحالة ، يوصى بأن يكون جهاز RCDموجوداً بكل دائرة في التركيبات .

وحيث نظام ITيكون مؤرض بالمقاومة ، وعلى أي حال يجب الحذر للتأكد من أن جهاز RCDليس عالي الحساسية، أو أن الخطأ الأول يمكن أن يسبب إعتاقاً غير مرغوب فيه . ويمكن أن يحدث إعتاق الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي والمتوافقة مع مواصفات IEC عند قيم$I\Delta n$ 0.5 حتى$I\Delta n$ حيث $I\Delta n$ التيار المتبقي الأسمي المضبوطة قيمته.

يجب أن يتم التقدير الدقيق المعقول لقيم تيار قصر الدائرة عند مرحلة تصميم المشروع. ولا يعتبر التحليل الدقيق ضرورياً، حيث أن قيم التيار تكون مهمة فقط لحماية الأجهزة المعنية (مثلا زواياً الطور لا تحتاج تحديد). ولهذا السبب عادة ما يستخدم طرق بسيطة تقريبية.

الطرق العملية هي:

- طريقة المعاوقات ، وتعتمد على الجمع الاتجاهي لجميع (تتابع الطور الموجب) المعاوقات حول حلقة تيار الخطأ .
- طريقة التركيب وهي تقدير تقريبي لتيار قصر الدائرة عند أبعد نهاية للحلقة (الاطار)، عندما تكون قيمة تيار قصر الدائرة عند أقرب نهاية من الحلقة (الإطار) معلومة.

في هذه الطريقة يتم جمع .المعاوقات المركبة حسابياً

- الطريقة التقليدية (الاصطلاحية) ، والتي يفترض أن تكون فيها القيمة الدنيا للجهد عند مصدر تيار الخطأ ٨٠٪ من جهد الدائرة الأسمي، والجداول المستخدمة تعتمد على هذا الافتراض لإعطاء قراءات مباشرة لأطوال الدائرة.

وهذه الطرق يمكن الاعتماد عليها فقط في الحالات التي تكون فيها الأسلاك والكابلات التي تصل تيار الخطأ الحلقي متقاربة وليست مفصولة بواسطة مواد مغناطيسية.

طريقة المعاوقات

هذه الطريقة موضحة في البند الفرعي ٢/٥ وتكون مطابقة لنظم التأريض بكل من TN. ،IT

طريقة التركيب

هذه الطريقة موضحة في البند الفرعي ٢/٥ وتكون مطابقة لنظم التأريض بكل من TN. ،IT

هناك ثلاث طرق معروفة تستخدم لحساب تيار قصر الدائرة وهي:

- طريقة المعاوقات، التي تأخذ في الحسبان التمثيل المركب، للمعاوقات.
- طريقة التركيب، وهي طريقة تقريبية معتدلة، يتم فيها جمع المعاوقات حسابياً.
- الطريقة التقليدية (الاصطلاحية)، هي طريقة مبسطة تعتمد على جهد أدنى مفترض خلال الخطأ واستخدام الجداول.

يعتمد برنامج الحاسوب Ecodial 2 (مارلين جيرين) على طريقة المعاوقات.

أقصى طول لدائرة مؤرضة IT تكون

■ لنظام ثلاثي الطور ٣- سلك

$$Lmax = \frac{0.8\ Uo \sqrt{3}\ x\ Sph}{2P\ La\ (1 + m)La}$$

■ لنظام ثلاثي الطور -٤ سلك

$$Lmax = \frac{0.8\ Uo\ \ SI}{2P\ La\ (1 + m)}$$

الطريقة الاصطلاحية

المبدأ هو نفس نظام ITكما هو موضح في البند الفرعي ٢/٥ لنظام TN، أي: حساب أقصى أطوال دائرة والتي لا يجب تجاوزها في الشبكة السفلى لقاطع الدائرة أو المصاهر لتأكيد الحماية بواسطة أجهزة الحماية ضد التيار الزائد، ومن المستحيل فحص أطوال الدائرة لكل تجميع عملي لخطأين متزامنين.

إن جميع الحالات تم تغطيتها، ومع ذلك فلو أن ضبط إعتاق زيادة التيار اعتمد على إفتراض هو حدوث الخطأ الأول عند الطرف الأبعد للدائرة المعنية، بينما يحدث الخطأ الثاني عند الطرف الأبعد للدائرة المتماثلة ، كما هو مشار إليه فعلياً في البند الفرعي ٤/٣ فهذه الحالة يمكن في الغالب أن تحدث بإعتاق واحد فقط (على الدائرة مع ضبط قيمة إعتاق منخفضة)، ولذلك يكون النظام في حالة الخطأ الأول ، ولكن بدائرة خطأ واحد خارج الخدمة .

■ في حالة تركيبات ثلاثية الطور-٣سلك فإن الخطأ الثاني يمكن أن يسبب فقط قصر دائرة طور/طور، لذلك يكون الجهد المستخدم في المعادلة لأقصى دائرة يكون . Uo.

ويمكن إيجاد أقصى طول دائرة بواسطة:

$$Lm = \frac{0.8\ Uo \sqrt{3}\ x\ Sph}{2P\ L\alpha\ (1 + m)}\ \text{meters}$$

وفي حالة التركيبات – ثلاثية الطور- ٤ سوف تحدث القيمة الصغرى لتيار الخطأ لو أن واحداً من الأخطاء يكون على الموصل المحايد. في هذه الحالة، تكون Uoالقيمة المستخدمة لحساب أقصى طول كابل، و

$$Lm = \frac{0.8\ Uo\ SI}{2P\ L\alpha\ (1 + m)}$$

(مثلاً ٥٠٪ فقط من الطول المسموح به في نظام .(TN

تذكر: لا يوجد حدود للطول للحماية ضد الخطأ الأرضي بنظام TT، حيث أن الحماية تكون مزودة بواسطة أجهزة RCDsعالية الحساسية.

في المعادلة السابقة:

Lm = الدائرة الأطول بالأمتار .

Uo = جهد الطور- محايد (٢٣٠ فولت بنظام ٢٣٠/٤٠٠ فولت).

p = المقاومة النوعية عند درجة حرارة تشغيل عادية.

= ٢٢,٥ × ١٠$^{-٣}$أوم- مم٢/متر للنحاس

= ٣٦×١٠$^{-٣}$ أوم-مم٢/متر للألمونيوم

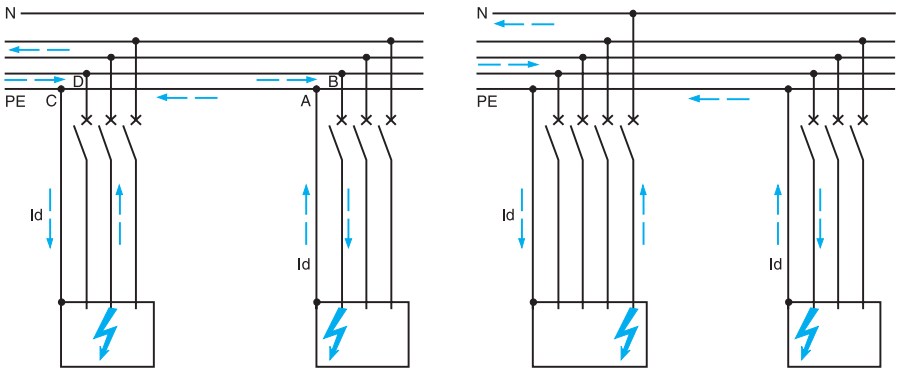
Ia = مستوى ضبط الإعتاق للتيار الزائد بالأمبير.

أو Ia = التيار المطلوب بالأمبير لتشغيل المصهر بدون إنصهار في زمن محدد

m = Sph/SPE

SPE = مساحة مقطع موصل الحماية الأرضي بالمم٢ .

SI = مساحة مقطع المحايد (S) لو أن الدائرة تشتمل على موصل المحايد.



الشكل ز٥٨: حساب أقصى طول بالنسبة لنظام ITمؤرض مع توضيح ممر تيار الخطأ بالنسبة لحالة مزدوجة الخطأ.

الجداول

لقد تم وضع الجداول الآتية وفقاً "للطريقة التقليدية" الموضحة عاليه.

تعطي هذه الجداول أقصى أطوال الدائرة والتي من خلالها يمكن لمقاومة الأوم أن تضبط مقدار تيار الدائرة القصيرة عند مستوى أقل من ذلك المطلوب لإعتاق قاطع الدائرة (أو يذيب المصهر) الذي يحمي الدائرة وذلك بسرعة كافية لضمان سلامة الأشخاص ضد التلامس غير المباشر. هذه الجداول تأخذ في الاعتبار ما يلي:

- نوع الحماية: قواطع الدائرة أو المصهرات
- أوضاع ضبط تيار التشغيل
- المساحة المقطعية لموصلات الطور والموصلات الواقية نوع برنامج أو خطة التأريض
- معامل التصحيح: يوضح الجدول ز٥٩
- معامل التصحيح الذي يجب تطبيقه على الأطوال المعطاه في الجداول من ز٤٣ وحتى ز٤٦ عند تطبيق نظام الـ IT.

تعطي الجداول الآتية * طول الدائرة الذي لايجب تجاوزه وذلك لحماية الأشخاص ضد مخاطر التلامس غير المباشر باستخدام أجهزة حماية.

* تلك الجداول هي الموجودة في البند الفرعي ٥/٢ (الجداول من ز٤٣ حتى ز٤٦) وعلى أية حال، فإن جدول عوامل التصحيح (جدول ز٥٩) والذي يأخذ في الاعتبارالمعدل Sph/ Spe وأيضاً نوع الدائرة (٣طور-٣سلك، ٣طور-٤سلك، ١طور-٢سلك) إلى جانب مادة الموصل، يختص بنظام IT ويختلف عن نظام ال TN .

الدائرة	مادة الموصل	m= S ph/SPE (or PEN)			
		m = 1	m = 2	m = 3	m = 4
٣ إطوار	نحاس	٠,٨٦	٠,٥٧	٠,٤٣	٠,٣٤
	المونيوم	٠,٥٤	٠,٣٦	٠,٢٧	٠,٢١
٣ إطوار + محايد	نحاس	٠,٥٠	٠,٣٣	٠,٢٥	٠,٢٠
أو طوار + محايد	المونيوم	٠,٣١	٠,٢١	٠,١٦	٠,١٢

جدول ز٥٩: معاملات تصحيح لأنظمة الـ (ITالمؤرضة والتي يتم تطبيقها على أطوال الدائرة المعطاة في الجداول من ز٤٣ وحتى ز٤٦

مثال

تركيبات مؤرضة بنظام الـ ITوذات طور ٣-٣سلك وجهد ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت.

تتم حماية أحد دوائره عن طريق قاطع دائرة مقنن عند ٦٣ أمبير، ويتكون من كابل ذي قلب ألمونيوم بموصلات ذات طور ٥٠مم,٢ كما أن الموصل PE ٢٥مم٢ يجب أن يكون من الألمونيوم. ما هو أقصى طول للدائرة والذي وفقاً له يمكن ضمان حماية الأشخاص ضد التلامس غير المباشر بواسطة مُرِّحل الإعتاق المغناطيسي اللحظي لقاطع الدائرة؟

يشير الجدول ز٤٤ إلى طول قدره ٦١٧ متر والذي يجب أن يطبق عليه معامل تصحيح قدره ٠,٣٦ (m= 2 لكابل الألمونيوم).

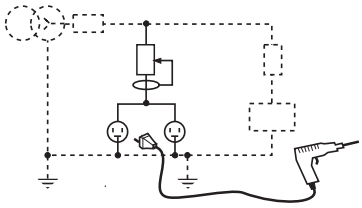
لذلك فإن أقصى طول هو ٢٢٢ متراً.

٣/٦ أجهزة التيار المتبقي (RCDs)ذات الحساسية العالية

توصي المواصفة الدولية(IEC 364-4-471)بقوة باستخدام جهاز (RCD) عالي الحساسية (٣٠ ملي أمبير) في الحالات الآتية:

- دوائر مخارج (قابسات) لتيارات مقننة ≤ ٣٢ أمبير عند أي موقع(١).
- دوائر مخارج (قابسات) في المواقع الرطبة (المبللة) عند جميع مقننات التيار(١).
- دوائر مخارج (قابسات) في التركيبات المؤقتة(١).
- دوائر تغذية غرف المغاسل (الغسالات) وحمامات السباحة(١).
- إمداد دوائر لمواقع العمل، البيوت المتنقلة، وقوارب النزهة والمعارض المتحركة، هذه الوقاية ربما تكون لدوائر فردية أو لمجموعة من الدوائر.
- يوصى بقوة لدوائر مخارج (قابسات) ≤٢٠ أمبير (اجباري لو كان من المحتمل أن تغذي مُعدة متنقلة للاستخدام الخارجي).
- في بعض الدوائر تكون هذه المتطلبات إلزامية لكل دوائر المخارج ذات المقننات≤ ٣٢ أمبير.

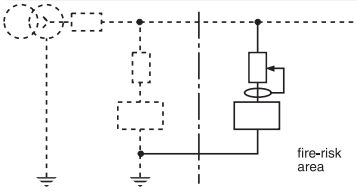
(١) هذه الحالات مذكورة بالتفصيل في الفصل (ي) البند ٣,



شكل ز ٦٠: دائرة تغذية المقابس

٤/٦ في مناطق ذات مخاطر عالية لنشوب الحريق

في بلدان كثيرة تكون الحماية بـ (RCD)عند قاطع الدائرة المتحكمة لجميع المصادر عند مناطق الخطر إلزامية ويجب أن تكون حساسية (RCD) ≤ ٥٠٠ ملي أمبير.



شكل ز ٦١: موقع نشوب الحريق

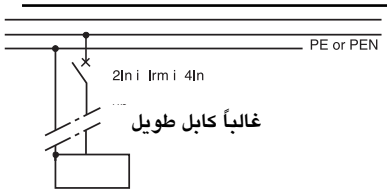
٥/٦ عندما تكون معاوقة حلقة تيار الخطأ كبيرة في أحوال خاصة

إذا أكتشف أثناء مرحلة تصميم التركيب، أن معاوقة إطار تيار الخطأ لدائرة ما سوف تكون كبيرة بصورة حتمية حيث أنه لا يمكن الاعتماد على الحماية ضد ارتفاع التيار للتشغيل أثناء الوقت المحدد، فإنه يجب مراعاة ودراسة الاحتمالات الآتية:

ملحوظة : يحدث ذلك أيضاً في حالة حدوث خطأ تأريض واحد (من خطأين) عند نهاية سلك طويل مرن.

اقتراح ١:

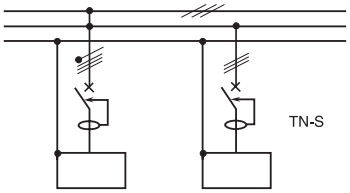
رَكِّب قاطع دائرة به عنصر إعتاق مغناطيسي لحظي بمعدل تشغيل أقل من الضبط المعتاد على سبيل المثال $2In \leq Irm \leq 4\ In$ يوفر ذلك حماية على الدوائر الطويلة بصورة غير عادية. وعلى أية حال، يجب التأكد من أن التيارات العابره المرتفعة مثل تيارات تشغيل المحركات لا يجب أن تسبب حدوث إعتاقات مزعجة.



الشكل ز٦٢: قاطع دائرة ذو إعتاق مغناطيسي لحظي منخفض

إقتراح ٢:

رَكِّب جهـاز تفاضلي للتيـار المتخلف RCDعلى الدائرة ذات الحسـاسية المنخـفضة (أمبـيرات عديدة لعـشرات الأمبـيرات القليلة حيث أنهـا لا يجب أن تعمل في الخطأ الأول) إذا كانت الدائرة تغذي مآخـذ مقابس، فإنه يجب حمايتها، على أي حال، باستـخدام جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD ≥ ٣٠مللي أمبير).



الشكل ز٦٣: حماية جهاز التيار المتبقي

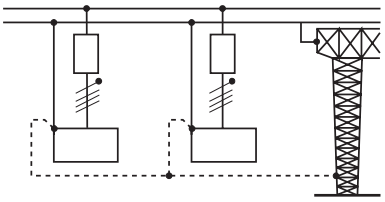
اقتراح ٣:

زود حجم الموصلات PEو/أو موصـلات الطور لتقليل معاوقة الحلقة.

اقتراح ٤:

أضف موصـلات إضافية مـتساوية الجهـد حيث أن ذلك سـوف يكون له نفس أثر اقتـراح ٣ أي تقليل مـقاومـة إطار خطأ التـأريض مع تحسين إجـراءات الحمـاية ضد تلامس الجـهـد في نفس الوقت. ويتم التـحـقق من هذا التحـسين بإجراء اختبـار مقاومة بين كل جـزء مكشوف والموصل الواقي الرئيسي المحلي.

وبالنسبة لتركيبات TN-C، فإنه غير مسموح بالربط الموضح في الشكل ز٥٢، ويتم تطبيق إقتراح ٣ .



الشكل ز٦٤: ربط مـتساوي الجـهد مُحسَّن

ز

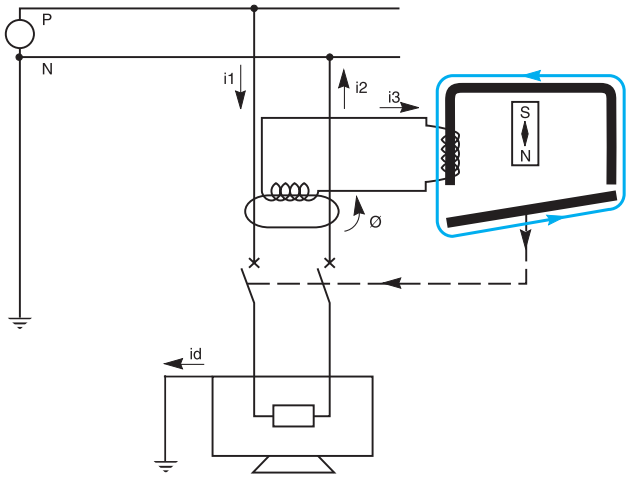
١/٧ التوصيف

مبدأ

إن السمات الأساسية موضحة بيانياً في الشكل ز٦٥ أدناه. يضم قلب مغناطيسي كافة الموصلات الحاملة للتيار داخل دائرة كهربائية، ويعتمد التدفق المغناطيسي المتولد في القلب في كل لحظة على القيمة الحسابية للتيارات التي تمر في إتجاه واحد حيث تعتبر موجبةً في حين أن التيارات التي تمر في الاتجاه المعاكس تعتبر سالبة.

وفي داخل الدائرة العادية الجيدة (الشكل ز٦٥) فإن $\dot{I}_1+\dot{I}_2=0$ كما أنه لا يوجد تدفق في القلب المغناطيسي وتكون القوة الدافعة الكهربائية صفراً داخل ملفاتها. ويمر تيار خطأ التأريض id عبر القلب إلى الخطأ ولكن يعود إلى المصدر إما عبر التأريض أو عبر الموصلات الواقية في نظام التأريض TN، وبالتالي لم يعد هناك توازن في التيار في الموصلات المارة عبر القلب المغناطيسي، كما أن تيار الفرق يساعد على وجود تدفق مغناطيسي في القلب.

ويُعرف تيار الفرق بأنه التيار "المتبقي" ويُشار إلى المبدأ بأنه مبدأ "التيار التفاضلي". ويترتب على الدفق المتردد الناشيء في القلب وجود قوة دافعة كهربائية في ملفه حيث يمر تيار i3 في ملف تشغيل جهاز الإعتاق. وإذا زاد التيار المتبقي عن القيمة المطلوبة لتشغيل جهاز الإعتاق فإنه سوف يتم إعتاق قاطع الدائرة المرافق.



الشكل ز٦٥: مبدأ تشغيل جهاز التيار المتبقي (RCD)

٢/٧ تطبيقات أجهزة التيار المتبقي التفاضلية

تيارات التسرب الأرضي الدائمة

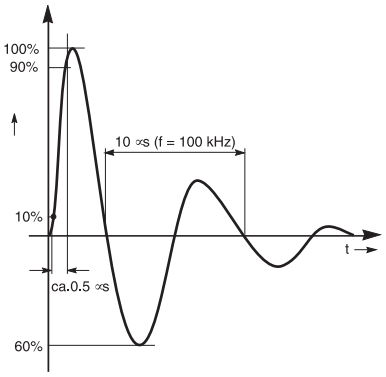
يوجد في جميع التركيبات ذات الجهد المنخفض تيار تسرب أرضي دائم سببه غالباً وجود عزل غير محكم وعند المواسعة الأصلية بين الموصلات المكهربة والأرض.
وكلما كانت التركيبات كبيرة كلما قلت مقاومة العزل وأرتفعت سعته مع تيار التسرب الزائد تبعاً لذلك.
يجب أن يكون تيار التسرب السعوي على نظم الـ ٣ طور صفراً إذا كان لموصلات الأطوار الثلاثة مواسعة متساوية مع الأرضي، وهذا شرط صعب تحقيقه في التركيبات بصورة عملية. يزداد تيار التأريض السعوي أحياناً بصورة معقولة عن طريق فلترة المكثفات المرتبطة بالجهاز الالكتروني (وسائل التقنية والمعلوماتية ونظم الكمبيوتر). وفي حالة عدم توفر معلومات وبيانات دقيقة، فإنه يمكن تقييم تيار التسرب الدائم بتركيب معين من القيم الآتية، مقاسة عند ٢٣٠ فولت ٥٠ هيرتز ومأخوذة عن "نشرة UTE" في أبريل عام ١٩٩٢ .

نهاية طرفية فاكس	
محطة عمل معلوماتية*	٠,٥ إلى ١ مللي أمبير
طابعة معلوماتية	١ إلى ٢ مللي أمبير
نهاية طرفية معلوماتية*	١ إلى ٢ مللي أمبير
ناسخة تصوير فوتغرافي	٠,٥ إلى ٢,٥ **مللي أمبير**

*تقنية معلومات

تيارات التسرب العابرة

إن التنشيط المبدئي للمواسعات المذكورة أعلاه يساعد على زيادة التيارات العابرة ذات التردد العالي لمدة قصيرة جداً، مشابهاً لما هو موضح في الشكل ز,٦٦ كما يتسبب الحدوث المفاجيء للخطأ الأول في وجود تيارات تسرب أرضي عابرة بتردد عال نظراً للإرتفاع المفاجيء لطورين جيدين إلى طور/طور جهد فوق الأرضي.



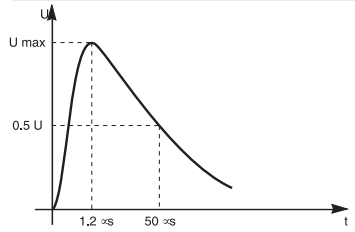
الشكل ز٦٦: موجة عابرة للتيار الموحد ٠,٥ ميكرو ثانية/ ١٠٠ كيلو هيرتز.

ز

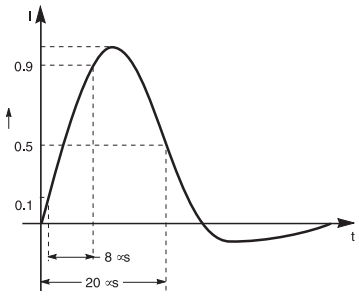
تأثير الجهود الزائدة

تخضع شبكات القدرة الكهربائية لجهود زائدة مختلفة وهي جهود زائدة جويه (بفعل الغلاف الجوي) أو نتيجة للتغيرات المفاجئة لظروف تشغيل النظام (الأخطاء، تشغيل المصهر، مفاتيح التشغيل والإيقاف... الخ). وتسبب هذه التغيرات المفاجئة غالباً وجود جهود وتيارات عالية عابرة في دوائر النظام السعوية والحثية قبل الوصول إلى حالة مستقرة جديدة. لقد أوضحت الإحصائيات أن الجهود الزائدة على نظم الجهد المنخفض تظل بصورة عامة أقل من ٦ كيلو فولت وأنه يمكن تمثيلها بواسطة موجة النبضة التقليدية ١,٢ / ٥٠ ميكروثانية (شكل ز٦٧).

وتعمل هذه الجهود الزائدة على زيادة التيارات العابرة الممثلة بموجة نبضة ذات الشكل التقليدي ٨ / ٢٠ ميكرو ثانية وذات قيمة ذروية لعشرات الأمبيرات (شكل ز٦٨). وتتدفق تلك التيارات العابرة إلى الأرضي من خلال مواسعات مانعات التموّر بالتركيب أو من خلال فشل عازل ما.



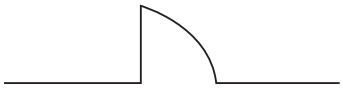
الشكل ز٦٧: موجة نبض الجهد الموحد ١,٢ / ٥٠ ميكروثانية



الشكل ز٦٨: موجة نبض الجهد الموحد ٨ / ٢٠ ميكروثانية

التوافقية الكهرمغناطيسية

إن الجهود الزائدة العابرة ذات التردد العالي والتيارات المذكورة أعلاه، سوياً مع مصادر تشويش كهرومغناطيسية أخرى (ملفات مفتاح التلامس والمرحلات والملامسات الجافة) والتفريغات الإلكتروستاتيه والموجات الكهرومغناطيسية المشعة (الراديو ونظم الإشتعال ...الخ) تشكل جزءاً من التوافقية الكهرومغناطيسية. لمزيد من التفاصيل، يمكن الرجوع إلى المطبوعات الفنية أرقام ١٢٠ و١٤٩ إعداد ميرلان جيران. إنه من الضروري أن تكون الأجهزة التفاضلية للتيار المتبقي RCDsمحصنةً ضد سوء التشغيل المحتمل الناجم عن آثار تشويش التموّر الكهرومغناطيسي. ويجب من الناحية العملية، الالتزام بالمستويات الموضحة في الجدول ز٧٠ في مواصفات التصميم والتصنيع.



الشكل ز٦٩: الرمز الموحد المستخدم في بعض الدول الذي يشير إلى منع التشغيل غير الصحيح نظراً للتيارات العابرة.

التنفيذ

■ يجب أن يتوفر بكل جهاز تفاضلي للتيار المتخلف مركب أدنى مستوى من الحصانة ضد الإعتاق غير المرغوب طبقاً لمتطلبات الجدول ز,٧٠ وتغطي كل الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف نوع " "Sأو مستويات ضبط المرحل الزمني ١ و ٢ (أنظر الشكل ز٣٦) كافة تيارات التسرب العابرة وتشمل تيارات مانعات الصواعق (انظر مخطط التركيب – الفصل ١ البند الفرعي ١/٣) لمدة اقل من ٤٠ ميكروثانية.

■ يجب دراسة تيارات التسرب الدائمة بالجهاز التفاضلي للتيار المتخلف RCDsوخاصة في حالة التركيبات الكبيرة و/أو حيث توجد دوائر ترشيح أو مرة أخرى في حالة التركيب المؤرض بنظام الـ IT. وإذا كانت قيمة المواسعة معروفة، فإن تيار التسرب المكافيء لاختيار حساسية جهاز تفاضلي للتيار المتبقي هو:

imA* = 0.072 C at 50 Hz
imA = 0.086 C at 60 Hz

حيث C = المواسعة بالنانوفراد (في طور واحد أرضي nF)

ونظراً لأن الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف RCDsالتي تتطابق مع IEC والعديد من المواصفات الوطنية قد تعمل في حدود ٠,٥ I(n-I(n لمعدل إسمي I(n، فإن تيار التسرب بالأجهزة يجب أن لا تزيد عن ٠,٥ .I(n

إن ضبط تيار التسرب الدائم عند ٠,٢٥ I(n، عن طريق التقسيم الفرعي للدوائر، سوف يمنع أثر كافة عوابر التيار المناظرة من الناحية العملية. وبالنسبة لكل الحالات الخاصة جداً مثل التمديد أو التجديد الجزئي لتركيبات التأريض ITالممدة، فإنه يجب إستشارة الصانعين.

$$imA^* = \frac{230V \times 100\pi \times 10^{3} C_{(nF)}}{10^{9}}$$

= 0.072 C (nF) at 50 Hz.

التشويش	نوع الاختبار	كمية التحمل المطلوبة
الجهد الزائد	نبضة ١,٢/٥٠ ميكروثانية	٦ ك فولت ذروة
	نبضة ٠,٥ ميكروثانية/١٠٠ ك هيرتز	٢٠٠ أمبير ذروة
التيار العابر	نبضة ٨/٢٠ ميكروثانية	٢٠٠ أمبير ذروة ٦٠ أمبير ذروة لـ ١٠ ملي أمبير RCDs ٥ ك أمبير ذروة للأنواع (S) أو بزمن تأخير لبعض الأنواع
التشغيل والايقاف	التدفقات العابرة المتكررة	٤ ك فولت
الكهربة الاستاتيكية	التفريغات الكهروستاتيكية IEC 801-2	٨ ك فولت
موجات مشعة	التشغيل والايقافالمجالات الكهرومغناطيسية المشعة IEC 801-3	٣ فولت/متر

جدول ز ٧٠: اختبارات مستوى ثبات التوافقية الكهرمغناطيسية لأجهزة RCDs

*لأجهزة الـ RCDSالتي لها I∆ n < 10 mA ، فان هذا الاختبار غير مطلوب (IEC 1008-1).

ملحوظة : أجهزة الـ RCDSذات التأخير الزمني تركب عادة بالقرب من موضع خدمات التركيبات ، حيث يكون تمور التيار ذي المنشأ الخارجي الأكثر شدة . ويعكس اختبار الذروة ٥ ك . أ هذا المتطلب ذا الأداء العالي .

مركبات التيار المستمر

إن أجهزة التيار المستمر الاحتياطية الخاصة بضبط وإشارات الأجهزة الميكانيكية والكهربائية متوفرة وشائعة الاستخدام كما أن بعض الأجهزة تشتمل على مقومات (دايودات، صمامات ثنائية، وثلاثيات وثايروسترات)،

في حالة حدوث خطأ تأريض في المقوِّم، فمن الممكن أن يشتمل تيار الخطأ على مركبة للتيار المستمر وتتوقف الخطورة على مستوى العزل لدوائر التيار المستمر في الأجهزة، ويجب دراسة كل حالة على حدة، وتهتم بمثل هذا النوع من المشاكل بصفة عامة التطبيقات الصناعية.

لقد قامت الـ IEC بتصنيف أجهزة التفاضل للتيار المتبقي RCDs طبقاً لقدرتها على العمل بصورة صحيحة عند وجود مكونات التيار المستمر في التيار المتبقي .

هناك ٣ فئات يمكن تمييزها:

فئة AC: تعمل وفقاً لتيار متردد فقط.

فئة A: تعمل إذا كان التيار المتبقي يحتوي على نبضات أحادية الاتجاه.

فئة B: تعمل بتيار مستمر صاف

ملاحظة: للاستخدام العام، فإنه غالباً يتم تركيب الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف فئة AC. تتوفر فئة A لمتطلبات خاصة كبديلٍ خاص لأجهزة الفئة AC.

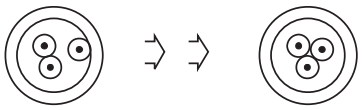
التوصيات المتعلقة بتركيب أجهزة تيار متبقي تفاضلية للتيار المتخلف ذات محولات تيار حلقية منفصلة.

إن كاشف التيار المتبقي هو دائرة مغناطيسية مغلقة (غالباً دائرية) ذات نفاذية مغناطيسية عالية جداً يُلف عليها ملف من السلك حيث يشكل ذلك بكامله محول تيار حلقي.

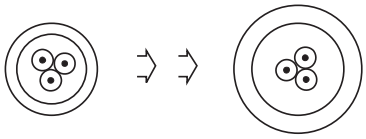
ونظراً لنفاذيته العالية، فإن أي إنحراف بسيط عن التناسق المحكم للموصلات وتقاربية مادة الحديدوز (سياج حديدي، أعضاء الهيكل (الشاسيه)... الخ) يمكن أن يؤثر على توازن القوى المغناطيسية بصورة كافية، وأثناء حدوث تيارات الحمل الكبيرة (تيار بدء تشغيل المحرك، تموّر التيار المنشط للمحول.. الخ) مما قد يسبب إعتاقاً غير مرغوب لجهاز التفاضل للتيار المتبقي. وإذا لم تتخذ إجراءات خاصة، فإن معدل تيار التشغيل $I\Delta n$ إلى أقصى تيار الطور Iph (أقصى) يكون غالباً أقل من ١ / ١٠٠.

ويمكن أن يزداد هذا الحد (أي يمكن إزالة حساسية الاستجابة) عن طريق اتخاذ الإجراءات الموضحة في البند ز٧١ والملخصة في الجدول ز٧٢ .

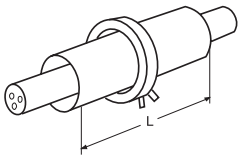
ضع الكابلات في مركز قلب الحلقة



استخدم قلب حلقة مغناطيسية ذات حجم زائد



أدخل حاجز مغناطيسي أنبوبي



ل= ضعف قطر قلب الحلقة المغناطيسية

الشكل ز٧١: وسائل تقليل النسبة $I\Delta n$ / Iph أقصى)

الاجراءات	القطر (مم)	عامل تقليل الحساسية
الوضع الصحيح للكابلات في مركز قلب الحلقة		٣
زيادة حجم قلب الحلقة	ϕ 50 > ϕ100	٢
استخدام كُم وتغليف من الصلب أو الحديد المطاوع	ϕ 80 > ϕ200	٢
	ϕ 120> ϕ 200	٦
■ ذات سمك جدار ٠,٥ مم	ϕ 50	٤
■ ذات طول ٢ × القطر الداخلي لقلب الحلقة	ϕ 80	٣
■ يحيط بالموصلات وبتقاطع مع القلب الدائري بالتساوي عند النهايتين	ϕ 120	٣
	ϕ 200	٢

يمكن جمع هذه الإجراءات بكاملها. وبوضع الكابلات في مركز قلب حلقة ذات قطر ٢٠٠مم حيث أن القلب ذو الحجم ٥٠مم سوف يكون كبيراً بصورة كافية وباستخدام الكم، فإن المعدل ١/١٠٠٠ يمكن أن يصبح ١/٣٠,٠٠٠ .

جدول ز٧٢: وسائل تقليل النسبة (I∆ n / Iph أقصى)

٣/٧ اختيار خصائص قاطع دائرة يعمل بالتيار المتبقي

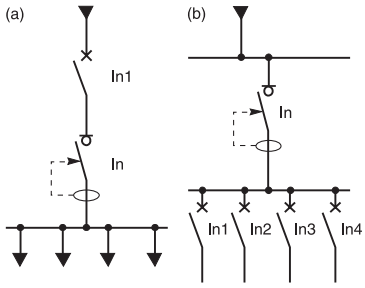
التيار المقنن

يتم اختيار التيار المقنن لقاطع دائرة يعمل بالتيار المتبقي طبقاً لأقصى تيار حمل مداوم يمكن أن يحمله مقدراً طبقاً للطرق الموضحة في الفصل ب – البند الفرعي ٤/٣ .

- إذا تم توصيل قاطع دائرة الجهاز الذي يعمل بالتيار المتبقي RCCB بالتوالي مع قاطع دائرة ما، فإن التيار المقنن لكليهما سوف يكون واحداً أي:* In < I_1 شكل ز٧٣ (α).
- إذا تم وضع قاطع دائرة التيار المتبقي RCCB قبل مجموعة من الدوائر تحميها قواطع دوائر كما هو موضح في الشكل (ز٧٣ (ب))، فإن التيار المقنن لقاطع دائرة التيار المتبقي RCCB سوف نحصل عليه من المعادلة الآتية :

$$In > Ku > Ks\ (In1 + In2 + In3 + In4)$$

*تشتمل بعض المواصفات الوطنية على اختبار تحمل حراري عند تيار أكبر من In لضمان التنسيق الصحيح للحماية.



الشكل ز٧٣: قواطع دائرة لتيار متخلف (RCCB)

متطلبات التحمل الكهرديناميكي (خاص بالقوى الناتجة عن التيارات الكهربائية).

يجب توفير الحماية ضد قصر الدوائر باستخدام جهاز حماية ضد قصر الدائرة، ولكن يجب أن نشير إلى أنه إذا كان هناك قاطع دائرة تيار متخلف RCCB في نفس صندوق التوزيع (مطابقاً للمواصفات ذات الصلة) مع إتجاه تيار قواطع (أو مصهرات) الدوائر، فإن الحماية ضد قصر الدائرة التي توفرها أجهزة الحماية ضد قصر الدائرة تكون بديلاً كافياً. إن من الضروري التنسيق بين قواطع دائرة التيار المتبقي RCCB وأجهزة الحماية ضد قصر الدائرة، ويوفر الصانعون بصفة عامة جداول مرتبطة بها. (انظر الجدول ز٧٤).

تنسيق قواطع الدائرة والأجهزة التي تعـمل بالتيار المتبقي أقـصى تيار قصر دائرة بالكيلو أمـبير (ج.م.م)

قاطع الدائرة اتجاه المصدر	النوع	C60a	C60N	C60H	C60L	NC100H	NC100L
اتجاه الحمل	٢٥أمبير	١٠	١٦	٢٠	٤٥	–	٤٥
RCCB	٤٠أمبير	١٠	١٦	٢٠	٤٥	–	٤٥
قطبين	٦٣أمبير	–	١٦	٢٠	٣٠	٥	٤٥
	٨٠أمبير	–	–	–	–	٥	–
٤ أقطاب	٢٥أمبير	٥	٨	١٠	٢٥	–	٢٢
	٤٠أمبير	٥	٨	١٠	٢٥	–	٢٢
	٦٣أمبير	–	٨	١٠	١٥	٥	٢٢

تنسيق المصهرات والأجهزة التي تـعمل بالتيار المتبقي أقصى تيار قصـر دائرة (غير مطبق مع مصهرات نوع aM)

مصهر gI اتجاه المصدر (غـــيـــر مـطبـق مع مصهرات نوع aM)	١٦ أمبير	٢٥ أمبير	٣٢ أمبير	٤٠ أمبير	٥٠ أمبير	٣٦ أمبير	٨٠ أمبير	١٠٠ أمبير
٢٥أمبير	١٠٠	١٠٠	١٠٠					
٤٠أمبير	–	١٠٠	١٠٠	٨٠				١٠[1]
٦٣أمبير				٨٠	٥٠	٣٠	٢٠	١٠[1]
٨٠أمبير						٣٠	٢٠	
٢٥أمبير	١٠٠	١٠٠	١٠٠					١٠[1]
٤٠أمبير		١٠٠	١٠٠	٨٠				١٠[1]
٦٣أمبير				٨٠	٥٠	٣٠	٢٠	١٠[1]
٨٠أ مبير						٣٠	٢٠	١٠[1]

الجدول ز٧٤: جدول تنسيق المصنعين السائد الخاصة بقواطع دائرة التيار المتبقي وقواطع ومصهرات الدائرة.

(١) مصـهر ١٠٠ أمـبير مع قـواطع دائرة تعمل بالتـيار المتـبقي (RCCBS) في الدائرة السـفلية (الخرج) : الصمود الحراري للقواطع (RCCBS)غير مؤكد .

ز

١/١ الطريقة والتعاريف

تحـدد أجزاء عناصـر الدائرة الكهربائيـة وحـمايـتهـا بحـيث تكون جـمـيـع قيـود التشغيل العادية وغير العادية مرضية .

الطريقة :

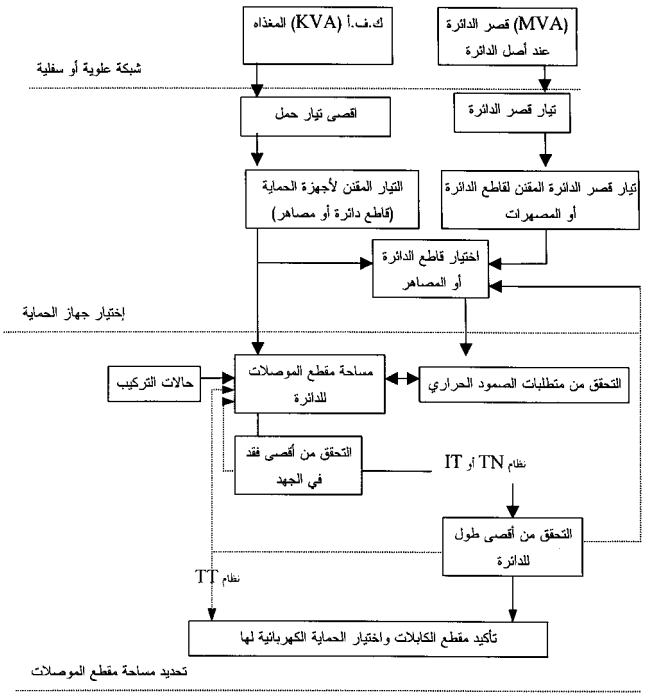
لقـد تم أخـذ التـحليـلات الأولـيـة الآتيـة لمتطلبـات القـدرة للتركـيبات، كما وصـفت في فصل ب بند ٤، دراسة نظم الكابلات* وحمايتهـا الكهربائية إبتداءاً من أصل التركيبـات خلال المراحل المتوسطة للدوائر الفرعية.

إن نظم الكابلات وحمايتهـا عند كل مستوى يجب أن تكون مرضيـة لظروف عديدة في نفس الوقت، وذلك لضمان تركيبات آمنة وموثوق بها لذلك يجب اعتبار ما يلي:

- تحمل تيار الحمل الكامل المسموح به وكذلك زيادة التيار لفترات قصيرة عادية.
- لا تسـبب فواقـد في الجهـد ينجم عنها أداء سـيئ لأحمـال معـينة ، مثلاً زيادة طول فـترة التـسارع عند بدء حركة المحرك.. إلخ.
- تقوم أجـهزة الحماية (قـواطع الدائرة أو المصاهر بحمـاية الكابلات وقضـبان التوزيع من التـيارات الزائدة ويشمل ذلك تيارات قصر الدائرة).
- التأكد من توفير الحـماية للأشخاص ضد مخاطر التـماس غير المباشـر وخاصة في نظم تأريض IT,TNوالتي يكون فـيـهـا طول الدوائر يحد من قـيمة تيارات قـصر الدائرة ممـا ينجم عنه إعـاقـة الفـصل التلقـائي (ربما نتـذكر أنه في تركـيبـات التـأريض في نظام TTيكون إجـبـاريا حماية المصدر بواسطة جـهاز حماية ضد التسرب الأرضي .RCD وعمـوما يكون ذات مقنن ٥٠٠ مللي أمبير).

ويتم تحـديد مـقطع المـوصـلات بالطريقـة العامـة الموضحة في البـند الفرعي ٢/١ في هذا الفـصل. بغض النـظر عن هذه الطريقـة فإن بعـض المواصفات المحـلية ترى مـراعاة أقل مـقطع مـسـمـوح لأسـبـاب الصـمـود الميكانيكي . وتتطلب أحمال مـعينه (كما هو مشار إليه في فصل ي) (J تغذيتها بكابلات ذات مقطع كبير، وكذلك يجب تطوير حماية الدائرة بما يتلاءم مع ذلك.

*نظم الكابلات في هذا الفصل تغطي كل المواصلات المعزولة وتشمل الكابلات ذات قلب واحد وقلوب متعددة والأسلاك المعزولة المسحوبة داخل مواسير .. الخ.



جدول ح ١ – ١ مخطط منطقي لاختيار حجم الكابل ومقنن أجهزة الحماية لدائرة معطاة .

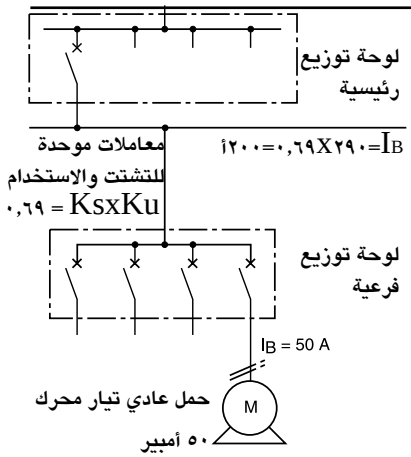
ح-١

تعاريف

تيار الحمل الأقصى : I_B

■ عند الدوائر النهائية يكون هذا التيار متوافقاً مع الـ ك ف أ المقنن للحمل. في حالة بدء حركة المحرك أو الأحمال الأخرى التي تأخذ تياراً عالياً لحظياً عند البداية، وبخاصة عندما يكون التشغيل متكرراً (مثل محركات المصاعد، اللحام بالنقطة، نوع المقاومة الخ) يجب الأخذ في الحسبان التأثيرات الحرارية المتراكمة الناتجة عن زيادة التيار. وسوف تتأثر كل من الكابلات والمرحلات ذات النوع الحراري.

■ في كل مستويات الدائرة عالية التيار يكون هذا التيار متوافق مع الـ ك ف أ (KVA) المغذية للدائرة، حيث يؤخذ في الحسبان معاملات التشتت والاستخدام KS و KU بالترتيب كما هو موضح في شكل ح١-٢.



شكل ح١-٢ حساب أقصى تيار حمل I_B

أقصى تيار مسموح به : Iz

هو أقصى قيمة تيار يمكن لكابل الدائرة حمله بشكل غير محدد، وبدون تقليل متوقع في حياته التشغيلية. ويعتمد التيار على عوامل عديدة لمقطع الموصلات المعطى وهي:

■ تكوين الكابل ومكوناته (موصلات نحاس أو ألمونيوم، عزل PVC أو EPR إلخ، عدد الموصلات - المكهربة).

■ درجة الحرارة المحيطة.

■ طريقة التركيب .

■ تأثير الدوائر المجاورة.

التيارات الزائدة :

هو تيار زائد يحدث في أي وقت تتجاوز فيه قيمة هذا التيار أقصى تيار حمل I_B للحمل المعني.

وهذا التيار يجب قطعه بوسائل سريعة تعتمد على قيمته، إذا كان الضرر الذي قد يلحق بالكابلات (والأجهزة المنزلية إذا كانت زيادة التيار ناتجة عن عطب في مكونات الحمل) يمكن تجنبه. والتيارات الزائدة لزمن

ح-١

قصير نسبي يمكن أن تحدث أثناء التشغيل العادي؛
ويوجد نوعان من التيار الزائد أبرزهما:

الأحمال الزائدة :

هذه التيارات الزائدة يمكن حدوثها في الدوائر الكهربائية السليمة، ومثال ذلك بسبب أحمال صغيرة تحدث متزامنة في حدود زمنية قصيرة أو بسبب أحمال بدء المحرك وهلم جرا.

ولو أن واحدة من هذه الحالات استمرت أكثر من المدة المتفق عليها (تعتمد على معايرة مرحلات الحماية أو مقننات المصهرات) فإن هذه الدائرة سيتم فصلها تلقائياً.

تيارات قصر الدائرة :

تحدث هذه التيارات من تلف العزل بين الموصلات المكهربة أو/و بين الموصلات المكهربة والأرض (في نظم لها معاوقة صغيرة بين الأرض والتعادل) في أي تكوين مثل:

- قصر دائرة ثلاثية الطور (وإلى المحايد أو الأرضي أو غير ذلك).
- قصر دائرة ثنائية الطور (وإلى المحايد و/أو إلى الأرضي أو غير ذلك) .
- قصر دائرة طور واحد مع المحايد و/أو إلى الأرضي.

ح-١

٢/١ مباديء الحماية ضد التيارات الزائدة :

يتم تزويد أصل كل دائرة معنية بجهاز حماية

- يعمل على قطع التيار في زمن أقصر من المعطى في العلاقة I^2t لأسلاك الدائرة.
- ولكنه يسمح بمرور تيار الحمل الأقصى بشكل غير محدد.

يمكن حساب خصائص الموصلات المعزولة عندما تستطيع حمل تيارات قصر الدائرة حتى ٥ ثوان خلال بدء قصر الدائرة تقريبا باستخدام المعادلة:

$$Is^2 \times t = K^2 \times S^2$$

والتي توضح أن الحرارة المتولدة المسموح بها تتناسب مع مربع مساحة مقطع الموصل.

حيث:

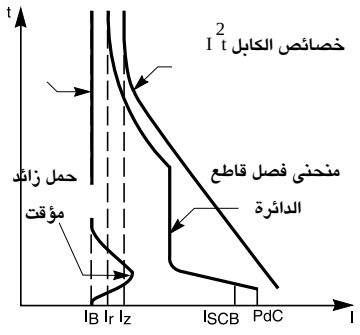
t : مدة قصر الدائرة (ثوان)

S : مقطع الموصل المعزول (مم٢)

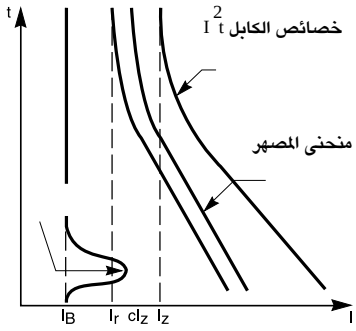
Is: تيار قصر الدائرة (أمبير– جذر متوسط المربعات.

k : ثابت عزل الموصل (قيم K^2 معطاه في جدول ح١–٥٤) أقصى تيار مسموح لموصل معزول يتغير طبقا للظروف مثل ارتفاع درجة الحرارة المحيطة ($\theta a1 > \theta a2$)، Iz1 أقل من Iz2 شكل ح١ – ٥)،

θ تعني درجة الحرارة.



شكل ح١–٣ حماية الدائرة بقاطع الدائرة



شكل ح١–٤ حماية الدائرة بالمصهرات

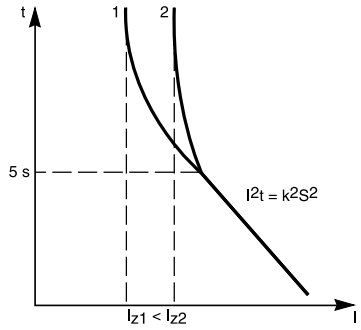
ملحوظة:

Iscتعني تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور.

Isc Bتعني تيار إنهيار قصر الدائرة المقنن ثلاثي الطور لقاطع الدائرة.

Ir (أو Irth) *تعني تيار إسمي يمكن ضبط مستوياته، مثل قاطع دائرة ٥٠أ أسمي يمكن ضبطه للحصول على مدى للحماية، مثل جهاز فصل زيادة التيار التقليدي (أنظر شكل ح١–٦) مثل قاطع الدائرة ٣٠أ.

*كلا الرمزين يستخدمان بشكل شائع في مواصفات مختلفة.

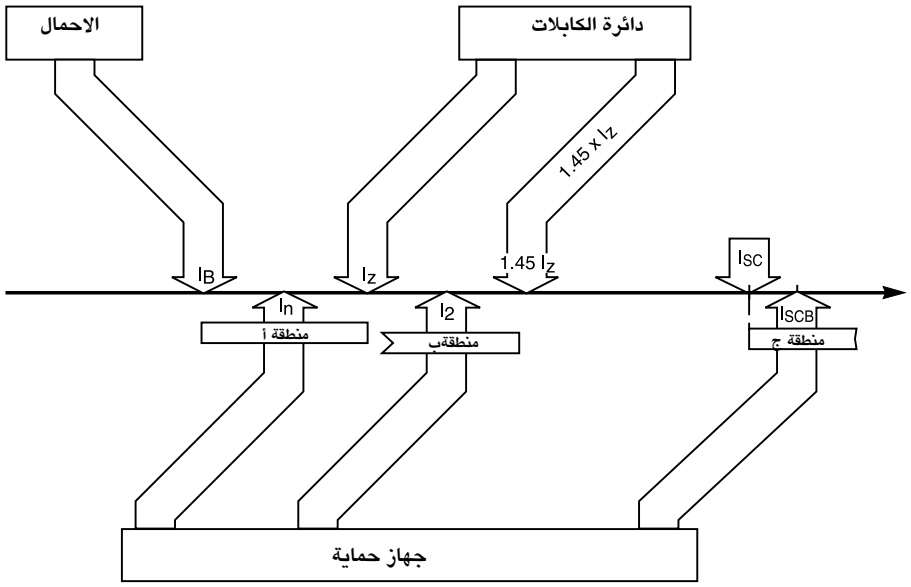


شكل ح١–٥ خصائص I^2t الموصل معزول عند درجتي حرارة محيطة مختلفتين.

ح–١

٣/١ قيم عملية لخطة حماية

نماذج للتطبيق في دول كثيرة الطرق الآتية وضعت على أساس القواعد الموضحة في مواصفات IECوهي



شكل ح١-٦ مستويات التيار لتحديد خصائص قاطع الدائرة أو المصهر

قواعد عامة :

تكون وظائف جهاز الحماية (قاطع الدائرة أو المصهر) سليمة إذا :

- كان التيار الاسمي له أو التيار المضبوط In أكبر من تيار الحمل الأقصى IBولكنه أقل من أقصى تيار مسموح Iz لدائرة مثل IB≤ In ≤ I z المناظر لمنطقة(أ)في شكل ح١-٦ .
- يكون تيار الفصل أ I2له مضبوط تقليديا عند قيمة تقل عن 1.45 Iz والتي تناظر منطقة ب في شكل ح١-٦ .

-يمكن أن يكون زمن الفصل عند الضبط التقليدي ١ساعة أو ٢ ساعة طبقا للمواصفات المحلية والقيم الحقيقية المختارة لـ IZ.

-في المصاهر يقوم التيار (IZ معروف (Ifبتشغيل المصهر في زمن تقليدي.

- يكون مقنن القطع لتيار الخطأ في قصر الدائرة ثلاثي الطور أكبر من تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور الموجود في نقطة له في التركيبات. وهذا يناظر المنطقة ج شكل ح١-٦

منطقة أ	IB≤ Im ≤ Iz
منطقة ب	I2≤ 1.45 Iz
منطقة ج	Isc B ≥ Isc

التطبيقات:

الحماية بواسطة قاطع الدائرة.

بفضل دقته العالية يكون التيار I2دائما أقل من 1.45 In أو (1.45 Ir) ولهذا تكون الحالة I2≤ 1.45 Iz الموضحة في القواعد العامة عاليه) سوف تؤخذ في الاعتبار دائما.

حالة خاصة:

إذا كان قاطع الدائرة غير قادر على الحماية ضد الأحمال الزائدة فإنه من الضروري التأكد من أنه عند أقل قيمة لتيار قصر الدائرة في زمن ما فإن جهاز الحماية ضد التيار الزائد للدائرة سوف يعمل بطريقة صحيحة. وهذه الحالة الخاصة موضحة في البند الفرعي ١/٥.

معايير التحكم في قاطع الدائرة
IB≤ In (or Ir)≤ IZ
وتيار القطع المقنن لقصر الدائرة ثلاثي الطور (ISCB ≥ISC) يكون أكبر من مستوى تيار قصر الدائرة عند نقطة لقاطع الدائرة في التركيبات.

ح-١

معايير التحكم في المصاهر

$IB < In < \frac{IZ}{k3}$

وسعة تيار القطع المقنن لقصر الدائرة للمصهر ثلاثي الطور Iscf ≥ Isc أكبر من مستوى تيار قصر الدائرة عند نقطة للمصهر في التركيبات.

الحماية باستخدام المصاهر :

الحالة I2 ≤ 1.45 IZيجب أن تأخذ في الحسبان حيث I2تيار المصهر (مستوى الانصهار) مساوٍ لـ K2 x In تتراوح ما بين ١,٦ إلى ١,٩) طبقا لخصائص المصهر المعني.

معامل الزمن K3تم عرضه (يوجد في المواصفات الوطنية والتي أمكن استخلاص هذه الملاحظات) يجب أن يكون I2 ≤ 1.45 IZ

الحماية باستخدام المصاهر:

صحيحاً إذا كان In ≤ IZ /K3

والمصاهر من نوع gIيكون:

In ≤ 10 A	K3 = 1.31
10A < In < 25	K3 = 1.21
In > 25A	K3 = 1.1

إضافة إلى ذلك فإن سعة قطع تيار دائرة القصر للمصهر ISCFيجب أن تزيد عن مستوى تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور لنقطة في تركيبات المصهر (المصهرات).

اتحاد أنواع مختلفة من أجهزة الحماية:

إن استخدام أجهزة الحماية والتي لها تيار خطأ مقنن أصغر من قيمة الخطأ الموجود في نقطتها في التركيبات مسموح بها في IECوكثير من المواصفات الوطنية في المجالات الآتية:

- في شبكة التيار العالي الموجودة والتي لها أجهزة حماية أخرى ضرورية فإن مقننات قصر دائرة.
- تكون كمية الطاقة المسموح بمرورها خلال جهاز تيار عالي أقل من تلك العامة المسموح بمرورها خلال جهاز تيار منخفض بحيث تستطيع مجموعة الكابلات والأجهزة المنزلية الصمود لها بدون ضرر.

وفي التطبيقات تستخدم هذه الترتيبات عموما في:

- اتحاد قاطع الدائرة / مصهرات.
- التقنية المعروفة بالتوالي (Cascading) والتي فيها أداء قوي للحد من تيار قواطع الدائرة يؤثر بفاعلية في تقليل شدة قصر الدوائر بشبكة التيار المنخفض. وهذا الدمج المحتمل الذي تم إختباره في المختبرات يكون موضحا في بعض كتالوجات المصنعين.

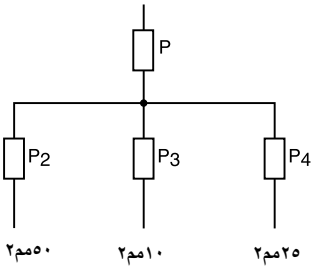
ح-١

١/٤ موقع أجهزة الحماية

جهاز الحماية يكون مطلوباً بوجه عام عند أصل كل دائرة

قاعدة عامة :

جهاز الحماية يكون مطلباً ضرورياً عند أصل كل دائرة والتي يحدث فيها تقليل لمستوى التيار الأقصى المسموح به.



المواقع البديلة الممكنة في بعض الظروف:

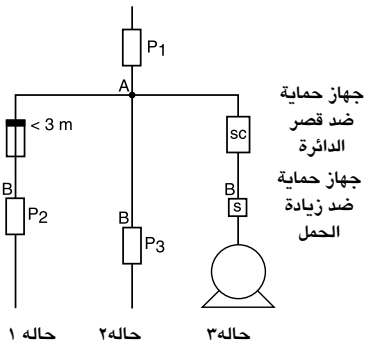
يمكن أن يوضع جهاز الحماية كجزء على طول الدائرة:

- لو أن ABليس قريباً من مواد قابلة للاشتعال و:
- إذا لم تؤخذ مخارج للمقبس أو توصيلات فرعية من AB

ثلاث حالات يمكن أن تكون مفيدة في التطبيق

اعتبر حاله (١) الموضحة في المخطط :

- AB ⩾ ٣ متر، و
- AB يتم تركيبها لتقلل إلى الحد العملي الأدنى من مخاطر قصر الدائرة (كمثال الأسلاك تكون في مواسير من الصلب الثقيل)



اعتبر حالة (٢)

- جهاز التيار العالي P1يحمي طول ABضد قصر الدائرة طبقا للبند الفرعي ح١-٥/ ١,

اعتبر حالة (٣)

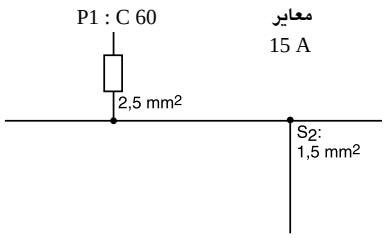
- جهاز زيادة الحمل (S) يتم تركيبه بجوار الحمل وهذا يكون ملائم في دوائر المحركات.
- والجهاز (S) ملائماً يعمل على التحكم (تشغيل/إيقاف) والحماية ضد زيادة الحمل بينما يعمل جهاز SCأما كقاطع دائرة (مصمم لحماية المحرك) أو كمصهرات من نوع aM.
- يكون جهاز الحماية ضد قصر الدائرة (SC) الموضوع في أصل الدائرة متوافقاً مع المباديء المذكورة في البند الفرعي ح١- ٥/ ١.

دوائر بدون حماية:

إما

- إن جهاز الحماية P1قد تمت معايرته لحماية الكابل SCضد زيادة الحمل وقصر الدائرة: أو
- قد ينتج عن قطع الدائرة ضد مخاطر معينة مثل:
- دوائر الاستثارة في الماكينات الدوارة.
- دوائر وأجهزة الرفع الكهرومغناطيسية الكبيرة.
- الدوائر الثانوية لمحولات التيار

انقطاع الدائرة لا يمكن تحمله وحماية الكابلات له أهمية ثانوية.



جدول ح١-٧ قواعد عامة وإستثناءات متعلقة بمواقع أجهزة حماية

١/٥ تمديد الكابلات على التوازي

يمكن توصيل الموصلات التي لها نفس المقطع والطول والمادة على التوازي.

وأقصى تيار مسموح به يساوي مجموع أقصى التيارات للموصلات المنفصلة، آخذاً في الاعتبار التأثير الحراري المشترك وطريقة التركيب الخ.

وطرق الحماية ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة مماثلة لتلك المعمول بها لكابل الدائرة المفرد.

والاحتياطات الآتية يجب أن تؤخذ في الاعتبار لتقليل مخاطر قصر الدائرة على الكابلات الموصلة على التوازي :

- حماية إضافية ضد التلف الميكانيكي والرطوبة وذلك بإدخال حمايات تكميلية.
- يتم اختيار مسارات الكابل بحيث لا تكون على مقربة من مواد قابلة للاشتعال.

ح-١

٦/١ مثال محلول لحسابات الكابل

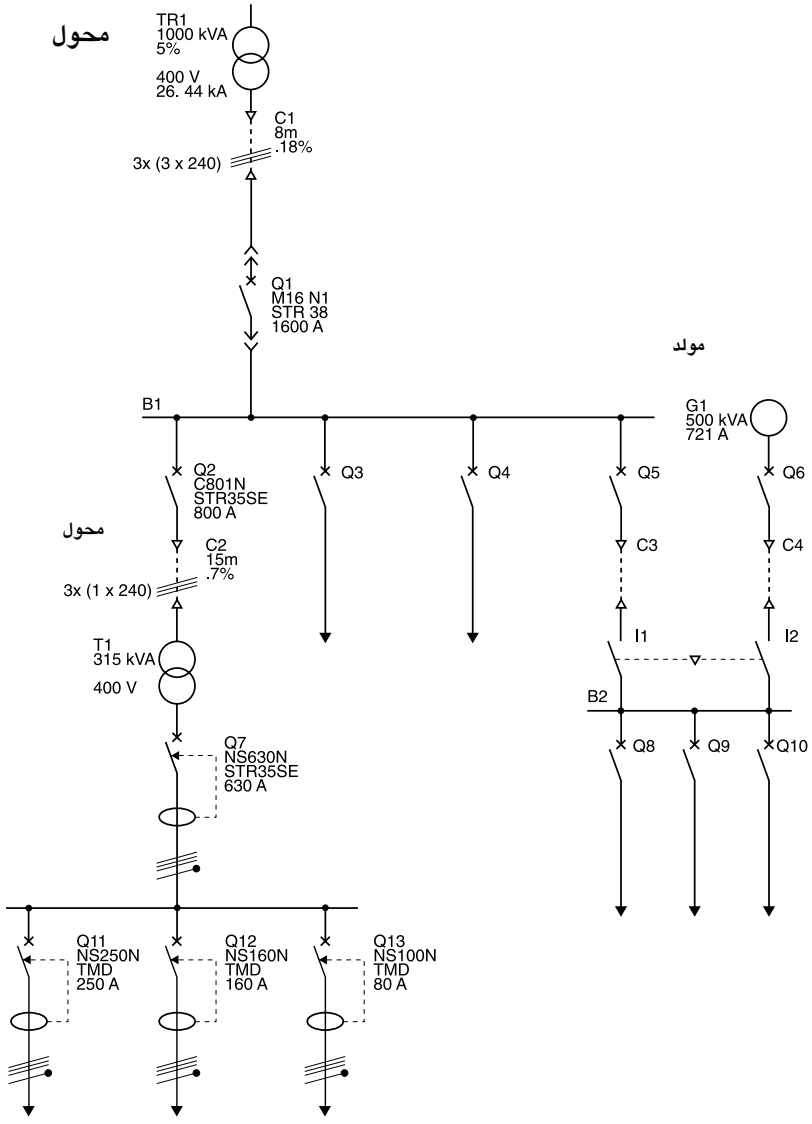
خطة التركيب:

التركيبات مغذاة من محول ١٠٠٠ ك ف أ. وتتطلب العملية درجة عالية من التغذية المستمرة ولهذا يتم تزويد التركيبات بمولد احتياطي ٥٠٠٠ ك ف أ ، ٤٠٠ فولت، وكذلك بواسطة تبني نظام IT ٣ طور– ٣ سلك عند لوحة التوزيع الرئيسية حيث تتم التغذية. أما باقي التركيبات فيتم عزلها بواسطة محول ٣١٥ ك.ف.أ ٤٠٠/٤٠٠ فولت: والشبكة المعزولة تكون نظام TT- مؤرض ٣ طور– ٤ سلك.

ومن المخطط المفرد الآتي للنظام الموضح في شكل ح١–٨ الأسفل. وتوجد نسخة من نتائج دراسة الكمبيوتر للدائرة C1 وقاطع الدائرة لها Q1, C2 وقاطع الدائرة لها Q2.

هذه الدراسات عملت باستخدام البرنامج الحاسوبي Ecodiol 2.2 (منتج مارلين جيرن).

وقد تلا تلك النتائج نفس الحسابات المعمولة بواسطة الطرق الموضحة في هذا الدليل.



شكل ح١–٨ : مخطط مفرد للتركيبات

ح–١

حسابات باستخدام البرنامج الحاسوبي Ecodial 2.2

خصائص الشبكة العامة		
نظام التأريض	IT	
توزيع المحايد	N	
الجهد (فولت)	٤٠٠	
التردد (هرتز)	٥٠	
محول ١	**بيانات الدخل**	**الخرج**
عدد المحولات	١	
مستوى الخطأ في التيار العالي (ميجا فولت أمبير)	٥٠٠	
المقنن ك.ف.أ	١٠٠٠	
جهد معاوقة قصر الدائرة (%)	٥	
ملاحظات		
التيار الأسمي (أ)		١٣٧٤
مقاومة المحول(mΩ)		٢,١٣
مفاعلة المحول (mΩ)		٨,٥٥
المعاوقة الكلية RT (mΩ)		٢,١٨
المعاوقة الكلية XT (mΩ)		٨,٩
تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (KA)		٢٦,٤٤
معامل القدرة لقصر الدائرة		٠,٢٣
كابل C1	**بيانات الدخل**	**الخرج**
تيار الحمل الأقصى (أ)	١٣٧٤	
نوع العزل	PRC	
مادة الموصل	نحاس	
درجة الحرارة المحيطة (م°)	٣٠	
كابل مفرد أو متعدد القلب	UNI	
طريقة التركيب	١٣	
عدد الدوائر المتجاورة المتقاربة (جدول ح١-٤)	١	
معاملات أخرى	١	
عدد الأطوار		٣
المقطع المختار (مم٢)		٣ × ٢٤٠
الموصل الوقائي		١ × ٢٤٠
موصل الحياد		
الطول (م)		٨
الفقد في الجهد ΔU (٪)		٠,١٨
المعاوقة الكلية RT(mΩ)		٢,٤٣
المعاوقة الكلية XT(mΩ)		٩,١١
الفقد في الجهد ΔU الكلي (٪)		٠,١٨
تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (KA)		٢٥,٧
تيار خطأ طور واحد مع الأرض (A)		٢٠٣٣٤
مقاومة موصل الحماية RPE (mΩ)		٠,٧٥
جهد اللمس (V)		١٥

ح-١

قاطع الدائرة Q1	بيانات الدخل	الخرج
الجهد (V)	٤٠٠	
تيار قصر الدائرة العالي لقاطع الدائرة (KA)	٢٥,٧	
تيار الحمل الأقصى (A)	١٣٧٤	
درجة الحرارة المحيطة (س°)	٤٠	
عدد الأقطاب	٣	
قاطع الدائرة		M 16
النوع		N1
نوع وحدة الفصل		STR38
التيار المقنن (A)	١٦٠٠	
قضبان التوصيل B1		
تيار الحمل الأقصى (A)	١٣٧٤	
عدد الأطوار	٣	
عدد القضبان / طور	١	
العرض (mm)	١٢٥	
السمك (mm)	٥	
الطول (m)	٣	
ملاحظات		
معاوقة قضبان التوزيع R (mΩ)		٠,١
معاوقة قضبان التوزيع X (mΩ)		٠,٤٥
الفقد في الجهد ΔU (٪)		٠,١٦
المعاوقة الكلية RT(mΩ)		٢,٥٣
المعاوقة الكلية XT(XΩ)		٩,٥٥
الفقد في الجهد الكلي ΔU (٪)		٠,٣٤
تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (KA)		٢٤,٥٣

قضبان التوصيل Q2	بيانات الدخل	الخرج
الجهد (V)	٤٠٠	
تيار قصر الدائرة ثلاثي الأطوار للشبكة العليا لقاطع		
الدائرة (KA)	٢٤,٥٣	
تيار الحمل الأقصى	٤٣٣	
درجة الحرارة المحيطة (س°)	٤٠	
عدد الأقطاب	٣	
قاطع الدائرة		NS 630
النوع		N
نوع وحدة الفصل		STR 23 SE
التيار المقنن (A)		٦٣٠
تيار الخطأ ثلاثي الطور (A)		١٣٢٢١
تأكيد الحماية ضد التلامس غير المباشر		
قاطع الدائرة للشبكة العليا		M16 N1 STR38
تمييز مطلق		

كابل C2	بيانات الدخل
تيار الحمل الأقصى(A)	٤٣٣
نوع العزل	PRC
مادة الموصل	نحـاس
درجة الحرارة المحيطة (س°)	٣٠
كابل مفرد أو متعدد القلب	UNI
طريقة التركيبات	١٣
عدد الدوائر المتجاورة المتقاربة (جدول ح١-١٤)	١
معاملات أخرى	١
عدد الأطوار	٣
مساحة المقطع المختار (mm2)	١ × ٢٤٠
الموصل الوقائي	١×٧٠
الموصل المحايد	
الطول (م)	١٥
الفقد في الجهد ΔU (٪)	٪٣٣
المعاوقة الكلية RT (m z)	٣,٩٣
المعاوقة الكلية XT (m Ω)	١٠,٧٥
الفقد في الجهد الكلي ΔU (٪)	٠,٦٧
تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (KA)	٢١,١٨
تيار خطأ طور واحد مع الأرض (A)	١٣٢٢١
مقاومة موصل الحماية RPE (mΩ)	٥,٥٧
جهد التلامس (V)	٧٣

جدول ح١-٩ الحسابات التي تم إجراؤها باستخدام البرنامج الحاسوبي ECODIAL (MG)

ح-١

نفس الحسابات باستخدام الطرق الموصى بها في هذا الدليل:

أبعاد الدائرة C1

محول ١٠٠ ك.ف.أ ضغط عالي / منخفض له جهد مقنن عند اللاحمل ٤٢٠ فولت. والدائرة C1 يجب أن تكون مناسبة للتيار

$$In = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.42} = In = 1.374 \text{ A per phase}$$

ثلاثة كابلات نحاسية مفردة القلب معزولة بـ xtpe توصل على التوازي وتستخدم لكل طور، وهذه الكابلات سوف تمدد على حامل الكابلات والتي تتوافق مع المرجع (F انظر الجدول ح٢/٢١). ومعاملات التصحيح K تكون كالآتي:

k1 = 1

k2=0.82 (ثلاثة أطوار مجموعة في طبقة واحدة)

k3 = 1 (درجة حرارة ٣٠س)

إذا كان قاطع الدائرة من نوع يمكن سحبه أو عدم سحبه والذي يستطاع ضبطه مرة واحدة مختاره (يطبق ح٢١/١) Iz = 1.374 A

$$Iz' = \frac{Iz}{K_1 \times K_2 \times K_3} = 1.676A$$

ولذا فكل موصل سوف يحمل ٥٥٨ أمبير وجدول ح١-١٧ يشير إلى أن مقطع الموصل ٢٤٠مم٢ وتكون المقاومات والمفاعلات الحثيه للموصلات الثلاثة المتصله علي التوازي لطول ٨ متر (انظر ح١ ٢/٤)

$$R = \frac{22.5 \times 8}{240 \times 3} = 0.25 \text{ m}\Omega\text{per phase.}$$

$$X = \frac{0.12 \times 8}{3} = 0.32 \text{ m}\Omega \text{ per phase.}$$

(القيمة ٠,١٢ mΩ ينصح بها مُصنعو الكابلات)

أبعاد الدائرة C2

تغذية الدائرة C2 من محول عزل ثلاثي الطور ٤٠٠/٤٠٠ فولت

$$Ib = \frac{315}{0.42 \times \sqrt{3}} = 433A$$

يمدد كابل متعدد القلب xlpe على حامل كابلات (معاً مع كابلات أخرى) عند درجة حرارة محيطة مقترحة ٣٠س. وقاطع الدائرة يضبط عند ٤٣٣ أمبير.

Iz = 433A

وطريقة التركيب موصوفة في مرجع E.

ومعاملات التصحيح K تكون:

K1 = 1
K2 = 0.82
K3= 1

$$Iz' = \frac{433}{1x0.82x1} = 528A$$

حيث مقطع الموصل المناسب هو ٢٤٠مم٢

المقاومة والمفاعلة الحثية تكونان :

$$R = \frac{22.5x15}{240} = 1.4 \text{ m}\Omega\text{per phase}$$

$$X = 0.08x15 = 1.2 \text{ m}\Omega\text{per phase}$$

ح-١

حسابات تيارات قصر الدائرة لإختيار قواطع الدائرة Q1و Q2:

كل القيم على أساس جهد $\frac{420}{\sqrt{3}}$

أجزاء مكونات أجزاء الدائرة	R* mΩ	X* mΩ	Z* mΩ	ISC* kA
٥٠٠ ك ف أ عند منبع شبكة الضغط العالى	0.050	0.35		
محول ض ع / ض م	2.24	8.10		
كابل C1	0.25	0.32		
المجموع الجزئي QI	2.54	8.77	9.13	26.5
قضبان توزيع BI	-	0.75	9.85	24.6
كابل C2	1.40	1.2		
المجموع الجزئي لـ Q2	3.94	10.72	11.42	21.2

جدول ح١-١٠ مثال لتقييم تيار قصر الدائرة

يوضح البند الفرعي ح١ ٢/٤٠ المعادلة لحساب تيار قصر الدائرة ISC عند نقطة معطاة في النظام إذا كان جهد اللاحمل المقنن للمحول ٤٢٠ فولت.

$$Isc = \frac{420}{\sqrt{3}\ \sqrt{2.54^2 + 8.77^2}} = 26.5KA \text{ at } Q1$$

ويمكن تقدير المفاعلة الحثيه لقضبان التوزيع B1 لتكون

٠,١٥ (٥ = ٠,٧٥)mوتكون مقاومتها صغيرة مهملة, والتيار ISC عند موقع Q2يحسب كما في Q1ويقدر بـ٢١ KA ومن أجل عمل اختيار نهائي، يجب الأخذ في الاعتبار عامل الاختيار ومقدرة العزل وخصائص السحب وسهولة الصيانة العامة، ويكون هذا على ضوء كتالوجات المصنعين.

الموصل الوقائي :

المتطلبات الحرارية.

يوضح جدول ح١-٦٠ و ح١-٦١ أنه عند استخدام الطريقة المتبناه عن (IEC 724(1984) clause 2) سوف يكون مقطع الموصل الوقائي الأرضي (PE) للدائرة : C1

$$\geq \frac{26500 \times \sqrt{0.1}}{176} = 47.6\ mm^2$$

إن الموصل المفرد ٢٤٠مم٢ الذي يؤخذ في الاعتبار لأسباب أخرى توضح فيما بعد يعتبر كبيراً لدرجة كافية بشرط أن يحقق أيضاً متطلبات مرضية للحماية ضد التلامس غير المباشر (أي أن معاوقته تكون صغيرة لدرجة كافية).

بالنسبة للدائرة C2يجب أن يكون مقطع موصل الحماية الأرضي PE:

$$\geqslant \frac{21.000 \times \sqrt{0.1}}{176} = 37.7\ mm2$$

وفي هذه الحالة ربما يكون مقطع الموصل ٧٠مم٢ كافياً إذا كانت حالات الحماية ضد التلامس غير المباشر مرضية أيضاً.

الحماية ضد أخطار التلامس غير المباشر.

تذكر: أن نقطة الحياد للجهد المنخفض لنظام محول ITتكون معزولة عن الأرض أو تكون مؤرضة خلال مقاومة عالية (1–2 KΩ) ولهذا تستطيع أخطار التلامس غير المباشر أن تظل قائمة فقط عندما يحدث خطآن أرضيان في وقت واحد ولكل خطأ طور مختلف (أو بين طور واحد والموصل المحايد). ويجب الاستعانة بأجهزة الحماية ضد التيار الزائد وذلك لفصل دوائر الخطأ، فيما عدا في بعض الظروف المعنية مثل أن تكون مقاومة موصلات الحماية المؤرضة عالية جداً كما هو مبين في فصل G1 البند الفرعي من ٣/٦ حتى ٥,/٦ وأجهزة الفصل التي تعمل بالتيار المتبقي (RCDs)تستخدم في الحالتين.

ح١-

الدائرة C1 سوف يكون درجة عزلها ٢ مثل العزل المزدوج وعدم وجود أجزاء توصيل مؤرضة متوقعة. وتكون متطلبات التلامس غير المباشر لهذه الدائرة في خزان المحول.

وفي مثل هذه الحالة، لا يستحب تشغيل الحماية ضد التيار الزائد للمحول جهة الجهد العالي ولكن الحماية جهة الخطأ الثانوي لدائرة الجهد المنخفض يجب أن تضمن الحماية ضد خطر التلامس غير المباشر، كما هو موضح.

وحيث أن خطأ الجهد العالي مع الأرضي يتوقع حدوثه دائماً عند المحول، فغالباً ما يتم توصيل كابحات تموّر جهد عالي مع المحول خلال موصل الحماية الأرضي (PE) .

الموصل المعني، يكون الموصل ذا مقطع كبير يتم اختياره بدون تغيير لهذا القسم من التركيبات والأبعاد المأخوذة في الاعتبار لهذا الموصل معطاه في البند الفرعي ٣,/٦ وبالنسبة للدائرة C2، الجداول ز٤٣ و ز٥٩ أو المعادلة المعطاه في البند الفرعي ز٢/٦ يمكن أن تستخدم للدائرة ثلاثية الطور – ٣ سلك.

أقصى طول مسموح للدائرة يمكن حسابه بواسطة

$$Lmax = \frac{0.8 \times 230 \times 240 \times \sqrt{3} \times 10^3}{2 \times 22.5 \times (1.25 + 240 / 70) \times 630 \times 11.5}$$

$$= \frac{76.487}{1.530} = 50 \text{ meters.}$$

المعامل ١,٢٥ في مقام المعادلة يكون ٢٥٪ زيادة في مقاومة موصل مقطعه ٢٤٠مم٢ وطبقاً للفصل (ز) بند فرعي ٢/٥ (القيمة في مقام المعادلة $Im = 630 \times 11.5$ أي مستوى التيار الذي يعمل عنده الفصل المغناطيسي اللحظي عند قصر الدائرة لقاطع ٦٣٠ أمبير) وهذه القيمة تساوي (١٠ 10 In + 15% أعلى تفاوت تصنيع موجب لجهاز الفصل) .

لمزيد من التفاصيل عن أجهزة الفصل المغناطيسية إرجع إلى فصل ح٢ بند فرعي ٢/٤ ويتم حماية ١٥ متر طول حماية كاملة باستخدام الأجهزة اللحظية ضد زيادة التيار.

هبوط الجهد:

من جدول ح١–٢٩ نستطيع أن نرى:

for C1 (3 (240 mm^2 per phase)

$$\Delta U = \frac{0.21 \text{ V/A/Km} \times 1.374\text{A} \times 0.008 \text{ km}}{3} = 0.77\text{V}$$

$$\Delta U\ \% = \frac{100}{400} \times 0.77 = 0.19\%$$

for C2

$$\Delta U = 0.21 \text{ V/A/Km} \times 433\text{A} \times 0.015 \text{ km} = 1.36\text{V}$$

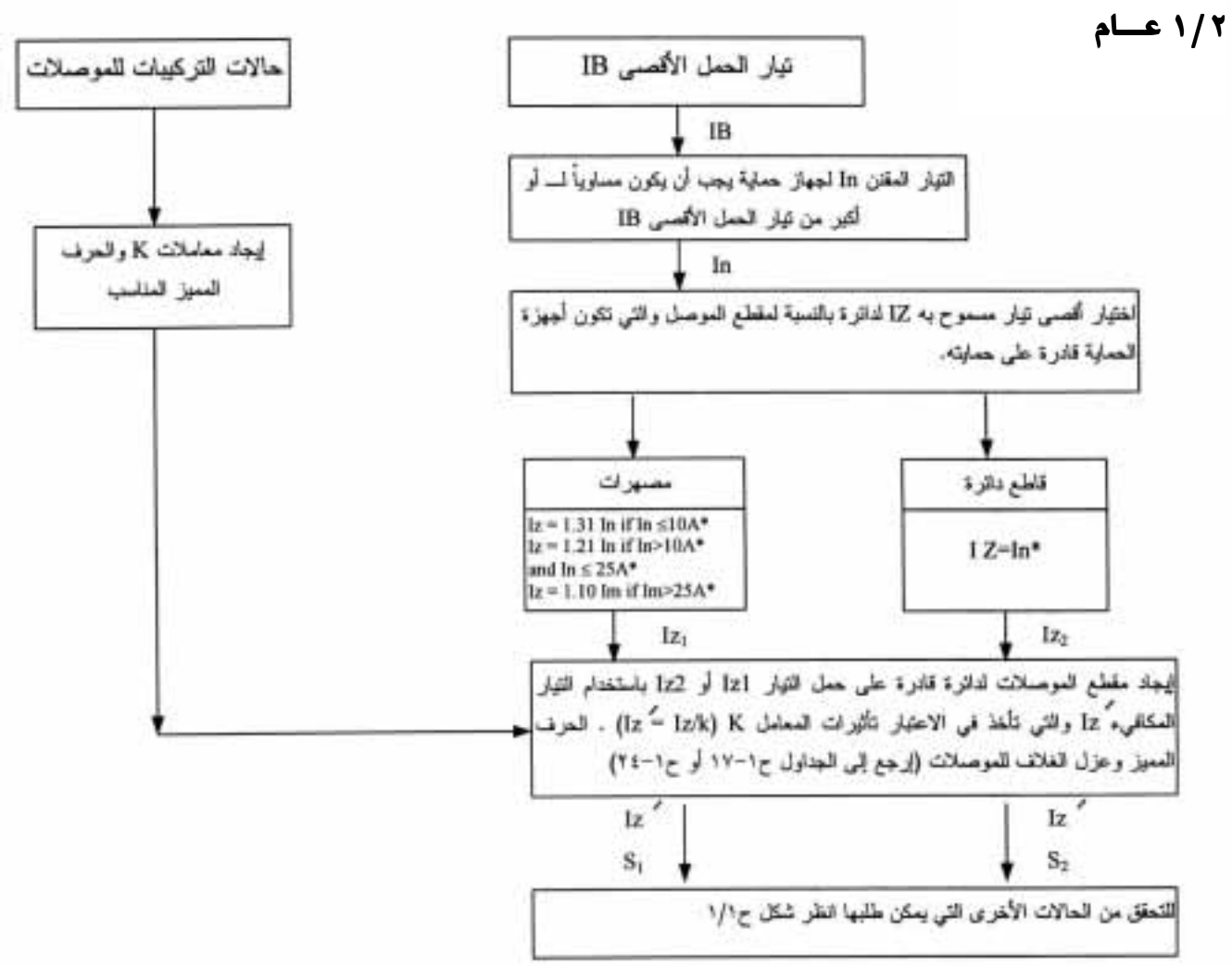
$$\Delta U\ \% = \frac{100}{400} \times 1.36 = 0.34\%$$

عند أطراف الدائرة لمحول جهد منخفض/جهد منخفض تكون نسبة الهبوط في الجهد $\Delta U\% = 0.53\%$

ح–١

٢- طريقة عملية لإيجاد أصغر مساحة مقطع مسموح بها لموصلات الدائرة

٢/١ عـــام



*أو أكبر بقليل

جـدول ح١-١١ مخطط لإيـجاد أقل حـجم موصل لدائرة.

الخطوة الأولى هي إيجـاد حـجم موصـلات الطور.

أبعاد موصـلات الحماية والمحايد تم إيضـاحها في ح١-٦ و ح١-٧,

وفي هذا البند تم اعتبار الحالات الآتية

■ الموصلات غير المطمورة.

■ الموصلات المطمورة.

والجـداول فـي هذا البند تسـمح بإيجـاد مـقطع موصلات الطور لدائرة لها قيمة تيار معطى.

يكون الإجراء كالآتي:

■ حدد الحرف المميز المناسب مع الأخذ في الحسبان:

- ☐ نوع الدائرة (طور واحد ز ثلاثي الطور إلخ) و
- ☐ نوع التركيبات: ومن ثم

■ حدد العـامل Kللدائرة المأخـوذة في الاعتـبار والتي تغطي المتغيرات الآتية :

- ☐ طريقة التركيب
- ☐ مجموعات الدائرة
- ☐ درجة الحماية

ح-١

٢/٢ تحديد حجم الموصل لدوائر غير مدفونة

حجم موصل الطور معطى في جداول توضح ما يلي:

- الحرف المميز يوضح طريقة التركيبات و
- معامل التأثير .K

هذه الجداول تفرق بين الدوائر الغير مدفونة من الدوائر المدفونة.

تحديد الحرف المميز المرجعي

يعتمد الحرف المرجعي (B to F)على نوع الموصل المستخدم وطريقة تركيبه. والطرق المقترحة للتركيبات عديدة ولكن معظم القواعد المشتركة للتركيبات تم وضعها في مجموعات طبقا لأربع فئات متشابهه كما هو موضح في جدول ح١-١٢

أنواع الموصل	طريقة التركيب	الحرف المميز
أسلاك مفردة القلب وكابلات عديدة القلب	■ تحت الديكور المصبوب الذي له غطاء أو بدون غطاء يمكن رفعه، مُستوي السطح أو مع نفس مستوى الحائط أو السقف أو تحت لدائن بلاستيكية. ■ في تجويف تحت الأرضيات أو خلف السقف المستعار ■ في مجرى مصبوب أو مجرى مبطنه بالخشب.	B
	■ يركب في نفس مستوى الحائط أو السقف ■ على حوامل كابلات غير مثبتة	C
كابلات عديدة القلب	■ سلالم كابلات، حوامل مثقبه أو على أرفف مدعمه. ■ تركب مستويه واضحة بالسطح (مثال على كابولي) ■ كتينه كابلات	E
كابلات أحادية القلب		F

جدول ح١-١٢ الرقم المميز المرجعي يعتمد على نوع الموصل وطريقة تركيبه

للدوائر غير مدفونة يميز المعامل K حالات التركيب وتعطي بـ k=k1 x k2 x k3 وعناصر المعاملات الثلاثية تعتمد على سمات مختلفة للتركيبات

أيجاد المعامل :k

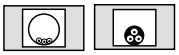
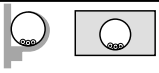
يلخص المعامل kسمات عديدة والتي تميز حالات التركيبات ويحصل عليه بضرب معاملات التصحيح ببعضها k3,k2, k1وقيمة هذه المعاملات تعطى بالجداول السفلية ح١-١٣ حتى ح١-١٥

معامل التصحيح k1

المعامل k1 هو قياس تأثير طريقة التركيبات

ح-١

المعامل k1 هو قياس تأثير طريقة التركيب

الحرف المميز	تفاصيل التركيب	مثال	k1
B	-كابلات تركب مباشرة في مواد عازلة للحرارة.		0.70
	-مواسير تركب مباشرة في مواد عازلة للحرارة.		0.77
	-كابلات عديدة القلب		0.90
	-مجاري مقفولة للكابلات أو فجوات جاهزة.		0.95
C	-تركيب مستوى بالسقف		0.95
B,C,E,F	حالات أخرى		1

ح١-١٣ : معامل k1 طبقا لطريقة تركيب الدائرة (كامثلة أخرى إرجع إلى IEC 364-5-52 جدول 52h)

معامل التصحيح K2:

المعامل K2 هو لقياس التأثير المتبادل للدوائر المتجاورة جنباً إلى جنب في موضع متقارب.

تعتبر الدائرتان في وضع متجاور ومتقارب عندما تكون المسافة (L) بين كابلين تقل عن ضعف القطر لأكبر كابلين.

المعامل k2 هو قياس التأثير المتبادل لدائرتين متجاورتين قريبتين.

الحرف النمط	موضع الكابلات المتجاورين	معامل التصحيح K2 — عدد الدوائر أو الكابلات المتعددة القلب										
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٢	١٦	٢٠
B,C	المطمورة في الحوائط	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٩	٠,٧٥	٠,٧٣	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٦٨	٠,٦٤	٠,٦٢
C	طبقة مفردة على الحوائط أو على الأرضيات أو على حوامل كابلات	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٩	٠,٧٥	٠,٧٣	٠,٧٢	٠,٧١	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٦٨		
E,F	طبقة مفردة على السقف	٠,٩٥	٠,٨١	٠,٧٢	٠,٦٨	٠,٦٦	٠,٦٤	٠,٦٣	٠,٦٢	٠,٦١	٠,٦١		
	على حوامل كابلات أفقية أو رأسية	٠,٧٩	٠,٧٢	١,٠٠	٠,٨٨	٠,٨٢	٠,٧٧	٠,٧٥	٠,٧٣	٠,٧٢	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٦٩
	طبقة مفردة على سلالم أو دعامات	٠,٨٦	٠,٨٦	١,٠٠	٠,٩٣	٠,٨٩	٠,٨٧	٠,٨٥	٠,٨٤	٠,٨٣	٠,٨٢	٠,٨٠	٠,٧٩

ح١-١٤ معامل التصحيح K2 لمجموعة موصلات في طبقة مفردة.

عندمـا يتم تركـيب الكابلات في أكـثـر من طبـقة، فـإن المعامل الإضافي K2يجب أن يضرب في القيم الآتية:

طبقتين: ٠,٨

ثلاث طبقات: ٠,٧٣

أربع أو خمس طبقات: ٠,٧

معامل التصحيح :k3

المعامل K3هو قيـاس تأثير درجة الحرارة طبـقا لنوع التركيب

المعامل k3 هو لقياس تأثير درجة الحرارة طبقاً لنوع التركيبات .

العـــــــــــزل			درجة الحرارة المحيط
البولي اثيلين (XLPE) البوتايل ايثيلين البروبوتين المطاطي (EPR)	كلوريد البولي فينيل (PVC)	(المطاطي)	
١,١٥	١,٢٢	١,٢٩	١٠
١,١٢	١,١٧	١,٢٢	١٥
١,٠٨	١,١٢	١,١٥	٢٠
١,٠٤	١,٠٧	١,٠٧	٢٥
١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٣٠
٠,٩٦	٠,٩٣	٠,٩٣	٣٥
٠,٩١	٠,٨٧	٠,٨٢	٤٠
٠,٨٧	٠,٧٩	٠,٧١	٤٥
٠,٨٢	٠,٧١	٠,٥٨	٥٠
٠,٧٦	٠,٦١	–	٥٥
٠,٧١	٠,٥٠	–	٦٠
٠,٦٥	–	–	٦٥
٠,٥٨	–	–	٧٠
–	–	–	٧٥
–	–	–	٨٠

جدول ح١-١٥ معامل التصحيح K3لدرجات حرارة محيطة غير ٣٠س.

مثـال: كـابل ثلاثي الطور والقلب XLPEممدد على حـامل كابلات مثقب في موضع مقفل مع ثلاث دوائر أخرى تتكون من

- كابلات ثلاثية الطور والقلب (دائرة رقم ١)
- ثلاث كابلات أحادية الطور والقلب (دائرة رقم ٢)
- ست كابلات أحادية الطور والقلب (دائرة رقم ٣)

الدوائر رقم ٢،٣ تكون ثلاثيـة الطور وكـابلات المقـارنة الأخرى تكون لكل وجه.

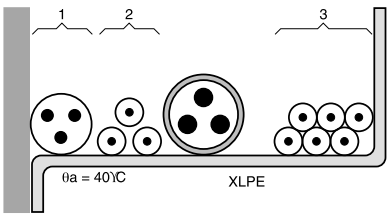
ويوجـد خـمس دوائر فـعـالة ثلاثيـة الطور تؤخـذ في الاعـتـبار كـمـا هو مـوضح في شكل ح١-١٦ . درجـة الحرارة المحـيطة تكون ٤٠س والحـرف المميز مـبين في جدول ح١-١٢ يكون E

K1تعطى بجدول ح١-١٣ = ١

K2تعطى بجدول ح١-١٤ = ٠,٧٥

K3تعطى بجدول ح١-١٥ = ٠,٩١

K = K1 x K2 x K3= 1 x 0.75 x 0.91=0.68



شكل ح١-١٦: مثال لايجاد المعاملات K3, K2, K1

إيجاد أقل مساحة مقطع لموصل:

عند قسمة التيار Iz على المعامل Kنحصل على التيار غير الحقيقي Iz وقيم Iz معطاة في جدول ح١-٧ السفلى، وكذلك مقاطع الكابلات المقابلة وذلك لأنواع مختلفة من العزل ومادة القلب (نحاس أو ألمونيوم).

الحرف المميز	B	C	E	F	عزل وعدد الموصلات (٢ أو ٣)								الحرف المميز
					مطاط أو PVC			بولي إيثيلين XLPE أو EPR					
	B				PVC3	PVC2		PR3		PR2			B
	C					PVC3		PVC2		PR2			C
	E						PVC3		PVC2		PR2		E
	F							PVC3		PR2		PR2	F
مقطع الموصل نحاس مم٢		١,٥	١٥,٥	١٧,٥	١٨,٥	١٩,٥	٢٢	٢٣	٢٤	٢٦			١,٥
		٢,٥	٢١	٢٤	٢٥	٢٧	٣٠	٣١	٣٣	٣٦			٢,٥
		٤	٢٨	٣٢	٣٤	٣٦	٤٠	٤٢	٤٥	٤٩			٤
		٦	٣٦	٤١	٤٣	٤٨	٥١	٥٤	٥٨	٦٣			٦
		١٠	٥٠	٥٧	٦٠	٦٣	٧٠	٧٥	٨٠	٨٦			١٠
		١٦	٦٨	٧٦	٨٠	٨٥	٩٤	١٠٠	١٠٧	١١٥			١٦
		٢٥	٨٩	٩٧	١٠١	١١٢	١١٩	١٢٧	١٣٨	١٤٩	١٦١		٢٥
		٣٥	١١٠	١١٩	١٢٦	١٣٨	١٤٧	١٥٨	١٦٩	١٨٥	٢٠٠		٣٥
		٥٠	١٣٤	١٤٤	١٥٣	١٦٨	١٧٩	١٩٢	٢٠٧	٢٢٥	٢٤٢		٥٠
		٧٠	١٧١	١٨٤	١٩٦	٢١٣	٢٢٩	٢٤٦	٢٦٨	٢٨٩	٣١٠		٧٠
		٩٥	٢٠٧	٢٢٣	٢٣٨	٢٥٨	٢٧٨	٢٩٨	٣٢٤	٣٥٢	٣٧٧		٩٥
		١٢٠	٢٣٩	٢٥٩	٢٧٦	٢٩٩	٣٢٢	٣٤٦	٣٧٣	٤١٠	٤٣٧		١٢٠
		١٥٠		٢٩٩	٣١٩	٣٤٤	٣٧١	٣٩٥	٤٢١	٤٧٣	٥٠٤		١٥٠
		١٨٥		٣٤١	٣٦٤	٣٩٢	٤٢٤	٤٥٠	٤٨٠٦	٥٤٢	٥٧٥		١٨٥
		٢٤٠		٤٠٣	٤٣٠	٤٦١	٥٠٠	٥٣٨	٥٩٩	٦٤١	٦٧٩		٢٤٠
		٣٠٠		٤٦٤	٤٩٧	٥٣٠	٥٧٦	٦٢١	٦٩٣	٧٤١	٧٨٣		٣٠٠
		٤٠٠					٦٥٦	٧٥٤	٨٢٥		٩٤٠		٤٠٠
		٥٠٠					٧٤٩	٨٦٨	٩٤٦		١٠٨٣		٥٠٠
		٦٣٠					٨٥٥	١٠٠٥	١٠٨٨		١٢٥٤		٦٣٠
مقطع الموصل ألومنيوم مم٢		٢,٥	١٦,٥	١٨,٥	١٩,٥	٢١	٢٣	٢٥	٢٦	٢٨			٢,٥
		٤	٢٢	٢٥	٢٦	٢٨	٣١	٣٣	٣٥	٣٨			٤
		٦	٢٨	٣٢	٣٣	٣٦	٣٩	٤٣	٤٥	٤٩			٦
		١٠	٣٩	٤٤	٤٦	٤٩	٥٤	٥٩	٦٢	٦٧			١٠
		١٦	٥٣	٥٩	٦١	٦٦	٧٣	٧٩	٨٤	٩١			١٦
		٢٥	٧٠	٧٣	٧٨	٨٣	٩٠	٩٨	١٠١	١٠٨	١٢١		٢٥
		٣٥	٨٦	٩٠	٩٦	١٠٣	١١٢	١٢٢	١٢٥	١٣٥	١٥٠		٣٥
		٥٠	١٠٤	١١٠	١١٧	١٢٥	١٣٦	١٤٩	١٥٤	١٦٤	١٨٤		٥٠
		٧٠	١٣٣	١٤٠	١٥٠	١٦٠	١٧٤	١٩٢	١٩٨	٢١١	٢٣٧		٧٠
		٩٥	١٦١	١٧٠	١٨٣	١٩٥	٢١١	٢٣٥	٢٤١	٢٥٧	٢٨٩		٩٥
		١٢٠	١٨٦	١٩٧	٢١٢	٢٢٦	٢٤٥	٢٧٣	٢٨٠	٣٠٠	٣٣٧		١٢٠
		١٥٠		٢٢٧	٢٤٥	٢٦١	٢٨٣	٣١٦	٣٢٤	٣٤٦	٣٨٩		١٥٠
		١٨٥		٢٥٩	٢٨٠	٢٩٨	٣٢٣	٣٦٣	٣٧١	٣٩٧	٤٤٧		١٨٥
		٢٤٠		٣٠٥	٣٣٠	٣٥٢	٣٨٩	٤٣٠	٤٣٩	٤٧٠	٥٣٠		٢٤٠
		٣٠٠		٣٥١	٣٨١	٤٠٦	٤٤٠	٤٩٧	٥٠٨	٥٤٣	٦١٣		٣٠٠
		٤٠٠					٥٢٢	٦٠٠	٦٢٣		٧٤٠		٤٠٠
		٥٠٠					٦١٠	٦٩٤	٧٧٠		٨٥٦		٥٠٠
		٦٣٠					٧١١	٨٠٨	٨٩٩		٩٩٦		٦٣٠

جدول ح١-١٧: حالة لدائرة غير مدفونة: إيجاد أقل مقطع للموصل بالاستعانة بـ الحرف المميز و مادة الموصل و مادة العزل والتيار المفترض Iź.

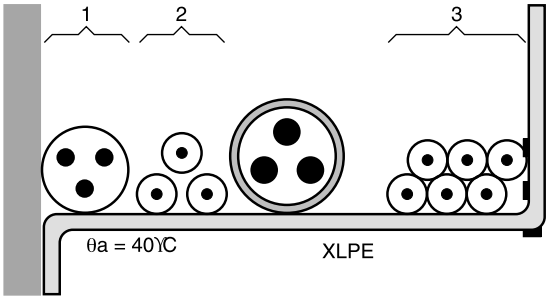
ح-١

مـثـال: المثـال الموضح في شكل ح١-١٦ المحـدد لقـيـمـة المعامل K، سيـسـتـخدم أيضاً لـتـوضيح الطريـقة التي سـيـتم بهـا إيجـاد أقل مـسـاحـة مـقطع للمـوصـلات باسـتـخـدام الجـدول ح١-١٧, والكابل xlpe الذي سيـركب سوف يحـمل تيار قـدره ٢٣ أمبيـر لكل طور.

الأمثلة السابقة توضح الآتي:

* الرقم المميز التقريبي يكون E.

* المعامل K = 0.68



شكل ح١-١٨: مثال لتحديد أقل حجم للكابل

تحديد مساحة المقطع:

إن القـيـمـة القـيـاسـيـة للتيـار In تكون قـريـبـة من ولكن أكـبـر من ٢٣ أمـبـيـر مطـلوبة، وهنـاك حـلان ممكـنان الأول يعـتـمـد على الحـمـاية بواسطة قـاطع الدائرة والثـاني يعـتـمد على الحـمـاية بواسطة المصاهر.

* قاطع الدائرة In = 25 أمبير

☐ التيار المسموح Iz= 25 أمبير

☐ التيار غير الواقعي

$$I\acute{z} = \frac{25}{0.68} = 36.8\ A$$

☐ مـسـاحـة مـقطـع الموصـلات توجـد كالتالي :

في العـمود PR3 المتناظره مع الحـرف المميز E تكون القيمة ٤٢ أمـبير (الأقرب قيـمة وأكـبر من ٣٦,٨ أمـبيـر) توضح لطلب مـساحة مـقطع موصـل نحاس ٤ مم٢ . بالنسـبـة لموصل من الألومنيـوم تكون القـيم المتناظرة هي ٤٣ أمـبـيـر و٦مم٢ .

* المصاهر In = 25 أمبير

☐ التيار المسموح Iz = k3

$$In = 1.21 \times 25 = Iz = 30.3\ A$$

☐ التيار غير الحقيقي $I\acute{z} = \frac{30.3}{0.68} = 40.6$

☐ مساحة المقطع لموصـلات النحاس أو الألمونيـوم (في هـذه الحـالة) توجـد بنفـس الطريقـة الموضـحـة بـأعلى بالنسـبـة لحـمـاية الدائـرة بقـاطع الدائرة.

ح-١

٣/٢ تحديد حجم الموصل لدوائر مدفونة

في الدوائر المدفونة قيمة العامل k تميز خصائص ما لحالات التركيبات ويمكن الحصول عليها من المعاملات الآتية:

$K = K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7$

وكل واحد منها يعتمد على سمات معينة للتركيبات

في حالة الدوائر المدفونة يكون تحديد أقل حجم للموصل ضرورياً لتأسيس العامل K .

الحرف المميز المتناظر مع طريقة التركيب غير ضروري.

تحديد قيمة العامل K :

العامل Kيلخص التأثير الكلي لحالات مختلفة للتركيبات ويمكن الحصول عليه بضرب معاملات التصحيح معاً K4 و K5 و K7 وقيم هذه المعاملات العديدة معطاة في الجداول ح١-١٩ حتى ٢٢-١٩

معامل التصحيح K4 :

هو قياس لتأثير طريقة التركيب:

طريقة التركيب	k4
موضوعة في مجاري أرضية: في مواسير أو في ديكورات مصبوبة.	٠,٨
حالات أخرى	١

جدول ح١-١٩: معامل التصحيح K4 بالنسبة لطريقة التركيب

معامل التصحيح K5

العامل K5 هو قياس للتأثير المتبادل للدوائر الموضوعة جنباً إلى جنب في وضع متجاور متقارب .

الكابلات تكون في موضع متقارب عندما تكون المسافة L التي تفصلهم تقل عن ضعف قطر لأكبر كابلين متوقعين.

العامل K5 هو قياس للتأثير المتبادل للدوائر الموضوعة جنباً إلى جنب في وضع متجاور متقارب .

وضع الكابلات جنباً إلى جنب في موضع متقارب	عامل التصحيح K5 لمجموعة عديدة من الدوائر أو الكابلات عديدة القلب										
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٢	١٦	٢٠
المدفونة	١	٠,٨	٠,٧	٠,٦٥	٠,٦	٠,٥٧	٠,٥٤	٠,٥٢	٠,٥	٠,٤٥	٠,٤١	٠,٣٨

جدول ح١-٢٠: عامل التصحيح k5 لمجموعة عديدة من الدوائر في طبقة واحدة

عندما تمدد الكابلات في طبقات عديدة يضرب العامل Kبـ ٠,٨ لطبقتين و ٠,٧٣ لثلاث طبقات و ٠,٧ لأربع أو خمس طبقات:

معامل التصحيح k6 :

العامل K6هو قياس لتأثير الأرض التي يدفن بها الكابل.

هذا العامل يأخذ في الاعتبار طبيعة وحالة التربة التي يدفن بها الكابل وبشكل خاص التوصيل الحراري للتربة.

طريقة التركيب	k4
تربة رطبة جداً (مشبعة)	١,٢١
تربة رطبة	١,١٣
تربة مبلله	١,٠٥
تربة جافة	١,٠٠
تربة جافة جداً (معرضة للشمس)	٠,٨٦

ح١ – ح٢ معامل التصحيح k6 بالنسبة لطبيعة التربة

معامل التصحيح :K7

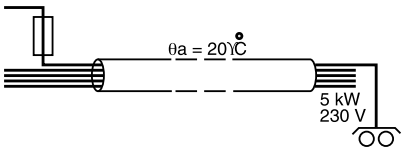
العامل K7هو قياس لتأثير درجة حرارة التربة

درجة حرارة التربة °س	العـــــــزل	
	كلوريد الفينيل (PVC)	عديد البولي ايثينيل (XLPE) الاثيلين البروبيلين المطاطي(EPR)
١٠	١,١٠	١,٠٧
١٥	١,٠٥	١,٠٤
٢٠	١,٠٠	١,٠٠
٢٥	٠,٩٥	٠,٩٦
٣٠	٠,٨٩	٠,٩٣
٣٥	٠,٨٤	٠,٨٩
٤٠	٠,٧٧	٠,٨٥
٤٥	٠,٧١	٠,٨٠
٥٠	٠,٦٣	٠,٧٦
٥٥	٠,٥٥	٠,٧١
٦٠	٠,٤٥	٠,٦٥

جدول ح١-٢٢ معامل التصحيح K7 لدرجات مختلفة للتربة عند ٢٠°س.

مثال:

دائرة ٢٣٠ فولت طور مفرد مشمولة مع أربع دوائر محملة أخرى في ماسورة مدفونة . درجة حرارة التربة ٢٠°س . الموصلات عزلها من PVCوتغذي حمل إضاءة قدره ٥ كيلو واط، ويتم حماية الدائرة بواسطة قاطع الدائرة



شكل ح١-٢٣: مثال لتحديد K7,K6,K5,K4.

K4من جدول ح١-١٩ = ٠,٨

K5من جدول ح١-٢٠ = ٠,٦

K6من جدول ح١-٢١ = ١

K7من جدول ح١ -٢٢ = ١

$K = K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 = 0.48$

ح-١

تحديد أصغر مساحة مقطع موصل للدوائر المدفونة.

بمعرفة K , IZ، مساحة المقطع المناظـر لهما معطاه في

الجدول ح١-٢٤ السفلى.

		العزل وعدد الدوائر المحمولة			
		البوتايل أو عديد البولي اثيلين XLPE أو الاثيلين بروبيلين المطاطي EPR		مطاطي أو PVC	
		موصلين	ثلاث موصلات	موصلين	ثلاث موصلات
مقطع الموصل نحاس مم٢	١,٥	٣٧	٣١	٣٢	٢٦
	٢,٥	٤٨	٤١	٤٢	٣٤
	٤	٦٣	٥٣	٥٤	٤٤
	٦	٨٠	٦٦	٦٧	٥٦
	١٠	١٠٤	٨٧	٩٠	٧٤
	١٦	١٣٦	١١٣	١١٦	٩٦
	٢٥	١٧٣	١٤٤	١٤٨	١٢٣
	٣٥	٢٠٨	١٧٤	١٧٨	١٤٧
	٥٠	٢٤٧	٢٠٦	٢١١	١٧٤
	٧٠	٣٠٤	٢٥٤	٢٦١	٢١٦
	٩٥	٣٦٠	٣٠١	٣٠٨	٢٥٦
	١٢٠	٤١٠	٣٤٣	٣٥١	٢٩٠
	١٥٠	٤٦٣	٣٨٧	٣٩٧	٣٢٨
	١٨٥	٥١٨	٤٣٤	٤٤٥	٣٦٧
	٢٤٠	٥٩٨	٥٠١	٥١٤	٤٢٤
	٣٠٠	٦٧٧	٥٦٥	٥٨١	٤٨٠
مقطع الموصل ألمونيوم مم٢	١٠	٨٠	٦٧	٦٨	٥٧
	١٦	١٠٤	٨٧	٨٨	٧٤
	٢٥	١٣٣	١١١	١١٤	٩٤
	٣٥	١٦٠	١٣٤	١٣٧	١١٤
	٥٠	١٨٨	١٦٠	١٦١	١٣٤
	٧٠	٢٣٣	١٩٧	٢٠٠	١٦٧
	٩٥	٢٧٥	٢٣٤	٢٣٧	١٩٧
	١٢٠	٣١٤	٢٦٦	٢٧٠	٢٢٤
	١٥٠	٣٥٩	٣٠٠	٣٠٤	٢٥٤
	١٨٥	٣٩٨	٣٣٧	٣٤٣	٢٨٥
	٢٤٠	٤٥٨	٣٨٨	٣٩٦	٣٢٨
	٣٠٠	٥٢٠	٤٤٠	٤٤٧	٣٧١

جدول ح١-٢٤ حالة لدائرة مدفونة: أقل مساحة مـقطع بالنسبة لنوع الموصل و نوع العزل وقيمة التيار المفترض Iz ($Iz = \frac{Iz}{k}$)

ح-١

مثال:

هذا هو تكملة للمثال السابق والذي تم فيه تحديد المعاملات K_4 x K_5 x K_6 K_7x ووجد المعامل K يساوي ٠,٤٨

تيار الحمل الكامل

$$IB = \frac{5.000}{0.48} = 22A$$

اختيار الحماية :

مقنن قاطع الدائرة ٢٥ أمبير سوف يكون مناسباً.

أقصى تيار مسموح به:

IZ = 25 أمبير (مثال مقنن قاطع الدائرة In)

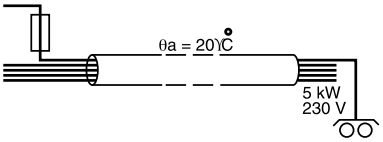
التيار الافتراضي:

$$\grave{I}z = \frac{Iz}{K} = \frac{25}{0.48} = 52.1A$$

مساحة مقطع موصلات الدائرة:

في عمود PVC وموصلين التيار ٥٤ أمبير يناظر ٤مم٢ موصل نحاس.

وفي حالة عندما تكون موصلات الدائرة من الألمونيوم يكون نفس التيار الافتراضي (٥٢ أمبير) يتطلب اختيار ١٠مم٢ مناظراً لقيمة التيار الافتراضي للألمونيوم ٦٨ أمبير.



شكل ح١-٢٥: مثال لتحديد أقل مساحة مقطع لموصلات الدائرة.

٣- تحديد هبوط الجهد :

عندما تكون معاوقة موصلات الدائرة تكون منخفضة ولكن ليست مهملة: يوجد هبوط في الجهد بين مصدر الدائرة وأطراف الحمل. التشغيل الصحيح لأي جزء الحمل (محرك ، دائرة إنارة.. الخ) . تعتمد على الجهد عند أطرافه محتفظاً بقيمة قريبة من قيمته المقننة. ولهذا يكون من الضروري تحديد موصلات الدائرة لأن يكون الجهد عند الأطراف في حالة تيار الحمل الكامل.

محافظاً على حدود مطلوبة لأداء سليم. وهذا القسم يتعامل مع طرق تحديد الهبوط في الجهد، من أجل التأكد من الآتي:

- أن تتمشى مع المواصفات الخاصة واللوائح المعمول بها.
- أن تكون قادرة على مجابهة الأحمال.
- أن تتوفر فيها الكفاية لمتطلبات التشغيل الضرورية.

١/٣ الحد الأقصى لهبوط الجهد

تختلف الحدود القصوى المسموح بها لهبوط الجهد من بلد لآخر. والقيم النمطية لتركيبات الجهد المنخفض معطاة في جدول ح١- ٢٦.

أقصى هبوط في الجهد بين نقطة طرف الخدمة ونقطة الاستخدام		
	الإنارة	استخدامات أخرى (تسخين وقوى)
أطراف خدمة الجهد المنخفض من شبكة توزيع القوى العامة	٣٪	٥٪
محطات تحويل فرعية عند المستهلك ضغط عالي/ضغط منخفض من نظام التوزيع العام للضغط العالي .	٦٪	٨٪

جدول ح١-٢٦ الحدود القصوى لهبوط الجهد.

ح-١

تتعلق حدود الهبوط في الجهد بحالات التشغيل المستقر العادي ولا تطبق عند وقت حركة المحركات وتشغيل المفاتيح (بالصدفة) المتزامن مع أحمال عديدة الخ. كما هو مشار إليه في البند الفرعي ٣/٤ فصل ب (معامل التزامن، الخ). وعند زيادة قيم الهبوط في الجهد الموضحة في جدول ح١-٢٦ فيجب استخدام كابلات (أسلاك) أكبر لتصحيح الحالة.

وبينما يمكن أن تؤدي قيمة ٨٪ المسموح بها إلى مشاكل بأحمال المحرك : كمثال:

- في الغالب يكون أداء المحرك مرضيا عندما يكون الجهد المطلوب له في حدود ± ٥٪ من قيمته الاسمية المقننة في حالة التشغيل المستقر.
- يمكن أن يصل تيار بدء المحرك إلى ٥ أو ٧ أمثال قيمة حمله الكامل (أو أكبر).

وعند حدوث هبوط في الجهد بمقدار ٨٪ عند تيار الحمل الكامل، فسوف يحدث هبوط قدره ٤٠٪ أو أكثر أثناء بدء الحركة. وفي مثل هذه الحالات سوف يكون المحرك في إحدى الحالتين.

- ☐ تعثر في الحركة (مثال: بقاء ه خامداً نتيجة لعدم كفاية عزمه لرفع عزم الحمل) مع زيادة متتالية في الحرارة وغالبا ما يفصل.
- ☐ أو يبدأ بتسارع بطئ جداً، ومن ثم يكون تيار التحمل قوياً (من المحتمل وجود تأثير للجهد المنخفض على الأجهزة الأخرى) سوف يستمر أكبر من فترة بدء الحركة العادية.

- في النهاية تسبب نسبة ٨٪ هبوط في الجهد فقد يستمر في القدرة ($\frac{E^2}{R}$ watt)، وذلك لأحمال مستمرة وسوف يكون هناك إهدار هام للطاقة.

ولهذه الأسباب يكون من المطلوب أن تكون أقصى قيمة لـ ٨٪ في حالات التشغيل المستقر يجب أن لا تصل إلى الدوائر الحساسة لمشاكل الجهد المنخفض.

هـام:

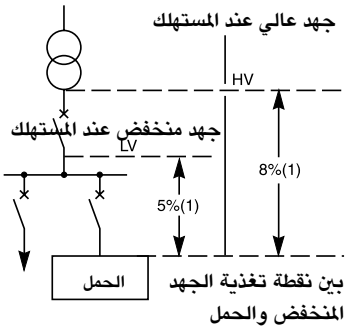
في عدد من البلدان سوف يزاد مقنن نظام ٢٢٠/٣٨٠ فولت القائمة لتعمل غالباً عند قيم إسمية ٢٣٠/٤٠٠ فولت (كما هو مطلوب في مواصفة IEC). وسوف يزيد صناع المحولات في هذه الأقطار جهد اللاحمل الثانوي لمحولات التوزيع طبقا لـ ٢٣٧/٤١٠ فولت. وبعد سنوات عديدة كفترة إنتقالية لصناعة الأجهزة المنزلية، سوف تصنع محولات التوزيع بنسبة لا حمل لجهد ٢٤٢/٤٢٠ فولت وسوف يتوافق الجهد المقنن للأجهزة المنزلية عند المستهلك في نفس ذلك الوقت.

من الآن يجب الأخذ في الحسبان هذه المتغيرات عند عمل حسابات الفقد في الجهد.

والخطر المتتابع المحتمل للمحركات يكون:

- أحمال خفيفة للمحول الجديد والمحول القديم: مخاطر في زيادة الجهد على المحرك.
- أحمال زائدة للمحول القديم والمحرك الجديد: مخاطر في انخفاض الجهد على المحرك.

نفس المشاكل (لكن بنسبة عكسية) سوف تحدث في الأقطار التي ستستعمل نظم ٢٤٠/٤١٥ فولت لو أن مواصفات IEC 230/400 فولت تبنت بواسطتهم.



شكل ح١- ٢٧: أقصى هبوط في الجهد

ح-١

٢/٣ حساب هبوط الجهد في حالات حمل ثابت:

إستخدام المعادلة:

يعطي الجدول أدناه المعادلة الأساسية المستخدمة لحساب الهبوط في الجهد لدائرة معطاه لكل كيلو متر طولي لو:

IB : تيار الحمل الكامل بالأمبير

L : طول الكابل بالكيلو متر

R : مقاومة موصل الكابل بـ Km / Ω

$$R = \frac{22.5\Omega\ mm^2/km}{S(c.s.a.in\ mm^2)} \quad \text{for copper}$$

$$R = \frac{36\Omega\ mm^2/km}{S(c.s.a.in\ mm^2)} \quad \text{for aluminium}$$

ملحوظة: تكون قيمة Rمهملة عند زيادة مساحة مقطع الموصل عن ٥٠٠ مم٢

X : المفاعله الحثية لموصل Km / Ω

ملحوظة:: X تكون قيمة مهملة لموصلات مساحة مقطعها أقل من٥٠مم٢ .في حالة عدم توفر أي معلومات أخرى تؤخذ X مساوية لـ 0.08 / Ω Km

φ : زاوية الوجه بين الجهد والتيار في دائرة معينه عموما يكون :

■ الإنارة: جتا φ = ١

■ قدرة المحرك

□ عند البدء جتا φ= ٠,٣٥

□ عند الخدمة العادية جتا φ = ٠,٨

Un= الجهد بين طور وآخر.

Vn= الجهد بين طور ومحايد.

بالنسبة لمجاري الأسلاك وقضبان التوزيع سابقة التجهيز، تعطى قيم المقاومة والمعاوقة الحثيه بواسطة الصانع.

الدائرة	هبوط الجهد (ΔU)	
	بالفولت	النسبة المئوية
أحادي الطور : طور / طور	$\Delta U = 2IB\ (R\cos\varphi + X\sin\varphi)\ L$	$\frac{100\Delta U}{Un}$
أحادي الطور : طور / محايد	$\Delta U = 2IB\ (R\cos\varphi + X\sin\varphi)\ L$	$\frac{100\Delta U}{Vn}$
ثلاثي الطور متوازن : ٣ أطوار مع أو بدون محايد	$\Delta U = \sqrt{3}IB\ (R\cos\varphi + X\sin\varphi)\ L$	$\frac{100\Delta U}{Un}$

جدول ح١– ٢٨: معادلة الهبوط في الجهد.

جدول مبسط:

يمكن تبسيط الحسابات باستخدام جدول ح١–٢٩ السفلي، الذي يعطي قيم تقريبية تفي بالغرض، والهبوط في الجهد من طور لآخر لكل كيلو متر من كابل لكل أمبير، له علاقة بـ:

*أنواع استخدام الدائرة:دوائر المحرك ذات جتا φ حتى ٠,٨ ، أو إنارة ذات جتا φ بالقرب من ١ .

*نوع الكابل : طور مفرد أو ثلاثي الطور.

الهبوط في الجهد لكابل تعطى بواسطة K x IB x L

K تعطى بإستخدام الجدول.

IB تيار الحمل الكامل بالأمبير.

L طول الكابل بالكيلو متر.

في عمود قدرة المحرك جتا φ = ٠,٣٥ (للجدول ح١–٢٩ ويمكن استخدامه لحساب الهبوط في الجهد الذي يحدث أثناء فترة بدء حركة المحرك (أنظر مثال بعد جدول ح١–٢٩).

ح–١

مساحة مقطع الموصل مم٢		دائرة أحادية الطور			دائرة متزنة ثلاثية الطور		
		إنارة	قدرة المحرك		إنارة	قدرة المحرك	
نحاس	ألمونيوم	جتا φ = ١	عند البدء جتا φ = ٠,٣٥	خدمة عادية جتا φ = ٠,٨	جتا φ=١	عند البدء جتا φ = ٠,٣٥	خدمة عادية جتا φ = ٠,٨
١,٥		٣٠	١٠,٦	٢٤	٢٥	٩,٤	٢٠
٢,٥		١٨	٦,٤	١٤,٤	١٥	٥,٧	١٢
٤		١١,٢	٤,١	٩,١	٩,٥	٣,٦	٨
٦	١٠	٧,٥	٢,٩	٦,١	٦,٢	٢,٥	٥,٣
١٠	١٦	٤,٥	١,٧	٣,٧	٣,٦	١,٥	٣,٢
١٦	٢٥	٢,٨	١,١٥	٢,٣٦	٢,٤	١	٢,٠٥
٢٥	٣٥	١,٨	٠,٧٥	١,٥	١,٥	٠,٦٥	١,٣
٣٥	٥٠	١,٢٩	٠,٦	١,١٥	١,١	٠,٥٢	١
٥٠	٧٠	٠,٩٥	٠,٤٧	٠,٨٦	٠,٧٧	٠,٤١	٠,٧٥
٧٠	١٢٠	٠,٦٤	٠,٣٧	٠,٦٤	٠,٥٥	٠,٣٢	٠,٥٦
٩٥	١٥٠	٠,٤٧	٠,٣٠	٠,٤٨	٠,٤	٠,٢٦	٠,٤٢
١٢٠	١٨٥	٠,٣٧	٠,٢٦	٠,٣٩	٠,٣١	٠,٢٣	٠,٣٤
١٥٠	٢٤٠	٠,٣٠	٠,٢٤	٠,٣٣	٠,٢٧	٠,٢١	٠,٢٩
١٨٥	٣٠٠	٠,٢٤	٠,٢٢	٠,٢٩	٠,٢	٠,١٩	٠,٢٥
٢٤٠	٤٠٠	٠,١٩	٠,٢	٠,٢٤	٠,١٦	٠,١٧	٠,٢١
٣٠٠	٥٠٠	٠,١٥	٠,١٩	٠,٢١	٠,١٣	٠,١٦	٠,١٨

جدول ح١- ٢٩ الهبوط في الجهد (ΔU)لدائرة طور ـ إلى ـ طور (فولت لكل أمبير لكل كيلو متر) .

ح-١

أمثلة:

مثال ١ (شكل ح١-٣٠)

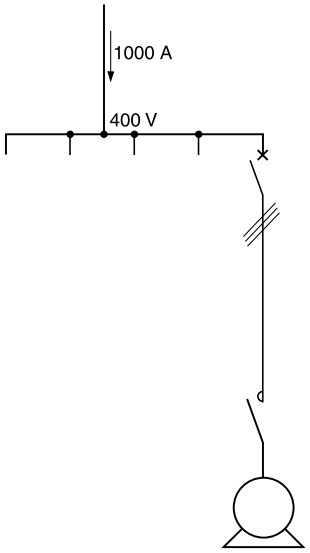
كابل نحـاس ثلاثي الطور طوله ٥٠ متـر يغذي مـحرك ٤٠٠ فولت يأخذ:

- ١٠٠ أمبير عند جتا = ٠,٨على حمل عادي ثابت
- ٥٠٠ أمبير (5 In)عند جتا = ٠,٣٥أثناء البدء.

الهبـوط في الجهد عنـد مصدر كـابل المحرك في ظروف عادية (مثال لوحـة توزيع شكل ح١-٣٠ تقوم بتوزيع تيار إجمالي ١٠٠٠ أمبير) ١٠ فولت طور لآخر.

ما هو الهبوط في الجهد عند أطراف المحرك.

- في الخدمة العادية؟
- أثناء البدأ ؟



شكل ح١-٣٠: مثال ١

الحل:

- الهبوط في الجهد في حالات الخدمة العادية:

$\Delta U\% = 100\Delta U/Un$

جدول ح١ – ٢٩ يوضح 1 V/A/km، ومن ثم :

Δ U for Cable = 1 x 100 x 0.05 = 5 V

Δ U total = 10 + 5 = 15V

$$\frac{15}{400} \text{ X } 100 = 3.7\%$$

وهذه القيـمة أقل من المتعارف عـليها(٨٪) لذلك تعتـبر مرضية

- الهبوط في الجهد أثناء بدء المحرك .

Δ U for Cable = 0.52 x 500 x 0.05 = 13 V

بسبب التـيار الإضـافي الذي يأخذه المحـرك عند البدء، سـوف يزيد الهـبـوط في الجـهـد عند لوحـة التـوزيع عن١٠ فولت.

افترض أنه سوف تغذى لوحة التوزيع خلال بدء حركة المحرك بـ

٩٠٠+٥٠٠=١٤٠٠ أمـبيـر ثم سـوف يزيد الهبـوط في الجهد عند لوحة التوزيع تقريباً.

$$\Delta U = \frac{1400 \text{ x } 10}{1000} = 14 \text{ V}$$

Δ U عند لوحة التوزيع = ١٤ فولت.

Δ U لكابل المحرك = ١٣ فولت.

Δ U total = 13+14= 27 V

$$\frac{27 \text{ x } 100}{400} = 6.75\%$$

هذه القيمة مرضية أثناء بدء حركة المحرك.

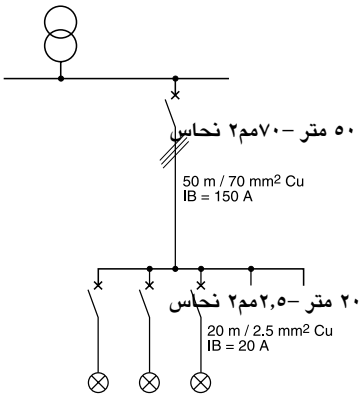
ح-١

وحدات الاعتاق الالكترونية تكون عالية الاستقرار في تغيير مستويات درجات الحرارة .

مثال ٢:

خط ثلاثي الطور – ٤ سلك مساحة مقطعه ٧٠مم٢ وطوله ٥٠ متر ويسمح بمرور تيار ١٥٠ أمبير والخط يغذي على طوله أحمال أخرى، ٣ دوائر إنارة أحادية الطور، كل دائرة مساحة مقطع النحاس لها ٢,٥مم٢ وطولها ٢٠ متر ويمر بها تيار ٢٠ أمبير . من المفترض أن تكون التيارات على الخط ٧٠ مم٢ متزنه وأن دوائر الإنارة تتصل بالخط عند نفس النقطة.

ما هو الهبوط في الجهد عند نهاية دوائر الإنارة؟



شكل ح١–٣١: مثال ٢

الحل:

■ الهبوط في الجهد في الخط ٤ سلك

$\Delta U\% = 100\, \Delta U/Un$

جدول ح١–٢٩ يوضح 0.55 V/A/Km

ΔU line = 0.55 x 150 x 0.05= 4.125 V phase - to - phase

والتي تكون :

$$\frac{4.125\ v}{\sqrt{3}} = 2.38 \text{ phase - to - neutral}$$

■ الهبوط في الجهد في أي دائرة إنارة أحادية الطور

ΔU = 18x20x0.02=7.2V

الهبوط في الجهد الكلي يكون 7.2 + 2.38=9.6V

$$\frac{9.6V}{230V} X100 = 4.2\%$$

هذه القيمة تكون مرضية حيث أنها أقل من أقصى هبوط في الجهد مسموح به وهو ٦٪.

ح–١

إن معرفة مستويات تيارات قصر الدائرة ثلاثية الطور المتماثلة (Isc) عند نقاط مختلفة في التركيبات تكون ضرورية عند تصميم التركيبات.

المعلومات عن قيم تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور المتماثل (Isc) عند نقاط إستراتيجية بالتركيبات تكون ضرورية من أجل تحديد مفتاح الفصل والوصل (تيار الخطأ المقنن) ؛ الكابلات (الصمود الحراري المقنن) ؛ أجهزة الحماية (ضبط فصل مميز)؛ وهو كذلك في الملاحظات الآتية سوف تفحص دائرة قصر ثلاثية الطور بمعاوقة تساوي صفر (تسمى دائرة القصر المفاجئة) تغذى بواسطة محول توزيع ضغط عالي منخفض نموذجي.

فيما عدا الظروف غير العادية جداً يكون هذا النوع من الخطأ شديد الخطورة وبالتأكيد يكون حسابه مبسطاً. تيارات قصر الدائرة التي تحدث في الشبكات المغذاه من مولد وأيضاً نظم التيار المستمر يتعامل معها الفصل ط (ن)البند الفرعي ١/١و ١/٦ الحسابات البسيطة والقواعد التطبقية التي نتبعها تعطينا نتائج معتدلة ذات دقة كافية في أغلب حالات التصميم أغراض التركيبات.

١/٤ تيار قصر الدائرة عند أطراف توصيل الملف الثانوي لمحول توزيع جهد عالي/جهد منخفض.

حالة محول واحدة:

■ كأول تقريب يفترض أن تكون معاوقة نظام الضغط العالي صغيرة مهملة ، وبعد هذا الحد

حيث :

$$Isc = \frac{In \times 100}{Usc}$$

$$In = \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3}\ U20}$$

P = (KVA) مقنن المحول

U20 = الجهد الثانوي بين طور وآخر على دائرة فتوحة

In = تيار عادي بالأمبير

Isc = تيار خطأ قصر الدائرة بالأمبير

Usc = جهد معاوقة دائرة القصر لمحول كنسبة مئوية٪

القيم النموذجية لـ Usc لمحول توزيع تعطى في جدول ح١-٣٢

مقنن المحول	Usc in % نوع المحول	
	مغمور بالزيت	راتنج مصبوب
٥٠ حتى ٦٣٠	٤٪	٦٪
٨٠٠ حتى ٢٥٠٠	٦٪	٦٪

جدول ح١-٣٢: القيم النموذجية لـ Usc لمحولات ذات مقننات مختلفة (KVA) لها ملفات ضغط عالي ≤ ٢٠ كيلو فولت.

ح-١

مثال:

محول ٥٠٠ ك.ف.أ، ٢٤٢/٤٢٠ فولت عند اللاحمل

Usc = 4%

$$In = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 420} = 550A$$

$$Isc = \frac{550 \times 100}{4} = 13.75\ KA$$

■ عمليا تكون قيمة Isc أقل بقليل عن المحسوبة بالطريقة الموضحة في الجدول الآتي (ح١-٣٣) عندما تكون معاوقة نظام الجهد العالي تماثل مستوى ٢٥٠ ميجا فولت أمبير أو أقل تكون أكثر شيوعاً.

القدرة المقننة للمحول (KVA)		٥٠	١٠٠	١٦٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٥٠	١٦٠٠	٢٠٠٠	٢٥٠٠
تيار المحول Ir (A)		٦٩	١٣٧	٢٢٠	٣٤٤	٤٣٣	٥٥٠	٦٨٧	٨٦٦	١١٠٠	١٣٧٥	١٧١٨	٢١٩٩	٢٧٤٩	٣٤٣٧
محول مغمور في الزيت Isc (KA)	PSC = 250MVA	١,٧١	٣,٤٠	٥,٤١	٨,٣٨	١٠,٥	١٣,٢	١٦,٤	٢٠,٤	٢٦,٤	٣١,٥	٣٦,٤	٣٣,١	٤٠,٤	٤٩,١
	PSC = 500MVA	١,٧١	٣,٤٢	٥,٤٥	٨,٤٩	١٠,٧	١٣,٥	١٧,٠	٢١,٠	٢٧,٢	٣٢,٢	٣٧,٥	٣٤,٨	٤٣,٠	٥٢,٩
محول راتنج مصبوب Isc (KA)	PSC = 250MVA	١,١٤	٢,٢٨	٣,٦٣	٥,٦٣	٧,٠٧	٨,٩٣	١١,١	١٣,٩	١٧,٤	٢١,٥	٢٦,٤	٣٣,١	٤٠,٤	٤٩,١
	PSC = 500MVA	١,١٤	٢,٢٨	٣,٦٥	٥,٦٨	٧,١٤	٩,٠٤	١١,٣	١٤,١	١٧,٩	٢٢,٢	٢٧,٥	٣٤,٨	٤٣,٠	٥٢,٩

جداول ح١-٣٣: ISC عند أطراف الجهد المنخفض لمحولات ثلاثية الطور جهد عالي / جهد منخفض تتغذى من نظام جهد عالي له مستوى خطأ ثلاثي الطور ٥٠٠ ميجا فولت أمبير أو ٢٥٠ ميجا فولت أمبير.

حالات محولات عديدة على التوازي تغذي قضيب توزيع:

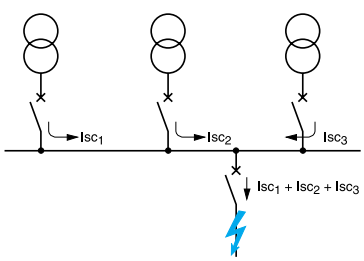
يمكن تقدير قيمة تيار الخطأ لدائرة خارجه أسفل شبكة قضبان التوزيع (شكل ح١-٣٤) كمجموع لتيارات القصر من كل محول.

يفترض أن كل المحولات يتم تغذيتها من نفس شبكة الجهد العالي، وفي هذه الحالة يتم الحصول على القيم من جدول ح١-٣٣ وعند إضافتها معاً سنحصل على زيادة طفيفه لقيمة تيار الخطأ التي سوف تحدث فعلاً.

وهناك عوامل أخرى لم تؤخذ في الاعتبار وهي معاوقة قضبان التوزيع وقواطع الدائرة.

أما قيمة تيار الخطأ التقديرية فتعطى بطريقة دقيقة لأغراض تصميم التركيبات الأساسية.

اختيار قواطع الدائرة وأجهزة الحماية المدمجة ضد تيارات خطأ قصر الدائرة الموضحة في فصل ح٢ البند الفرعي ٤/٤ .



شكل ح١-٣٤

ح-١

٢/٤ تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (Isc) عند أي نقطة ضمن تركيبات الجهد المنخفض:

في التركيبات ثلاثية الطور يكون تيار قصر الدائرة Isc عند أي نقطة كما يلي :

$$Isc = \frac{U20}{\sqrt{3}\,ZT} \quad (amp)$$

U20 = الجهد بين طور وطور لدائرة مفتوحة للملفات الثانوية لمحول أو محولات تغذية القدرة.

ZT = المعاوقة الكلية لكل طور من تركيبات شبكة التيار الأعلى من جهة الخطأ (أوم).

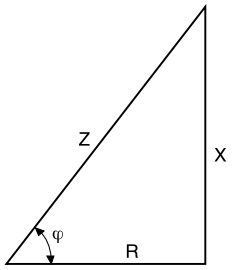
طريقة حساب ZT:

يتم تمييز كل عنصر من التركيبات (شبكة الجهد العالي، محول، كابل، قاطع دائرة، قضيب توزيع، إلخ) بمعاوقته Z التي تحتوي على عنصر المقاومة (R) والمفاعليه الحثيه (X). ويمكن ملاحظة أن المفاعلات السعوية ليست مهمه في حسابات تيار قصر الدائرة. والعوامل R و X و Z يعبر عنها بالأوم وتتعلق بجوانب مثلث قائم الزاوية كما هو موضح في مخطط المعاوقة شكل ح١-٣٥ . والطريقة تتلخص في تقسيم الشبكة إلى أقسام ملائمة، وحساب قيم كل من Rو X. وعندما تكون الأقسام في الشبكة متصلة على التوالي فيتم جمع كل عناصر المقاومة في القسم حسابياً وكذلك بالنسبة للمفاعلة، عندما تعطى قيم RT، XT فيمكن حساب قيمة المعاوقة Z للأقسام الموحدة المعنية من

$$ZT = \sqrt{RT^2 + XT^2}$$

ويمكن لأي قسمين في الشبكة متصلين على التوازي لو سادت كلتا مقاومتهما (أو كلتا محاثاتهما) أن تتحد لتعطي مقاومة مفردة مكافئة (أو مفاعله) حسب الآتي:

لو أن R1 و R2 مقاومتان متصلتان على التوازي، فإن المقاومة المكافئة تحسب كما يلي:



الشكل ح١-٣٥ مخطط المعاوقة

$$R3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

أو بالنسبة للمفاعله $X3 = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$

إن دمج دائرتين أو أكثر غير متشابهة على التوازي يعتبر نادراً في شبكات التركيب شعاعية النوع وسوف لن يتم عرضها في النص الرئيسي.

وعلى أي حال فإن الطرق العامة لتقليل المعاوقات إلى معاوقة واحدة مكافئة موضحة في الملحق ح١ .

ح-١

تعيين معاوقة شبكة الجهد العالي

■ شبكة التيار العالي لمحول جهد عالي / جهد منخفض (جدول ح١-٣٦)

تتم معرفة مستوى خطأ قصر دائرة ثلاثية الطور KA أو MVA بواسطة السلطة المعنية لإمداد الطاقة الكهربائية، والتي بواسطته نستطيع استنباط المعاوقة المكافئة.

والمعادلة التي تعمل هذا الاستنباط وفي نفس الوقت تحول المعاوقة إلى قيمة مكافئة عند الجهد المنخفض تعطى كالآتي:

$$Zs = \frac{U0^{2}}{Psc}$$

حيث:

Zs = معاوقة شبكة الجهد المنخفض بالميللي أوم

Uo = جهد اللاحمل من طور لآخر للجهد المنخفض بالفولت

Psc=مستوى خطأ دائرة ثلاثية الطور جهد عالي بالكيلو فولت أمبير

*قصر الدائرة=$EL\ ISC\sqrt{3}$ MVA

حيث:

EL= جهد النظام الأسمي بين طور وآخر بالكيلو فولت (جذر متوسط المربعات)

ISC = تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور بالكيلو أمبير (جذر متوسط المربعات)

وتكون مقاومة الشبكة العليا (جهد عالي) Ra عموما مهمله مقارنة بنظيرتها Xa، والأخيرة سوف تأخذ القيمة بالأوم لـ Za، وإذا كان من الضروري حسابات أكثر دقة فربما تصبح Ra مساوية لـ 0.15 Xa

جدول ح١-٣٦ يعطي قيم لـ Ra و Xa المتناظرة مع مستويات قصر الدائرة لمعظم الجهود العالية الأساسية في الشبكات العامة للإمداد بالطاقة الكهربائية وبالتحديد ٢٥٠ ميجا فولت أمبير و ٥٠٠ ميجا فولت أمبير.

*حتى ٣٦ ك.ف

Psc	Uo (V)	Ra (m Ω)	Xa (mΩ)
٢٥٠ ميجا . ف.أ	٤٢٠	٠,١٠٦	٠,٧١
٥٠٠ ميجا . ف.أ	٤٢٠	٠,٠٥٣	٠,٣٥٣

جدول ح١-٣٦: معاوقة شبكة الجهد العالي بالإشارة إلى جانب الجهد المنخفض لمحول جهد عالي/ جهد منخفض.

■ محولات (جدول ح١-٣٧)

يمكن حساب المعاوقة Ztr لمحول من جانب أطراف الجهد المنخفض كما يلي:

$$Ztr = \frac{U_{20}^2}{Pn} \times \frac{Usc}{100} \text{ milli-ohms,}$$

حيث:

U2 0 = جهد الدائرة المفتوحة الثانوية من طور لآخر مقدرة بالفولت.

Pn = مقنن المحول (KVA)

Usc = جهد المعاوقة لدائرة القصر لمحول مقدر بـ٪.

يمكن استنباط مقاومة ملفات المحول Rtr من المفاقيد الكلية كالآتي:

$$Pcu = 3\, I_n^2\, Rtr$$

بحيث:

$$Rtr = \frac{Pcu \times 10^3}{3I_n^2} \text{ miLLi-ohms}$$

حيث

Pcu = المفاقيد الكلية بالواط

In = تيار الحمل الكامل الإسمي بالأمبير

Rtr = مقاومة طور واحد للمحول بالمللي أوم (لجهد منخفض وملف الجهد العالي لطور واحد جهد منخفض مشمولة في قيمة هذه المقاومة).

$$Xtr = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$$

ولحسابات تقريبية يمكن تجاهل قيمة Rtr

حيث $X \approx Z$ في محولات التوزيع القياسية.

قدرة المحول المقننة	ك.ف.أ	٥٠	١٠٠	١٦٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٥٠	١٦٠٠	٢٠٠٠	٢٥٠٠
محول مغمور في الزيت	Usc %	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٦	٦	٦	٦	٦	٦
	Rtr mΩ	٩٥,٣	٣٧,٩	١٦,٢	٩,٢	٦,٩	٤,١	٣,٩	٢,٩	٢,٩	٢,٣	١,٨	١,٤	١,١	٠,٩
	Xtr mΩ	١٠٤,١	٥٩,٥	٤١	٢٦,٧	٢١,٣	١٦,٩	١٣,٦	١٠,٨	١٢,٩	١٠,٣	٨,٣	٦,٥	٥,٢	٤,١
	Ztr mΩ	١٤١,١	٧٠,٥	٤٤,١	٢٨,٢	٢٢,٤	١٧,٧	١٤,١	١١,٢	١٣,٢	١٠,٦	٨,٥	٦,٦	٥,٣	٤,٢
محول راتنج مصبوب	Usc %	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦	٦
	Rtr mΩ	٣٣,٥	١٨,٦	١٠,٧	٨,٢	٦,١	٤,٦	٣,٥	٢,٦	٢,٦	١,٩	١,٥	١,١	٠,٨	٠,٦
	Xtr mΩ	١٠٠,٤	٦٣,٥	٤١,٠	٣٢,٦	٢٥,٨	٢٠,٧	١٦,٤	١٣,٠	١٠,٤	٨,٣	٦,٥	٥,٢	٤,٢	
	Ztr mΩ	١٠٥,٨	٦٦,٢	٤٢,٤	٣٣,٦	٢٦,٥	٢١,٢	١٦,٨	١٣,٣	١٠,٦	٨,٤	٦,٦	٥,٣	٤,٢	

جدول ح١-٣٧ قيم المقاومة ، المفاعلة، المعاوقة لمحولات توزيع نموذجية لها ملفات جهد عالي (٢٠ كيلو فولت).

ح-١

■ قواطع الدائرة

في دوائر الجهد المنخفض يجب الأخذ في الاعتبار معاوقة قواطع الدائرة الموضوعة في الجهة العليا من موقع الخطأ. كما تعتبر قيم المفاعلة المناسبة 0.15 m Ω Per CB بينما تهمل المقاومة.

■ قضبان التوزيع

في الغالب يتم إهمال مقاومة قضبان التوزيع حيث أن المعاوقة تكون كلها مفاعلة تقريباً، والكميات التقريبية 0.15 mΩ/metre length لقضبان التوزيع للجهد المنخفض (مضاعفة الفراغ بين القضبان يزيد المفاعلة بحوالي ١٠٪ فقط).

*للتردد ٥٠هرتز ، ولكن عند تردد ٦٠ هرتز تكون 0.18 mΩ/metre length

■ موصلات الدائرة

يمكن حساب مقاومة الموصل من المعادلة التالية:

$$Rc = \frac{\rho \times L}{S}$$

حيث:

ρ = المقاومية النوعية لمادة الموصل عند درجة حرارة التشغيل العادي وتساوي

للنحاس 22.5 $m\Omega mm^2/m$

للألمونيوم 36 $m\Omega m^2/m$

S= مساحة مقطع الموصل بالـ مم٢

ويمكن الحصول على قيم مفاعله الكابل من المصنعين. أما مساحات المقطع التي تكون أقل من ٥٠مم٢ فيمكن إهمال مفاعلتها . وفي حالة عدم توفر معلومات أخرى فيمكن استخدام القيمة 0.08 mΩ / mtre لنظم ٥٠ هرتز) أو 0.08 mΩ / mtre لنظم ٦٠ هرتز). ويجب استشارة المُصنعين عند استخدام نظم مجاري قضبان مخرومة أو مجاري الأسلاك المسبقة الصنع المشابهة.

■ المحركات

عند لحظة قصر الدائرة سوف يعمل المحرك الدائر (لمدة محدودة) كمولد ويغذى الخطأ بالتيار. وعلى العموم يمكن إهمال تيار الخطأ المشارك. ولحسابات أكثر دقة، وخاصة في حالة المحركات الكبيرة المحركات الصغيرة المتعددة، فيمكن حساب تيار القصر المشارك الكلي من المعادلة.

$I_{SCM} = 3.5In$ من كل محرك

كمثال: 3.5 m In لعدد من المحركات المتشابهة التي تعمل متزامنة وفي نفس الوقت. والمحركات المعنية سوف تكون ثلاثية الطور فقط؛ أما المحرك أحادي الطور المشارك فيمكن إهماله. في القواطع الكهربائية ذات الجهد العالي، وغالباً تقل مشاركة المحركات إلى قيم منخفضة عند لحظة فصل التلامس، ولهذا السبب فإنه غالباً ما تهمل بالتكرار. ولكن مع قواطع الجهد المنخفض ذات العزم المنخفض والسرعة العالية وكذلك المصهرات تكون القيم المعطاه في المعادلة السابقة مطلوبة.

ملحوظة: القواطع الكهربائية تعمل على توصيل تيار الخطأ المفروض ولهذا السبب لا يؤخذ في الاعتبار إمكانية تيار الخطأ المشارك، وسوف يغذى كل محرك دائر لحظياً بتيار في مستوى الخطأ مساوياً تقريباً لتيار بدء حركته.

كمثال: 5 In أو 4 In

■ مقاومة قوس الخطأ

تتكوَّن أخطاء قصر الدائرة غالباً من القوس الذي له خصائص المقاومة. والمقاومة غير مستقرة والقيمة المتوسطة لها منخفضة، ولكن عند جهد منخفض تكون هذه المقاومة كافية لتقليل تيار الخطأ لمستوى معين. وقد بينت الخبرة أن تقليل الطلب ٢٠٪ يمكن توقعه. هذه الظاهرة سوف تخفف من تيار القطع المفروض لقاطع الدائرة، ولكنها لا تستطيع تخفيف تيار الخطأ الناجم منها ذاتها

ح-١

الجدول التلخيصي

شبكة التغذية جدول ح، - ٣٣		$\frac{Ra}{Xa} = 0.15$ X يمكن إهمالها بالمقارنة بـ R	$Xa = Za = \frac{U^2_{L2}}{Psc}$
محول جدول ح، - ٣٤		$Rtr = \frac{Pcu \times 10^3}{3In^2}$ X_{tr} غالباً ما تهمل بالنسبة لـ R_{tR} المحولات >100KVA	$\sqrt{Ztr^2 - Rtr^2}$ avec $Ztr = \frac{U^2_{L2}}{Pn} \times \frac{Usc}{100}$
قاطع الدائرة		negligible	XD = 0.15 mΩ/pole
قضيب توزيع		مهملة لـ S > ٢٠٠ في المعادلة السفلى $R = \frac{\rho L(1)}{S}$	XB = 0.15 mΩ/m
موصلات الدائرة (٢)		$R = \frac{\rho L(1)}{S}$	cables : Xc = 0.08 mΩ/m
محركات	M	المقاومة الظرفية ٢/٤ المحركات (غالباً ما تهمل في الضغط المنخفض)	
تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور (KA)		$Isc = \frac{Un}{\sqrt{3}\sqrt{RT^2 + XT^2}}$	

جدول ح١-٣٨ الجدول التلخيصي للمعاوقات لأجزاء مختلفة من نظام التغذية بالطاقة الكهربائية

U20 : جهد اللاحمل الثانوي من طور لآخر لمحول جهد عالي/جهد منخفض بالفولت.

Psc : قدرة قصر الدائرة ثلاثية الطور عند أطراف الجهد العالي لمحولات جهد عالي/ضغط منخفض (ك ف أ).

Pcu : المفاقيد الكلية ثلاثية الطور لمحول جهد عالي/جهد منخفض بالواط.

Pn : مقنن محول جهد عالي/جهد منخفض (ك.ف.أ)

Usc: معاوقة جهد قصر الدائرة لمحول جهد عالي/جهد منخفض (كنسبة مئوية٪).

RT : المقاومة الكلية

XT : المفاعله الكلية

ρ:(1) المقاومة النوعية عند درجة حرارة عادية للموصلات في الغرفة

للنحاس

$\rho = 22.5 \text{milli-ohms x} mm^2/metre$

للألمونيوم

$\rho = 36 \text{milli-ohms x } mm^2/metre$

(2)لو كانت هناك عدة موصلات موصلة على التوازي لكل طور، فيتم قسمة مقاومة موصل واحد على عدد الموصلات، وتبقى المفاعلة عمليا بدون تغيير.

ح-١

	R (mΩ)	X (mΩ)	RT (mΩ)	XT (mΩ)	$Isc = \frac{420}{\sqrt{3}\sqrt{RT^2 + XT^2}}$
شبكة جهد عالي Psc = 500 MVA	0.053	0.353			
محول 20 kV/420 V Pn = 1000 kVA Usc = 6% Pcu = 13.3 x 10^3 watts	2.35	10.34			
كابلات نحاس أحادية الطور طولها ٥ متر 4 x 240 mm²/phase	$Rc = \frac{22.5}{4} \times \frac{5}{240}$ = 0.12	Xc = 0.08 x 5 = 0.40	2.523	11.1	Isc1 = 21.3 kA
قاطع الدائرة الرئيسي	RD = 0	XD = 0.15			
مجمل توزيع ١٠ متر	RB = 0	XB = 1.5	2.523	12.75	Isc2 = 18.6 kA
كابل نحاس ثلاثي الطور طوله ١٠٠ متر ومساحة مقطعة ٩٥ مم²	$Rc = 22.5 \times \frac{100}{95}$ = 23.68	Xc = 100 x 0.08 = 8	26.2	20.75	Isc3 = 7.24 kA
كابل نحاس ثلاثي الطور طوله ٢٠ متر ومقطعة ١٠ مم² دائرة فرعية	$Rc = 22.5 \times \frac{20}{10}$ = 45	Xc = 20 x 0.08 = 1.6	71.2	22.35	Isc4 = 3.24 kA

جدول ح١-٣٩ مثال لحسابات تيار قصر الدائرة لتركيبات الجهد المنخفض عند ٤٠٠ فولت (أسمي) من محول ١٠٠٠ ك.ف.أ ضغط عالي/ ضغط منخفض

٣/٤ تيار قصر الدائرة (Isc)عند نهاية الاستقبال لخط التغذية بدلالة الـ Iscعند بداية الارسال لخط التغذية.

يتم الحصول على الجداول التالية بواسطة "طريقة التجميع" (المشار إليه في فصل ز بند فرعي ٢/٥) وهي تعطى قيماً دقيقة سريعة وكافية لتيار قصر الدائرة عند نقطة في الشبكة مع العلم بأن:

- قيمة تيار قصر الدائرة فوق النقطة المعنيه.
- طول وتكوين الدائرة بين النقطة المعروف عندها مستوى (قيمة) تيار قصر الدائرة وبين النقطة التي يتم عندها تحديد مستواه (قيمته).

ويكون ذلك كافيا لاختيار قاطع الدائرة بمقنن مناسب لخطأ قصر الدائرة يكون أعلى قليلاً من القيم الموضحة بالجداول.

وإذا تطلب الأمر قيماً أكثر دقة، فيمكن عمل حسابات تفصيلية (انظر البند الفرعي ٢/٤) أو استخدم برامج حاسوبية مثل .*Ecodial

وفي مثل هذه الحالة يجب الأخذ في الاعتبار استخدام تقنيه التعاقب، والتي يستخدم فيها قاطع دائرة للحد من التيار في الموضع العالي وسوف يسمح ذلك لقواطع الدائرة في المواضع السفلية من الشبكة بتحديد تيار قصر الدائرة المقنن أقل بكثير من أي طريقة سوف تكون ضرورية (انظر الفصل ح٢ بند فرعي ٥/٤).

*منتجات ميرلين جيرن (انظر الفصل ب بند ١ الطريقة).

ح-١

نحاس ٢٣٠فولت/ ٤٠٠ فولت	مساحة مقطع موصلات الطـور (مم٢)	طول الدائرة (بالأمتار)																	
	١,٥														٠,٨	١	١,٣	١,٦	٣
	٢,٥													١	١,٣	١,٦	٢,١	٢,٦	٥
	٤												٠,٨	١,٧	٢,١	٢,٥	٣,٥	٤	٨,٥
	٦												١,٣	٢,٥	٣	٤	٥	٦,٥	١٣
	١٠										٠,٨	١,١	٢,١	٤	٥,٥	٦,٥	٨,٥	١١	٢١
	١٦								٠,٩	١	١,٤	١,٧	٣,٥	٧	٨,٥	١٠	١٤	١٧	٣٤
	٢٥							١	١,٣	١,٦	٢,١	٢,٦	٥	١٠	١٣	١٦	٢١	٢٦	٥٠
	٣٥							١,٥	١,٩	٢,٢	٣	٣,٥	٧,٥	١٥	١٩	٢٢	٣٠	٣٧	٧٥
	٥٠						١,١	٢,١	٢,٧	٣	٤	٥,٥	١١	٢١	٢٧	٣٣	٤٥	٥٥	١١٠
	٧٠						١,٥	٣	٣,٥	٤,٥	٦	٧,٥	١٥	٣٠	٣٧	٤٤	٦٠	٧٥	١٥٠
	٩٥				٠,٩	١	٢	٤	٥	٦	٨	١٠	٢٠	٤٠	٥٠	٦٠	٨٠	١٠٠	٢٠٠
	١٢٠		٠,٩	١	١,١	١,٣	٢,٥	٥	٦,٥	٧,٥	١٠	١٢	٢٥	٥٠	٦٥	٧٥	١٠٠	١٢٠	٢٥٠
	١٥٠	٠,٨	١	١,١	١,٢	١,٤	٢,٧	٥,٥	٧	٨	١١	١٤	٢٧	٥٥	٧٠	٨٠	١١٠	١٤٠	٢٧٠
	١٨٥	١	١,١	١,٣	١,٥	١,٦	٣	٦,٥	٨	٩,٥	١٣	١٦	٣٢	٦٥	٨٠	٩٥	١٣٠	١٦٠	٣٢٠
	٢٤٠	١,٢	١,٤	١,٦	١,٨	٢	٤	٨	١٠	١٢	١٦	٢٠	٤٠	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٦٠	٢٠٠	٤٠٠
	٣٠٠	١,٥	١,٧	١,٩	٢,٢	٢,٤	٥	٩,٥	١٢	١٥	١٩	٢٤	٤٨	٩٥	١٢٠	١٤٥	١٩٠	٢٤٠	
	١٢٠ × ٢	١,٥	١,٨	٢	٢,٣	٢,٥	٥,١	١٠	١٣	١٥	٢٠	٢٥	٥٠	١٠٠	١٢٥	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	
	١٥٠ × ٢	١,٧	١,٩	٢,٢	٢,٥	٢,٨	٥,٥	١١	١٤	١٧	٢٢	٢٨	٥٥	١١٠	١٤٠	١٧٠	٢٢٠	٢٨٠	
	١٨٥ × ٢	٢	٢,٣	٢,٦	٢,٩	٣,٥	٦,٥	١٣	١٦	٢٠	٢٦	٣٣	٦٥	١٣٠	١٦٠	٢٠٠	٢٦٠	٣٣٠	
	١٢٠ × ٣	٢,٣	٢,٧	٣	٣,٥	٤	٧,٥	١٥	١٩	٢٣	٣٠	٣٨	٧٥	١٥٠	١٩٠	٢٣٠	٣٠٠	٣٨٠	
	١٥٠ × ٣	٢,٥	٢,٩	٣,٣	٣,٥	٤	٨	١٦	٢١	٢٥	٣٣	٤١	٨٠	١٦٠	٢١٠	٢٥٠	٣٣٠	٤١٠	
	١٨٥ × ٣	٢,٩	٣,٥	٤	٤,٥	٥	٩,٥	٢٠	٢٤	٢٩	٣٩	٤٩	٩٥	١٩٠	٢٤٠	٢٩٠	٣٩٠		

الجـدول رقم ح١ – ٤٠ : Isc عند نقطة بالشبكة السفلى بدلالة قيمة تيار الخطأ في الشبكة العليا وطول ومساحة مقطع الموصلات المتداخلة في نظم ثلاثية الطور ٢٣٠/ ٤٠٠ فولت .

ح-١

في الشبكة العليا ISC (KA)	في الشبكة السفلى ISC (KA)																		
١٠٠	٩٤	٩٤	٩٣	٩٢	٩١	٨٣	٧١	٦٧	٦٣	٥٩	٥٤	٤٠	٣٣	٢٠	١٧	١٤	١١	٩	٥
٩٠	٨٥	٨٥	٨٤	٨٣	٨٣	٧٥	٦٦	٦٢	٥٨	٥٤	٥٠	٣٧	٣٢	٢٠	١٦	١٤	١١	٩	٤,٥
٨٠	٧٦	٧٦	٧٥	٧٤	٧٤	٦٩	٦١	٥٧	٥٤	٥٠	٤٦	٣٤	٣١	١٩	١٦	١٤	١١	٩	٤,٥
٧٠	٦٧	٦٧	٦٦	٦٦	٦٥	٦١	٥٥	٥٢	٤٩	٤٥	٤١	٣١	٢٩	١٨	١٦	١٤	١١	٨	٤,٥
٦٠	٥٨	٥٨	٥٧	٥٧	٥٧	٥٤	٤٨	٤٥	٤٢	٣٩	٣٦	٢٧	٢٧	١٨	١٥	١٣	١٠	٨,٥	٤,٥
٥٠	٤٩	٤٩	٤٨	٤٨	٤٨	٤٥	٤٠	٣٩	٣٦	٣٣	٣٠	٢٥	٢٥	١٧	١٥	١٣	١٠	٨,٥	٤,٥
٤٠	٣٩	٣٩	٣٩	٣٩	٣٩	٣٧	٣٣	٣٢	٣٠	٢٧	٢٥	٢٢	٢٢	١٧	١٤	١٢	٩,٥	٨	٤,٥
٣٥	٣٤	٣٤	٣٤	٣٤	٣٤	٣٢	٣٠	٢٩	٢٧	٢٦	٢٤	٢١	٢١	١٧	١٤	١٢	٩	٨	٤,٥
٣٠	٣٠	٢٩	٢٩	٢٩	٢٩	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢١	١٩	١٩	١٦	١٤	١٢	١١	٩,٥	٤,٥
٢٥	٢٥	٢٥	٢٤	٢٤	٢٤	٢٣	٢٢	٢٢	٢١	٢٠	١٧	١٧	١٧	١٤	١٢	١٠	٨,٥	٧	٤
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	١٩	١٩	١٨	١٨	١٧	١٧	١٤	١٤	١١	١٠	٩	٨,٥	٦,٥	٤
١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٤	١٤	١٤	١٣	١٣	١٢	١٢	٩,٥	٨,٥	٧	٦	٥	٤	٤
١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	٩,٥	٩,٥	٩,٥	٩,٥	٩	٨,٥	٧	٦,٥	٦,٥	٥	٤,٥	٤	٣,٥
٧	٧	٧	٧	٧	٧	٧	٧	٧	٦,٥	٦,٥	٦	٥,٥	٥,٥	٥	٥	٤,٥	٤	٣,٥	٣,٥
٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٤,٥	٤	٤	٤	٣,٥	٣,٥	٣	٣	٣
٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٣,٥	٣,٥	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣
٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣
٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١

تابع الجدول ح١ – ٤٠

ح-١

جدول ح٢-٤٩: ملخص للطرق والمركبات المستخدمة لغرض إنجاز الإعتاق المميز

الومنيوم ٢٣٠فولت/ ٤٠٠ فولت	مساحة مقطع موصلات الطور (مم٢)	طول الدائرة (بالأمتار)																	
	٢,٥														٠,٨	١	١,٣	١,٦	٣
	٤													١	١,٣	١,٦	٢,١	٢,٦	٥
	٦												٠,٨	١,٦	٢	٢,٤	٣	٤	٨
	١٠												١,٣	٢,٦	٣,٥	٤	٥,٥	٦,٥	١٣
	١٦										٠,٨	١,١	٢,١	٤	٥,٥	٦,٥	٨,٥	١١	٢١
	٢٥								٠,٨	١	١,٣	١,٧	٣,٥	٦,٥	٨,٥	١٠	١٣	١٦	٣٣
	٣٥							٠,٩	١,٢	١,٤	١,٨	٢,٣	٤,٥	٩	١٢	١٤	١٨	٢٣	٤٦
	٥٠							١,٣	١,٧	٢	٢,٦	٣,٥	٦,٥	١٣	١٧	٢٠	٢٦	٣٣	٦٥
	٧٠						٠,٩	١,٨	٢,٢	٢,٨	٣,٥	٤,٥	٩	١٨	٢٣	٢٨	٣٧	٤٦	٩٠
	٩٥						١,٢	٢,٥	٣	٤	٥	٦,٥	١٢	٢٥	٣٣	٣٨	٥٠	٦٥	١٣٠
	١٢٠					٠,٨	١,٦	٣	٤	٤,٥	٦,٥	٨	١٦	٣٣	٤٠	٤٧	٦٦	٨٠	١٦٠
	١٥٠					٠,٩	١,٧	٣,٥	٤,٥	٥	٧	٨,٥	١٧	٣٦	٤٣	٥٠	٧٠	٨٥	١٧٠
	١٨٥				٠,٩	١	٢	٤	٥	٦	٨	١٠	٢٠	٤٠	٥٠	٦٠	٨٠	١٠٠	٢١٠
	٢٤٠		٠,٩	١	١,١	١,٣	٢,٥	٥	٦,٥	٦,٥	١٠	١٣	٢٥	٥٠	٦٥	٧٥	١٠٠	١٣٠	٢٥٠
	٣٠٠	٠,٩	١	١,٢	١,٤	١,٥	٣	٦	٧,٥	٩	١٢	١٥	٣٠	٦٠	٦٥	٩٠	١٢٠	١٥٠	٣٠٠
	١٢٠ × ٢	٠,٩	١,١	١,٣	١,٤	١,٦	٣	٦,٥	٨	٩,٥	١٣	١٦	٣٣	٦٥	٨٠	٩٥	١٣٠	١٦٠	٢٢٠
	١٥٠ × ٢	١	١,٢	١,٤	١,٥	١,٧	٣,٥	٧	٩	١٠	١٤	١٧	٣٥	٧٠	٨٨	١٠٠	١٥٠	١٩٠	
	١٨٥ × ٢	١,٢	١,٤	١,٦	١,٨	٢	٤,١	٨	١٠	١٢	١٦	٢٠	٤١	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٦٠	٢٠٠	
	٢٤٠ × ٢	١,٥	١,٨	٢	٢,٢	٢,٥	٥	١٠	١٣	١٥	٢٠	٢٥	٥٠	١٠٠	١٣٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	
	١٢٠ × ٣	١,٤	١,٧	١,٩	٢,١	٢,٤	٤,٥	٩,٥	١٢	١٤	١٩	٢٤	٤٨	٩٥	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٤٠	
	١٥٠ × ٣	١,٥	١,٨	٢,١	٢,٣	٢,٦	٥	١٠	١٣	١٥	٢١	٢٦	٥٠	١٠٠	١٣٠	١٥٠	٢١٠	٢٦٠	
	١٨٥ × ٣	١,٨	٢,١	٢,٤	٢,٧	٣	٦	١٢	١٥	١٨	٢٤	٣٠	٦٠	١٢٠	١٤٠	١٨٠	٢٤٠	٣٠٠	
	٢٤٠ × ٣	٢,٣	٢,٧	٣	٣,٥	٤	٧,٥	١٥	١٩	٢٢	٣٠	٣٨	٧٥	١٥٠	١٩٠	٢٢٠	٣٠٠	٣٨٠	

ح-١

الجدول رقم ح١-٤٠ : ISCعند نقطة بالشبكة السفلى بدلالة قيمة تيار الخطأ في الشبكة العليا وطول ومساحة مقطع الموصلات المتداخلة في نظم ثلاثية الطور ٢٣٠/٤٠٠ فولت.

ملحوظة: بالنسبة للنظم ثلاثية الطور ٢٢٠ فولت فيتم قسمة الأطوال على $\sqrt{3}$ = ١,٧٣٢

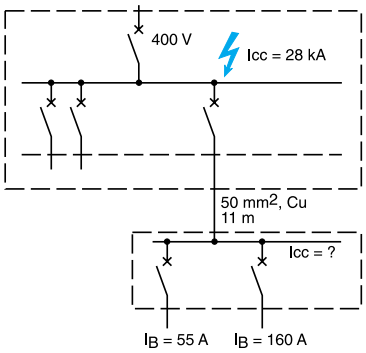
مثال:

تمثل الشبكة الموضحة في شكل ح١-٤١ حالة لتطبيق جدول ح١-٤٠، إختيار مساحة مقطع الموصل في عامود موصلات النحاس (في هذا المثال تكون مساحة مقطع الموصل ٥٠مم٢).

ابحث خلال الصف بالنسبة لـ٥٠مم٢ لموصل طوله مساوٍ للدائرة المعنيه (أو الأقرب من الجانب الأقل) إهبط رأسياً في العمود الذي يوضح موضع طول الدائرة وتوقف عند صف في منتصف القسم (من الأقسام الثلاثة من الجدول) المماثل لمستوى تيار خطأ معروف (أو الأقرب إلى جانبه الأعلى). وفي هذه الحالة تكون ٣٠ KAالأقرب لـ ٢٨ KAعلى الجانب الأعلى. وتكون قيمة تيار قصر الدائرة في الجهة السفلى من نهاية طول الـ١١ متر معطاة عند تقاطع العمود الرأسي والتي بها موضع الطول والصف الأفقي بالنسبة لتيار قصر الشبكة العليا ISC)أو بالقرب منه على الجانب الأعلى). وهذه القيمة في هذا المثال يمكن رؤيتها عندئذٍ لتكون ١٩ ك.أ (KA١٩).

ونفس الإجراء يتم بالنسبة لموصلات الألمونيوم ولكن يجب صعود العمود الرأسي في منتصف قسم الجدول وتبعاً لذلك فيمكن استخدام، قاطع دائرة المركب على حامل ذو جلبه مقننه ٦٣ أمبير وتيار القصر ٥٠ ك.أ (مثل وحدة NC 100LH) لدائرة ٥٥ أمبير في شكل ح١-٤١، والقواطع المدمجه× بمقنن ٢٦٠ أمبير، سعة تيار قصر ٢٥ ك.أ (٢٥ KAمثل وحدة× NS 160N) يمكن استخدامها لحماية دائرة ١٦٠ أمبير.

*منتجات شركة مارلين جيرن.



شكل ح١- ٤١ تحديد مستوى (قيمة) تيار قصر الدائرة ISC في الشبكة السفلى باستخدام جدول ح١-٤٠ .

٤/٤ تيار قصر الدائرة المغذى بواسطة مولد متناوب أو مقوم عكسي

يتم الرجوع إلى الفصل رقم (ط)

٥/١ حساب المستويات الدنيا لتيار قصر الدائرة

لو أن جهاز الحماية في دائرة استخدام بقصد الحماية ضد أخطاء قصر الدائرة فقط، فإ ن من الضروري أن يعمل بالتأكيد عند أقل مستوى لتيار قصر دائرة يمكن حدوثه في الدائرة .

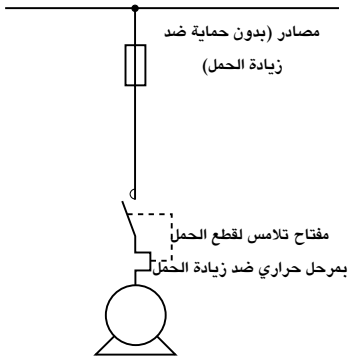
على العموم ، في دوائر الجهد المنخفض ، يقوم جهاز حماية مفرد بالحماية ضد كل مستويات التيار، من بداية زيادة الحمل وحتى أقصى مقنن استطاعة بالجهاز على قطع تيار قصر الدائرة.

وفي بعض الحالات المحددة، تستخدم أجهزة الحماية ضد زيادة الحمل وأجهزة منفصلة للحماية ضد قصر الدائرة.

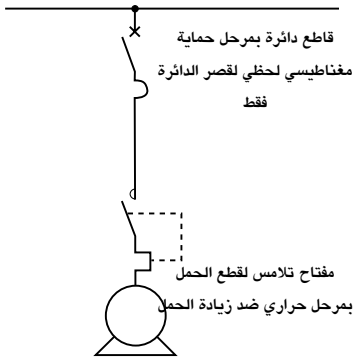
أمثلة لهذه الترتيبات:

توضح الأشكال من ح١-٤٢ حتى ح١-٤٤ بعض الترتيبات الأساسية عندما تكون الحمايات ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة مؤثرة باستخدام أجهزة منفصلة. وكما هو موضح في الأشكال ح١-٤٢ وح١-٤٣، فإن معظم الدوائر الأساسية تستخدم أجهزة تحكم منفصلة وحماية المحركات.

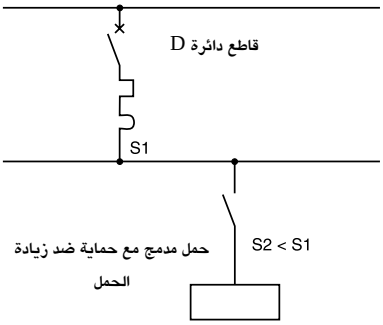
ويمثل الشكل ح١-٤٤ اختلالاً في قواعد الحماية الأساسية، ولكنه غالباً ما يستخدم في الدوائر سابقة التجهيز مثل خطوط الأتوبيسات وقضبان الإنارة، الخ.



شكل ح١-٤٢ حماية الدوائر بمصاهر aM



شكل ح١-٤٣ حماية الدائرة بقاطع دائرة بدون مرحل حراري لزيادة الحمل



شكل ح١-٤٤ قاطع دائرة D يوفر بقدر ما حماية ضد أخطاءِ قصر الدائرة. ويشمل ذلك الحمل.

ح-١

يكون ضـروريـاً ضـبط فـصل جـهـاز الحماية اللحظي
Im < Isc (min)
للحمـاية بواسطة قاطع الـدائرة أو تيار الانصهار .
Ia < Isc (min)
للحماية بواسطة المصهرات

حالات يجب مراعاتها:

يجب أن يكون جـهاز الحـمـاية متـوافـقاً مع الحـالتين الآتيتين:

- مقنن تيـار القطع لخطأه > ISCتيـار قصـر الدائرة ثلاثي الطور عند نقطته في التركيبات.
- إلغاء أقل تيـار قصر دائرة مـحتـمل حدوثه في دائرة في زمن tcومتـوافقاً مع القـيود الحـرارية لموصلات الدائرة، حيث

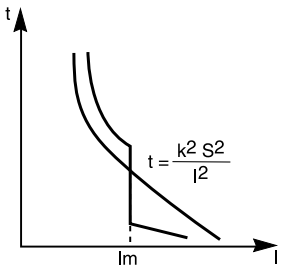
$$tc = \frac{K^2 S^2}{Isc\ (min)} \quad (tc < 5\ seconds)$$

وبمقارنة منحنى أداء الاعتاق أو المصهر لأجهزة الحماية مع منحنيات الحد من الحرارة القسرية للموصل توضح أن هذه الحالة مرضيه إذا:

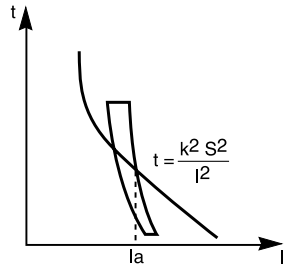
- Im < ISC (min) التـيـار اللحظي أو قـيـمـة تيـار الاعـتاق المضـبوط عـند زمن قصـيـر متـأخر قـاطع الدائرة).

انظر الشكل ح١-٤٥,

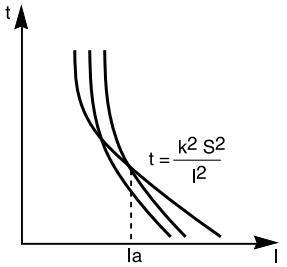
- Ia < ISC (min) للحماية بالمصهرات . قـيمة التيار Iaالمناظر لنـقطة تقـاطع منحنى المصـهـر ومنحنى الصـمـود الحـراري لـلكابل (أشـكال ح١-٤٦ و ح١-٤٧).



شكل ح١-٤٥: الحـمـاية بواسطة قاطع الدائرة



شكل ح١-٤٦: الحـمـاية بواسطة مصاهر نوعية aM



شكل ح١-٤٧: الحـمـاية بواسطة مصاهر نوعية GL

هذا يعني من الناحـية العلمـية أن طول الدائرة بالجهـة السفلى لجهاز الحـمـاية يجب ألا تزيد عن أقصى طول محسوب :

$$Lmax = \frac{0.8 \times U \times Sph}{2 \times \rho \times Im}$$

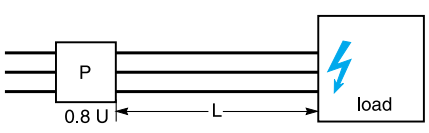
طريقة عملية لحساب Lmax:

يجب أن يتم فـحـص التـأثيـر المحـدود لمعـاوقـة طول موصلات الدائرة على قيمـة تيارات قصر الدائرة كما أن طول الدائرة يجب الحد منه طبقا لطريقة حساب أقصى طول مسـموح به والمثبـته فـعلياً في IN و IT – نظم التأريض للأخطـاء الأحادية والثنائية بالتـرتيب (انظر الفصل ز بند فرعي ٢/٥ و٢/٦).

حالتان يمكن إعتبارهما كما يلي:

١- حساب Lmaxلدائرة ثلاثية الطور- ٣ سلك.

إن أقل تيار قصر سوف يحدث عندما يحدث قصر دائرة سلكي طورين عند أبعد نهاية للدائرة.



وباستخـدام الطريقة الاصطلاحية فإن الجهد عند نقطة الحمـاية Pيفـترض أن يكون ٨٠٪ من الجـهـد الأسـمي أثناء خطأ قصر الدائرة بحيث يكون:

$$0.8U = Isc\ Zd$$

حيث:

Zd= معاوقة الخطأ للدائرة المغلقة

Isc= تيـــار قـــصـــر الـدائرة (طور/طور)

U= الجهد الأسمي (طور/طور)

للكابلات ≤ ١٢٠مم٢، المفـاعلة يمكن إهمالها بحيث يكون $Zd = \rho \frac{2L}{Sph}$

حيث:

ρ= المقاومة النوعـية للنحاس× عند مـتوسط درجـة حـرارة أثناء قصـر الدائرة و

Sph= مسـاحة مـقطع طور لموصل بالمم٢,

L= الطول بالمتر.

ح١-

وحتى لا يتلف الكابل بواسطة الحرارة يجب أن يكون

$Im > Isc$

$$0.8U > \rho \frac{2LIm}{Sph}$$

أو

$$Lmax = \frac{0.8USph}{2\rho Im}$$

With : U = 400 V

$\rho = 1.5 \times 0.018 = 0.027\ \Omega\ mm^{*}/m^{**}$

Im = تيار الاعتاق المغناطيسي المضبوط لقاطع الدائرة.

Lmax= أقصى طول للدائرة بالمتر.

$$Lmax = \frac{5.926Sph}{Im}$$

*أو للألمونيوم طبقا لمادة الموصل.

**القيمة العالية للمقاومة النوعية بسبب إرتفاع درجة حرارة الموصل عند مرور تيار قصر الدائرة به.

٢- حساب Lmax لدائرة ثلاثية الطور- ٤سلك ٢٣٠/٤٠٠ فولت.

يحدث أقل تيار قصر Isc عند حدوث قصر في الدائرة بين موصل الطور والتعادل.

وتكون الحسابات المشابهة للمثال (١) العلوي مطلوبة، ولكن باستخدام المعادلة الآتية (للكابلات (١٢٠مم٢ ((١)).

■ عندما تكون Sn للموصل المحايد = Sph لموصل الطور

$$Lmax = 3.421 \frac{Sph}{Im}$$

■ عندما تكون Snلموصل المحايد < Sph، فإن

$$Lmax = \frac{6.482\ Sph}{(1 + m)\ Im}$$

حيث: $m = \frac{Sph}{Sm}$

(1)لمساحات المقطع الكبيرة ، يجب زيادة المقاومة المحسوبة للموصلات للأخذ في الحسبان كثافة التيار غير المتماثله في الموصل (بسبب ظواهر التأثير القشري والتقاربيه، الملاحظة السابقة في الفصل ز بند فرعي ٢/٥ .

القيم المناسبة أخذت من المواصفات الفرنسية NF 15-100وهي كالآتي:

150 mm^2 : R + 15%

185 mm^2 : R + 20%

240 mm^2 : R + 25%

300 mm^2 : R + 30%

حيث R قيمة يتم حسابها من المعادلة:

$$R = \frac{\rho 2L}{Sph}$$

بالنسبة لمساحات مقطع أكبر من الموضحه ، قيم المفاعلة يجب أن تجمع مع هذه المقاومه لتعطي معاوقه. المفاعله يمكن أخذها من :

0.08mΩ/metre.للكابلات (عند ٥٠ هرتز).

عند ٦٠ هرتز يكون الثابت

0.096mΩ/metre

ح-١

القيم المجدولة في جداول لـ Lmax

يعطي الجدول ح١-٤٩ الأسفل أقصى أطوال للدائرة (lmax)بالأمتار، للآتي:

nدوائر ثلاثية الطور-٢ سلك ٤٠٠ فولت (مثال بدون تعادل) و

nدوائر أحادية الطور - ٢ سلك ٤٠٠ فولت بدون تعادل محمية بواسطة قواطع دائرة متعددة الغرض.

في الحالات الأخرى، طبق معاملات التصحيح (المعطاة في جدول ح١-٥٣) للأطوال التي حصل عليها.

الحسابات بنيت على طرق التشكيل، بـ .Im=1.2 Irm

Irm = تيار اعتاق قصر الدائرة المضبوط والمعدل. Irmموافق عليها أن تكون (٢٠٪ من القيمة المعدلة، ولهذا معامل الحالة السيئة لـ ١,٢ (مثال ١٢٠٪).

إرجع إلى الملخص ح٢ بند فرعي ٢/٤ لتفاصيل التنظيم لعناصر الحماية لقاطع الدائرة.

ح-١

مستوى تيار التشغيل Im لعنصر الاعتاق المغناطيسي اللحظي (أمبير)	مساحة مقطع الموصلات الاسمية (مم٢)														
	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠	١٦	٢٥	٣٥	٥٠	٧٠	٩٥	١٢٠	١٥٠	١٨٥	٢٤٠
٥٠	١٤٨	٢٤٦	٣٩٤												
٦٣	١١٧	١٩٥	٣١٣	٤٧٠											
٨٠	٩٢	١٥٤	٢٤٦	٣٧٠											
١٠٠	٧٤	١٢٣	١٩٧	٢٩٦	٤٩٣										
١٢٥	٥٩	٩٩	١٥٨	٢٣٧	٣٩٥										
١٦٠	٤٦	٧٧	١٢٣	١٨٥	٣٠٨	٤٩٤									
٢٠٠	٣٧	٦٢	٩٩	١٤٨	٢٤٧	٣٩٥									
٢٥٠	٣٠	٤٩	٧٩	١١٨	١٩٧	٣١٦	٤٩٤								
٣٢٠	٢٣	٣٨	٦٢	٩٢	١٥٤	٢٤٧	٣٩٦								
٤٠٠	١٨	٣١	٤٩	٧٤	١٢٣	١٩٧	٣٠٨	٤٣٢							
٥٠٠	١٥	٢٥	٣٩	٥٩	٩٩	١٥٨	٢٤٧	٣٤٥	٤٩٤						
٥٦٠	١٣	٢٢	٣٥	٥٣	٨٨	١٤١	٢٢٠	٣٠٨	٤٤١						
٦٣٠	١٢	١٩	٣١	٤٧	٧٨	١٢٥	١٩٦	٢٧٤	٣٩٢						
٧٠٠	١١	١٨	٢٨	٤٢	٧٠	١١٣	١٧٦	٢٤٧	٣٥٣	٤٩٤					
٨٠٠	٩	١٥	٢٥	٣٧	٦١	٩٨	١٥٤	٢١٥	٣٠٨	٤٣٢					
٨٧٥	٨	١٤	٢٢	٣٤	٥٦	٩٠	١٤١	١٩٧	٢٨٢	٣٩٥					
١٠٠٠	٧	١٢	٢٠	٣٠	٤٩	٧٩	١٢٣	١٧٣	٢٤٧	٣٤٥	٤٦٩				
١١٢٠	٦	١١	١٧	٢٦	٤٤	٧٠	١١٠	١٥٤	٢٢٠	٣٠٨	٤١٩				
١٢٥٠	٦	١٠	١٦	٢٤	٣٩	٦٣	٩٩	١٣٨	١٩٧	٢٧٦	٣٧٥	٤٧٤			
١٦٠٠		٧	١٢	١٨	٣١	٤٩	٧٧	١٠٨	١٥٤	٢١٦	٢٩٣	٣٧٠	٥٣٢		
٢٠٠٠		٦	١٠	١٥	٢٤	٣٩	٦٢	٨٦	١٢٣	١٧٣	٢٣٤	٢٩٦	٤٢٥	٥٧٠	
٢٥٠٠			٨	١٢	٢٠	٣١	٤٩	٦٩	٩٩	١٣٨	١٨٨	٢٣٧	٣٤٠	٤٣٨	٥٩٢
٣٢٠٠			٦	٩	١٥	٢٥	٣٨	٥٤	٧٧	١٠٨	١٤٦	١٨٥	٢٦٥	٣٤٠	٤٦٢
٤٠٠٠				٧	١٢	٢٠	٣١	٤٣	٦٢	٨٦	١١٧	١٤٨	٢١٢	٢٧٣	٣٧٠
٥٠٠٠				٦	١٠	١٦	٢٥	٣٤	٤٩	٦٩	٩٤	١١٨	١٧٠	٢١٨	٢٩٦
٦٣٠٠					٨	١٢	٢٠	٢٧	٣٩	٥٥	٧٤	٩٤	١٣٤	١٧٥	٢٣٥
٨٠٠٠					٦	١٠	١٥	٢١	٣١	٤٣	٥٩	٧٤	١٠٥	١٣٦	١٨٥
١٠٠٠٠						٨	١٢	١٧	٢٥	٣٥	٤٧	٥٩	٨٥	١٠٩	١٤٧
١٢٥٠٠						٦	١٠	١٤	٢٠	٢٨	٣٧	٤٧	٦٧	٨٧	١١٨

جدول ح١-٤٩: أقصى أطوال دائرة بالأمتار لموصلات النحاس (بالنسبة للألومنيوم يجب ضرب القيم بـ ٠,٦٢)

ح-١

تعطي جداول ح١-٥٠ إلى ح١-٥٢ أسفل أقصى طول للدائرة (Lmax)بالأمتار للآتي:

دوائر ثلاثية الطور-٣ سلك ٤٠٠ فولت، بدون محايد

دوائر أحادية الطور ـ ٢ سلك ٤٠٠ فولت بدون محايد محمية في كلتا الحالتين بواسطة قواطع دائرة نوع - منزلي أو بقواطع دائرة لها خصائص تيار/إعتاق مشابهة . في الحالات الأخرى، طبق معاملات التصحيح للأطوال المشار إليها.

هذه المعاملات معطاة في الجدول ح١-٥٣, تجرى الحسابات طبقاً للطريقة الموضحة

عالية ، مرة أخرى ، مع Im = 1.2 Irm كما في الملحوظة السابقة.

قواطع الدائرة هذه لها عناصر إعتاق ثابتة (حرارية) ضد زيادة الحمل وعناصر إعتاق ثابتة (مغناطيسية) ضد قصر الدائرة.

تختلف النوعيات D, C, B فقط في مستويات تيار إعتاق قصر الدائرة المضبوط .Im وتعتبر المواصفة القياسية العالمية IEC 898 هي المتعلقة بهذه الأنواع من قواطع الدائرة.

انظر أيضاً جدول ح٢-٢٨ لمدى الاعتاق.

التيار المقنن لقواطع الدائرة (أمبير)	مساحة مقطع الموصلات (مم٢)								
	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠	١٦	٢٥	٣٥	٥٠
٦	٢٩٦	٤٩٤	٧٩٠						
١٠	١٧٨	٢٩٦	٤٧٤	٧١١					
١٣	١٣٧	٢٢٨	٣٨٥	٥٤٧	٩١٢				
١٦	١١١	١٨٥	٢٩٦	٤٤٤	٧٤١				
٢٠	٨٩	١٤٨	٢٣٧	٣٥٦	٥٩٣	٩٤٨			
٢٥	٧١	١١٩	١٩٠	٢٨٤	٤٧٤	٧٥٩			
٣٢	٥٦	٩٣	١٤٨	٢٢٢	٣٧٠	٥٩٣	٩٢٦		
٤٠	٤٤	٧٤	١١٩	١٧٨	٢٩٦	٤٧٤	٧٤١		
٥٠	٣٦	٥٩	٩٥	١٤٢	٢٣٧	٣٧٩	٥٩٣	٨٣٠	
٦٣	٢٨	٤٧	٧٥	١١٣	١٨٨	٣٠١	٤٧٠	٦٥٨	٨٥٤
٨٠	٢٢	٣٧	٥٩	٨٩	١٤٨	٢٣٧	٣٧٠	٥١٩	٧٠٤
١٠٠	١٨	٣٠	٤٧	٧١	١١٩	١٩٠	٢٩٦	٤١٥	٥٦٣
١٢٥	١٤	٢٤	٣٨	٥٧	٩٥	١٥٢	٢٣٧	٣٣١	٤٥٠

الجدول رقم ح١-٥٠: أقصى طول بالأمتار للدوائر ذات موصلات نحاسية ومحمية بواسطة قواطع دائرة B-type

ح-١

التيار المقنن لقواطع الدائرة (امبير)	مساحة مقطع الموصلات (مم٢)								
	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠	١٦	٢٥	٣٥	٥٠
٦	١٤٨	٢٤٧	٣٩٥	٥٩٣	٩٨٨				
١٠	٨٩	١٤٨	٢٣٧	٣٥٦	٥٩٣	٩٤٨			
١٣	٦٨	١١٤	١٨٢	٢٧٤	٤٥٦	٧٢٩			
١٦	٥٦	٩٣	١٤٨	٢٢٢	٣٧٠	٥٩٣	٩٢٦		
٢٠	٤٤	٧٤	١١٩	١٧٨	٢٩٦	٤٧٤	٧٤١		
٢٥	٣٦	٥٩	٩٥	١٤٢	٢٣٧	٣٧٩	٥٩٣	٨٣٠	
٣٢	٢٨	٤٦	٧٤	١١١	١٨٥	٢٩٦	٤٦٣	٦٤٨	٨٨٠
٤٠	٢٢	٣٧	٥٩	٨٩	١٤٨	٢٣٧	٣٧٠	٥١٩	٧٠٤
٥٠	١٨	٣٠	٤٧	٧١	١١٩	١٩٠	٢٩٦	٤١٥	٥٦٣
٦٣	١٤	٢٤	٣٨	٥٦	٩٤	١٥٠	٢٣٥	٣٢٩	٤٤٦
٨٠	١١	١٩	٣٠	٤٤	٧٤	١١٩	١٨٥	٢٥٩	٣٥١
١٠٠	٩	١٥	٢٤	٣٦	٥٩	٩٥	١٤٨	٢٠٧	٢٨١
١٢٥	٧	١٢	١٩	٢٨	٤٧	٧٦	١١٩	١٦٦	٢٢٥

جدول ح١-٥١: أقصى طول للدوائر ذات موصلات نحاسية ومحميه بواسطة قواطع دائرة C-type

التيار المقنن لقواطع الدائرة (امبير)	مساحة مقطع الموصلات (مم٢)								
	١,٥	٢,٥	٤	٦	١٠	١٦	٢٥	٣٥	٥٠
٦	١٠٥	١٧٦	٢٨٣	٤٢٣	٧٠٦	١١٢			
١٠	٦٣	١٠٥	١٧٠	٢٥٤	٤٢٣	٩	١٠٥		
١٣	٤٨	٨١	١٣٠	١٩٥	٣٢٥	٦٣٩	٨	١١٤	
١٦	٤٠	٦٥	١٠٥	١٥٨	٢٦٤	٥٢١	٨١٤	٠	١٢٥
						٤٢٢	٦٦١	٩٢٥	٥
٢٠	٣٢	٥٢	٨٤	١٢٦	٢١١	٣٣٧	٥٢٨	٧٤٠	١٠٠
٢٥	٢٥	٤١	٦٧	١٠١	١٦٩	٢٧٠	٤٢٣	٥٩٢	٤
٣٢	٢٠	٣٢	٥٢	٧٩	١٣٢	٢١١	٣٣٠	٤٦٢	٨٠٣
٤٠	١٦	٢٦	٤٢	٦٣	١٠٥	١٦٨	٢٦٤	٣٧٠	٦٢٧
									٥٠٢
٥٠	١٢	٢٠	٣٣	٥٠	٨٤	١٣٥	٢١١	٢٩٦	٤٠١
٦٣	١٠	١٦	٢٦	٤٠	٦٧	١٠٧	١٦٧	٢٣٤	٣١٨
٨٠	٨	١٣	٢١	٣١	٥٢	٨٤	١٣٢	١٨٥	٢٥١
١٠٠	٦	١٠	١٦	٢٥	٤٢	٦٧	١٠٥	١٤٨	٢٠٠
١٢٥	٥	٨	١٣	٢٠	٣٣	٥٤	٨٤	١١٨	١٦٠

جدول ح١-٥٢:أقصى طول للدوائر ذات موصلات نحاسية ومحميه بواسطة قواطع دائرة)D-typeمارلين جيرن)

ملحوظة: IEC 898تزودنا بالنسبة لقواطع دائرة نوع Dبتيار قصر دائرة عالي له مدى إعتاق ١٠-٥٠ In. والمواصفات الأوربية والجدول ح١-٥٢ على أي حال مبني على أساس مدى ١٠-٢٠ In، وهذا المدى يغطي الغالبية العظمى من التركيبات المنزلية والمشابهة.

تفاصيل الدائرة		$\frac{Sph}{S\ neutral}$ = 1	$\frac{Sph}{S\ neutral}$ = 2
دائرة ٤٠٠ فولت ثلاثية الطور – ٣ سلك	أو دائرة ٤٠٠ فولت أحادية الطور–٢ سلك (بدون محايد)	١	
دائرة ٤٠٠/٢٣٠ فولت ٣ طور– ٤ سلك	أو دائرة ٤٠٠/٢٣٠ فولت ٢ طور– ٣ سلك (مع محايد)	٠,٥٨	٠,٣٩ (١)
دائرة ٢٣٠ فولت– طور واحد– ٢ سلك (طور ومحايد)		٠,٥٨	

الجدول رقم ح١–٥٣ معـاملات التصحيح المسـتخدمة لأطوال مأخـوذة من جداول ح١–٤٩ حتى ح١–٥٢

(١) ٠,٧٧ لمساحة مقطع موصل المحايد.

أمثلة

مثال (١)

في التركيبـات ثلاثية الطور–٣ سلك يتم تزويد الحماية بقاطع دائرة ٢٥٠ أمبير من النوع الصناعي، يفصل تيار قـصـر الدائرة اللحظي عند ضـبطه عند ٢٠٠٠ أمـبـيـر (للدقه (٢٠٪).

كمـثال في الحالة السيـئة تتطلب ١,٢ × ٢٠٠٠ =٢٤٠٠ أمـبيـر عند الفـصل. وتكون مـادة الموصل من النحـاس ومسـاحة مـقطعه ١٢٠مم٢ وذلك عـند قيـمة Lmax = 296 مـتر. قـاطع الدائرة يحـمي الكابلات ضـد أخطاء قصر الدائرة، ومزود بطول لا يزيد عن ٢٩٦متر.

مثال (٢)

في نظم طور مـفـرد ٢٣٠ فـولت (طور لمحـايد)، تزود الحماية بقـاطع دائرة مزود بفاصل لتيـار قصر الدائرة اللحظي والمضـبوط عند ٥٠٠ أمـبـير (٢٠٪)، كمـثال في الحالة السـيئة تتطلب ٦٠٠ أمـبير عـند الفصل. وتكون مادة الموصل من النحاس ومساحة مقطعه ١٠مم٢ .

وفي الجـدول ح١–٤٩ تيـار الصف Im=500Aوالمقابل لمساحة مقطع = ١٠مم٢ في العـمود وذلك عند قـيـمة Lmax = ٩٩متر.

وبوجـود دائرة أحـادية الطور ٢٣٠ فـولت، فـيـجب تطـبـيق مـعـامل التـصـحـيح المأخـوذ من الجـدول ح١–٥٣ وهذا المعـامل يكون ٠,٥٨– ولهـذا سـوف يحـمي قـاطع الدائرة الكابلات ضـد تـيـار قـصـر الدائرة، ومزود بطول لا يزيد عن

٩٩ × ٠,٥٨ = ٥٧ متر.

ح–١

٢/٥ التحقق من إستطاعة الصمود للكابلات عند حالات قصر الدائرة.

في الغالب يكون التحقق من استطاعة الصمود الحراري للكابلات غير ضروري فيما عدا الحالات التي تكون الكابلات عندها ذات مساحة مقطع صغير وتتغذى مباشرة من لوحة التوزيع العمومية.

القيود الحرارية

عندما تكون دورة تيار قصر الدائرة قصيرة (عشر الثانية حتى ٥ ثوان كحد أقصى) يفترض أن تبقى الحرارة الناتجة في الموصل، وتسبب إرتفاع درجة حرارته. وهذه العملية الحرارية يفترض أنها تبسط الحسابات وتعطينا نتائج غير مرضيه، حيث أن درجة حرارة الموصل الفعليه التي ستحدث، بعضها سوف يترك الموصل وينتقل إلى العزل.

ولمدة خمس ثوان أو أقل، تكون العلاقة $I2t = K2S2$ تميز الزمن بالثوان في خلال موصل مساحة مقطعه S (مم٢) يمكنه السماح بحمل تيار قيمته ١ أمبير، قبل وصول درجة حرارته إلى مستوى يؤدي إلى إتلاف العزل المحيط.

والمعامل K2 معطى في جدول ح١-٥٤ الأسفل والمأخوذ من المواصفات الفرنسية (NFC 15-100) .

وتتركز طريقة التحقق في فحص الطاقة الحرارية I2t الكل أوم من مادة الموصل، والمسموح بمروره بواسطة قاطع حماية الدائرة (من كتالوجات المصنعين) يقل عن المسموح بالموصل المعين (كما هو معطى في جدول ح١-٥٥ الأسفل).

العزل	موصل نحاس (Cu)	موصل ألومنيوم (AL)
PVC	١٣٢٢٥	٥٧٧٦
PR	٢٠٤٤٩	٨٨٣٦

ح١-٥٤: قيمة الثابت K^2.

S (مم٢)	PVC		XLPE	
	نحاس	ألومنيوم	نحاس	ألومنيوم
K	١١٥	٧٦	١٤٣	٩٤
K^2	١٣٢٢٥	٥٧٧٦	٢٠٤٤٩	٨٨٣٦
١,٥	٠,٠٢٧٩	٠,٠١٣٠	٠,٠٤٦٠	٠,٠١٩٩
٢,٥	٠,٠٨٢٦	٠,٠٣٦١	٠,١٢٧٨	٠,٠٥٥٢
٤	٠,٢١١٦	٠,٠٩٢٤	٠,٣٢٧٢	٠,١٤١٤
٦	٠,٤٧٦١	٠,٢٠٧٩	٠,٧٣٦٢	٠,٣١٨١
١٠	١,٣٢٢٥	٠,٥٧٧٦	٢,٠٤٥٠	٠,٨٨٣٦
١٦	٣,٣٨٥٦	١,٤٧٨٦	٥,٢٣٥٠	٢,٢٦٢٠
٢٥	٨,٢٦٥٦	٣,٦١٠٠	١٢,٧٨٠٦	٥,٥٢٢٥
٣٥	١٦,٢٠٠٦	٧,٠٧٥٦	٢٥,٠٥٠٠	١٠,٨٢٤١
٥٠	٢٩,٨٣٩	١٣,٠٣٢	٤٦,١٣٣	١٩,٩٣٦

جدول ح١-٥٥: أقصى أجهاد حراري مسموح للكابلات (أمبير٢ × ثوان× ٦١٠)

ح-١

مثال:

هل يكون كابل نحاس XLPE مساحة مقطعه ٤مم٢ محمياً بشكل كافٍ بواسطة قاطع دائرة C60N (ميرلين جيرن).

يوضح الجدول بعاليه أن قيمة I^2t للكابل هي ٠,٣٢٧٢ × ١٠، بينما تكون أقصى قيمة يمكن مرورها بواسطة قاطع الدائرة، (كما هو معطى في كتالوجات التصنيع) هي ٠,٠٩٤ × ١٠ أمبير^2 – ثانية وهي أقل بكثير من القيمة السابقة.

لذلك يكون الكابل محمي بدرجة كافية بواسطة قاطع دائرة حتى استطاعة الكابل الكلية على القطع.

القيود الكهرديناميكية

بالنسبة للمجاري الحاوية لقضبان التوزيع والأنواع الأخرى مسبقة الصنع لمجاري الموصلات والقضبان .. الخ. فإن من الضروري التحقق من أداء الصمود الكهروديناميكي عندما تحمل تيارات قصر الدائرة وأن ذلك الأداء مرضياً. ويتم تحديد القيمة القصوى للتيار باستخدام قاطع دائرة أو مصهر، ويجب أن يقل عن مقنن نظام الأسلاك المسبق.

ويقوم المصنعون عادة بنشر جداول تبين الحماية اللازمة لمنتجاتها من تلك النظم .

ح-١

٦- موصلات الحماية الأرضية (PE)

١/٦ التوصيل والاختيار

التوصيل والاختبار وأبعاد موصلات الحماية PE (المستخلصة من مواصفات IEC والمواصفة الفرنسية NF C15-100)

توفر موصلات الحماية (PE) مرابط التوصيل بين جميع الأجزاء الموصلة الظاهرة والخارجية للتركيبات، وذلك لتوثيق النظام الرئيسي للربط متساوي الجهد، وهذه الموصلات تقوم بتوصيل تيار الخطأ الناجم بسبب إنهيار العزل (بين موصل الطور والجزء الموصل المكشوف) إلى المحايد المؤرض للمنبع. وتتصل موصلات الحمايه PE بأطراف التأريض الرئيسي للتركيبات. ويتصل طرف التأريض الرئيسي بقطب التأريض (انظر الفصل (F) وبواسطة موصل تأريض (موصل قطب التأريض في أمريكا).

وموصلات الحماية يجب أن:

- تكون معزولة ولونها أصفر وأخضر (شرائح) ؛
- تكون محمية ضد العطب الميكانيكي والكيميائي .

في شبكة تأريض IT، TNيجب أن يوصي بتركيب موصلات الحماية في مقفل تقريبي (أي في نفس المواسير على نفس حامل الكابلات الخ) كما في الكابلات الحية للدائرة ذات العلاقة. وهذا الترتيب يؤمن أقل معاوقة حثيه محتمله في دوائر حمل تيار الخطأ الأرضي.

التوصيل:

موصلات الحماية PEيجب

- أن لا تشتمل أية خاصية لقطع استمرارية الدائرة (مثل وصلات المفاتيح القابلة للإزالة.. إلخ).
- توصيل الأجزاء الموصلة الظاهرة كل على حده إلى موصل الحماية الرئيسي PE، ويكون التوصيل على التوازي وليس على التوالي كما هو موضح في شكل ح١- ٥٦؛
- له أطراف منفصله على قضبان التأريض بلوحات التوزيع.

نظام TT

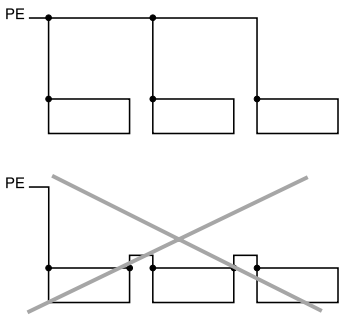
موصل الحماية PEلا يحتاج بالضرورة تركيبه بقرب الموصلات الحيه في الدوائر المماثلة، حيث أن القيم العاليه لتيار الخطأ الأرضي ليست مطلوبة لتشغيل جهاز الحماية باستخدام التيار المتبقى المستخدم في تركيبات TT.

نظم TN , IT

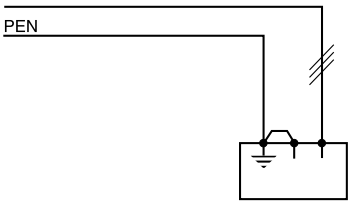
كما لوحظ سابقاً، يجب تركيب موصل PEأو PEN، في أقرب موضع ممكن للوصلات الحيه بالدائرة ويجب أن لا يتداخل بينها مواد حديدية مغناطيسية.

وموصل PEN يجب دائما وصله مباشرة بالطرف الأرضي بالجهاز، مع وصله حلقية من طرف التأريض إلى طرف التعادل بالجهاز (شكل ح١-٥٧).

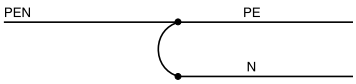
- موصل TN-C (موصل الحماية الأرضي PE والتعادل متصله مع بعضهما ويعتبران وحدة واحدة بالإشارة إلى موصل PEN)، ولخصائص الحماية لموصل PEN أفضلية حيث أن كل القواعد الأساسية لموصلات PEسوف تطبق بدقه في موصلات PEN.
- **التحويل من TN-C إلى TN-S** :بصفه عامة يتم توصيل موصل الحماية الأرضي PEN للتركيبات بطرف أو قضيب PEN (شكل ح١-٥٨) في أصل التركيبات الشبكة السفلي لنقطة الفصل، ولا يوجد موصل حماية أرضي PE يمكن أن يربط بموصل المحايد.



شكل ح١-٥٦: وصله غير صحيحه منظمه على التوالي وسوف تترك كل الشبكة السفلية للأجهزة بدون حماية.



شكل ح١-٥٧: التوصيل المباشر لموصل PENإلى طرف التأريض بالجهاز.



شكل ح١-٥٨: نظام TN-C-S

ح-١

أنواع المواد

يمكن استخدام أنواع المواد المشار إليها في جدول ح١-٥٩ كموصلات وقاية أرضية PE، بشرط أن تكون الحالات المشار إليها في العمود الأخير تم تحقيقها.

نوع موصل الحماية الأرضي PE		نظام IT	نظام TN	نظام TT	حالات يجب أخذها في الاعتبار
الموصل الانشائي	في نفس الكابل كطور أو ممدد مع نفس الكابل	مطلوب ضروريا	مطلوب ضروريا	صحيح	موصل الحماية الأرضي PE يجب أن يعزل بنفس مستوى موصلات الطور
	يعتمد على موصلات الطور	ممكن (١)	ممكن (١) (٢)	صحيح	■ موصل PE يكون عارياً أو معزولاً ■ يجب ضمان التوصيل الكهربائي بواسطة الحماية ضد المخاطر الميكانيكية والكيميائية والكهروكيميائية
الغلاف المعدني لحاوية قضبان التوزيع أو مجاري الأسلاك مسبقة الصنع		ممكن(٣)	ممكن PE (٣) PEN (٨)	صحيح	
غلاف خارجي معدني مبثوق على عزل الموصلات (مثال : نظام بيروتكس)		ممكن (٣)	ممكن PE (٣) PEN غير مطلوبه (٢) (٣)	ممكن	■ يجب أن يفي توصيلها بالغرض
بعض عناصر التوصيل الخارجية (٦) مثل: ■ حديد المنشآت ■ إطار الماكينات ■ مواسير المياه (٧)		ممكن (٤)	ممكن PE (٤) يمنع PEN	ممكن	
مسار الكابل المعدني مثل المواسير – مجاري وحوامل وسلالم ... وكما شابه		ممكن (٤)	ممكن PE (٤) PEN مطلوب (٢) (٤)	ممكن	

يمنع استخدام الآتي كموصل حماية أرضي PE : المواسير المعدنية*– مواسير الغاز ، مواسير المياه الحارة، شرائح الكابل * أو الأسلاك*

*تمنع في بعض الأقطار فقط، بصفه عامه يسمح باستخدامها كموصلات إضافية متساوية الجهد

جدول ح١-٥٩ اختيار موصلات الحماية (PE) .

(١) في نظم TN وIT تتأثر إزالة الخطأ عموماً بأجهزة ضد التيار الزائد (مصاهر أو قواطع دائرة) ولهذا يجب أن تكون معاوقة الخلل الأرضي قليلة وكافيه لضمان العمل الإيجابي لجهاز الحماية. وللتأكد من الحصول على معاوقه منخفضة يكون ذلك باستخدام قلب إضافي بنفس الكابل كموصلات الدائرة (أو يأخذ نفس مسار موصلات الدائرة). وهذا الترتيب يقلل من المفاعلة الحثيه وتداخل المعاوقه في الدائرة الحلقيه.

(٢) موصلات PEN تكون موصل تعادل وتستخدم أيضاً كموصل حماية أرضي. وهذا يعني أن التيار يمكن أن يمر به في أي وقت (في عدم وجود تيار الخطأ الأرضي) ولهذا السبب تكون الموصلات المعزولة مطلوبة في تشغيل PEN.

(٣) يقوم المصنعون بتوفير القيم الضرورية لمركبات المعاوقة R ،X (Phase/PE, Phase/Pen) ليتضمنها في حسابات تيار الخطأ للمعاوقة الحلقية.

(٤)من الممكن ولكن ليس مطلوباً حيث لا يمكن معرفة معاوقة الخطأ الأرضي الحلقي في مرحلة التصميم. وتعني القياسات على كامل التركيبات عملياً تعني الوسيلة الوحيدة لحماية الأشخاص.

(٥)يجب أن تسمح بتوصيل الموصلات الأخرى PE.

ملحوظة : هذه العناصر يجب أن تحمل شرائط أخضر/ أصفر يمكن رؤيتها، ١٥ إلى ١٠٠مم طول (أو تحمل حروف PEعند مسافة تقل عن ١٥ سم عن طرفه.

(٦) هذه العناصر يجب أن تكون قابلة للفك فقط عندما تتوفر طرق أخرى تضمن استمرارية التشغيل وعدم انقطاعه.

(٧) بالاتفاق مع مصلحة المياه المختصة.

(٨) في التصنيع المسبق لمجاري الأسلاك والعناصر المشابهة. فالغلاف المعدني يمكن أن يستخدم كموصل PEN، بالتوازي مع القضيب المناظر، أو أي موصل حماية أرضي PEآخر في الغلاف.

٢/٦ تحديد أبعاد الموصل

جدول ح١-٦٠ الأسفل مبني على المواصفة الفرنسية NF C15-100لتركيبات الجهد المنخفض. هذا الجدول مزود بطريقين لتحديد أبعاد مساحة المقطع المناسبة، لكل من موصلات PE، PEN، وأيضاً بالنسبة لقطب التأريض. الطريقتان هما:

■ الأدياباتيكية (ثبات درجة الحرارة) (التي تناظر الطريقة الموضحة في IEC 724)

بالإضافة إلى أن هذه الطريقة إقتصادية وتضمن حماية الموصل ضد الحرارة الزائدة فهي تؤدي إلى مساحة مقطع أقل للموصل بالمقارنة بموصلات الطور المناظرة. وهذه النتيجة أحياناً تكون غير متوافقة مع متطلبات النظم IT، TNلتقليل معاوقة فشل الدائرة الأرضي المقفل، ولتأمين تشغيل جيد (إيجابي) بواسطة أجهزة فصل زيادة التيار، ولهذا السبب تستخدم هذه الطريقة في تركيبات TTوتحديد أبعاد موصل التأريض×.

■ المبسطة:

هذه الطريقة تعتمد على حجم موصل الحماية الأرضي والمتعلقة بموصلات دائرة الطور المناظره مع التأكيد أن نفس مادة الموصل تستخدم في كل حاله.

هذا في جدول ح١-٦٠ للآتي:

$Sph \leq 16mm^2$	$Spe = Sph$
$16 < Sph \leq 35\ mm^2$	$Spe = 16mm^2$
$Sph > 35mm^2$	$Spe = Sph/2$

■ ملحوظة: في نظام TTعندما يكون تركيب قطب التأريض ما بعد منطقة تأثير منبع قطب التأريض، فيستطيع تحديد مساحة مقطع موصل الحماية الأرضي بـ ٢٥مم٢(للنحاس) و٣٥مم٢ (للألومنيوم).

*موصل قطب التأريض.

نستطيع استخدام المحايد كموصل PENحتى لو كانت مساحة مقطعه مساوية أو أكبر من ١٠مم٢ (نحاس) أو ١٦مم٢ (ألومنيوم) وزيادة على ذلك فإن موصل PENغير مسموح به في الكابلات المرنة. وأيضاً عند استخدام موصل PEN كموصل محايد، فإنه لا يمكن تقليل مساحة مقطعه في أي حالة عن المذكور في البند الفرعي ١/٧ في هذا الفصل.

ولا يمكن استخدام مساحة مقطع أقل من موصلات الطور إلا أذا كان:

■ مقنن ك.ف.أ للأحمال أحادية الطور أقل من ١٠٪ من ك.ف.أ الحمل الكلي.

■ أقصى تيار (Imax) محتمل مروره خلال الطور في الظروف العادية يكون أقل من التيار المسموح به لحجم الكابل المختار. وزيادة على ذلك، فإن حمايه الموصل المحايد يجب تأمينها بواسطة أجهزة الحماية المزودة لحماية موصل الطور (الموصوفه في البند الفرعي ٢/٧ في هذا الفصل).

ح-١

مساحة مقطع موصلات الطور		مساحة مقطع موصل التأريضي الوقائي	مساحة مقطع موصل المحايد المؤرض الوقائي	مساحة مقطع الموصل بين قطب التأريض وطرف التأريض الرئيسي
Sph (mm2)	نحاس ألومنيوم	PE	PEN	
الطريقة المبسطة	≥ ١٦ ≥ ١٦	SPE= Sph (1)	Spen = Sph حد أدنى ١٠مم٢ للنحاس، ١٩مم٢ للألمنيوم	■ عند حمايته ضد التلف الميكانيكي $S = \frac{I\sqrt{t}}{K}$ (2)
	٢٥			
	٣٥ ٢٥، ٣٥	SPE = 16	SPEN= Sph/2 a`Sph (3) على الأقل ١٦مم٢ للنحاس و٢٥مم٢ للألومنيوم	■ بدون حماية ميكانيكية ولكن محمي ضد الصدأ باستخدام غلاف للكابل غير منفذ للماء، كحد أدنى ١٦مم٢ نحاس أو صلب لا يصدأ.
	< ٣٥ < ٣٥	$SPE = \frac{Sph}{2}$		■ بدون الحمايات المشار إليها عاليه؛ كحد أدنى ٢٥مم٢ نحاس عاري أو ٥٠ مم٢ صلب لا يصدأ عاري.
الطريقة الاديباتيكيه	أي مساحة مقطع	$SPE = \frac{I\sqrt{t}}{K}$ (1) (2)		

جدول ح١-٦٠ أقل مساحة مقطع لموصلات الحماية الأرضية PE وموصلات التأريض (لتركيب قطب التأريض).

١) عندما يفصل موصل PE من موصلات الطور في الدائرة، يجب الأخذ في الاعتبار القيم الصغرى التاليه:

■ ٢,٥ n مم٢ عند حماية موصل PEميكانيكياً.

■ ٤ n مم٢ عند عدم حماية موصل PEميكانيكياً.

(٢) بالرجوع إلى جدول ح١-٥٥ لتطبيق هذه المعادلة.

(٣) طبقاً للأحوال الموصوفه في مقدمة هذا الجدول.

قيم المعامل Kالمستخدمة في المعادلة (٢)

هذه القيم متماثلة في مواصفات وطنية عديدة، ومدى الارتفاع في درجة الحرارة، قيم المعامل K وحدود درجة الحرارة العليا معا لمختلف درجات العزل، تتوافق مع المشار إليها في (١٩٨٤) IEC 724 .

البيانات الموضحة في جدول ح١-٦١ غالباً ما تكون مطلوبة في تصميم الجهد المنخفض.

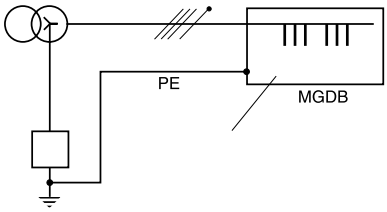
ح-١

قيم K	طبيعة العزل عديد كلوريد الفينيل (PVC)	عديد الاثيلين عرض الترابط (XLPE) مطاط الاثيلين البروبيلين (EPR)
درجة الحرارة النهائية °س	١٦٠	٢٥٠
موصلات معزولة غير مدمجه في الكابلات	درجة الحرارة الابتدائية θ ابتدائي = ٣٠°س	درجة الحرارة الابتدائية θ ابتدائي = ٣٠°س
موصلات عارية تتلامس مع أغلفة الكابل		
نحاس	١٤٣	١٧٦
ألومنيوم	٩٥	١١٦
صلب	٥٢	٦٤
موصلات الكابل عديد القلب	درجة الحرارة الابتدائية θ ابتدائي = ٣٠°س	درجة الحرارة الابتدائية θ ابتدائي = ٣٠°س
نحاس	١١٥	١٤٣
ألومنيوم	٧٦	٩٤

جدول ح١-٦١: قيم معامل Kلموصلات الحماية الأرضية PEللجهد المنخفض، المستخدمة أساساً في المواصفات الوطنية والمتوافقة مع IEC 724.

ح-١

٣/٦ موصل الحماية بين محول جهد عالي/ جهد منخفض ولوحة التوزيع الرئيسية العامة



شكل ح١-٦٢ موصل الحماية الأرضي PEالمتصل بقضيب الأرضي الرئيسي

جميع موصلات الطور والمحايد بالشبكة العليا لقاطع الدائرة الرئيسي الداخلي التي تحمي وتتحكم بلوحة التوزيع الرئيسية العامة يتم حمايتها بأجهزة على جانب الجهد العالي للمحول، ويجب تحديد حجم الموصلات وموصل الحماية الأرضي طبقاً لذلك.

تحديد أبعاد موصلات الطور والمحايد من المحول مشروحة في البند الفرعي ٦/١ من هذا الفصل (بالنسبة للدائرة C1للنظام الموضح في شكل ح١-٨).

حجم الموصلات العارية وموصلات الحماية الأرضي PEالمطلوبة من نقطة المحايد للمحول موضحة في شكل ح١-٦٢ ومشار إليها بجدول ح١-٦٣ السفلي.

ويمكن اعتبار KVAالمقنن هو مجموع لمقنن جميع المحولات (إذا كانت أكثر من محول واحد) المتصلة بلوحة التوزيع الرئيسية العامة (MGDB) والجدول يبين مساحة مقطع الموصل بالملم٢ طبقاً لـ:

*المقنن الاسمي لمحول جهد عالي/جهد منخفض ك.ف.أ.

*زمن إزالة تيار الخطأ بواسطة أجهزة حماية الجهد العالي بالثوان.

أنواع العزل ومواد الموصل.

لو أن حماية الجهد العالي تتم بواسطة مصاهر فسوف يستخدم أعمدة ٠,٢ second.

في نظم ITلو تم تركيب جهاز الحماية ضد زيادة الجهد (بين نقطة المحايد للمحول والأرضي) فيجب تحديد أبعاد موصلات التوصيل للأجهزة بنفس الطريقة المبينه أعلاه لموصلات الحماية الأرضية PE.

القدرة KVA		مادة الموصل	الموصلات العارية			موصلات معزولة PVC			موصلات معزولة XLPE		
جهود منخفضة		نحاس t(s)									
/127 ك٢٢٠	/٢٢٠ ك٤٠٠	ألومنيوم t(s)	–	0.25	0.5 S	–	0.25	0.5 S	–	0.25	0.5S
≥ ٦٣	≥ ١٠٠	c.s.a of PE	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
١٠٠	١٦٠	conductors SPE (mm^2)	٢٥	٢٥	٣٥	٢٥	٢٥	٥٠	٢٥	٢٥	٣٥
١٢٥	٢٠٠		٢٥	٣٥	٥٠	٢٥	٣٥	٥٠	٢٥	٢٥	٥٠
١٦٠	٢٥٠		٣٥	٣٥	٧٠	٣٥	٥٠	٧٠	٢٥	٣٥	٥٠
٢٠٠	٣١٥		٣٥	٥٠	٧٠	٣٥	٥٠	٩٥	٣٥	٥٠	٧٠
٢٥٠	٤٠٠		٥٠	٧٠	٩٥	٥٠	٧٠	٩٥	٣٥	٥٠	٩٥
٣١٥	٥٠٠		٥٠	٧٠	١٢٠	٧٠	٩٥	١٢٠	٥٠	٧٠	٩٥
٤٠٠	٦٣٠		٧٠	٩٥	١٥٠	٧٠	٩٥	١٥٠	٧٠	٩٥	١٢٠
٥٠٠	٨٠٠		٧٠	١٢٠	١٥٠	٩٥	١٢٠	١٨٥	٧٠	٩٥	١٥٠
٦٣٠	١٠٠٠		٩٥	١٢٠	١٨٥	٩٥	١٢٠	١٨٥	٧٠	١٢٠	١٥٠
٨٠٠	١٢٥٠		٩٥	١٥٠	١٨٥	١٢٠	١٥٠	٢٤٠	٩٥	١٢٠	١٨٥

جدول ح١-٦٣ مساحة مقطع موصلات الحماية الأرضية PEبين الجهد العالي/الجهد المنخفض للمحول ولوحة التوزيع الرئيسية العامة MGDBبدلاً من مقننات المحول وأزمنة إزالة الخطأ المستخدمة في فرنسا.

٤/٦ موصل متساوي الجهد

موصل متساوي الجهد الرئيسي

عموماً يجب أن تكون مساحة مقطع هذا الموصل مساوية على الأقل نصف مساحة مقطع موصل الحماية الأرضية PE، ولكن لا نحتاج في بعض الحالات لزيادة مساحة المقطع إلى ٢٥مم٢ (نحاس) أو ٣٥مم٢ (ألومنيوم).

موصل متساوي الجهد الإضافي

هذا الموصل يسمح لجزء مكشوف من الموصل والذي يتم تركيبه بعيداً عن الموصل المتساوي الجهد الأقرب موصل (PE) والذي يمكن وصله إلى موصل حماية محلي، ومساحة مقطعه يجب أن لا تقل عن نصف مساحة موصل الحماية والذي يتم توصيله.

ولو تم توصيل جزئين ظاهرين (M2, M1 في شكل ح١-٦٤) مساحة مقطعه يجب أن تكون مساوية على الأقل لأصغر مساحة مقطع موصلين حماية أرضي PE (من M2, M1) .

موصلات متساوية الجهد غير المشمولة في الكابل يجب حمايتها ميكانيكياً بوساطة مواسير عادية أو مواسير مجاري حيثما كان ذلك ممكناً.

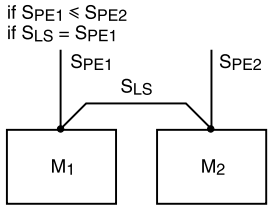
وهناك استخدامات مهمة أخرى للموصلات متساوية الجهد الإضافية ترتبط بتقليص بمعاوقة الخلل الأرضي للدائرة المقفلة وبخاصة لغرض الحماية من التلامس غير المباشر بنظم تركيبات TNو IT، وفي بعض المواقع الخاصة التي تزداد فيها المخاطر الكهربائية (بالرجوع إلى IEC 364-4-41) .

وحيث أن مساحة مقطع الموصل وحماية موصل الحياد تعتبران جزءاً من متطلبات حمل التيار إلا أنهما مع ذلك يعتمدان على عوامل عديدة مثل:

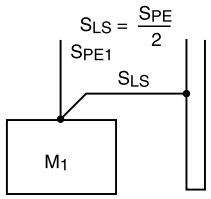
نوع نظام التأريض TT، TN، .. الخ

طريقة الحماية ضد مخاطر التلامس غير المباشر طبقاً للطريقة الموضحة أدناه.

بين جزئين موصلين ظاهرين



بين جزئين موصل ظاهر وهيكل معدني



* بحد أدنى ٢,٥مم٢ لموصل يتم حمايته ميكانيكياً ٤مم٢ للموصلات النحاسية المكافئة التي لايتم حمايتها ميكانيكياً

شكل ح١-٦٤ موصلات متساوية الجهد الإضافية

ح-١

٧- الموصل المحايد

١/٧ تحديد أبعاد الموصل المحايد

تأثير نوع نظام التأريض

نظم TT و TN-S و IT

■ دوائر أحادية الطور أو التي مساحة مقطعها ≥ ١٦مم٢ (نحاس) ٢٥مم٢ (ألومينيوم):

مساحة مقطع الموصل المحايد يجب أن تكون مساوية لموصلات الطور.

■ دوائر ثلاثية الطور لمساحة مقطع ≤١٦مم٢ نحاس أو ٢٥مم٢ ألومينوم:

ويجب أن يتم اختيار مساحة المقطع لتصبح:

□ مساوية لمساحة مقطع موصلات الطور، أو

□ أقل في الحالة الآتية:

— التيار الذي يمر خلال موصل المحايد في الحالات العادية يقل عن القيمة المسموحة .IZ تأثير التوافقيات الثالثية* يجب أن تعطي اعتبارات معينة، كما لوحظ سابقاً في الفصل F البند الفرعي ٢/٢ أو:

— القدرة لطور مفرد في دائرة يقل عن ١٠٪ للقدرة لنظام ثلاثي الطور متزن لدائرة، أو:

— موصل المحايد محمي ضد قصر الدائرة طبقاً للمذكور في البند الفرعي ح١-٧/٢.

*التوافقية الثالثة ومضاعفاتها.

نظام TN-C

نفس الحالات المطبقة في النظريات المشار إليها عاليه . ولكن عمليا يجب أن لا يكون موصل المحايد التعادل دائرة مفتوحة تحت أي ظروف نظراً لكونه موصل حماية أرضية PE وكذلك موصل محايد (انظر جدول ح١-٦٠ عامود مساحة مقطع موصل . (PEN.

نظام IT

على العموم، ليس من المطلوب توزيع موصل المحايد، مثلا يفضل نظام ثلاثي الطور ثلاثي الأسلاك وعند الاحتياج الضروري لتركيبات ثلاثية الطور – ٤ سلك فإن الحالات الموضحة بعاليه لنظم TT و TN-S يمكن تطبيقها.

٢/٧ حماية الموصل المحايد

جدول ح١-٦٥ يلخص حالات محتمله عديده. إعتمد الجدول على المواصفة الوطنية الفرنسية (NFC 15-100) ولكن يجب أخذ النقاط التالية في الاعتبار عند الرجوع إلى الجدول.

دائرة الفصل

يكون من المناسب عملياً أن تشتمل كل دائرة على وسيلة لفصلها .

قطع الدائرة

جدول ح١-٦٥ مبنى على قواطع الدائرة والتي سوف تفصل كل الأقطاب ويشمل قطب المحايد في لحظة الخطأ، مثلاً قواطع الدائرة تشمل جميع الأقطاب. وهذا الجدول يمكن استخدامه أيضاً للمصاهر القادرة على الفصل مثل قواطع دائرة شاملة لجميع الأقطاب.

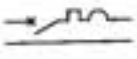
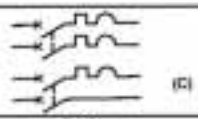
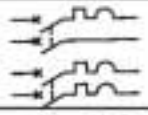
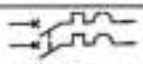
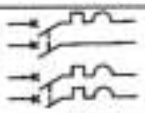
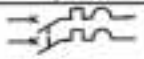
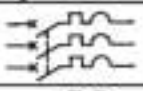
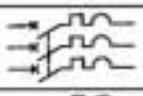
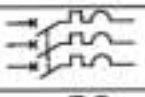
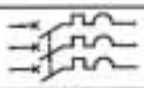
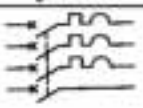
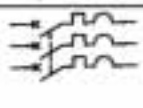
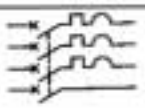
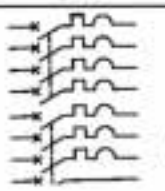
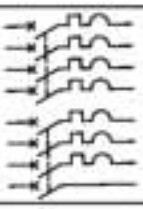
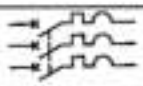
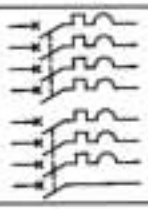
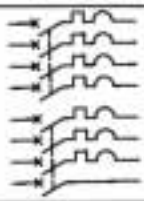
وهذا الفصل يمكن إنجازه بواسطة مصاهر بطريقة غير مباشرة. والتي يكون فيها تشغيل مصهر واحد أو أكثر يثير الإعتاق الميكانيكي لجميع الأقطاب كمجموعة توالي متصلة بمفتاح فصل الحمل. وهذا الفعل أساساً يتسبب بواسطة دبوس قاذف حيث يظهر عند إنفجار الخرطوش(ينطلق عند انتفاخ المصهر) ويعمل هذا الدبوس على الإعتاق (الفصل) الميكانيكي للمفتاح.

ويمكن إعادة قفل المفتاح عند استخدام مصهر جديد بدلاً من المصهر المستعمل.

الحماية ضد الصدمات الكهربائية

جدول ح١-٦٥ يأخذ في الحسبان حقيقة الحماية ضد أخطار التلامس غير المباشر والتي تعتمد على أجهزة الحماية التي تعمل بالتيار المتبقى ٣٠٠ ميللي أمبير) في نظام (TT) أو تعتمد على قواطع الدائرة (نظم IT و TN) .

ح-١

	نظم التأريض			
	TT	TN-C	TN-S	IT
الوقاية ضد التلامس غير المباشر	بواسطة جهاز يعمل بالتيار المتبقي (RCD)	مزوّد بقواطع دائرة أو مصاهر مع Ia (Fuses) or I_m (CB) < Isc (min)	طبقاً لطريقة الحماية المختارة	مزودة بقواطع دائرة أو مصاهر وعدد١ RCD على الأقل لكل مجموعة من الأجهزة متصلة بقطب التأريض (انظر الشكل ز٢٠)
الدائرة المحمية				
١ طور P - N طور/ محايد				 (C)
١ طور 2P طور/طور	 (A)		 (A)	
٣ طور - ٣ سلك 3P				
٣ طور - ٤ سلك 3P – N S_n= Sph* Sph * = Sph مقطع الموصل المحايد				 (C)
			 (B)	 (C)

جدول ح١–٦٥: مخططات نظم الحماية لموصلات المحايد في نظم التأريض المختلفة.

رمز زيادة التيار وأجهزة الاعتاق (الفصل) لقصر الدائرة.

(أ) مخصصة لنظم TT و TN إذا تم تركيب RCD في أصل الدائرة أو الجهة العليا للشبكة في الدائرة أو إذا لم يتم توزيع محايد صناعي في الشبكة السفلى من من موضعه.

(ب) مخصصة لنظم TT و TN إذا كان الموصل المحايد محمي ضد قصر الدائرة بواسطة ترتيبات وقائية مجهزة للأطوار. وإذا كان تيار الخدمة العادية أقل من أقصى تيار مسموح للموصل المحايد المتوقع.

مغناطيسي حراري

(جـ) حالات معينة، أي: إذا كان قاطع الدائرة يتحكم في عدد من الدوائر الفرعية المتشابهة، بحيث لا تزيد نسبة مقننات الدائرة الفرعية عن ٢, والتي يتم حمايتها ضد خلل آخر يحدث في مكان ما في التركيبات بواسطة جهاز تيار متبقي ذي حساسية ≤ ١٥٪ من معايرة الدوائر الفرعية ذات مساحة مقطع صغيرة.

ارجع إلى مثال رقم (٢) قاطع دائرة رقم (٥) .

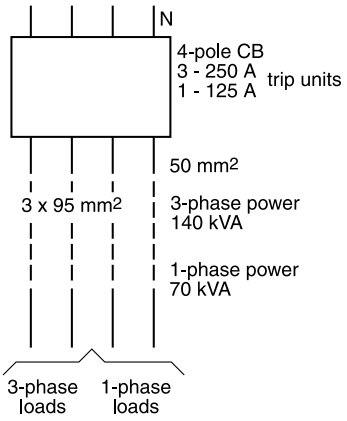
ح–١

أمثلة: مثال ١: (شكل ح١-٦٦)

دائرة ثلاثية الطور – ٤ سلك بكابل نحاس ٣×٩٥مم٢ + موصل محايد ١×٥٠مم٢,

نظام التركيب - TT مؤرض مع وسيلة الحماية RCD بالجهة العليا للشبكة.

قدرة الحمل أحادي الطور ك.ف.أ (متصل بطور ومحايد). حمل ثلاثي الطور قدرته: ١٤٠ ك.ف.أ. حالة الحمل أحادي الطور <١٠٪ من القدرة ثلاثية الطور الموردة (البند الفرعي ١/٧ نظم TT و TN-S) وهذا غير مرضي في هذه الحالة ، منذ = ٥٠٪. ومع ذلك يمكن تقليل مساحة مقطع الموصل المحايد، الذي سيستخدم، مع تزويده بالحماية الصحيحة. وسوف يكون قاطع الدائرة المناسب لهذا الغرض وحدة ٤ قطب ذات مقنن ٢٥٠ أمبير بعدد ٣ وحدات إعتاق (واحد لكل طور) وحدة إعتاق واحدة للمحايد يتم ضبطها عند ٢٥ أمبير. تشغيل واحد أو أكثر من وحدات الاعتاق سوف يفصل كل الأقطاب بقاطع الدائرة.



شكل ح١-٦٦: مثال ١

مثال ٢: (شكل ح١-٦٧)

في التركيبات يكون IT مؤرض مع توزيع المحايد (كمثال في النظام ثلاثي الطور– ٤ سلك والتي فيها تكون نقطة المحايد غير مؤرضة). وهذا الترتيب لا يوصى به خاصة في التركيبات الصغيرة والمتوسطة، ولكنه يعطي بقيمتين للجهد ٢٣٠ فولت و٤٠٠ فولت. ويعتبر تداخل محول ضغط منخفض/ضغط منخفض في نظام ITثلاثي الطور– ٣ سلك (كما هو مبين في شكل ح١-٦٨) طريقة مفضلة للحصول على قيمتين للجهد، وفي كل حالة، يمكن تأريض موصل المحايد.

قاطع الدائرة ١، ٢ و٣:

كما في مثال ١، يتم حماية الدوائر بواسطة قواطع دائرة ولها موصل محايد مساحة مقطعه يعادل ٥٠٪ من مساحة مقطع موصل الطور.

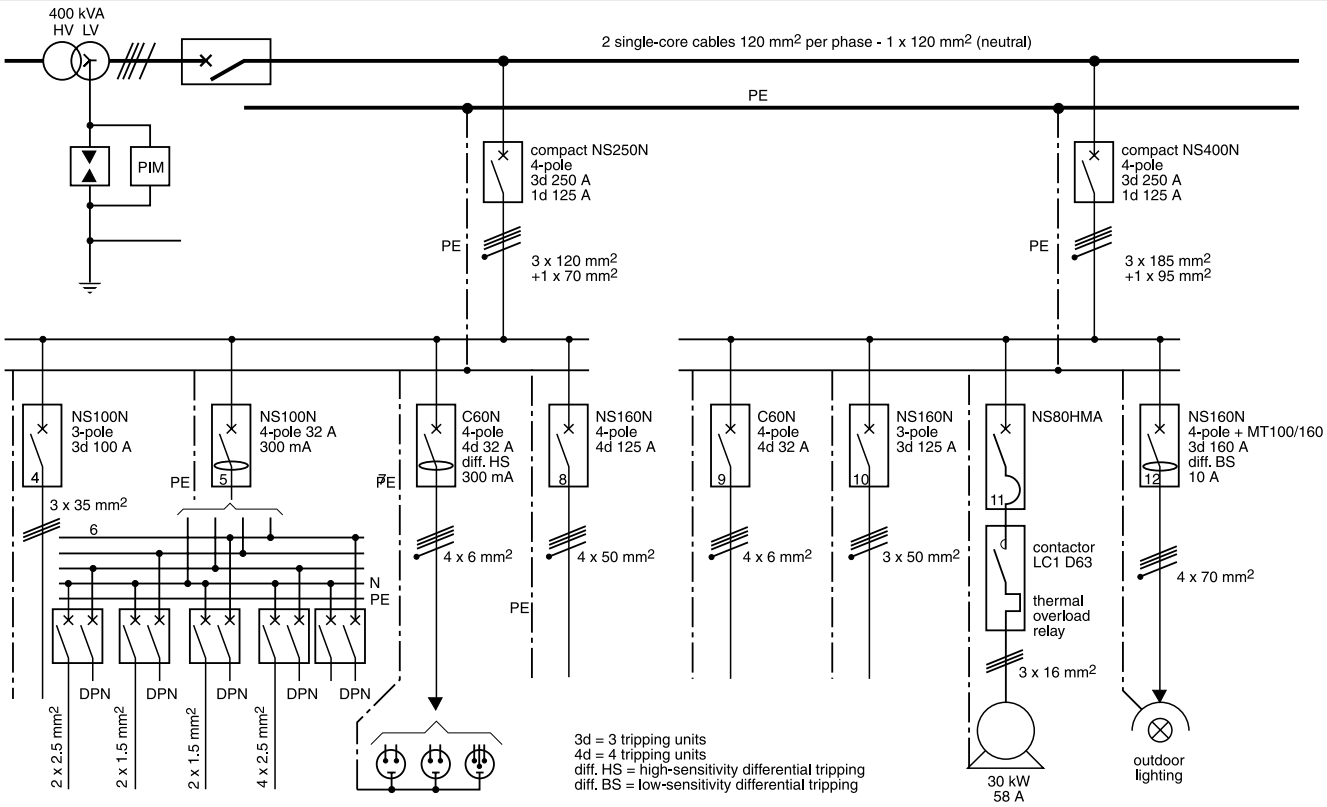
وسوف تحتوي قواطع الدائرة على أربع أقطاب وأجهزة إعتاق (فصل) مشابهة للمشار إليها في مثال ١ .

قاطع دائرة ٥:

هذا الترتيب يتعلق بالترتيب المشار إليه في (٢) جدول ح١-٦٥ والمتعلق بقاطع دائرة يتصل مباشرة ويتحكم في قضبان التوزيع حيث يتصل به عدد من الدوائر النهائية المتشابهه لا يتم حمايتها بواسطة قواطع ثنائية الأقطاب طور واحد ومحايد) المطلوب تغذيتها.

وأجهزة فصل (إعتاق) ضد زيادة التيار تزود على جميع قواطع الدائرة الخارجة، ولكن قاطع الدائرة الداخل ٤-قطب له فقط جهاز حماية ضد التسرب الأرضي (TCD 300 m.A) [مشار إليها في جدول ح١-٦٥C [ذو قلب مغناطيسي يحيط بالوصلات الأربعة.

ويمكن ملاحظة قاطع الدائرة رقم ١٢ المغذي لدوائر الإنارة، والتي تكون فيها موصلات الطور والمحايد لها نفس مساحة المقطع. قاطع الدائرة رباعي الأقطاب له ثلاثة أجهزة فصل (إعتاق) مناسبة (جهاز لكل طور).



٣ وحدات إعتاق = 3d

٤ وحدات إعتاق = 4d

جهاز اعتاق تفاضلي حساس جداً = diff.HS

جهاز إعتاق تفاضلي ذو حساسية قليلة = diff.BS

شكل ح١– ٦٧: مثال ٢

مثال ٣: (شكل ح١-٦٨)

تركيبات :TN-C/TN-S

قواطع دائرة ثلاثية الأقطاب تستخدم فقط للأرقام ١، ٢، ٣ و٧ ، حيث لا يوجد أي جهاز وصل وقطع من أي نوع يجب أن يشتمل على موصل الحماية والمحايد المشترك (PEN) المرتبط بهما.

إجمالي قدرة الطور الواحد للحمل تقل عن ١٠٪ للقدرة ثلاثية الطور، بحيث تكون مساحة مقطع الموصل (PEN)(مثال دائرة ١) يمكن أن تكون نصف مساحة مقطع موصلات الطور للدائرة.

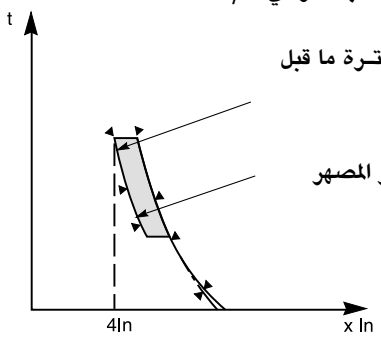
الحماية ضد التلامس غير المباشر للدائرة (١) تزود بـ CB1إذا كان أقصى طول للدائرة أقل من Lmax (أنظر فصل ز بند فرعي ٢/٥). بالنسبة لقاطع دائرة ٦٣٠ أ تم ضبطه ليفصل لحظيا عند قيمة تيار تعادل 4In .

$$Lmax = \frac{0.8 \times 230 \times 240 \times 10^{3}}{22.5(1.25+2) \times Ia}$$

المعامل ١,٢٥ في الكسر يكون ٢٥٪ زيادة في المقاومة لموصل× مساحة مقطعه ٢٤٠ مم٢ بينما 4) Ia = 630 1.15)حيث نسبة التفاوت (١٥٪ لعنصر الفصل (الاعتاق) المغناطيسي اللحظي لقاطع الدائرة (مثال ١ الحالة السيئة، تحتاج لمسافة قصيرة لـ .Lmax

Lmax = 208 metres

*انظر فصل Gبند فرعي ٢/٥



شكل ح١-٦٨: مثال ٣

قسم من التركيبات والتي يكون فيها TN-Sمتصل (موصل الحماية PEوموصل المحايد منفصلين عند النقطة العليا من الشبكة)

قاطع الدائرة ٤:

مساحة مقطع المحايد = مساحة مقطع الطور بحيث يكون جهاز الفصل (الإعتاق) لتيار المحايد ليس ضرورياً. قاطع دائرة رباعي الأقطاب بجهاز فصل (إعتاق) لكل طور يعتبر مناسباً.

قاطع الدائرة ٥:

مساحة مقطع المحايد = ٥٠٪ من مساحة مقطع موصل الطور بحيث يكون جهاز الفصل (الإعتاق) للمحايد مطلوب بالنسبة لقاطع دائرة أربعة أقطاب يكون مطلوب أجهزة فصل ثلاثية (مضبوطة عند ١٦٠أ) للأوجه وعدد١ جهاز فصل للمحايد (مضبوط عند ٨٠أ)، كما هو مشار إليه في جدول ح١-٦٥ (B)

قاطع الدائرة ٦:

حماية الدائرة المغذية لمخارج المقابس ، يجب أن تشمل جهاز تيار متبقي عالي الحساسية (عموما يكون ٣٠ mA)

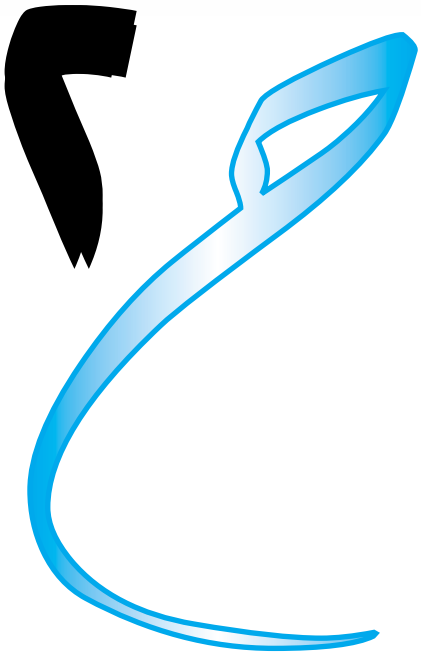
قاطع الدائرة المرتبط بالمتلامس ٨

توفر المجموعة حماية ضد قصر الدائرة (قاطع الدائرة) وحماية ضد زيادة الحمل (متمم حراري على المتلامس ليلائم خصائص (المحرك). وليس لقاطع الدائرة أجهزة فصل حرارية بينما المتلامس له ٣ (١ لكل طور) .

قاطع الدائرة ٩:

يشمل التحكم والحماية دائرة الإنارة، وعندما تكون مساحة مقطع الموصل تساوي مساحة مقطع المحايد يكون قاطع الدائرة رباعي القطب مناسبا وله ثلاثة أجهزة فصل (إعتاق) {1لكل طور}.

ح-١



١- الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل للجهد المنخفض

تكون وظيفة أجهزة الفصل والوصل كما يل :

- الحماية الكهربائية
- الفصل الآمن من الأجزاء المكهربة
- فصل ووصل المفاتيح من موضع المفتاح أو من بعد .

تعرف المواصفات العالمية والمحلية الطريقة التي يجب بها إدراك تركيبات دوائر الجهد المنخفض ومقدرة وحدود أجهزة الفصل والوصل والموجودة في مجموعة ضمن أجهزة الفصل والوصل.

والوظيفة الأساسية لأجهزة الفصل والوصل هي:

- الحماية الكهربائية
- العزل الكهربائي لأجزاء التركيبات
- فصل ووصل المفاتيح من موضع المفتاح أو من بعد.

وهذه الوظائف يتم تلخيصها في الجدول ح٢- أدناه وتكون الحماية الكهربائية للجهد المنخفض (كجزء من المصاهر) وعادة ما تكون مدمجة في قواطع الدائرة على شكل أجهزة حرارية مغناطيسية و/أو الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي- موافق عليها ولكن لا توصي بها IEC، وبالإضافة إلى الوظائف الموضحة في جدول ح٢-١، توجد وظائف أخرى هي:

- الحماية ضد زيادة الجهد
- الحماية ضد إنخفاض الجهد تزود بأجهزة خاصة (مانعة صواعق وأنواع أخرى كابحات تموّر، مرحلات مصاحبه للملامس، تتحكم عن بعد بالقواطع الكهربائية وقاطع الدائرة/ العازلات المشتركة.

الحماية الكهربائية ضد	الفصل	التحكم
-تيارات زيادة الحمل -تيارات قصر الدائرة -إنهيار العزل	-يظهر الفصل بشكل واضح بواسطة مؤشر ميكانيكي عديم الفشل. -فجوة أو تداخل ألواح العزل بين الملامسات المفتوحة ويمكن رؤيتها بوضوح	-المفاتيح الوظيفية -مفاتيح الطواريء -مفاتيح إيقاف للطواريء -مفاتيح الفصل لغرض الصيانة الميكانيكية.

جدول ح٢-١ : الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل جهد خفض.

١/١ الحماية الكهربائية

تضمن الحماية الكهربائية ما يلي :

- حماية عناصر الدائرة ضد الاجهادات الميكانيكية والحرارية لتيارات قصر الدائرة
- حماية الأشخاص في لحظة إنهيار العزل .
- حماية الأجهزة الكهربائية المنزلية والأجهزة التي يمكن توريدها (مثل المحركات)

ح٢-

الهدف هو منع أو الحد من الدمار أو الأخطار المتتابعة لتيارات قصر الدائرة الزائدة أو الناتجة عن زيادة الحمل وإنهيار العزل . ولفصل الدائرة المعطوبة من بقية التركيبات، يجب عمل تمييز بين الحماية لـ

- عناصر التركيبات (كابلات- أسلاك- أجهزة فصل ووصل).
- الأشخاص والحيوانات
- المعدات والأجهزة الكهربائية المنزلية المغذاة من التركيبات.
- حماية الدوائر (انظر الفصل ح١).
- ضد زيادة الحمل : حالة زيادة التيار الناتجة عن تركيبات سليمة (ليس بها خطأ).
- ضد تيارات قصر الدائرة الناتجة عن إنهيار كامل للعزل بين موصلات مختلف الأطوار أو (في نظم TN)بين طور ومحايد (أو موصل PE).

وتكون الحماية في هذه الحالة مزودة بمصاهر أو قاطع الدائرة عند لوحة التوزيع والتي يخرج منها الدائرة النهائية (مثال الدائرة التي عندها يتصل الحمل).

بعض المخاطر لهذه القاعدة مشار إليها في بعض المواصفات الوطنية كما هو مشار إليها في فصل ح١ بند فرعي ٤,/١

- حماية الأشخاص ضد انهيار العزل (انظر الفصل ج). طبقاً لنظام التأريض في التركيبات (TN، TTأو IT)فسوف توفر الحماية بمصهر وقواطع دائرة أو أجهزة تعمل بالتيار المتبقي و/أو مراقبة دائمة لمقاومة العزل للتركيبات مع الأرض.
- حماية المحركات الكهربائية(انظر فصل Jبند ٥) ضد زيادة الحرارة بسبب زيادة الحمل لمدة طويلة، توقف وكبح العضو الدائر، أو ضبط الطور الأحادي على

٢/١ الفصل

إن حالة الفصل الواضحة من خلال مؤشر يعتمد عليه أو الفصل المرئي للملاسات كلاهما يبدو مرضياً في المواصفات المطبقة في كثير من دول العالم

إن الهدف من الفصل هو فصل الدائرة أو الجهاز أو أي عنصر في المحطة (مثل المحرك.. الخ) من الجزء الباقي من النظام المغذي بالطاقة، من أجل أن يتمكن الأشخاص من العمل في الجزء المعزول والعمل به بأمان تام وفي الأساس فإن كل دوائر تركيبات الجهد المنخفض يمكن عزلها بوسائل خاصة ومن الناحية العملية فإنه لضمان خدمة مستمرة، يفضل تزويد وسائل عزل عند أصل كل دائرة.

ويجب أن تفي وسائل العزل بالمتطلبات الآتية:

- جميع أقطاب الدائرة تشمل المحايد (فيما عدا عندما يكون موصل المحايد (PENيجب أن يكون مفتوح.
- التحقق من أن ملامسات جهاز العزل حقيقة مفتوحة بواسطة :
  - إما بالرؤيا وذلك عندما يكون الجهاز مصمماً بحيث يمكن رؤية ملامساته (بعض المواصفات الوطنية تفرض هذه الشرط كجهاز عزل موضوع عند أصل التركيبات للجهد المنخفض والمغذاه مباشرة من محول جهد عالي/جهد منخفض).
  - أو ميكانيكيا بواسطة مؤشر صلب ملحوم مع عمود التشغيل للجهاز، في هذه الحالة فإن تركيب الجهاز يجب أن يكون على أساس أنه في النهاية يجب أن تصبح الملامسات ملتحمه معاً في وضع مقفل، وأن المؤشر أن يبين أنه في وضع مفتوح.
- تيارات التسرب. مع جهاز عزل مفتوح

جهد الخدمة الأسمي (فولت)	نبضة الصمود لأقصى جهد (ك ف)
٢٣٠ / ٤٠٠	٥
٤٠٠ / ٦٩٠	٨
١٠٠٠	١٠

جدول ح ٢-٢ القيمة القصوى لجهد النبضة حسب جهد الخدمة العادي لعينة الفحص.

سبيل المثال.

ويتم استخدام المرحلات وبخاصة المصممه لتوافق خصائص المحركات. وتستخدم تلك المرحلات عند الحاجة في حماية كابل دائرة المحرك ضد زيادة الحمل،

أيضاً تتم الحماية ضد قصر الدائرة إما باستخدام مصاهر aM أو قاطع دائرة والتي يزال منها عنصر الحماية الحرارية(زيادة الحمل)أو يتم إبطاله.

- يجب أن يزود بقفل يفتح بواسطة مفتاح وذلك لغرض منع إعادة القفل عن طريق الخطأ أو الإهمال .
- يجب أن يتوافق مع مواصفات وطنية أو عالمية معروفة مثل ٩٤٧-٣) بخصوص الخلوص بين الملامسات، مسافات الزحف، المقدرة على الصمود للجهد الزائد الخ وأيضاً التحقق من أن ملامسات جهاز العزل مفتوحة والتحقق يمكن أن يكون:

(١)الفتح المتزامن لجميع الموصلات الحية بينما لا يكون ذلك دائماً إجبارياً، وبأي وسيلة يوصى بذلك بشده (لأسباب أمان أكبر ومزايا للتشغيل). ملامس المحايد يفتح بعد ملامسات الطور ويقفل قبلهما (IEC947-1).

- فإن تيارات التسرب بين الملامسات المفتوحة لكل طور يجب ألا تتجاوز:
  ٠,٥مللي أمبير للجهاز الجديد.
  ٠,٦مللي أمبير عند نهاية العمر المفيد للجهاز
- القدرة على الصمود أمام اندفاع الجهد خلال الملامسات المفتوحة. عندما يكون جهاز الفصل مفتوحاً يجب أن يصمد عند نبضة ١,٢/٥٠ ميكروثانية عندما تكون القيمة القصوى ٥ أو ٨ أو ١٠ كيلوفولت وذلك طبقاً لجهد الخدمة المشار إليه في جدول ح٢-٢, وهذه الحالات يجب أن يقوم بها الجهاز بصورة مرضية عند قيم حتى ٢٠٠٠ متر فوق سطح البحر. وبالتالي فعندما تجرى التجارب عند مستوى سطح البحر ، يجب زيادة قيم التجارب بنسبة ٢٣٪لتأخذ في الاعتبار التأثير الناتج عن الارتفاع عن مستوى سطح البحر (انظر المواصفة - IEC 947 الجدول السابق F-10).

ح-٢

أجهزة الفصل والوصل الصناعية للجهد المنخفض التي تتحمل العزل عندما تكون في وضع فصل توجد علامة على الوجه الأمامي بواسطة الرمز

هذا الرمز يمكن أن يحتوي على مزايا أخرى حيث يمكن للجهاز أداء وظائف أخرى كما هو مبين في شكل ح٢-٤,

شكل ح٢-٣ الرمز الفاصل يشار إليه أيضاً كفاصل

مفتاح الفصل يشار إليه كمفتاح عزل على الحمل أيضاً.

قاطع دائرة مناسب تفاصل للدائرة

شكل ح٢-٤: رموز فصل الدائرة لها المقدرة على الاندماج في أجهزة المفاتيح الأخرى.

* IEC 617-7 and 947-3

ملحوظة: في هذا الدليل المصطلح "فاصل" و"عازل" لهما نفس المعنى.

٣/١ التحكم في مفاتيح الوصل والفصل

تسمح وظائف التحكم في مفاتيح الوصل والفصل للمسئولين عن أنظمة التشغيل بتعديل نظام الحمل عند أي لحظة طبقاً للمتطلبات وتشمل :

- التحكم الوظيفي (المفاتيح الروتينية)
- مفاتيح الطوارىء
- أعمال الصيانة في نظم القدرة

في المصطلحات الخارجية "تحكم" يدل على أي مميزات لتعديل الأمان للحمل الحامل لنظم القدرة عند جميع المستويات (القيم) للتركيبات.

تشغيل مفاتيح الفصل والوصل يكون جزءً هاماً لنظام التحكم في القدرة.

التحكم الوظيفي

يتعلق هذا التحكم بتشغيل جميع المفاتيح في حالات الخدمة العادية وذلك لتشغيل أو عدم تشغيل جزء من النظام أو التركيبات أو معدة أو أي جزء من المحطة.. الخ. ويتم تركيب أجهزة الفصل والوصل للقيام بتلك الواجبات فيجب مراعاة ما يلي :

- أن تكون تلك الأجهزة عند مصدر (بداية) أي تركيبات أو
- عند دائرة الحمل النهائية أو الدوائر (مفتاح واحد يمكنه التحكم فيها) يجب أن تكون الدوائر التي يتم التحكم فيها معلمة بشكل واضح لا لبس فيه.

ومن أجل إتاحة أقصى مرونة وتشغيل مستمر، خصوصاً عندما تكون أجهزة المفاتيح تحتوي على حماية (مثال قاطع الدائرة أو مفتاح بمصهر) فإن من الأفضل أن تشتمل على مفتاح عند كل مستوى للتوزيع أي عند كل مخرج، لكل الموزعات والموزعات الفرعية والخطة يمكن أن تكون:

- إما يدوياً (بواسطة تشغيل ذراع على المفتاح أو:
- كهربائياً بواسطة زر ضاغط على المفتاح أو عند موضع للتحكم. (كمثال فصل الحمل وإعادة التوصيل). وهذه المفاتيح تعمل لحظيا (كمثال بدون تأخير متعمد). وهذه التي يتم تزويدها بالحماية تكون أقطاب شاملة× ثابتة. قاطع الدائرة الرئيسي للتركيبات الشاملة عندما يستخدم قاطع الدائرة في التبديل (من منبع إلى آخر) يجب أن يكون وحدات قطبية شاملة.

*قاطع في كل طور وكذلك (عندما يكون ذلك مناسباً) قاطع في المحايد (انظر جدول ح١-٦٥).

ح-٢

مفاتيح الطواريء – إيقاف للطواريء

تكون مفاتيح الطواري مخصصة لفصل الدائرة المكهربة والتي قد تكون خطرة أو قد تصبح خطرة (الصدمة الكهربائية أو الحريق). وإيقاف الطواريء مخصص لكبح الحركة التي قد تصبح خطرة وفي كلتا الحالتين:

- جهاز التحكم للطواريء أو بوسيلة للتشغيل (من موضع الجهاز أو من على بعد) مثل الأجهزة المحدبة الحمراء الكبيرة. ضاغط إيقاف الطواريء يجب أن يكون مميزاً وفي متناول اليد على مقربة من أي موضع يمكن أن يظهر به الخطر .
- العمل الوحيد يجب أن تكون نتيجته فصل كامل للموصلات المكهربة (١) (٢) ؛
- مفتاح الطواريء بكسر الزجاج – الجهاز المبدئي يكون مفوضاً ولكن في تركيبات غير مأهولة ، إعادة توصيل الدائرة يمكن إنجازها فقط بواسطة أشخاص مؤهلين بواسطة مفتاح يمكن حمله.

ويجب ملاحظة أنه في بعض الحالات، يتطلب نظام الطواريء للقطع ، استمرار إمداد الدوائر حتى إيقاف الآلات.

(١)يأخذ في الحسبان المحركات المتوقفة.

(٢)في نظام TNموصل PENيجب أن لا يكون مفتوحاً، حيث أن وظيفته سلك حماية أرضي بالإضافة إلى كونه موصل محايد في النظام.

فصل المفاتيح لغرض أعمال الصيانة الميكانيكية

هذا التشغيل يضمن إيقاف الماكينات وعدم احتمالية إعادة تشغيلها بطريق الخطأ بينما تجرى الصيانة الميكانيكية على الآلات الدوارة. وعموما فإن القفل يتم بواسطة جهاز المفتاح الوظيفي وذلك باستخدام قفل أمان مناسب وتحذير على آلية المفتاح.

ح–٢

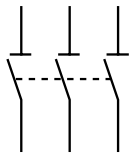
١/٢ مفاتيح وصل وفصل أولية

الفاصل (أو العازل)

يعمل هذا المفتاح يدوياً ومزود بقفل، وله موضعين (فتح/قفل) حيث تزود الدائرة بعزل آمن عند تأمين وضع الفتح. وهذه الخصائص معرفة في المواصفة IEC 947-3. والفاصل ليس مصمماً لتوصيل أو قطع التيار ولا يوجد أي قيم مقننة لهذه الوظائف معطاه في المواصفات. ويجب أن يكون قادراً على الصمود لتيارات قصر الدائرة ويحدد زمن المقدرة على الصمود للقصر وبصفة عامة لمدة ثانية واحدة، مالم يتم الاتفاق على أي شيء آخر بين المستخدم والمصنِّع. وهذه المقدرة تكون عادة أكثر دقة لمدد أطول (قيم منخفضة) للتشغيل عند زيادة التيار، مثل عند بدء حركة المحركات.

ويجب أن تكون معايرة التحمل الميكانيكية، وزيادة الجهد، واختبارات تيار التسرب مرضية.

*مثال: يكون فاصل الضغط المنخفض أساساً نظاماً خاملاً عند تشغيله كمفتاح فصل ووصل بدون جهد على الجانب الآخر له، وبخاصة عند القفل، لأن إحتمالية حدوث قصر دائرة غير متوقع على الجانب السفلي للشبكة. مع ربط بالشبكة العليا باستخدام مفتاح أو قاطع دائرة.



شكل ح٢– ٥: رمز الفاصل أو العازل

مفتاح قطع الحمل

بوجه عام يعمل هذا المفتاح يدويا (ولكن في بعض الأحيان يزود بإعتاق كهربائي من أجل تشغيل ملائم) ولا يكون جهازاً أوتوماتيكياً بموضعين (فتح/قفل).

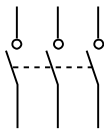
ويستخدم لفتح وقفل دوائر الأحمال في الحالات العادية الخالية من الأعطال بالدائرة وبالتالي لا يكون مزوداً بأي حماية للتحكم في الدائرة.

وتعرف المواصفة الدولية IEC 947-3الآتي:

- تردد تشغيل المفتاح (٦٠٠ دورة قفل/فتح لكل ساعة كحد أقصى).
- قدرة التحمل (الصمود) الميكانيكية والكهربائية (بوجه عام أقل من الملامس).
- مقننات وصل وقطع التيار للحالات العادية والنادرة.

ح–٢

وتتطرق المواصفة الدولية IEC 947-3أيضاً إلى تعريف ثلاثة أنواع لمفاتيح قطع الحمل، وكل منها مناسب لقيم مختلفة لمعاملات القدرة كما هو مبين في جدول ح٢-٧,



شكل ح٢-٦ رمز مفتاح قطع الحمل

عند قفل المفتاح لتغذية دائرة فيوجد هناك دائماً إحتمالية لقصر دائرة غير متوقع موجود على الدائرة، ولهذا السبب ، فإن مفاتيح القطع على الحمل تحدد مقنن تيار الخطا المؤثر. كمثال: القفل الناجح يكون مؤكداً ضد القوى الاليكتروديناميكية لتيار قصر الدائرة. مثل المفاتيح والتي تكون بشكل عام منسوبة إلى مفاتيح قطع الحمل بتأثير الخطأ. أجهزة الحماية بالشبكة العليا تتعلق بخطأ قصر الدائرة الواضح.

طبيعة التيار	فئة الاستخدام		التطبيقات المشابهة
	تشغيل متكرر	تشغيل نادر	
تيار متردد	AC-20A	AC-20B	التوصيل وعدم التوصيل عند حالات اللاحمل
	AC-21A	AC-21B	فصل وتوصيل الأحمال المقاومية وتشمل زيادة الأحمال المعتدلة
	AC-22A	AC-22B	فصل وتوصيل الأحمال الحثية المقاومية المختلطة وتشمل زيادة الأحمال المعتدلة
	AC-23A	AC-23B	فصل وتوصيل أحمال المحرك أو الأحمال الحثية العالية الأخرى

جدول ح٢-٧- فئات الاستخدام لمفاتيح الجهد المنخفض تيار متردد طبقاً لـ IEC 947-3

وتشتمل الفئة AC-23على مفاتيح الفصل والتوصيل للمحركات المنفصلة. فصل وتوصيل المكثفات الكهربائية أو فتيلة مصابيح التنجستن يجب أن تخضع للاتفاق بين المصنِّع والمستخدم.

وفئات الاستخدام المشار إليها في جدول ح٢-٧ لا تشمل المعدات ذات الاستخدام العادي لبدء حركة أو تعجل السرعة أو تعمل على إيقاف المحركات المنفصلة.

لقد تم التعامل مع فئات الاستخدام لكل معده في فصل ي، جدول ي ٥-٤ .

مثال:

مفتاح قطع حمل ١٠٠ أمبير للفئة (AC-23 الحمل الحثي) يجب أن تكون قادرة :

- لوصل تيار ١٠ In = 1000A عند معامل قدرة ٠,٣٥ متأخر؛
- لقطع تيار ٨ In = 800 A عند معامل قدرة ٠,٣٥ متأخر؛
- تحمل تيارات قصر الدائرة (التي لا تقل عن ١٢In) والتي تمر خلاله لمدة ثانية واحدة. حيث ١٢In تساوي جذر متوسط المربعات]ج.م.م [لقيمة مركبة التيار المتردد، بينما القيمة القصوى (يعبر عنها بالكيلو أمبير) معطاة بواسطة المعامل " "nفي جدول XVI من المواصفة الدولية IEC 947-1، والذي تم إيراده فيما يلي لكي يطلع عليه ويحيط به القارئ (جدول ح٢-٨).

تيار الاختبار (أمبير) ت	معامل القدرة	ثابت الزمن (مللي ثانية)	n
ت ≤ ١٥٠٠	٠,٩٥	٥	١,٤١
١٥٠٠ < ت ≤ ٣٠٠٠	٠,٩	٥	١,٤٢
٣٠٠٠ < ت ≤ ٤٥٠٠	٠,٨	٥	١,٤٧
٤٥٠٠ < ت ≤ ٦٠٠٠	٠,٧	٥	١,٥٣
٦٠٠٠ < ت ≤ ١٠٠٠٠	٠,٥	٥	١,٧
١٠٠٠٠ < ت ≤ ٢٠٠٠٠	٠,٣	١٠	٢,٠
٢٠٠٠٠ < ت ≤ ٥٠٠٠٠	٠,٢٥	١٥	٢,١
٥٠٠٠٠ < ت	٠,٢	١٥	٢,٢

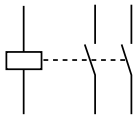
جدول ح٢-٨: المعامل " "nالمستخدم للقيم القصوى – ج م م(IEC 947-1).

المفتاح ثنائي الإستقرار

هذا الجهاز له استخدام واسع في التحكم بدوائر الإنارة. وبالضغط على زر ضاغط (عند موضع تحكم من بعد) فسوف يفتح المفتاح إن كان مغلقاً أو يغلق المفتاح إذا كان مفتوحاً لحالتي استقرار متعاقبة.

التطبيقات المتشابهة هي :

- مفتاح اتجاهين على ممر السلالم في المباني الكبيرة.
- نظم الإضاءة على مراحل .
- إضاء المصانع.
- الأجهزة المساعدة المتاحة يمكن أن توفر مؤشر عن بعد يبين حالتها عند أي لحظة.
- وظائف المؤخر الزمني
- المحافظة على خصائص الملامس



شكل ح٢-٩: رمز مفتاح التشغيل من على بعد ذو حالتي استقرار.

الملامس

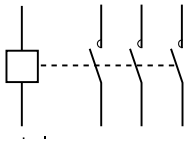
الملامس عبارة عن ملف يقوم بتشغيل أجهزة المفاتيح وغالباً ما تصبح هذه المفاتيح مغلقة بواسطة مرور تيار خلال الملف المغلق (أيضاً يوجد مختلف المثبتات الميكانيكية للأعمال المتخصصة) وتصمم الملامسات لتقوم بعدد من دورات الفتح/القفل ويتم التحكم فيها عن بعد بواسطة ضاغط تشغيل/إيقاف. وفي الجدول ٨ من المواصفة رقم ٩٤٧-٤ IECيتم وصف الإعداد الكبيرة لتكرار دورة التشغيل ومنها:

- فترة التشغيل : ٨ ساعات ولفترة مؤقتة متقطعة وغير متقطعة لـ ٣، ١٠، ٣٠، ٦٠ و٩٠ دقيقة .
- الاستخدام : (للتعريف انظر جدول ي ٥-٤) كمثال، ملامس فئة AC3يمكن استخدامه لبدء حركة وإيقاف المحرك القفصي:
- دورات البدء – الإيقاف (١ حتى ١٢٠٠ دورة/ساعة)
- الصمود الميكانيكي (عدد مناورات إيقاف الحمل).

الصمود الكهربائي (عدد مناورات تشغيل الحمل)

*أداء وصل وقطع التيار المقنن طبقاً لفئة الاستخدام المتوقع.

مثال: ملامس هوائي ١٥٠ أمبير ذات فئة AC3يجب أن يكون له مقدرة على قطع أدنى تيار لـ ٨ = In 1200Aووصل أدنى تيار مقنن لـ ١٠ In = 1500Aعند معامل قدرة (متأخر) ٠,٣٥ .



شكل ح٢-١٠: رمز الملامس الهوائي

الملامس الفاصل*

يعرف على أنه ملامس مجهز بمرحل حراري للحماية ضد زيادة الحمل. والملامسات الفاصلة تستخدم على نطاق واسع للتحكم بدوائر الإنارة بضاغط زر عن بعد، وأيضاً يمكن اعتباره كعنصر ضروري في دوائر التحكم للمحرك، كما هو مشار إليه في البند الفرعي ٢/٢ "العناصر المشتركة لمفتاح الوصل والفصل".

ولا يعتبر الملامس الفاصل مكافئاً لقاطع الدائرة، حيث أن المقدرة على قطع تيار قصر الدائرة له محدد بـ ٨ or 10 In. ولهذا السبب فمن أجل حماية قصر الدائرة، فإنه من الضروري أن يشمل مصاهر أو قاطع دائرة على التوالي من الجهة العليا للشبكة من تلامسات الملامسات الفاصلة.

*هذا المصطلح غير معرَّف في طبعات IEC ولكنه يستخدم كثيراً في بعض الدول.

ح-٢

يوجد طرازان من مصهرات الجهد المنخفض ذات استخدام واسع جداً

- للتركيبات المنزلية والمشابهة نوعgG.
- للتركيبات الصناعية نوعgM،gG، أو aM

المصاهر

توجد مصاهر مجهزة بقاذفات مصهر أو بدونها تعمل كمؤشرات ميكانيكية.

وتقوم المصاهر بقطع الدائرة عندما ينصهر عنصر المصهر عند زيادة التيار عن القيمة المعطاه خلال فترة من الوقت؛ وعلاقة التيار/الزمن موضحة في شكل منحنى الأداء لكل نوع من المصهر.

وتعرف المواصفات طرازين من المصهرات هما:

- المستخدمة في التركيبات المنزلية وتصنع على شكل فئات بتيارات مقننة حتى ١٠٠ أمبير ويتم تمييز نوع gGفي مواصفة IEC 239-3 .
- المستخدمة في الصناعات ذات فئة تمييز نوعية (gG استخدام عام) و gMو aM)لدوائر المحركات) في مواصفة IEC 269–2 and 1 .

والاختلافات الرئيسية بين المصاهر المنزلية والصناعية هي في الجهد الأسمي وقيم التيار (التي يطلب لها أبعاد فيزيائية كبيرة للغاية) ومقدرتهم على قطع تيار الخطأ.

ومصهرات الربط من نوع gGغالباً ما تستخدم لحماية دوائر المحركات، والتي من المحتمل أن تكون خصائصهما قادرة على الصمود لتيار بدء حركة المحركات بدون تلف.

وقد تبنت الهيئة الدولية IEC تطورات حديثة كثيرة في المصاهر نوع gM لحماية المحركات، وقد صممت لتغطية حالات بدء الحركة وقصر الدائرة، وهذا النوع من المصهرات شائع الاستخدام في بعض الدول عن الأخرى، وفي الوقت الحاضر يعتبر المصهر aMالمدمج مع متمم حراري لزيادة الحمل الأكثر استخداماً وإنتشاراً.

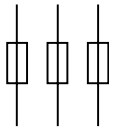
ومصهرات الربط gm ذات التقنين المزدوج يتم تمييزها بقيمتين للتيار.

القيمة الأولى In توضح كلاً من التيار المقنن لمصهر الربط وحامل المصهر؛

القيمة الثانية Ichتوضح خصائص التيار– الزمن لمصهر الربط كما هو معرف في البوابات (gatesفي جداول ٢، ٣، ٤ من المواصفة . IEC 269-1 وهذان المقننان يتم فصلهما بواسطة حرف حيث يتم به تعريف التطبيق . وعلى سبيل المثال فإن In M Ich يدل على من ذلك يتضح أن المصهر معد لحماية دوائر المحرك وله الخصائص .Gفالقيمة الأولى Inتناظر القيمة القصوى المستمرة

للمصهر بكامله والقيمة الثانية Ich تتعلق بخصائص Gلمصهر الربط. ولتفاصيل أخرى انظر الملحوظة في نهاية البند الفرعي ٢–١,٢ مصهر الربط aMيتم تمييزه بواسطة قيمة واحدة للتيار Inوالزمن – التيار والخصائص موضحة في شكل ح٢–١٤,

هام: تستخدم بعض المواصفات الوطنية مصهر gLنوع صناعي مشابه في كل المهمات الرئيسية لمصاهر نوع gG. ومصاهر نوع gL لا تستخدم مطلقاً، وبخاصة في المنازل والتركيبات المشابهة.



شكل ح٢–١١ رمز المصاهر

ح–٢

مناطق الإنصهار-

التيارات الاصطلاحية

تم تعريف حالات الإنصهار للمصهر في المواصفات القياسية طبقاً لفئاتها

nفئة المصاهر gG.

هذه المصاهر توفر الحماية ضد زيادة الأحمال وقصر الدوائر.

تيارات الانصهار وغير الانصهار الاصطلاحية تم وصفها كما هو موضح في شكل ح٢-١٢ جدول ح٢-١٣ .

تيار عدم الانصهار الاصطلاحي Infهو قيمة التيار التي يستطيع عنصر المصهر حملها لوقت محدد بدون ذوبان.

مثال: مصهر ٣٢ أمبير يحمل تيار ١,٢٥) Inأي ٤٠ أمبير) لا يجب أن ينصهر قبل مضي ساعة واحدة (جدول ح٢-١٣).

تيار الانصهار الاصطلاحي If (=12 في شكل ح٢-١٢) وهو قيمة التيار التي سوف تسبب انصهار عنصر المصهر قبل نهاية الزمن المحدد.

مثال: مصهر ٣٢ أمبير يحمل تيار ١,٦ (52.1 In أمبير) يجب أن ينصهر المصهر في ساعة أو أقل (جدول ح٢-١٣).

المواصفة IEC 269-1تصف الاختبارات المطلوبة لخصائص تشغيل المصهر والواقعة بين منحنيين محددِّين (موضحة في شكل ح٢-١٢) للمصهر المحدد تحت الاختبار. وهذا يعني أن المصهرين اللذين يجتازان الفحص يكون لهما أزمنة تشغيل مختلفة بشكل كبير عند مستويات منخفضة لزيادة الحمل.

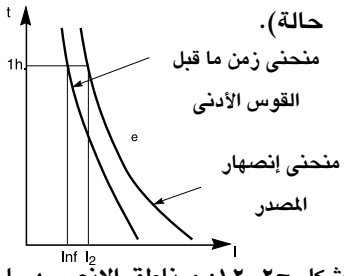
المثالان بعاليه لمصهر ٣٢ أمبير، معاً مع الملاحظات السابقة على متطلبات الاختبار القياسية، يبينان لماذا يكون لهذه المصاهر أداء رديء في المدى المنخفض لزيادة الحمل.

لذا يكون من الضروري تركيب كابل أكبر من حيث السعة عن المطلوب عادة للدائرة من أجل تفادي التأثيرات الناتجة عن زيادة الحمل المحتملة لفترة طويلة (٦٠٪ زيادة الحمل حتى ساعة واحدة في أسوأ حالة).

وللمقارنة، قاطع دائرة له نفس التيار المقنن:

الذي يمرر ١,٠٥ Inيجب أن لا يفصل في أقل من ساعة؛

عندما يمر ١,٢٥ Inيجب أن يفصل في ساعة أو أقل (٢٥٪ زيادة حمل حتى ساعة واحدة في أسوأ حالة).



شكل ح٢-١٢: مناطق الانصهار وعدم الانصهار للمصاهر gGو gM.

الطراز	التيار المقنن (أمبير) (A)	تيار عدم الانصهار الاصطلاحي	تيار الانصهار الاصطلاحي	الزمن الاصطلاحي
gG gM	In < 4 A	1.5 In	2.1 In	1
	4 < In < 16 A	1.5 In	1.9 In	1
	16 < In < 63 A	1.25 In	1.6 In	1
	63 < In < 160 A	1.25 In	1.6 In	2
	160 < In < 400 A	1.25 In	1.6 In	3
	400 < In	1.25 In	1.6 In	4

جدول ح٢-١٣ مناطق الانصهار وعدمه للمصاهر أنواع ggو gMللجهد المنخفض (IEC 269-1 & 269-2-1)

*للمصاهر Ich gM

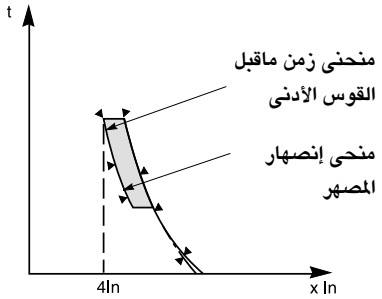
مصاهر طراز (aMمحرك)

توفر هذه المصاهر الحماية ضد تيارات قصر الدائرة فقط، ومن الضروري أن ترتبط مع أجهزة فصل ووصل أخرى (مثل الفواصل أو قواطع الدائرة) من أجل ضمان حماية لزيادة الحمل < 4In .

ولذا فهي ليست مستقلة في حد ذاتها. وحيث أن المصاهر aM لا توفر الحماية ضد القيم المنخفضة لتيار زيادة الحمل فإنه لا توجد قيم إصطلاحية لتيارات الإنصهار وعدم الإنصهار ثابتة.

منحنيات الخواص لاختبار هذه المصاهر معطاة كقيم لتيار الخطأ يزيد تقريباً (٤ In انظر شكل ح٢-١٤)، واختبار المصاهر طبقاً لـ IEC 269 يجب أن يعطى منحنيات التشغيل والتي تقع في المنطقة المظلله.

ملحوظة: رؤوس الأسهم الصغيرة في المخطط تشير إلى قيم بوابة التيار/الزمن للمصاهر المختلفة التي سيتم اختبارها (IEC 269).



شكل ح٢-١٤: المناطق المعايرة للانصهار لمصاهر طراز(aM كل تقنينات التيار)

ح-٢

تيارات القطع المقننة لقصر الدائرة

إن خصائص المصاهر الخرطوشية الحديثة يعبر عنها بالمقدرة على سرعة الانصهار في حالة المستويات العالية لتيار قصر الدائرة× حيث يبدأ التيار في القطع قبل حدوث الذروة القصوى الأولى، ولهذا لا يصل تيار الخطأ أبداً إلى قيمته القصوى المتوقعة (شكل ح٢-١٥).

إن تحديد هذا التيار يقلل بشكل كبير من الاجهادات الحرارية والديناميكية التي سوف تحدث، بالإضافة إلى تخفيف التلف والخطر في موضع الخلل. وتيار القطع المقنن لقصر الدائرة للمصهر يبنى على قيمة جـ.م.ت لمركبة التيار المتردد لتيار الخطأ المتوقع. ولا يوجد تيار قصر دائرة مقنن مؤشر يعهد به إلى المصاهر.

*بالنسبة للتيارات التي تتجاوز قيماً محددة تعتمد على مقنن التيار الاسمي للمصهر كما هو موضح اسفل في شكل ح-٢ ١٥أ.

يجب أن نتذكر بأن تيارات قصر الدائرة تحتوي في البدء على مركبات تيار مستمر وقيمتها ودورتها تعتمد على نسبة $\frac{XL}{R}$ لتيار الخطأ

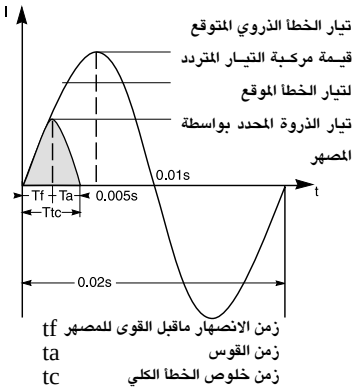
للدائرة المغلقة. بالقرب من المنبع (محول جهد عالي جهد منخفض)تكون العلاقة$\frac{I_{peak}}{I_{ms}}$(مركبة التيار المتردد)

والتي تتبع في الحالة لحظة وقوع الخطأ، يمكن أن تصل إلى ارتفاع ٢,٥ (معاير بالمواصفة الدولية IEC وموضح بالشكل ح٢-١٥أ).

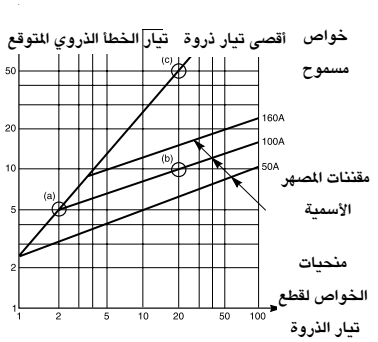
عند القيم الصغيرة للتوزيع في التركيبات، كما لوحظ سابقاً، X_L تكون صغيرة بالمقارنة بـ Rوالدوائر النهائية،

وأن $\frac{I_{peak}}{I_{ms}} \sim 1.41$ ، وهذه الحالة موضحة

بالشكل ح٢-١٥أ) بعاليه وبالقيمة n التي تناظر معامل القدرة ٠,٩٥ في جدول ح٢-٨.



شكل ح٢-١٥: تحديد التيار بواسطة المصهر



مركبات التيار المتردد لتيار الخطأ المتوقع

شكل ح٢- ١٥أ تحديد تيار الذروة ضد قيم مركبات تيار الخطأ لمصاهر الجهد المنخفض المتوقعة حـ.ت.م.

ح-٢

إن تأثير حدود أقصى تيار يحدث فقط عندما تكون مركبة التيار المتردد جـ ت م المتوقع لتيار الخطأ يبلغ بعض القيم، كمثال، في الفقرة عاليه بالمصهر ١٠٠ أمبير سوف يبدأ في قطع تيار الذروة عن تيار خطأ متوقع ج.م.م (2 (r.m.s ك أ (أ). نفس المصهر لحالة ٢٠ ك.أ (ج.م.م). والتيار المتوقع سوف يحد من التيار الذروي حتى ١٠ ك.أ (ب). بدون مصهر تحديد للتيار فإن تيار الذروة يمكن أن يصل إلى ٥٠ ك أ (ج) في هذه الحالة الخاصة.

كما هو مشار إليه سلفاً فإنه عند قيم منخفضة للتوزيع في التركيبات ، Rتفوق XLبدرجة كبيرة، وقيم الخطأ تكون عامة منخفضة.

وهذا يعني أن قيم تيار الخطأ لا يمكن أن تصل لقيم كبيرة كافية لتسبب تحديد تيار الذروة. ومن جهة أخرى فإن، التيارات المستمرة العابرة (في هذه الحالة) ليس لها أي تأثير يؤخذ في الاعتبار على قيمة تيار الذروه، كما أشير إليه سابقاً.

ملحوظة على مقننات مصهر gM.

إن المصهر من نوع gMيكون أساساً هو المصهر من نوع gG، وعنصر الانصهار له يناظر قيمة التيار Ich (ch = خصائص) والتي يمكن أن تكون ٦٣أ مثلاً.

وهذه هي قيمة اختبار مواصفة IEC، حيث خصائص التيار/الزمن له مطابقة للمصهر ٦٣أ من نوع gG.

وهذه القيمة (٦٣أ) أختيرت للصمود لتيارات البدء العالية للمحركات، حيث أن تيار حالة التشغيل المستقرة (In له يمكن أن تصل إلى مدى ١٠–٢٠أ) .

وهذا يعني أنه يمكن استخدام مصهر صغير اسطواني وأجزاء معدنية، حيث أن التبدد الحراري المطلوب في الخدمة العادية يتعلق بالقيم الصغيرة (١٠–٢٠أ).

إن المصهر gM القياسي يكون مناسباً لهذه الحالة وسوف يتم تمييزه ٣٢ (Inm Ich) M 63 مقنن التيار الأول In يتعلق بالأداء الحراري للحمل المستقر لوصلة المصهر، بينما مقنن التيار الثاني ((Ichيتعلق بأداء تيار البدء (زمن قصير). ويكون من الواضح والمناسب أيضاً حماية المحرك ضد قصر الدائرة وزيادة الحمل لتلك التي لم تزود بمصهر، وعند إستخدام مصاهر gMيكون من الضروري استخدام مرحلات حرارية منفصلة معها، وتكون ميزة المصاهر gMعند مقارنتها بمصاهر aMهو تقليل الأبعاد الطبيعية وخفض التكلفة.

٢/٢ عناصر مدمجة من مفاتيح الوصل والفصل

وحدات الوصل والفصل المفردة لا تفي غالباً بثلاث وظائف أساسية هي: الحماية، والتحكم والفصل .

عندما يكون تركيب قاطع الدائرة غير مناسب (غالباً عندما يكون تقنين المفتاح عالياً، وعلى فترات ممتدة)، فإن دمج الوحدات يطبق خصيصاً لذلك الأداء، ومعظم العناصر المدمجة شائعة الاستخدام موضحة أدناه.

المفتاح والمصهر المدمجان

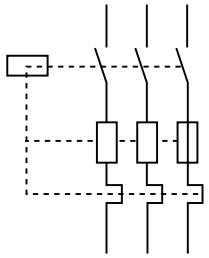
حالتان يمكن تمييزهما:

■ نوع عند تشغيل مصهر أو أكثر يسبب فتح المفتاح. وهذا يتم باستخدام مصاهر مجهزة بمسامير قذف، ونظام المفتاح هو إعتاق الزنبركات ومفصله الميكانيزم. وهذا النوع من الدمج عادة ما يستخدم عند قيم للتيار تزيد عن ١٠٠أ، ويزود أساساً بمرحل من النوع الحراري ضد زيادة التيار للحماية ضد زيادة الحمل (والتي لا يمكن للمصاهر وحدها أن تكون مناسبة لهذا الغرض).

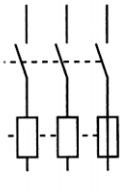
وعندما يتم تصنيف المفتاح AC22 أو AC23 ويركب مع مرحل حراري لزيادة حمل المحرك، فإن التركيبة كمثال هي مفتاح، مصاهر بمسمار قذف، مرحل زيادة الحمل تكون مناسبة للتحكم وحماية دائرة المحرك.

■ النوع الذي يحتوي على مفتاح غير آلي مع مجموعة المصاهر في حاوية واحدة.

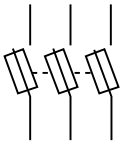
في بعض الأقطار وفي المواصفة IEC 947-3، المصطلحات "مفتاح – مصهر" ومصهر – مفتاح" لها معان محددة ، وهي:



شكل ح٢–١٦: رمز مفتاح – مصهر آلي باعتاق مع متمم حراري ضد زيادة الحمل.



شكل ح٢–١٧أ: رمز مفتاح – مصهر غير آلي



شكل ح٢– ١٧ب: رمز مصهر– مفتاح غير آلي

□ مفتاح مصهر يحتوي (بصفة عامة ، قاطع لكل قطب) على مفتاح على الجانب العلوي من قواعد المصهر الثابتة والتي يركب عليها المصاهر الحاملة (شكل ح٢–١٧ (أ)).

□ مصهر– مفتاح يتكون من مفتاح ثلاثي ذو ريش كل واحد يحتوي على قاطعين لكل طور.

وهذه الريش غير مستمرة على مدى طولها، ولكن لكل واحدة فجوة في المركز تكون على شكل قنطرة باستخدام حامل المصهر. فيبعض التصميمات لها قاطع مفرد/طور كما هو موضح في الأشكال ح٢–١٧ (أ) و(ب). مدى التيار لهذه الأجهزة محدد بـ ١٠٠أ كحد أقصى عند ٤٠٠ فولت ٣ طور، بينما الرئيسي منها يستخدم في المنازل والتركيبات المشابهة. ولمنع الاختلاط بين المجموعة الأولى (مثال اعتاق آلي) والمجموعة الثانية، المصطلح "مفتاح–مصهر" يجب تأهيله بواسطة وصفه بآلي وغير آلي.

ح–٢

مصهر– فاصل + فاصل ملامس

مصهر – مفتاح – فاصل – ملامس فصل

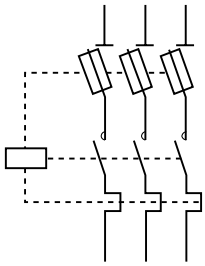
كما هو مشار إليه سابقاً، لا يكون الفاصل مزوداً بالحماية ضد أخطاء قصر الدائرة، ويكون من الضروري إضافة مصاهر (عموما تكون نوع aM) لأداء هذه الوظيفة، وهذا الدمج يستخدم أساساً في دوائر التحكم للمحرك، حيث أن الفاصل أو مفتاح– فاصل تسمح بتشغيل آمن مثل:

تغيير وصلات المصهر (مع دائرة العزل)؛

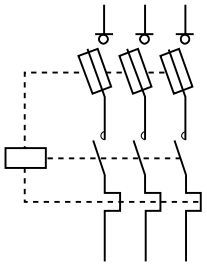
العمل في الدائرة السفلى للفاصل (مخاطر وصل الفاصل عن بعد) المصهر – الفاصل يجب أن يكون مرتبطاً مع الملامس الفاصل مثل مناورة عدم الفتح أو الغلق للمصهر– الفاصل لا تكون محتملة حتى يفتح الملامس الفاصل (شكل ح٢– ١٨(أ))، حيث أن المصهر – الفاصل ليس له مقدر الفصل عن الحمل مهصر – مفتاح – فاصل (الظاهرة) لا تحتاج إلى ربط (شكل ح٢–١٨(ب).

المفتاح يجب أن يكون طراز AC22أو .AC23

إذا كانت الدائرة تغذي محركاً.



شكل ح٢– ١٨(أ) رمز المصهر– الفاصل + الملامس الفاصل



شكل ح٢– ١٨(ب): رمز المصهر – مفتاح الفاصل + الملامس الفاصل

قاطع دائرة + ملامس

قاطع دائرة + فاصل ملامس

يستخدم هذا الدمج في التحكم عن بعد في أنظمة التوزيع والتي لها معدلات وصل وفصل عالية أو للتحكم أو حماية دائرة تغذى بمحركات وحماية المحركات الحثية جرى ذكرها في الفصل ز البند ٥ ز.

ح–٢

٣- اختيار مفاتيح الوصل والفصل

١/٣ قدرات وظيفية مجدولة

بعد القيام بدراسة الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل للجهد المنخفض (بند ١، جدول ح٢-١) والمركبات المختلفة لمفاتيح الوصل والفصل (بند ٢)، جدول ح٢-١٩ يلخص مقدرة المركبات المختلفة لأداء الوظائف الأساسية.

بند أجهزة الوصل والفصل	العزل	التحكم					الحماية الكهربائية		
		وظيفي	مفاتيح الطوارىء	ايقاف للطوارىء (ميكانيكيا)	مفاتيح للصيانة الميكانيكية		زيادة حمل	قصر دائرة	تفاضلي
عازل أو فاصل (٤)	■								
مفتاح (٥)	■	■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■			
جهاز يعمل بالتيار المتبقي RCCB (٥)	■	■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■			■
مفتاح فاصل	■	■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■			
ملامس		■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■	■ (٣)		
مفتاح ثنائي الاستقرار		■	■ (٢)	■ (١) (٢)	■				
مصهر	■								
قاطع الدائرة (٥)		■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■	■	■	
قاطع الدائرة الفاصل (٥)	■	■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■	■	■	
قاطع دائرة بالتيار الزائد والمتبقي RCCB (٥)	■	■	■ (١)	■ (١) (٢)	■	■	■	■	■
نقطة التركيب مبدأ عام	مصدر كل دائرة	جميع النقاط التي قد تحتاج لايقاف بسبب التشغيل	عموماً عند دخل الدائرة لكل لوحة توزيع	عند نقطة التغذية لكل ماكينة و/أو على الماكينة المتوقعة	عند نقطة التغذية لكل ماكينة		مصدر كل دائرة	مصدر كل دائرة	مصدر كل دائرة نظام التأريض المناسب TN-S, IT,TT

(١)عندما يتم التزويد بكل القيم الحدية للكابلات.

(٢)يمكن من الضروري عمل صيانة لنظام الكبح

(٣)لو تم تركيبه مع مرحل حراري (يشار إلى هذا الدمج أساساً كفاصل)

(٤)في بعض الأقطار يزود الفاصل بملامسات إجبارية يمكن رؤيتها عند أصل (بداية) تركيبات الجهد المنخفض والتي نغذى مباشرة من محول جهد عالي /جهد منخفض.

(٥)بعض بنود أجهزة الفصل والوصل تكون مناسبة لواجبات العزل (مثل RCCBsطبقاً لـ IEC 1008) بدون علامات واضحة.

جدول ح٢-١٩ : وظائف تم إنجازها بواسطة أجزاء مختلفة من مفاتيح الوصل والفصل

ح-٢

٢/٣ اختيار مفاتيح الوصل والفصل

تستخدم برامج الحاسوب وبشكل مكثف في اختيار مفاتيح الفصل والوصل – كل دائرة تعتبر مرة واحدة حتى يتم عمل قائمة بها ولتقوم بوظائف الحماية المطلوبة، واستخدام التركيبات مشار إليها في جدول ح٢–١٩ والملخص في جدول ح٢–١٠.

ويتم دراسة عدد من مفاتيح الوصل والفصل المدمجة ومن ثم مقارنتها ببعضها البعض بالمعيار الأساسي المرتبط مع هدف إنجاز ما يلي:

- أداء مرضي ؛
- التوافق عبر البنود المنفصلة من التيار المقنن In لقيمة تيار الخطأ Icn؛
- التوافق مع مفاتيح الوصل والفصل في الجهة العليا لمفاتيح الوصل والفصل أو الأخذ في الحساب ما تقوم بالإسهام به.
- تتوافق مع جميع النظم والمواصفات المتعلقة بالأمان وموثوقية أداء الدائرة.

ومن أجل تحديد عدد الأقطاب لبند أجهزة الوصل والفصل، يرجع للفصل ح١– بند٧، وجدول ح١–٦٥

تكون مفاتيح الوصل والفصل ذات الوظائف المتعددة مكلفة مبدئياً ، ولتقليل تكاليف التركيبات ومشاكلها، وجد أن من الأحسن تزويدها بهذا النوع من مفاتيح الفصل والوصل.

ح–٢

يقوم قاطع الدائرة / الفاصل بكل الوظائف الأساسية لمفاتيح الوصل والفصل، بينما تبقى كثير من الامكانيات موجودة عن طريق توفر ملحقات أخرى .

كما هو موضح في جدول ح٢-١٩ يكون قاطع الدائرة الفاصل هو البند الوحيد لجهاز الوصل والفصل القادر على إتمام الوظائف الأساسية الضرورية بصورة مرضية في التركيبات الكهربائية.

ومازاد عن ذلك: يمكن أن يتم باستخدام وحدات مساعدة يتم عن طريقها زيادة مدى الوظائف

كمثال: مؤشر (تشغيل – إيقاف – فصل على الخطأ)؛

– إعتاق للإنخفاض في الجهد وتحكم عن بعد..الخ)

وهذه المميزات تجعل من قاطع الدائرة/ الفاصل الوحدة الأساسية في أجهزة القطع والوصل لأي تركيبات كهربائية.

الوظائف	الحالات المحتملة
العزل	■
التحكم وظيفي	■
مفاتيح الطواريء	■ بأحتمالية التحكم عن بعد في ملف إعتاق
مفاتيح إيقاف للصيانة الميكانيكية	■
الحماية زيادة الحمل	■
قصر الدائرة	■
عطب العزل	■ بمرحل تيار تفاضلي
هبوط الجهد	■ (بواسطة ملف إعتاق لهبوط الجهد)
التحكم عن بعد	■ بالإضافة أو بالدمج
بيان وقياس	■ (تكون بصفة عامة إختيارية مع جهاز إعتاق اليكتروني)

جدول ح٢-٢٠ الوظائف المؤداه بواسطة قاطع الدائرة / الفاصل.

ح-٢

٤/١ مواصفات قياسية وتوصيفات

يجب أن تتوافق قواطع الدائرة الصناعية مع IEC 947-1, 947-2 أو أي مواصفات أخرى مكافئة .

ويتم تطوير المواصفات الأوربية المناظرة في الوقت الحاضر. كذلك يجب أن تتوافق قواطع الدائرة ذات الاستخدامات المنزلية مع IEC 898 ، أو أي مواصفة وطنية مكافئة .

مواصفات

بالنسبة لمواصفات التركيبات الصناعية جهد منخفض تكون مواصفات IEC المناسبة هي:

- 947-1 : مباديء عامة.
- 947-2 : جزء ٢: قواطع الدائرة؛
- 947-3 : جزء ٣ : المفاتيح، الفواصل، مفتاح – فاصلات ووحدات المصهر المؤتلفة .
- 947-4 : جزء ٤: الملامسات وبادئات المحرك.

■ ٩٤٧-٥ :جـزء ٥: أجهـزة التـحكم بالدائرة وعناصـر المفاتيح.

■ ٩٤٧-٦ : جزء ٦: وظائف متعددة لأجهزة المفاتيح.

■ ٩٤٧-٧ : جزء ٧: المعدة الثانوية (الاضافية).

تتوافق كـثير من المواصـفات الوطنيـة والأوربية في الوقت الحـاضر مع المواصـفات العالمـية IEC، والتي سوف يكون التشابه والاتفاق بينها كبيراً.

وبالنسـبـة لتـركـيبـات الجـهـد المنخـفض المنزليـة والمشابـهة، تكون المواصـفة IEC 898أو موصـافة وطنية مكافئة هي المناسبة لها.

الوصف

يوضح شكل ح٢-٢١ الأجزاء الأسـاسيـة لقاطع الدائرة جهد منخفض ووظائفه الأساسية الأربعة:

١- مكونات دائرة القطع، وتـشمل الملامـسـات الثابتـة والمتحركة وغرفة القوس المقسمة.

٢- آلية التثبيت والذي يصبح غير مثبت بواسطة جهاز على مكتشف حالات التيار غير العادية.

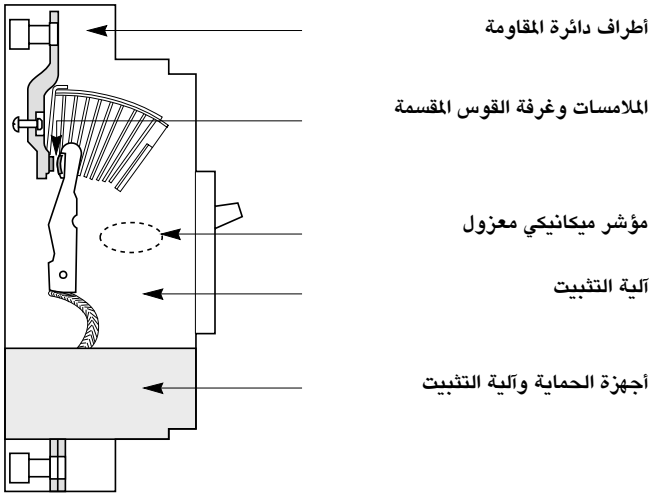
وتكون هذه الآلية مرتبطة أيضاً بيد التشغيل للقاطع.

٣- الاعـتـاق الميـكانيكي الـذي يدير الجهاز:

■ إما:جهاز مـغناطيسي حراري، والتي فيها تقوم الحرارة بتـشغيل شريحة معدنيـة والتي بدروها تكشف حالة زيادة الحـمل، بينمـا يعـمل الدبوس القـاذف الكهرومـغناطيسي عند قـيم للتيار قد تصـل لحالات قصر الدائرة أو:

■ مـرحل اليكتـرونـي يعـمل من تيـار المحـولات التي يركب كل واحد منهـا على كل طور.

٤- توجـد فـراغـات لأنواع عـديدة لأطراف التوصـيل للتيـار تستـخدم لموصلات الدائرة الرئيسية.



الشكل ح٢-٢١: الأجزاء الأساسية لقاطع الدائرة

ح-٢

تقوم قواطع الدائرة المنزلية التي تتوافق مع IEC 898والمواصفات الوطنية المشابهة بالوظائف الأساسية الآتية:

الفصل

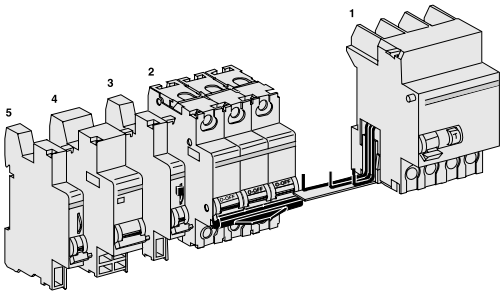
*الحماية ضد زيادة التيار

الشكل ح٢-٢٢: قاطع دائرة منزلي يوفر الحماية ضد زيادة التيار وله خصائص عزل الدائرة.

يمكن تكييف بعض النماذج لتزود بمكتشف حساس (٣٠ملي أمبير) لتيار التسرب الأرضي مع إعتاق قاطع الدائرة، بواسطة إضافة جزء خاص كما هو مبين في شكل ح٢-٢٣، بينما في الأنواع الأخرى المتوافقة مع IEC 108 تكون خاصية التيار المتبقي مدمجة معها مثل RCBOS، وللنماذج الأكثر حداثة أنظر (ملحق ب IEC 9472-2) CBRS

الشكل ح٢-٢٣: قاطع دائرة منزلي كما في شكل ح٢-٢٢ مضاف إليه حماية ضد الصدمة الكهربائية وذلك بإضافة جزء مكمل بجوار القاطع.

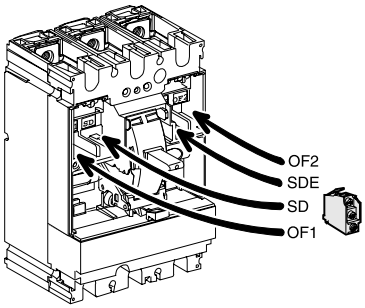
بعض النظر عن الوظائف المشار إليها عاليه فيمكن إضافة خاصية أخرى بقاطع الدائرة الرئيسي بواسطة إضافة نماذج أخرى كما هو موضح في شكل ح٢-٢٤ وبشكل بارز التحكم عن بعد والبيان (تشغيل – إياف – خطأ)



شكل ح٢-٢٤ النظام المتعدد ٩ لمكونات أجهزة الوصل والفصل جهد منخفض.

ح-٢

قاطع دائرة للأغراض الصناعية من النوع المصبوب طبقاً لـ IEC 947-2 متوفر الآن، والتي يمكن ربطه بمجموعات يعطينا مجالات لوظائف مساعدة مشابهة للنوعيات الموضحة عاليه (شكل ح٢ – ٢٥)



شكل ح٢- ٢٥ مثال لقاطع دائرة نوع صناعي معدل (*Compact NSله القدرة على أداء عدد من الوظائف المساعدة.

*منتجات مارلين جيرن

قواطع دائرة صناعية ذات استخدامات مكثفة وذات مقننات تيار كبيرة طبقاً لـ ICE 947-2، لها عدد من الوظائف الاليكترونية والاتصالات المبنية داخلها

شكل ح٢– ٢٦ أمثلة لقواطع الدائرة ذات الاستخدام المكثف . المفتاح الرئيسي* مزود بخصائص تلقائية كثيرة ضمن وحدة القياس والاعتاق*.

هذه القواطع يتم تزويدها بوسيلة لضبط معايرة أجهزة الحماية لمدى واسع، وأيضاً تزود بـ:

- حلقة خرج ٢٠ مللي أمبير؛
- ملامسات مؤشر عن بعد؛
- مبين للحمل على القاطع.

٢/٤ الخصائص الأساسية لقاطع الدائرة

الخصائص الأساسية لقاطع الدائرة هي:

- الجهد المقنن له Ue
- التيار المقنن له In

مدى ضبط قيمة تيار الاعتاق للحماية ضد زيادة الحمل Ir**, Irth** وللحماية ضد قصر الدائرة Im** .

- مقنن تيار القطع لقصر الدائرة للقواطع الصناعية أو القواطع المنزلية.

جهد التشغيل المقنن (Ue)

هو الجهد الذي يصمم عنده قاطع الدائرة ليعمل في الحالات العادية (غير المضطربة). وتحدد القيم الأخرى بجهد قاطع الدائرة طبقاً للحالات المضطربة، كما هو مشار إليه في البند الفرعي ٣/٤ .

التيار المقنن(In)

هو أقصى قيمة تيار يستطيع قاطع الدائرة المتصل بمرحل اعتاق ضد زيادة التيار حمله بدون تحديد عند درجة حرارة محيطة حددت بواسطة المصنع، وبدون تجاوز حدود درجة حرارة الأجزاء الحاملة للتيار .

مثال:

قاطع دائرة مقننة In= 125A عند درجة حرارة محيطة ٤٠°س سوف يشمل مرحل إعتاق ضد زيادة التيار مناسب ومعاير (عند ١٢٥أمبير).

نفس قاطع الدائرة يمكن استخدامه عند قيم عالية لدرجة الحرارة المحيطة، إذا كان من المناسب تعديل مقننة.

وهكذا، قاطع الدائرة عند درجة حرارة محيطة ٥٠°س يمكنه حمل تيار ١١٧أ فقط غير محدد أو ١٠٩أ عند ٦٠°س، بينما يتطابق مع درجة الحرارة المعينه.

ويمكن تعديل تقنين قاطع الدائرة بواسطة تقليل ضبط تيار الاعتاق بمرحل زيادة الحمل، ووسم قاطع الدائرة طبقاً لذلك. وإستخدام وحدة الاعتاق الالكترونية، المصممة للصمود لدرجات الحرارة العالية، ويسمح للقواطع (المعدل تقنينها كما هو موضح) لتعمل عند درجة حرارة ٦٠°س (أو حتى عند ٧٠°س) محيطة.

ملحوظة: Inفي القواطع الكهربائية في (IEC 947-2) تساوي Iu بأجهزة القطع والوصل بصفة عامة، Iu تيار مقنن غير منقطع.

تقنين حجم الاطار

قاطع الدائرة الذي يمكن توصيله بوحدات إعتاق ضد زيادة التيار لقيم مختلفة المدى لضبط التيار يحدد تقنينه بما يتطابق مع أقصى تيار مقنن لوحدة الاعتاق التي من الممكن ربطها مع القاطع.

*منتجات مارلين جيرن

**قيم مستوى ضبط التيار حيث يقوم التيار بتشغيل أجهزة الاعتاق المغناطيسية و "اللحظية" والحرارية للحماية ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة.

ح–٢

يجب الحصول من الهيئة المعنية بالإمداد بالقدرة على موافقة رسمية بشأن المعدات التي سيتم تركيبها في المحطة الفرعية والطرق المقترحة للتركيب

بعد اختبار وفحص التركيبة من قبل جهة اختبار مستقلة، يتم منح شهادة بإمكانية بدء المحطة الفرعية بالعمل.

ضبط تيار مرحل الإعتاق ضد زيادة الحمل (Ir أو Irth)

وبصرف النظر عن القواطع الكهربائية الصغيرة والتي من السهل إعادة تركيبها، فإن قواطع الدائرة الصناعية تحتوي على مرحلات إعتاق ضد زيادة التيار يمكن نزعها وتغييرها. وعلاوة على ذلك، ولغرض تهيأة قاطع الدائرة للدوائر التي يتم التحكم فيها– ولمنع الاحتياج لتركيب كابلات ذات حجم كبير، فإن مرحلات الاعتاق عادة ما تكون قابلة لإعادة الضبط. وضبط تيار الاعتاق Irأو (Irthكلا الرمزين لنفس الاستخدام) هو التيار العالي الذي يتم عنده إعتاق قاطع الدائرة. ويعبر عنه أيضاً بأنه أقصى تيار يستطيع حمله قاطع الدائرة بدون إعتاق. وقيمته يجب أن تكون أكبر من أقصى تيار حمل IB، ولكن أقل من أقصى تيار مسموح بالدائرة IZ(نظر فصل ح١، بند فرعي ١ /٣).

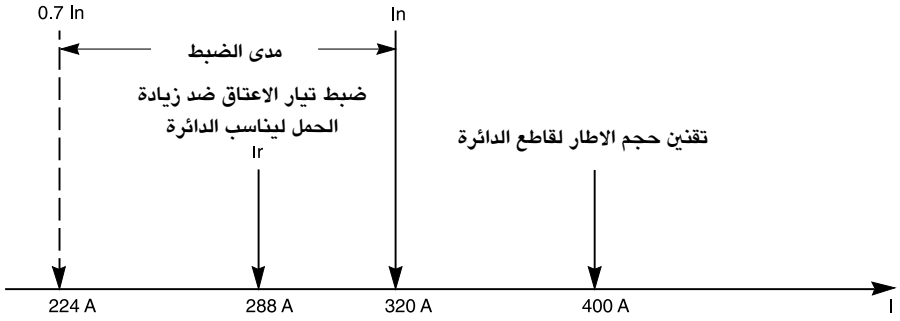
مرحلات الاعتاق الحرارية عادة ويمكن ضبط من ٠,٧ حتى ١ مرة من In، ولكن عند استخدام الأجهزة الالكترونية لهذا الغرض، فمدى الضبط يصبح أعلى ٠,٤ حتى ١ مرة من In .

مثال (شكل ح٢–٢٧) قاطع دائرة يحتوي على مرحل إعتاق لزيادة التيار ١٣٢٠أ، تم ضبطه عند ٠,٩، فسوف يكون تيار الإعتاق المضبوط:

Ir = 320 x 0.9 = 288A

ملحوظة: بالنسبة لقواطع الدائرة المحتوية على مرحلات إعتاق ضد زيادة التيار غير قابلة للضبط، فإن Ir = In.

التيار المقنن لوحدة الاعتاق لتناسب الظروف



شكل ح٢–٢٧: مثال لقاطع دائرة ٤٠٠ أمبير مرتبط بوحدة إعتاق ضد زيادة الحمل مضبوطة عند ٠,٩ لتعطي Ir = 288 A .

ح–٢

مرحل إعتاق ضد قصر الدائرة – وضبط التيار (Im)

يتم استخدام مرحلات الاعتاق لقصر الدائرة (اللحظية أو ذات الزمن المتأخر الخفيف) لاعتاق قاطع الدائرة بسرعة في حالة حدوث قيم عالية لتيار الخطأ.

ويكون تيار إعتاقها المبدئي :Im

■ إما ثابتاً بواسطة المواصفات العالمية للقواطع المنزلية وعلى سبيل المثال . IEC 989

■ أو يشار إليه بواسطة المصنعين بالنسبة للقواطع الصناعية طبقاً للمواصفات المناظرة وبشكل خاص .IEC 947-2

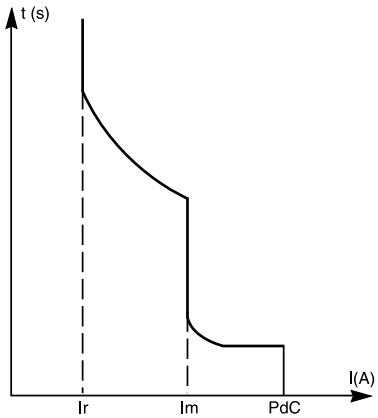
وبالنسبة للقواطع الكهربائية ذات الأنواع الحديثة فإنه يوجد بها أجهزة إعتاق ذات مدى متغير تسمح للمستخدم بتهيأة أداء الحماية لقاطع الدائرة حسب المتطلبات الخاصة للحمل.

	نوع مرحل الحماية	الحماية ضد زيادة الحمل	الحماية ضد قصر الدائرة		
القواطع الكهربائية المنزلية (الخدمات العامة) IEC 898	حرارية – مغناطيسية	Ir = In	ضبط منخفض نوع B 3In ≤ Im <5 In	ضبط قياس نوع C 5In ≤ Im <10 In	ضبط عالي نوع D 10In≤Im <20 In [1]
قواطع الدائرة المعيارية الصناعية [2]	حرارية – مغناطيسية	Ir = In ثبت	ضبط منخفض نوع B أو Z 7 In<ثابت<10 In	ضبط قياس نوع C 7 In< ثابت < 10 In	ضبط عالي نوع D أو K 7 In < ثابت < 14 In
قواطع الدائرة الصناعية [2] IEC 947-2	حرارية – مغناطيسية	Ir = In ثبت	In = 7 to 10 In : ثابت		
		قابل للضبط: 0.7 In ≤ Ir < In	قابل للضبط: – ضبط منخفض : 2 to 5 In – ضبط قياســـــي : 5 to 10 In		
	الكترونية	تأخير مدة طويلة 0.4 In ≤ Ir < In	قابل للضبط، تأخيره مدة قصيرة 1.5 Ir ≤ Im < 10 Ir لحظيا (١) ثابت Ir = 12 to 15 In		

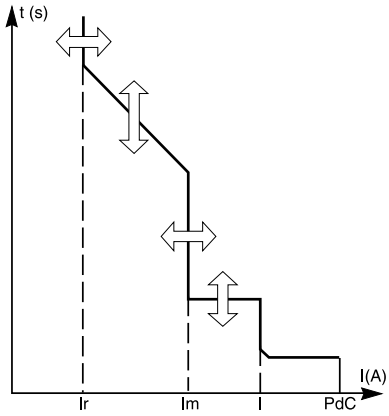
جـدول ح٢–٢٨ : مدى تيـار الاعتـاق لأجهـزة الحمـاية ضد قـصر الدائرة وزيادة الحـمل للقواطع الكهربائية ذات الجهد المنخفض.

(١) 50 In في IEC 898، حيث يعتبر غير واقعي وعالي بواسطة كل المصنعين الأوربيين (M-G= 10to 14In)

(٢)للاستعمال الصناعي، مواصفات IEC لا تحدد القيم. القيم بعالية أعطيت فقط لأنها ذات استخدامات عامة.



شكل ح٢–٢٩: منحنى الأداء لقـاطع الدائرة بنـظام الحمـايـة الحـرارية – المغناطيسية.



شكل ح٢–٣٠: منحـنى الأداء لقـــاطع الـدائرة بنـظام الحماية الالكترونية

Ir = ضبط تيار مرحل الاعتاق ضد زيادة الحمل (حراري أو متأخر بمدة قصيرة)

Im = ضبط تيار مرحل الاعتاق لقصر الدائرة (مغناطيسي أو متأخر)

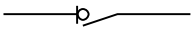
I = ضبط تيار مرحل الاعتاق اللحظي لقصر الدائرة

PdC = سعة القطع

خاصية العزل

يعتبر قاطع الدائرة مناسباً لفصل الدائرة إذا كان وافياً بكل المتطلبات الموضحة بالفاصل (عند جهده المقنن) بالمواصفة ذات العلاقة (انظر البند الفرعي ٢/١).

وفي مثل هذه الحالة يشار إليه على أنه قاطع الدائرة – الفاصل ويعلم على وجهه الأمامي بهذا الرمز



إن أداء تيار القطع لقصر الدائرة لقاطع دائرة جهد منخفض يتعلق (تقريباً) بـ جتا ϕ لدائرة تيار الخطأ ، والقيم القياسية لهذه العلاقة موجودة في بعض المواصفات القياسية.

سعة القطع المقنن لقصر الدائرة(Icu أو Icn) تيار القطع المقنن بقصر الدائرة لقاطع الدائرة: هو أكبر قيمة (متوقعة) للتيار يكون قاطع الدائرة قادراً على قطعها بدون أي تلفيات.

وتكون قيمة التيار المبينة في المواصفات العالمية هو قيمة جـ م ت لمركبة التيار المتردد لتيار الخطأ، وكمثال مركبة التيار المستمر العابر (تظهر دائما في الحالة الأسوأ لقصر الدائرة) يعتبر صفر عند حساب القيمة القياسية.

والقيمة المقننة (Icu) للقواطع الصناعية ، و(Icn) للقواطع المنزلية (العامة) تعطى عادة بالكيلو أمبير جـ م ت.

Ic4(المقنن الأساسي لسعة قطع الدائرة) و Ics (مقنن الخدمة لسعة قطع قصر الدائرة) وهما معرفان معاً بجدول في IEC 947-2 للاستخدام A(إعتاق لحظي) و B (إعتاق مؤخر الزمن) كما نوقش في البند الفرعي٤/٣ .

الاختبارات لسعات قطع تيار القصر المقنن لقواطع الدائرة تم تغطيتها في المواصفات القياسية وتشمل:

- التشغيل المتتابع، ومقارنة نجاح مناورات التشغيل ، كمثال الغلق والفتح عند قصر الدائرة.
- إزاحة الطور للتيار والجهد عندما يكون التيار متماثلاً مع الجهد في الطور (جتا ϕ للدائرة =١)، انقطاع التيار يكون أسهل من قيمة أي معامل قدرة أخر:
- الفتح التالي – بزمن متأخر– للغلق والفتح المتتابع لاختبار (Icuسعة قطع الدائرة).

اختبارات أخرى يتم إجراؤها للتأكد من أن

- المقدرة على صمود العزل

وقطع التيار عند قيم متأخرة منخفضة، لمعامل القدرة يعتبر الوصول إليه صعباً جداً كما أن معامل القدرة يكون صفراً فهذه حالة شاذة جداً.

وفي التطبيقات العملية، تكون تيارات الخلل لقصر الدائرة في جميع نظم القوى تكون (أكبر أو أقل) عند معاملات قدرة متأخرة، والمواصفات اعتمدت على القيم العامة والتي تعتبر نماذج لأغلبية نظم القدرة .

وبصفة عامة ، فإنه كلما ازدادت قيمة تيار الخلل (عند جهد معطى)، يزداد معامل قدرة تيار الخلل للدائرة المقفلة انخفاضاً، وكمثال قريباً من المولدات أو المحولات الكبيرة .

جدول ح٢–١٣ الأسفل أستخلص من IEC 947-2المتعلق بالقيم القياسية لمعامل القدرة (جتا ϕ لقواطع الدائرة الصناعية طبقاً لمقنناتها Icu.

Icu	cos ϕ
6kA < Icu ≤ 10kA	0.5
10kA < Icu ≤ 20kA	0.3
20kA < Icu ≤ 50kA	0.25
50kA ≤ Icu	0.2

جدول ح٢–٣١: Icu المتعلق بمعامل القدرة (cosϕ لتيار الخطأ بالدائرة EC947-2).

- أداء الفصل
- التشغيل الصحيح لأجهزة الحماية ضد زيادة الحمل
- لا تتلف بواسطة التجارب

وجميع القواطع المتعددة ٩ والمضغوطة Nsوأجهزة القطع والوصل الرئيسية جهد منخفض لصناعات مارلين جيرن موجودة بهذا الصنف.

ح–٢

٣/٤ خصائص أخرى لقاطع الدائرة

إن التعرف على الخصائص التالية لقواطع الدائرة للجهد المنخفض ولو أنها قليلة الأهمية إلا أنها غالباً ما تكون ضرورية عند الاختيار النهائي.

جهد العزل المقنن (Ui):

هي قيمة الجهد يتم الإشارة إليها لجهد اختبارات العزل ومسافات الزحف (Ui) في الغالب يكون أكبر من ٢ .

إن أقصى قيمة لجهد التشغيل المقنن يجب أن لا تزيد عن جهد العزل المقنن، كمثال

$Ue \leq Ui$.

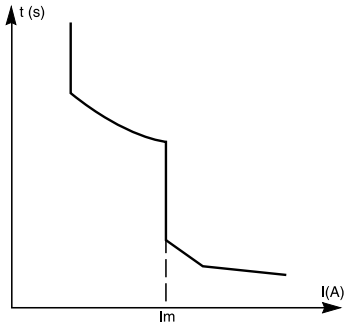
الجهد المقنن للصمود النبضي (Uimp)

هذه الخاصية يتم التعبير عنها بأقصى كيلو فولت (بشكل موصوف وقطبيه) قيمة الجهد التي تكون المعدة عنده قادرة على الصمود بدون فشل، تحت ظروف التجربة.

لتفاصيل أخرى انظر فصل و، بند ٢,

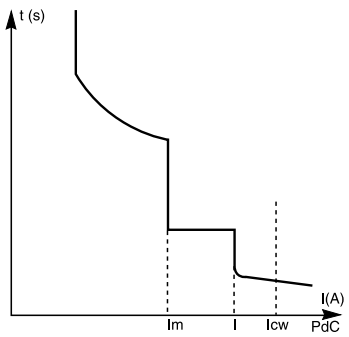
فئة (Aأو B)وتيار الصمود المقنن لفترة قصيرة (Icw)

كما أشير باختصار (البند الفرعي ٤/٢) يوجد فئتان من أجهزة الوصل والفصل الصناعية B,A طبقاً لـ IEC 947-2:



شكل ح٢-٣٢ قاطع الدائرة فئة A.

■ ذات الفئة A لا يوجد تأخر متعمد في تشغيل جهاز الإعتاق اللحظي المغناطيسي لقصر الدائرة (شكل ح٢-٣٢) ، وتكون في الغالب قواطع كهربائية من النوع المصبوب.



شكل ح٢-٣٣: قاطع الدائرة فئة B

■ ذات الفئة B ومن أجل التمييز مع القواطع الأخرى على أساس زمني، يكون من المحتمل تأخير إعتاق قاطع الدائرة، حيث قيمة تيار الخطأ تكون منخفضة عن مقنن تيار الصمود (Icw) لقاطع الدائرة (شكل ح٢-٣٣). وهذا في الغالب يطبق على قواطع كهربائية ذات النوع الكبير المفتوح وبعض القواطع من النوع المصبوب ذات الاستخدام الشاق ، Icw هو أقصى تيار يستطيع عنده قاطع الدائرة فئة B الصمود حرارياً وكهروميكانيكياً بدون تلف محتمل، ولفترة من الزمن تعطى من قبل المصنِّع.

ح٢

سعة تيار الوصل (Icm)

Icmهي قيمة لحظية عالية لتيار قاطع الدائرة يمكن استقرارها عند الجهد المقنن في حالات معينه. في نظم التيار المتردد تكون القيمة العظمى اللحظية لهذا التيار تتعلق بـ Icu(كمثال لتيار القطع المقنن) بواسطة العامل k، والذي يعتمد على معامل القدرة (جتا ϕ لتيار قصر الدائرة المقفل (كما هو موضح في جدول ح٢-٣٤).

مثال: قاطع دائرة جهد منخفض له Icuذات سعة قطع مقنن ١٠٠ ك.أ.(ح.م.ت) وسعة القطع المقننة Icm سوف تكون ١٠٠ × ٢,٢ = ٢٢٠ ك.أ ذروي

Icu	cos	Icm=Kicu
6 kA < Icu ≤ 10 kA	0.5	1.7 x icu
10 kA < Icu ≤ 20 kA	0.3	2 x icu
20 kA < Icu ≤ 50 kA	0.25	2.1 x icu
50 kA ≤ Icu	0.2	2.2 x icu

جدول ح٢-٣٤: العلاقة بين سعة القطع المقنن Icuوسعة الوصل المقنن Icmعند قيم مختلفة لمعامل القدرة لتيار قصر الدائرة كما هو موصف في iec 947-2 .

سعة القطع المقننة لقصر دائرة الخدمة (Ics)

سعة القطع المقنن (Icu)أو (Icm)تكون أقصى تيار خطأ لقاطع الدائرة يستطيع عنده الاعتاق (الفصل) بنجاح بدون تلف واحتمال حدوث مثل هذا التيار قليلة جداً، وفي الظروف العادية تعتبر تيارات الخطأ أقل من سعة القطع المقنن ((Icuلقاطع الدائرة، وعلى الجانب الآخر يكون من المهم للتيارات العالية (لإحتمال أقل) يمكن إعتاقها تحت ظروف جيدة، ولهذا يكون قاطع الدائرة يمكن إعادة وصله حالاً، وذلك بعد إصلاح الخطأ في الدائرة.

ومن أجل هذه الأسباب تم التعبير الخصائص الجديدة لـ (Ics) كنسبة من Icu. ٢٥ ، ٥٠ .

٧٥، ١٠٠٪ لقاطع الدائرة الصناعية . تدرج عملية الاختبار القياسي كما يلي:

- Ics عند O - CO - CO
- التجارب أجرت التتابع التالي بشكل متعمد للتحقق من أن قاطع الدائرة يكون في حالة جيدة وجاهز للاستعمال للخدمة العادية.

بالنسبة للقواطع المنزلية يكون Ics = Kicm قيم المعامل K موجودة في IEC898جدول ١٧ .

في أوروبا وفي التطبيق الصناعي يستخدم المعامل K١٠٠٪ ولهذا يكون Ics = Icu .

* ملحوظة: O تعبر عن التشغيل المفتوح. CO تعبر عن التشغيل المقفول يجرى بواسطة تشغيل مفتوح.

حدود تيار الخطأ

حدود سعة تيار الخطأ لقاطع الدائرة تجاه مقدرته بتأثير أكثر أو أقل في منع مرور أقصى تيار خطأ متوقع، يسمح فقط بكمية محددة من التيار لمرورها، كما هو موضح في شكل ح٢-٣٥, أداء حدود التيار أعطيت بواسطة مصنعي قواطع الدائرة على شكل منحنيات (شكل ح٢-٣٦ مخططات b, a).

- مخطط (a)يوضح حدود أقصى قيمة للتيار تجاه قيمة مركبة التيار المتردد لتيار الخطأ الذي سوف يمر إذا كان قاطع الدائرة ليس له مقدرة تحديد التيار.
- تحديد التيار يقلل بكثرة من الاجهادات الحرارية (يتناسب مع I^2t) وهذا واضح من الشكل ح ٢ - ٣٦ (ط) ، مرة أخرى ضد قيمة مركبة التيار المتردد لتيار الخطأ المتوقع ح.م.م.

ولقد تم تصنيف قواطع الدائرة المنزلية للجهد المنخفض والتركيبات المشابهة في بعض المواصفات (لا تطبق بالمواصفة الأوربية EN60898). أما قواطع الدائرة الملائمة .

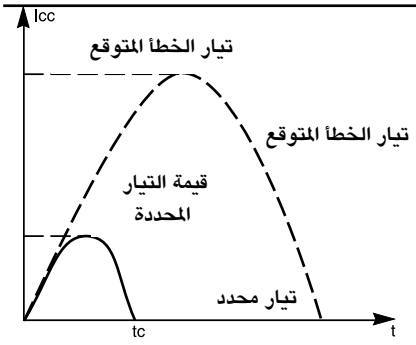
في التصميم الصحيح للتركيبات لايتطلب عمل قاطع الدائرة عند أقصى تيار قطع له Icu. ولهذا السبب تم إدخال Ics ذو الخصائص الجديدة. وعبر عنه في IEC 947-2 كنسبة من Icu(٢٥ ، ٥٠، ٧٥، ١٠٠٪).

كثير من التصميمات لقواطع الدائرة للجهد المنخفض توضح حدود مقدرة تيار قصر الدائرة، حيث تم تقليل التيار ومنعه من الوصول لأقصى قيمة (شكل ح ٢-٢٧) أداء حدود التيار لهذه القواطع تم التعبير عنها على شكل تخطيطي الموضح بشكل ح٢-٣٦ مخطط (a) .

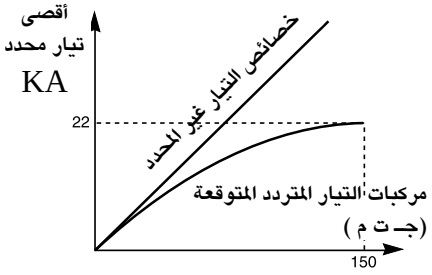
ح-٢

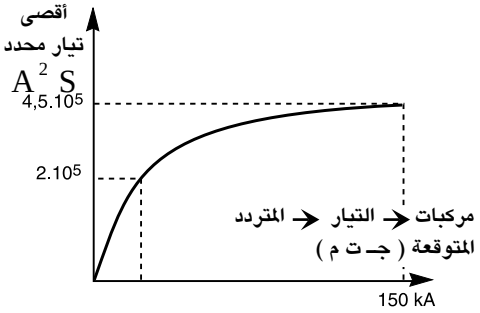
للتصنيف (لتحديد التيار).

لها مواصفات تحديد I^2t عبر الخصائص المعرفة بهذا التصنيف. في هذه الحالات المصنعين لا يقوموا بتزويد منحنيات خصائص الأداء.



شكل ح٢-٣٥ التيارات الحقيقية والمتوقعة.





ح٢-٣٦ منحنيات الأداء لقاطع دائرة جهد منخفض محدد التيار.

مزايا تحديد التيار

استخدام قواطع الدائرة محددة التيار تعرض مزايا عديدة:

- صيانة أسهل لشبكة التركيبات : قواطع الدائرة محددة التيار تضعف بقوة تأثير التوافقيات المرتبطة بتيارات قصر الدائرة.
- تقليل التأثيرات الحرارية: الموصلات (وعزلها) تقل حرارتها بشدة ولهذا السبب يزداد عمر الكابل .
- تقليل التأثيرات الميكانيكية: القوى نتيجة التنافر الكهرومغناطيسي تكون صغيرة مع تقليل مخاطر التشوه والتمزق المحتمل واحتراق زائد للملامسات إلخ.
- تقليل تأثير التداخل الكهرومغناطيسي : تقليل تأثير القوى على أجهزة القياس والدوائر ونظم الاتصالات إلخ. قواطع الدائرة هذه تساهم تجاه تحسين إستثمار الآتي:
- الكابلات والأسلاك .
- نظم مجاري الكابلات سابقة الصنع.
- أجهزة الوصل والفصل ، ولهذا السبب تقلل التصلد بالتركيبات.

مثال:

في نظام له تيار قصر متوقع ١٥٠ ك.أ جـ .ت.م ، قاطع الدائرة يحد من تيار الذروة بأقل بـ١٠٪ من حساب القيمة القصوى المتوقعة، والتأثيرات الحرارية أقل بـ ١٪ من المحسوبة.

تتابع عديد من مستويات التوزيع في التركيب، بالشبكة السفلى لقاطع دائرة التحديد، وسوف تكون النتجية مهمة إقتصادياً تقنيه التتابع موضحة في البند الفرعي ٥/٤ وتسمح في الحقيقة بتوفير متين على أجهزة الوصل والفصل (أداء قليل مسموح بالشبكة السفلى لقاطع الدائرة المحدد)، الحاويات ودراسات التصميم حتى ٢٠٪ من الكل.

تمييز نظم الحماية والتتابع متوافقين في مدى compact NS*، حتى سعة قطع قصر الدائرة الكامل لأجهزة الوصل والفصل.

*منتج مارلين جيرن

ح٢

٤/٤ اختيار قاطع الدائرة

اختيار قاطع الدائرة يحدد بواسطة خصائص التركيبات الكهربائية تغيير الأحمال والاحتياج إلى التحكم عن بعد، مقاطع الأنواع لنظم لنظم الاتصالات للتطور

اختيار قاطع الدائرة

يتم اختيار قاطع الدائرة طبقاً للمصطلحات الآتية:

- الخصائص الكهربائية للتركيبات التي سيركب بها القاطع.
- التغيرات المحتملة له، درجة الحرارة المحيطة، في كشك التوزيع أو غلاف أجهزة الوصل والفصل.
- متطلبات تيار القطع والوصل لقصل الدائرة.
- متطلبات مواصفات التشغيل، الاعتاق المميز (أو لا) للتحكم عن بعد وللبيان والملامسات المساعدة النسبية ، وملفات الاعتاق المساعدة والتوصيل بالشبكة المحلية (الاتصالات والبيان والتحكم) إلخ.
- نظم التركيب ذي الحماية الخاصة بالأشخاص.
- خصائص الحمل مثل المحركات وحدات إضاءة الفلوروسنت ، محولات ضغط منخفض/ ضغط منخفض إلخ.

المشاكل تجاه وصف الأحمال موضحة في الفصل ل .

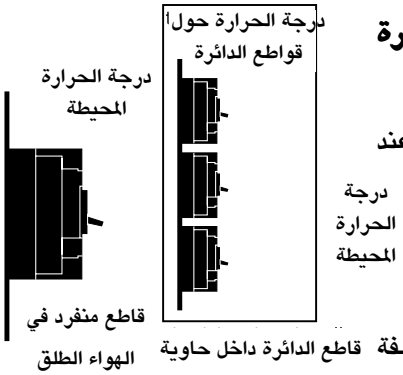
الملاحظات الآتية تتعلق باختيار قاطع الدائرة جهد منخفض للاستخدام في نظم التوزيع.

اختيار التيار المقنن بمعلومية درجة الحرارة المحيطة

التيار المقنن لقاطع الدائرة يعرف على أنه تشغيل عند درجة حرارة محيطة معطاة ، في الغالب.

- ٣٠°س لقواطع الدائرة المنزلية.
- ٤٠°س لقواطع الدائرة الصناعية.

أداء هذه القواطع في درجات حرارة محيطة مختلفة يعتمد أساساً على تقنية وحدات الاعتاق.



شكل ح٢-٣٧ درجة الحرارة المحيطة

ح-٢

قواطع دائرة بوحدات إعتاق حرارية غير معادلة لها مستوى تيار يعتمد على درجة الحرارة المحيطة .

وحدات الإعتاق الحرارية المغناطيسية غير المعادلة :

قواطع الدائرة التي لها عناصر إعتاق حرارية غير معادلة لها مستوى تيار إعتاق يعتمد على درجة الحرارة المحيطة. لو أن قاطع الدائرة تم تركيبه داخل حاوية أو في موضع حار (غرفة غلاية بخارية) ، فإن التيار المطلوب لإعتاق قاطع الدائرة عند زيادة الحمل سوف تكون حساسيته أقل ، وعندما تزيد درجة الحرارة في المكان الذي يركب فيه قاطع الدائرة عن درجة الحرارة المرجعية فسوف تتأثر حساسيته ، ولهذا السبب يقوم المصنعون بتزويد جداول توضح المعاملات التي يمكن تطبيقها عند درجات حرارة تختلف عن درجة الحرارة المرجعية لقاطع الدائرة.

ويمكن ملاحظة ذلك من الأمثلة المتشابهة بهذه الجداول (جداول ح-٣٨) وينتج عن درجة الحرارة القليلة عن القيمة المرجعية زيادة في مقنن قاطع الدائرة .

وزيادة على ذلك توضع قواطع الدائرة المركبة بجوار بعضها كما في شكل ح٢-٢٤ ، وغالباً ما يتم تركيبها داخل حاوية معدنية، في هذه الحالة تظهر حرارة متبادلة عند مرور تيارات الحمل العادي وغالباً ما يتم تقليل مقننهم بواسطة المعامل ٠,٨ .

C60 . C60A : منحنى C60 N : منحنيات B , C (درجة حرارة مرجعية ٣٠°س)

rating (A)	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
1	1.05	1.02	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85
2	2.06	2.04	2.00	1.96	1.92	1.88	1.84	1.80	1.74
3	3.16	3.09	3.00	2.91	2.82	2.70	2.61	2.49	2.37
4	4.24	4.12	4.00	3.88	3.76	3.64	3.52	3.36	3.24
6	6.24	6.12	6.00	5.88	5.76	5.64	5.52	5.40	5.30
10	10.6	10.3	10.0	9.70	9.30	9.00	8.60	8.20	7.80
16	16.8	16.5	16.0	15.5	15.2	14.7	14.2	13.8	13.5
20	21.0	20.6	20.0	19.4	19.0	18.4	17.8	17.4	16.8
25	26.2	25.7	25.0	24.2	23.7	23.0	22.2	21.5	20.7
32	33.5	32.9	32.0	31.4	30.4	29.8	28.4	28.2	27.5
40	42.0	41.2	40.0	38.8	38.0	36.8	35.6	34.4	33.2
50	52.5	51.5	50.0	48.5	47.4	45.5	44.0	42.5	40.5
63	66.2	64.9	63.0	61.1	58.0	56.7	54.2	51.7	49.2

NS250N/H/L (reference temperature: 40 °C)

rating (A)	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
TM160D	160	156	152	147	144
TM200D	200	195	190	185	180
TM250D	250	244	238	231	225

جداول ح-٢ ٣٨: أمثلة لجداول تحديد معاملات تقليل المقنن / رفع المقنن التي تطبق على قواطع الدائرة بدون وحدات إعتاق حرارية غير تعويضية ، طبقاً لدرجة الحرارة.

مثال:

ما هو التيار المقنن (In) الذي سوف يختار لقاطع الدائرة .

- دائرة محمية، أقصى تيار حمل لها يعتبر ٣٤أ.
- قواطع الدائرة، مركبة جنباً إلى جنب داخل صندوق توزيع مقفل.
- عند درجة حرارة محيطة ٥٠°س، قاطع دائرة مقننة ٤٠أ سوف يقل إلى ٣٥,٦ أ في الهواء الطلق عند ٥٠°س.

(انظر الجدول ح٢-٣٨) وللسماح بالحرارة المتبادلة داخل الحاوية فيجب ملاحظة استخدام المعامل ٠,٨ ولهذا ٣٥,٦ x ٠,٨ = ٢٨,٥ A وسوف تكون غير مناسبة لحمل ٣٤أ.

سوف يتم اختيار قاطع دائرة ٥٠أ ، ليعطي تيار مقنن أقل

٤٤ x ٠,٨ = ٣٥,٢

ح-٢

وحـــدات الإعـتـاق الحـراريـة المغناطـيسـيـة التعويضية:

تشمل وحدات الاعـتاق هذه شريحة معدنية تـعويضية والتي تسمح بضبط تيار الإعتاق عند زيادة الحمل عند مـدى مـحـدد ((Ir or Irth، بصـرف النظر عن درجـة الحرارة المحيطة كمثال:

■ في بعـض البـــلاد، نظام TT يوصف بنـظم توزيع الجهـد المنخفض، والتركيـبات المنزلية المشـابهة يتم حمايتها عند مدخل الخدمة بواسطة قاطع دائرة يتـم تزويده بواسطة شركة الكهرباء.

وقـاطع الدائرة هـذا بجانب قيامه بالحـماية ضـد المخاطر الناتجـة ضد التـلامس غيـر المبـاشر سـوف يفـصل عند زيادة الحـمل ، وفي هذه الحـالة لو أن المســتـهلك زاد من طلب الكـهـرباء عن المعـدل الموجود في منبـعه حـسب العقـد مع شركـة الكهـرباء فـإن قـاطـع الدائرة ((٦٠أ) يعـوض مـدى درجة الحـرارة مـن – ٥ْ س إلى +٤٠ْ س.

تحـتوي قـواطع الدائرة ضـغط منخـفض ذات مـقنن (٦٣٠أ على وحـدات إعـتاق حـرارية لهـذا المدى عند مدى (– ٥ْ س إلى + ٤٠ْ س) .

مـلاحظات عـامة تجـاه تقليل مـقنن قـواطع الدائرة:

من الواضح أن قاطـع الدائرة يحمل التيـار المقنن عند درجة الحـرارة المحيطة المـرجعـيـة (٣٠ْس) وسوف تزداد درجة حرارته عند حمل نفس التيار عند ٥٠ْس (مثلاً).

وحـيث أن قواطع الدائرة جـهد منخـفض تزود بأجهـزة حمـاية ضد زيادة التـيار والتي (إذا لم تعـوض) سوف تعمـل عند قيم قليلة للتـيار عند درجـات حرارة عـالية محيطة، وسيقل مقنن قاطع الدائرة بصورة آلية بواسطة جهات الاعتاق ضد زيادة الحمل كما هو مبين في الجداول ح٢–٣٨، حيث وحدات الاعتاق الحرارية تكون حرارية – تعويضيـة، قيم تيار الاعتاق يمكن ضـبطها عند قيم بين ٠,٧ (In to 1في مدى درجات الحرارة –٥ْس إلى+٤٠ْس درجـة الحرارة المرجـعيـة في هذه الحـالة تكون ٤٠ْس (والتي عندها المقنن Inهو الأساس).

لهذه الوحدات التعويضـية، غالباً ما يعطة كـتـالوجـات المصنـعين قـيم المقـننة الأقـل لـ Inعنـد درجـــات حرارة محيطة فـوق مدى التعويض، كـمـثـــال عند +٥٠ْس و + ٦٠ْس ؛ نموذجـيـــاً ٩٥ أ عند + ٥٠ْس و٩٠أ عند + ٦٠ْس لقاطع ١٠٠ أمبير.

ح–٢

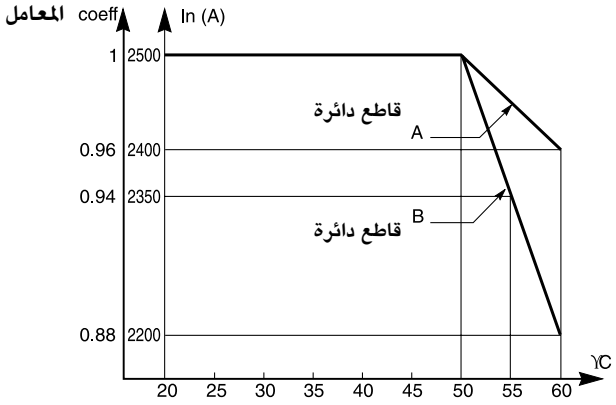
وحدات الاعتاق الالكترونية تكون عالية الاستقرار في تغيير مستويات درجات الحرارة .

وحدات الاعتاق الالكترونية

مزايا هامة مع وحدات الاعتاق الالكترونية تكون إستقرار الأداء في تغيير حالات درجة الحرارة. بأي وسيلة، غالباً ما يفرض جهاز الموصل والفصل نفسه في تحديد درجة الحرارة المرتفعة.

كما هو مبين في الملاحظة العامة بعاليه، حيث غالباً ما يقوم المصنعين بتزويد خرائط تشغيل تتعلق بأقصى قيم مسموحة لمستويات تيار الإعتاق لدرجة الحرارة المحيطة.

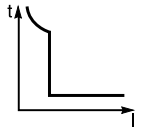
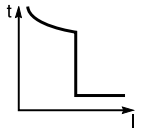
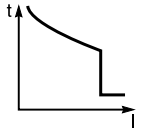
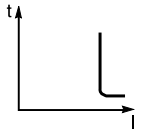
M25N/H/L		≤ 40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C
circuit breaker A	In (A)	2500	2500	2500	2450	2400
	maximum adjustment Ir	1	1	1	0.98	0.96
circuit breaker B	In (A)	2500	2500	2500	2350	2200
	maximum adjustement Ir	1	1	1	0.94	0.88



شكل ح٢-٣٩ تقليل المقنن لقاطعين لهما خصائص مختلفة طبقاً لدرجة الحرارة

اختيار بداية الإعتاق اللحظي أو الزمني القصير المتأخر

الخصائص الأساسية المغناطيسية أو الزمن القصير المتأخر لوصلات الاعتاق . نوع التصنيف طبقاً لـ IEC 898انظر أيضاً جدول ح٢-٢٨ .

النوع	وحدات الاعتاق	التطبيق
	ضبط منخفض نوع B	■ المنابع المنتجة لمستويات تيار قصر منخفضة (مولدات الاحتياطي) ■ الأطوال الطولية للخط أو الكابل .
	ضبط قياسي نوع C	■ حماية الدوائر : حالة عامة
	ضبط عالي نوع D أو K	■ حماية الدوائر التي لها مستويات تيار عابرة لحظية عالية (مثل المحركات، المحولات، الأحمال ذات مقاومية).
	12 In نوع MA	■ حماية المحركات المتصلة (المتحدة) مع الفواصل الكهربائية (كونتاكر مع حماية ضد زيادة الحمل)

جدول ح٢-٤٠ : وحدات الاعتاق المختلفة، اللحظية أو زمن قصير متأخر

ح-٢

تركيب قاطع جهد منخفض يتطلب سعة قطعة لقصر الدائرة (أو قاطع دائرة مع جهاز حماية يتركيب واحد) تكون مساوية أو تزيد عن تيار قصر الدائرة المتوقع المحسوب عند نقطته في التركيبات.

اختيار قاطع الدائرة طبقاً لمتطلبات سعة قطع قصر الدائرة:

تركيب قاطع الدائرة في تركيبات الضغط المنخفض يجب أن تحقق إحدى الحالتين الآتيتين:

- إما أن يكون له سعة قطع مقننة لقصر الدائرة (Icu أو Icn) والتي تكون مساوية أو يزيد عن تيار قصر الدائرة المتوقع المحسوب عند نقطته في التركيبات

أو

- لو أن هذه ليست الحالة، وتم دمجه مع جهاز آخر الذي يركب بالشبكة العليا للقاطع، وله سعة القطة لقصر الدائرة.

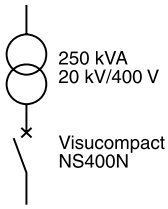
في الحالة الثانية ، خصائص الجهازين يجب التنسيق بينهما مثل الطاقة المسموح بمرورها خلال جهاز الشبكة العليا ويجب أن لا تزيد في الشبكة السفلى للجهاز والكابلات ، الأسلاك والمركبات التي تستطيع الصمود في أي أتجاه بدون تلف.

- مجمعات المصاهر وقواطع الدائرة ؛
- مجمعات القواطع الكهربائية المحددة للتيار والقواطع القياسية وتعرف هذه التقنية بالتعاقب (انظر البند الفرعي ٤/٥ بهذا الفصل).

اختيار قواطع الدائرة الرئيسية والأساسية

*محول مفرد

جدول C-13) في فصل ٢) يعطي مستويات تيار قصر الدائرة على جانب الشبكة السفلي لمحول التوزيع HV/LV لو تم تركيب المحول في محطات التحويل الخاصة بالمستهلك، بعض المواصفات الوطنية قواطع دائرة جهد منخفض والتي يمكن رؤية ملامساتها المفتوحة بوضوح.



شكل ح٢-٤١ مثال لمحول بمحطة تحويل المستهلك.

مثال (شكل ح٢-٤١)

ما نوع قاطع الدائرة المناسب لقاطع دائرة رئيسي في تركيبات ويغذى خلاله ٢٥٠ ك.ف.أ جهد عالي / جهد منخفض (٤٠٠ فولت) لمحول ثلاثي الطور في محطة تحويل المستهلك؟.

Imللمحول = ٣٦٠ أ

Isc(٣-طور) = ٨,٩ ك أ

٤٠٠ أ قاطع دائرة بوحدة إعتاق مدى ضبطها ٢٥٠ أ – ٤٠٠أ وسعة القطع لقصر الدائرة 35 (Icu)ك أ×

سوف تكون اختيارها مناسب لهذا العمل.

*النوع NS400N المضغوط من صناعة مارلين جيرين مطلوب لتحقيق هذه الحالة .

قاطع دائرة عند خروج محول صغير يجب أن يكون له سعة قطع مناسبة لتيار الخطأ والذي يمكن أن يكون أكبر من المار في أي قواطع دائرة المحولات جهد منخفض (شكل ح٢-٤٢).

ح-٢

■ محولات عديدة على التوازي (شكل ح٢-٤٢)

□ قواطع الدائرة CBPالخارج من لوحة توزيع ضغط منخفض يجب أن يكون كل منها قادر على قطع تيار الخطأ الكلي من جميع المحولات المتصلة بقضبان التوزيع، والعكس بالعكس:

Isc1 +Isc2 + Isc3

□ قواطع الدائرة CBP، كل منها يتحكم في خرج المحول، ويجب أن يكون قادر على التعامل مع أقصى تيار قصر (كمثال) لـ Isc2 + Isc3 فقط ، بالنسبة لقصر الدائرة الموجود على الشبكة السفلي بجانب CBM1.

من هذا الاعتبار، سوف نرى أن قاطع الدائرة للمحول الصغير سوف يسلط عليه قيمة عالية لتيار الخطأ في هذه الظروف. بينما قاطع الدائرة للمحول الكبير سوف يمرر قيمة منخفضة من تيار قصر الدائرة.

□ مقننات CMBsيجب اختيارها طبقاً لمقننات المحولات المركبة.

ملحوظة: في الحالات الضرورية للتشغيل الناجح لمحولات ثلاثية الطور على التوازي يمكن تلخيصها كالآتي :

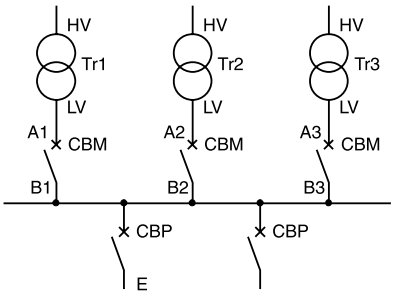
١- إزاحة طور الجهود، ابتدائي إلى ثانوي، يجب أن تكون في جميع الوحدات الموصلة على التوازي .

٢- نسب فتح دائرة الجهد، ابتدائي إلى ثانوي يجب أن تكون نفسها في جميع الوحدات.

٣- معاوقة الجهد لقصر الدائرة (Zsc%)يجب أن تكون نفسها في جميع الوحدات.

كمثال ، محول ٧٥٠ ك.ف.أ له Zsc = 6% سوف يشارك الحمل بصورة صحيحة مع محول ١٠٠٠ ك.ف.أ له Zsc= 6% ، كمثال المحولات سوف يتم تحميلهم بصورة آلية تتناسب مع مقنناتهم ك.ف.أ.

والمحولات التي لها ك ف أ يتجاوز تقنينها٢ ، فإن تشغيلها على التوازي لا يوصى به حيث أن نسبة المقاومة / المفاعلة لكل محول ستكون مختلفة إلى المدى الذي يجعل التيار الدوار يزيد من حمل المحول الصغير .



شكل ح٢-٤٢ المحولات على التوازي

جدول ح٢-٤٣ يوضح معظم الترتيبات العادية (٢ أو ٣ محول ذات مقننات متساوية (KVA أقصى تيارات قصر دائرة والتي تكون فيها القواطع الرئيسية والأساسية CBSو CBMو CBPعلى التوالي في شكل ح٢-٤٢) مسلط عليها التيار:

الجدول وضع على أساس الإفتراضات الآتية:

■ القدرة ثلاثية الطور لقصر الدائرة على جانب الجهد العالي لمحول تكون 500 MVA.

ح-٢

■ المحولات ٢٠/٠,٤ KVنوعها محولات توزيع ومقنناتها كما هو مبين بالجدول.

■ *تشتمل الكابلات الموصلة من كل محول جهد منخفض إلى الخاص به على أمتار من موصلات مفردة أحادية القلب.

■ بين كل من دائرة الدخل CBMوكل دائرة خرج CBPيوجد متر واحد قضيب توزيع.

■ أجهزة الوصل والفصل تركب على الأرضيات بلوحة توزيع مقفلة، وعند درجة حرارة محيطة ٣٠°س.

وزيادة على ذلك، هذا الجدول يوضح اختيار قواطع الدائرة M-Gالمطلوب تصنيعها لقواطع الدائرة الرئيسية والأساسية في كل حالة.

عدد مقننات ك.ف.أ لمحولات ٢٠/٠٤ ك.ف	أقل سعة قطع قصر دائرة القاطع الرئيسي CBs (ICU)*kA	قواطع الدائرة الرئيسي (CBM) التمييز الكلي مع قواطع الدائرة الخارجية (CBP)	أقل سعة قطع قصر دائرة للقاطع الأساسي	التيار المقنن In لقاطع الأساسي (CPB)250A
٤٠٠ X ٢	١٤	MOBN1/C BOIN ST	٢٧	NS 250 N
٤٠٠ X ٣	٢٧	MOBN1/C BOIN ST	٤٠	NS 250 H
٦٣٠ X ٢	٢٢	M10BN1/CM1250/C 1001 N	٤٢	NS 250 H
٦٣٠ X ٣	٤٣	M10BN1/CM1250/C 1001 N	٦٤	NS 250 H
٨٠٠ X ٢	٢٤	M12BN1/CM1250/C 1001 N	٤٨	NS 250 H
٨٠٠ X ٣	٤٨	M12BN1/CM1250/C 1001 N	٧١	NS 250 L
١٠٠٠ X ٢	٢٧	M16N1/CM 1600	٥٤	NS 250 H
١٠٠٠ X ٣	٥٤	M16N1/CM 1600	٨٠	NS 250 L
١٢٥٠ X ٢	٣١	M20N1/CM 2000	٦٠	NS 250 H
١٢٥٠ X ٣	٦٢	M20N1/CM 2000	٩١	NS 250 L
١٦٠٠ X ٢	٣٦	M25N1/CM 2500	٧٠	NS 250 H
١٦٠٠ X ٣	٧٢	M25N1/CM 2500H	١٠٥	NS 250 L
٢٠٠٠ X ٢	٣٩	M32H1/CM 3200	٧٥	NS 250 L
٢٠٠٠ X ٣	٧٧	M32H1/CM 3200	١١٢	NS 250 L

جدول ح٢-٤٣ أقصى قيم لتيار قصر الدائرة يمكن فصله بقواطع دائرة رئيسية وأساسية (CBMو CBPعلى التوالي) لمحولات عديدة على التوازي.

*أو Icsفي الأقطار حيث يتم تطبيق هذا البديل.

ح-٢

مثال: (شكل ح٢-٤٤)

■قاطع دائرة يختار لمهمة :CBM

Inالمحـول ٨٠٠ ك ف أ = ١,١٢٦ أ (عنـد ٤١٠ فـولت، مثلا جهد اللاحمل)

Icu(الأقل)= ٤٨ ك أ (من جـــدول ح٢-٤٣)، CBM المبين في الجدول هو C 125INالمضغوط (Icu=50 (ka)بواسطة ميرلين جيرين) أو المكافيء له.

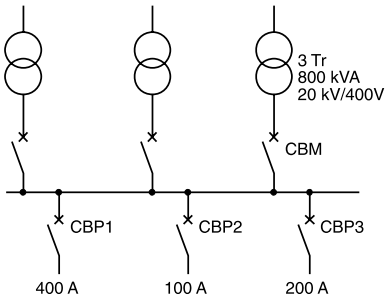
■قاطع دائرة يختار لمهمة :CBP

سعة قطع لقصر الدائرة ((Icuالمطلوبة لهذه القواطع معطاة في جدول (ح٢-٤٣) ١٧ ك أ.

الاختـبار المطلوب للدوائر الخارجيـة ١ ، ٢ ، ٣ سوف تحـــد من تيـــار قـــواطع الـدائرة أنواع NS4001و NS100Lو NS250Lعلى التوالي (بواسطة MG) أو ما يكافئهم مقنن Icuفي حالة = ١٥٠ ك أ.

وتتيح قواطع الدائرة المزايا التالية :

- تمييز مطلـق مـع الشبكـة العليا للقواطـع (.CBM)
- استغلال تقنية التعاقب مع إقـتصارها لجميع مركبات الشبكة السفلي.



شكـل ح٢-٤٤: المحـــــولات علـى التوازي.

ح-٢

مستويات تيار الخطأ لقصر الدائرة عند أي نقطه في التركيب يمكن الحصول عليها من الجدوال .

اختيار قواطع الدائرة الخارجية (CBs) وقواطع الدائرة النهائية (CBs)

■ استخدام جدول ح١-٤٠

من هذا الجدول، قيمة تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور يمكن تحديده بسرعة لأي نقطة في التركيبات، معرفة:

□ قيمة تيار قصر الدائرة عند نقطة بالشبكة العليا لقاطع الدائرة المعني،

□ طول ومساحة المقطع وتركيب الموصلات بين نقطتين.

وإذا زاد مقنن قاطع الدائرة لسعة قطع دائرة القصر يزيد عن القيمة الموجودة بالجدول فمن الممكن اختياره

■ الحسابات التفصيلية لقيمة تيار قصر الدائرة

من أجل حساب أكثر دقة لتيار قصر الدائرة، لا يطبق، عندما تكون سعة تيار القطع لقصر الدائرة لقاطع الدائرة أقل بقليل من المأخوذة من الجدول، ويكون من الضرورة استخدام الطريقة الموضحة في فصل ح١ بند ٤ .

■ قواطع الدائرة ثنائية القطب (للطور والمحايد) مع قطب واحد محمي فقط .

هذه القواطع غالباً ما يتم تزويدها بجهاز حماية ضد زيادة التيار على قطب الطور فقط، ويمكن أن يستخدم في نظم TT، TN-S، IT. في نظام IT فيجب أخذ

□ الحالات الآتية في الاعتبار .

الحالة (٢) من جدول ح١-٦٥ لحماية موصل المحايد ضد زيادة التيار في حالة الخطأ المزدوج.

□ مقنن تيار القطع لقصر الدائرة:

□ لقاطع دائرة ثنائي القطب طور محايد يجب، بواسطة العرف، يكون قادر على القطب بقطب واحد (عند جهد الطور إلى طور) التيار للخطأ المزدوج يساوي ١٥٪ من تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور عند النقطة في تركيباته، إذا كان التيار (١٠ ك أ ؛ أو ٢٥٪ من تيار قصر الدائرة ثلاثي الأوجه إذا كان يزيد ١٠ ك أ ؛

التعاقب: حل عملي لمشاكل عدم كفاية مقننات قواطع الدائرة لواجب قطع قصر الدائرة .

الحماية ضد التلامس غير المباشر: هذه الحماية تزود طبقاً لقواعد نظم IT، كما هو موضح في فصل G بند فرعي ٢,/٦

■ تيار القطع المقنن غير الكافي لقصر الدائرة.

في نظم توزيع الجهد المنخفض أحياناً يحدث، وخاصة في الشبكات ذات العمل الشاق، أن Isc المحسوب يزيد عن Icu المقنن لقاطع الدائرة المتاح بالتركيبات أو نظام تغيير نتيجة الشبكة العليا في مستوى منخفض لمقننات قاطع الدائرة والتي سوف تزداد.

□ الحل (١) إفحص ما إذا كان قاطع الدائرة CBS بالشكبة العليا مناسباً أم لا لقاطع الدائرة الذي يؤثر بكونه من نوع محداً للتيار، ويسمح بتطبيق التعاقب الأساسي (موضحة في البند الفرعي ٤/٥).

□ الحل (٢): ركب قاطع دائرة له مقنن ذو مدى عالي, هذا الحل يكون إقتصادياً فقط عندما يكون قاطع واحد أو إثنين لهما تأثير،

□ الحل (٣) ربط المصاهر الممدة للتيار (gGأو aM)مع قواطع الدائرة CB3المعنية ، على جانب الشبكة العليا.

وفي هذا الترتيب يجب الالتزام بالقواعد الآتية:

- تقنين المصهر يجب أن يكون مناسباً.
- لا يوجد مصهر بموصل المحايد، فيما عدا في بعض تركيبات IT حيث الخطأ المزدوج ينتج تيار في التعادل والذي يزيد من سعة القطع المقننة لقصر الدائرة لقاطع الدائرة . في هذه الحالة يجب أن يسبب انصهار مصهر المحايد إعتاقاً لقاطع الدائرة على جميع الأطوار.

ربط المصاهر مع القواطع تمنع الاحتياج لمصهر في المحايد، فيما عدا في الظروف الخاصة في بعض نظم IT .

ح-٢

٤/٥ التنسيق بين قواطع الدائرة

ملحوظة أولية على الوظيفة الأساسية لقواطع الدائرة المحددة للتيار

قواطع الدائرة المحددة للتيار والجهد منخفض تفجر مقاومة تيار القوس لقصر الدائرة بقاطع الدائرة وذلك لتحديد قيمة التيار والطريقة المنسقة لانجاز تحديد مستوى التيار هو ربط وحدة قياس منفصلة (بالتوالي) لتحديد التيار مع قاطع الدائرة القياسي.

قطب التلامس (لكل طور) في قنطرة وحدة القياس (تصمم خصيصاً للعمل الشاق) اثنين ملامسات، ملامسات الضغط التي يتم صيانتها بواسطة الزنبركات، بعض الموصلات المثبتة بقوة تكون مرتبة بالتوالي مع، ومقفلة مع قضيب التلامس، مثل عندما يمر تيار خلال طقم منسجم الأجزاء، القوى الكهرومغناطيسية تؤدي إلى تحريك قضيب التلامس ليفتح ملامساته هذا يحدث عند قيمة منخفضة نسبية لتيار قصر الدائرة، والذي يمر خلال أقواس الشكل بكل ملامس، مقاومة الأقواس تتساوى مع نظم المعاوقات عند جهد منخفض، حيث التيار المناظر يكون محدود.

وزيادة على ذلك، التيار العالي، القوى الكثيرة الغير مرغوب بها على القضيب، ومقاومة القوس العالية حسب أطوال ممراتها، مثلا قيمة التيار تكون (لبعض التوسعات) منظمة ذاتياً. قاطع الدائرة يكون قادر بسهولة على قطع القيم المنخفضة النتائج للتيار، خاصة أن معامل القد لتيار الخطأ المغلق يزداد بواسطة المعاوقة المقاومية للأقواس.

عندما تستخدم في نظم التعاقب كما هو موضح أسفل يتأخر إعتاق الملامسات الرئيسية لقاطع الدائرة المحدد للتيار ، لتسمح لقواطع الدائرة الشبكة السفلى السريعة جداً بتوضيح التيار المحدد، مثلاً قاطع دائرة لتحديد التيار يبقى مقفلاً.

قضية التلامس بوحدة قياس التحديد يعاد ضبطها تحت تأثير ضغط الزنبركات عندما يسبب تدفق تيار قصر الدائرة تلف بالشبكة السفلى لقاطع الدائرة ليعتقه قاطع الدائرة المحدد للتيار، بعد تأخير زمن مختصر له.

التعاقب

تقنية التعاقب تستخدم مزايا قواطع الدائرة المحددة للتيار لتسمح للتركيبات لكل الشبكة السفلي، أجهزة الفصل والوصل، الكابلات ومكوناتها الدائرة الأخرى للأداء المنخفض الهام عند الضروريات الأخرى، ويؤدي ذلك إلى تبسيط وتقليل تكاليف التركيبات.

تعريف تقنية التعاقب

بواسطة تحديد القيمة القصوى لتيار قصر الدائرة المار خلاله، قاطع الدائرة المحدد للتيار يسمح بالاستخدام، بجميع الدوائر بالشبكة السفلي، لموقعها، لأجهزة الوصل والفصل ومركبات الدائرة التي سعات قطع لقصر الدائرة قليلة جداً، وحرارية، ومقدرة على الصمود الكهروميكانيكي عن الحالة المختلطة. تقليل الحجم الطبيعي ومتطلبات أداء أقل تؤدي إلى إقتصاد حقيقي وبساطة في أعمال التركيبات. ويمكن ملاحظة ذلك عندما يكون قاطع الدائرة المحد للتيار له تأثير على دوائر الشبكة السفلى (ظاهرياً) على زيادة معاوقة المنبع خلال حالات قصر الدائرة، ولا يوجد لها أي تأثير عند أي وقت آخر وكمثال، خلال بدء حركة المحرك الكبير (حيث معاوقة المنبع المنخفضة تكون مرغوبة كثيراً) .

وهناك أنواع جديدة لقواطع الدائرة المحدة للتيار مع تحديد أداء القدرة (أي NS 400, NS250, NS160, NS 100) . (Compact*)

ح-٢

في الغالب، اختبارات المختبر تكون ضرورية للتأكد من أن حالات الاستغلال المطلوبة بواسطة المواصفات الوطنية فيما بعد تكون منسجمة مع مفاتيح الوصل والفصل الموحدة ويجب أن تزود بواسطة المصنعين .

حالات الاستغلال

معظم المواصفات الوطنية تسمح باستخدام تقنية التعاقب، بشرط أن يسمح بمرور كمية من الطاقة بواسطة قاطع الدائرة المحدد ويكون أقل من التي بجميع قواطع الدائرة بالشبكة السفلى والمركبات القادرة على الصمود بدون تلف، عملياً يمكن التحقق فقط لقواطع الدائرة بواسطة إجراء الاختبارات في المختبر، بعض الاختبارت يتم إجراؤها بواسطة المصنعين والذي يزود المعلومات على شكل جداول، حيث يستطيع المستخدمين بتصميم طريقة ثانوية لمثال، جدول ح٢-٤٥ يوضح احتمالات تعاقب قواطع الدائرة أنواع × C60و NC100عندما تركب بالشبكة السفلى لقواطع الدائرة المحددة للتيار NS 250N, Hأو Lـ ٤٠٠/٢٣٠ فولت أو ٢٤٠/٤١٥ فولت ٣ طور بالتركيبات.

سعة القطع لقصر الدائرة لقواطع الدائرة المحددة بالشبكة العليا

مزايا التعاقب

يفيد تحديد التيار جميع دوائر الشبكة السفلى والتي يتم التحكم فيها بواسطة قاطع الدائرة المحد للتيار .

ولا يعتبر المبدأ مقيداً ، مثلاً قواطع الدائرة المحددة للتيار يمكن تركيبها في أي نقطة بالتركيبات حيث تكون دوائر الشبكة السفلى سوف تكون بطريقة أخرى غير ملائمة التقنين لذا ستكون النتيجة كما يلي :

- حسابات مبسطة لتيار قصر الدائرة
- التبسيط، مثلا اختيار أوسع لأجهزة الوصل والفصل بالشبكة السفلى والأجهزة المنزلية.
- استخدام أجهزة الوصل والفصل ذات الاستخدام الخفيف والأجهزة المنزلية ، مع تكاليف قليلة .
- التوفير في متطلبات الفراغ ، حيث المعدات ذات الاستخدام الخفيف تكون في الغالب أقل حجماً.

سعة القطع لقصر الدائرة لقواطع الدائرة المحددة بالشبكة العليا	
kA r.m.s	
150	NS250L
100	
70	NS250L
36	NS250L
25	
22	

ح-٢

سعة القطع لقصر الدائرة لقواطع الشبكة السفلى (بالاستفادة من تقنية القاطع)

kA r.m.s			
150	NS100LH NS100LMA		
100	NS100LS		
70	NS100LS NS100LH NS100LMA		
50	NS100L		
40	C60L ≤ 40	C60L ≤ 40	
30	C60H C60L	C60N C60H C60L C60H NC100H	C60N C60H C60L C60H NC100H
25	C60N NC100H		
20	C60a	C60a	
15	C60a		

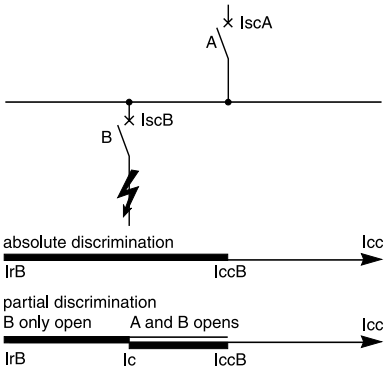
جدول ح٢-٤٥ مثال على احتمالات التعاقب على ٢٣٠/٤٠٠ فولت أو ٢٤٠/٤١٥ فولت للتركيبات ٣ طور.

ح-٢

يمكن أن يكون التمييز مطلقاً أو جزئياً ويكون معتمداً على مستويات التيار أو التأخير الزمني أو عليهما معاً. وهناك مبدأ حديث ومتطور مبني على المنطق. وهناك أيضاً نظام جرى تسجيل برائته بواسطة ميرلين جيرين يستفيد من مميزات كل من تحديد التيار والتمييز .

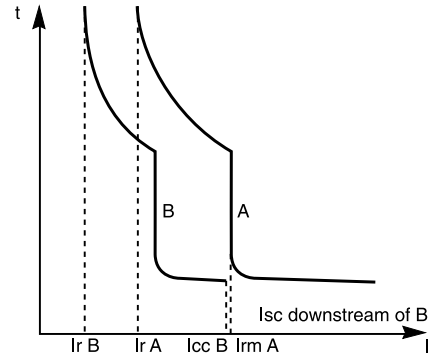
الاعتاق المميز (المختار)

المميز بواسطة أجهزة الوقاية التلقائية لو أن حالة الخطأ، تحدث عند أي نقطة في التركيب، تكون واضحة بواسطة أجهزة الحماية الموضوعة بالشبكة العليا للخطأ، بينما جميع أجهزة الوقاية الأخرى تبقى بدون تأثير (شكل ح٢-٤٦) التمييز بين قواطع الدائرة A و Bتكون مطلقة إذا كان القيمة القصوى لتيار قصر الدائرة على الدائرة B لا يزيد عن ضبط إعتاق قصر الدائرة لقاطع الدائرة A. لهذه الحالة القاطع Bفقط سوف يعتق (شكل ح٢-٤٧) التمييز يكون جزئياً عندما يكون أقصى تيار قصر دائرة محتمل على الدائرة B يزيد تيار الاعتاق لقصر الدائرة المضبوط لقاطع الدائرة A ولهذه الحالة القصوى كلاً من القواطع A و B سوف يتم اعتاقهم (شكل ح٢-٤٨).

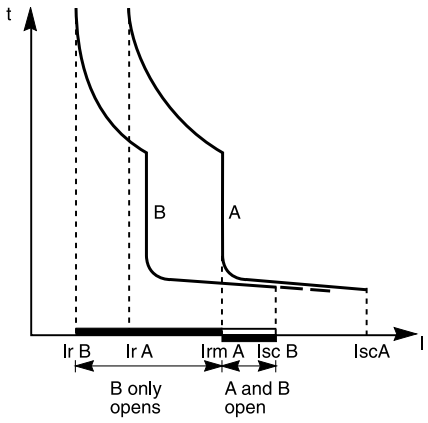


شكل ح٢-٤٦: التمييز المطلق والجزئي.

Schneider Electric

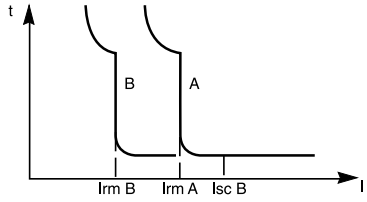


شكل ح٢-٤٧ التمييز المطلق بين قواطع الدائرة A و B.



شكل ح٢-٤٨ تمييز جزئي بين قواطع الدائرة A و B.

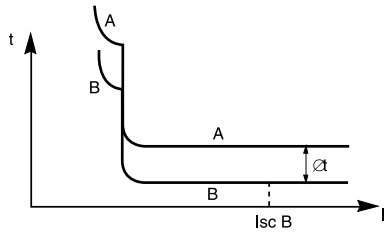
١- التمييز المبني على أساس مستويات التيار.



هذه الطريقة تتحقق بواسطة ضبط متممات الاعتاق بنجاح عند قيم متدرجة من متممات الشبكة السفلي (ضبط منخفض) تجاه المنبع (ضبط عالي).

التمييز يكون مطلقاً أو جزئياً طبقاً للحالات الخاصة، كما لوحظ في الأمثلة بعاليه.

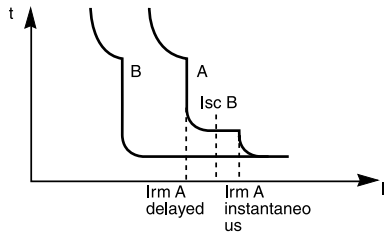
٢- التمييز المبني على أساس مؤخرات خطوة الزمن.



هذه الطريقة تطبق بواسطة وحدات إعتاق لتأخير الزمن، مثل متممات الشبكة السفلى والتي لها زمن تشغيل قصير، مع مؤخرات طويلة متقدمة تجاه المنبع.

في مستويين تنظيم يوضح ، قاطع الدائرة A بالشبكة العليا ويتم تأخيره بكفاية ليحقق تمييز مطلق مع B (كمثال : مفتاح رئيسي مضغوط اليكتروني).

٣- تمييز مبني على أساس إتحاد طريقة ١ و٢ .



تأخير لحظي

المؤخر الميكانيكي الزمني المضاف إلى نظم مستوى التيار يمكن أن يحسن أداء التمييز الكلي.

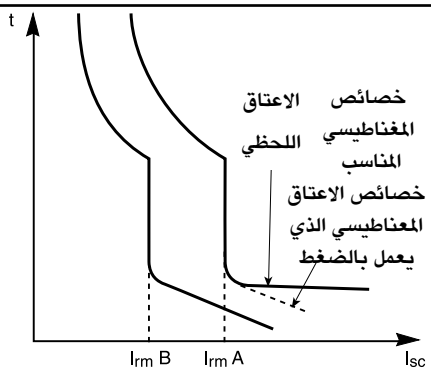
التمييز يكون مطلقاً إذا كان (لحظي) Isc B < Irm A قاطع الدائرة بالشبكة العليا وله اعتاق مبدئ مغناطيسي بسرعتين عاليتين.

Irm A -(متأخر) أو × SD مؤقت زمني اليكتروني.

Irm A -(لحظي) قياسي (نوع مضغوط SA)

*زمن متأخر.

٤- تمييز مبني على أساس مستويات طاقة القوس (إختراع مارلين جيرن)



في مدى تيارات قصر الدائرة، هذا النظام يزود التمييز المطلق بين قاطعي الدائرة والتي تمرر نفس تيار الخطأ. وهذا يتم بواسطة استخدام قواطع دائرة محددة للتيار وقاطع إعتاق لحظي بواسطة مكتشفات ضغط حساس في غرف القوس بقواطع الدائرة – قيمة ضغط الهواء الساخن تعتمد على قيمة طاقة القوس، كما هو موضح في الصفحات التالية (أشكال ح٢-٥٤، ح٢-٥٥).

جدول ح٢-٤٩: ملخص للطرق والمركبات المستخدمة لغرض إنجاز الإعتاق المميز

مستوى التيار المميز يتم إنجازه مع مستوى تيار متدرج بضبط عناصر الإعتاق اللحظية المغناطيسية .

تمييز مستوى التيار

يتم انجاز مستوى التيار المميز مع قواطع الدائرة، ويفضل الممرات، ومستوى تيار بضبط عناصر الإعتاق اللحظية المغناطيسية.

■ **قاطع الدائرة بالشبكة السفلى لا يعتبر محدداً** للتيار. التمييز يمكن أن يكون مطلق أو جزئي لخطأ دائرة القصر بالشبكة السفلى للقاطع، كما لوحظ سابقاً في ١، بعاليه التمييز المطلق في هذه الحالة يكون عملياً غير ممكن لأن IscB) IscA، ولهذا كلاً من قواطع الدائرة والغالب سوف يتم اعتاقها في توافق رنيني.

في هذه الحالة التمييز يكون جزئي ومحدد بالنسبة لـ Irm للشبكة العليا لقاطع الدائرة.

■ **قاطع دائرة الشبكة السفلي يكون محدداً** للتيار.تحسين الاعتاق المميز يمكن الحصول عليه باستخدام محدد للتيار في موضع الشبكة السفلي للقاطع B، القيمة المحددة لتيار الذروة IB سوف يعمل على تشغيل وحدة الاعتاق المغناطيسي (ضبط مناسب) لقاطع الدائرة B ولكنها ليست كافية لتسبب إعتاق قاطع الدائرة A.

ملحوظة: جميع قواطع الجهد المنخفض (الموجودة هنا) لها بعض الدرجات الملازمة لتيار التحديد فيما عدا أولئك الغير مصنفين كمحددات للتيار، هذه الحسابات لمنحنى الخصائص الذي يوضح قاطع الدائرة القياسي Aفي شكل ح٢-٥٠ .

الحسابات الدقيقة والاختبارات تكون ضرورية، ولكن لتحقق أداء مرضي لهذا الترتيب.

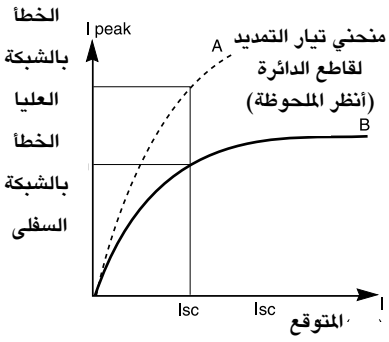
***قاطع دائرة الشبكة العليا يكون ذا سرعة عالية مع خاصية التأخير – القصير** .(SD)تكون قواطع الدائرة هذه تكون مركبة مع وحدات إعتاق والتي تشمل خاصية التأخير الزمني- القصير الميكانيكي غير المضبوط. يكون التأخير كافياً لتحقيق تمييز مطلق مع أي شبكة سفلية بقاطع سرعة عالية عند أي قيمة لتيار قصر الدائرة حتى Irms(شكل ح٢-٥١).

مثال:

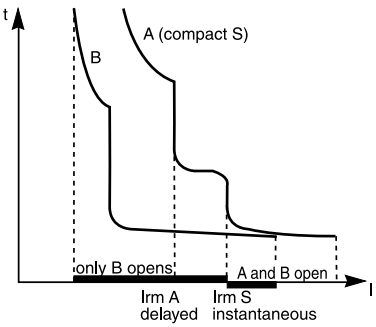
قاطع دائرة A:مضغوط NS 250N مركب مع وحدة إعتاق والتي تشمل خاصية SD Ir= 250A، الاعتاق المغناطيسي مضبوط عند ٢٠٠٠ A.

قاطع دائرة B:مضغوط NS100N، Ir=1000A

كتالوج التوزيع لمارلين جيرين توضح حد التمييز لـ ٣٠٠أ (تحسين أكبر حد من ٢٥٠٠أ يمكن الحصول عليها عند استخدام وحدات إعتاق قياسية.



شكل ح٢-٥٠ قاطع دائرة المحدد بالشبكة السفلى.



شكل ح٢-٥١ استخدام قاطع دائرة مختار بالشبكة العليا

ح-٢

التمييز مبني على أساس استخدام اعتاق متأخر الزمن بقواطع الدائرة المشار إليها " المختارة" (في بعض الدول)، التطبيق يكون بسيطاً نسبياً ويتلخص في تزخير الاعتاق اللحظي لعديد من القواطع الكهربائية الموصلة توالي في زمن متدرج متتالي .

نظم التمييز مبنية على أساس تقنية منطقية تكون محتملة، استخدام القواطع المشغولة مع وحدات إعتاق اليكترونية مصممة لهذا الغرض (مضغوط، رئيسي بواسطة MG) ومربوطة مع أسلاك دليلة.

التمييز المبني على الزمن

يتطلب هذا الأسلوب ما يلي :

- إدخال المؤقت الزمني في الاعتاق الميكانيكي لقواطع الدائرة ؛
- قواطع الدائرة مع الأجهزة الحرارية والميكانيكية الدقيقة لها مقدرة على الصمود عند مستويات مرتفعة للتيار وتصور عن تأخير الزمن.

قاطعين A, B بالتوالي (مثلاً تمرر نفس التيار) يمكن تمييزهما لو أن فترة تيار القطع بالشبكة السفلى للقاطع B أقل من زمن الاعتاق لقاطع الدائرة A .

التمييز لمستويات عديدة :

مثال لنظام عملي مع (MG)قواطع رئيسية مضغوطة (أجهزة حماية اليكترونية). هذه القواطع يمكن أن تشمل مع مؤقتة زمن قابل للضبط والتي تسمح لأربعة أزمنة – متدرجة، مثل.

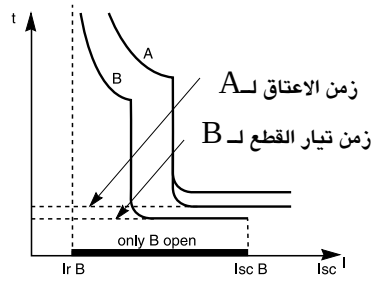
- التأخير المقابل للخطوة المعطاه تكون أكبر من زمن تيار القطع الكلي للخطوة الأقل التالية .

التمييز المنطقي

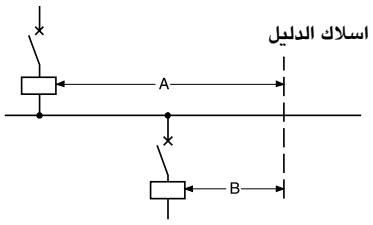
نظام التمييز هذا يتطلب قواطع دائرة مشغولة بوحدات إعتاق اليكترونية، مصممة لهذا التطبيق، معاً مع أسلاك دليلية مربوطة للبيانات المتغيرة بين قواطع الدائرة.

مع مستويات Aو B (شكل ح٢–٥٣)، قاطع الدائرة A يكون مضبوط ليعتق لحظياً، فيما عدا قاطع الدائرة B يرسل إشارة ليبين ان هذا الخطأ بالشبكة السفلى للقاطع B. وهذه الاشارة تسبب تأخير عمل وحدة الاعتاق للقاطع A، وهذا يضمن الحماية الاحتياطية في لحظة فشل القاطع B لإزالة الخطأ، وهو النظام هذا النظام (تم اختراعه بواسطة مارلين جيرن) يتيح أيضاً تجديداً سريعاً لموقع الخطأ .

- التأخير المقابل لأول خطوة يكون أكبر من زمن تيار القطع الكلي لقاطع دائرة سرعة عالية (نوع مضغوط كمثال) أو للمصاهر (شكل ح٢–٥٢).



شكل ح٢–٥٢: التمييز بواسطة تأخير الزمن



شكل ح٢–٥٣: التمييز المنطقي

إن مخطط التعشيق معد للوقاية ضد أي مناورات تشغيلية من شأنها أن تعرض العاملين للخطر.

التحديد والتمييز بواسطة استثمار طاقة القوس

تقنية تمييز طاقة القوس (اختراع مارلين جيرن) المطبقة على الدوائر التي لها قيمة تيار قصر دائرة ٢٥ I وتحقق اختيار مطلق بين قاطعين يحملان نفس تيار قصر الدائرة. التمييز يتطلب إلى الطاقة المسموحة بمرورها بواسطة قاطع دائرة الشبكة السفلي (B) ويكون أقل من الذي يسبب إعتاق قاطع دائرة الشبكة العليا (A)(شكل ح٢- ٤٥أ)

مبدأ التشغيل.

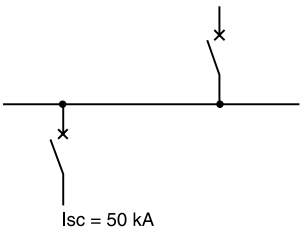
كلاً من قواطع الدائرة تكون محدة للتيار، حيث أن القوى الكهرومغناطيسية الناتجة عن تيار قصر الشبكة السفلي للقاطع B سوف يسبب الحد من تيار القوس الملامسات لكل من قاطعي الدائرة في فتحها في وقت واحد. تيار الخطأ سوف يحدد بشدة بواسطة مقاومة قوسين على التوالي . الحرارة الشديدة لتيار القوس في كل قاطع تسبب تمدد سريع للهواء في فراغ ضيق لغرض القوس ، ولهذا سوف ينتج ضغط مرتفع سريع مقابل .

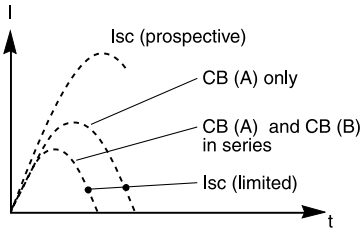
فوق بعض مستوى للتيار، الضغط المرتفع نستطيع الاعتماد عليه للكشف والاستخدام لبدء الاعتاق اللحظي.

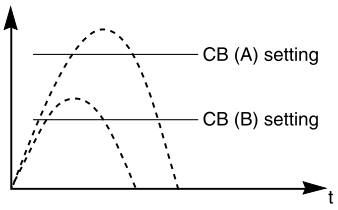
مبدأ التمييز

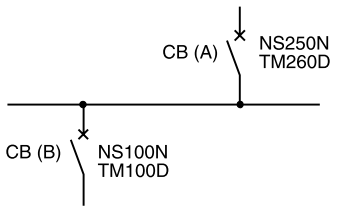
لو أن كلا من قواطع الدائرة يشمل على جهاز إعتاق ضغط مناسب للتحكم، وبعدئذ التمييز المطلق بين القاطعين لمقننات تيار مختلفة تستطيع أن تتم بواسطة ضبط قاطع الدائرة ليعتق عند قيمة ضغط منخفض عن قاطع الدائرة (Aشكل ح٢-٥٤)، لو حدث قصر دائرة بالشبكة السفلى للقاطع Aولكن الشبكة السفلى للقاطع Bفعندئذ مقاومة القوس للقاطع Aسوف تحد ضغط التيار.

التيار الناتج سوف يكون أكبر من الحادث عن قصر الدائرة بالشبكة السفلى لقاطع الدائرة (Bحيث أن القوسين بالتوالي يسبب تحديد قوى جداً، كما أشير بالسابق). التيار الكبير المار خلال القاطع A سوف ينتج ضغط كبير مقابل، والذي يكون كافياً لتشغيل وحدة إعتاق الضغط









شكل ح٢-٥٥ نسبة مقننات التيارات لقوطع الدائرة ووحدات الاعتاق ويجب أن تتوافق مع الحدود الموضحة بالنص، للتأكد من التمييز.

ح-٢

الحساسة له (مخططات ط و ٢ لشكل ح٢ ٥٤).

كما نرى في شكل ح٢-٤٩ (٤) تيار قصر الدائرة الأكبر، سوف يعتق قاطع الدائرة الأسرع.

التمييز يكون على ثقة مع قاطع الدائرة المعين لو:

- نسبة التيارات المقننة للقاطعين (٢,٥؛
- نسبة مقننات التيار بوحدتي الاعتاق تكون ١,٦ كما هو موضح في شكل ح٢-٥٥ . لحالات التيار الزائد الأقل من قصر الدوائر ٢٥ (In، نظم الحماية الاصطلاحية (التقليدية) تستخدم، كما هو موضح سابقاً في هذا الفصل.

٦/٤ تمييز الجهد العالي/ الجهد المنخفض في محطات التحويل الفرعية للمستهلكين

غالباً ما يتم حماية المحطات الفرعية للمستهلكين بواسطة مصاهر جهد عالي، تتلائم مع المحول، وطبقاً للمباديء الموجودة بـ IEC 787و IEC 420بواسطة النصائح التالية لمصنعي المصهر.

المتطلب الأساسي يكون مصهر الجهد العالي سوف لا يعمل عند حدوث أخطار بالجهد المنخفض، الشبكة السفلى لقاطع دائرة جهد منخفض للمحول، كذلك خصائص إعتاق منحنى الآخر يجب أن تكون شمال منحنى مصهر الجهد العالي قبل القوس.

هذا الترتيب غالباً يثبت أقصى ضبط ومعايرة لحماية قاطع دائرة الجهد المنخفض.

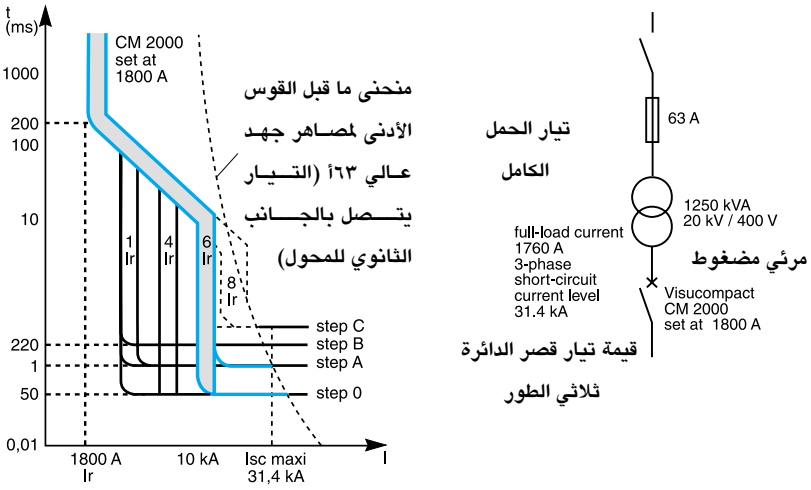
الحماية:

قيمة اقصى تيار قصر دائرة لضبط عنصر الاعتاق المغناطيسي.

أقصى زمن تأخير مسموح لعنصر إعتاق تيار قصر الدائرة.

أنظر أيضاً فصل ٢ البند الفرعي ٧/٢/٣ والملحق C1، لتفاصيل أخرى.

ح-٢



شكل ح٢–٥٧: منحنيات مصاهر الجهد العالي وقواطع الدائرة جهد منخفض.

شكل ح٢–٥٦ مثال

- مستوى قصر الدائرة عند أطراف محول جهد عالي: ٢٥٠ MVA
- محول جهد عالي/ جهد منخفض: ١٢٥٠ KVA 20/0.4 KV;
- مصهرات جهد عالي/ ٦٣أ (جدول C11؛
- الكابل، المحول– قاطع الدائرة جهد منخفض وكابلات مفردة بطول ١٠ متر.
- قاطع دائرة جهد منخفض: مضغوط مرئي CM2000يضبط عند ١٨٠٠ .A (Ir)

ما هو أقص تيار إعتاق لقصر الدائرة يمكن ضبطه وأقصى زمن تأخير مسموح به؟

المنحنيات لشكل ح٢–٥٧ توضح أن التمييز يكون مناسب لو أن وحدة إعتاق تأخير زمن القصر لقاطع الدائرة تكون مضبوطة عند:

- عند مستوى (١٠,٨ KA = 6 Ir؛
- ضبط زمن التأخير عند خطوة Oأو A

سياسة عامة لتمييز مصهر ضغط عالي/ قاطع دائرة ضغط منخفض المتبناه في بعض الدول، والتي بنيت على أساس حدود مسموحة للتصنيع القياسي. ومشار إليها في فصل ٢ بند فرعي ٧/٢/٣، ووضح في شكل C-21.

حيث أن المحول يكون محمياً ويتم التحكم فيه على جانب الجهد العالي بواسطة قاطع الدائرة، ومن المعتاد تركيب محول تيار أو محول جهد منفصل– متممات تشغيل، والتي تمد ملف الاعتاق بالتوازي لقاطع الدائرة بالطاقة. التمييز يمكن انجازه معاً مع إعتاق عالي سريع للأخطاء على المحول، بواسطة استخدام الطرق الموضحة في فصل Cبند فرعي ٢/٣ .

Schneider Electric

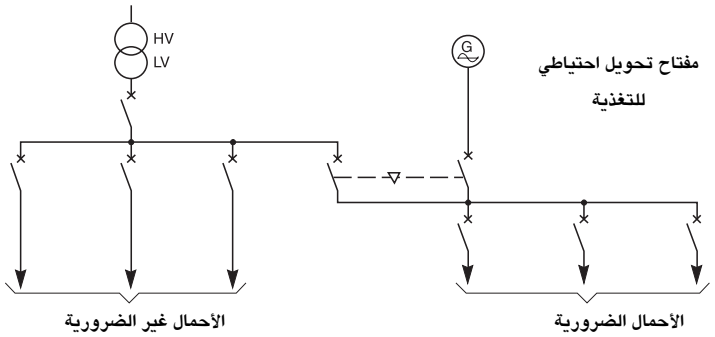
١- حماية الدوائر التي يغذيها مولد التيار المتردد....

من المشاكل الرئيسية التي نواجهها عند تغذية منشأة من مصادر تيار متردد (محول ج ع /ج م أو مولدات ج م مثلا) التزويد بحماية كهربائية تعمل بصورة مقبولة على أحد المصدرين. إن أساس المعضلة هو التباين الكبير في معاوقات المصدر أي أن معاوقة المولد أعلى بكثير من معاوقة المحول مما ينتج عنه اختلاف مناظر في مقادير تيارات الخطأ.

تشتمل معظم التركيبات الكهربائية للمنشآت الصناعية والتجارية الكبيرة على أحمال هامة معينة يجب الاحتفاظ لها بمصدر تغذية دائم في حالة انقطاع مصدر التغذية العمومي للأسباب التالية:

إما بسبب وجود أنظمة سلامة بها (الإضاءة الطارئة والمعدات الأوتوماتيكية للوقاية من الحريق ومراوح تشتيت الدخان وأجهزة الإنذار والإشارة ... إلخ) أو بسبب اختصاصها بدوائر ذات أولوية مثل معدات معينة ينطوي إيقافها على خسائر في الانتاج أو تلف أداة آلة..الخ .

إن أحد الوسائل الحالية للاحتفاظ بمصدر تغذية لما يسمى بالأحمال "الضرورية" في حالة عطل مصادر التغذية الأخرى هو تركيب مجموعة مولد ـ ديزل متصل عبر مفتاح تحويل ـ بلوحة مفاتيح احتياطية للتغذية الطارئة يتم من خلالها تغذية الخدمات الضرورية.



شكل ي١-١ مثال للدوائر المغذاه من محول أو من مولد تيار متردد

١/١ مولد تيار متردد معرض لقصر دائرة

نشوء تيار قصر دائرة (شكل ي١-٢)

بصرف النظر عن مقدار تيار الخطأ المحدود من المولد الاحتياطي للتيار المتردد، توجد صعوبة أخرى (من ناحية الحماية الكهربائية) وهي أنه أثناء الفترة المخصصة عادة لتشغيل قواطع دائرة الجهد المنخفض تتغير قيمة تيار قصر دائرة بصورة شديدة .

على سبيل المثال، عند حدوث قصر في الدائرة عند أطراف توصيل الطور الثلاثي لمولد تيار متردد، ترتفع قيمة ج.م.م للتيار فوراً لقيمة من ٣ In إلى ×٥. In ويشار إلى الفترة من ١٠ إلى ٢٠ ملي ثانية التي تعقب لحظة قصر الدائرة بأنها الفترة "دون العابرة" وفيها يقل التيار بسرعة عن قيمته المبدئية، ويستمر التيار في التناقص أثناء الفترة "الانتقالية" التالية التي يمكن أن تستمر من ٨٠ إلى ٢٨٠ ملي ثانية حسب نوع الماكينة وحجمها.. الخ . ويشار إلى الظاهرة بكاملها بأنها "تناقص التيار المتردد" وسيستقر التيار في النهاية خلال ٠,٥ ثانية أو أكثر بقيمة تعتمد أساساً على نوع نظام الاستثارة أي:

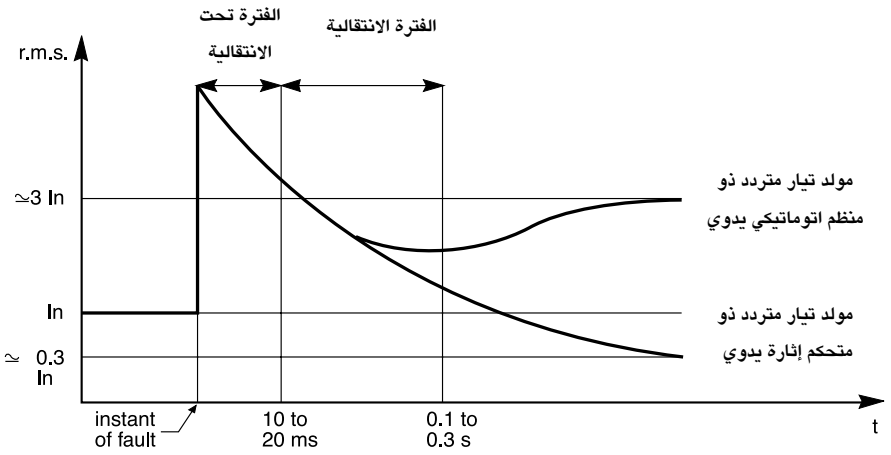
- يدوي
- أتوماتيكي

(انظر شكل ى /١-٢)

معظم مجموعات المولدات الحديثة تقريباً مزودة بمنظمات جهد أوتوماتيكية يتم تركيبها للحفاظ على ثبات معقول لجهد طرف التوصيل بالتغلب على معاوقة الماكينة التزامنية كلما تغير الطلب على التيار المفاعل.

وينتج عن هذا زيادة في مستوى تيار الخطأ خلال الفترة العابرة لإعطاء تيار خطأ مستقر من فئة ٢,٥ In إلى ×٤In (انظر الشكل ي / ١-٢) .

* حسب خصائص الماكينة الخاصة بها



شكل ى ١-٢ نشوء تيار دائرة قصر لدائر قصر ثلاثية الطور عند أطراف توصيل مولد تيار متردد

وفي حالات (نادرة) من التحكم اليدوي للاستشارة سوف تعمل المعاوقة التزامنية للماكينة على تقليل تيار قصر الدائرة إلى قيمة منخفضة تصل إلى ٠,٣ In، ولكنها غالباً تكون قريبة من In*.

يوضح شكل ي ١-٢ قيم ج م م للتيار بافتراض عدم وجود مركبات تيار مستمر عابرة. وفي الحياة العملية توجد دائماً مركبات تيار مستمر في التيار إلى درجة ما في طورين على الأقل، وتكون في حدها الأقصى عند حدوث قصر الدائرة عند أطراف مولد التيار المتردد.

وهذه السمة يبدو أنها لازالت تزيد من تعقيد مسألة الحماية الكهربائية، لكن في الحقيقة فإن مركبة التيار المستمر في كل طور تزيد بسهولة من قيمة ج م م ، السابق ذكرها وبذلك ستكون حسابات وأوضاع ضبط تيار الاعتاق لوسائل الحماية التي تعتمد فقط على مركبات التيار المتردد ، كما هو موضح أدناه،

سوف تكون متحفظة: أي أن التيارات الفعلية ستكون دائماً أما مساوية أو أعلى من تلك القيم المحسوبة.

وكلما بعدت نقطة قصر الدائرة عن المولد، كلما انخفض تيار الخطأ ، وكلما اختفت مركبات التيار المستمر العابرة بشكل أسرع. علاوة على أن تناقص التيار المتردد يصبح مهملاً عندما تصبح معاوقة الشبكة بينها وبين موضع الخطأ قيمة أومية والتي تكون كبيرة مقارنة بقيم المفاعلة لمولد التيار المتردد (حيث أن إجمالي التغيير الكلي في المعاوقة يكون حينئذ صغيراً نسبياً).

ي

بيانات معاوقة مولد التيار المتردد

تقدم الجهات الصانعة قيما متعددة للمعاوقات مذكورة أدناه. وتكون قيم المقاومات صغيرة ويتم إهمالها مقارنة بقيم المفاعلات.

ويمكن أن نرى من قيمة ج م م للتيار المتغير باستمرار أن المفاعلة الفاعلة تتغير باستمرار من قيمة منخفضة (مفاعلة دون العابرة) إلى قيمة عالية (مفاعلة تزامنية) في عملية تقدم سلسة .

والقيم التي نناقشها أدناه مستخرجة من منحنيات الاختبار وتناظر قيم التيار المقاسة عند لحظة حدوث قصر الدائرة .

* يوجد شرح لما تعنيه قيم المفاعلة الثابتة وكيفية ارتباطها بالاختلاف السلس للتيار بصورة مختصرة في الملحق ي /١،

■ يعبر عن المفاعلة دون العابرة X"d بالنسبة المئوية من قبل الصانع (مشابهة لجهد معاوقة قصر الدائرة لمحول). لذلك تحسب القيمة الأومية X"d على النحو التالي:

$$X"d(ohms) = \frac{X"dUn^2 10^{-5}}{Pn}$$

حيث:

x"d نسبة مئوية ٪

Un بالفولت (طور/طور)

Pn بالكيلو فولت أمبير

ونحصل على النسبة المئوية ٪ للمفاعلة العابرة X'd بالأوم من:

$$X'd\ (ohms) = \frac{X' dUn^2 10^{-5}}{Pn}$$

ونحصل على مفاعلة تتابع الصفر الطور X'o من:

$$X'o\ (ohms) = \frac{X'o\ dUn^2 10^{-5}}{Pn}$$

وفي حالة عدم توفر معلومات وبيانات دقيقة فبالإمكان استخدام القيم الممثلة التالية:

X"d =20%; x'd=30% ; x'o= 6%

وتكون Pn هي القدرة المقننة ثلاثية الطور (ك ف أ) ويكون Un هو الجهد المقنن طور/طور لمولد التيار المتردد (فولت).

تستخدم المعاوقة دون العابرة عند حساب مقنن سعة قطع تيار قصر الدائرة لقواطع الدائرة ذات الجهد المنخفض التي لها أزمنة فتح ٢٠ ملي ثانية أو أقل وأيضاً لحساب الاجهادات الكهروديناميكية التي تتحملها قواطع الدائرة والمكونات الأخرى (مثل قضبان التوصيل والكوابل المربوطة أحادية القلب .. الخ). وتستخدم المفاعلة العابرة عند افتراض سعة القطع لقواطع الدائرة ذات الجهد المنخفض بزمن فتح يزيد على ٢٠ ملي ثانية ، وأيضاً لقدرات التحمل الحراري لمجموعة المفاتيح ومكونات النظام الأخرى.

ملحوظة: من اللحظة التي ينشأ فيها قصر الدائرة تزداد مفاعلة مولد التيار المتردد بشكل متسارع وهذا يعني أن التيارات المحسوبة من القيم الثابتة المحددة (X"d و X'd لسعة القطع) ستتجاوز دائماً قيم التيارات التي ستحدث فعلاً عند لحظة فصل تلامس قاطع الدائرة، أي أنه يوجد عامل سلامة تم تضمينه في حسابات مستوى التيار.

وتعتمد هذه الحسابات لسعة قطع قصر دائرة قاطع الدائرة على مكونات التيار المتردد المتماثلة للتيار فقط أي عدم حساب مكونات التيار المستمر أحادي الاتجاه. بالنسبة لسعة توصيل قصر الدائرة لقاطع الدائرة وتكون مكونات التيار المستمر كما هي موضحة في الفصل ج ، البند الفرعي ١-١ (الشكل ج/٥).

ي

مقدار تيار قصـر الدائرة عند أطراف توصيل مولد تيار متردد

*يتم الحـصول على تيار قـصر الدائرة العـابرة ثلاثي الطور عند أطراف مولد التيار المتردد من المعادلة:

$$Isc = \frac{Ig}{X'd} 100^*$$

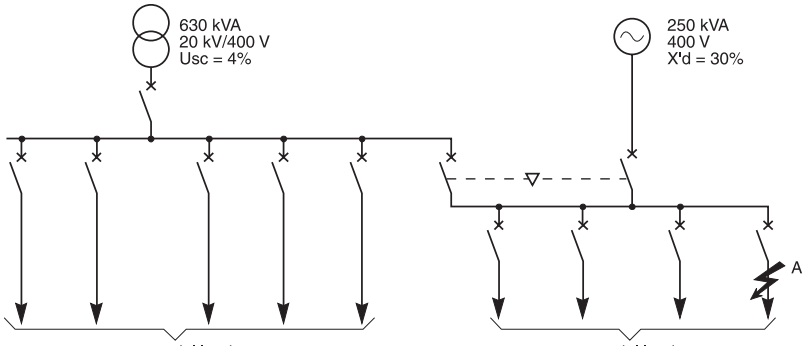
حيث :

Ig = تيار الحمل الكامل المقنن لمولد التيار المتردد

x'd = المفاعلة العابرة لكل طور لمولد التيار المتردد(٪).

عند مقارنة هذه القيم مع قيم قصر الدائرة عند أطراف توصيل الجـهد المنخفض لمحـول ذي مـقنن ك ف أ مـتـسـاوٍ ، سنجـد أن التـيـار مـن مولد التـيـار المتـردد من الرتبة ٥ أو ٦ مـرات أقل من تيار المحول. وسـيكون الاختلاف أكبـر عندما يكون تقنين المولد (كـما هو الحـــال عـــادة) أقل من تقـنين المحول.

* لقواطع الدائرة ذات زمن فتح يتجاوز ٢٠ ملي ثانية .



الشكل رقم ي١–٣ مثال للوحة مفاتيح خدمـات أساسية مغذاه (في حالة الطواريء) من مولد تيار متردد احتياطي .

مثال (الشكل رقم ي/١–٣)

ما هي قـيمـة تيار قـصر الدائرة عند النقطـة (أ) حسب مصدر التغذية ؟

مـعاوقـات الدائرة مهـملة تعـتبـر مقـارنة بمعاوقـات المصادر

■ مصدر المحول

Iscثلاثـي الطور = ٢١,٥ ك ف (انظـر الجـــدول رقم ج/٢٠ في الفصل ج)

■ مصدر مولد التيار المتردد

Isc = (ثلاثي الطور)

$$\frac{Ig}{X'd} x\ 100 = \frac{Pn}{\sqrt{3Un}} x \frac{100}{X'd}$$

حيث:

Pnبالكيلو فولت أمبير (KVA)

Unبالفولت

X' d بـ ٪

Iscبالكيلو أمبير (KA)

Isc (ثلاثي الطور) =

$$\frac{250 \times 100}{\sqrt{3} \times 400 \times 30} = 1.2 \quad KA$$

٢/١ حمـاية دوائر الخـدمات الأساسـية المغـذاة من مولد تـيار متـردد في حالات الطواريء

تعود الصـعوبة إلى الحـد الهامش الصـغيـر بين التـيار المقنن وتيـار قصر الدائرة لمولد التيار المتردد.

يجب تحديد خـصائص (سـعة قطع قصـر دائرة ومدى وحـدة الإعتـاق المغناطـيسي القـابل للضـبط) قـواطع الدائرة الواقية لدوائر الأحمال الأساسية كما هو موضح أدناه :

اختيار سعة قطع قصر دائرة

يجب دائماً حـساب هذا المقدار بالنسـبة لحالة التـغذية من محول أو مصدر "طبيعي" آخر .

ضبط وحدات الإعتاق المغناطيسي

في الحيـاة العمليـة ، تكون قواطع الدائرة المعنيـة فقط هي التي تحـمي دوائر الخدمـات الأساسـية عند لوحـة التوزيع العامة الرئيسية .

يتم دائماً معـايرة حمـاية الدوائر من لوحات التـوزيع المحلية أو الفرعـية عند مستوى أقل بكثيـر من الحماية عند لوحـة التوزيع العـامـة الرئيسـية كي تتـاح ـ في الحالات غـير العادية ـ تيـارات خطأ مناسبـة من مولد تيار متـردد لضمان تشغيل آلي وقائي مـقبول عند تلك المستويات الأقل.

يجب التغلب على عقبتين هما:

- الأولى تخـتص بالحـاجة لتـمـيـيز حـمـاية الدائرة باستخدام نظام حماية لمولد التيار المتردد.

  ولمتطلبات الحـماية الأساسـية لمولد تيار متـردد ضد الأحمال الزائدة ، فإن المنحنى الموضح في الشكل رقم ي /١-٤ يعتبر ممثلاً لذلك (انظر الملحوظة ١).
- الثـانية تـختص بحـمـاية الأشخـاص ضـد الصدمـة الكهربائـية الناتجة من التـماس غـير المباشـر عندما تعتمـد الحماية على تشغيل مـرحلات تعمل عند زيادة التيـار (على سبيل المثـال في أنظمة ITأو .(TNيجب التأكد من تشـغيل هذه المرحلات سواء أكـانت التغذية من مولد التيار المتردد أو من المحول(انظر ملحوظة ٢). لذا يجب ضبط أوضاع الإعتـاق للمرحل المغناطيسي ذو زمن التـأخـيـر اللحظي أو القـصـيـر في قـواطع الدائرة المعنية لكي تعمل عند مستويات الخطأ الأدنى التي تحـدث عند أطراف الدوائر التـي تحمـيـهـا عند تغذيتها من مولد التيار المتردد.

ملحوظة ١: من الممكن دائماً استخدام حمـاية ذات حسـاسية عـالية السـرعة ضـد الأخطاء الـداخليـة لمولد التـيـار المتردد (أي الشبكة العليا لقاطع الدائرة الخـاص به) باستـخـدام نظام حمـاية تفـــاضلـي يتكـون من سـلك دليـلي ومحولات تيار بحيث يكون التمييز عن طريق نظم حماية الدائرة بشكل مطلق. ومع ذلك تبقى مـشكلة الحماية المـيزة للحمل الزائد (كما هي مذكورة أعلاه). ويعتـبر مـرحل التيـار الزائد المحكوم بالجهـد حلاً شـائع الاستـعمـال لهذة المشكلة ويعتمد هذا الحل على الأساس التالي:

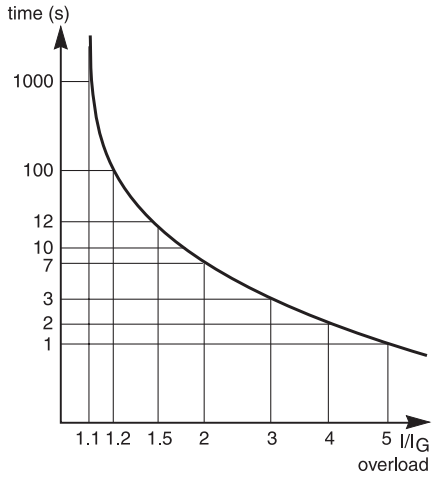
تسـبب تيـارات قـصر الدائرة جـهـود نظام أقل بكـثـيـر من تيـارات الحـمل الزائد. ويسـتـخـدم مـرحل حـمل زائد عـاكس ـ الزمن/التيـار وله منحنيـان تشـغـيليـان، أحـدهما يـناظر المنحنى المـوضح فـي شـكـل ي/١-٤ ويكـون فـعالاً عنـدما تكون مـسـتـويات جهـد النظام طبيعية .

وإذا انخفض جـهد النظام لقيـمة أدنى من قيـمة مـوضوعة مـسبـقاً، يتـحول المرحل أوتومـاتيكياً للتـشـغـيل بشكل أسـرع عند مـسـتـويات تيـار أدنى من الموضحة في شكل ي ١-٤ .

ولكن وحـــدات الاعـــتـــاق المغـناطيس الحـديثة ذات أوضـاع ضبط منخـفض تعطي غـالباً حـلاً أبسط كالمذكـور في ٣/١ أدناه.

ملحوظة٢: عندما يكون مستوى تيار الخطأ الأرضي – غير كافـياً في أنظمة *ITو TNلاعتـاق قواطع الدائرة في حال التـيار الزائد ، فـإن الحـمـاية ضد أخطار التلامس غـير المبـاشر يمكن أن توفـرها الأجهـزة التي تعـمل بالتيـار المتـبـقي (RCDs) كـمـا هو مـبين في الفـــصل (ز) ، البـند الفـــرعي ٦/٥ الاقتراح ٢ لدوائر (IT)والبند الفرعي ٥/٥ الاقتراح ٢ (للدوائر TN).

* يلزم لأنظمة ITخطئان أرضيان متزامنان على طورين مختلفين، أو على طور واحد وعلى موصل محايد الإنشاء خطر تماس غير مباشر.



١/٣ اختيار وحدات الإعتاق

الشكل ي / ١ –٤ حماية مولد التيار المتردد من التيار الزائد

١/٣ أختيار وحدات الاعتاق

أن حساب الحد الأدنى لتيار الخطأ (في مخططات IT و TN) تعتبر معقدة وتتوفر برامج حاسوبية لهذا الغرض.

حساب معاوقة الحلقة المغلقة لتيار الخطأ (Zs لأنظمة ITو TN)

إن تحديد مستوى الحد الأدنى لتيار قصر الدائرة من حساب معاوقة الحلقة المغلقة لتيار الخطأ (Zs) (بطريقة تجميع المعاوقات) يعتبر صعباً بسبب عدم التأكد من دقة معاوقات تعاقب ـ الصفر – الطوري في التركيبات العملية. وعندما تكون مسالك الموصل معروفة بتفاصيل كافية، يمكن حينئذ تقدير المعاوقات باستخدام برامج حاسوبية متوفرة تجارياً حالياً. ويعرض البند الفرعي ٤/١ طرقاً تقريبية لدوائر قصر ثلاثية وأحادية الطور.

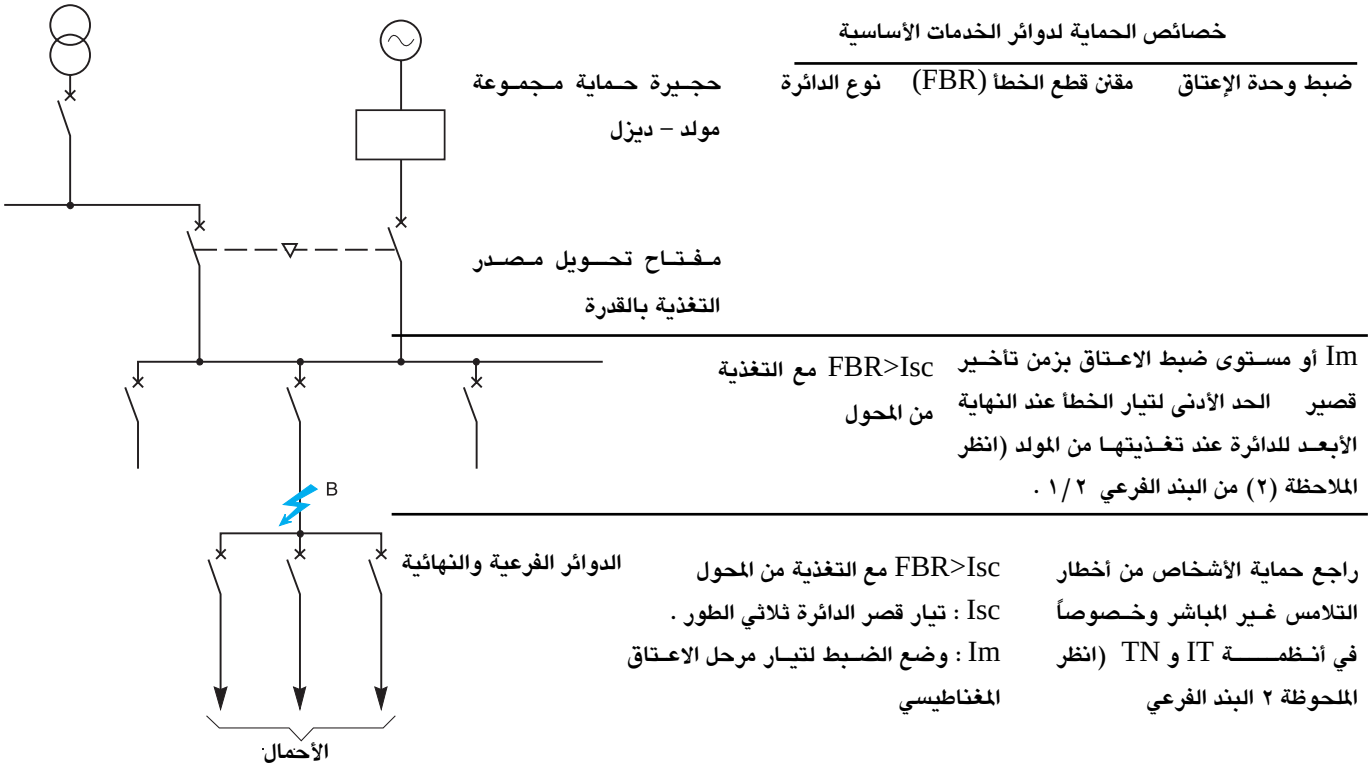
أنواع وحدات الاعتاق المناسبة

سيكون من الضروري عموماً اختيار وحدات اعتاق مغناطيسي ذات أوضاع ضبط منخفضة مثل وحدات NSالمدمجة من انتاج ميرلين جيرين مع (STRمع ضبط تأخير زمن الفصل القصير – المغناطيسي من ١,٥ إلى ١٠ (Irأو قواطع دائرة متعددة ٩* منحنى(B) الاعتاق بين 3 إلى 5In) .

*منتجات ميرلين جيرين .

ومن الناحية العملية ستكون قواطع التيار هذه (أو ما يكافؤها) دائماً ضرورية عندما يكون مقنن تيار قاطع الدائرة أكبر من ثلث مقنن تيار مولد التيار المتردد وفي معظم الحالات يتم الاستغناء عن مرحلات الحمل الزائد المحكومة بالجهد.

ويعطي مصنعي مجموعات المفاتيح غالباً جداول بها توليفات مقترحة من قواطع الدائرة لمخططات (مشاريع) المولدات الاحتياطية الشائعة الاستخدام.



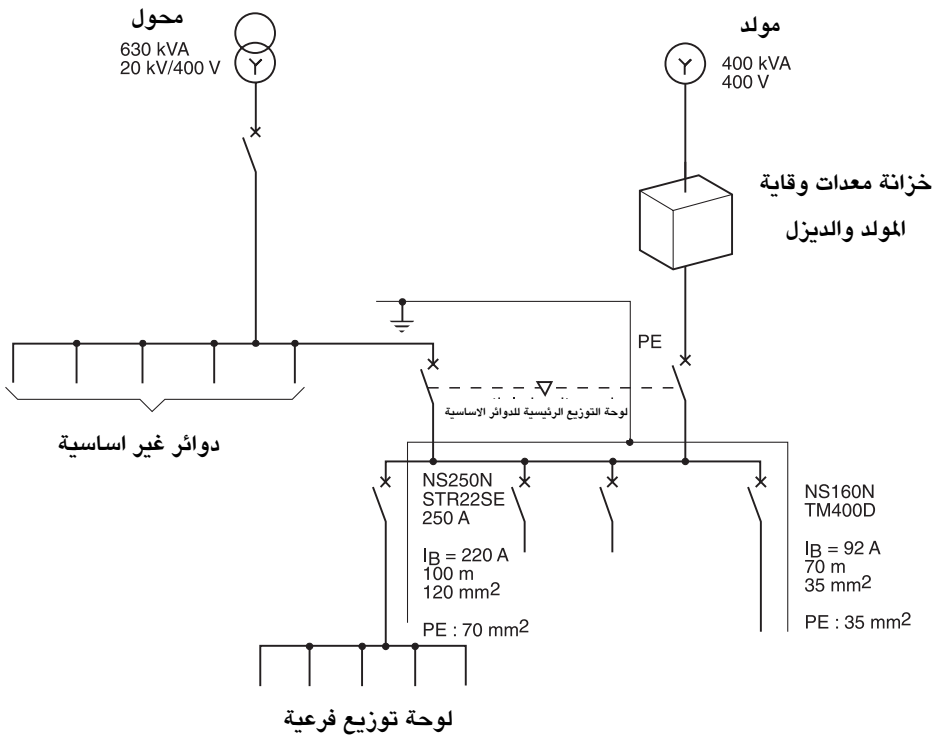
شكل ي ١–٥ حماية دوائر الخدمات الأساسية

٤/١ طرق الحساب التقريبية

الشكل ي/١-٦ يوضح تركيب ذو منبع تغذية من محول قدرته الاسمية ٦٣٠ ك ف أ يشمل لوحة توزيع الخدمات الأساسية والتي تغذي أيضاً من مجموعة ديزل ـ مولد احتياطية قدرتها ٤٠٠ ك ف أ .

ما هي قواطع الدائرة التي ينبغي تركيبها على مسارات الخروج من لوحة الخدمات الأساسية:

- إذا كانت التركيبات مؤرضة بنظام TN
- إذا كانت التركيبات مؤرضة بنظام IT



الشكل ي ١/٦ : مثال

ي

حساب الحد الأدنى لمستـوى تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور .

يوضح الجـدول ي ١/٧ الطريقة المتبـعة لذلك بالنسبة لمولد مع دائرة أو عدد من الدوائر

المفردة بالمحطة	R ملي أوم	X ملي أوم	Z ملي أوم	Isc ك أ
مولد	Ra	X'd		
دائرة	$\frac{22.5L}{S}$	0.08 xL		
المجموع	R	X	$\sqrt{R^2 + X^2}$	$\frac{1.05 \times Vn}{\sqrt{R^2 + X^2}}$

الجدول ي ١/٧ طريقة لحساب تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور

حيث :

= Sمساحة المقطع (مم٢) .

= Lالطول (بالأمتار)

لحسـاب معـاوقة الكابل يتم الرجـوع إلى الفصل ح١ ، البند الفرعي ٤/٢ .

لنعتبر دائرة الـ (٢٢٠ أمبير) الموضحة بالشكل ي١/٦:

□ المولد :

$Ra = 0$

$$X'd = \frac{Un^2 \times 0.30}{pn} = \frac{400^2 \times 0.30}{400} = 120 \text{ m}\Omega$$

□ الدائرة :

$$Rc = \frac{22.5 \times 100}{120} = 18.75 \text{ m}\Omega$$

$$Xc = 0.08 \times 100 = 8\text{m}\Omega$$

تطبيق لطريقـة المعاوقات كـما هي موضـحة بالجـدول رقم ي١/٧ ،

$$R = Ra + Rc = 0 + 18.75 = 18.75 \text{ m}\Omega$$

$$X = X'd + Xc = 120 + 8 = 128 \text{ m}\Omega$$

المعاوقة الكلية لكل طور :

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(18.75)^2 + (128)^2} = 129.4 \text{ m}\Omega$$

$$Isc = \frac{1.05Vn}{Z} = \frac{1.05 \times 230}{0.129} = 1.87 \text{ kA (r.m.s.)}$$

ملحوظة : سوف يوجـد دائماً بعض التـدابير للتـيار المسـتـمـر العـارض في طورين عـلى الأقل ، بحـيث أن القيـمة المذكورة أعـلاه سوف يتم عادة تجـاوزها خلال الفترة المطلوبة لفصل قاطع الدائرة .

حسـاب الحد الأدنى لمستـوى تيار خطأ قـصر الدائرة لطور واحد إلى الأرض

يوضح الجـدول رقـم ي١/ ٨ الطريقـة المتـبـــعـة لذلك بالنسبة لمولد مع دائرة أو عدد من الدوائر .

المفردة بالمحطة	R ملي أوم	X ملي أوم	Z ملي أوم	Isc ك أ
مولد	Ra	$\frac{2X'd+Xo}{3}$		
دائرة	$\frac{22.5L\ (1+m)}{Sph}$	0.08 x L		
المجموع	R	X	$\sqrt{R^2+X^2}$	$\frac{1.05Vn}{\sqrt{R^2+X^2}}$

الجدول رقم ي١ /٨ طريقة لحساب تيار قصر دائرة لطور واحد إلى المحايد

لحسـاب معاوقة الكابل ، يتم الرجـوع إلى الفصل ح١ ، البند الفرعي ٤ /٢ .

لنعتبر دائرة (٢٢٠ أمبير) في الشكل ي ١/٦ :

■ المولد

$$Ra = 0$$

$$Xa = (2x120+\frac{400}{400}^{2} x0.06)\ x\frac{1}{3} = 88\ m\Omega$$

■ الدائرة

$$Rc = 22.5x\ \frac{100x(1+120/70)}{120} = 50.89\ m\Omega$$

$$Xc = 0.08 \times 100 \times 2 = 16\ m\Omega$$

❑ تطبيق لطريقة المعاوقات كما في المثال السابق:

$$R = Ra + Rc = 0 + 50.89 = 50.89 m\Omega$$
$$X = Xa + Xc = 88 + 16 = 104 m\Omega$$

المعاوقة الكلية :

$$Z = \sqrt{R^2+X^2}^{2} = \sqrt{50.89^2 +104}^{2} = 115.8\ m$$

$$Isc\ (\text{طور / محـايد}) = \frac{105x230}{115.8} = 2.09kA$$

أقصى ضبط مسموح به لوحدات إعتاق بزمن تاخير قصير أو لحظي

■ ١ المخطط TN

من بين حالتي العطل المعروفتين (ثلاثي الطور وأحادي الطور/محايد) فقد وُجد أن العطل الثلاثي الطور يعطي تيار قصر دائرة أقل. وبالتالي فإن ضبط المرحل الوقائي يجب اختياره عند مستوى تيار أدنى من المستوى المحسوب. بالنسبة لدائرة خارجة ٢٢٠ أمبير، يتم تقنين وحدة الإعتاق عند ٢٥٠ أمبير وتُضبط عند ISC/250، أي ١,٨٧٠ / ٢٥٠ = ٧,٤ .In ونظراً للتفاوت ±٢٠٪ في التصنيع فإن أقصى ضبط مسموح به يكون

$$\text{In. } ٦,٢ = \frac{٧,٤}{١,٢}$$

وحدة فصل من نوع TM250D* مضبوطة عند In ٦ على قاطع دائرة (NS250N سعة قطع = ٣٦ ك أ، أي > ٢١,٥ ك أ) تعتبر ملائمة لهذا الغرض،

■ ٢ المخطط IT

في هذه الحالة يجب أن تعمل الوقاية لعطل أرضي ثانٍ يحدث قبل التغلب على العطل الأرضي الأول. هذه الحالة (فقط) تسبب أخطار تلامس مباشر في نظام IT.

إذا لم يتم توزيع الموصل المحايد فإن التيار الأدنى لقصر الدائرة في النظام ستكون قيمة الطور ـ إلى ـ طور (أي أعطال أرضية في وقت واحد لطورين مختلفين) والتي تساوي 0.866 ISC (ISC تيار قصر الدائرة ثلاثي الطور).

وإذا تم توزيع الموصل المحايد فإن أدنى تيار قصر دائرة يحدث عند حدوث عطل طور ـ إلى ـ الأرضي وعطل محايد ـ إلى ـ الأرضي في نفس الوقت .

ويتم عادة ضبط المرحل الوقائي عند 0.5 ISC طور إلى محايد) ، أي نصف قيمة تيار قصر دائرة طور ـ إلى ـ محايد ، لضمان تشغيل المرحل بشكل إيجابي ،

□ في حالة عدم توزيع المحايد فإن أدنى تيار قصر دائرة =

٠,٥ × ٠,٨٦٦ × ١,٨٧ = ٠,٨١ ك أ.

ويتم ضبط وحدة الفصل المقننة عند ٢٥٠ أمبير عند:

$$\text{In } ٢,٧ = \frac{١}{١,٢} \times \frac{٨١٠}{٢٥٠}$$

(المعامل ١,٢ محسوب على أساس تفاوت تصنيع ±٢٠٪ لوحدات الإعتاق).

وتعتبر وحدة الإعتاق من نوع TM250 D أو STR22SE المضبوطة عند ٢,٥ In ملائمة ،

□ عند توزيع المحايد فإن أدنى ضبط لمرحل تيار قصر دائرة

= ٠,٥ × ٢,٠٨ = ١,٠٤ ك أ.

يتم ضبط وحدة الإعتاق ٢٥٠ أمبير عند:

$$\text{In } ٣,٥ = \frac{١}{١,٢} \times \frac{١,٠٤٠}{٢٥٠}$$

حيث المعامل ١,٢ يغطي تفاوت التصنيع كما سبقت الإشارة).

وتعتبر وحدة الإعتاق من نوع STR22SE المضبوطة عند ٣,٠ In ملائمة.

ملحوظة: الطريقة السابقة تعتمد على المعادلات المبسطة الآتية:

$$\text{ISC(ثلاثي الطور)} = \frac{Vph}{Z_1} \quad (١)$$

$$\text{ISC(طور / الطور)} = \frac{\sqrt{3}\ Vph}{Z_1 + Z_2} \quad (٢)$$

$$\text{ISC(طور/أرضي)} = \frac{3\ Vph}{Z_1 + Z_2 + Z_o} \quad (٣)$$

حيث:

Z1= المعاوقة الموجبة لتتابع الطور

Z2= المعاوقة السالبة لتتابع الطور

Z0= المعاوقة الصفرية لتتابع الطور

تبسيطات :

■ يفترض أن Z1 تساوي Z2 وبالتالي تصبح المعادلة رقم (٢) كالآتي:

$$\frac{Vph}{Z_1} \quad 0.866 = \frac{\sqrt{3}\ Vph}{2\ Z_1}$$

أو (0.866 ISC ثلاثي الطور)

■ في الجدول ي/١ –٨ فإن

ي

المفاعلة المحسوبة للكابل تفترض أن:

X0 = X2 = X1 للكابل، وبالتالي فإن المفاعلة الكلية

في المعادلة رقم (٣) = $\frac{(X1+X2+X0)}{3}$

$$\frac{3 \times X1}{3} = X1$$

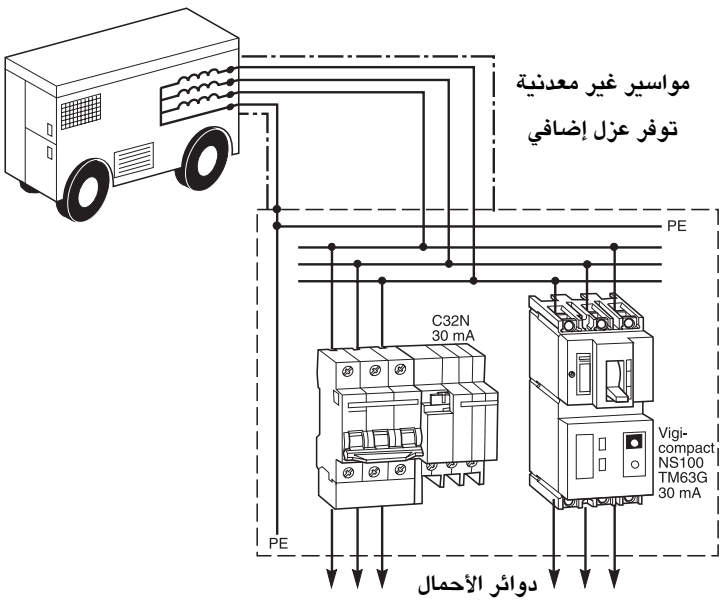
*طراز ميرلين جيرين.

١/٥ وقاية مجموعات توليد التيار المتردد الاحتياطية والمتحركة

- يتم تصنيف مجموعات المولدات التوليد في بعض المواصفات الوطنية إلى ثلاث فئات:
- تركيبات ثابتة (دائمة) (تم شرحها في البنود الفرعية ١/١ إلى ١/٤)،
- مجموعات متحرك (الشكل ي/١-٩)،
- مجموعات مغلفة للقدرة يمكن حملها (الشكل ي/١-١٠) .

المجموعات المتحركة

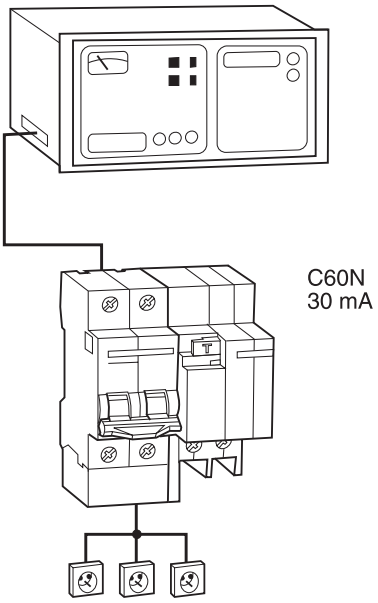
هذه الوحدات تستخدم أساساً للإمداد بالقدرة مؤقتاً (في مواقع الإنشاءات على سبيل المثال) حيث ينبغي تأمين سلامة الأفراد ضد الصدمة الكهربية باستخدام الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي (RCDs) بحد تشغيل لا يتجاوز ٣٠ ملي أمبير.



الشكل ي /١-٩ : مجموعات توليد متحركة

مجموعات مغلفة للقدرة يمكن حملها

تزايد الإقبال من العامة على استخدام مجموعات القدرة المحمولة باليد . عندما لا تكون المجموعة والأجهزة المرافقة لها من الفئة (II) (أي عزل مزدوج) فإن معظم المواصفات الوطنية توصي باستخدام أجهزة تعمل بالتيار المتبقي ٣٠ ملي أمبير.



الشكل ي/١-١٠ : مجموعة للقدرة يمكن حملها مع جهاز يعمل بالتيار المتبقي (RCDs).

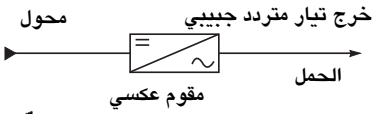
ي

٢/١ ما هو المقوِّم العكسي ؟

يعمل المقوِّم العكسي على الإمداد بتيار متردد ذو جودة عالية (أي موجة جيبية غير مشوشة وخالية من التداخلات) من منبع تيار مستمر ، أي أن وظيفته عكس وظيفة المقوم (الشكل ي/٢-١). والغرض الأساسي منه(عندما يكون ملحقاً معه مقوم لتأمين دخله) هو توفير منبع قدرة ذات جودة عالية للمعدات التي لا تتحمل التداخلات والتشويشات التي يحدثها النظام المعتاد للإمداد بالقدرة (مثل أنظمة الكمبيوتر). إن أنظمة القدرة تكون معرضة للعديد من الاضطرابات التي تؤثر سلباً على جودة الإمداد، منها على سبيل المثال الظواهر الجوية (كالصواعق والصقيع) ، الأعطال العرضية (دوائر القصر) ، التشويشات الصناعية ، تشغيل المفاتيح للمحركات الكهربائية الكبيرة (المصاعد ووحدات الإضاءة بالفلورسنت) ، والتي تعتبر من الأسباب الكثيرة لسوء جودة منابع التغذية. بصرف النظر عن فقد تغذية المنبع في بعض الأحيان، فإن هذه الاضطرابات تأخذ شكل انخفاضات حادة كثيرة أو قليلة في الجهد وتشويشات منخفضة وعالية التردد وضوضاء دائمة من دوائر مصابيح الفلوريسنت وكذلك الأنظمة الإلكترونية الحساسة التي قد لا تكون ملحوظة ولكنها غير مقبولة بالمرة ذات الاضطرابات الصغيرة التي تبلغ عدة ملي ثانية .

وبإضافة بطارية تخزين عند نهايات دخل المقوِّم العكسي (وبالتالي عبر نهايات خرج المقوم المرافق) يصبح لدينا نظام وحدة الإمداد بالقدرة.

في الظروف العادية، يعمل المقوم على تغذية الحمل من خلال المقوِّم العكسي بينما يعمل المقوم في نفس الوقت على شحن البطارية والإبقاء عليها تامة الشحن. وفي حالة انقطاع التيار المتردد من شبكة التوزيع، تقوم البطارية تلقائياً بالحفاظ على الخرج من المقوِّم العكسي دون اضطرابات ملحوظة.



الشكل ي ٢-١ : وظيفة المقوِّم العكسي

٢/٢ أنواع أنظمة الإمداد بالقدرة عند انقطاع التيار (UPS).

توجد عدة أنواع من أنظمة الإمداد بالقدرة حسب درجة الوقاية المطلوبة لشبكة القدرة وحسب ما إذا كان الإمداد الذاتي (الإمداد الاحتياطي الذاتي عند انقطاع القدرة المعتادة) قد تم توصيفه من عدمه. فيما يلي نوعيّ تلك الأنظمة الشائعة الاستخدام .

يوجد نوعين رئيسيين من أنظمة الإمداد بالقدرة:

- نظام مركب خارج الخط ،
- نظام مركب على الخط.

نظام إمداد بالقدرة خارج خط (الشكل ي-٢-٢)

يتم توصيله على التوازي مع المنبع مباشرة من شبكة التوزيع المحلية كما في الشكل رقم ي٢-٢ ويعمل ذاتياً، في حدود سعة بطاريته، عند انقطاع منبع قدرة التيار المتردد. خلال التشغيل العادي يعمل الفلتر على تحسين جودة التيار بينما تتم المحافظة على ثبات الجهد عند قيمته المحددة بواسطة تنظيم ملائم وذاتي داخل وحدة الفلترة.

عند تجاوز حدود التفاوت، مع الفقد الكامل في الإمداد، يتحول الملامس، الذي ينقل الحمل العادي، بشكل سريع (في أقل من ١٠ ملي ثانية)إلى وحدة الإمداد بالقدرة(UPS)فتقوم البطارية حينئذ بتوفير القدرة اللازمة.

وعند عودة التيار العادي يعود الملامس إلى وضعه الأصلي بينما يتم إعادة شحن البطارية إلى سعتها الكاملة.

هذه الوحدات تكون عادة ذات مقنن منخفض(٣ ك ف أ) ولكنها قادرة على إمرار تيارات عابرة كبيرة كالتيارات اللازمة لبدء تشغيل المحركات وتوصيل الأحمال المقاومية (الباردة).

إن الاستخدام الأكثر شيوعاً لهذه الوحدات هو توفير القدرة لتركيبات معدات التقنية المعلوماتية ، ((ITE مثل ماكينات تسجيل المدفوعات النقدية.

نظام الإمداد بالقدرة على الخط (الشكل رقم ي٢-٣)

يتم وصله مباشرة بين الشبكة المحلية للإمداد بالتيار المتردد والحمل وتكون له مقدرة ذاتية تعتمد فترتها الزمنية على سعة البطارية وعلى مقدار الحمل.

يمر الحمل الكامل عبر النظام، الذي يؤمن إمداداً بالطاقة الكهربائية بحدود تفاوت دقيقة، بصرف النظر عن حالة شبكة الإمداد بالتيار المتردد.

في حالة انقطاع تيار الشبكة تعمل البطارية تلقائياً ودون انقطاع على توفير الإمداد بالتيار المتردد إلى الحمل.

وهذا النظام يعتبر ملائماً للأحمال الصغيرة (≤ ٣ ك ف أ) أو الأحمال الكبيرة (حتى عدة م ف أ) وبالنسبة للأجهزة الأخرى والتي لا تضمن أداءً غير منقطع ولكنها تحمي الأحمال الحساسة من بعض الاضطرابات والتي تحدث بصفة عامة في شبكة توزيع القدرة فإنها تشتمل على ما يلي:

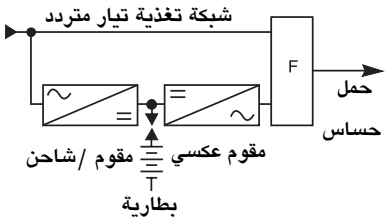
- قابس المرشح وهو ببساطة قابس ذو تيار متردد لوصل أو ربط الأحمال ، والتي بها مرشحات مدمجة ذات تردد عالي بهدف تقليل التدخل الطفيلي إلى مستويات مقبولة. ويتمثل استخدامه الأساسي في الحاسبات الشخصية ذات المعلوماتية الدقيقة والمقننة عند ٢٥٠ إلى ١٠٠٠ فولت أمبير للأغراض المكتبية العامة.
- مكيف الشبكة (أو منبع التغذية)- هو نظام كامل لتوفير مصدر قدرة (تيار متردد) غير ملوث، ولكن بدون استقلالية ، أي ليس هناك اشتراط ضد فقدان التغذية من شبكة التوزيع ذات التيار المتردد.

وتتمثل وظائفها الرئيسية فيما يلي:

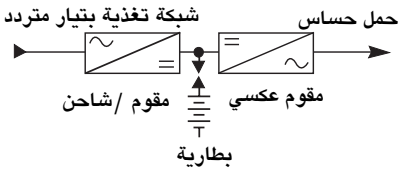
ترشيح وتنقية طفيليات التردد العالي.

المحافظة على مستوى جهد ثابت الحساسية.

عزل الحمل (جلفانياً) عن شبكة القدرة ذات تيار متردد.



الشكل رقم ي/٢-٢: نظام إمداد بالقدرة خارج الخط.

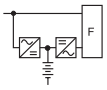
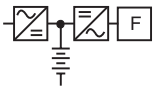


الشكل ي ٢-٣: نظام إمداد بالقدرة على الخط.

وينطبق ذلك على النظم المكتبية أو الصناعية على حد سواء التي لا تتطلب تغذية إحتياطية غير مقطوعة تصل قدراتها حتى ٥٠٠٠ فولت أمبير.

- وحدات تزويد القدرة غير قابلة للانقطاع (UPS)للخط الأضعف ذات حمايةً متكاملة مع إستقلالية لكل حاسب شخصي معلوماتي دقيق ووحداته الطرفية، وتوضع مباشرة أسفل المعالج الدقيق. ويتم عن طريق خرجين ـ كل منهما مدعوم من وحدة تزويد قدرة غير قابلة للانقطاع ـ تغذية المعالج والشاشة. بينما يتم عن طريق مخرجين آخرين مرشحان تغذية للوحدات الأخرى الأقل حساسية (على سبيل المثال الطابعة). وتنتمي وحدات تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع للخط الأضعف إلى فئة مخططات وحدات تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع المركبة خارج الخط .

ي

نوع وحدات (UPS) والمرشحات	قابس مرشح	مهايئ المصدر – التغذية	وحدات (UPS) الخطوط الدقيقة	وحدات (UPS) خارج الخط	وحدات (UPS) على الخط
رسومات تخطيطية أساسية					
الاضطرابات المفترضة					
نوع الاضطراب تدابير في الشبكة تصحيحية					
طفيليات عالية التردد	■	■	■	■	■
تغييرات تنظيم الجهد		■	■	■	■
الاستقلالية					
من ١٠ إلى ٣٠ دقيقة طبقاً لسعة البطارية			■	■	■
القدرة المقننة					
≥ ٢٥٠ فولت أمبير	■	■	■	■	■
٣٠٠ – ١٠٠٠ فولت أمبير		■	■	■	■
١٠٠٠ – ٢٥٠٠ فولت أمبير		■		■	■
٢٥٠٠ <		■			■
التطبيقات					
	الوقاية الأدنى	جميع الأحمال الحساسة	حاسب شخصي معلوماتي دقيق	نهايات معلوماتية دقيقة	نظم قدرة تيار متردد ذات توزيع عال و/أو أحمال كبيرة

الجـدول ي ٢ – ٤ : أمثلة لإمكانيات التطبيق المختلفة للمقومات العكسية في تطهير مصادر التغذية وخطط UPS.

ي

٣/٢ المواصفات القياسية

المواصفة القياسية الدولية الحالية التي تغطى المقومات العكسية شبه الموصلة هي IEC 146 - 4

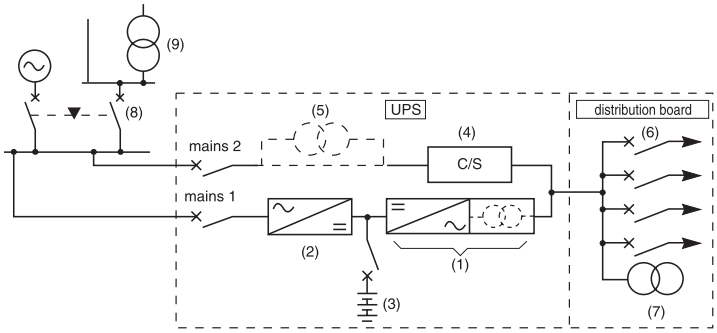
٤/٢ اختيار نظام وحدة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع

يتحدد اختيار نظام وحدة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع UPSبشكل رئيسي بالعوامل الآتية:

- القدرة المقننة والتي تعتمد على :
- القيمة القصوى للطلب الحقيقي المقدر بالكيلو فولت أمبير.
- ذروات التيار العابرة (بدء تشغيل المحرك، تغذية الأحمال المقاومية بالطاقة والمحولات...) .

ملحوظة : من أجل الحصول على تمييز مرضٍ لأدوات الحماية لكافة أنواع الحمل ، فقد يكون من الضروري ضبط مقنن القدرة لنظام وحدة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS) .

- مستويات الجهد عند الشبكة العليا (الدخل) والشبكة السفلى (الخرج) لوحدة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع.
- فترة الاستقلالية المطلوبة (أي التغذية من البطارية).
- الترددات الداخلة والخارجة لوحدة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS).
- مستوى الانتفاع المطلوب.



شكل ي٢–٥ ترتيب ممتاز لتركيب وحدة تزويد القدرة غير القابلة للإنقطاع على الخط باستخدام مقوِّم عكسي

وحدة تزويد قدرة غير قابلة للانقطاع (UPS) :

١ -مقوم عكسي

٢– مقوم/ شاحن

٣– بطاريات (فترات الاستقلال العادية ١٠ – ١٥– ٣٠ دقيقة – عدة ساعات)

٤– ملامس ساكن (انظر " الانتفاع " أدناه)

٥– محول فصل (عزل)، إذا كان الفصل الجلفني من دوائر الدخل ضرورياً.

٦– مسارات الخروج .

٧– محول لجهد دوائر خرج معينة .

٨– مفتاح تبديل

٩– محول لملاءمة جهد الدخل بجهد المستهلك

ملحوظة: عند الوهلة الأولى، يبدو أن ترتيب الدائرة في الشكل ي/٢–٥ يشبه إلى حد كبير ترتيب نظام وحدة القدرة غير القابلة للانقطاع خارج الخط (الواردة في الشكل ي/ ٢–٢). وفي الحقيقة إنه يعد نظاماً على الخط وحيث يكون الحمل ماراً من خلال الدائرة رقم ١ بصورة طبيعية. وفي هذه الحالة يكون الملامس الساكن مفتوحاً ولكن يقفل بصورة تلقائية إذا زاد الحمل على قدرة الوحدة الغير قابلة للانقطاع (UPSأو فشلت لأي سبب. وفي مثل هذه الحالة سوف يتم تزويد الحمل من الدائرة الاحتياطية ٢ وهذا الإجراء هو عكس ما يحدث بالنسبة للنظام خارج الخط.

وسوف يعود الوضع إلى ما كان عليه إذا تم ضبط وتعديل الحمل الزائد ، ....الخ .

وبهذا الترتيب، فإن خرج الجهد للمقوم العكسي يبقى متزامناً ومتوافقاً مع شبكة تغذية القدرة (أي خلال حدود تفاوت قريبة لفارق الطور والمقدار) مما يقلل من الاضطراب في حالة عملية التبديل اللحظي من الدائرة ١ إلى الدائرة ٢ .

إن تقنين القدرة لوحدة تغذية قدرة غير قابلة للانقطاع (UPS) يجب أن يأخذ في الاعتبار تيارات بدء المحرك الذروية وكذلك إمكانية توسعات مستقبلية في التركيبات ، ومقدرة للمقوم العكسي للحمل الزائد ومكونات وحدة (UPS) الأخرى .

القدرة (فولت أمبير)

يجب أن تكون القدرة المقننة لوحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS) كافية لتلبية طلب الحمل المستقر بالإضافة إلى أحمال ذات طبيعة إنتقالية. ويكون الطلب هو مجموع الأحمال الظاهرية (فولت أمبير) للعناصر المنفردة ، على سبيل المثال وحدة المعالجة المركزية (CPU) وأن يصل مجموعها إلى pa ويتم تصحيحها عامة بمعامل (١,٢ إلى ٢) للتوسعات المستقبلية.

وعلى أية حال، لتجنب الزيادة في حجم التركيبات، يجب الأخذ في الاعتبار قدرة الحمل الزائد لمكونات وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS)، على سبيل المثال يمكن أن تتحمل المقومات العكسية التي من صنع ميرلين جيرن حالات زيادة التحميل الآتية:

1.5 In لمدة دقيقة واحدة.

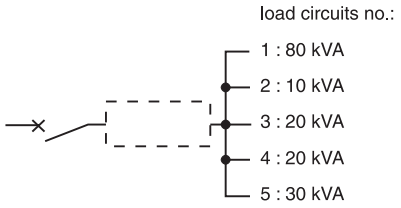
1.5 In لمدة عشر دقائق.

التغيرات اللحظية للحمل:

تحدث هذه التغيرات في أوقات التغذية بالطاقة أو فصل الطاقة عن وحدة أو أكثر من عناصر الحمل. وبالنسبة لإجراء تغيير لحظي للحمل حتى ١٠٠٪ من التقنين الأسمي لوحدة (UPS) فإن جهد الخرج سيظل في الغالب ما بين +١٠٪ إلى – ٨٪ من قيمته المقننة.

مثال على حساب القدرة

اختيار وحدة تغذية قدرة غير قابلة للانقطاع مناسبة للأحمال موضحاً بالشكل ي/٢-٦ .



الشكل ي/ ٢-٦ : مثال

ضوابط التشغيل المقترحة :

سوف تأخذ الدائرة رقم ٤ تياراً انتقاليا يساوي In٤ لمدة ٢٠٠ ملي ثانية عندما يتم تغذيتها بالطاقة مبدئياً. وهذه العملية سوف تتم على الأقل مرة واحدة كل يوم . وبالتالي فإن الطلب الذروي بالكيلو فولت أمبير

يمثل إضافة لـــ (فوق حالة الاستقـرار لمتطلب ٢٠ كيلو فولت أمبير) مقدارها ٣×٢٠ ك.ف أ= ٦٠ ك.ف.أ.

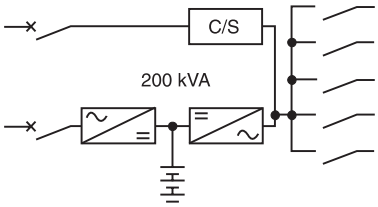
بينمـا لا تحـتاج الدوائر المـتبـقـية لمثل هـذه التيـارات الذروية الانتقـالية. وفي جميع الحالات فـإن قيم الكيلو فولت أمبير المشار إليها قـد أخذت في اعتبارها معاملات قدرة الحمل. كما يتم تقدير التوسعات المستقبلية الممكنة حـتى تصل إلى ٢٠٪ من الحـمل القـائم. ويكون أقـصى متطلب للقدرة المستقرة هو :

القـــدرة = ٨٠ + ١٠ + ٢٠ + ٢٠ + ٣٠ = ١٦٠ كـــيلو فولت أمبير.

مع السماح بتوسعات (٢٠٪)

= ١٦٠ × ١,٢ = ١٩٢ كيلو فولت أمبير.

وبإضـافـة ٢٠٠ ملـي ثانيـة ذروة إضـافـيـة (٣×٢٠) كيلو فولت أمبير فـإن مجموع المقادير تصبح ١٩٢+ ٦٠ = ٢٥٢ ك.ف.أ. وهكذا فإن الإجمـالي ٢٥٢ ك.ف.أ يشتمل على تيـــار ذروي ٦٠ ك.ف.أ والذي يتم امـتـصـــاصـه بسـهـولة بواسطة الحـمل الزائد 1.5 In لنظام وحـدة (UPS)من نـوع (M.G)، بحـيث يكون تقنين وحـدة (UPS) المـنـاســـب هـــو ٢٥٢ × $\frac{١}{١,٥}$ = ١٦٨ ك.ف.أ وللحـصـول على أقـرب تقنين قـيـاسي مـتـاح أعلى من القيمة المحسـوبة نجد أنه ٢٠٠ ك ف أ. ولاختيار أدوات الحماية المناسبة انظر البند الفرعي ٢/٩ .

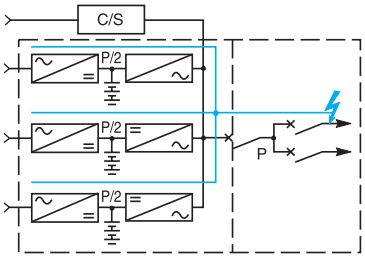


شكل ي ٢-٧: ـ حل المثال

الإتاحة (الانتفاع)

يزود نظام وحـدة تغذية القدرة غـير القـابلة للانقطاع ((UPSبصـفـة عـامـة بمصـــدر طوارئ بديل (غـيـر مشروط) وبهذا يتوفر مسـتوى عال نسبياً من الإتاحة. وعلى سـبـيـل المثـال فـإن وحدة القـدرة غـيـر القـابلة للانقطاع يتوفر بها بمفـردها (متوسط زمني بين حالات الفـــشل) (MTBF)يصل إلى ٥٠,٠٠٠ ســـاعـــة. وفي الحالة العادية حيث تكون التغذية مزدوجة كما يلاحظ أعلاه (المنبع(١) والمنبع (٢) في الشكل ي/٢-٥) فيتـم الحصـــول علـى المتـوسط الـزمنـي بين حالات الـفشل (MTBF)في مـدى يتـراوح بين ٧٠,٠٠٠ ســاعـة إلى ٢٠٠,٠٠٠ ساعة وهذا يعتمد على توفر المصدر الثاني.

ويتم تحـويل التـشـغـيل من مـصـدر إلى آخر تلـقائيـاً بواسطة ملامس في حالة صلابة. وهناك ترتيبات يمكن أحياناً وضعها وتركيبهـا كوحدات احتياطية زائدة مثل وجود ثلاث وحـدات تغذية (USP)كل منهـا ذات مقنن لتـغـذيـــة حـمـل مـقـداره (p) (شكل ي/٢-٨) ويتم حساب مستوى الإتاحة (المنفعة) بواسطة المتخصصين، كمـا أن المصنعين بإمكانهم توضيح مـسـتـويات الإتاحة المتعلقة بمنتجاتهم وتصميماتهم الموصى بها.



شكل ي /٢-٨

وحدات (UPS) كل منها بمقنن P/2 توفر مستوى إتاحـية عالٍ لقدرة مقننة P .

٥/٢ نظم وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع UPSوالظروف المحيطة بها

تشتمل مكونات نظام وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع على وسائل للاتصال بالأجهزة الأخري .

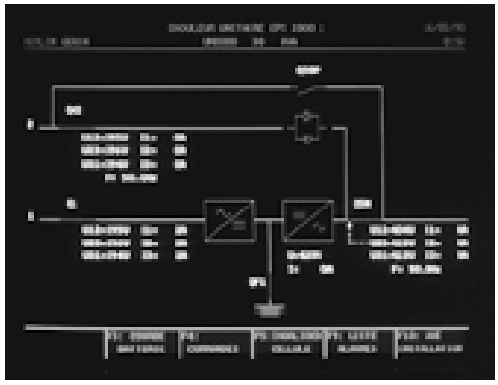
تستطيع وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع أن تتصل بالأجهزة الأخرى ولا سيما مع نظم تقنية المعلومات وتمرير البيانات المتعلقة بحالة مكونات الوحدات (هل مفتاح التماس مفتوح أم مقفل وهكذا) وتلقي الأوامر الخاصة بضبط تشغيل الوحدات وذلك بهدف:

- الوصول ببرنامج الحماية إلى الحد الأمثل. فعلى سبيل المثال تقوم وحدة تغذية القدرة غير قابلة للانقطاع بنقل وتحويل البيانات (مثل : الحالة عادية ، مصدر التغذية بالبطارية متوفر ، الإنذار عن فترة الاستقلال الذاتي جاهزة) إلى الحاسب الآلي التي تقوم بتغذيته. يقوم الحاسب باستنتاج الإجراء التصحيحي المناسب ويقوم تبعاً لذلك بالإشارة إليه.
- السماح بوجود التحكم عن بعد:

تقوم وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع بنقل البيانات المتعلقة بحالة ووضع مكونات الوحدة مع الكميات المقاسة إلى موقع المشغل الذي يقوم بدوره بعمل مناورات تشغيل من خلال قنوات التحكم عن بعد. القيام بإدارة والإشراف على التركيبات. يكون لدى المستهلك (اي المستخدم) جهاز تقنيه للإدارة المركزية والتي تسمح له بالحصول على بيانات وحدات تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع والتي يتم تخزينها فيما بعد وتحليلها مع توضيح الحالات الشاذة كما يتم توضيح وضع الوحدات على لوحة تقليدية أو تعرض على شاشة وفي النهاية يتم التحكم عن بعد في وظائف وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع (الأشكال ي ٢-٩ إلى ي ٢-١١).

إن هذا التطور نحو تحقيق توافقية عامة بين نظم متنوعة وأجهزة الحاسب ذات الصلة يتطلب دمج وإدخال مهام جديدة لنظم وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع. هذه الوظائف يتم تصميمها بشكل يضمن توافقها كهربائياً وميكانيكياً مع الأجهزة الأخرى حيث أن الأجهزة القياسية مزودة الآن بملامسات جافة وحلقات تيار . ويمكن أيضاً إدخال أجهزة وصل بينية طبقاً للمواصفات RS232وRS422أو RS485 حسب الطلب.

وفي الحقيقة فإن بعض الوحدات الحديثة تشتمل على وسائل اتصال جديدة ذات لائحة متكاملة (على سبيل المثال ناقل بيانات عمومي J). علاوة على ذلك، بإمكانها استخدام البرامج المتخصصة المتعلقة بالفحص التلقائي وتشخيص الخطأ (على سبيل المثال شاشة العرض على الحاسب الشخصي) والتي يمكن إدماجها في أنظمة أخرى التي تقوم بالإشراف الكلي (الشكل ي ٢-١٠) .



شكل ي ٢ – ١٠ برامج حاسوب (على سبيل المثال شاشة العرض) تسمح بالفحص التلقائي وتشخيص الخطأ عن بعد لنظام ups

شكل ي ٢–٩ : وحدات ups يمكنها الاتصال بأطراف توصيل إدارة نظام مركزي

شكل ي٢–١١ وحدات UPSمتكاملة وجاهزة داخل نظام إدارة مركزي .

ي

٦/٢ الإدخال في الخدمة وتقنية نظم وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع

وحدة تغذية قدرة غير القابلة للانقطاع للحاسبات الشخصية الفردية.

شكل ي ٢-١٢ : وحدة UPSللخطوط الدقيقة يمكن أن تكون ملازمة للحاسوب الشخصي

نظام وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع داخل غرفة الحاسبات.

شكل ي ٢-١٣ : لتركيبات الحاسوب الكبيرة ، توضع وحدات USPعامة في غرفة الحاسوب

كبائن وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع داخل غرفة خدمات كهربائية.

شكل ي ٢-١٤ : توضع نظم (UPS)الكبيرة في غرفة خدمات كهربائية .

ي

أنواع البطاريات

هناك نوعان من البطاريات يرتبطان بنظم وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع.

الوحدات المحكمة الغلق التي لا تحتاج إلى صيانة تستخدم هذه البطاريات للنظم المقننة عند ٢٥٠ كيلوفولت أمبير أو أقل كما توفر استقلالية حتى ٣٠ دقيقة. وبالنسبة لبعض التركيبات تعتبر التهوية الطبيعية في الموقع كافيةً بشرط أن تطابق الشروط الخاصة بالشحن والمعايرة إلى جانب خواص البطارية مع الضوابط الضرورية. تحدد هذه الضوابط داخل المواصفات الوطنية لبعض الدول (على سبيل المثال NFC 15-100البند الفرعي ٥٥٤– فرنسا). وحتى تاريخه لا توجد هناك أية توصية لـ IECمكافئة ، لذلك يوصى باستشارة مصنِّع البطارية.

البطاريات غير المحكمة الغلق

هذه البطاريات هي غالباً بطاريات رصاص حمضية وتستخدم لكافة التركيبات الكبيرة. وهذه البطاريات يجب وضعها في غرفة خاصة بها تتوفر فيها التهوية .

وبالنسبة لبعض التطبيقات يفضل استخدام البطاريات من النوع المفتوح (أي غير المحكمة الغلق) من نوع الكادميوم – نيكل.

مكان وضع البطارية

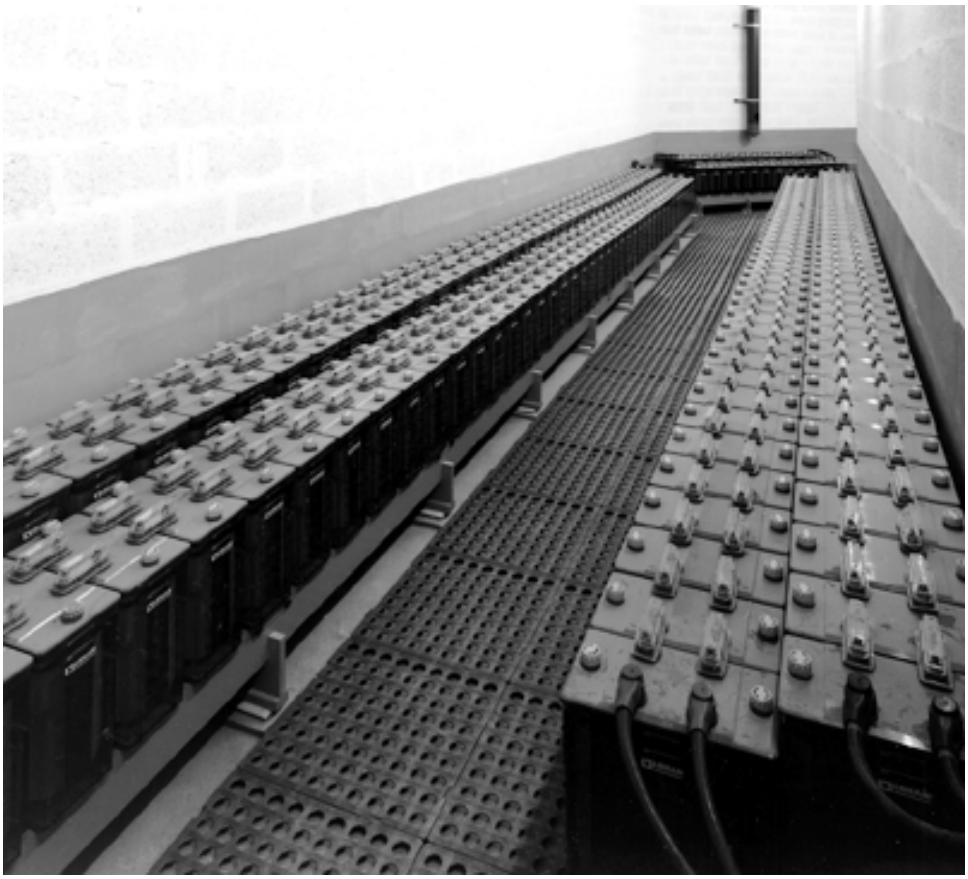
بالنسبة لمكان وضع البطاريات، فإن معظم المواصفات الوطنية تفرض نظاماً من التهوية، سواءاً أكان تهوية طبيعية أم تم توفيرها، والذي يربط معدل تجديد الهواء بحجم ومعدل شحن البطارية (أو البطاريات). ويمكن حساب معدل تغيير الهواء الموصى به بالمتر المكعب في الساعة الواحدة من الصيغة 0.05 NI حيث أن:

N = عدد خلايا البطارية

I = أقصى قدرة تيار شحن لشاحن البطارية (بالأمبير).

وفي حالة التهوية التي يتم توفيرها، فإن شاحن البطارية يجب اطفاؤه تلقائياً إذا حدث فشل في مروحة (مراوح) النظام أو توقف دخول الهواء أو أنخفض لأي سبب من الأسباب.

وبالنسبة لنظم وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع ذات التقنين الكبير، يتم وضع البطاريات بصفة عامة في غرف مصممة خصيصاً للبطاريات تتوافق مع النظم والمواصفات القياسية المحلية.



شكل ي٢-١٥ غرفة بطاريات نموذجية

٧/٢ خطط التأريض

عام

بصفة عـامة يتم تغذية نظام وحدة تغذية القـدرة غير القابلة للانـقطاع من دائرتين (كما هو مـوضح بالشكل ي ٢-١٦ بصـورة نموذجيـة) ويتم حمـاية كل منهمـا بشكل منفصل ويشار إليهما بالخطين الرئيسيين ١ و ٢ ويتكـون الخط الرئيـسي ١ من دائرة ثـلاثيـة الطور ثلاثية السلك موصلة بـأطراف توصيل دخل الشاحن/ المقـوم العكسي لـوحـدة تغـذية القـدرة غـيـر القـابلة للانقـطاع، في حين أن الخط الـرئيـسي ٢ يتـكون من دائرة ثلاثيـة الطور ربـاعيـة السـلك مـوصلة بأطراف توصيل الدخل لمفـتاح التلامس الساكن. وتغـذى لوحة توزيع الخرج بجهـد ٢٣٠/٤٠٠ فولت. يمكن استخدام محولات مهايئة في حالة طلب قيم جهود أخرى.

الفصل الغلفاني لدوائر دخل وخرج نظام وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS)

تعتمـد الإجراءات المتبعة لتـوفير الحماية ضـد الصدمة الكهربائيـة على نظام التأريض وبالتـالي على وجود أو عدم وجود فصل غلفاني لدوائر الخرج من دوائر الدخل. ويجب أن يكون لدى المصنعين الاستـعداد لتقديم كـافة المعلومات الضرورية لذلك.

× إذا لم يكن هناك فـصـل ، فإن نـظام التـأريض يكون متماثلاً بشكل واضح على كلا جانبي نظام الوحدات.

■ في حـالـة وجـود فـصل كـامل بين جـانبي الدخل والخرج للنظام، فـإن نظم التأريض عند الدخل والخرج قد تكون مـخـتلفـة (أو مـتـمـاثلة). وتوضح المذكـرات الـفنيـة CT129 لمارلين جـيرين هذا الموضـوع بمزيد من التفصيل.

مخطط التأريض TT/TT

لا يمكن توصيل السلك المحايد للمـقوم العكسي بصورة دائمة بالأرض كما هو موضح أعلاه ولكن فقط بصورة مؤقتـة أي عندما يكون D2مفتـوحاً في الشكل ي ٢-١٦, إن D2هو قـاطع دائرة ذو أربعـة أقطاب والذي يقوم بقطع الموصل المحايد عندما يكون مفتوحاً.

يؤرض الموصل المحـايد عند مـحول ج ع/ج م وعندمـا يفتح D2يُغلق مفتاح التلامس تـلقائياً لإعادة توصيل قضيب التوصيل للوحة التوزيع بالأرض.

الحماية العامة

يتم وضع جهـاز التيار المتـبقي RCD عند كل مـسـار لجهـاز MGDBالذي يقوم بتغذية نظام وحدة تغذية القدرة غـير القـابلة للانقطاع (D1) (UPSو D2في الشكل ي ٢-١٦) ويتم التمييز بين أجهزة التيار المتبقي والأجهزة على لوحة التوزيع عـند خرج نظام وحدات تغـذية القدرة يضـمن مـواصلة تزويد القـــدرة بأقـــصـى شكل ممكـن. ويتم اختيار حساسيـة أجهزة التيار المتبقي RCDsطبقاً لقـيمة مقـاومة التأريض (القـطب بالإضـــافـــة إلى أســـلاك التأريض).

ي

ملاحظة: يتم تصميم بعض أشكال أجهزة التيار المتبقي لتفادي سوء التشغيل في ظروف غير عادية (مكونات التيار ذات التيار المستمر) والتي تتولد أحياناً عن نظم وحدات القدرة غير القابلة للانقطاع. ويوصى أحياناً بإستشارة مصنعي هذه الوحدات في هذا الموضوع.

حماية دوائر التيار المستمر لنظام وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع ((USP

■ حماية البطارية

تعتمد معظم المواصفات الوطنية وقوانين الممارسة المتعلقة بتركيبات البطاريات على لوائح وقوانين صارمة والتي إذا نفذت بشكل مناسب، فإنها تقلل من إحتمالية خطأ قصر الدائرة أو التلامس العرضي غير المباشر كما تضمن أن لا تعرض الدائرة بداية من أطراف توصيل البطارية حتى قاطع دائرة التحكم- حياة الأشخاص للخطر. وسيتحقق ذلك إذا:

❑ كانت البطارية وكافة دوائر التيار المستمر موضوعة في نفس الحجيرة مثل مكونات نظام وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع وبهذا يتم ايجاد موقع متساوي الجهد.

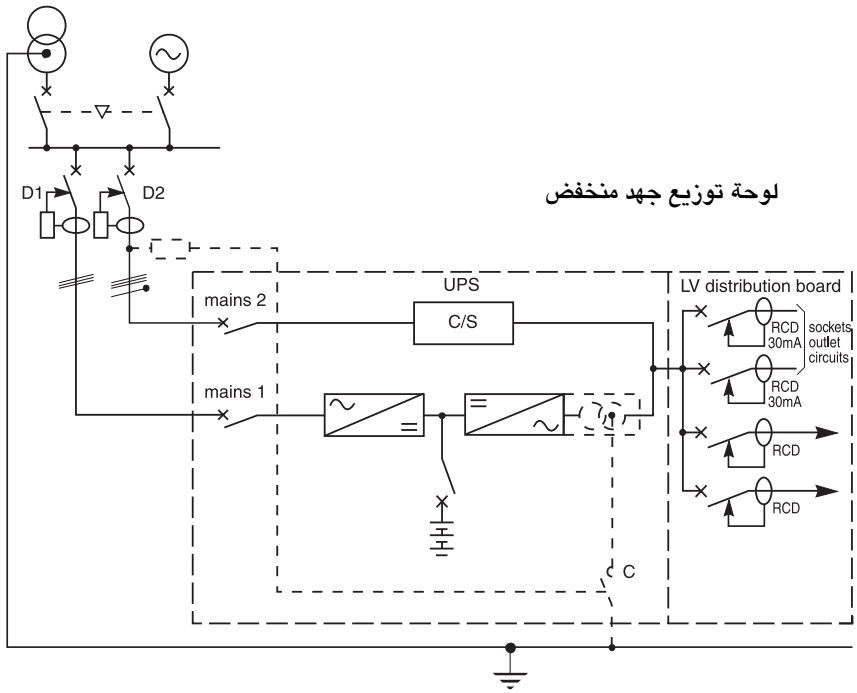
❑ إذا كان مكان وضع البطارية بعيداً عن نظام الوحدة يتم مراعاة المواصفات الخاصة بعزل الفئة . II

■ بالنسبة لبقية التركيبات: وعلى الأخص في الجزء من جانب خرج قاطع دائرة البطارية ووصلة خرج المقوم مع دخل المقوم العكسي حيث يمثل وجود خطأ في العزل في الدوائر ذات التيار المستمر خطراً كبيراً، فإنه يوصى بشدة بإجراء نظام لمراقبة العزل. وهناك نظام مناسب للمراقبة الدائمة والذي يزود بتيار اختبار ذي تردد منخفض * (aXM200)كما هو موضح في المذكرات الفنية لمارلين جيرين CT129 على سبيل المثال).

*من منتجات ميرلين جيرين .

حماية دوائر الخرج الخالية من التلوث

يجب حماية الدوائر التي تغذي فتحات ومآخذ القابسات باستخدام أجهزة تيار متبقي بحساسية ٣٠ ملي أمبير (أو أقل) (على سبيل المثال قواطع دائرة تفاضلية متعددة ٩ ، منحنى B، ٣٠ ملي أمبير)* . يجب حماية طرق الخرج الأخرى باستخدام أجهزة التيار المتبقي ذات الحساسية المناسبة (عامة ٣٠٠ ملي أمبير) والذي يجب أن يميز بين هذه الحماية والحماية المقدمة بـ D1و D2(الشكل ي ٢-١٦).



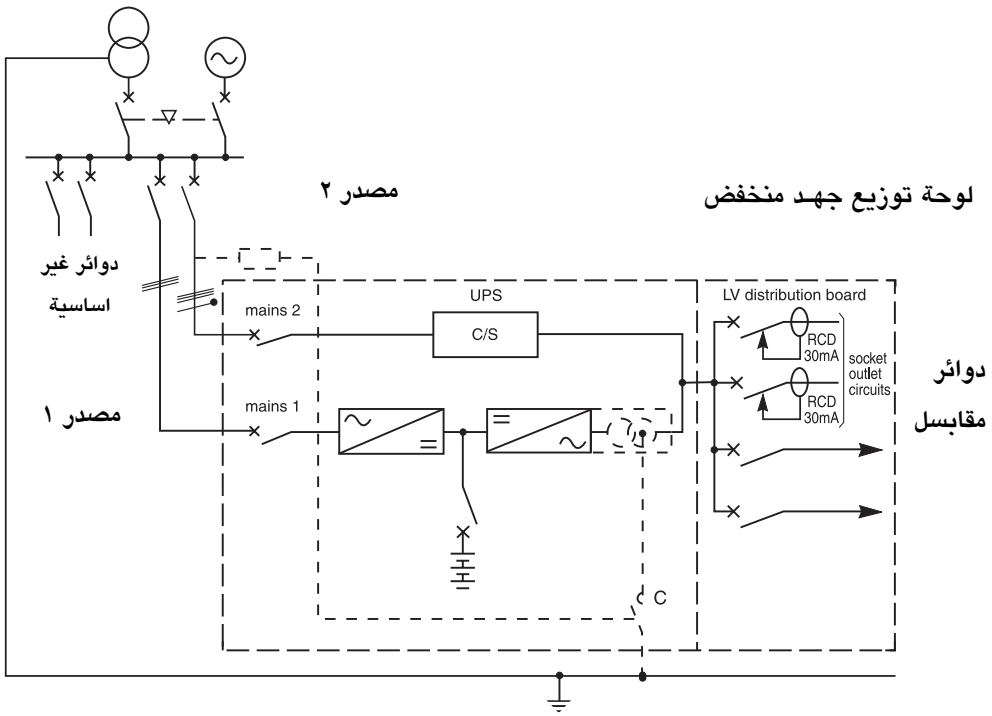
شكل ي ٢–١٦ مخطط TT/TT

مخطط TN-C/TN-S

*يتحقق القطع التلقائي للتغذية بواسطة الحماية من المخاطر ضد التلامس غير المباشر في هذا المخطط بواسطة مرحّلات التيار الزائد. ولكن يصعب في هذه الحالة حساب معاوقة الحلقة .Zs إن القاعدة الأساسية التي يجب إتباعها هي أن تيار قصر الدائرة الخارج من المقوم العكسي يتجاوز تيار بداية الإعتاق للحماية من التيار الزائد عند الخرج .

إن قواطع الدائرة ذات وحدات إعتاق مغناطيسية بمدى منخفض تعتبر مناسبةً لكل من مخططي TN-C وTN-S . وبالنسبة لتركيبات TN-S (فقط) يتم الإستعانة أيضاً بأجهزة تيار متبقي (RCDs) ذي حساسية متوسطة.

- يتم حماية الجزء ذي التيار المباشر من نظام وحدة تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع كما هو موضح سابقاً بالنسبة لمخطط TT.
- يتم حماية دوائر الخرج الخالية من التلوث باستخدام أجهزة تيار متبقي ٣٠ ملي أمبير للدوائر التي تغذى مآخذ المقابس وباستخدام قواطع الدائرة ذات الإعتاق المنخفض لقصر الدائرة كما هو موضح سابقاً .



شكل ي ٢–١٧ مخطط TN-C/TN-S

مخطط IT/IT

*مراقبة العزل

يتم تلقائياً استبدال مرِّحل فحص العزل الدائم CIC1 عند أصل التركيبات (بين نقطة التعادل المعزولة للمحول ج ع/ج م والأرضي) بالمرحل C1C2 عند خرج المقوم العكسي عندما يكون مصدر التغذية (٢) عاطل .

■ اختيار CIC

□ على جزء من النظام ذو التيار المستمر ، فقد يستخدم مرحل CIC3لحقن تيار متردد منخفض التردد جداً من نوع فيجلهوم .* XM200

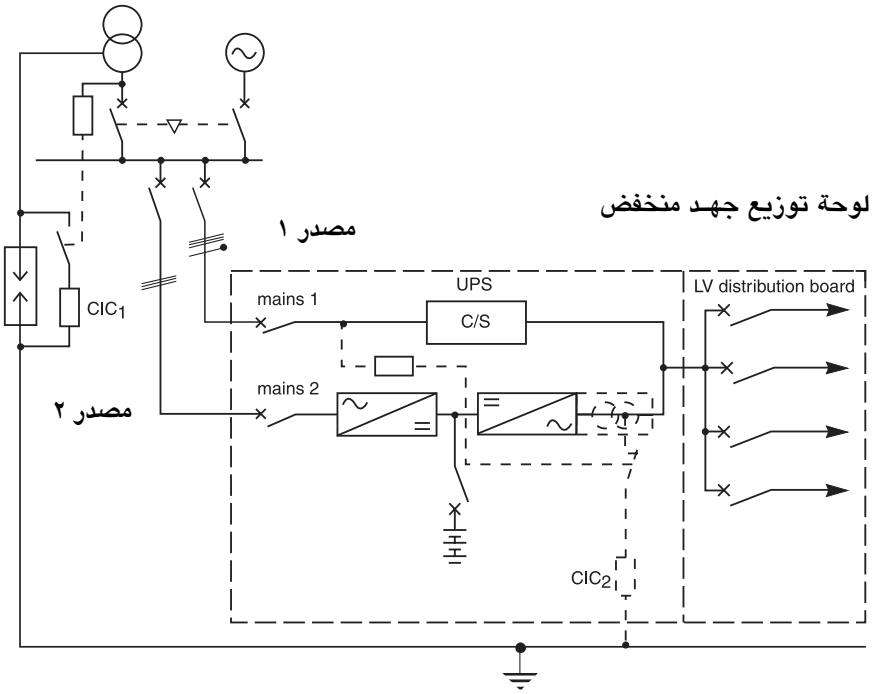
□ وعلى الأجزاء ذات التيار المتردد، تستخدم مرحلات CIC2 , CIC1لحقن تيار مستمر نوع .TR22A وفي الحقيقة ، فإن وجود خطأ على الجزء ذي التيار المستمر من النظام سوف يتم الكشف عنه باستخدام المرحلات CIC1، CIC2ولكن هذه المرِّحلات سوف لا تعمل نظراً لأن قياس المعاوقة التي تم حسابها عن طريق هذين المرحلين ليس صحيحاً.

* منتجات مرلين جيرين

وتسمح مرِّحلات حقن التيار CIC التي تعمل عند تردد منخفض جداً (نوع *XM200على سبيل المثال) بإجراء قياس للمعاوقة بشكل صحيح .

القيود على بقية نظام IT

إن تصميم وتشغيل نظام ما لـ IT يتطلب الاهتمام والعناية . ويمكن تحقيق مزايا تشغيل ITفقط إذا تم إكمال دراسة جادة بإتباع إرشادات تشغيل واضحة ودقيقة، وعلى وجه الخصوص فإن السعات الموجودة بالشبكة (الكابلات والمرشحات على الأجهزة) يجب أخذها في الاعتبار كما يجب عزل كافة عناصر الحمل لتتحمل الجهد من طور إلى طور.



شكل ي ٢–١٨ مخطط IT/IT

الفصل الغلفاني الكامل لدخل دوائر نظام وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS)عن خرج دوائر الوحدات.

في بعض الأحيان يتطلب الأمر إجراء فصل غلفاني لدخل وخرج دوائر نظام وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع ويتم ذلك عن طريق وضع محول ثنائي الملف عند دخل مفتاح التلامس الساكن . وفي هذه الحالة يمكن أن تختلف مخططات التأريض عند دخل وخرج الفصل حيث يكون بالإمكان وضع نوع التأريض المطلوب لدوائر الخرج عند خرج محول المقوم العكسي.

حماية دوائر التيار المستمر لنظام وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع

يتم حماية هذه الدوائر كما هو موضح سابقاً، ويتم اختيار مرِّحلات مراقبة العزل في حالة طلبها كما هو موضح في البند الفرعي ٢/٧ الخاص بمخطط IT/IT.

٨/٢ اختيار كابلات التغذية الرئيسية والدوائر وكابلات توصيل البطاريات

وحدات نظام تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع المستقلة بذاتها ذات مقننات القدرة الصغيرة يتم تغذيتها للتوصيل المباشر بإدخال القابسات في مقابس الدخل والخدج الخاصة بها .

وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع الجاهزة للاستخدام

يجرى تسويق وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع الخاصة بالتطبيقات ذات القدرة المنخفضة مثل أجهزة الحاسبات الشخصية وتركيبات المعلوماتية الدقيقة كوحدات كاملة داخل غلاف معدني كما هو موضح في الشكل ي ٢-١٩ .

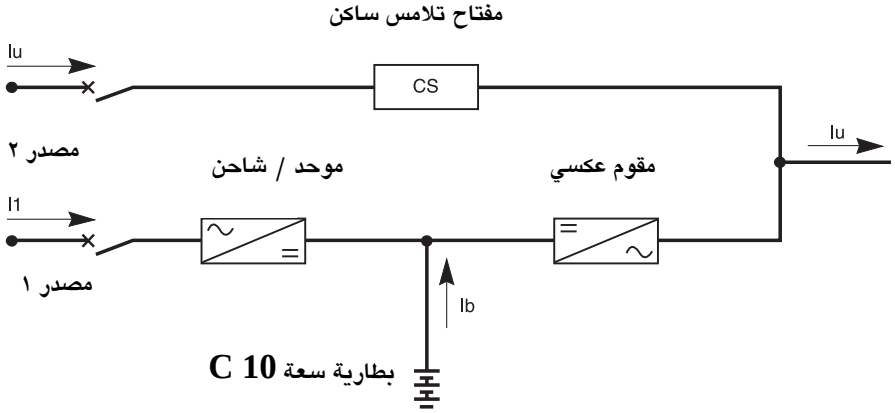
تم وضع وتركيب كافة التمديدات والملفات الداخلية بواسطة المصنِّع وتم تهيئتها لتتواءم مع خصائص المكونات.

شكل ي٢-١٩ وحدة تغذية قدرة غير قابلة للانقطاع (UPS) جاهزة للاستخدام

في حالات أخرى ، يجب أن يقوم مقاول المستهلك بتركيب الأسلاك والكابلات الخاصة بربط العديد من عناصر نظام وحدة القدرة غير القابلة للقطع .

نظم وحدات القدرة غير القابلة للانقطاع التي تتطلب ربطاً بين العناصر المكونّة.

بالنسبة للتركيبات الكبيرة ، فإنه غالباً ما يتم وضع البطارية على مسافة من المقوم العكسي وفي حالة الترتيب خارج الخط يتطلب مفتاح التلامس الساكن والمرشحات (إذا رُكبت) ربطاً معها . يعتمد حجم الكابل الذي تم اختياره على مستوى التيار عند كل كما هو موضح في الشكل ي ٢-٢٠ وكما هو موضح فيما بعد .



شكل ي ٢-٢٠ التيارات التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار الكابل

ي

حساب التيارين I1و Iu

- تيار Iuهو أقصى تيار انتفاع مستنتج للحمل.
- يعتمد تيار I1الداخل إلى شاحن / مقوم عكس لنظام وحدة القدرة غير القابلة للانقطاع على:
  - سعة البطارية (C10)ومعدل شحنها
  - خصائص الشاحن
  - الخرج من المقوم العكسي
- يعتبر التيار Ib هو التيار المار في كابل البطارية ، ويتم الحصول على مقادير هذه التيارات من مصنعي أجهزة وحدات تغذية القدرة غير القابلة للانقطاع . (UPS).

اختيار الكابلات

في هذا التطبيق ، فإن أساس اختيار الكابل هو أقصى هبوط للجهد مسموح به لتحقيق أداء مقبول للحمل.

والقيم المفضلة لهذا التطبيق تكون كما يلي:

- ٣ ٪ لدوائر التيار المتردد .
- ١٪ لدوائر التيار المستمر .

تفرض كل من هذه المتغيرات حداً أدنى من المساحة المقطعية للموصل . ويمكن أن يتم حساب مساحة المقطع للموصلات كما هو موضح في الفصل ح١ البند ٢ .

ويوصى مارلين جيرين بمقاطع كابلات يجب استخدامها مع نظم ماكسيباك Maxipac و Eps 2000 (الجداول من ي٢-٢٢ إلى ي ٢-٢٤) في الظروف العادية بالنسبة لأطوال كابلات أقل من ١٠٠م (هبوط جهد < ٣٪).

ويوضح الجدول ي ٢-٢١ هبوط الجهد لأطوال الدوائر ذات التيار المستمر الأقل من ١٠٠ متر من كابل نحاس. ويمكن حساب ذلك لكابلات التيار المتردد كما هو موضح في الفصل ح١ البند ٣.

إن قيم الانخفاض في الجـهد معبراً عنها كنسـبة مئوية والمعطاة في الجدول رقم (ي ٢-٢١) تناظر قيمة الجهد الأسمي للتيار المستمـر مقدارها ٣٢٤ فولت . وللحصول على مـستـويات جهـد أخرى، تُضـرب قيم الجـدول في مـعامل يسـاوي الجهـد الحـقيـقي (الفـعلي) للبطارية

مساحة المقطع	مم٢	٢٥	٣٥	٥٠	٧٠	٩٥	١٢٠	١٥٠	١٨٥	٢٤٠	٣٠٠
(أمبير)	١٠٠	٥,١	٣,٦	٢,٦	١,٩	١,٣	١	٠,٨	٠,٧	٠,٥	٠,٤
In	١٢٥		٤,٥	٣,٢	٢,٣	١,٦	١,٣	١	٠,٨	٠,٦	٠,٥
	١٦٠			٤,٠	٢,٩	٢,٢	١,٦	١,٢	١,١	٠,٨	٠,٧
	٢٠٠				٣,٦	٢,٧	٢,٢	١,٦	١,٣	١	٠,٨
	٢٥٠					٣,٣	٢,٧	٢,٢	١,٧	١,٣	١
	٣٢٠						٣,٤	٢,٧	٢,١	١,٦	١,٣
	٤٠٠							٣,٤	٢,٨	٢,١	١,٦
	٥٠٠								٣,٤	٢,٦	٢,١
	٦٠٠								٤,٣	٣,٣	٢,٧
	٨٠٠									٤,٢	٣,٤
	١٠٠٠									٥,٣	٤,٢
	١٢٥٠										٥,٣

الجدول ي ٢-٢١: الانخفاض في الجهد (٪) لتيار مستمر قيمته ٣٢٤ فولت لكابل ذي قلب نحاسي.

القدرة الاسمية المقننة	التيار (أمبير)					مساحة المقطع (مم٢) للكابلات ذات القلوب النحاسية ذات طول <١٠٠م	
	الدائرة ١ مع البطارية (١)				الدائرة ٢ أو الحمل	الدائرة ١	الدائرة ٢ أو الحمل
	ثلاثي الطور ٤٠٠ ف		أحادي الطور ٢٣٠ ف				
	II بطارية احتياطية	II بطارية تحت الشحن	II بطارية احتياطية	II بطارية تحت الشحن	Iu	ثلاثي الطور ٤٠٠ ف	أحادي الطور ٢٣٠ ف	أحادي الطور ٢٣٠ ف
٣,٥ ك ف أ			١٨	٢٠	١٦		١٦	١٠
٥ ك ف أ	٨,٥	١٠,٥	٢٦	٢٨	٢٣	٦	١٦	١٠
٧,٥ ك ف أ	١٥	١٩			٣٤	١٠		١٦
١٠ ك ف أ	٢٠	٢٤			٤٥,٥	١٠		١٦
١٥ ك ف أ	٣٠	٣٨			٦٨	١٠		١٦
٢٠ ك ف أ	٤٠	٤٨			٩١	١٠		١٦

الجدول ي ٢-٢٢: التيارات ومساحات المقطع للكابلات ذات القلب النحاسي التي تغذي المقوّم وتقوم بتغذية الحمل لأنظمة مصادر القدرة غير القابلة للانقطاع (UPS) (ماكسي باك) (أطوال الكابلات <١٠٠م).

القدرة الاسمية المقننة	التيار أمبير						مساحة المقطع (مم٢) للكابلات ذات القلوب النحاسية ذات طول <١٠٠م		
	الدائرة (١) مع بطارية ثلاثي الطور ٤٠٠ ف II				الدائرة ٢ أو الحمل ٤٠٠ف Iu	البطارية Ib	الدائرة ١ ثلاثية الطور ٤٠٠ف	الدائرة ٢ أو الحمل ثلاثي الطور ٤٠٠ ف	البطارية
	احتياطي	إعادة شحن لفترة استعداد مدتها							
		١٠ دقائق	١٥ دقيقة	٣٠ دقيقة					
١٠ ك ف أ	١٩	٢٣	٢٥	٢٥	١٥,٢	٢٧	١٠	١٠	١٠
١٥ ك ف أ	٢٩	٣٦	٣٧	٣٩	٢٢,٨	٤٠,٥	١٠	١٠	١٠
٢٠ ك ف أ	٣٧	٤٩	٥٠	٥٢	٣٠,٤	٥٤	١٦	١٠	١٦
٣٠ ك ف أ	٥٨	٧٣	٧٦	٧٨	٤٥	٨١	٢٥	١٦	٢٥
٤٠ ك ف أ	٧٥	٩٧	١٠٠	١٠٤	٦٠,٨	١٠٨	٣٥	٢٥	٣٥
٦٠ ك ف أ	١١٦	١٤٦	١٥١	١٥٧	٩١,٢	١٦٢	٥٠	٣٥	٧٠
٨٠ ك ف أ	١٥١	١٩٤	٢٠١	٢٠٩	١٢١,٦	٢١٦	٧٠	٥٠	٩٥

الجدول ي ٢- ٢٣ التيارات ومساحات المقطع للكابلات ذات القلب النحاسي التي تغذي المقوم وتعمل على تغذية الحمل لأنظمة مصادر القدرة عند انقطاع التيار (EPS 2000) (أطوال الكابلات < ١٠٠م). تشمل أيضاً بيانات كابل البطارية.

القدرة الاسمية المقننة	التيار (أمبير)			
	الدائرة ١ مع بطارية جهد ٤٠٠ ف ثلاثي الطور - II		الدائرة ٢ أو الحمل	البطارية Ib
	احتياطي	إعادة الشحن لفترة استعداد مدتها:	جهد ٤٠٠ ف ثلاثي الطور - Iu	
		١٠ دقائق	١٥-٣٠ دقيقة	
٤٠ ك ف أ	٧٠	٨٦	٨٧,٦	٦٠,٥	١٠٩
٦٠ك ف أ	١٠٠	١٢٣	١٢٧	٩١	١٦٠
٨٠ ك ف أ	١٣٣	١٥٨	١٦٤	١٢١	٢١٢
١٠٠ ك ف أ	١٦٤	١٩٨	٢٠٠	١٥١	٢٥٥
١٢٠ ك ف أ	١٩٧	٢٤٠	٢٤٤	١٨٢	٣١٧
١٦٠ ك ف أ	٢٦١	٣١٧	٣٢٢	٢٤٣	٤٢٢
٢٠٠ ك ف أ	٣٢٥	٣٩٥	٤٠٢	٣٠٤	٥٢٧
٢٥٠ ك ف أ	٤٠٥	٤٩٣	٥٠٠	٣٦٠	٦٥٨
٣٠٠ ك ف أ	٤٨٥	٥٩٠	٥٩٩	٤٥٦	٧٩٠
٤٠٠ ك ف أ	٦٤٦	٧٩٣	٨٠٦	٦٠٨	١٠٥٠
٥٠٠ ك ف أ	٨١٤	٩٩٠	١٠٠٥	٧٦٠	١٣٠٠
٦٠٠ ك ف أ	٩٦٧	١١٨٠	١٢٠٠	٩١٢	١٥٦١
٨٠٠ ك ف أ	١٢٩٠	١٦٤٨	١٥٤٨	١٢١٥	٢٠٨٢

الجدول ي٢-٢٤: تيارات الدخل والخرج وتيارات البطارية لنظام مصدر القدرة عند انقطاع التيار (EPS 2000) (ميرلين جيرين).

ي

بالنسبة لمقنن قدرة معين لنظام مصدر قدرة غير قابل للانقطاع فإن هذه الجداول تحدد قيمة تيار الدخل I1 إلى مقوم/ شاحن عندما تكون البطارية في حالة الشحن الطفيف (أي حالة "الاحتياطي") بالإضافة إلى تيار الحمل Iu ، وكذلك مساحات المقطع المناظرة لكابلات الدخل والخرج.

إن قيمة I1 عندما تكون البطارية في حالة إعادة الشحن (أي عقب فترة قامت فيها البطارية بشكل مؤقت بالتغذية الكاملة للحمل) ليست ذات تأثير على حجم الكابل نظراً لقصر فترة دورة إعادة الشحن . ومع ذلك ينبغي أن يؤخذ تيار إعادة الشحن في الاعتبار وذلك لتحديد متطلبات الحماية لشبكة الدخل للدائرة (١) بشكل صحيح .

مثال:

بالنسبة لنظام قدرة عند انقطاع التيار "ماكسي باك" ذي مقنن ٧,٥ ك ف أ ثلاثي الطور ٤٠٠ ف ، ($I_1 = 15A$) مع بطارية احتياطية و($Iu = 34A$) انظر الجدول رقم ي٢-٢٢).

مساحات مقطع الكابلات المناظرة تكون:

١٠مم٢ لكابل الدخل (ثلاثي الطور) إلى المقوم/شاحن،

١٦مم٢ لكابل الخرج (أحادي الطور) إلى الحمل.

الشكل رقم ي ٢-٢٥: أمثلة للتوصيلات المشتركة

٩/٢ اختيار مخططات الحماية

عند اختيار مخططات الحماية ينبغي النظر بعين الاعتبار لخصائص وحدات تزويد القدرة غير القابلة للقطع (UPS)

عند اختيار مخططات الحماية ينبغي النظر بعين الاعتبار بصفة خاصة لخصائص وحدات تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع.

إن تيار قصر الدائرة في نظام تزويد القدرة (UPS) يكون دائماً محدوداً للغاية، وأحياناً يكون أقل من ضعف تياره المقنن. يقوم المصنعون بإجراء الاختبارات لضمان التنسيق الملائم بين خصائص نظام الإمداد بالقدرة وبين الحماية التي توفرها قواطع الدائرة المتعلقة به.

اختيار مقننات قاطع الدائرة

مقننات التيار (Inلقواطع الدائرة D1 , D2 , D3و Ddc الشكل رقم ي ٢-٢٦) يجب أن يتم اختيارها بحيث: I1 ≤ In لـ I1) D1يشمل تيار إعادة شحن البطارية).

In ≤ Iu لـ D2

In ≤ Ide لـ Ddc

إن مقنن التيار (Inلكل قاطع دائرة D3خارج يعتمد على مقنن تيار الدائرة ذات العلاقة.

التيارات I1 و Iu لأنظمة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع من نوع ميرلين جيرين، توضحها الجداول أرقام من ي ٢-٢٢ إلى ي ٢-٢٤ .

في حين توضح كتالوجات ميرلين جيرين لتوزيع الجهد المنخفض تيارات Ib .

سعة قطع تيار الخطأ لقواطع الدائرة

قواطع الدائرة D1و D2

هذه القواطع يجب أن يكون لها مقنن قطع تيار خطأ يساوي أو يزيد عن القيمة المحسوبة لموقعه في الشبكة. هذا الحساب يتم إجراؤه بشكل اصطلاحي، كما سبقت الإشارة إلى ذلك في الفصل ح١، والبنود الفرعية ٤/١ و ٤/٢، على سبيل المثال .

قاطع الدائرة Ddc

يكون مستوى قطع تيار دائرة القصر لهذا القاطع منخفضاً دائماً. وفي الواقع فإن أقصى تيار قصر دائرة من بطارية يكون دائماً أقل ٢٠ مرة من سعته بالأمبير-ساعة (سعات البطاريات موضحة في كتالوج ميرلين جيرين لتوزيع الجهد المنخفض).

قواطع الدائرة D3

إن المستوى المنخفض جداً لتيار قصر الدائرة والمتاح من وحدات تزويد القدرة غير القابلة للإنقطاع ، يعطي دعماً للتفاصيل المتعلقة بتنظيم الإعتاق المميز من ناحية، كما يوفر حماية ضد أخطار التلامس غير المباشر في أنظمة TNمن جهة أخرى.

■ الحالة رقم ١: الشكل العام للدائرة والتي يكون فيها الملامس الساكن مغلقاً، ولكن بدون أي متطلب خاص يتعلق بالاستقلال الذاتي: تيار قصر الدائرة يأتي من شبكة القدرة، بحيث يتم اختيار قواطع الدائرة لضمان التمييز الصحيح بطرق تقليدية ، والتي سبق الإشارة إليها في الفصل ح٢، البند الفرعي ٤/٥،

■ الحالة رقم ٢: الشكل العام للدائرة بدون ملامس ساكن أو بتحويل بطيء له، بحيث يتحقق التمييز باستخدام حمايةمن التيار الزائد اللحظي أو التيار الزائد ذي زمن تأخير قصير

ي

والتي تعمل عن طريق تيار قصر دائرة محدود ،الذي توفره وحدة التغذية بالقدرة عند انقطاع التيار (UPS) ، قبل أن تعمل وسيلة الحماية من التيار الزائد الداخلية بها.

وبالنسبة لوحدات التغذية بالقدرة عند انقطاع التيار "ميرلين جيرين" EPS 5000 أو ٢٠٠٠× وقواطع الدائرة ميرلين جيرين، يجب أن تتوفر الشروط الآتية:

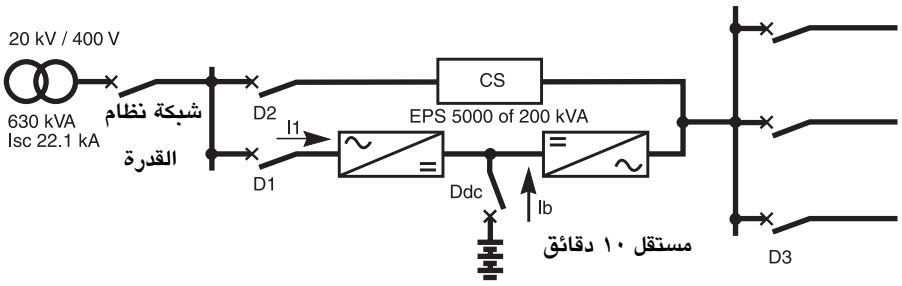
In لقاطع دائرة من النوع B

$$\geq \frac{\text{In لوحدة الأمداد بالقدرة (UPS)}}{٢}$$

في حالة ماكسي باك يكون In لقاطع دائرة من النوع B

$$\geq \frac{\text{In لوحدة الأمداد بالقدرة (UPS)}}{٣}$$

مثال



شكل ي ٢–٢٦: مثال.

اختيار قواطع الدائرة D1 , D2

يوضح الجدول ي ٢–٢٤ قيم تيارات الحمل العادي عبر D1 , D2 على الترتيب، أي ٣٩٥ أمبير لـ I1و ٣٠٤ أمبير لـ Iu .

إن مقنن تيار قطع قصر الدائرة لـ D1 , D2عند نقاط تركيبها يجب أن تكون ٢٢ ك أ لتلك المحولات.

إن قواطع الدائرة من النوع NS400N* (400 أمبير عند ٤٠°س–٣٦ ك أ) تعتبر مُرضية ، معدلة للحماية من الحمل الزائد (بواسطة جهاز فصل حراري) عند Irth ≥ 395 أمبير لـ D1 و Irth > 304 أمبير لـ D2.

*منتج من "ميرلين جيرين"

ي

٢ / ١٠ المعدات التكميلية

المحولات

يسمح المحـول ذو الملفين والموجود ناحيـة دخل الشبكة للملامس الساكن للدائرة ٢ (انظر ي٢-٥) بما يلي :

- تغيـير مسـتوى الجهد إلى جـهد الحمل عند اخـتلاف جهد شبكة القدرة .
- ترتيـباً مخـتلفاً للمـحايد لملـف جهة الحـمل، عن ذلك الخاص بشبكة القدرة .

بالإضافة إلى ذلك فإن ذلك المحول يعمل على :

- تقليل مسـتوى تيار قصـر الدائرة على الملف الثانوي (أي الحـمل) بالمقارنـة بمستـوى التـيار على جـانب شبكة القدرة .
- يمنع مـرور تيـارات توافـقـيـة من الدرجة الثالثة (ومضـاعفاتها) التي قد تحـدث على الجانب الثـانوي إلى شبكة نظام القدرة ، بشرط أن يكون توصيل الملف الابتدائي بطريقة دلتا.

المرشح المانع للتوافقية

يحـتـوي نظام تزويد القـدرة غـيـر القـابـلـة للانقطاع (UPS)على شـاحن بطارية يتم التـحكم فيـه بواسطة ثايريستـورات أو ترانزيستورات . ونتيجـة لذلك تقوم دورات التيار المشطورة "بتـوليد" مركبات توافـقية في شبكة التغذية بالقدرة. وهذه المركبات غير المرغوب فيها يتم ترشيـحها (إزالتـها) عند مدخل المقـوم، وفي معظم الأحوال فإن هذا الإجـراء يقلل إلى حدٍ كاف من مـستوى التيار التوافقي لجميع الأغراض العملية.

وفي حالات مـعينة، خاصة فـي التركيبـات ذات الحجم الكبير، قد يتطلب الأمر استخدام دائرة ترشيح إضافية.

على سبيل المثال في الأحوال التالية:

- عندمـا يكون مـقنن القـدرة لنظام الـ UPSكبيراً مقارنة بمحول ج ع / ج م الذي يقوم بتغذيته،
- عندما تقـوم قضـبان توصيل الجـهد المنخفض بتغذية أحمال والتي تكون حسـاسة بوجه خـاص للتوافقـيات على.
- عند توفير (مولد للتيار المتردد) يدار بالديـزل (أو توربين غـــازي .. إلخ) كوحدة احتياطية للإمداد بالقدرة.

وفي مـــثل تلك الحـــالات، ينبـــغي اسـتشـارة مـصنعي نظام وحـدات الـ (UPS).

معدات الاتصالات

قـد يســتلزم الاتصـال بالمعــدات الملحـقـة بـالأنظمـة المعلومـاتية (انظر البند الفـرعي ٢ / ٥) ضـرورة وجود تسهيلات في أنظمة تزويد القدرة غير القابلة للانقطاع ، ومثل هذه التسهيلات قـد يتم دمجها في تصميم أصلي، أو يتم إضافتها في أنظمة قائمة عند الطلب.

ي

الشكل ي ٢–٢٧: تركـيب وحدات التـغذية بالقـدرة غير القابلة للانقطاع مع أنظمة اتصال ملحقة بها.

يتراوح تقنين هذه المحولات بصفة عامة ما بين بضع مئات من الفولت أمبير إلى بضع مئات من الكيلو فولت أمبير وهي تستخدم غالباً في الآتي:

- تغيير مستوى الجهد من أجل :
  - الإمدادات المساعدة لدوائر التحكم والبيان،
  - دوائر الإنارة (٢٣٠ فولت عندما يكون النظام المبدئي ٤٠٠فولت ثلاثي الأطوار ثلاثي الأسلاك).
- تغيير طريقة التأريض لأحمال معينة لها تيار سعوي عالٍ إلى الأرض نسبياً (المعدات ذات العلاقة بالمعلومات) أو تيار تسرب مقاومي عالٍ نسبياً (الأفران الكهربائية، عمليات التسخين الصناعية، تركيبات المطابخ الكبيرة.. إلخ).

وبشكل عام يتم تزويد محولات الجهد ج م / ج م بأنظمة حماية مدمجة، وينبغي الاتصال بالمصنِّعين للاستفسار عن التفاصيل. وفي جميع الأحوال فإن الحماية من التيار الزائد يجب أن تكون على الجانب الابتدائي. ويتطلب استخدام هذه المحولات معرفة بوظائفها، بالإضافة إلى عدد من النقاط المذكورة أدناه.

ملحوظة: في الحالات الخاصة لمحولات الفصل الآمن ج م / ج م عند جهد شديد الانخفاض، فقد يتطلب الأمر في الغالب استخدام حجاب معدني مؤرض بين الملف الابتدائي والملف الثانوي، حسب الظروف، طبقاً لتوصيات المواصفة الأوربية ٦٠٧٤٢، وكما هو موضح بالتفصيل في البند الفرعي ٥/٣ من القسم (ز).

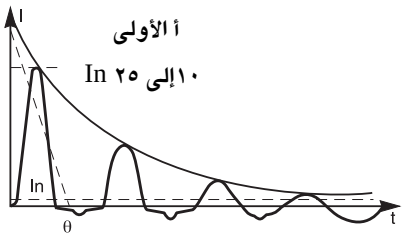
١/٣ تيار دفق تغذية المحول بالطاقة

عند لحظة تغذية المحول بالطاقة يتولد تيار عابر (يشتمل على مكوِّن مؤثر للتيار المستمر) ذو قيم عالية، ويجب أخذه في الاعتبار عند النظر إلى مخططات الحماية. وتعتمد شدة ذروة التيار على:

- قيمة الجهد لحظة التغذية بالطاقة ،
- شدة وقطبية الفيض المغناطيسي (إن وُجد) في قلب المحول،
- خصائص الحمل في المحول.

في محولات التوزيع يمكن أن تصل الذروة الأولى للتيار إلى قيمة تعادل من ١٠ إلى ١٥ مرة قدر تيار ج.م.م للحمل الكامل، ولكن في المحولات الصغيرة (< ٥٠ ك ف أ) قد تصل من ٢٠ إلى ٢٥ مرة قدر تيار الحمل الكامل.

هذا التيار العابر ينخفض بسرعة، بثابت زمني (انظر الشكل ي ٣-١) بمعدل يتراوح من عدة مللي ثانية إلى عدة عشرات من المللي ثانية .



الشكل ي ٣-١ : تيار دفق تغذية المحول بالطاقة

ي

٢/٣ حماية دائرة التغذية لمحول ج م / ج م

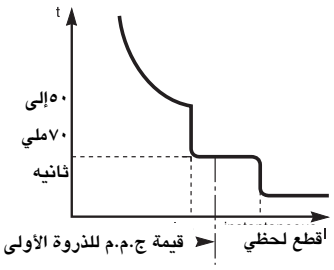
يجب أن تقوم وسيلة حماية دائرة التغذية لمحول ج م / ج م بتجنب إمكانية حدوث تشغيل خاطيء بسبب تموّر تيار الاندفاع المغنط، المشار إليه في ٣/١ أعلاه. وبالتالي يلزم استخدام:

قاطع دائرة انتقائي (أي بتأخير زمني طفيف) من النوع المدمج) *NS STRالشكل ي ٣-٢) أو قواطع دائرة لها وضع للفصل المغناطيسي عالٍ جداً، من النوع المدمج

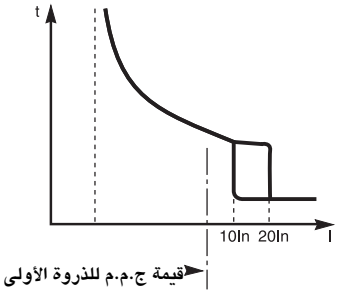
NSأو * Curve D, Multi 9

الشكل ي-٣-٣).

* ميرلين جيرين.



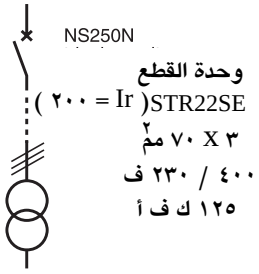
الشكل ي ٣-٢: خاصية القطع لقاطع دائرة مدمج طراز NS STR



الشكل ي ٣-٣: خاصية القطع لقاطع دائرة طبقاً لمنحنى قياسي من نوع المنحنى (D لأنواع ميرلين جيرين ١٠ إلى ١٤ (In

مثال (الشكل ي ٣-٤)

دائرة ٤٠٠ ف ثلاثية الطور تغذي محول ١٢٥ ك ف أ ، ٤٠٠/٢٣٠ ف (In = 180أمبير) يمكن أن تصل قيمة ذروة تيار التدفق الأولى لها ١٧ In، أي ١٧ × ١٨٠ أمبير = ٣٠٦٧ أمبير . بالتالي فإن قاطع دائرة مدمج طراز NS250مع Irمضبوط عند ٢٠٠٠ أمبير يعتبر وسيلة حماية مناسبة.



الشكل ي ٣-٤: مثال .

حالة خاصة: حماية من الحمل الزائد مركبة بالجانب الثانوي من المحول

إن ميزة الحماية من الحمل الزائد والمركبة بالجانب الثانوي من المحول تعني أن حماية قصر الدائرة على الجانب الابتدائي يمكن ضبطها عند قيمة عالية، أو أن يتم بدلاً من ذلك استخدام قاطع دائرة من نوع .*MA ويجب أن يكون ضبط حماية قصر الدائرة بالجانب الابتدائي حساساً بشكل كاف لضمان تشغيله في حالة حدوث قصر دائرة على الجانب الثانوي من المحول(شبكة الدخل لأجهزة الحماية على الجانب الثانوي).

* قاطع دائرة ذو تحكم بالمحرك، المرحل الوقائي من قصر الدائرة يعتبر صامداً للذروات العالية للتيار العابر، كما هو موضح بالشكل ي ٣-٥ .

ي

٢/٣ حماية دائرة تغذية محول ج م / ج م (تابع)

ملحوظة: يمكن توفير حماية الملف الابتدائي في بعض الأحيان بواسطة مصهرات من نوع aM. ولكن هذه الطريقة لها عيبين كالتالي :

- يجب أن تكون المصهرات أكبر بكثير من الحجم المعتاد (على الأقل ٤ مرات قدر التيار الاسمي المقنن للحمل الكامل للمحول)،
- لتوفير خصائص فصل على الجانب الابتدائي، يجب استخدام إما مفتاح فصل حمل أو ملامس مع المصهرات.

٣/٣ الخصائص الكهربائية النموذجية لمحولات ج م/ ج م ، ٥٠ هرتز

ثلاثي الطور

مقنن ك ف أ	٥	٦٫٥	٨	١٠	١٢٫٥	١٥	٢٠	٢٥	٣١٫٥	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٧٥	٢٠٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠
الفواقد عند الأحمال (واط)	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٨٠	٢١٠	٢٦٠	٣١٠	٣٨٠	٤٦٠	٥٥٠	٦٧٠	٨٢٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٤٥٠	١٧٥٠	٢٠٥٠	٢٤٠٠	٢٩٠٠	٣٥٠٠	٤٢٠٠	٥١٠٠	٦٢٠٠	٧٥٠٠
الفواقد عند الحمل الكامل (واط)	٢٥٠	٣١٠	٣٧٠	٤٥٠	٥٣٠	٦٥٠	٧٧٠	٩٥٠	١١٥٠	١٣٥٠	١٦٥٠	٢٠٥٠	٢٤٥٠	٢٩٥٠	٣٥٠٠	٤٣٠٠	٥١٠٠	٦٠٠٠	٧٢٥٠	٨٧٥٠	١٠٥٠٠	١٢٧٥٠	١٥٣٠٠	١٨٧٥٠
جهد دائرة الإمداد (%)	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥

أحادي الطور

مقنن ك ف أ	٥	٦٫٥	٨	١٠	١٢٫٥	١٥	٢٠	٢٥	٣١٫٥	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٧٥	٢٠٠	٢٥٠	٣١٥	٤٠٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠
الفواقد عند الأحمال (واط)	١٠٥	١١٥	١٢٥	١٤٥	١٦٥	١٧٥	٢٠٠	٢١٥	٢٣٥	٢٦٥	٣٠٥	٣٤٥	٣٩٥	٤٥٠	٥١٥	٥٨٥	٦٦٥	٧٥٠	٨٥٠	١٠٠٠	١١٥٠	١٣٠٠	١٤٨٠	١٧٠٠
الفواقد عند الحمل الكامل (واط)	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٨٠	٢١٠	٢٦٠	٣١٠	٣٨٠	٤٦٠	٥٥٠	٦٧٠	٨٢٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٤٥٠	١٧٥٠	٢٠٥٠	٢٤٠٠	٢٩٠٠	٣٥٠٠	٤٢٠٠	٥١٠٠	٦٢٠٠	٧٥٠٠
جهد دائرة الإمداد (%)	٥	٥	٥	٥	٤٫٥	٤٫٥	٤٫٥	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤

الجدول ي ٣-٥: الخصائص الكهربائية النموذجية لمحولات ج م / ج م ، ٥٠ هرتز

ي

٤/٣ حماية المحولات ذات الخصائص الموضحة بالجدول ي ٣-٥، باستخدام قواطع دائرة من نوع ميرلين جيرين

محولات ثلاثية الطور (٤٠٠ ف ابتدائي)			قواطع الدائرة	
القدرة p (ك ف أ)	In (أمبير)	Usc%	الطراز	مقنن تيار وحدة القطع (أمبير)/رقم الطراز
٥	٧	٤,٥	C60/NC100D orK	٢٠
١٠	١٤	٥,٥	C60/NC100D orK	٣٢
١٦	٢٣	٥,٥	C60/NC100D orK	٦٣
٢٠	٢٨	٥,٥	C60/NC100D orK	٦٣
٢٥	٣٥	٥,٥	NC100D	٨٠
٣١,٥	٤٤	٥	NC100D	٨٠
٤٠	٥٦	٥	NC100D	٨٠
٥٠	٧٠	٤,٥	NC100D	١٠٠
٦٣	٨٩	٥	NS100H/L	MA 100
٨٠	١١٣	٥	NS160H/L	STR 22 SE
١٠٠	١٤١	٥,٥	NS250H/L	STR 22 SE
١٢٥	١٧٦	٤,٥	NS250N/H/L NS400N/H/L	STR 22 SE STR 23 SE
١٦٠	٢٢٥	٥,٥	NS250N/H/L NS400N/H/L	STR 22 SE STR 23 SE
٢٥٠	٣٥٢	٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
٣١٥	٤٤٤	٤,٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
٤٠٠	٥٦٣	٦	C801 N/H/L	STR 35 SE
٥٠٠	٧٠٤	٦	C801 N/H/L C1001 N/H/L	STR 35 SE STR 35 SE
٦٣٠	٨٨٧	٥,٥	C1001 N/H/L C1251 N/H/L	STR 35 SE STR 35 SE

الجدول ي ٣-٦ : حماية محولات ج م / ج م ثلاثية الطور ذات ملفات ابتدائية ٤٠٠ ف.

محولات ثلاثية الطور (٢٣٠ ف ابتدائي)			قواطع الدائرة	
القدرة p (ك ف أ)	In (أمبير)	Usc%	النوع	مقنن تيار وحدة القطع (أمبير) / رقم الطراز
٥	١٢	٤,٥	C60/NC100D orK	٤٠
١٠	٢٤	٥,٥	C60/NC100D orK	٦٣
١٦	٣٩	٥,٥	NC100 D	٨٠
٢٠	٤٩	٥,٥	NC100 D	١٠٠
٢٥	٦١	٥,٥	NS100H/L	STR 22 SE
٣١,٥	٧٧	٥	NS100H/L	STR 22 SE
٤٠	٩٧	٥	NS100H/L	STR 22 SE
٥٠	١٢٢	٤,٥	NS100H/L	STR 22 SE
٦٣	١٥٣	٥	NS250N/H/L NS400N/H/L	STR 22 SE STR 23 SE
٨٠	١٩٥	٥	NS250N/H/L NS400N/H/L	STR 22 SE STR 23 SE
١٠٠	٢٤٤	٥,٥	NS630N/H/L	STR 23 SE
١٢٥	٣٠٥	٤,٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
١٦٠	٣٩٠	٥,٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
٢٥٠	٦٠٩	٥	C801 N/H/L C1001 N/H/L	STR 35 SE STR 35 SE
٣١٥	٧٦٧	٤,٥	C1001 N/H/L C1251 N/H/L	STR 35 SE STR 35 SE
٤٠٠	٩٧٤	٦	C1251 N/H/L	STR 35 SE

الجدول ي ٣–٧ : حماية محولات ج م / ج م ثلاثية الطور ذات ملفات ابتدائية ٢٣٠ ف.

ي

محولات ثلاثية الطور (٤٠٠ ف ابتدائي)			قواطع الدائرة	
القدرة p (ك ف أ)	In (أمبير)	Usc%	النوع	مقنن تيار وحدة القطع (أمبير)/رقم الطراز
٠,١	٠,٢٤	١٣	C60 D or K	١
٠,١٦	٠,٣٩	١٠,٥	C60 D or K	١
٠,٢٥	٠,٦١	٩,٥	C60 D or K	١
٠,٤	٠,٩٨	٧,٥	C60 D or K	٢
٠,٦٣	١,٥٤	٧	C60 D or K	٣
١	٢,٤٤	٥,٢	C60 D or K	٦
١,٦	٣,٩	٤	C60/NC100D orK	١٠
٢	٤,٨٨	٢,٩	C60/NC100D orK	١٠
٢,٥	٦,١	٣	C60/NC100D orK	١٦
٤	٩,٨	٢,١	C60/NC100D orK	٢٠
٥	١٢,٢	١,٩	C60/NC100D orK	٣٢
٦,٣	١٥,٤	١,٦	C60/NC100D orK	٤٠
٨	١٩,٥	٥	C60/NC100D orK	٥٠
١٠	٢٤	٥	C60/NC100D orK	٦٣
١٢,٥	٣٠	٥	C60/NC100D orK	٦٣
١٦	٣٩	٤,٥	NC100D	٨٠
٢٠	٤٩	٤,٥	NC100D	١٠٠
٢٥	٦١	٤,٥	NS160H/L	STR 22 SE
٣١,٥	٧٧	٤	NS160H/L	STR 22 SE
٤٠	٩٨	٤	NS160H/L	STR 22 SE
٥٠	١٢٢	٤	NS160H/L	STR 23 SE
٦٣	١٥٤	٥	NS250 N/H/L NS400 N/H/L	STR 22 SE STR 23 SE
٨٠	١٩٥	٤,٥	NS250 N/H/L NS400	STR 22 SE STR 23 SE
١٠٠	٢٤٤	٥,٥	NS630	STR 23 SE
١٢٥	٣٠٥	٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
١٦٠	٣٩٠	٥	C801 N/H/L	STR 35 SE

الجدول ي ٣–٨ : حماية محولات ج م / ج م ثلاثية الطور ذات ملفات ابتدائية ٤٠٠ ف.

محولات أحادية الطور (٤٠٠ ف ابتدائي)			قواطع الدائرة	
القدرة p (ك ف أ)	In (أمبير)	Usc%	النوع	مقنن تيار وحدة القطع (أمبير)/رقم الطراز
٠,١	٠,٤	١٣	C60 D or K	١
٠,١٦	٠,٧	١٠,٥	C60 D or K	٢
٠,٢٥	١,١	٩,٥	C60 D or K	٣
٠,٤	١,٧	٧,٥	C60 D or K	٤
٠,٦٣	٢,٧	٧	C60 D or K	٦
١	٤,٢	٥,٢	C60/NC100D orK	١٠
١,٦	٦,٨	٤	C60/NC100D orK	١٦
٢	٨,٤	٢,٩	C60/NC100D orK	١٦
٢,٥	١٠,٥	٣	C60/NC100D orK	٢٠
٤	١٦,٩	٢,١	C60/NC100D orK	٤٠
٥	٢١,١	١,٩	C60/NC100D orK	٥٠
٦,٣	٢٧	١,٦	C60/NC100D orK	٦٣
٨	٣٤	٥	NC100D	٨٠
١٠	٤٢	٥	NC100D	١٠٠
١٢,٥	٥٣	٥	NC100D	١٠٠
١٦	٦٨	٤,٥	NS160H/L	STR 22 SE
٢٠	٨٤	٤,٥	NS160H/L	STR 22 SE
٢٥	١٠٥	٤,٥	NS250 N/H/L	STR 22 SE
٣١,٥	١٣٣	٤	NS250 N/H/L	STR 22 SE
٤٠	١٦٩	٤	NS250 N/H/L	STR 22 SE
			NS400 N/H/L	STR 22 SE
٥٠	٢١١	٥	NS250 N/H/L	STR 23 SE
			NS400 N/H/L	STR 22 SE
٦٣	٢٦٦	٥	NS630 N/H/L	STR 23 SE
٨٠	٣٣٨	٤,٥	C801 N/H/L	STR 23 SE
١٠٠	٤٢٢	٥,٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
١٢٥	٥٢٨	٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
١٦٠	٦٧٥	٥	C801 N/H/L	STR 35 SE
			C1001 N/H/L	STR 35 SE

الجدول ي ٣-٩ : حماية محولات ج م / ج م أحادية الطور ذات ملفات ابتدائية ٢٣٠ ف.

أن توفر الإضاءة الكافية يسهم في سلامة الأفراد.

إن تخطيط وتحقيق تركيبات الإنارة يتطلب فهما سليماً للمواد التي يتم تركيبها، مع إدراك لقواعد السلامة ضد أخطار الحريق في المنشآت التي تستقبل الجمهور.

في الحقيقة بعد توافر شروط الإنارة الكافية في حالة حدوث حريق أو عند أي ظروف مأساوية أخرى أمراً بالغ الأهمية في التخفيف من حالة الذعر المحتمل حدوثها، وكذلك في السماح باتخاذ وتنفيذ إجراءات السلامة الضرورية.

تعمل أنوار الطواري ء على تيسير إخلاء الأفراد في حالة نشوب حريق أو في حالة من الحالات المسببة للذعر وذلك عند تعطل أنظمة الإنارة المعتادة.

تعريفات

الإنارة المعتادة: يتم الرجوع إلى التركيبات المصممة للاستخدام اليومي.

إنارة الطواريء: يجب أن يؤمن إخلاءاً سهلاً للأفراد من موقع الحدث، وذلك في حالة تعطل أنظمة الإنارة المعتادة. بالإضافة إلى ذلك فإن أنوار الطواريء يجب أن تكون كافية بشكل يسمح بتنفيذ أي إجراءات خاصة بالسلامة في الموقع.

الإنارة الاحتياطية : هي الأنوار المعدة للاستخدام محل الإنارة المعتادة في حالة فشل الأخيرة. وتتيح الإنارة الاحتياطية استمرار ممارسة الأنشطة اليومية بشكل طبيعي تقريباً، ويتوقف ذلك على مواصفات التصميم الأصلي وعلى درجة العطل الذي أصاب شبكة الإنارة المعتادة.

وفي حالة تعطل نظام الإنارة الاحتياطية فيجب أن يؤدي ذلك إلى تشغيل نظام أنوار الطواريء بشكل تلقائي.

٤/١ استمرارية الخدمة

يجب أن تكون استمرارية خدمة الإنارة المعتادة كافية ومستقلة عن أي أنظمة مساعدة أخرى.

الإنارة المعتادة

في معظم الدول الأوربية، تتمثل النظم التي تتحكم في الحد الأدنى من المتطلبات في المنشآت التي تستقبل الجماهير فيما يلي:

التركيبات التي تنير المناطق المتاحة للجمهور يجب أن يكون التحكم فيها وحمايتها بشكل مستقل عن التركيبات التي تنير المناطق الأخرى،

الفقد في التغذية عند دائرة إنارة نهائية (أي انصهار مصهر أو فصل قاطع دائرة) يجب ألا يؤدي إلى فقدان كامل للإنارة في منطقة يمكن أن تستوعب أكثر من ٥٠ شخصاً،

الوقاية باستخدام أجهزة تعمل بالتيار المتبقي يجب أن يتم تقسيمها بين عدة أجهزة (بمعنى أنه يجب استخدام أكثر من جهاز واحد).

في دوائر أنوار الطوارئ يجب توفير التمييز المطلق بين الأجهزة الوقائية في الدوائر المختلفة.

أنوار الطواريء

هذه المخططات تتضمن الإشارات المضاءة لمخارج الطواريء وعلامات الاتجاه ، بالإضافة إلى الإنارة العامة.

■ علامات مخارج الطواريء

في المناطق التي تستوعب أكثر من ٥٠ شخصاً، يجب توفير علامات مضيئة تشير إلى أقرب مخارج للطواريء.

■ الإنارة العامة في حالة الطواريء

يتحتم وجود إنارة عامة في المناطق التي يمكن أن تستوعب ١٠٠ شخص فأكثر (٥٠ شخصاً فأكثر في المناطق التي توجد تحت الأرض).

وعند حدوث خلل في دائرة توزيع إنارة فيجب ألا يؤثر على أي دائرة أخرى:

□ التمييز بين مرحلات الوقاية من التيار الزائد وبين الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي (RCDs)يجب أن يكون مطلقاً بحيث لا تنفصل سوى الدائرة التي بها عطل فقط،

□ يجب أن تكون التركيبة طبقاً لمخطط تأريض IT، أو أن تكون بالكامل من الفئة ((II، أي بعزل مزدوج.

يشير البند الفرعي ٤/٧ إلى أنواع مختلفة مناسبة من مصادر التغذية بالقدرة.

٤/٢ المصابيح الكهربائية (وملحقاتها)

شمعات الفلوريسنت

تحتاج شمعة الفلوريسنت لكي تعمل بشكل طبيعي إلى كابح للتيار وباديء تشغيل (جهاز يعمل على بدء الانطلاق الضوئي).

كابح التيار هو عبارة عن ملف محاثة ذي قلب حديدي وموصل على التوالي دائماً بالأنبوب ، وله وظيفة تتمثل في:

□ الحد من تيار التسخين المسبق خلال فترة بدء التشغيل (القصيرة)،

□ توليد نبضة ذات جهد عالٍ في نهاية مدة بدء التشغيل لتوليد القوس المبدئي،

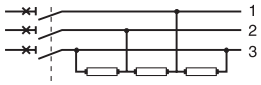
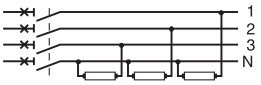
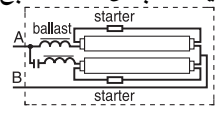
□ تثبيت التيار خلال عمود الإنارة.

إن وجود كابح التيار يعني أن معامل القدرة ($\cos\varphi$) للدائرة منخفض (حوالي ٠,٦) بالمقارنة بالاستهلاك المناظر للطاقة المفاعلة. لهذا السبب يتم تزويد كل شمعة فلوريسنت بمكثف خاص بها لتصحيح معامل القدرة.

■ باديء التشغيل هو عبارة عن مفتاح يعمل على إحداث نبضة عابرة ذات جهد مرتفع عبر الأنبوب ، وذلك عن طريق قطع التيار المار خلال كابح التيار (تيار التسخين المسبق للإلكترود).وهذا يؤدي إلى حدوث قوس (في شكل تفريغ غازي) عبر الأنبوب ، حيث يصبح التفريغ حينئذ ذاتي المداومة عند جهد اعتيادي.

ويسبب كل من كابح التيار والمكثف والأنبوب في حدوث اضطرابات خلال فترات بدء التشغيل وفترات التشغيل المستقر وفترات الانطفاء . وهذه الاضطرابات تم تحليلها في الجدول ي ٤-١ أدناه.

ي

	اضطرابات توصيل المفاتيح	اضطرابات فصل المفاتيح	اضطرابات التشغيل المستقر
أنبوب فلورسنت أحادية الطور مع المكثف الفردي الخاص بها لتصحيح معامل القدرة. 	■ ذروة تيار مرتفع لشحن المكثف، رتبة الشدة ١٠ In لمدة ثانية واحدة. إن عدداً من الأنابيب على دائرة واحدة يمكن أن يؤدي إلى ذروات ٣٠٠-٤٠٠أمبير لمدة ٠,٥ملي ثانية. هذا يمكن أن يؤدي إلى فصل قاطع الدائرة أو إلى التحام الملامسات في مفتاح التلامس عملياً، ينبغي تحديد كل دائرة بثمانية أنابيب لكل مفتاح تلامس، ■ حمل زائد معتدل عند بداية فترة التشغيل المستقر (١,١ – ١,٥ In لمدة ثانية واحدة) حسب نوع باديء التشغيل,	لا توجد مشكلات محددة	دورات تيارات توافقية (تيارات جيبية) عند ترددات مضاعفات ٥٠ (أو ٦٠) هرتز: ■ المصابيح الموصلة بطريقة دلتا (انظر الملحق ي ٢) (نظام ٢٣٠ ف ثلاثي الأطوار ثلاثي الأسلاك) تواجد التوافقيات الخامسة والسابعة بمستوى ضئيل جداً ■ المصابيح الموصلة بطريقة دلتا (نظام ٢٣٠/٤٠٠ ف ثلاثي الأطوار رباعي الأسلاك)  تواجد التيارات التوافقية الثالثة في المحايد، حيث يمكن أن يصل إلى قيم من ٧٠٪ إلى ٨٠٪ من تيار الطور الاسمي. بالتالي فإن مساحة مقطع الموصل المحايد في هذه الحالة يجب أن يتم تساوي مساحة مقطع موصلات الطور.
مصباح فلوريسنت مزدوج أحادي الطور وكل أنبوب له باديء تشغيل وكابح تيار على التوالي خاص بها. أحد الأنبوبين له مكثف متصل على التوالي مع كابح التيار الخاص به . مجموعة المعدة متصلة على التوازي. وتعرف هذه التجميعة دولياً باسم مصباح دائرة "ديو" (duo)يعمل المكثف على إزاحة طور التيار عبر الأنبوب الخاص به لإلغاء ظاهرة الارتعاش بالإضافة إلى تصحيح معامل القدرة الكلي. باديء كابح 	■ لا ذروات كالملاحظ أعلاه، ■ نفس فئة الجهد الزائد المعتدل عند بداية التشغيل المستقر كما في حالة الشمعة الأحادية المشار إليها أعلاه. يوصى بهذا الترتيب في الحالات الصعبة.	لا توجد مشكلات محددة	
مصباح فلوريسنت بكابح تيار HF المزايا : توفير في الطاقة من فئة ٢٥٪ تشغيل سريع بمجرد الضغط. لا تأثيرات ارتعاشية أو ستروبوسكوبية.	■ يمكن أن يولد ذورة تيار عند بدء التشغيل، ■ يمكن أن يسبب تسرب تيار HF إلى الأرض (عند ٣٠ كيلو هرتز) عبر مواسعات طور الموصل إلى الأرض.	لا توجد مشكلات محددة	

الجدول ي ٤ – ١ : تحليل الاضطرابات في دوائر الانارة الفلورسنت

٤/٣ الدائرة وحمايتها

أبعاد وحماية الموصلات

يمكن تقدير التيارات القصوى في الدوائر باستخدام الطرق الموضحة في الفصل ب وبناءً عليه، يجب أخذ حساب كل من:

- مقنن القدرة الاسمية للمصباح والكابح
- معامل القدرة

تؤثر درجة الحرارة داخل لوحة التوزيع أيضاً على اختيار جهاز الحماية (انظر الفصل ح٢- البند الفرعي ٤/٤).

وعلى العموم هناك جداول لدى المصنعين للمساعدة في عملية الاختيار .

ملاحظة: بالنسبة للدوائر التي يحدث بها تيارات ذروية كبيرة (في أوقات التشغيل) وتصل قيمتها إلى حد إعتاق قاطع الدائرة، فإنه يتم اختيار حجم الكابل بعد اختيار قاطع الدائرة الواقي (مع جعل وضع ضبط الإعتاق اللحظي كافياً لأن يظل مغلقاً أثناء ذروة التيار). انظر الجدول التالي ي ٤-٢ .

معامل التزامن ks (التباين).

هناك سمة خاصة توجد بدوائر الإنارة الكبيرة (على سبيل المثال ـ مصنع) وهي أن الحمل الكامل إما أن يكون في وضع التشغيل أو الإطفاء أي أنه لا يوجد تباين . علاوة على ذلك حتى بين عدد من دوائر الإنارة داخل لوحة توزيع معينه، فإن معامل التزامن (KS)يكاد يكون بصفة عامة مساوياً واحد .

ولذا ، فإن داخل لوحات التوزيع التي تغذي دوائر الإنارة تكون درجة حرارة مرتفعه ولذلك يجب أخذ هذا في الاعتبار عند اختيار أجهزة الحماية.

٤/٤ تحديد التيار المقنن لقاطع الدائرة

يتم اختيار التيار المقنن لقاطع دائرة ما بصورة عامة طبقاً لمقنن موصلات الدائرة التي تحميها (في الظروف الخاصة الواردة في الملحوظة ٣/٤ الواردة عالية ، ولكن وجد أنه من الضروري إتخاذ خطوات عكسية). تحدد مقننات موصل الدائرة عن طريق أقصى تيار حمل مستقر للدائرة.

تسمح الجداول التالية بالاختيار المباشر لمقننات قاطع الدائرة لبعض الحالات المعينة.

ي

القدرة (ك.و)	٢٣٠ فولت أحادي الطور التيار المقنن In(أمبير)	٢٣٠ فولت ثلاثي الطور التيار المقنن In(أمبير)	٤٠٠ فولت ، ثلاثي الطور التيار المقننIn(أمبير)
١	٦	٣	٢
١,٥	١٠	٤	٣
٢	١٠	٦	٤
٢,٥	١٦	١٠	٤
٣	١٦	١٠	٦
٣,٥	٢٠	١٠	١٠
٤	٢٠	١٦	١٠
٤,٥	٢٥	١٦	١٠
٥	٢٥	١٦	١٠
٦	٣٢	٢٠	١٠
٧	٣٢	٢٠	١٦
٨	٤٠	٢٥	١٦
٩	٥٠	٢٥	١٦
١٠	٥٠	٣٢	٢٠

الجـدول ي ٤-٢ مقننات قـاطع الدائرة الواقي الخـاصة بالمصـابيح المتوهجـة ودوائر التسخين من النوع المقاومي (انظر الملاحظة أدناه).

ملاحظة: عند درجة حرارة الغـرفة العادية ، تبلغ مقـاومة الفتيلة لمصبـاح متوهج ١٠٠ وات ، ٢٣٠ فولت تقريباً ٣٤ أوم. وبعد بضعة ملي ثانية من تشـغيل المصباح، ترتفع مقاومة الفتيلة إلى (٢٣٠)٢ / ١٠٠ = ٥٢٩ أوم.

لذلك، فإن ذروة التيار المبـدئي عند لحظة قفل التشغيل تكون قيـمتها من الناحية العـملية أكثر بمقدار ١٥ مرة من قيمة تيار التشغيل العادي.

تحدث ذروة تيار عارض مـشابهة (لكن عادة أقل حدة) عند تغذية أي جـهاز تسخين من النوع المقاومي بالطاقة.

يسري الجـدول التالي (ي ٤ /٣) بالنسبة للتركيبات ذات الجهد ٢٣٠ ، ٤٠٠ فولت ، مع أو بدون مكثفات فردية لتصحيح معامل القدرة .

مصابيح فلورسنت بخار الزئبق
P ≤ 700 W 6A
P ≤ 1000 W 10A
P ≤ 2000 W 16A
مصابيح بخار الزئبق هالوجين المعدن
P 275 W 6A
P 1000 W 10A
P 2000 W 16 A
مصابيح تفريغ الصوديوم عالي الضغط
P 400 W 6A
P 1000 W 10A

الجدول رقم ي ٤ /٣ : الحد الأقصى للتيار المقنن لكل دائرة إنارة خارجة لمصابيح التفريغ عالية الضغط .

توزيع أحادي الطور ، ٢٣٠ فولت

توزيع ثلاثي الطور + محايد : ٤٠٠ فولت ، طور / طور

نوع الفوانيس	مقنن الانبوب (واط)	عدد الفوانيس لكل طور													
أحادي الطور مع مكثف	١٨	٧	١٤	٢١	٤٢	٧٠	١١٢	١٤٠	١٧٥	٢٢٥	٢٨١	٣٥١	٤٤٣	٥٦٢	٧٠٣
	٣٦	٣	٧	١٠	٢١	٣٥	٥٦	٧٠	٨٧	١١٢	١٤٠	١٧٥	٢٢١	٢٨١	٣٥١
	٥٨	٢	٤	٦	١٣	٢١	٣٤	٤٣	٥٤	٦٩	٨٧	١٠٩	١٣٧	١٧٤	٢١٨
دائرة ثنائية ٢ x ١٨ = مع مكثف ٢ x ٣٦ = ٥٨ x ٢ =	٣٦	٣	٧	١٠	٢١	٣٥	٥٦	٧٠	٨٧	١١٢	١٤٠	١٧٥	٢٢١	٢٨١	٣٥١
	٧٢	١	٣	٥	١٠	١٧	٢٨	٣٥	٤٣	٥٦	٧٠	٨٧	١١٠	١٤٠	١٧٥
	١١٦	١	٢	٣	٦	١٠	١٧	٢١	٢٧	٣٤	٤٣	٥٤	٦٨	٨٧	١٠٩
مقنن التيار لقواطع دائرة ١،٢،٣، أو ٤ قطب		١	٢	٣	٦	١٠	١٦	٢٠	٢٥	٣٢	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠	١٠٠

حساب الأنابيب ذات مكثف معامل قدرة موصلة على شكل نجمة :

$$\text{عدد الأنابيب لكل طور} = \frac{0.8C \times 0.86V}{Pu \times 1.25}$$

الجدول رقم ي ٤/٤ : مقننات تيار قواطع الدائرة المتعلقة بعدد فوانيس الفلورسنت المراد حمايتها .

حيث :

١,٢٥ = معامل القدرة المستهلكة بواسطة الكابح (واط)

C = مقنن التيار لقاطع الدائرة .

V = جهد طور / محايد .

جتا ϕ = ٠,٨٦ للدائرة .

٠,٨ = معامل تخفيض المقنن عند درجة الحرارة العالية في غلاف قاطع الدائرة .

ي

توزيع أحادي الطور ، ٢٣٠ فولت

توزيع ثلاثي الطور + محايد : ٤٠٠ فولت ، طور / طور

نوع الفوانيس	مقنن الانبوب (واط)	عدد الفوانيس لكل طور												
أحادي الطور مع مكثف	١٨	٤	٨	١٢	٢٤	٤٠	٦٤	٨١	١٠١	١٢٧	١٦٢	٢٠٣	٢٥٥	٣٢٤	٤٠٦
	٣٦	٢	٤	٦	١٢	٢٠	٣٢	٤٠	٥٠	٦٤	٨١	١٠١	١٢٧	١٦٢	٢٠٣
	٥٨	١	٢	٣	٧	١٢	٢٠	٢٥	٣١	٤٠	٥٠	٦٣	٧٩	١٠٠	١٢٦
دائرة ثانية ٢ x ١٨ = مع مكثف ٢ x ٣٦ = ٢ x ٥٨ =	٣٦	٢	٤	٦	١٢	٢٠	٣٢	٤٠	٥٠	٦٤	٨١	١٠١	١٢٧	١٦٢	٢٠٣
	٧٢	١	٢	٣	٦	١٠	١٦	٢٠	٢٥	٣٢	٤٠	٥٠	٦٣	٨١	١٠١
	١١٦	٠	١	١	٣	٦	١٠	١٢	١٥	٢٠	٢٥	٣١	٣٩	٥٠	٦٣
مقنن التيار لقواطع دائرة ٢ أو٣ أو ٤ قطب		١	٢	٣	٦	١٠	١٦	٢٠	٢٥	٣٢	٤٠	٥٠	٦٣	٨٠	١٠٠

حساب الأنابيب ذات مكثف معامل قدرة موصلة على شكل دلتا :

$$\text{عدد الأنابيب لكل طور} = \frac{0.8C \times 0.86U}{Pu \times 1.25\sqrt{3}}$$

حيث

U : جهد طور / طور

الجـدول رقم ي ٤/ : مقننات تيار قواطع الدائرة المتعلقة بعدد فوانيس الفلورسنت المراد حمايتها (تابع).

ي

٤/٥ اختيار أجهزة التحكم في تشغيل المفاتيح

إن ظهور أجهزة التشغيل والإطفاء والتي تجمع بين وظائف التحكم عن بعد والحماية والتي يكون فيه قاطع الدائرة الذي يعمل بالتيار المتبقي ذي التحكم عن بعد من الطراز البدائي ، يعمل على تبسيط دوائر التحكم في الإنارة بصورة معقولة وبهذا يعمل على توسيع مجال وتباين برامج التحكم.

تشتمل بعض أجهزة التشغيل وعلى دوائر التحكم الخاصة بالتشغيل عند (فلطية أكثر انخفاضا ، أي < ٥٠ فولت أو < ٢٥ فولت طبقاً للمتطلبات). وهذه الدوائر معزولة عند الجهد ٤٠٠٠ فولت فيما يتعلق بدوائر القدرة.

ولقد تم تلخيص الوضع العام عند كتابة هذا التقرير في الجدول ي٤-٥ أدناه.

نظام التحكم عن بعد	وظيفة معدات مجموعة مفاتيح التشغيل والتحكم المناظرة				
	التحكم عن بعد	التحكم عن بعد + الحماية ضد التيار الزائد	التحكم عن بعد + الحماية ضد التيار الزائد+ مراقبة وحماية العزل	أجهزة التحكم المحلية	أجهزة التحكم المركزية
التحكم عن بعد من نقطة إلى نقطة	مفتاح (bistable)	قاطع الدائرة يتم التحكم به بواسطة نظام سلك صلب	قاطع الدائرة يعمل بالتيار المتبقي يتم التحكم فيه بواسطة نظام السلك الصلب	زر ضغط	مفتاح زمني للدرج مزود بمفتاح فتح وغلق أوتوماتيكي.
التحكم المركزي عن بعد	مفتاح التلامس			مفتاح	مفتاح التحكم في الإنارة تلقائياً بالتصوير الكهربائي
التحكم المركزي عن بعد ومن نقطة إلى نقطة	مفتاح التحكم عن بعد ومفتاح(bistable) رئيسي			زر ضغط	أجهزة كشف الحركة ومرحل ساعة مركزية
إشارات التحكم من خلال الاتصالات	مفتاح ذات تحكم عن بعد	قاطع دائرة يتم التحكم به عن بعد من خلال الاتصالات	قاطع الدائرة يعمل بالتيار المتبقي يتم التحكم فيه عن بعد من خلال الاتصالات	طبقاً للنوع	
إشارات التحكم من خلال القنوات المتعددة المتقابلة زمنياً	مجموعة مفتاح تلامس ساكن ذو تحكم عن بعد/وقاطع دائرة				

جدول ي ٤-٥ أنواع أجهزة التحكم عن بعد

٦/٤ حماية دوائر الإنارة ذات الجهود فائقة الانخفاض

يتم وضع محول ج م/ جـهد فائق الانخفـاض غالباً في مكان يصعب الوصـول إليه، حتى يتعـذر الوصول إلى الحماية المركبة على الجانب الثانوي بنفس القدر.

لهذا الـسبب، فإن الحـماية توضـع بصورة عامـة على الدائرة الابتدائية.

لذا يتم اختيار جهاز الحماية كما يلي:

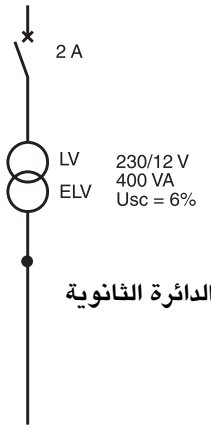
- لتوفير تحكم في تشغيل المفاتيح (قاطع دائرة متعدد ٩ من النوع (cأو نوع المصهرات . (aM
- لضمان الحماية ضـد قصر الدائرة لذلك يجب التحقق من:-
- في حالة قاطع الدائرة ، يزيد الحد الأدنى لقـيمة تيار قصر الدائرة عن الهامش المناسب لتـيار قصر الدائرة لضبط تيـار المرحل المغناطيسي ((Imالقاطع الدائرة المعني.
- في حالة المصهرات ، فـإن من الضروري التأكد من أن طاقة ((I2tالمارة عبر المصهـر (المصهرات) عند الحد الأدنى لتـيار قـصـر الدائرة أقل من مسـتـوى سعـة التحمل الحرارية لموصلات الدائرة.
- إذا لزم الأمر، يجب تـوفير حـماية ضد الحـمل الزائد، ولكن إذا تم اخـتـيار عـدد مـصابيـح الدائرة بعناية وبصورة صـحيحة، فـإن الحماية ضـد الحمل الزائد غير ضرورية .

مـثـال: إن تيـار الدائرة المقـصـرة Isc2عند النهـايات الطرفـيـة الثـانـوية لمحـول أحـادي الطور ج ع / ج م يساوي:

$$\frac{Usc\%}{100} \times \frac{Us^2}{Zs} = Zs \text{ حيث } \frac{Us}{Zs}$$

$$\frac{100 \times 400}{6 \times 12} = \frac{100 \times Pn}{\%Usc \times Us} = Isc2 \text{ بحيث أن}$$

= ٥٥٥ أمبير التي تعطي Isc1 =٢٩ أمبير في الدائرة الرئيـسية يتم إعـتاق قـاطـــع الدائرة النوع Cإذا كان التيار الابتدائـــي ≥ Im1 = 10In = ٢٠ أمبير .



الشكل ي ٤–٦ : مثال

والذي يناظر تيار ثانوي مقداره

$$\frac{٢٣٠}{١٢} \times ٢٠ = ٣٨٣ \text{ أمبير}$$

لذلك يمكن استنتاج المقاومة القصوى لدائرة الجهد المنخفض جداً (أي الثانوي) من هذين التيارين الثانويين المقصران للدائرة أي ٥٥٥أمبير و٣٨٣ أمبير كما يلي:

$$Rc = \frac{U2}{Im2} - \frac{V2}{Isc2} = \frac{12}{383} - \frac{12}{555}$$

$$= 0.0313\text{-}0.0216 = 9.7 \text{ ملي ثانية}$$

*من النهايات الطرفية للمحول إلى لوحة توزيع الجهد شديد الإنخفاض.

ملحوظة: إن القيمة الحقيقية للتيار المتخلف المسموح بها من حيث المبدأ تزيد على ٩,٧ ملي أوم لأن معاوقة المصدر (أي U2/555)سوف تكون ذات رد فعل وليس مقاومة كما هو (موضح ضمنياً) في المثال. ولكن على أية حال ولتحقيق مبدأ البساطة ولتوفير هامش سلامة تلقائي تحت كافة الظروف فإنه يوصى بإجراء عملية طرح حسابية كما هو موضح.

لذا سوف يكون الطول الأقصى لدائرة ١٢ فولت التي تعتمد على ٩,٧ ملي أوم:

$$\frac{(RC)\text{(ملي أوم)} \times S \text{ (مم٢)}}{٢ \times ٢٢,٥ \text{ (ميكرو أوم.مم)}}$$

$$= \frac{٩,٧ \times ٦}{٢ \times ٢٢,٥} \text{ متر}$$

بالنسبة لكابل من النحاس مقطعة ٦ مم٢ فإن الطول يساوي ١,٣ متر لذلك من الضروري مراجعة والتأكد من أن هذا الطول كاف للوصول إلى لوحة توزيع الـ ١٢ فولت حيث أن الطرق الخارجة يتم حمايتها بأجهزة اخرى. وإذا كان الطول غير كاف، فإن إدخال زيادة في مساحة مقطع الموصلات تتناسب مع الطول المطلوب سوف تكفي التيار المتخلف الأقصى على سبيل المثال موصل ١٠ ملليمتر مربع سوف يسمح ١,٣ × ١٠/٦ =٢,٢ متر من طول الدائرة في الحالة المشار إليها سابقاً.

ي

٤/٧ مصادر التغذية لإنارة الطواريء

يجب أن تكون مصادر التغذية الخاصة بنظم إنارة الطواريء قادرة على مواصلة تغذية كافة المصابيح في الحالات الطارئة ولمدة محددة تعتبر كافية لتأمين الإخلاء الكامل للمواقع المعنية خلال ساعة واحدة كحد أدنى (في أي حالة).

التوافقية بين مصادر إنارة الطواريء والأجزاء الأخرى من التركيبات

يتم توفير مصادر إنارة تغذية الدوائر الخاصة بالحالات الطارئة حيث تعمل نظم الإنارة الاحتياطية في حالة فشل دوائر الإنارة العادية (عموماً في الحالات غير الطارئة). ولكن في حالة فشل الإنارة الاحتياطية يجب أن يترتب على ذلك تشغيل نظام إنارة الطواريء تلقائياً. يمكن استخدام المصادر المركزية للتغذية الطارئة أيضاً لتوفير تغذية احتياطية بشرط تحقيق الشروط الآتية بصورة مؤقتة :

- حيثما يوجد مصادر عديدة، فإن فشل مصدر واحد يجب أن يترك قدرة كافية في الخدمة للاحتفاظ بتغذية كافة نظم السلامة مع التخلص التلقائي من الأحمال غير الأساسية (إذا لزم الأمر).
- إن فشل مصدر واحد أو جهاز واحد خاص بالسلامة يجب أن يترك كافة المصادر الأخرى وأجهزة السلامة بدون أن تتأثر.

تصنيف برامج (نظم) إنارة الطواريء

يوجد لدى العديد من الدول نظم ولوائح تتعلق بالسلامة في المباني والمناطق المعدة للتجمعات الشعبية. إن تصنيف مثل هذه المواقع والأماكن يقودنا إلى تحديد أنواع الحلول المناسبة المسموح باستخدامها في برامج إنارة الطواريء في المناطق المختلفة. إن التصنيفات الأربع الآتية تعتبر نموذجية:

النوع (أ)

يتم تغذية المصابيح بصورة دائمة وكلية أثناء وجود السكان من مصدر مركزي واحد (بطارية بخلايا تخزين. أو مولد حراري). يجب أن تكون هذه الدوائر مستقلة عن أي دوائر أخرى(١).

النوع (ب)

يتم تغذية المصابيح بصورة دائمة أثناء تواجد السكان إما :

بواسطة بطارية موصل بها المصابيح بصورة دائمة والموجودة على شحن دائم من مصدر إنارة عادي. أو

- بواسطة مولد حراري بمحرك والذي من خصائصه أنه تكون هناك تغذية للأحمال الأساسية في خلال ثانية واحدة (نظراً لأن المجموعة كلها تعمل بالفعل وتقوم بتزويد إنارة الطواريء) في حالة فشل تغذية القدرة العادية أو
- بإستخدام وحدات مستقلة مغذاه بصورة طبيعية ودائمة من مصدر تغذية الإنارة العادي والتي تبقى مضاءة (على الأقل ساعة واحدة) عند فقد التغذية العادية بفضل بطارية قائمة بذاتها .

يتم تغذية البطارية وشحنها بالتدريج في الظروف العادية.

يوجد في هذه الوحدات مصابيح فلوروسنت لأغراض إنارة الطواريء العامة ومصابيح فلوروسنت أو متوهجة لإشارات الخروج والاتجاهات.

ي

يجب أن تكون دوائر كافة مصابيح الطواريء مستقلةً عن أية دوائر أخرى(١).

النوع (جـ)

من الممكن أو من غير الممكن تغذية المصابيح في الظروف العادية وفي حالة تغذيتها فإنه قد يكون من مصدر الإنارة العادية أو من مصدر تغذية الطواريء.

- يجب الإبقاء على بطاريات إنارة الطواريء مشحونة من المصدر العادي بواسطة نظم مقننة تلقائياً تضمن وجود حد أدنى من السعة تساوي حمل إنارة الطواريء الكامل لمدة ساعة واحدة.
- يجب أن تكون ضوابط المولد الحراري قادرة على إلتقاط حمل لإنارة الطواريء الكامل بصورة تلقائية من حالة أو وضع الإحتياط الثابتة في أقل من ١٥ ثانية عقب فشل مصدر التغذية العادي.

تقوم البطارية بتوفير قدرة بدء تشغيل المحرك والتي تقدر على أن تقوم بست محاولات لبدء التشغيل أو بواسطة نظام من الهواء المضغوط. يجب المحافظة على حد أدنى من احتياطي الطاقة داخل كلا النظامين تلقائياً.

- يجب الكشف عن الفشل في مصدر تغذية الطواريء المركزي عند عددٍ كافٍ من النقاط ويجب التنبه إليه لدى أفراد الصيانة والأشراف بقدر مناسب.
- يمكن أن تكون الوحدات المستقلة من النوع المضاء بصورة دائمة أو من النوع غير المضاء بصورة دائمة.

يجب أن تكون دوائر كافة مصابيح الطواريء مستقلة عن أية دوائر أخرى(٢).

النوع (د)

هذا النوع من إنارة الطوارئ يتكون من بطارية مشحونة يمكن حملها يدوياً (ذات خلايا ابتدائية أو ثانوية) تكون في متناول الأشخاص القائمين بالخدمة أو العامة .

(١) دوائر الأنواع أ و ب . في حالة مصدر قوة الطواريء المركزي ، يجب أيضاً أن تكون مقاومة للحريق. يجب أن تفي صناديق التوصيل وأكمام والوصلات باختبارات الحرارة الواردة في المواصفات الوطنية أو يجب تركيب الدوائر في علب كابلات وقائية .. إلخ.

(٢) ليس من المطلوب أن تفي دوائر كابلات النوع (جـ) بشروط (١).

ي

٥- المحركات غير المتزامنة

يعتبر المحرك اللامتزامن (المحاثة) قوياً ويمكن الوثوق به ويستخدم على نطاق واسع. إن ٩٥٪ من المحركات في كل أنحاء العالم لامتزامنة. لذلك فإن حماية هذه المحركات أصبحت تحتل أهمية كبرى في العديد من التطبيقات.

ربما يؤدي عدم حماية المحرك بطريقة سليمة إلى الآثار التالية:

■ بالنسبة للأشخاص:

□ الإختناق نظراً لانسداد تهوية المحرك.

□ حدوث صعق كهربائي نظراً لفشل في عزل المحرك.

□ وقوع حوادث نظراً للالتصاق بمتفاح التلامس الضابط.

■ بالنسبة للآلة المدارة وعملية التشغيل.

□ قارنات عمود الحركة والمحور..الخ والذي حدث لهما تلف بسبب توقف العضو الدوّار

□ فقد الانتاج

□ تأخر زمن التصنيع

■ بالنسبة للمحرك:

□ ملفات المحرك المحترقة نظراً لتوقف العضو الدوار .

□ تكلفة فك وإعادة ضبط أو إحلال المحرك.

□ تكلفة إصلاح المحرك.

لذلك، فإن كلاً من سلامة الأفراد والبضائع والموثوقية ومستويات الإتاحة يجب أن تؤثر على اختيار الأجهزة الواقية.

ومن الناحية الاقتصادية ، فإن التكلفة الإجمالية للفشل هي التي يجب أخذها في الاعتبار وبمعنى آخر التكاليف الباهظة التي تتزايد بشدة مع زيادة حجم المحرك وصعوبات الوصول إليه. وبالإضافة إلى ذلك فإن عامل فقد الإنتاج يعد عاملاً هاماً.

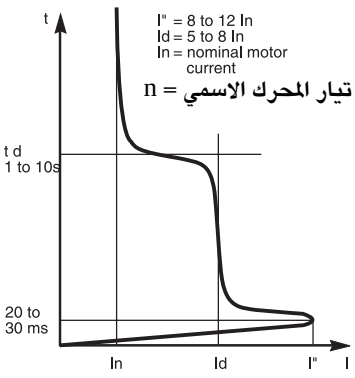
إن الخصائص المتعلقة بأداء المحرك تؤثر على الدوائر التي تغذي بالقدرة واللازمة لتحقيق تشغيل مرضي.

إن دائرة تغذية قدرة المحرك تضع ضوابط معينة لا توجد غالباً في دوائر التوزيع العامة نظراً للخصائص المعنية والخاصة بالمحركات مثل:

■ تيار بدء التشغيل(انظر الشكل ي٥-١) والذي يكون مفاعلاً بصورة عالية ويمكن أن يكون بالتالي سبباً هاما لانخفاض الجهد.

■ عدد وترددات عمليات بدء التشغيل تكون عادة عالية .

■ يعني تيار البدء الثقيل أن أجهزة الوقاية ضد الحمل الزائد يجب أن يكون لها خصائص تشغيل تمنع الاعتاق أثناء فترة البدء.



شكل ي٥-١ خصائص تيار البدء المباشر على الخط في محرك حثي

٥/١ وظائف الوقاية والتحكم المطلوبة

تشمل الأجهزة التي يجب تزويدها بصورة عامة :

■ أجهزة حماية أساسية .

■ أجهزة تحكم إلكترونية.

■ أجهزة الوقاية أو أجهزة الحماية .

تشمل الأجهزة المطلوب توفيرها بصورة عامة ما يلي:

■ الحماية الأساسية

□ جهاز فصل

□ تحكم عن بعد يدوي أو موضعي

□ الحماية ضد قصر الدائرة

□ الحماية ضد الحمل الزائد

■ مفاتيح التحكم الإلكترونية وتشمل:

□ باديء المحرك "بدء ناعم" تدريجي

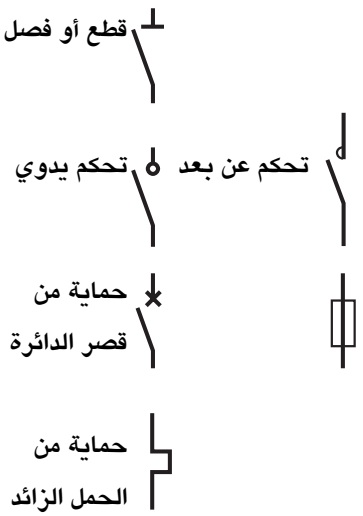
□ متحكم السرعة

■ أجهزة الحماية أو الوقاية مثل:

□ جهاز إحساس للحرارة

□ مرحلات متعددة الوظائف

□ وسيلة مراقبة دائمة لمقاومة العزل (أو جهاز تفاضلي يعمل بالتيار المتبقي) .

	مصهر مفتاح فاصل + مفتاح فاصل باستخدام مرحل حراري	قاطع دائرة + مفتاح فاصل باستخدام مراحل حراري	قاطع دائرة * محرك + مفتاح تلامس	قاطع دائرة * مفتاح تلامس (ACPA)
				
	* قاطع داذرة يشمل إمكانية مفتاح فاصل			
	■ مدى قدرة واسع ■ يسمح بجميع أنواع المخططات ■ طريقة جيدة أثبتت جدواها ■ مناسب للنظم ذات مستويات الخطأ العالية	■ مدى قدرة واسع ■ يتجنب الحاجة إلى وجود احتياطي لوصلات المصهر ■ عملية الفصل تكون مرتبة في حالات معينة ■ تمييز يوضح سبب الفصل، أي قصر دائرة أو حمل زائد	■ طريقة بسيطة مدمجة للمحركات ذات القدرة المنخفضة	■ تكاليف تركيب منخفضة. ■ لا يحتاج صيانة. ■ درجة عالية من السلامة والموثوقية. ■ مناسب للنظم ذات مستويات الخطأ العالمية. ■ عمر كهربائي طويل.

وسيلة بدء "بدء معتدل" متصاعد
■ تحديد
□ ذروة التيار I
□ هبوط الجهد U
□ كوابح ميكانيكية أثناء فترة البدء
■ وقاية حرارية مدمجة

حاكم السرعة
■ من ٢ إلى ١٣٠٪ من السرعة الاسمية
■ حماية حرارية مدمجة .
■ إمكانية وسائل الاتصال.

الجدول رقم ي ٥ / ٢ : أنواع دوائر التغذية لمحرك جهد منخفض الشائعة الاستخدام (يتبع)

أدوات الوقاية المانعة أو المحددة

حساسات حرارية :

الوقاية ضد التسخين غير العادي للمحرك باستخدام حساسات من النوع المقاوم للحرارة في ملفات المحرك ، متصلة بالمرحلات المرفقة.

مرحلات متعددة الوظائف :

وقاية حرارية مباشرة وغير مباشرة ضد :

- فترة بدء الحركة طويلة بشكل مفرط، أو حالة عضو دوران متوقف.
- عدم توازن أو فقدان أو أنعكاس جهود الطور .
- خطأ أرضي أو تيار تسرب أرضي مفرط .
- محرك يعمل عند اللاحمل، أو محرك معاق أثناء بدء الحركة.
- بيان التسخين الزائد بوسيلة انذار مسبق.

جهاز مراقبة ثبات العزل – إلى – الأرضي ومرحل تفاضلي يعمل بالتيار المتبقي (RCD)

وقاية ضد التيار المتسرب الأرضي وقصر الدوائر إلى الأرضي .

بيان بأدوات إشارة عند الحاجة لصيانة المحرك أو استبداله .

الجدول رقم ي ٥ / ٢ : أنواع دوائر التغذية لمحرك جهد منخفض الشائعة الاستخدام (تابع)

ي

٢/٥ المواصفات القياسية

إن المواصفات القياسية الدولية التي تغطي المواد الموضحة في هذا البند الفرعي هي : هـ.د.ك ٩٤٧-٢ و٩٤٧-٣ و٩٤٧-٤-١ و٩٤٧-٦-٢,٢ لقد تم تبني هذه المواصفات (غالباً بدون أي تغيير) من قبل عدد من الدول كمواصفات وطنية.

٣/٥ مخططات الحماية الأساسية: قاطع الدائرة/ مفتاح التلامس/ المرحل الحراري

إن الوظائف التي يجب تنفيذها هي ما يلي:

- التحكم (التشغيل / التوقف)
- الفصل أو العزل (السلامة أثناء الصيانة)
- الحماية ضد قصر الدائرة
- الحماية الخاصة كما ه، ملاحظ في البند الفرعي ٥ / ١

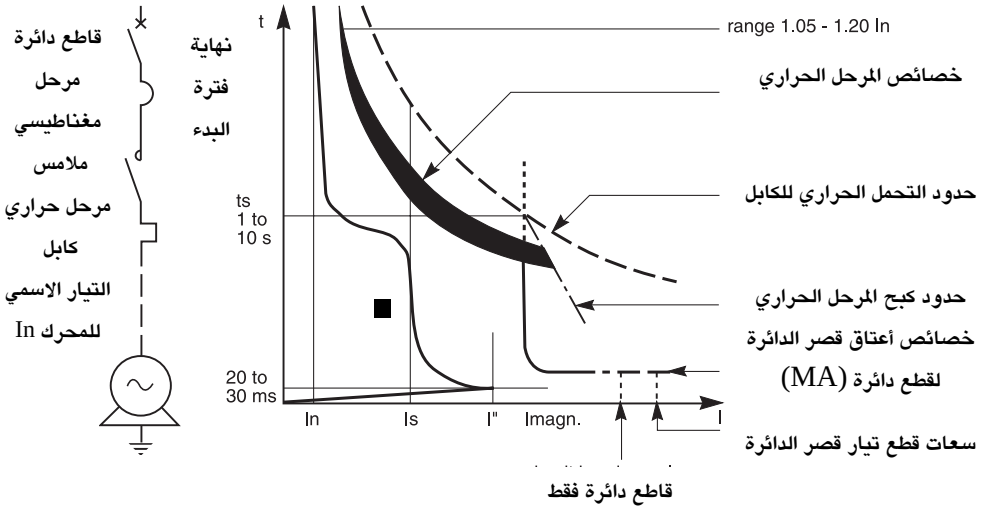
حيثما يتم استخدام أجهزة مختلفة لتوفير الحماية ، فإن من الضروري التنسيق بينها .

يمكن توفير ضبط وحماية محرك ما بإستخدام جهاز واحد أو أثنين أو ثلاثة والتي تشترك في المهام المطلوبة وهي:

- التحكم (البدء/التوقف)
- الفصل لسلامة الأفراد أثناء أعمال الصيانة
- الحماية ضد قصر الدائرة
- الحماية الخاصة بمحرك ما معين (لكن على الأقل الحماية من التيار الزائد باستخدام مرحل الحراري).

عندما يتم إنجاز هذه المهام باستخدام أجهزة عديدة، فإن من الضروري التنسيق بينها، وفي حالة حدوث أي فشل كهربائي من أي نوع، فإنه لا يجب إتلاف أي من الأجهزة الموجودة ماعدا تلك التي يعتبر التلف البسيط لها طبيعياً في ظروف خاصة، على سبيل المثال ملامسات القوس الكهربائي التي يمكن استبدالها في مفاتيح تلامس معينة بعد عدد معين من عمليات الصيانة وهكذا. ويعتمد نوع التنسيق المطلوب على الدرجة اللازمة من مواصلة الصيانة والخدمة وتعتمد أيضاً على مستويات السلامة ... إلخ.

من بين الطرق المحتملة العديدة لحماية محرك ما ، فإن دمج قاطع دائرة يشتمل على إعتاق لحظي مغناطيسي لحماية قصر الدائرة ومفتاح تلامس بمرحل * حمل زائد حراري ، له مزايا عديدة .



شكل ي ٥ – ٣ خصائص الاعتاق لقاطع دائرة (نوعMA) ومرحل راري / مفتاح تلامس (١)**

* يشار إلى الترافق بين مرحل الحمل الزائد ومفتاح التلامس في بعض البلدان على أنه " مفتاح فاصل " .

** ميرلين جيرين .

المزايا

إن هذا الدمج للأجهزة يسهل عمليات التركيب إلى جانب التشغيل والصيانة، عن طريق:

- تقليل حمل عمل الصيانة حيث أن قاطع الدائرة يجنبنا الحاجة إلى إستبدال مصهرات منفجرة وضرورة الإحتفاظ بمخزون من المصهرات (بأحجام
- مختلفة).

الأداء المستمر الجيد : يمكن إعادة تزويد دائرة محرك

- ما بالطاقة على الفور عقب اصلاح العطل.

أجهزة تكميلية إضافية تكون مطلوبة أحياناً في دائرة

- المحرك يمكن إستيعابها بسهولة.

إعتاق جميع الأطوار الثلاثة (وهكذا تجنب إمكانية

- وجود الطور المفرد).

إمكانية تشغيل تيار الحمل الكامل (بواسطة قاطع الدائرة) في حالة فشل مفتاح التلامس على سبيل المثال لحام التلامس.

التشابك (التعشيق)

- وسائل بيان عن بعد متنوعة.
- الحماية الجيدة لبادىء تيارات الدائرة القصيرة حتى حوالي ممبمقف (انظر الشكل ي ٥-٣).

في معظم الحالات يحدث فشل قصر الدائرة بالمحرك لذلك فإنه يتم الحد من التيار بواسطة الكابل وتسليك البادىء (على سبيل المثال، ملف الاعتاق المباشر بقاطع الدائرة).

- إمكانية إضافة جهاز يعمل بالتيار المتبقي .
- جهاز يعمل بالتيار المتبقي بحساسية ٥٠٠ مللي أمبير يمنع عملياً مخاطر إندلاع حريق بسبب تيار التسرب.
- الحماية ضد تدمير المحرك (قصر دائرة بطبقات متعددة) عن طريق الكشف المبكر لتيارات الفشل الأرضي (٣٠٠ ميللي أمبير حتى ٣٠ أمبير.
- الخ.

ملحوظة : عندما تكون تيارات قصر الدائرة عالية جداً، فإن تلامسات بعض مفاتيح التلامس قد تفتح بصورة قسرية بفعل التنافر الكهرومغناطيسي حتى تعمل مجموعتي التلامس (أي تلك الخاصة بقاطع الدائرة، وتلك الخاصة بمفتاح التلامس) على التوالي. إن دمج تلك المجموعات يزيد من قدرة قطع قصر الدائرة أكثر من قدرة قاطع الدائرة بمفرده.

الخاتمة

يكون قاطع الدائرة / مفتاح التلامس/ المرحل الحراري لضبط وحماية دوائر المحرك مناسبين عندما:

- تقل خدمة صيانة تركيب ما وهي عامة في حالات المشروعات الصناعية وذات الأحجام الصغيرة والمتوسطة.
- حاجة متطلبات العمل لوظائف تكميلية.

هناك متطلب تشغيلي لوسيلة قطع الحمل في حالة لحام تلامس مفتاح التلامس.

ي

توحيد القياس لقواطع الدوائر المرافقة / مفاتيح التلامس

أصناف مفاتيح التلامس

مقدم المواصفة الدول IEc 947-1 الأصناف التي تسهل عملية اختيار مفتاح التلامس المناسب للقيام بمهمة ما معينة.

توفر هذه الأصناف معلومات عن:

- نطاق الوظائف التي يمكن أن يتكيف مفتاح التلامس معها.
- إمكانيات فصل وتوصيل التيار.
- قيم اختبار قياسية لفترة التشغيل المؤقتة طبقاً لاستخدامها.

يعطي الجدول التالي بعض الأمثلة النموذجية للأصناف المستخدمة :

صنف الاستخدام	خصائص التطبيق
AC-1	أحمال غير حثية (أو حثية إلى حد ما) جتا$\phi \leq$ ٠,٩٥ (التسخين ، التوزيع
AC-2	محركات بتشغيل وإطفاء ذات حلقات انزلاق .
AC-3	محركات فضية : بدء تشغيل وإطفاء للمحركات أثناء الإدارة
AC-4	محركات فضية : بدء تشغيل توصيل بالقبس ، ضبط دقيق المراحل

جدول ي ٥-٤ الأصناف المستعملة لمفاتيح التلامس (مواصفة الـ هـ د ك ٩٤٧-٤)

انواع التناسق

يوجد لكل مجموعة من الأجهزة، نوع من التنسيق طبقاً لحالة الأجزاء المكونة عقب تعطل إعتاق قاطع دائرة ما أو أن تكون فتحة مفتاح التلامس ذات حمل زائد.

تحدد المواصفة القطعتين تتم بمنوعين من التنسيق النوع ١ والنوع ٢ واللذان يحددان الحدود القصوى المسموح بها لتلف مجموعة المفاتيح الكهربائية والذي يجب أن لا تشكل اية مخاطر محتملة للأفراد.

- النوع ١: تلف مفتاح التلامس و/أو مرحله يكون مقبولاً بموجب شرطين:
  - عدم وقوع مخاطر بالنسبة للمشغل
  - عدم تلف كافة العناصر الأخرى غير مفتاح التلامس ومرحله.
- النوع ٢: إن الاحتراق أو مخاطر لحام الملامسات لمفتاح التلامس هي فقط المخاطر المسموح بوقوعها.

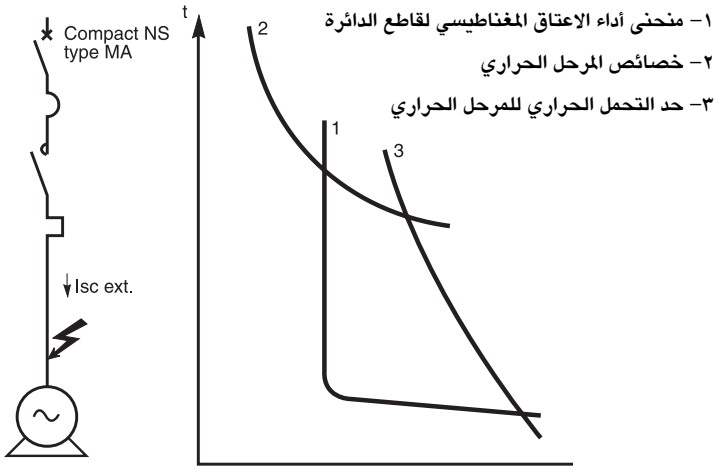
ما هو النوع الذي تختاره ؟

يعتمد نوع التنسيق الذي يتم اختياره على خصائص الاستغلال والاستخدام ويجب أن تفي بإحتياجات المستخدم وتكاليف التركيب.

- النوع ١:
  - خدمة صيانة مؤهلة
  - حجم وتكلفة مجموعة المفاتيح بعد تقليلها
  - مواصلة الخدمة غير مطلوبة أو متوفرة باستبدال رسم باديء المحرك.
- النوع ٢:
  - إن مواصلة الخدمة أمر إجباري
  - عدم وجود خدمة صيانة
  - المواصفات الفنية التي تحدد نوع التنسيق.

ي

النقاط الأساسية في التوليفة الناجحة لقاطع دائرة ومفتاح قاطع التلامس



شكل ي ٥-٥ حد التحمل الحراري للمرحل الحراري يجب أن يكون على يمين منحنى الإعتاق المغناطيسي لقاطع الدائرة .

تحدد المواصفات القياسية بدقة كافة العناصر التي يجب أخذها في الاعتبار للقيام بتنسيق صحيح للنوع ٢,

- توافقية مطلقة بين المرحل الحراري لقاطع مفتاح التلامس والإعتاق المغناطيسي لقاطع الدائرة . وفي الشكل ي ٥-٥ يتم حماية المرحل الحراري إذا تم وضع حد تحمله الحراري على يمين منحنى الإعتاق المغناطيسي لقاطع الدائرة. وفي حالة أن يجمع قاطع دائرة محرك ما كل من أجهزة حرارية وأجهزة مغناطيسية، فلابد أن يوجد تنسيق في التصميم.
- يجب أن يكون مقنن قطع تيار دائرة القصر لمفتاح التلامس أكبر من البداية المنظمة لمرحل الإعتاق المغناطيسي لقاطع الدائرة حيث أن مفتاح التلامس يجب أن يكون قادراً على قطع تيار قيمته تساوي أو تقل قليلاً عن ضبط المرحل المغناطيسي (كما هو موضح في الشكل ي ٥-٥).
- الأداء الموثوق به لمفتاح التلامس ومرحله الحراري عند إمرار تيار قصر الدائرة، أي عدم التلف الزائد لكلا الجهازين وعدم اللحام لتلامسات مفتاح التلامس.

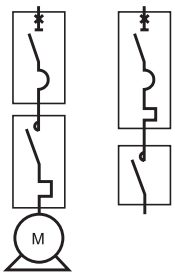
إنه من المعذر التنبؤ بقدرة قطع التيار لكل من قاطع دائرة ما ومفتاح تلامس. وتعد الاختبارات المعملية وحسابات المصنعين ضرورية لتحديد نوعية قاطع الدائرة الذي يجب أن يترافق مع أية مفتاح تلامس وتحقيق قدرة قطع لكلا الإثنين. وتعطي الجداول التي أصدرتها مارلين جرين معلومات في كتالوجات توزيع الجهد المنخفض .

قدرة قطع تيار دائرة القصر لمجموع (تركيبة) قاطع دائرة + مفتاح تلامس

في هذه الدراسات إن قدرة قطع التيار لدائرة القصر والتي يجب مقارنتها بتيار قصر الدائرة المتوقع هي:

إما أن تكون تلك الخاصة بمجموعة قاطع الدائرة مفتاح التلامس، إذا كانت هذه الأجهزة قريبة من بعضها البعض (على سبيل المثال في نفس الدولاب أو ملحقة بمركز تحكم المحرك نضضلخد إن قصر الدائرة الخارج من المجموعة سوف تكون محددة إلى

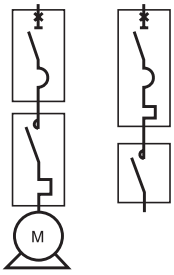
* مركز التحكم الحركي



شكل ي ٥-٦ قاطع الدائرة ومفتاح التلامس مثبتان بصورة مجاورة

حد ما بواسطة معاوقات مفتاح التلامس (انظر الملاحظة السابقة) والمرحل الحراري. ولذا يمكن استخدام المجموعة في دائرة يكون فيها تيار قصر الدائرة المتوقع لها يزيد على قدرة قطع تيار دائرة القصر المقنن لقاطع الدائرة. وغالباً يوفر هذا الجانب بعض المزايا الاقتصادية الهامة.

■ أو تلك الخاصة بقاطع الدائرة فقط بالنسبة للحالة التي يكون فيها مفتاح التلامس مفصولاً عن قاطع الدائرة (لذلك يمكن وضع قصر دائرة على الدائرة المتداخلة) بالنسبة لمثل هذه الحالة، فإن المواصفة هـ.د.ك ٩٤٧-٤-١ تتطلب أن يكون مقنن قاطع الدائرة مساوياً لـ أو أكبر من تيار قصر الدائرة المتوقع عند نقطة تركيبه.



شكل ي ٥-٧: قاطع الدائرة ومفتاح التلامس مثبتان بصورة منفصلة مع موصلات دائرة داخلة.

اختيار مرحِّل الفصل المغناطيسي اللحظي لقاطع الدائرة

يجب ألا تقل بداية التشغيل عن ١٢ In لهذا المرحل وذلك تجنباً للفصل المحتمل بسبب تيار الذروة الأول خلال بدء التشغيل.

٤/٥ الحماية الوقائية أو المقيدة

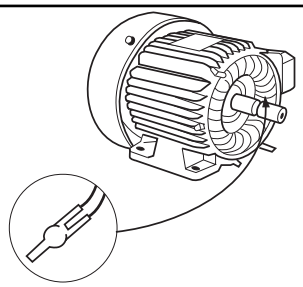
تقوم أجهزة الحماية الوقائية أو المقيدة باكتشاف علامات (دلائل) الأخطاء الوشيكة الحدوث ليتم التصرف حيالها (سواء بشكل تلقائي أو بواسطة الشخص القائم على التشغيل) وذلك لتجنب أو الحد من النتائج الحتمية .

تشمل الأجهزة الوقائية الرئيسية من هذا النوع للمحركات ما يلي:

- أجهزة استشعار الحرارة من المحركات (الملفات، كراسي التحميل، توصيلات هواء التبريد... الخ)،
- وسائل الوقاية متعددة المهام،
- وسائل الكشف عن عيوب العزل في المحركات المتنقلة أو الثابتة.

أجهزة استشعار الحرارة

تستخدم أجهزة استشعار الحرارة للوقوف على الزيادة غير الطبيعية في درجة الحرارة في المحرك بواسطة القياس المباشر. ويتم وضع هذه الأجهزة بشكل عام في ملفات العضو الساكن (لمحركات الجهد المنخفض)، ويتم توليد الإشارة بواسطة جهاز تحكم يعمل على فصل قاطع الدائرة (الشكل ي ٥-٨).



الشكل ي ٥-٨: الوقاية من الحرارة الزائدة بواسطة أجهزة استشعار الحرارة

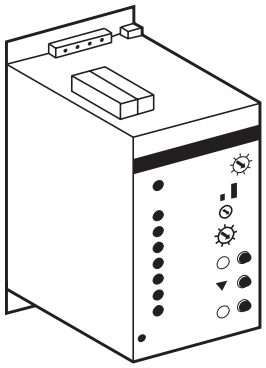
المرحلات متعددة الوظائف لوقاية المحركات

تقوم المرحلات متعددة الوظائف ، المحتوية على عدد من أجهزة الاستشعار وأجهزة القياس البيانية ، بتوفير الوقاية للمحركات، منها على سبيل المثال :

- زيادة الحمل الحراري.
- توقف العضو الدوار ، أو امتداد وقت بدء التشغيل فترة طويلة.
- زيادة درجة الحرارة.
- عدم توازن تيار الطور أو فقد أحد الأطوار أو التدوير العكسي.
- العطل الأرضي (بواسطة الأجهزة التي تعمل بالتيار المتبقي)
- التشغيل عند اللاحمل أو عدم تحرك العضو الدوار عند بدء التشغيل.

ويمكن تلخيص مزايا هذا المرحل في الآتي:

- وقاية شاملة مع توفير تحكم/وقاية دائمة عالية الأداء ويمكن الاعتماد عليها.



الشكل ي ٥-٩: مرحل حماية متعدد الوظائف، النوع LT8 أعلاه.

ي

■تحكم فعال في كافة الجداول الزمنية لتشغيل المحرك.

■نظام إنذار ومؤشرات تحكم.

■إمكانية الاتصال عن طريق الكبائن العمومية.

الحماية الوقائية للمحركات الثابتة

يختص هذا النوع من الوقاية بمراقبة مستوى مقاومة العزل لمحرك ثابت وذلك لتجنب النتائج غير المرغوب فيها لانهيار العزل أثناء التشغيل، على سبيل المثال:

■بالنسبة للمحركات المستخدمة في أنظمة الطواريء على سبيل المثال ، الفشل في بدء التشغيل أو في الأداء السليم،

■في مجال التصنيع، الفقد في الإنتاج.

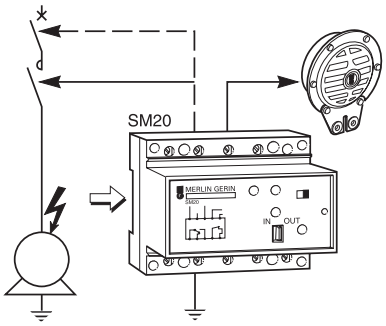
ويعد هذا النوع من الوقاية لا غنى عنه في محركات الخدمات الرئيسية وأنظمة الطواريء ، خاصة في المواقع الرطبة و/أو المتربة. وتعمل هذه الوقاية على تجنب حدوث تلف للمحرك بسبب دائرة القصر إلى الأرضي خلال بدء التشغيل (وهو أكثر أنواع الحوادث وقوعاً) عن طريق إعطاء تحذير مسبق بضرورة إجراء صيانة لإعادة المحرك إلى حالة تشغيل مرضية.

أمثلة على الاستخدام (الشكل ي ٥-١٠)

نظام مقاومة الحريق باستخدام مضخات "الرش".

مضخات الرش الموسمية... الخ.

مثال: المرحل طراز فيجيلوم () (SM 20ميرلين جيرن) يقوم على مراقبة عزل المحرك ويصدر إشارات صوتية ومرئية عند أي انخفاض غير طبيعي في معدل مقاومة العزل. كما يمكن أن يقوم هذا المرحل بمنع أي محاولة لتشغيل المحرك، إذا تطلب الأمر.



الشكل ي ٥-١٠: الحماية الوقائية للمحركات الثابتة

ي

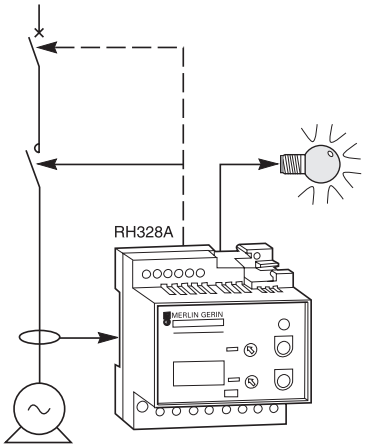
الحماية المقيدة

إن الأجهزة التفاضلية التي تعمل بالتيار المتبقي (والمسماة فيما بعد بالأجهزة التفاضلية) يمكن أن تكون بالغة الحساسية بحيث تقوم برصد القيم المنخفضة (البسيطة) من تيار التسرب الذي يحدث عند تدهور العزل الأرضي في التركيبات (بسبب عوامل طبيعية، أو تلوث، أو رطوبة زائدة أو ما شابه ذلك). بعض أنواع هذه الأجهزة التفاضلية، خاصة المصمم منها لهذه الأغراض، توفر الإمكانات التالية:

- حماية المحرك من التلف (عن طريق تثقيب وتقصير دائرة رقائق العضو الساكن) الناتج عن عطل القوس إلى الأرضي. وهذه الوقاية يمكنها الكشف عن حالات العطل المبدئي بالتشغيل عند تيارات التسرب في المدى من ٣٠٠ ملي أمبير إلى ٣٠ أمبير ، حسب حجم المحرك (الحساسية : In 5% تقريباً). إن الفصل اللحظي بواسطة الأجهزة التفاضلية يحد كثيراً من مدى الضرر في موضع العطل.
- التقليل بشكل كبير من مخاطر حدوث حريق بسبب تيارات التسرب الأرضية (الحساسية (٥٠٠ ملي أمبير).

المرحل (RH328Aميرلين جيرين) يعتبر مثالاً لمثل هذه الأجهزة التفاضلية (RCD) حيث يقوم بتوفير الآتي:

- ٣٢ مستوى حساسية (٠،٠٣ إلى ٢٥٠ أمبير)،
- إمكانية الفصل التمييزي أو القيام على متطلبات تشغيلية معينة ، بواسطة ٨ أزمنة تأخير محتملة (اللحظية حتى ١ ثانية).
- التشغيل الذاتي في حالة انقطاع الدائرة من محول التيار إلى المرحل.
- محمي ضد التشغيل الزائف.
- عزل مكونات دائرة التيار المستمر:الفئة A.



الشكل ي ٥–١١: مثال باستخدام المرحل آر.إتش ٣٢٨ إيه.

ي

إن الهبوط في الجهد عند أطراف توصيل محرك يجب ألا يتعدى أبداً ١٠٪ من الجهد المقنن .

أهمية الحد من الهبوط في جهد المحرك أثناء بدء التشغيل

لكي يبدأ المحرك في الدوران ويصل بواسطة التسارع إلى سرعته الطبيعية في الوقت الملائم، يجب أن يزيد عزم المحرك على عزم الحمل بنسبة ٧٠٪ على الأقل. على أن تيار بدء التشغيل يكون أعلى بكثير من تيار الحمل الكامل للمحرك كما يكون أكبر حثية منه بشكل كبير.

يعتبر هذان العاملان غير ملائمين بشكل كبير للاحتفاظ بالجهد عند المحرك . إن الفشل في توفير جهد كاف سيؤدي إلى انخفاض عزم المحرك بشكل كبير (عزم المحرك يتناسب طردياً مع U2)وسينتج عن ذلك إما زيادة كبيرة في زمن بدء التشغيل أو، في الحالات القصوى ، فشل في بدء التشغيل.

مثال:

- محرك محتفظ بجهد ٤٠٠ ف على أطراف توصيل ، يكون عزم المحرك يساوي ٢,١ مرة عزم الحمل ،
- عند هبوط في الجهد مقداره ١٠٪ خلال بدء التشغيل يكون عزم المحرك ٢,١ × (٠,٩)٢ = ١,٧ مرة عزم الحمل، ويصل المحرك إلى سرعته المقننة بشكل طبيعي،
- عند هبوط في الجهد مقداره ١٥٪ خلال بدء التشغيل، يكون عزم المحرك ٢,١×(٠,٨٥)٢= ١,٥ مرة عزم الحمل، مما يؤدي إلى طول فترة بدء تشغيل المحرك عن معدلها الطبيعي. وبشكل عام فإن النسبة القصوى المسموح بها للهبوط في الجهد خلال بدء تشغيل المحرك هي ١٠٪.

٥/٥ أقصى مقنن للمحركات المركبة لمشتركي الجهد المنخفض

إن الاضطرابات التي تحدث في شبكات توزيع الجهد المنخفض خلال بدء تشغيل المحركات الكبيرة ذات التيار المتردد (مباشرة ـ على الخط) (DOL)يمكن أن تسبب قدر كبير من الإزعاج للمستهلكين المجاورين، لذلك تضع معظم جهات الإمداد بالقدرة قواعد صارمة للتقليل من هذه الاضطرابات إلى مستويات مقبولة.

إن مقدار التشويش الناتج من محرك ما يتوقف على "قوة" الشبكة، أي على مستوى عطل قصر الدائرة عند النقطة المعنية. فكلما زاد مستوى العطل كلما زادت "قوة" النظام وانخفض الاضطراب (الذي يكون أساساً على شكل هبوط في الجهد) لدى المستهلكين المجاورين. يوضح الجدول ي ٥-١٢ القيم النموذجية لأقصى تيارات بدء تشغيل مسموح بها للمحركات العاملة (مباشرة ـ على ـ الخط) في شبكات التوزيع في كثير من البلدان.

كما يوضح الجدول ي ٥-١٣ مقننات القدرة القصوى المناظرة لتلك القيم لنفس المحركات، ونظراً لوجود مناطق "ضعيفة" في الشبكة مثلما توجد مناطق "قوية" فيها، حتى في المناطق التي تمدها بالقدرة جهة تغذية واحدة فقط، فمن المستحسن دائماً الحصول على موافقة شركة الكهرباء قبل الحصول على المحركات لمشروع جديد.

توجد أيضاً حلول بديلة (ولكنها أكثر تكلفة) تعمل على خفض تيارات بدء التشغيل الضخمة لمحركات الخط المباشر إلى مستويات مقبولة، منها على سبيل المثال بادئات التشغيل نجمة ـ دلتا ومحركات حلقات الانزلاق وأجهزة (بدء التشغيل الهادئ) الإلكترونية وغيرها.

ي

نوع المحرك أحادي أو ثلاثي الطور	الموقع	اقصى تيار بدء تشغيل (أمبير)	
		شبكات الخط العلوي	شبكات الكابلات الأرضية
أحادي الطور	منازل	٤٥	٤٥
	أخرى	١٠٠	٢٠٠
ثلاثي الطور	منازل	٦٠	٦٠
	أخرى	١٢٥	٢٥٠

الجدول ي ٥-١٢ : أقصى قيم مسموح بها لتيار بدء تشغيل محركات الجهد المنخفض مباشرة – على الخط (٢٣٠ / ٤٠٠ ف).

نوع المحرك أحادي أو ثلاثي الطور		أحادي الطور ٢٣٠ف (ك و).	ثلاثي الطور ٤٠٠ ف	
الموقع			مباشرة – على – الخط البدء عند الحمل الكامل (ك و)	طرق أخرى لبدء التشغيل(ك و)
منازل		١,٤	٥,٥	١١
أخرى	شبكة خط علوي	٣	١١	٢٢
	شبكة كابل أرضي	٥,٥	٢٢	٤٥

الجدول رقم ي ٥-١٣: أقصى مقننات قدرة مسموح بها لبدء تشغيل محركات الخط المباشر ذات الجهد المنخفض مباشرة على الخط .

٦/٥ تعويض الطاقة المفاعلة (تصحيح معامل القدرة)

إن تأثير تصحيح معامل القدرة على مقدار التيار المار إلى محرك يوضحه الجدول ب ٤ في القسم ب، البند الفرعي ٣/١، وطريقة التصحيح موضحة في القسم هـ البند رقم ٧ .

لاختلافات بين تركيبات التيار المتردد وتركيبات التيار المستمر

على الرغم من أن أساسيات التصميم الرئيسي متشابه في التركيبتين، إلا أن بينهما اختلافات تتمثل في :

- حسابات تيارات دائرة القصر،
- اختيار معدات الحماية، حيث أن التقنيات المستخدمة لانقطاع التيار المستمر تختلف عملياً عن تلك المستخدمة للتيار المتردد.

٦/١ تيارات دائرة القصر

بطارية خلايا التخزين (أو المراكم)

بالنسبة لدائرة القصر عند أطراف خرجها، تقوم البطارية بإمرار تيار طبقاً لقانون اوم يعادل

$Isc = Vb/Ri$

حيث Vb = جهد الدائرة المفتوحة للبطارية تامة الشحن.

Ri = المقاومة الداخلية للبطارية (يتم الحصول على هذه القيمة عادة من مصنِّع البطاريات، كدالة في سعتها بالأمبير /ساعة).

عند عدم معرفة ، (Ri) يمكن استخدام المعادلة التقريبية $kC = Isc$

حيث Cهي مقنن البطارية بالأمبير/ ساعة، و k معامل قريب من ١٠ ولكنه يقل في جميع الأحوال عن ٢٠ .

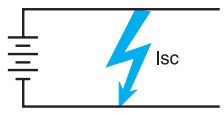
مثال:

ما هو مستوى تيار دائرة قصر عند أطراف بطارية لها الخصائص التالية:

- سعة ٥٠٠ أمبير ساعة ،
- جهد دائرة قصر تامة الشحن مقدراه ٢٤٠ ف (١١٠ خلية بواقع ٢,٥ ف/خلية)،
- معدل تفريغ ٣٠٠ أمبير ،
- استقلالية $\frac{1}{2}$ ساعة،
- المقاومة الداخلية ٠,٥ ملي-أوم/خلية بحيث ٠,٥ × 110 =٥٥ ملي أوم للبطارية ،

$$Isc = \frac{10^{3} \times 240}{55} = 4.4\ KA$$

تيارات دائرة القصر تبدو منخفضة (نسبياً).



الشكل ي ٦-١: بطارية خلايا التخزين

ي

مولد التيار المستمر

إذا كان Vg يعبر عن جهد الدائرة المفتوحة للمولد وRi يعبر عن مقاومتها الداخلية،

فإن: Isc = Vg/Ri

في غياب البيانات الدقيقة، وبالنسبة لنظام تيار مستمر ذي جهد Un، يمكن اعتبار Vg على أنه يساوي ١,١ Un

مثال:

بالنسبة لمولد تيار مستمر بمقنن ٢٠٠ ك و، ٢٣٠ ف، وله مقاومة داخلية ٠,٠٣٢ أوم، فأنه سيعطي تيار دائرة قصر عند طرف التوصيل يساوي

$$\frac{1.1 \times 230}{0.032} = 7.9\ kA$$

الشكل ي ٦-٢: مولد تيار مستمر

Isc عند أي نقطة في التركيبات

في هذه الحالة يكون

$$Isc = \frac{V}{Ri + RL}$$

حيث (Ri) لها نفس التعريف المذكور أعلاه، و (V) إما أن تكون Vb أو Vg كما هو مذكور أعلاه ، و (Ri) هي مجموع مقاومات موصلات تيار الخطأ الحلقية.

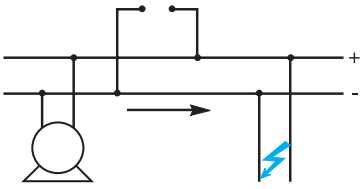
عند وجود محركات في النظام، فإن كلا منها سيعطي تياراً مقداره ٦ In تقريباً.

(أي ستة أضعاف تيار الحمل الكامل الاسمي للمحرك)

بحيث:

$$Isc = \frac{V}{Ri + RL} + 6\ (In\ mot)$$

حيث In mot هو مجموع تيارات الحمل الكامل لكافة المحركات العاملة عند لحظة قصر الدائرة.



الشكل ي ٦-٣: قصر الدائرة عند أي نقطة في التركيبات

٢/٦ خصائص الأعطال الناتجة عن انهيار العزل ، وانهيار مجموعة تشغيل المفاتيح الوقائية

تعتبر أجهزة قطع الدائرة حساسة لمستوى جهد التيار المستمر عند أطراف توصيلها عند قطع تيارات قصر الدائرة.

الجدول أدناه يوضح وسائل تحديد هذه الجهود، والتي تتوقف على جهد المنبع وعلى طريقة تأريض المنبع.

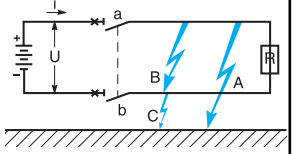
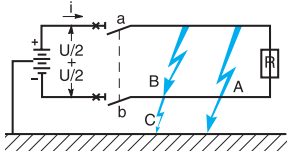
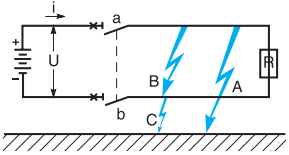
إجهادات الجهد عبر الملامسات المفتوحة يتم خفضها بواسطة توصيل عدد من الملامسات على التوالي لكل قطب، كما هو مذكور في الجدول أدناه وفي النص التالي.

ملحوظة: في النص التالي فإن كلمة "قطب" لها أحد المعنيين التاليين:

١) منبع تيار مستمر، على سبيل المثال: القطب الموجب أو القطب السالب لبطارية أو مولد.

٢) مفتاح أو قاطع دائرة، على سبيل المثال: القطب في قاطع دائرة يقوم بوصل أو فصل التيار في موصل واحد. إن قطب قاطع الدائرة قد يتألف من أجزاء يحتوي كل منها على ملامس. وعلى ذلك فإن القطب قد يتكون من جزء واحد أو من عدة أجزاء موصلة على التوالي (خاصة في دوائر التيار المستمر).

ي

أنواع الشبكة		تأريض النظام		نظام غير مؤرض
		قطب واحد مؤرض عند المنبع	منبع بتأريض عند نقطة الوسط	المنبع غير مؤرض
أشكال التأريض وأحوال الخطأ المتنوعة		 الحالة رقم (١)	 الحالة رقم (٢)	 الحالة رقم (٣)
تحليل كل حالة	العطل أ	القطب (a) يجب أن يفصل أقصى (Isc) عند (U) فولت	القطب (a) يجب أن يفصل أقصى (Isc) عند (U/2) فولت	لا يوجد تيار قصر دائرة في هذه الحالة
	العطل ب	القطب (a)، (b)يجب أن يفصل أقصى (Isc)عند(U) فولت	القطب (a، b)يجب أن يفصل أقصى (Isc)*عند(U)فولت	القطب (a، b)يجب أن يفصل أقصى (Isc)عند (U)فولت
	العطل جـ	لا يوجد تيار قصر دائرة في هذه الحالة	مثل العطل (أ) ولكن بالنسبة للقطب (b *) Isc =(Ri/2) ÷ (U /2)* (أقصى)	مثل العطل (أ)
الحالة الأكثر قساوة		العطل (أ)	أ = ب = جـ أنظر الملحوظة أسفل الجدول	العطل (ب) (أو الأعطال (أ) و (جـ) في نفس الوقت)
حالة قاطع دائرة		كل الملامسات المشاركة في قطع التيار يتم وصلها على التوالي في الموصل الموجب (أو الموصل السالب إذا كان القطب الموجب للمنبع مؤرضاً). توفير قطب إضافي لإدخاله في موصل القطب الأرضي للسماح بفصل الدائرة (الشكل ي ٦-٦).	في قطب قاطع الدائرة لكل موصل. توفير عدد الملامسات اللازمة لقطع (أقصى) تيار Iscعند جهد ((U/2فولت.	توفير عدد الملامسات اللازمة لقطع التيار المحدد في قطب قاطع الدائرة لكل موصل.

الجدول رقم ي ٦-٤: خصائص مجموعة تشغيل المفاتيح الوقائية طبقاً لنوع تأريض نظام التيار المستمر.

ملحوظة: تمت مساواة الإجهاد في كل قطب للأعطال (أ) أو (ب) أو (جـ) حيث أن أقصى تيار ((Iscيجب قطعه مع ((U/2عبر قطب (أقطاب) قاطع الدائرة في كل حالة.

ي

٣/٦ اختيارأجهزة الوقاية

لكل نوع من عطل العزل المحتمل، فإن وسائل الوقاية ضد دوائر القصر يجب تقنينها بشكل كاف لمستويات الجهد المشار إليها في الجدول ي ٦-٤ أعلاه.

إن اختيار وسيلة الوقاية يتوقف على:

- الجهد الظاهر عبر عنصر فصل التيار في حالة قواطع الدائرة، فإن هذا الجهد يفرض عدد ملامسات قاطع الدائرة التي يجب وصلها على التوالي لكل قطب قاطع دائرة للوصول إلى المستويات الموضحة في الجدول ي ٦-٤،
- التيار المقنن المطلوب.
- مستوى تيار قصر الدائرة عند موضعه من التركيبات (لتحديد سعة قطعها لتيار قصر الدائرة).
- الثابت الزمني لتيار العطل (L/R مللي ثانية) عند نقطة تركيب قاطع الدائرة.

يوضح الجدول رقم ي ٦-٥ خصائص (مقننات التيار، سعة قطع تيار قصر الدائرة ، وعدد الملامسات الموصلة على التوالي لكل قطب واللازمة لجهد نظام معين) لقواطع الدائرة المصنوعة بواسطة "ميرلين جيرين".

النوع	المقننات (أمبير)	سعة قطع تيار قصر الدائرة (KA) L/R ≥ ٠,٠١٥ ثانيه (عدد الملاسات الموصلة على التوالي لكل قطب موضح فيما بين الأقواس)							الوقاية من الحمل الزائد الحراري	معامل رفع مقنن وحدات القطع المغناطيسية اللحظية*
		٢٤/٤٨ف	١٢٥ف		٢٥٠ف	٥٠٠ف	٧٥٠ف	١٠٠٠ف		
٠٠	١ إلى ٤٠	٢٠ (قطب) ١	١٠ (قطب) ١	٢٠ (٢قطب)	١٠ (٢قطب)				تيار مستمر خاص	تيار مستمر خاص
٠٠	١٠ إلى ٤٠	١٠ (قطب) ١	١٠ (٢قطب)	٢٠ (٣قطب)	٢٥ (٤قطب)				ditto AC	١,٣٨
٠٠	٦ إلى ٦٣	١٥ (قطب) ١	٢٠ (٢قطب)	٣٠ (٣قطب)	٤٠ (٤قطب)				ditto AC	١,٣٨
٠٠	١ إلى ٦٣	٢٠ (قطب) ١	٢٥ (٢قطب)	٤٠ (٣قطب)	٥٠ (٤قطب)				ditto AC	١,٣٨
٠٠	١ إلى ٦٣	٢٥ (قطب) ١	٣٠ (٢قطب)	٥٠ (٣قطب)	٦٠ (٤قطب)				ditto AC	١,٣٨
	٥٠ إلى ١٠٠	٢٠ (قطب) ١	٣٠ (٢قطب)	٤٠ (٣قطب)	٢٠ (٤قطب)				ditto AC	١,٤٢
	١٠ إلى ٦٣	٥٠ (قطب) ١	٥٠ (قطب) ١		٥٠ (قطب) ١	٥٠ (٣قطب)			ditto AC	١,٤٢
	١٦ إلى ١٠٠	٥٠ (قطب) ١	٥٠ (قطب) ١		٥٠ (قطب) ١	٥٠ (٢قطب)			ditto AC	١,٤٢
	١٦ إلى ١٠٠	٨٥ (قطب) ١	٨٥ (قطب) ١		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (٢قطب)			ditto AC	١,٤٢
	١٦ إلى ١٠٠	١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (قطب) ١		١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ١٦٠	٥٠ (قطب) ١	٥٠ (قطب) ١		٥٠ (قطب) ١	٥٠ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ١٦٠	٨٥ (قطب) ١	٨٥ (قطب) ١		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ١٦٠	١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (قطب) ١		١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ٢٥٠	٥٠ (قطب) ١	٥٠ (قطب) ١		٥٠ (قطب) ١	٥٠ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ٢٥٠	٨٥ (قطب) ١	٨٥ (قطب) ١		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (٢قطب)			ditto AC	
	٤٠ إلى ٢٥٠	١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (قطب) ١		١٠٠ (قطب) ١	١٠٠ (٢قطب)			ditto AC	
		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (قطب) ١		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (٢قطب)				
		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (قطب) ١		٨٥ (قطب) ١	٨٥ (٢قطب)			لايوجد قاطع حراري، توفير مرحل خارجي إذا كان ذلك ضرورياً	وحدات الاعتاق MP1/HP2/MP3 خاصة للتيار المستمر
		٥٠ (قطب) ١	٥٠ (قطب) ١		٥٠ (٢قطب)	٥٠ (٣قطب)	٢٥ (٣قطب)			
	١٠٠٠	١٠٠ (٣قطب)	١٠٠ (٣قطب)		١٠٠ (٣قطب)	١٠٠ (٣قطب)	٥٠ (٤قطب)	٥٠ (٤قطب)		
	٢٠٠٠	١٠٠ (٣قطب)	١٠٠ (٣قطب)		١٠٠ (٣قطب)	١٠٠ (٣قطب)	٥٠ (٤قطب)	٥٠ (٤قطب)		
	٤٠٠٠	١٠٠ (٤قطب)	١٠٠ (٣قطب)		١٠٠ (٣قطب)	١٠٠ (٣قطب)	٥٠ (٤قطب)	٥٠ (٤قطب)		
	٦٠٠٠	١٠٠ (٤قطب)	١٠٠ (٤قطب)		١٠٠ (٤قطب)					
	٨٠٠٠	١٠٠ (٤قطب)	١٠٠ (٤قطب)		١٠٠ (٤قطب)					

الجدول رقم ي ٦–٥: اختيار قواطع الدائرة للتيار المستمر صناعة "ميرلين جيرين"

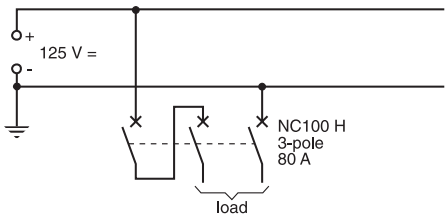
* يمكن استخدام وحدات القطع هذه في قواطع الدائرة للتيار المتردد أو التيـار المستمر، ولكن مستويات التشغيل المدونة على كل وحدة تناظر قيم ج.م.م للتيار المتردد. وعند استخدامها مع قاطع دائرة تيار مستمر، يجب تغيير الضبط حسب المعامل المذكور في الجدول ي ٦–٥، فمـثلاً إذا كان المطلوب من قاطـع دائرة التيار المستمـر أن يفصل عند ٨٠٠ أمبـير أو أكثر فإن المعـامل المذكور في الجدول أعلاه يكون ١,٤٢، وبالتالي يكون الضبط المطلوب هو ٨٠٠ × ١,٤٢ = ١,١٣٦ أمبير.

ي

٤/٦ أمثلة

المثال رقم (١)

اختيار لوقاية دائرة تيار مستمر ٨٠ أمبير في نظام ١٢٥ فولت والقطب السالب لها مؤرض Isc = 15 KA



الشكل ي ٦-٦: مثال.

الجدول رقم ي٦-٤ يوضح أن جهد النظام بالكامل سيظهر خلال ملامسات القطب الموجب. الجدول رقم ي٦-٥ يوضح أن قواطع دائرة من نوع NC100H(٣٠ كيلو أمبير ٢ملامس/قطب ،١٢٥ فولت) يعتبر اختيارياً ملائماً.

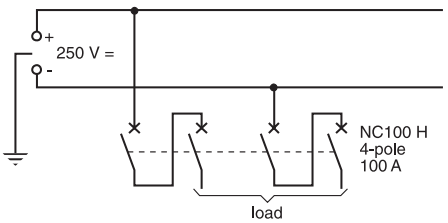
والإجراء المفضل هو (أيضاً) إدماج ملامس في الموصل السالب لدائرة الخرج لتوفير الفصل (لأعمال الصيانة في دائرة الحمل مثلاً) كما هو موضح في الشكل ي٦-٦,

ملحوظة: بتوصيل ثلاثة ملامسات على التوالي تفتح بشكل منسق، يمكن إيصال سرعة فصل الملامس إلى ثلاثة أمثال. ويكون هذا الإجراء ضرورياً غالباً للقطع الناجح للتيار المستمر.

المثال رقم (٢)

اختيار لوقاية دائرة تيار مستمر ١٠٠ أمبير في نظام ٢٥٠ فولت والنقطة الوسطى منها مؤرضة

Isc = 15 KA



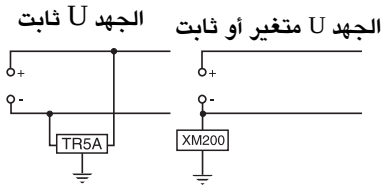
الشكل ي٦-٧: مثال.

يوضح الجدول ي ٦-٤ أن كل قطب سيخضع لجهد استعادة U/2أي ١٢٥ ف لكافة أنواع أعطال قصر الدائرة. ويوضح الجدول رقم ي ٦-٥ أن قاطع الدائرة من نوع NC100H ٣٠ ك أ/ ٢ملامس\قطب ١٢٥ فولت) يعتبر ملائماً للحالات (أ) و (جـ)، أي ملامسين للقطب السالب وملامسين للقطب الموجب من قاطع الدائرة. يتضح من العمود الخاص بالجهد ٢٥٠ فولت أن أربعة ملامسات ستقوم بقطع ٢٠ ك أ عند هذا الجهد (الحالة ب من الجدول ي ٦-٤).

٦/٥ حماية الأشخـاص

تعتبر قواعد الحماية هي نفسها المذكورة بالنسبة لأنظمة التيـار المتردد، غـير أنها تـختلف من جهـة حدود الجـهد الاصطلاحي وفـترات القطع التلقـائي بالنسـبة لسـلامة الأفراد (انظر الجدول رقم (٨ز) والجدول (٩ز) من القسم (ز)، البند الفرعي ٣/١):

- يتم توصيل كافـة الأجزاء المكشوفة الموصَّلة ببعـضها البعض وتأريضها ،
- يتم الحصول على القطع التلقـائي خلال الزمن المحدد. لا تنطبق أجهزة الوقاية التي تعمل بالتيار المتبقي على دوائر التيار المستمر، وبالتالي:
- تستخدم أسـاسيات مخطط تأريض TN للحالات (١) و(٢) من البند الـفـرعي ٢,/٦ عندئذ يكفـي، في حـالة قصر الدائرة ، التحقق من أن شدة التيار ستكون كافية لفصل المـرحلات المغناطيسـية اللحظيـة. تعتـبر طرق التحقق مشابهـة لتلك الطرق الموصى بها لشبكة التيار المتردد.
- أسـاسـيـات مـخطط تأريض IT للحـالة ٣ في البند الفرعي ٢/٦،
- يجب أن يظل مـسـتوى العـزل في التـركـيبـات تحت الإشـراف المسـتـمـر وأن يتم تحـديد أي عـطل بشكل فـوري، ويمكن تحقـيق ذلك عن طريق تـركيب مـرحل مراقـبة مـناسب كمـا هو موضح في القـسم (ز)، البند الفرعي ٤/٣،
- إن وجود خطأين أرضـيين في نفس الوقت) (خطأ عند كل قطبـية) يعـد بمثابة قـصر دائرة، ويمكن التـغلب عليـه بواسطة الحـمـاية من التيـار الزائد. بالنـسبـة لأنظمة التيار المتردد، يكفي التـحقق من أن شدة التيار تتـجـاوز الحـد اللازم لتـشـغـيل وحـدات الـفـصل المغناطيسـية (أو ذات التأخـير لزمن ـ قصيـر) لقاطع الدائرة.



الشكل ي ٦–٨: وحـدات مـراقبـة العزل (للأرض) لتـركيبـات تيار مستمر نظام تأريض IT.

ي

Schneider Electric

تتطلب التركيبات الكهربائية داخل الأماكن السكنية مستوى عالٍ من السلامة والإعتمادية.

١/١ عام

تقوم جهة الإمداد بالكهرباء بتوصيل النقطة المحايدة ذات الجهد المنخفض الموجودة على محول التوزيع ذي الجهد العالي/ الجهد المنخفض بالطرف الأرضي. وبالتالي، فإنه يجب حماية كافة التركيبات ذات الجهد المنخفض بواسطة أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف (RCDs) (بالنسبة لخطط تأريض TTو (ITأو بواسطة أجهزة حماية قصر الدائرة لخطط TN .

ويجب ربط جميع الأجزاء الموصلة المكشوفة ببعضها البعض وتوصيلها بالأرض، إما مباشرة بقطب داخل الأماكن السكنية (خطط TTأو (ITأو بواسطة الموصل المحايد (خطط TN)* .

المواصفات القياسية ذات الصلة

يوجد في معظم الدول لوائح أو مواصفات وطنية تحكم بشدة القواعد التي يجب إتباعها عند تصميم أو مراعاة التركيبات الكهربائية الخاصة بالأماكن السكنية أو المشابهة.

إن المواصفة ذات الصلة بهذا الموضوع هي مواصفة الـ IECرقم ٣٦٤ .

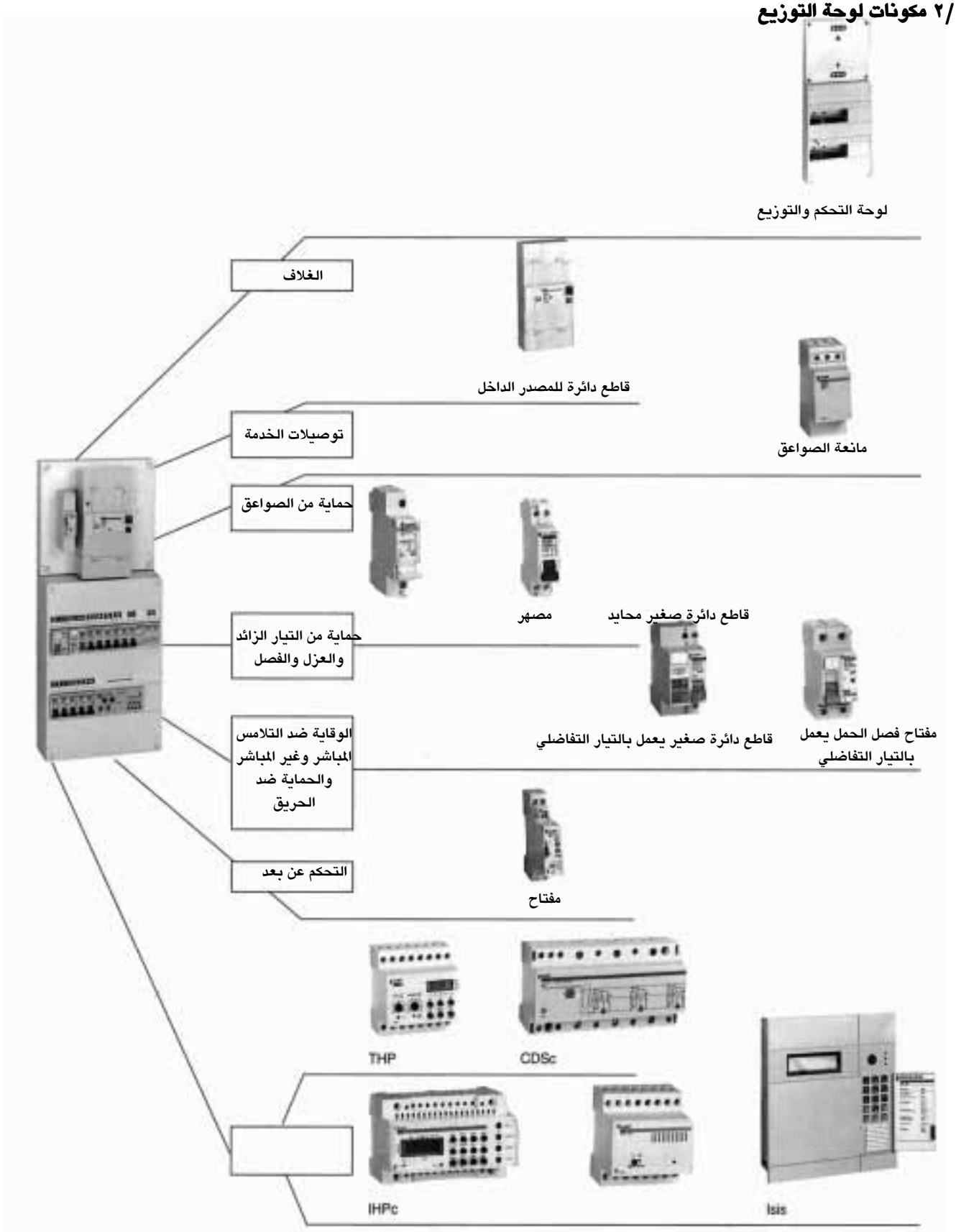
شبكة القدرة

تقوم الغالبية العظمى من سلطات وهيئات توزيع القدرة بتوصيل النقطة المحايدة ذات الجهد المنخفض الموجودة بمحولات التوزيع الخاصة بها بالأرضي.

لذا، فإن حماية الأشخاص ضد الصدمة الكهربائية، في مثل هذه الحالات، تعتمد على الأسس التي تمت مناقشتها في الفصل (و)، البند (٤) والفصل (ز)، كافة البنود. وتعتمد الإجراءات المطلوبة على ما إذا كان قد تم تبني خطط التأريض TTأو TNأو IT، كما هو مشروح بالتفصيل في الفصل (ز). وتعتبر الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف (RCDs) ضرورية للتركيبات المؤرضة بنظام TTأو ITولكن تستخدم أجهزة التيار الزائد ذات السرعة العالية (MCBsأومصهرات) بشكلٍ عام لتصحيح أخطاء التأريض على خطط التأريض في نظام .TNولكن في بعض الحالات الخاصة (على سبيل المثال مآخذ مقابس تغذية الدوائر)، فإنه يوصى بشدة إستخدام الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف (RCDs) في تركيبات TNحيث أنها الوسيلة المؤكدة للحماية ضد الصدمة الكهربائية حينما يكون هناك أسلاك طويلة مرنة ذات مساحة مقطعية صغيرة يتم تزويدها من أحد المقابس. أنظر أيضاً البند ٣ الخاص بالتركيبات الخاصة.

*بالنسبة لخطط TN-Cو TN-S، ارجع إلى الفصل (ز) – البند الفرعي ١/٥ .

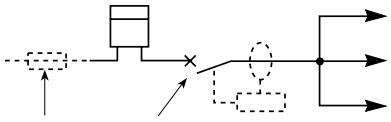
٢/١ مكونات لوحة التوزيع



شكل ي١-١ : عرض الوظائف المتاحة عند وحدة المستهلك

إن وجودة الجهاز الكهربائي المستخدم في الأماكن السكنية تضمنها علامة المطابقة الموجودة في مقدمة الجهاز.

إن لوحات التوزيع (غالباً توجد لوحة توزيع واحدة فقط داخل الأماكن السكنية) تشتمل عادة على العداد (العدادات) وفي بعض الحالات قاطع دائرة تفاضلي لمصدر الدخل تشتمل على إعتاق للتيار الزائد (وذلك عندما تفرض سلطات توزيع القدرة نظام تأريض TT و/أو شروط تعرفة لتحدد أقصى قدر من الاستهلاك الكهربائي). ويمكن للمستهلك أن يحصل على قاطع الدائرة ذلك بسهولة. وفي التركيبات المؤرضة بنظام TN، فإن جهة الإمداد بالكهرباء تقوم غالباً بحماية تلك التركيبات باستخدام قواطع مصهرات توضح مباشرة فوق العداد أو العدادات. انظر الشكل ل ١-٢, وهذه المصهرات ليست متاحة أمام المستهلك بسهولة.



مصهرات أو قاطع دائرة على أساس نظام التأريض

الشكل ل١-٢: مكونات لوحة التحكم والتوزيع

قاطع الدائرة لمصدر التغذية الداخل

يُسمح للمستهلك بتشغيل قاطع الدائرة إذا لزم الأمر (على سبيل المثال، لإعادة إغلاق القاطع إذا زاد الاستهلاك الكهربائي عن الحد المسموح به، أو فتح القاطع في حالة الطوارىء أو لأغراض العزل والفصل). ويوجد بالعاتق التفاضلي بصفة عامة ٥٠٠ ملي أمبير تدريج لتوفير حماية ضد التلامس غير المباشر (وكإجراء وقائي للحماية من الحرائق) بكامل التركيبات .إن المقننات الحالية لهذه القواطع هي بشكل عام:

١٥ – ٩٠ أمبير قطبين

١٠ – ٦٠ أمبير أربعة أقطاب

الشكل ل١-٣ : قاطع الدائرة لمصدر التغذية الداخل

لوحة التحكم والتوزيع (وحدة المستهلك)

تشمل هذه اللوحة :

- لوحة تحكم لتثبيت وحمل (إن كان مناسباً) قاطع دائرة مصدر الدخل وملحقات التحكم الأخرى وفقاً لما هو مطلوب.
- لوحة توزيع لتثبيت وحمل صف واحد أو إثنين أو ثلاثة (من ٢٤ دائرة تسع متعددة) أو MCBs مشابهة ووحدات مصهرات .. الخ
- ملحقات تركيب لتثبيت الموصلات وقضبان تثبيت الـ MCBsوقواعد المصهرات ...الخ وقضيب التوصيل المحايد وقضيب التأريض، وهكذا.
- أنابيب الكابل أو المواسير والمثبتة على السطح أو داخل علب الكابل المطمورة في الجدار.

الشكل ل١-٤ لوحة التحكم والتوزيع

ملحوظة : من أجل تسهيل عمل تعديلات مستقبلية على التركيبات، فإنه يوصى بالاحتفاظ بكافة الوثائق ذات الصلة (من صور ومخططات وخواص..الخ) في موقع قريب من لوحة التوزيع.

يجب تركيب لوحة التوزيع على ارتفاع بحيث تكون مقابض التشغيل، وقرص التدريج للعدادات .. الخ، على بعد ما بين متر واحد و١,٨٠ متر من سطح الأرض (١,٣٠ متر في المواقع التي يتوقع وجود أشخاص معاقين أو أشخاص متقدمين في السن).

مانعات الصواعق

عندما يتجاوز مستوى (Keraunic) لموقع ما ٢٥ والمصدر مأخوذ من خط علوي فإن العديد من المواصفات الوطنية تتطلب تركيب مانعة صواعق عند موقع خدمة ذات جهد منخفض كما يُوصى بشدة بالنسبة للتركيبات التي تشتمل على أجهزة حساسة (مثل الالكترونيات) ويجب أن تفصل هذه الأجهزة بذاتها أوتوماتيكيا من التركيبات في حالة وجود عطل ما أو يجب حمايتها بجهاز تفاضلي للتيار المتخلف RCDذو حساسة مناسبة وذلك طبقاً لمقاومة قطب التأريض بالتركيبات. وفي حالة التركيبات المنزلية، فإن استخدام قاطع دائرة مصدر دخل تفاضلي ٥٠٠ ملي أمبير نوع إس S)أي يكون مرَّحلاً زمنياً بصورة ضئيلة) سوف يوفر حماية فعالة ضد التسرب الأرضي، بينما في نفس الوقت لا يعتق كل مرة يقوم فيها مانع صاعقة بتفريغ التيار (بتموّر ذي جهد زائد) إلى الأرضي.

قيمة مقاومة قطب التأريض (الخاص بنظام تأريض TT).

عندما تزيد مقاومة التأريض عن القيمة التالية

مقاومة التأريض = $\frac{\text{٥٠ فولت}}{\text{٥٠٠ ملي أمبير}}$ = ١٠٠ أوم

فإنه يجب استخدام جهاز تفاضلي واحد أو أكثر للتيار المتبقي ذي حساسية مناسبة– أي ٣٠ ملي أمبير – بدلاً من الجهاز التفاضلي الموجود بقاطع دائرة مصدر الدخل.

إذا زادت مقاومة قطب التأريض بالتركيبات، في مخططات التأريض TT، عن ١٠٠ أوم، فيجب حينئذٍ تركيب جهاز تفاضلي للتيار المتخلف RCDأو أكثر ذي حساسية ٣٠٠ ملي أمبير وذلك حتى يقوم بوظيفة الجهاز التفاضلي في قاطع الدائرة لمصدر الدخل.

٣/١ حماية الأشخاص

عندما تستعين نظم تغذية القدرة العامة وتركيبات المستهلكين بخطط تأريض TT، فإن المواصفات المعمول بها تفرض إستخدام أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف RCDsوذلك لضمان حماية الأشخاص.

وبالنسبة لنظم التأريض TT، فإنه يجب ضمان حماية الأشخاص بإتخاذ التدابير التالية:

- الحماية ضد مخاطر التلامس غير المباشر بإستخدام أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف ذات حساسية متوسطة (٣٠٠ أو ٥٠٠ ملي أمبير) عند أصل التركيب (مدمجة في قاطع الدائرة أو على مغذي الدخل بلوحة التوزيع). يرتبط هذا الإجراء بقضيب التأريض الخاص بالمستهلك والذي يجب وصله بموصلات التأريض الواقية عند الأماكن المكشوفة الموصلة لكافة الأجهزة المعزولة فئة (١) بالإضافة إلى تلك التي تأتي من نقاط التأريض لكافة مآخذ المقابس.
- عندما لا يتوفر جهاز تفاضلي للتيار المتخلف بقاطع الدائرة عند أصل التركيبات (انظر الشكل ل ١–٧) يجب ضمان حماية الأشخاص بواسطة العزل فئة ٢ ضد التيار

على كافة الدوائر ما قبل الأجهزة التفاضلية للتيار المتخلف الأولي. وعندما تكون لوحة التوزيع مصنوعة من المعدن، فإنه يجب الانتباه إلى ضرورة أن تكون كافة الأجزاء المكهربة مزدوجة العزل (بواسطة الخلوصات الإضافية أو العزل، أو إستخدام الأغطية،الخ) وتكون الأسلاك مثبتة بشكل جيد.

- الحماية الإجبارية بإستخدام أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف RCDs (٣٠ ملي أمبير)، حساسة في دوائر مآخذ المقابس ودوائر تغذية الحمامات وغرف الغسيل وهكذا (لمزيد من التفاصيل عن هذا الإجراء الإجباري الأخير، يتم الرجوع إلى جدول البند ٣ من هذا الفصل).

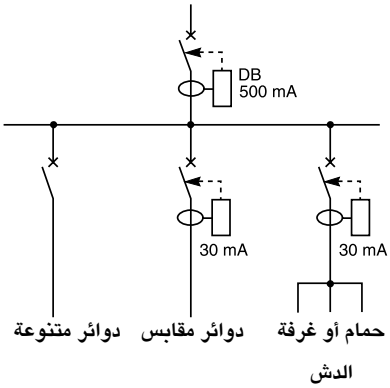
قاطع دائرة تغذية الدخل ذات مُرَّحل تفاضلي لحظي

في هذه الحالة

- يمكن أن ينتج عن خطأ في عازل التأريض عن وقف كامل للتركيب.
- عندما يتم تركيب مانع صواعق، فإن تشغيل (أي تفريغ تمور جهد إلى الأرضي) قد يبدو للجهاز التفاضلي للتيارالمتخلف بأنه خطأ تأريض ويترتب عليه وقف للتركيب.

توصية عن مكونات ميرلان جيران المناسبة

- قاطع دائرة تغذية الدخل تفاضلي ٥٠٠ ملي أمبير و جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD نوع DDR-HS 30ملي أمبير (على سبيل المثال قاطع دائرة تفاضلي IP+N نوع ديكشفجي) على الدوائر التي تغذي مآخذ مقابس.
- جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD نوع DDR-HS 30 ملي أمبير (على سبيل المثال مفتاح تحميل تفاضلي نوع ID'Clicعلى الدوائر التي تغذي دورات المياه والحمامات وغرف الغسيل..الخ(إضاءة، تسخين.مآخذ مقابس).



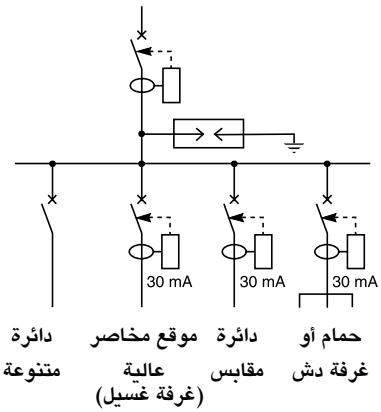
الشكل ل١–٥: تركيبات بقاطع دائرة تغذية دخل ذات حماية تفاضلية لحظية

قاطع دائرة لمصدر تغذية الدخل نوع إس (S) بمرِّحل تفاضلي معوق

يوفر هذا النوع من القواطع حماية ضد أعطال العزل بالتأريض، ولكن بإستخدام مرِّحل ذي زمن قصير يمكن أن يقوم بالتمييز بين أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف اللحظية. إن اعتبار قاطع الدائرة وعواقبه (في المجمدات على سبيل المثال) تكون أقل احتمالاً في حالة وجود الصاعقة أو أسباب أخرى لزيادة الجهد. إن تفريغ تيار الجهد الزائد إلى الطرف الأرضي من خلال مانع الصاعقة سوف يمنع تأثر قاطع الدائرة.

توصية خاصة بمكونات ميرلان جيران المناسبة

- قاطع دائرة لمصدر تغذية الدخل مع ٥٠٠ ملي أمبير تفاضلي، نوع S.
- جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD نوع DDR-HS ٣٠ملي أمبير (على سبيل المثال قاطع دائرة تفاضلي ١ P+N نوع ديكشفيجي) على مآخذ مقابس تغذية الدوائر.
- جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD نوع DDR-HS 30 ملي أمبير (على سبيل المثال مفتاح حمل تفاضلي نوع ١ D' clic على الدوائر الخاصة بالحمامات ودورات المياه ... الخ) (الإضاءة، والتسخين ومآخذ المقابس).
- جهاز تفاضلي للتيار المتبقي RCD نوع DDR-HS ٣٠ملي أمبير (على سبيل المثال قاطع دائرة تفاضلي ١ P+N، نوع ديكشفيجي) على دوائر تغذية الغسالات وغسالات الأطباق.



الشكل ل ١-٦ تركيبات بقاطع دائرة تغذية دخل ذات حماية تفاضلية للتأخير لوقت قصير. نوع إس.

قاطع دائرة مصدر تغذية بدون حماية تفاضلية

في هذه الحالة، فإنه يجب ضمان حماية الأشخاص بما يلي:

- مستوى العزل فئة (II) حتى أطراف أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف RCD باتجاه التيار.
- كافة الدوائر الخارجة من لوحة التوزيع يجب حمايتها بواسطة أجهزة RCDs 30 أو ٣٠٠ ملي أمبير طبقاً لنوع الدائرة المعنية كما هو مشروح في الفصل (ز)- البند ٤ .
- عند تركيب مانع لزيادة التيار (الجهد) على لوحة التوزيع (لحماية الأجهزة الالكترونية الحساسة، مثل أجهزة معالجة البيانات الدقيقة والمسجلات وأجهزة الفيديو والتلفزيون وأجهزة الصرف الإلكترونية ... الخ)، فإنه يلزم أن ينفصل الجهاز بنفسه تلقائياً من التركيبات عقب حدوث عطل نادر الحدوث (لكنه ممكن). تستخدم بعض

الأجهزة عناصر مصهر يمكن استبدالها، وبخصوص هذا الموضوع فإن الطريقة الموصى بها موضحة في الشكل ل ١-٧ وهي ضرورة إستخدام جهاز .RCD توصية عن مكونات ميرلان جيران المناسبة يرجع إلى الشكل ل ١-٧

١- قاطع دائرة لمورد تغذية الدخل بدون حماية تفاضلية.

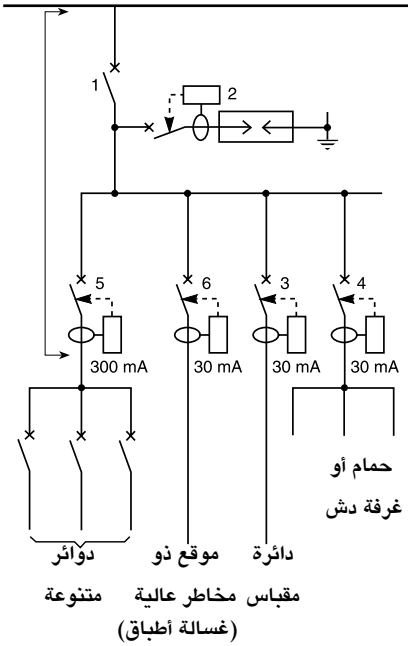
٢- جهاز فصل أوتوماتيكي (في حالة تركيب مانع الصاعقة).

٣- جهاز تفاضلي للتيار المتخلف RCD نوع DDR-Hs 30 مللي أمبير (على سبيل المثال قاطع دائرة تفاضلي N+1P نوع ديكشفجي) على كل دائرة تغذي واحد أو أكثر من مآخذ المقابس.

٤- جهاز تفاضلي للتيار المتخلف RCD نوع DDR-Hs 30 مللي أمبير (على سبيل المثال مفتاح حمل تفاضلي نوع ID'clic) على الدوائر التي تغذي دورات المياه والحمامات (إنارة، التسخين، ومآخذ المقابس) أو قاطع دائرة تفاضلي ٣٠ مللي أمبير لكل دائرة).

٥- جهاز تفاضلي للتيار المتخلف RCD نوع DDR-Hs 300 مللي أمبير (على سبيل المثال، مفتاح حمل تفاضلي) على كافة الدوائر الأخرى.

٦- تتحسن درجة السلامة وتمييز الإعتاق عن طريق حماية الدوائر باستخدام أجهزة تفاضلية للتيار المتخلف RCDs 30 مللي أمبير (على سبيل المثال قاطع دائرة تفاضلي نوع ديكشفجي ١ (P+N على دائرة تغذي جهازاً يحتوي على كميات كبيرة من المياه.



الشكل رقم ي ١-٧ تركيب قاطع دائرة تغذية دخل بدون حماية تفاضلية.

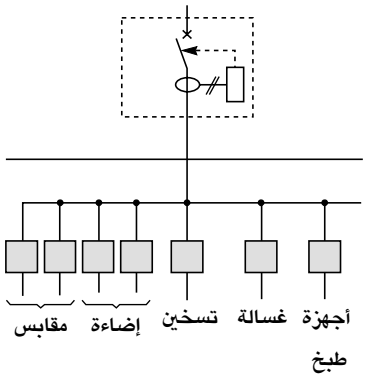
١/٤ الدوائر

إن توزيع وتقسيم الدوائر يساعد على توفير الراحة كما يعمل على سرعة تحديد مواقع الأعطال في الأجهزة .

التقسيم الفرعي

توصي المواصفات الوطنية بشكل عام بتقسيم الدوائر طبقاً لعدد فئات الإنتفاع في التركيبات المعنية (انظر الشكل ل ١-٨).

- على الأقل دائرة واحدة للإنارة . كل دائرة تزود وتغذى ٨ نقاط إنارة بحد أقصى.
- على الأقل دائرة واحدة لمآخذ المقابس مقننة بـ ١٦/١٠ أمبير. كل دائرة تغذي ٨ مقابس كحد أقصى. قد تكون المقابس وحدات فردية أو مزدوجة (تتكون الوحدة المزدوجة من مقبسين ذات قدرة ١٦/١٠ أمبير مثبتين على قاعدة عامة داخل صندوق مدمج تتشابه مع قاعدة الوحدة الفردية).
- دائرة واحدة لكل جهاز مثل سخان المياه والغسالة وغسالة الأطباق وموقد الطهو والثلاجة ...الخ. يشير الجدول الآتي إلى الأعداد الموصى بها بالنسبة لمآخذ المقابس قدرة ١٦/١٠ أمبير (أو ما يشابهها) ونقاط الإنارة الثابتة طبقاً للإستخدام المعدَّ له غرف الأماكن السكنية.



الشكل ل ١-٨ تقسيم الدائرة طبقاً للاستخدام

وظيفة الغرفة	الحد الأدنى لعدد نقاط الإضاءة المثبتة	الحد الأدنى لمقابس ١٦/١٠ أمبير
غرفة المعيشة	١	٥
غرفة الطعام، صالة، مكتب، غرفة النوم	١	٣
المطبخ	٢	٤ (١)
حمام، غرفة الدش	٢	١ أو ٢
صالة الدخول	١	١
دورة مياه / منطقة تخزين	١	–
غرفة غسيل	–	١

جدول ل ١-٩ : الحد الأدنى للعدد الموصى به لنقاط الإنارة والقدرة في الأماكن السكنية

تتطلب مواصفة الهيئة الدولية الكهروتقنية IECومعظم المواصفات الوطنية ضرورة وضع موصلات الحماية في كافة الدوائر .

موصلات الحماية

تتطلب مواصفة الهيئة الدولية الكهروتقنية الـ IEC ومعظم المواصفات الوطنية أنه يجب أن تشتمل كل دائرة على موصل حماية. ويوصى بشدة إتخاذ هذا الإجراء عند وضع وتركيب أجهزة معزولة فئة (١). يجب أن تقوم موصلات الحماية بتوصيل ملامس التأريض في كل مأخذ مقبس وأطراف التأريض في الأجهزة فئة (١) مع طرف التأريض الرئيسي عند أصل التركيب، علاوة على ذلك فإنه يجب تزويد مآخذ المقابس ١٠/١٦ أمبير (أو نفس الحجم) بفتحات تلامس مغلقة.

مساحة المقطع للموصلات

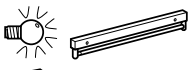
تعتمد كل من المساحة المقطعية للموصلات والتيار المقنن لأجهزة الوقاية المرافقة على حجم تيار الدائرة ودرجة الحرارة المحيطة ونوع التركيبات وتأثير الدوائر المجاورة (ارجع إلى الفصل ح١).

إضافة إلى ذلك فإن موصلات أسلاك الطور والمحايد وموصلات الحماية بدائرة معنية يجب أن تكون جميعها ذات مساحة مقطعية متساوية (مع افتراض وجود نفس مادة الموصلات المعنية أي كلها نحاس أو كلها المونيوم).

يشير الجدول ل ١-١١ إلى المساحة المقطعية المطلوبة للأجهزة التي تستخدم بشكل عام. إن أجهزة الحماية طور واحد + ن في فراغات ٢×٩ مم تتطابق مع متطلبات الفصل isolationوالمتطلبات الخاصة بالبيانات الإيضاحية لمقنن تيار الدائرة وأحجام الموصلات.

شكل ل ١-١٠ قاطع الدائرة طور واحد ومحايد ٢×٩ مم (Declic 32)

ل

نوع الدائرة أحادية الطور ٢٣٠ فولت Ph + N or 1ph + N + E١	مسـاحة مـقطع الموصلات	أقصى قدرة	جهاز الوقاية
إنارة ثابتة 	١,٥ مم٢ (٢,٥ مم٢)	٢٣٠٠ وات	قاطع دائرة ١٦ أمبير مصـهر ١٠ أمبـير
مقابس ١٠/١٦ أمبير	٢,٥ مم٢ (٤ مم٢)	٤٦٠٠ وات	قاطع دائرة ٢٥ أمبير مصـهر ٢٠ أمبـير
دوائر حمل فردي			
سخان الماء	٢,٥ مم٢ (٤ مم٢)	٤٦٠٠ وات	قاطع دائرة ٢٥ أمبير مصـهر ٢٠ أمبـير
غسالة الأطباق	٢,٥ مم٢ (٤ مم٢)	٤٦٠٠ وات	قاطع دائرة ٢٥ أمبير مصـهر ٢٠ أمبـير
غسالة الملابس	٢,٥ مم٢ (٤ مم٢)	٤٦٠٠ وات	قاطع دائرة ٢٥ أمبير مصـهر ٢٠ أمبـير
طباخ أو ألواح تسخين (١)	٦ مم٢ (١٠ مم٢)	٧٣٠٠ وات	قاطع دائرة ٤٠ أمبير مصـهر ٣٢ أمبـير
المدفأة الكهربائية	١,٥ مم٢ (٢,٥ مم٢)	٢٣٠٠ وات	قاطع دائرة ١٦ أمبير مصـهر ١٠ أمبـير

جدول ل ١-١١: مساحة المقطع للموصـلات ومقننات التيار لأجهزة الحماية في التركيـبات السكنية (مساحة المقطع لموصلات الألومنيوم موضحة بين قوسين)

(1)في دوائر ٢٣٠ / ٤٠٠ فولت ٣ أطوار – مـساحة المقطع تكون ٤ مم٢ للنحاس أو ٦ مم٢ للألومنيـوم والوقاية مزودة بقاطع دائرة ٣٢ أمـبير أو بمصهرات ٢٥ أمبير.

ل

٥/١ الوقاية ضد الجهود الزائدة والصواعق

أهمية وجود أجهزة حماية

■ التشويش

هناك ثلاثة أنواع من التشويش تحدث غالباً في شبكات القدرة الكهربائية:

□ الصاعقة والظواهر الكهربائية الجوية بصفة عامة مع آثارها المباشرة وغير المباشرة. تتمثل آثارها المباشرة، غير متكررة الحدوث، على خطوط النقل والتوزيع. أما الآثار غير المباشرة فهي تلك التي تحدث غالباً عند مستويات طاقة منخفضة وتتمثل في الأثر الحسي القوي على الخطوط و/أو بزيادة جهد التأريض المحلي.

□ زيادة جهود التشغيل تكون عابرة وتحدث نتيجة للتغيرات المفاجئة في الدائرة مثل فتح/قفل قواطع الدائرة ومفاتيح كسر الحمل والمتلامسات ... الخ.

□ زيادة الجهود عند تردد النظام العادي يمكن أن تحدث بطرق عديدة على سبيل المثال إذا فُصلت توصيلة محايدة في نظام ٣ طور، وإذا كان الحمل غير متوازن.

■ نوع التركيب المراد حمايته

من الضروري التعرف بالتفصيل على خصائص الأجهزة التي يجب حمايتها وذلك لاختبار أنسب شكل من الحماية. ويعتمد اختبار الأجهزة الواقية على ما يلي:

□ الحساسية: قدرة الجهاز المعني على تحمل زيادة جهد ما وحجمه ومدته.

□ التكلفة: والتي تمثل سعر الشراء وتكاليف التشغيل (الخسائر الممكنة والصيانة... الخ).

اختيار مانعة الصواعق

يعتمد اختيار مانعة الصواعق على ما يلي:

■ مستوى التشويش

■ التكلفة كما ذكر سابقاً

■ التوصيل بشبكة قدرة كهربائية ذات جهد منخفض أو جهاز هاتف أو الموصل العمومي لنظام التحكم بالمباني أو أي شبكة أخرى.

■ نوع خطة تأريض التركيب (انظر الفصل و) (الشكل ل ١-١٢)

ل

قواعد التركيبات

يجب اتباع ثلاث قواعد رئيسية وهي:

■ من الضروري أن لا يقل طول كل من الأطوال الثلاثة للكابل المستخدمة لتركيب مانعة الصواعق عن ٥٠ سم (انظر الشكل ل-١٣) وهما:

□ الموصلات المكهربة الموصولة بمفتاح الفصل

□ من مفتاح الفصل إلى مانعة الصواعق

□ من مانعة الصواعق إلى القضيب الأرضي للوحة التوزيع الرئيسية (لا يجب الخلط مع موصل التأريض الواقي الرئيسي أو نهاية طرف التأريض الرئيسية للتركيب).

يجب أن يتم وضع القضيب الأرضي في مكان بارز على لوحة التوزيع الرئيسية بالضبط مثل مانعة الصواعق.

■ من الضروري استخدام مفتاح فصل من النوع الموصى به من قبل صانع مانعة الصواعق.

■ من أجل الحصول على تغذية مستمرة وبصورة جيدة، فإنه يوصى بأن يكون قاطع الدائرة من النوع المرَّحل زمنياً أو نوع إنتقائي.

يتعامل الدليل (الحماية ضد الصواعق) مع هذه القواعد من الناحية الكمية كما يشتمل على معلومات تسمح للمستخدم بأن يتعرف على مانعة الصواعق التي تناسب متطلباته.

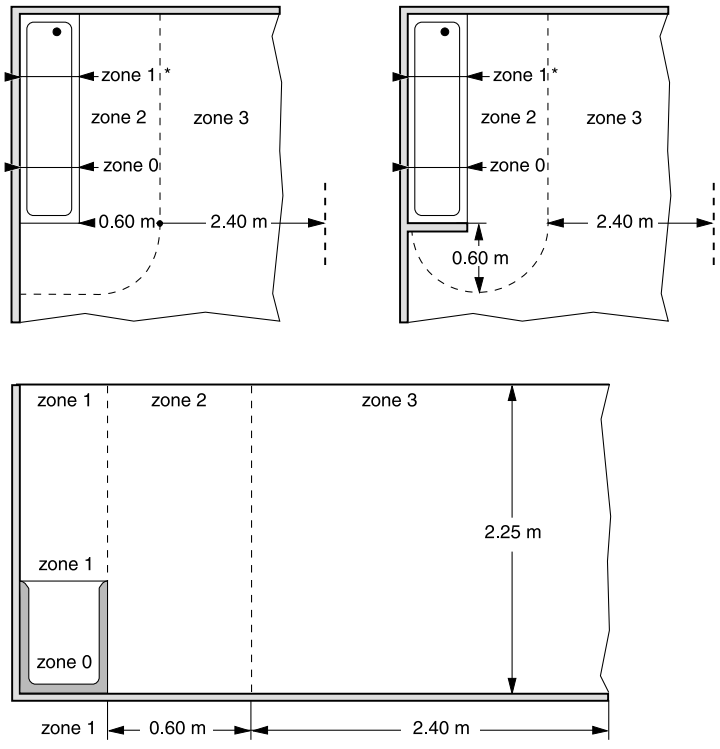
تعد غرف الحمامات والدش مناطق ذات مخاطر نظراً لقلة مقاومة الجسم البشري عندما يكون مبتلاً أو مغمورة في المياه.
لذلك فإنه لابد أن تكون الإحتياطات المتخذة أكثر قوة واللوائح أكثر صرامة من تلك الاحتياطات واللوائح الخاصة بأماكن أخرى.
إن مواصفات الهيئة الدولية الكهروتقنية ذات العلاقة هي ٣٦٤-٧-٧٠١ و٤٧٩ و٦٦٩-١,
وتعتمد الاحتياطات الواجب إتخاذها على ثلاثة مقومات هي:

- تحديد وتعريف الأماكن المرقمة صفر، ١، ٢، ٣ والتي يتم فيها وضع أو إستبعاد وضع أي جهاز كهربائي، كما يجب إذا سُمح بذلك، وضع وتحديد الحماية الميكانيكية والكهربائية.
- إنشاء ربط متساوي الجهد بين كافة الأجزاء المعدنية المكشوفة والخارجة في المناطق المعنية.
- الإلتزام الصارم بالمتطلبات المحددة لكل منطقة بعينها كما هو مبين في جدول البند ١ .

١/٢ تصنيف المناطق

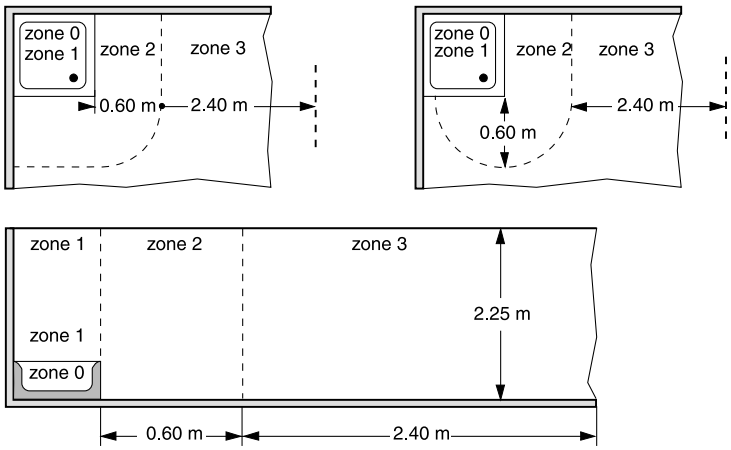
البند الفرعي ٣٢/٧٠١ من المواصفة الدولية ٣٦٤-٧-٧٠١ تعرف المناطق صفر،١،٢،٣ كما هي موضحة في المخطط التالي

منظر أفقي

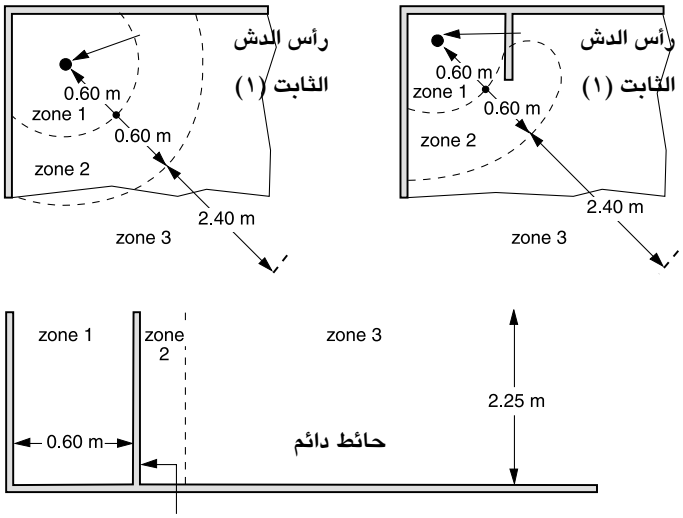


المنطقة أعلى الحمام كما هي موضحة في المقطع الرأسي

شكل ل ٢-١: المناطق صفر،١،٢،٣ من حيث القرب من حوض الاستحمام

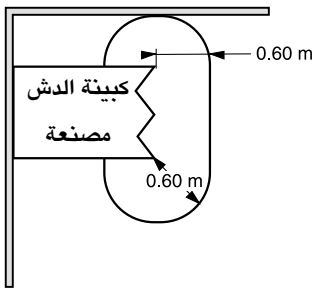


شكل ل ٢-٢: مناطق صفر، ١، ٢، ٣ من حيث القرب من دش له حوض

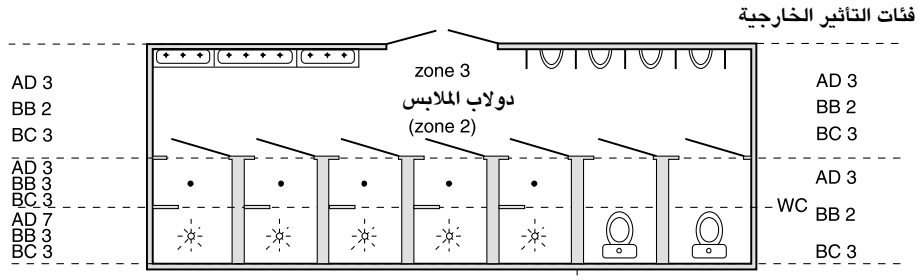


شكل ل ٢-٣: مناطق صفر، ١، ٢، ٣، من حيث القرب من دش بدون حوض

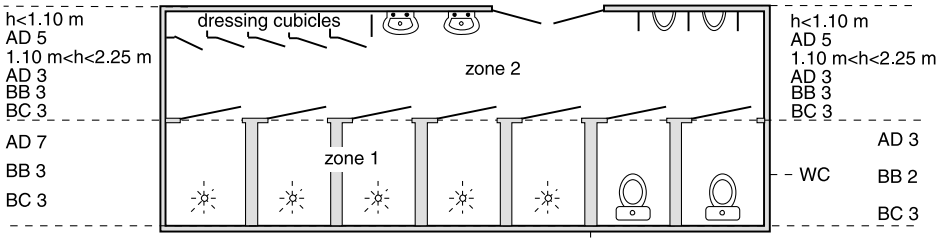
(١) عندما يكون رأس الدش عند نهاية الماسورة المرنة، يمر المحور الرأسي المركزي للمنطقة خلال النهاية الثابتة للماسورة المرنة.



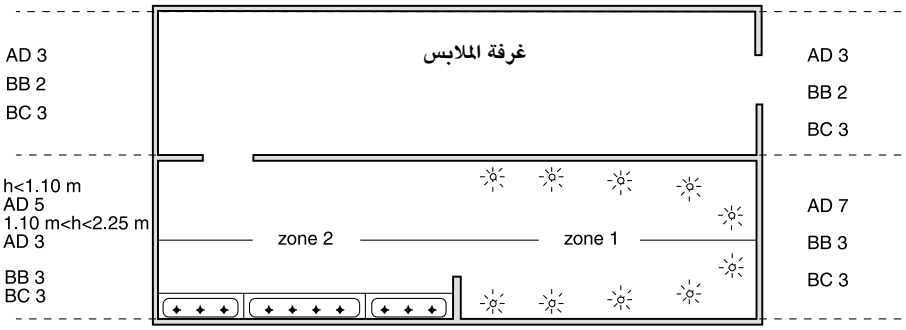
شكل ل ٢-٤ لا يوجد مفاتيح أو مخارج يسمح بها ضمن ٦٠ سم من فتحة باب كابينة الدش.



شكل ل ٢–٥: أدشاش مفردة مع دواليب الملابس

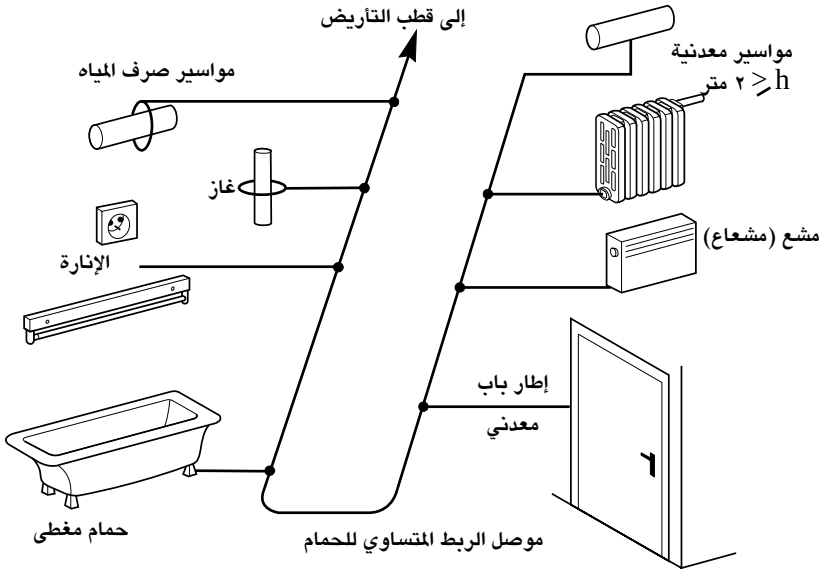


شكل ل ٢–٦: أدشاش مفردة مع دواليب ملابس فردية منفصلة



شكل ل ٢–٧ أدشاش مشتركة وغرفة ملابس مشتركة

٢/٢ الربط متساوي الجهد



شكل ل٢–٨ ربط متساوي الجهد تكميلي في الحمام

٣/٢ المتطلبات الموضحة لكل منطقة

الجدول في البند ٣ يصف التطبيـقات للأساسيات المذكورة في النص وفي بعـض الحالات المشابهة أو ذات العلاقة.

٣- توصيات يمكن تطبيقها عند التركيبات والمواقع الخاصة

يلخص الجدول التالي المتطلبات الرئيسية المذكورة في العديد من المواصفات القياسية الاقليمية والدولية

ملحوظة:
أرقام الأقسام بين الأقواس ترجع إلى أقسام المواصفة الدولية IEC 364-7

الموقع	قواعد الحماية	مستوى الحماية الدولية IP	التسليك والكابلات	مفاتيح الوصل والفصل	القابسات	مواد التركيب
الأماكن السكنية والمساكن الأخرى	■ مخططات TTأو TN-S ■ حماية تفاضلية □ ملي أمبير لو مقاومة قطب التأريض ≤١٠٠ أوم، فوراً أو بزمن تأخير قصير (نوع S). □ ٣٠ ملي أمبير لو مقاومة قطب التأريض ≤٥٠٠ أوم. ■ مانعة الصواعق عند أصل التركيبات لو أن:- □ المصدر من خط نقل مع موصلات عادية أو لو أن: □ مستوى التفريغ الهالي (الكورونا) < ٢٥ . ■ موصل الحماية الأرضي (PE)على كل الدوائر.	20 1		مقابض التشغيل للمفتاح والأجهزة المشابهة على لوحة التوزيع تركب على ارتفاع بين ١م و١,٨م فوق مستوى الأرضية.	الوقاية بواسطة أجهزة (RCDS) ٣٠ ملي أمبير	
الحمامات أو غرفة الدش (القسم٧٠١)	ربط إضافي متساوي الجهد في مناطق صفر ١ ، ٢ ، ٣					
منطقة صفر	جهد أمان شديد الانخفاض ١٢فولت فقط	27 1	x	x	x	خاص
منطقة ١	جهد أمان شديد الانخفاض ١٢فولت فقط	24 1(١)	فئة II ذات قيود محددة	x (٢)	x	خاص وسخان ماء
منطقة ٢	جهد أمان شديد الانخفاض ١٢فولت أو ٣٠ملي أمبير RCD	23 1(١)	فئة II ذات قيود محددة	x (٢)	لمقبس واحد فقط مع محول فصل	عزل فئة IIووقايه بواسطة ٣٠مللي RCD
منطقة٣		21 1(١)	الوقاية ■ بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCD ■ بواسطة فصل للكهرباء ، أو ■ بواسطة جهد أمان شديد الانخفاض ٥٠ فولت (الفصل ز٢ البند الفرعي ٣/٥).			
حمامات السباحة (القسم ٧٠٢)	ربط إضافي متساوي الجهد في المناطق صفر و (١) و (٢) .					إضاءة خاصة تحت المياه
منطقة صفر	جهد أمان شديد الانخفاض ١٢فولت	28 1	x	x	x	كالسابق
منطقة ١	جهد أمان شديد الانخفاض ١٢فولت	25 1	x	x	x	x

منطقة٢	داخلي	22 1 24 1 (١)	فئة II	الوقاية ■ بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCD ■ بواسطة فصل الكهرباء ، أو ■ بواسطة جهد أمان شديد الانخفاض ٥٠ فولت (الفصل ز٢ البند الفرعي ٣/٥).		
الساونا(قسم٧٠٣)	خارجي	31 1	فئة II	x (٢)	x	ملائم لدرجة الحرارة
مواقع العمل قسم (٧٠٤)	■ حد جهد تقليدي UL يقل إلى ٢٥فولت ■ مخطط TT أو TN-S	35 7	محمي ميكانيكياً		وقاية بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCD	
منشآت زراعية وبستنه (القسم ٧٠٥)	■ جد جهد تقليدي UL يقل إلى ٢٥ فولت ■ وقاية ضد أخطار الحريق باستخدام اجهزة RCDs ٥٠٠ ملي أمبير	35 5			وقاية باستخدام أجهزة RCDs ٣٠ملي أمبير	
أماكن عمل ذات قيود (خزانات معدنية ، مداخل ، الخ) (القسم ٧٠٦)		31 1				وقاية : ■ أدوات متنقلة □ بواسطة SELVأو □ بواسطة فصل الكهرباء ■ المصابيح التي تمسك باليد □ بواسطة SELV ■ المعدات الثابتة □ بواسطة SELV □ بواسطة فصل الكهرباء □ بواسطة ٣٠ملي أمبير RCDs □ بواسطة ربط إضافي خاص متساوي الجهد
النوافير (القسم ٧٠٢)	وقاية بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCDs وربط متساوي الجهد للأجزاء المكشوفة والتوصيلات الخارجية					
معالجة البيانات (القسم ٧٠٧)	يوصى بمخطط TN-S(٣) مخطط TT تيار التسرب محدد . موصل الحماية ١٠ مم٢ المونيوم كحد أدنى، المقاسات الصغيرة (من النحاس) يجب أن تكون مزدوجة.					

المتنزهات الخاصة بالبيوت المتنقلة (القسم ٧٠٨)		34 5	كابل مرن تحت الأرض		وقاية الدوائر بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCDs (واحد لكل٦ مقابس)	
الأحواض البحرية		36 5	في مواسير مدفونة		كالسابق	
المراكز الطبية	مخطط IT (طبي) ربط متساوي الجهد				وقاية بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCD	
المعارض والمهرجانات	وقاية بواسطة ٣٠ ملي أمبير RCDs مخطط TT أو TN-S	21 7				
حمامات العناية الطبية	فردي:انظر القسم ٧٠١ (الحجوم صفر،١) جماعي:انظر القسم ٧٠٢(الحجوم صفر،١)					
محرك محطات تعبئة الوقود	مخاطر الانفجار في مناطق الأمن		محددة بالحد الأدنى للضروديات			
المركبات التي تعمل بمحرك	وقاية بواسطة RCDs أو بواسطة فصل الكهرباء					

مثال على تنسيق خصائص مجموعة (مفتاح - مصهر) جهد عالي لحماية محول جهد عالي/ جهد منخفض

هذا الملحق يستند إلى الملاحق (أ) و (ب) من مواصفة الهيئة الدولية الكهرتقنية رقم ٤٢٠، ويهدف إلى توضيح بعض السمات التشغيلية لهذه الوحدات التجميعية.

والمثال التالي موضوع على أساس محول قدرته ٤٠٠ ك ف أ، ١١ ك ف/ جهد منخفض بأقصى مستوى خطأ يساوي ١٦ ك أ عند أطراف الجهد العالي له .

- تيار الحمل الكامل يساوي ٢١ أمبير ،
- الحمل الزائد الدوري المسموح به ١٥٠٪ من الحمل الكامل .
- يتم ضبط مفتاح غلق الدائرة عند وضع -٥٪ بحيث يكون التيار الابتدائي في حالة زيادة الحمل:
  ٢١ × ١,٥ × ١,٠٥ = ٣٣ أمبير ،
- يكون تيار التمور الاندفاعي المغنط :
  ٢١ × ١٢ = ٢٥٢ أمبير كحد أقصى لفترة زمنية مقدارها ٠,١ ثانية (البند ٤ أ من مواصفة الهيئة الدولية الكهرتقنية رقم ٧٨٧)،
- درجة حرارة الهواء المحيط بالموقع هي ٤٥ْس، أي أعلى بمقدار ٥ْس عن المذكور في مواصفة الهيئة الدولية الكهرتقنية .

يقوم المستخدم باختيار مجموعة مفاتيح- مصهرات ١٢ ك ف لحماية المحول. ويقوم المصنِّع بتوفير قائمة بالمصهرات الملائمة للاستخدام مع المجموعة، والتوصية بالمصهرات اللازمة لهذا الغرض المحدد. وسيعتمد هذا الاختيار من الصانع على اختبارات الطراز بالمصنع لمواصفة مواصفة الهيئة الدولية الكهرتقنية الملائمة التي تغطي هذه المجموعات للجهد العالي. وبافتراض أن المصنِّع أوصى بمصهرات ١٢ ك ف، ٤٠أ، ١٦ ك أ (على الأقل) من نوع معين، فإنه يضمن الآتي:

١- أن المصهر يستطيع أن يتحمل تيار الاندفاع ٢٥٢ أمبير لمدة ٠,١ ثانية دون أي تغير في أدائه اللاحق. ويتحقق ذلك بالإشارة إلى خاصية الزمن/التيار للمصهر أو بالمفاهمة مع مصنِّع المصهر ذاته.

٢- أن مقنن التيار الطبيعي للمجموعة عند استخدام المصهرات الموصى بها يكفي لحمل ٣٣ أمبير بشكل دوري في درجة حرارة تبلغ ٤٥ْس، بمعنى أنه يتواءم مع مقدرة الحمل الزائد للمحول.

ملحوظة: إن مقنن التيار الطبيعي للمجموعة عند تركيبها مع مصهرات ٤٠ أمبير الموصى بها قد يقل، في الواقع، عن ٤٠ أمبير، خاصة في ظروف درجة الحرارة المشار إليها أعلاه. إن اختبارات الارتفاع في درجة الحرارة والتي تم إجراؤها بمعرفة مصنع مجموعة المفتاح/ المصهر، أو الحسابات المستندة إلى مثل تلك الاختبارات، تشير إلى مقنن تيار طبيعي(مثلاً) مقداره ٣٥ أمبيرعند ٤٥ْس. ويعتبر هذا المقنن كافياً لهذا التطبيق.

٣- أن يكون تيار ما قبل حدوث القوس في المصهر في منطقة الثواني العشر لخاصية التيار/ الزمن بالمصهر منخفضاً بما يكفي لضمان الحماية المقبولة للمحول (البند ٤ جـ من مواصفة الهيئة الدولية الكهرتقنية رقم ٧٨٧). يتم الحصول على هذه المعلومة من مصنِّع المفتاح/المصهر أو من خلال منحنيات خصائص المصهر و/أو بالاتصال بصانع المصهر.

٤- ستقوم المصهرات وحدها بتصحيح خطأ قصر دائرة ثلاثي الطور عند أطراف توصيل الجهد المنخفض للمحول، أي أن أقصى تيار ابتدائي لقصر الدائرة (على أساس مفاعلة مقدارها ٥٪ للمحول) يكون أكبر من تيار الانتقال (وهو التيار الذي يعمل عنده المفتاح في وقت واحد مع المصهر أو المصهرات)× عند وجود مصهرات الـ ٤٠ أمبير الموصى بها في المجموعة.

يوضح الشكل (أ ج ١-١) أن تيار الانتقال في هذه الحالة يكون ٢٨٠ أمبير.

*سيتم تعريف تيار الانتقال فيما يلي :

ج

٥- عند تركيب المجموعة مع مصهرات ٤٠ أمبير الموصى بها، فإن تيار الانتقال الخاص بها يكون أقل من تيار الانتقال المقنن لها، والمفترض في هذه الحالة أن يكون ١٠٠٠ أمبير.

يجب على مصممي التركيبات التحقق من أن المصهر يقوم بالتمييز الأعلى بالمقنن لمصهر جهد منخفض (إن وجد) في حالة حدوث خطأ طور إلى طور في نظام الجهد المنخفض. وتعتبر هذه هي أسوأ حالة للتمييز بشكل عام حيث تمرر مصهرات الجهد المنخفض ٠,٨٧ من تيار دائرة قصر (Isc3) في حين لا يمرر مصهر جهد عالٍ واحد سوى تيار دائرة قصر (Isc3) فقط كما هو موضح في الشكل أ جـ ١-٢ (ب) . ولضمان حدوث التمييز في هذه الحالة، فإن خصائص الزمن/التيار لمصهرات الجهد العالي والجهد المنخفض يجب أن تلتقي عند قيمة تيار أكبر من أقصى قيمة محتملة لتيار دائرة القصر في نظام الجهد المنخفض، كما هو موضح في الشكل أ جـ ١-٣ .

والتمييز بين مصهرات الجهد العالي وقواطع دائرة الجهد المنخفض تم تغطيته في القسم (جـ) البند الفرعي ٢/٣ (الشكل جـ ١٢) والقسم (ح٢) البند الفرعي ٦/٤ (الشكل ح٢-٥٦، والشكل ح٢-٥٧).

تيار الانتقال والتيار السائد

تيار الانتقال

يتوقف تيار الانتقال لمجموعة ما على كل من زمن فتح قادح المصهر والخصائص الزمنية لتيار المصهر وقريباً من مستوى تيار الانتقال، وخلال دائرة قصر ثلاثية الطور لجهد منخفض (عند نهايات توصيل المحول)، فإن أسرع المصهرات انصهاراً يقوم بفصل أحد الأقطاب وتشغيل إبرة القادح الخاصة به. عندئذ يمرر القطبان الآخران عبر تياراً منخفضاً قدره (٨٧٪) ، حيث يتم إعاقته بواسطة المفتاح أو المصهرات. وتكون نقطة الانتقال هي التي يفتح عندها المفتاح وينصهر عندها أحد الأقطاب او كليهما معاً. ولكي يحدث ذلك يجب أن ينصهر المصهر الثاني في اللحظة التي يفتح فيها المفتاح (بواسطة عمل القادح على تشغيل المصهر الأول).

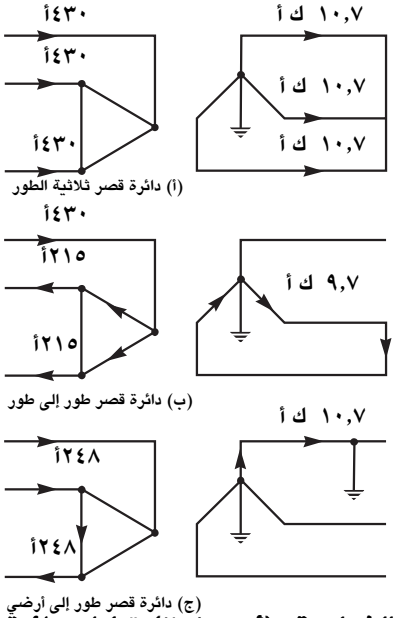
ويتضح من الحسابات (المبينة في الملحق ب من مواصفة د.ك رقم ٤٢٠) أن مستوى تيار الخطأ ثلاثي الطور×الذي يسبب انصهار المصهر الثاني في زمن (يساوي زمن فتح المفتاح) بعد تشغيل المصهر الأول، يستغرق مدة ٠,٤٥ ثانية بعد بدء الخطأ، كما هو موضح على منحنى الزمن/ التيار مقابل خصائص المصهر.

*وهي قيمة تيار الانتقال، وقد تم الأخذ في الاعتبار، بعد تشغيل المصهر الأول، خفضها إلى نسبة ٨٧٪ عند حساب زمن التشغيل للمصهر الثاني.

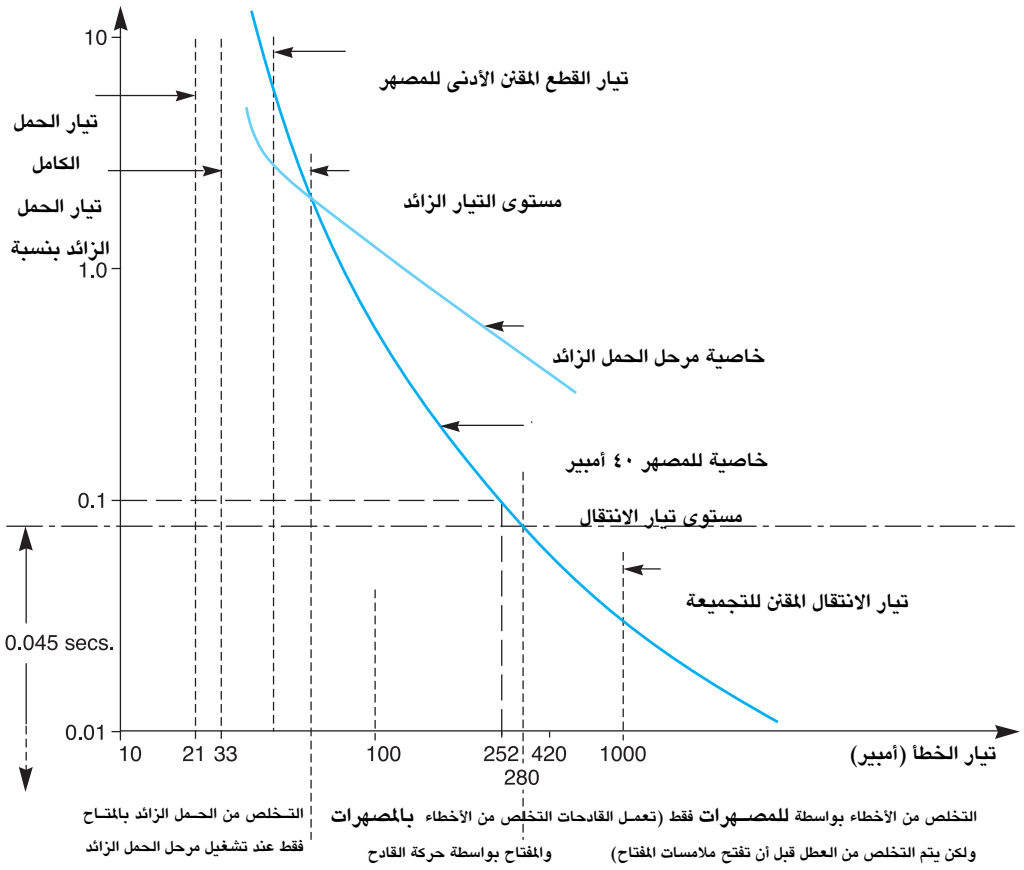
التيار السائد

التيار السائد للمجموعة هو مستوى التيار الزائد الذي تستلم عنده المصهرات مهمة الوقاية من مرحِّلات الجهد الزائد، أي من مستوى التيار السائد صعوداً حتى ما بعد مستوى تيار الانتقال ، سوف يتم انفصال المفتاح بواسطة حركة إبرة القادح.

الشكل (أ جـ ١-١) يوضح الأساسات الرئيسة فقط ولا يأخذ في الاعتبار التفاوتات العظمى والدنيا في منحنيات ما قبل القوس الكهربائي للمصهر .. الخ. ولمزيد من التفاصيل ، يجب الرجوع إلى هـ.د.ك رقم ٤٢٠,



الشكل رقم (أ جـ ١-٢) تيارات دائرة قصر لمحول المثال باعتباره ملف ثانوي ذا جهد يساوي ٢٤٢-٤٢٠ فولت.



الشكل رقم (أ جـ ١-١) أساسيات حماية محول جهد عالٍ / جهد منخفض بواسطة مجموعة مفتاح – مصهر ذات جهد عالٍ.

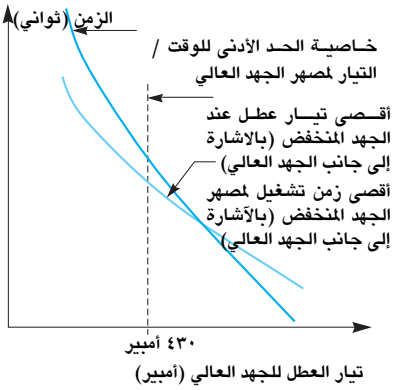
أنواع الأعطال المتعلقة بمنطقة التحويل

تتعلق الأجهزة الوقائية من جانب الملف الابتدائي بشكل خاص بالأعطال في منطقة أطراف التوصيل للملف الثانوي للمحول، بالاتجاه الصاعد للأجهزة الوقائية ذات الجهد المنخفض. ويوضح الشكل رقم أ جـ١-٢ تيارات دائرة القصر الابتدائية التي تنشأ عن دوائر القصر الجامدة عند أطراف توصيل المحول الثانوية.

إن عملية قطع الأخطاء ثلاثية الطور (بدون قوس كهربائي) تكون مصحوبة بقيم فائقة لـ TRV حيث يكون المفتاح في المجموعة غير مصمماً لعملية الفصل . وبالتالي فإن هذا النوع من الأعطال يجب معالجته بالمصهرات فقط، أي قبل أن يقوم المفتاح المزود بقادح بفتح ملامساته. على ذلك فإن من الضروري أن يظل حد تيار الانتقال (٢٨٠ أمبير في المثال) أقل دائماً من تيار انتقال دائرة قصر أطراف توصيل الجهد المنخفض ثلاثي الطور(٣٤٠ أمبير عند الجهد العالي) كما هو موضح في الشكل أ جـ١-١, وبعد تحقق هذا الشرط فإن تيارات انتقال دائرة القصر ثلاثية الطور تناظر الأعطال التي تقوم فيها معاوقة قوس الجهد المنخفض بتخفيض قيم كل من التيار بالإضافة إلى تحسين معامل القدرة لتيار العطل.

بالنسبة لعطل طور إلى طور طرف توصيل جهد منخفض ، يوضح الرسم (ب) من الشكل (أ جـ ١-٢) أن تيار عطل الجهد العالي لأحد الأطوار يساوي تيار الطور المقابل له في عطل قصر دائرة جهد منخفض ثلاثي الطور. يقوم المصهر المتعلق بذلك الطور بالفصل بسرعة، في حين ينخفض التيار في الطورين الباقيين إلى الصفر عملياً × ويتم إخراجهما خلال فترة تيار الانتقال بواسطة ملامسين من ملامسات المفتاح التي تعمل على التوالي . وتعمل هذه الخاصية على تحسين أداء المفتاح لقطع التيار الذي يعتبر أساساً (في هذه الحالة) على أنه التيار الممغنط للمحول.

بالنسبة لعطل طور إلى الأرض لنهاية توصيل جهد منخفض فإن الرسم رقم (جـ) من الشكل (أ جـ ١-٢) يوضح أن تيار عطل الجهد العالي أقل من القيمة المحسوبة (٢٨٠ أمبير) لحدود تيار المحول. وكما هو الأمر في الحالة السابقة فإنه بعد تشغيل أحد المصهرين (على فرض أن المصهرين لا يعملان في وقت واحد) فإن تيار العطل سينخفض إلى قيمة متدنية جداً. وتعمل تلك الملامسات التي تقوم بفصل هذا التيار منخفض القيمة (ذو المحاثة العالية) على التوالي مع ميزة تحسين أداء مجموعة القطع والوصل المشار إليها أعلاه.



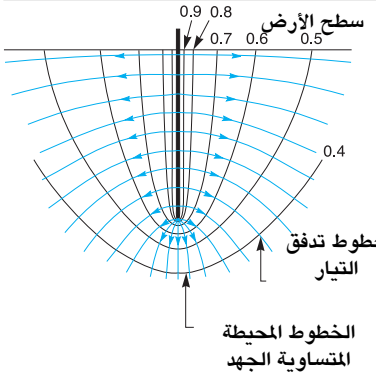
الشكل (أ جـ ١-٣) : التمييز بين مصهرات الجهد المنخفض والجهد العالي.

*حيث أن قيم الجهد المنخفض في الأطوار ذات العطل ستكون حينئذ متساوية ، ولكنها ستكون في الطور المضاد مباشر حول دائرة تيار الخطأ .

تدرجات جهد سطح الأرض نتيجة لتيارات العطل الأرضي

عند مرور تيار عطل أرضي بين قطب أرضي وبين التربة المجاورة تحدث تدرجات جهدية في التربة وعلى سطح الأرض.

وتكون التدريجات الجهدية في التربة وعلى سطح الأرض بالقرب من موضع القطب المدفون عند أعلى قيم لها بشكل عام ولذا فإنها تكون الأكثر خطورة (بالنسبة لتدريجات سطح الأرض) .



الشكل (أ جـ ٢-١) : نموذج تدفق التيار والانحناءات متساوية الجهد المصاحبة له لقطب أرضي قضيبي فردي رأسي.

ملحوظة: خطوط تدفق التيار تماثل خطوط المجال الكهربائي.

طبيعة التدرجات الجهدية

من الشائع استخدام قطب على شكل قضيب رأسي سواء كان فردياً أو ضمن مجموعة متصلة، وقد بنيت الايضاحات التالية على أساس أخذ قطب فردي كمثال . ويوضح الشكل رقم (أ جـ ٢-١) تدفق التيار ومنحنيات الجهد المتعلقة بالقطب القضيبي والمستندة إلى الاقتراضات المبسطة الآتية:

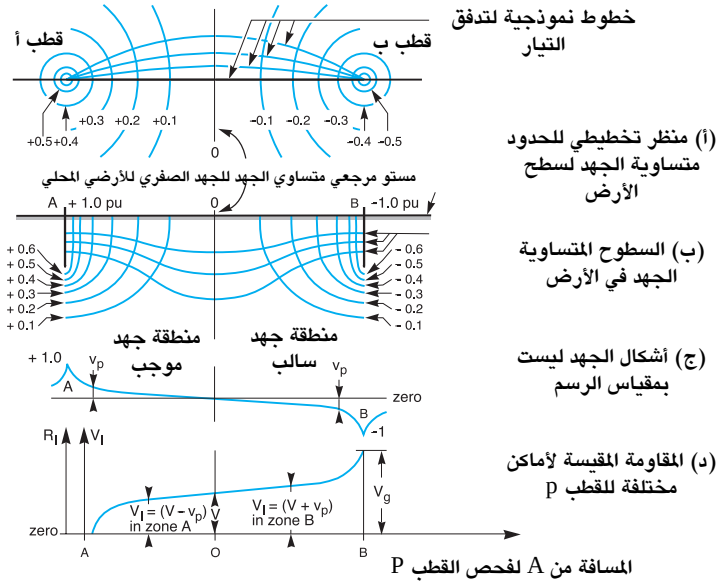
- تربة تامة التجانس،
- منشأ تيار العطل (أي دائرة قصر الدائرة إلى الأرض) يكون على مسافة كبيرة من القطب مما يسبب تدفق تيار متماثل بين القطب والتربة المحيطة، القضيب الأرضي عند ١,٠ فولت لكل وحدة بالنسبة للأرضي البعيد.

النقاط المرجعية لانعدام الجهد عند "الأرضي البعيد" و "الأرضي المحلي"

يمكن نظرياً اعتبار "الأرضي البعيد" على أنه نقطة الأرضي المرجعية عند انعدام الجهد، وتقع على مسافة بعيدة من القطب ذي العلاقة. ويتضح مما يلي أنه حيثما يكون هناك تيار بين قطبين، تكون هناك نقطة مرجعية أرضية محلية لانعدام الجهد يمكن استخدامها في اختبارات مقاومة القطب.

عند تبادل تيار العطل بين قطبين ، أي قطب منبع القدرة وقطب المجموعة التي يحدث فيها عطل أرضي، تتواجد (عند نقطة ما بين القطبين) منطقة مسطحة رأسية ذات جهد متساوٍ ومساحة كبيرة وتكون متعامدة على خطوط تدفق تيار الخطأ ، كما هو موضح في الشكل (أ جـ ٢-٢).

ج



Vg= جهد مولد أداة الاختبار

RI= قراءة جهاز قياس مقاومة القطب بالأوم

VI= جهد تغذية أداة الاختبار

V= الجهد في القطب (A) بالنسبة إلى نقطة الأرض المحلية

Vp= الجهد عند المسبار (A) بالنسبة لنقطة الأرض المحلية للحصول على قياس دقيق لمقاومة القطب (A)، يجب أن يكون قطب الاختبار (A) عند موضع (صفر) وهذا الموضع غير معلوم على التحديد (انظر الشكل]و٥٢ [القسم]و.[ )

الشكل (أ جـ ٢-٢) : انعدام الجهد للنقطة المرجعية الأرضية المحلية لقطبين.

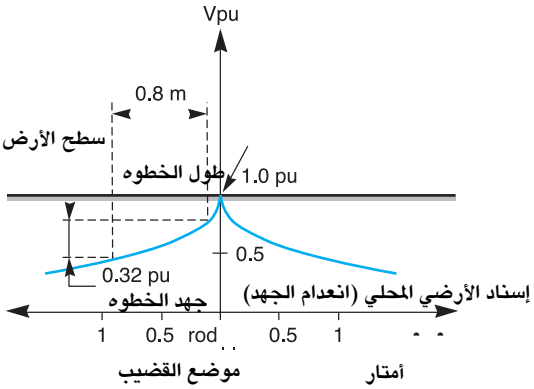
سطح المستوى الرأسي هو الموضع الذي تكون فيه شدة المجال الكهربائي الموجب× من أحد القطبين (A) مساوية بالضبط لشدة المجال السالب للقطب الآخر .(B) هذا يعني أن القطبية الناتجة عند المستوى ليست موجبة ولا سالبة. وبالتالي فإنها تشكل سطحاً متساوي الجهد عند انعدام الجهد بالنسبة للقطبين. عند ذكر "الأرضي المحلي" في هذا الخصوص فإن المقصود به النقطة الأرضية التي توجد عندها حافة هذا المستوى السطحي. من الوصف السابق يتضح أن السطح متساوي الجهد عند اللاجهد يعتبر أيضاً حد "منطقتي التأثير" للقطبين، ويشار إليه أحيانا باسم "منطقتي المقاومة". في واقع الأمر، فإن المجالات الكهربائية للقطبين (X) و (C)لاختبار مقاومة القطب الموضح في الشكل (و٥٢) بالقسم (و) تعتبر مشابهة للمجالات المذكورة أعلاه.

إن موضع الأرضي المحلي في كلا الشكلين (و٥٢) والشكل (د) في (أ جـ ٢-٢) محدد بالرقم صفر.

*حيث أن كل قطب يغير قطبيه كل نصف دورة بالنسبة لأنظمة التيار المتردد.

تدرجات الجهد لقطب قضيبي رأسي

يتضح من الشكل (أ جـ ٢-١) أن كثافة التيار العالية عند طرف القضيب تؤدي إلى تدرجات حادة في الجهد في التربة حول القطب المدفون كما يتضح من شكل تقارُب الانحرافات المتجاورة متساوية الجهد في هذه المنطقة. كما يتضح أيضاً أن التدرج عند سطح الأرض يكون أقل حدة منه أسفل سطح الأرض وأن التدرج يبلغ أقصى معدل له عند النقطة المجاورة تماماً لمكان ظهور القضيب من التربة كما هو موضح في الشكل أج ٢ -٣ .



الشكل (أ جـ ٢-٣): الشكل الجانبي للجهد للقطب القضيبي الأحادي للشكل(أ جـ٢-١).

ملحوظة: تظهر الانحناءات متساوية الجهد عند سطح الأرض، عند النظر إليها من أعلى، على شكل دوائر متحدة المركز حول موضع القضيب (في الحالات المثلى المفترض حدوثها).

أوضحت الدراسات أن جهداً بين ٠,٥ Puو٠,٨ Pu، في تربة متجانسة، قد تم قياسه بين القضيب وبين نقطة على الأرض تبعد عنه متراً واحداً (أي نفس طول الخطوة تقريباً).

للأقطاب بالغة الطول والأقطاب بالغة القصر على الترتيب.

وعلى ذلك يتضح أنه عند حدوث تيارات خطأ أرضي فإن المنطقة المجاورة للقطب تصبح خطيرة. يوضح هذا الملحق في موضع لاحق الخطوات الواجب اتخاذها لتفادي هذه الأخطار.

سبب التدرجات الجهدية

يمكن الحصول على مقاومة تدفق تيار ما في وسط موصل بواسطة المعادلة التالية:

$$R = \frac{\rho L}{a}$$

حيث:

ρ = معامل المقاومة النوعية، أوم/متر.

L = طول الموصل، متر (باتجاه خطوط تدفق التيار).

a = مساحة مقطع الموصل التي يتدفق خلاله التيار،

وبالتالي فإنه بالنسبة لمساحة طولية محددة (L) فإن خطوط تدفق التيار $R\alpha \frac{1}{a}$ التربة الملامسة للقضيب يكون لها مساحة (a) مساوية لمساحة سطح القضيب، في حين يمر التيار في مساحات أكبر عند النقاط الأبعد عن القضيب.

نظراً لتساوي أطوال مسار تدفق التيار تتضاءل المقاومة تدريجياً بشكل أكبر وبالتالي يتضاءل الجهد بشكل أقل عبر الفواصل التي تفصل بينها مسافات متساوية وبالتالي تصبح تدرجات الجهد أصغر فأصغر عند مسافة من القضيب كما هو موضح في الشكل (أ جـ ٢-٣).

ويوضح الشكل (أ جـ ٢ (1- شكلاً آخر من أشكال تكون تدرجات الجهد حيث تكون الانحناءات متساوية الجهد عند 0.1 Pu من فواصل الجهد.

نظراً لمرور نفس التيار عبر كافة الأسطح متساوية الجهد، فإن مقاومة كتلة التربة بين أي سطحين متساويين في الجهد سيكون لها نفس القيمة. هذا يعني، أن أطوال مسارات التيار بين الأسطح المتعاقبة يجب أن تزيد لكي تبقى قيمة R ثابتة (تذكر أن $R=\frac{\rho L}{a}$) وبالتالي يجب زيادة المسافة بين الأسطح المتعاقبة (أي أن L/a يجب أن تكون ثابتة) وهذا يؤدي إلى خفض التدرجات الجهدية.

تدرجات الجهد المرتبطة بشبكات التأريض

إن الغرض من شبكة التأريض (أو الحصيرة) هو توفير تقدير قريب لحالة تساوي الجهد عند سطح الأرض فوق مساحة كبيرة، وعادة ما تكون لمجموعة تحويل أو لمحطة فرعية.

من الناحية العملية فإن التدرجات الجهدية ستحدث دائماً طالما كان هناك تدفق لتيارات خطأ أرضي، ولكن استخدام الشبكات يعمل على الحد منها بحيث لا يتم تجاوز القيم القصوى للتدرج عند أقصى معدلات متوقعة لتيار الخطأ الأرضي.

خلال حدوث خطأ أرضي فإن شبكات التأريض بالكامل وكافة الأجزاء المعدنية المترابط بها (بالإضافة إلى أي أشخاص موجودين) قد تتعرض لجهد مقداره عدة مئات (أو آلاف) من الفولتات.

يوضح الشكل (أ جـ ٢-٤) الشكل العام لتدرجات الجهد في شبكات التأريض . كما يوضح الشكل أيضاً أن توصيل سياج معدني إلى شبكة التأريض يمكن أن يسبب خطورة مالم يتم اتخاذ الاحتياطات الكافية.

انخفاض تدرجات الجهد بفعل الأخطاء الأرضية

فيما يلي بعض الطرق شائعة التطبيق لخفض التدرجات الجهدية:

- خفض معدلات تيار الخطأ الأرضي:

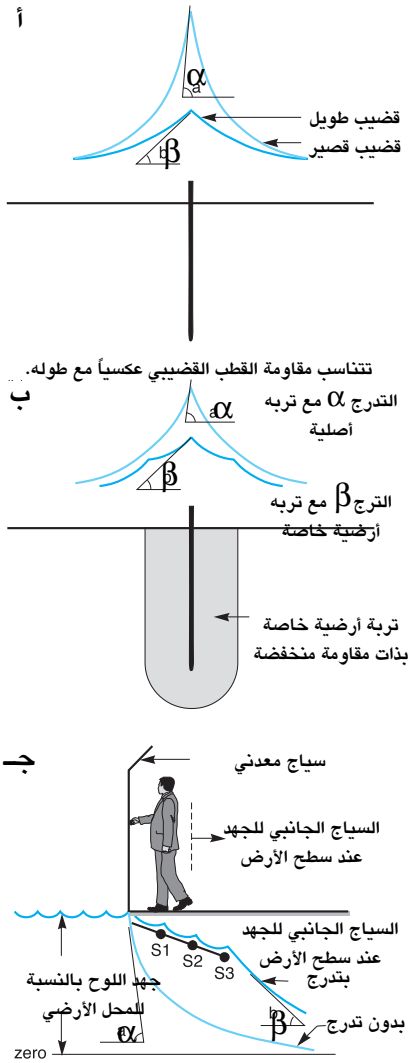
باستخدام مصادر ذات مقاومات أو مفاعلات أرضية (مولدات) أو محولات حسبما يكون ملائماً).

بترك بعض المولدات أو المحولات بدون تأريض، حيثما كانت تعمل (حسب الحالة) بشكل دائم على التوازي،

- بالنسبة للأقطاب بشكل عام (الشكل أ جـ ٢-٥) بواسطة:

أ) زيادة طول و/أو عدد القضبان لخفض مقاومة القطب وبالتالي رفع الجهد في القطب،

ب) استخدام "تربة" خاصة ذات مقاومة منخفضة حول الأقطاب،



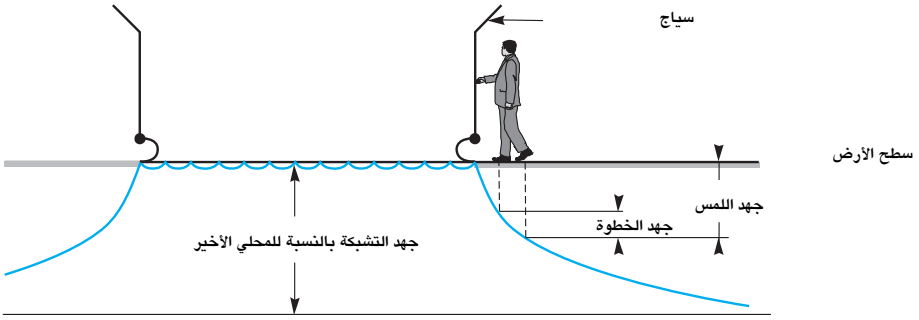
(S1)و (S2) و (S3) هي عبارة عن أقطاب تدريج موضوعة على التوازي حول السياج ومرتبطة به وتفصل بينهما مسافات صغيرة.

الشكل (أجـ ٢-٥) : الأشكال الجانبية للجهد وطرق خفض التدرجات الجهدية القصوى في بعض ترتيبات التأريض شائعة الاستخدام.

جـ) خفض أحجام شبكة التأريض واستخدام "أقطاب تدريج" عند حدود الشبكة. وفي بعض الأحيان يتم استخدام نفس طريقة "أقطاب التدريج" حول قاعدة أبراج خط النقل، وحول سياج الحد ... الخ لتقليل حدة التدرجات وبالتالي تقليل حدة جهود "اللمس" و "الخطوة".

د) عزل القضبان المدارة عن التلامس مع الأرض التي تعلو الجزء العلوي، أي من سطح الأرض وحتى عمق حوالي ١ متر.

ملحوظة: يجب أن يكون التوصيل عند قمة القضيب، بالإضافة إلى سلك التوصيل، معزولاً أيضاً. والطريقة البديلة لذلك هي دفن القضيب بالكامل على أن يكون رأسه أسفل مستوى سطح الأرض، مع وصله بسلك توصيل معزول.



الشكل (أ جـ ٢-٤) : الشكل الجانبي للجهد والتدرجات الجهدية لشبكة تأريض.

طرق أخرى لتقليل أخطار تدرجات الجهد عند سطح الأرض

لعمل أسهل هذه الطرق (وبالرغم أنها تحتاج إلى مساحة كبيرة) هو عمل سياج حول القطب (أو الأقطاب) مع وضع إشارات تحذيرية. والطريقة الأكثر شيوعاً هي اتخاذ تدابير لتقليل التيار المار خلال أقدام الشخص وذلك باستخدام أسطح عازلة لتغطية الأرض داخل المنشآت مثل البلاطات البلاستيكية أو الحُصُر المطاطية.. إلخ، بينما خارج المنشآت يتم عادة استخدام الأسطح ذات المقاومة العالية مثل الأحجار المكسرة أو الطبقات السميكة من الأسفلت أو الحصى النظيف. يوفر الحصى طبقة ذات مقاومة عالية جداً حتى ولو كان مبتلاً بشرط أن يكون نظيفاً، حيث أن بقايا أوراق الشجر المتعفنة والوحل بين الحصى يقللان بشكل كبير من كفاءته كسطح عازل.

المستويات الآمنة لتدرجات الجهد عند سطح الأرض

حتى الآن لا توجد مواصفة من اللجنة الدولية الكهروتقنية (هـ.د.ك) تحدد القيمة الآمنة لاقصى فترة زمنية (< ١٠ ثوان) لجهد التلامس لتركيبات الجهد العالي، ولكن معظم الجهات تقوم بتطبيق المعدل المذكور في مواصفة هـ.د.ك ٣٦٤-٤-٤١ وهو ٥٠ فولت تيار متردد (أو ٢٥ فولت تيار متردد في الحالات التي يوجد فيها بلل بالماء. وتختلف المواصفات من دولة لأخرى حيث تسمح بعض الدول بقيم جهد تلامس لفترة طويلة أعلى من ٥٠ فولت تيار متردد، في حين يوجد اختلاف كبير فوق القيم الموصى بها في هـ.د.ك ٣٦٤ بالنسبة لجهد تلامس الفترة القصيرة (مثلاً ٠,٠٣ إلى ٠,٥ ثانية) . وبالتالي فإنه في ظل الظروف السائدة من الضروري الالتزام بالنظم واللوائح المحلية الملائمة. تقوم حالياً اللجنة الفنية (Cenelecرقم ١١٢ بإعداد مواصفة أوروبية بخصوص تجهيزات الجهد العالي يتناول الباب رقم ٩ منها توصيات بشأن المعدلات الآمنة لجهد التلامس / الفترة الزمنية.

من المسلم به أنه عند مستوى جهد معين يكون جهد التلامس أشد خطراً على الإنسان من جهد الخطوة (حيث أنه في الحالة الأولى يمر جزء كبير من التيار عبر الأعضاء الحيوية في الصدر). إذا كانت تدرجات الجهد تدل على أن معايير جهد اللمس قد تم استيفاؤها فإن شرط جهد الخطوة يعتبر أيضاً قد تم استيفاؤه.

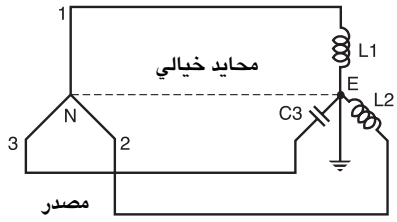
مخطط بيان المتجهات للرنين الحديدي عند ٥٠ هيرتز (أو ٦٠ هيرتز)

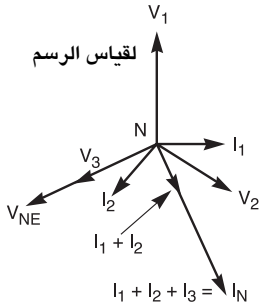
يوضح الشكل حـ ١٣ بالبند الفرعي ٣/١- الفصل حـ كيف أن الطرف المحايد لمصدر ثلاثي الطور غير مؤرض يمكن إزاحته عن جهده العادي القريب من الصفر نتيجة لحالة الرنين الحديدي التي تم وصفها هنا.

يمكن إعداد مخطط بيان المتجهات كما يلي:

يتم استخدام طريقة لكل الوحدة لتعميم وتبسيط الحسابات.

- إن جهد 1 pu هو جهد نظام الطور إلى المحايد العادي.
- إن معاوقة 1 pu تساوي مفاعل القدرة العادي لطور واحد إلى الأرضي عند تردد القدرة (أي تشير إلى K في الشكل حـ١٤ بالفصل حـ).
- يفترض أن تكون معاوقة المصدر مهملة.





شكل أ حـ ٣-١ حساب دائرة V_{NE} ومخططات بيان المتجهات

تكون الطريقة كما يلي:

يحسب التيار I_N في محايد خيالي لمعاوقة مهملة (أي Z_N = صفر) وذلك بجمع تيارات الطور الفردية كما هو موضح في الشكل أ حـ ٣-١،

وطبقاً لنظرية ثيفينين فإن I_N يساوي أيضاً

$$\frac{V_{NE}}{Z_{NE} + Z}$$

حيث:

V_{NE} هو الجهد بين N و E في حالة عدم وجود توصيل محايد.

Z_{NE}: هي معاوقة الشبكة المقيسة بين نهايات N و E في حالة عدم وجود توصيل محايد.

Z_N: هي معاوقة الموصل المحايد (صفراً في هذه الحالة)

هذا يعني أن :

$$V_{NE} = I_N Z_{NE}$$

حساب I_N

في الشكل حـ ١٤ بالفصل حـ تم توضيح أن في حالة الرنين $X_L > Z_C$، فإن هذه الحسابات تكون X_C = j i PU

و

X_L = j 10 PU

$$I_1 = \frac{1/90^\circ}{10/90^\circ} = 0.1/0^\circ = 0.1 + j\,0$$

$$I_2 = \frac{1/-30^\circ}{10/90^\circ} = 0.1/-120^\circ$$

$$I_3 = \frac{1/-210^\circ}{1/-90^\circ} = 1/300^\circ = 0.05 - j\,0.0866$$

$$= 0.5 - j\,0.866$$

$$I_N = 0.55 - j\,0.953 = 1.1/-60^\circ$$

حساب Z_{NE}

إن Z_{NE} هو المجموعة الموازية لـ X_{L2}، X_{L1} و X_C

X_{L1} موازياً مع X_{L2} = j5

j5 موازياً مع X_{C3} =

$$\frac{j5 \times (-j1)}{j5 - j1} = \frac{5}{j4} = -j\ 1.25$$

$$Z_{NE} = -j\ 1.25 \text{ pu ohms}$$

حساب V_{NE}

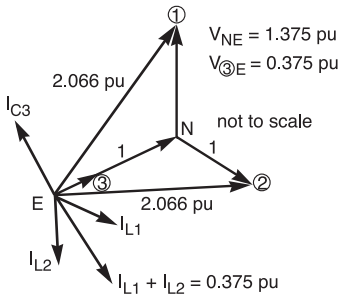
$$1.1/-60^\circ \times 1.25/-90 = 1.375/-150^\circ$$

أو $1.375 \text{ pu } /210^\circ$

مخطط بيان المتجهات الكامل

يمكن الحصول على قيم أخرى موضحة في مخطط بيان المتجهات بسهولة من الحسابات المذكورة أعلاه . (1)،(٢)، (٣) هي أطراف تزويد القدرة

ج



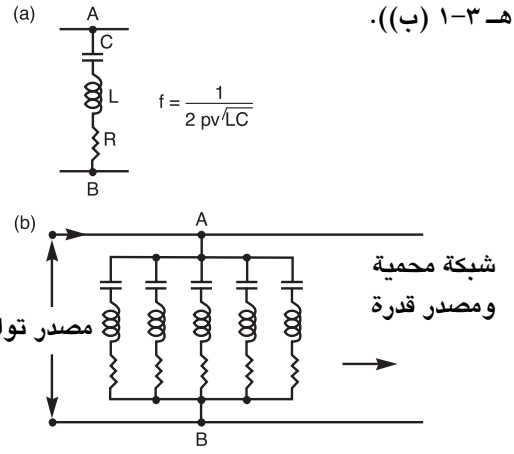
شكل أ حـ ٣-٢ مخطط بيان المتجهات الخاص بحالة الرنين.

بالنسبة لهذا الملحق فإن التوافقيات ذات الأعداد الفردية الأكثر حدوثاً موضحة في الرسوم البيانية.

قبل ظهور الكترونيات القدرة، كان من النادر وجود توافقيات بالأعداد الزوجية، لذلك فإن قيمة الـ ١٠٠ هيرتز (على نظم الـ ٥٠ هيرتز) والتي تفصل تردد توافقي ما عند التردد الذي يليه، قد جعل مهمة المرشحات (بالرغم من تفاوتات التصنيع وتغيرات المعاوقة مع درجة الحرارة . ..الخ) سهلة بصورة نسبية مما أدى إلى تحقيق نتائج مرضية (ومازال هناك ولكن في حالات استثنائية) باستخدام الطرق الموضحة أدناه.

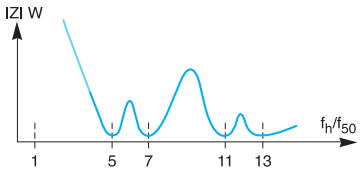
إذا كان من المطلوب إزالة توافقية جهد توجد عبر نقطتين أ و ب في شبكة ما، فإن دائرة LCR موصلة على التوالي (شكل أ هـ ٣-١ (أ)) يتم معايرتها لتحدث رنيناً عند التردد التوافقي المعني، سوف تشكل دائرة قصر واقعية لتيار ذلك التردد التوافقي وهكذا يقل VAB(h) إلى الصفر عملياً.

يمكن تطبيق نفس الطريقة على أي عدد من الترددات التوافقية والمعروف بوجوده مع توصيل المرشحات على التوازي عبر النقاط أ-ب (الشكل أ هـ ٣-١ (ب)).



الشكل أ هـ ٣-١.

إن إجراء تحليل دقيق لمجموعة من المرشحات ليس بالأمر السهل نظراً لأن كل مرشح يتأثر بالمرشحات الأخرى الموصلة معه على التوازي إلى جانب أنه يتأثر بمفاعل نظم القدرة المتفرع من صفوف المرشح (الموضحة على شكل نقاط في الشكل أ هـ ٣-٣) . وعندما تم إتخاذ كل هذه العوامل في الاعتبار متضمنة ذلك درجة تخميد بسبب معاوقة الحمل، فإن إستجابة صفوف المرشح بالنسبة إلى معاوقته عند ترددات مختلفة موضحة في الشكل أ هـ٣-٢

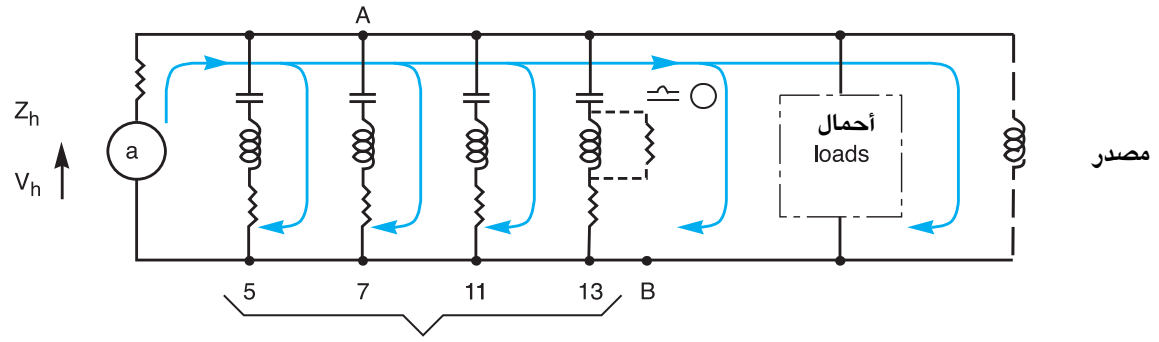


الشكل أ هـ ٣-٢,

من الملاحظ أنه، لكل تردد توافقي يتم توفير مرشح ما له، تكون المعاوقة منخفضة جداً، في حين أنه في الترددات المتوسطة، تحدث قيم معاوقة عالية.

يجب إتخاذ الحيطة لضمان أن الترددات التي تناظر نقطة المعاوقة المنخفضة ليست قريبة من ترددات التحكم (مثل تلك الخاصة ببرامج وخطط التحكم التموجي المستخدمة من قبل العديد من شركات القدرة في التحكم عن بعد لأجهزة شبكات القدرة). وعلى العكس من ذلك ستكون إشارات التحكم في الأساس مقصرة الدائرة.

يجب أن تنتج أجهزة توليد التوافقيات قوى دافعة كهربائية توافقية وتيارات للقيام بوظيفتها بصورة صحيحة. يتمثل دور صف مرشح ما ـ كما هو موضح ـ في السماح للتيارات التوافقية بالإنسياب الحر وذلك للدوران بين المصدر التوافقي وصف المرشح في حين تتم إزالة هذه التيارات والجهود من بقية الشبكة.



شكل أ هـ ٣-٣

في الشكل أ هـ ٣-٣، يلاحظ أنه نظراً لأن المرشحات مقصرة الدائرة عملياً للتوافقيات، فإن معظم الجهد التوافقي Vh سوف يهبط عبر المعاوقة الداخلية Zh للمصدر التوافقي وأن مكونات التيار التوافقي الصغيرة سوف تمر فقط من خلال معاوقة مصدر نظام القدرة Xs والأحمال (يكون للأخير معاوقة مرتفعة نسبياً).

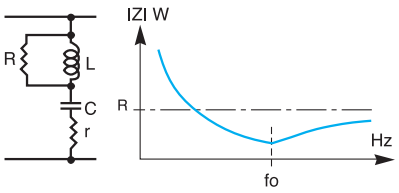
نظراً لأنه عند التردد الأساسي، تكون المفاعلة السعوية لكل مرشح أكبر بكثير من المفاعله الحثية فإن معظم جهد تردد القدرة يظهر عبر المكثفات، لذلك فإن المساهمة لأي متطلب خاص بتصحيح معامل القدرة تكون متاحة بالمصادفة.

المرشحات التوافقية المخمدة

كما لوحظ في الفصل هـ٢ البند الفرعي ٩/١ فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية التوافقية تقل مع زيادة الترتيب التوافقي. لذلك فإن متطلبات المرشحات ليست حرجة أو ضرورية للتوافقيات عالية الترتيب حيث أنها ضرورية للتوافقيات منخفضة الترتيب. لهذا السبب فإن المرشح الخاص بأعلى درجة توافقية لصف ما والموضح في الشكل أ هـ ٣- ١ (ب) غالباً ما يكون مُخَمداً عن طريق توصيل مقاوم بالتوازي مع المفاعل.

وتكون النتيجة مرشح يكون أقل فاعلية (لكن كاف ومناسب) عند تردده المعاير، في حين أنه بالنسبة لكافة الترددات العالية، ستكون المعاوقة منخفضة (حثي/ مقاوم) تصل إلى قيمة المقاوم فقط (شكل أ هـ ٣-٤) مع زيادة التردد (أي أنها تشكل مرشح إمرار الترددات العالية).

يكثر استخدام مثل هذا المرشح لإمرار الترددات العالية في المرشح التوافقي عالي الترتيب (على سبيل المثال الحادي عشر أو الثالث عشر) لصف ما كما هو موضح في الشكل أ هـ ٣-٣,



شكل أ هـ ٣-٤: دائرة مرشح مخمد ومنحنى معاوقة/ تردد تمييزي

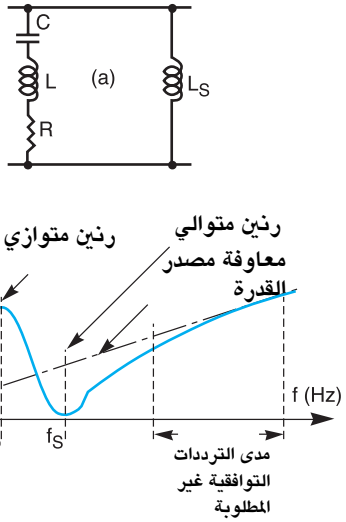
هناك أنواع مختلفة للمرشحات المخمدة والعديد من التركيبات التي تشتمل على مرشحات إمرار نطاقي ومرشحات غير مخمدة في الخدمة وذلك طبقاً لمتطلبات معينة.

في الواقع يعود التطبيق الناجح لأجهزة إلكترونيات القدرة إلى التطور الكبير في تقنيات الترشيح الفعالة والتي على أية حال لا تقع ضمن إهتمام هذه الملاحظات الموجزة.

كما هو موضح في الملحق هـ ٢ فإن لب مشكلة طبقات وصفوف المكثف هي أن جزء ما من المكون الكلي لتيار توافقي محدد يمكن أن يزيد إلى مستويات خطيرة في دائرة LCR المتوازية إذا أحدثت هذه الدائرة رنيناً عند التردد التوافقي المعني.

مع توصيل مفاعل ما L على التوالي مع طبقة المكثف، فإن حالة الرنين المتوازية تنتقل من التردد التوافقي إلى تردد أقل كما هو موضح في الشكل أ هـ ٤ -١ (ب).

وفي الحقيقة، فإن الدائرة تحدث رنيناً عند ترددين مختلفين، تردد منخفض يعود إلى التركيبة المتوازية لـ LS/LC وتردد عالي يعود إلى دائرة LCR المتوالية.



الشكل أ هـ ٤-١

إنه يكفي أن ترددي الرنين أقل من ترددات التوافقيات التي يجب الحماية منها، وذلك لضمان وجود حصانة كاملة من الرنين. سبب ذلك هو أنه بالنسبة للترددات الأعلى من تردد الرنين المتوالي XL > XC حتى أن نوع LCR يعمل كدائرة توالي محاثة + مقاومة.

نظراً لأن هذا الفرع متوازياً مع LS، محاثة مصدر نظام القدرة، فإن وجود حالة الرنين غير ممكناً.

علاوةً على ذلك، فإن إضافة المفاعل L يعني أن التغييرات في مفاعل مصدر نظام القدرة سيكون له تأثير أقل بكثير (من سابقه) على تردد الرنين المتوازي نظراً لأن L غالباً لها قيمة أكبر بكثير من) LS على سبيل المثال من ٢ إلى ٩ مرات) ويعتمد تردد الرنين المتوازي على .L + LS

قد يلاحظ أنه على الرغم من أن مفاعل الكبت التوافقي يحمي طبقة المكثف من مشكلة الرنين مع مفاعلة المصدر، فإنه لا يقلل حجم التيار التوافقي والذي يمر عبر محول الجهد العالي / والمنخفض إلى المصدر، مثل هذه التيارات يجب القضاء عليها بطريقة مرشحات موصلة على التوازي كما هو موضح في الملحق هـ ٣

طبقات المكثف المتدرجة

تتكون طبقات مكثف تصحيح معامل القدرة من عدد من الأجزاء ذات مفاتيح لذلك فإن حجم التعويض يمكن تعديله ليطابق متطلبات الحمل المتغير.

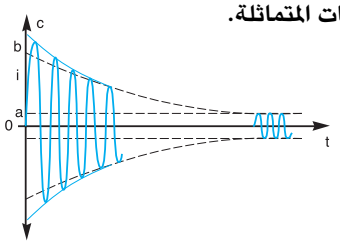
إذا كان لكل المفاتيح المتدرجة نفس مقنن kvar، فإن تردد رنين التوالي لكل طور يجب أن تكون هي نفسها، أي أن الخطوة الأولى في الخدمة يجب أن تحقق شروط رنين التوالي المذكور بالفعل والموضح في الشكل أ هـ ٤-١ (٥). إن إضافة أطوار أخرى مشابهة على التوازي لا يؤثر على تردد الرنين fp و fs. ويعود هذا إلى أنه على الرغم من أن المواسعة قد زادت بمقدار (n) مرة (لعدد خطوات n في الخدمة) فقد قلت المحاثة إلى 1/n مرة من قيمتها الأصلية حتى أن الناتج LC والذي يعتمد عليها تردد رنين التوالي، يظل ثابتاً.

بإجراء رنين مشابه، فإن خطوات أي مقنن Kvar يمكن موازاتها بشرط أن يتم معايرة كل خطوة بنفس تردد رنين التوالي.

هـ

يمكن الحصول على خصائص مولد التيار المتردد ثلاثي الطور تحت ظروف قصر الدائرة من جهاز رسم التذبذبات المسجلة أثناء الاختبارات والتي يتم خلالها تطبيق قصر دائرة لحظياً على كل أطراف التوصيل الثلاثة الخاصة بآلة ما عند اللاحمل مستثارة (عند مستوى ثابت) لتوليد جهد إسمي مقنن. سوف تشمل التيارات الناتجة في كافة الأطوار الثلاثة× على مركبة التيار المستمر والتي تقل بصورة أسية إلى الصفر بعد بضعة عشرات من الدورات. يمثل المنحنى الموضح بالشكل أ ي/١-١ أدناه شكل التيار ، بعد أن أزيلت منه مركبة التيار المستمر ، من التسجيل المعد أثناء اختبار ماكينة ثلاثية الطور ٢٣٠ فولت ، ٥٠ كيلو فولت أمبير.

وتعتمد التعاريف الخاصة بقيم مفاعلة المناوب على مثل هذه المنحيات المتماثلة.



شكل أ ي/ ١-١ تيار قصر الدائرة لأحد أطوار مولد تيار متردد ثلاثي الطور مع مركبة التيار المستمر الذي تم إزالته.

*مالم يتصادف إرتفاع جهد الطور إلى أقصاه في لحظة قصر الدائرة. وفي هذه الحالة، لن يكون هناك حالة عابرة لتيار مستمر في الطور المعني.

إن تقليل قيمة التيار عن قيمته الابتدائية يحدث بالطريقة الآتية :

عند لحظة قصر الدائرة فإن المعاوقة الوحيدة التي تحد من قيمة التيار هي أساساً** مفاعلة التسرب المتأصلة في ملفات العضو الثابت بنسبة تتراوح بين ١٠٪ إلى ١٥٪.

إن تيارات العضو الثابت الكبيرة (من الناحية العملية) تعتبر حثية تماماً لذلك فإن المقنن المتزامن للقوة الدافعة المغناطيسية (m.m.f) الدوارة الناتجة عن تلك تعمل في اتجاه يتعارض مباشرة مع تيار الإستثارة في ملف العضو الدوار.

**إن المفاعلة شبه العابرة ، والتي سيتم تحديدها فيما بعد، تعتبر مساوية بشكل قريب جداً من مفاعلة التسرب.

تكون النتيجة حينئذ أن فيض (Flax) العضو الدوار يبدأ في الإنخفاض مما يقلل بالتالي القوة الدافعة الكهربائية (e.m.f) المتولدة في ملفات العضو الساكن وعليه تقل قيمة تيار الخطأ. ويعتبر الأثر تراكمياً ويؤدي تيار الخطأ المنخفض ، بالتالي إلى تقليل فيض العضو الدوار بمعدل بطئ وهكذا، أي أن التدفق يتبع القانون الأسي للتلاشي الطبيعي ، كما يعتمد معدل انخفاضه في أية لحظة على مقدار الكمية التي تسبب هذه الظاهرة.

تدريجياً، يتم التوصل إلى حالة مستقرة والتي يؤدي فيها فيض العضو الدوار (المنخفض بصورة كبيرة) إلى انتاج جهداً كافياً للمحافظة على تيار العضو الساكن عند مستوى الاتزان بين الكميات الثلاث وهي التيار والفيض والجهد.

ويرجع سبب إنخفاض تيار الخطأ بالتالي إلى تقليل القوة الدافعة الكهربائية (e.m.f) المتولدة نظراً لتفاعل عضو الانتاج وليس في الواقع إلى زيادة المعاوقة في الماكينة (لهذا السبب تم إستخدام لفظ "مفاعلة فعالة" في الفصل (ي ، البند ، الفرعي ١ /١).

كما هو واضح في الشكل أي/١-١، فإن تقليل التيار يتطلب وقتاً معيناً وسبب ذلك هو أنه مع بداية تضاؤل فيض العضو الدوار، فإن تغيير الفيض ينتج تياراً في دائرة العضو الدوار المغلقة في الاتجاه الذي يزيد من تيار الإستثارة أي نشوء مستوى منخفض من التدفق المغناطيسي. يعتمد الانتشار التدريجي للعضو الساكن على التأثير الكلي للثوابت الزمنية للعضو الدوار وللعضو الساكن والتي تكون نتيجتها العامل الرئيسي في نقصان التيار الموضح في الشكل أي/١-١, إذ لم تكن التيارات هناك ، أثناء قصر الدائرة تيارات دوامية حثيه في الوجه غير الطبقي لمناوبات العضو الدوار المستدير أو في ملفات المخمَّد (انظر الملاحظة ١) لمناوبات القطب البارزة سيكون غلاف نقصان التيار المتردد .

مشابهاً لذلك الخاص بالمنحنى ب في الشكل أ ي/١-١، أي ذلك الذي يطلق عليه غلاف التيار العابر.

إن وجود أي من الحالتين المذكورتين عالية سوف يعمل على إرتفاع مركبة التيار شبه العابر (المنحنى جـ). يعتبر الأثر مشابهاً لذلك الأثر الموجود بالدائرة المغلقة لملف الإستثارة للعضو الدوار المذكور عاليه (أي أن التيارات الحثيه تمنع التغيير) ولكن مع وجود ثابت زمني قصير جداً. لذلك، فإن نقصان التيار المتردد الشامل يتألف من مجموع كميتي الإنحلال الأسي وهما المركبات العابرة والمركبات غير العابرة ، كما هو موضح في الشكل أ ي/١-٢,

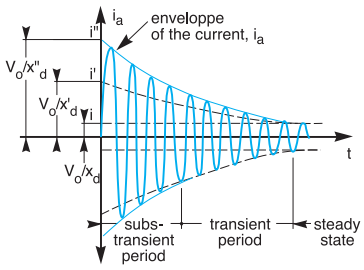
ملحوظة١: تتكون ملفات المخمِّد من قضبان قياس نحاسية ثقيلة مدمجة في وجوه قطب المحركات ذات القضبان البارزة، وذلك لتكوين ملف على شكل قفص السنجاب الذي يتشابه مع الملف الخاص بمحرك حثي. إن الغرض منها هو المساعدة في إيجاد حالة من الاستقرار أو الاتزان المتزامن للمولد .

إنه مع دوران العضو الدوار بنفس سرعة القوة المحركة المغناطيسية (mmf) بسبب تيارات العضو الساكن، فإنه لن يكون هناك تيارات حثيه في ملفات المخمِّد، وفي حالة حدوث فرق في سرعة الدوران نظراً لفقدان التزامنية، فإن التيارات الحثية في ملفات المخمِّد سوف تكون بإتجاه يتولد عنه عزم دوران يعمل على تقليل سرعة (عضو دوار ذو سرعة عالية) أو تسريع (عضو دوار ذو سرعة قليلة جداً). يحدث أثر مشابه ولكن قليل جداً نظراً للتيارات الدوامية في أسطح الأعضاء الدوارة غير الطبيعية الصلبة الخاصة بمولدات تربينية.

بالنسبة للدراسات التحليلية المتقدمة عن المولدات ، فقد تم تعريف محوري مركبتين هما: "مباشر" و"تربيعية" عابرة ومفاعلات عابرة وشبه عابرة... الخ يتم استنتاجها لكل مركبة نظام.

في الدراسات البسيطة المطلوبة لمستويات الخطأ التماثلية الثلاثية الطور والمطلوبة لأداء قاطع الدائرة الذي يعتمد على مثل هذه الأخطاء، فإنه يتطلب فقط نظام مركبة ذات محور مباشر.

، وهذا يرجع إلى الملحقة ((d لقيم المفاعلة والموضحة في الشكل أ ي/١-٢, تستخدم " "q للكميات التربيعية.



شكل أ ي ١-٢ مركبة التيار المتردد لتيار عضو الإنتاج مع الزمن في مولد مقصور الدائرة (لا يوجد تيار مستمر عابر).

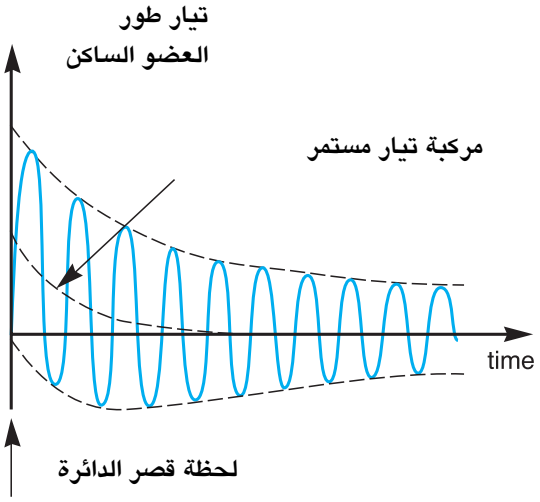
يمكن تعريف المفاعلات بشكل عام على أنها جهود ج.م.م (r.m.s)مقسومة على تيارات ج.م.م عند مسار التيار في الشكل (أي/١-٢)، ومن الأيسر على أي حال استخدام قيم الذروة المُسْقطة للتيار بحيث يكون (Vo) هو جهد الذروة المقنن للماكينة.

ملحوظة٢: في تعريف الرمز (i) ، يستخدم البعض الجهد الفعلي المقيس خلال الاختبار بدلاً من (VO). بالإضافة إلى ذلك، فإن (Xd) يعبر عنها عموماً بالرمز (Xs) ويشار إليها على أنها "المفاعلة التزامنية".

التيارات غير المتماثلة

كما سبقت الإشارة إليه بشكل عام، فإن كافة الأطوار الثلاثة لتيار قصر الدائرة ستحتوي على مركبات تيار مستمر. وهذه المركبات ستؤدي إلى زيادة الاجهادات الإضافية الكهروديناميكية والحرارية في الماكينة نفسها وفي قواطع الدائرة التي تحمي أي دائرة معطوبة. وأسوأ الحالات هي عند وجود طور تصل فيه مكونة التيار المستمر إلى أقصى قيمة ممكنة، أي عندما تكون القيمة الانتقالية للتيار المستمر عند الزمن صفراً (لحظة حدوث الخطأ) تساوي قيمة الذروة لتيار مُعطى بالعلاقة (Vo/X"d)، كما هو موضح بالشكل (أي/١-٢).

ويوضح الشكل (أي/١-٣) حالة اختبار مماثلة لهذه الحالة.



غلاف التيار لتيار عابر غير متماثل له نفس أبعاد منحنى التيار المستمر العابر، كما للغلاف المتماثل بالنسبة لمحور تيار الصفر.

الشكل (أي/١-٣): مسار تيار خطأ عابر غير متماثل.

النتائج المترتبة على تيارات الخطأ العابرة غير المتماثلة والعلاقة بين الكميات المتماثلة وغير المتماثلة لمقننات أداء قواطع الدائرة معطاة في البند الفرعي ١/١ من القسم (ج)، وموضحة بالشكل (جـ ٥).

ينقسم التشريع في التوافق الكهرومغناطيسي في أنحاء العالم بشكل موسع إلى فلسفتين. ففي بعض الدول يعتبر أي تشويش تطفلي على استقبال اللاسلكي غير قانوني، ولكن لا يتم فرض أي حد لمستوى البث لمصدر التشويش، ولكن في حالات المقاضاة القانونية تعتبر طرق القياس وحدود البث التي وضعتها CLSPR (اللجنة الدولية الخاصة حول التداخل الراديوي) كمرجع . وعلى سبيل المثال، فإن دولة مثل اليابان تكون فيها المواصفات القياسية VCCI (الخاصة بمجلس الضبط الطوعي للتشويش من أجهزة معالجة البيانات والأجهزة الإلكترونية المكتبية) التي تماثل تقنياً الإصدارات الدولية للجنة الدولية الخاصة حول التداخل الراديوي) تتبنى أن اتجاه المسؤولية المدنية السائدة ملائم في الوقت الحالي.

وبالنسبة لبعض الدول تعتبر مستويات الإرسال المقيدة بصراحة أكثر من الحد الموحد قياسياً غير قانونية. وعلى سبيل المثال في الولايات المتحدة الأمريكية تحمي أنظمة معالجة البيانات أوتوماتيكياً مواصفات قياسية إلزامية لمستوى الإرسال يحددها القانون الفيدرالي للجنة الاتصالات الفيدرالية الجزء ١٥, وتختلف إجراءات المراجعة حسب مراجعة الدرجة (أ) (إجراءات الإلتزام) أو الدرجة (ب) . وفي حالة الدرجة (ب) (البيئة المحلية)، يكون إصدار شهادة بالمطابقة مطلوباً. إن اللوائح الأوروبية تتوسط عملياً بين الأسلوبين السابقين. فإن كلاً من مستوى الإرسال التطفلي وأجهزة الاستقبال مفرطة الحساسية غير قانوني، ولكن الالتزام بالمواصفات القياسية للتوافق الكهرومغناطيسي، برغم أنه يشكل فقط افتراض توافق مع المتطلبات الأساسية، إلا انه وسيلة المراجعة المفضلة. وعلاوة على ذلك فإن اللوائح الأوروبية تطبق على جميع أنظمة الأجهزة والتركيبات التجارية دون إستثناء.

٢- الاضطرابات الكهرومغناطيسية

إن مشاكل التوافق الكهرومغناطيسي تنشأ عادة عند وضع معدة ما، حيث تكون هذه المعدة ذات حساسية عالية للاضطرابات الكهربائية الخارجية (المشار إليها "بالتداخلات" أو "التشويشات"). وفي وسط معرّض للاضطرابات الكهرومغناطيسية ونظراً لتعدد مصادر هذه الاضطرابات وعدم القدرة على تفاديها، ونظراً لصعوبة إزالة حساسية معدة ما للتغلب على هذه الاضطرابات فقد أصبح من المهم النظر بعين الاعتبار إلى وضع تلك المعدات وتمديداتها السلكية بالنسبة لمصادر تلك الاضطرابات. ويعد ذلك الوسيلة الأساسية لتأمين درجة حماية مُرضية لغالبية الأجهزة الإلكترونية الحساسة.

وهناك حالتان للتداخل الكهرومغناطيسي:

- الاضطرابات المحمولة عبر الكابلات والأسلاك .. الخ،
- الاضطرابات المنبعثة بواسطة الحث الثابت (المجالات المغناطيسية أو الكهروستاتيكية)* و/أو الموجات الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الجو.

يتم التعبير عن شدة الاضطرابات الكهرومغناطيسية بواسطة أربعة متغيرات: أثنان منها تتعلق بشكل الحمل وأثنان تتعلق بشكل الانبعاث.

بالنسبة لشكل الحمل، يتم إجراء قياسات على الكميات التقليدية، أي الجهود (U) والتيارات . (I) وبالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة، يتم قياس شدة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي بالفولت للمتر ((E وبالأمبير للمتر ((Hعلى الترتيب.

ويعد التردد واحداً من السمات الأساسية التي تميز الموجات الكهرومغناطيسية. وتختلف الحلول التي تم تبنيها في دراسات التوافق الكهرومغناطيسي حسبما إذا كان حدوث الاضطراب عند تردد منخفض أو عند تردد عال.

*مجالات الحث المغناطيسي والكهربائي الثابتة (ولكنها متغيرة في الشدة) لا تكون ذات تأثير فعال إلا بالقرب من منابع القدرة ويمكن التغلب عليها بسهولة بوضع الأجهزة الحساسة على مسافة ملائمة منها. غير أن هناك استثناء ملحوظ وهو الحالة التي يتدفق فيها بضع عشرات من الآلاف من الأمبيرات، أي تيارات عطل دائرة قصر، في كابل قدرة.

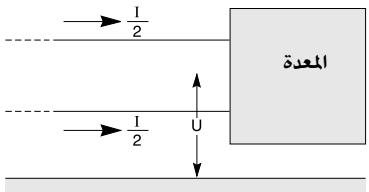
١/٢ الاضطرابات بالتوصيل

١/١/٢ الاضطرابات بالتوصيل: حالات الانتشار

تنتشر الطاقة الكهربائية، سواء أكانت إشارات مفيدة أو قدرة أو تشويشات غير مرغوب فيها، عبر دائرة ثنائية الأسلاك بإحدى الحالتين الآتيتين فقط: الحالة المتغيرة (التفاوتي) أو الحالة الشائعة.

الحالة التفاضلية

تعد الحالة التفاضلية الطريقة الطبيعية لحمل التيار عبر دائرة ثنائية الأسلاك. وهذه الحالة يشار إليها أحياناً بالحالة المتوالية أو الحالة الطبيعية او الحالة المتماثلة. وفي الحالة المتغيرة يكون التيار المتدفق في أحد الموصلات في نفس الطور المعاكس للتيار المتدفق في الموصل الآخر، أي أن كليهما يتدفق عكس الآخر في كل لحظة، يتم فيها قياس الجهد بين الموصلين.



الشكل ت ك م-١: الإشارة أو الاضطراب في الحالة التفاضلية

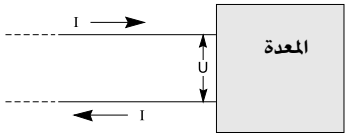
ت ك م

وتعد اضطرابات الحالة التفاضلية أشد الاضطرابات عند التردد المنخفض . وفي الدراسات المتعلقة بالتوافق الكهرومغناطيسي، حينما نقول التردد المنخفض فإننا نعني الترددات الأقل من ٩ كيلو هرتز. من هذا المفهوم، فإن عدداً كبيراً جداً من الاضطرابات الكهربائية يعتبر واقعاً تحت ظاهرة التردد المنخفض.

وفي شبكات القدرة الكهربائية ، فإن الاضطرابات تحدث كثيراً في الحالة المتغيرة. ومن هذه الاضطرابات على سبيل المثال: انقطاع التغذية لفترة قصيرة أو طويلة، والتذبذبات والانخفاضات المفاجئة في الجهد، وعدم استقرار الطور، وارتعاش المصابيح الضوئية، وتباين التردد، وأخيراً التوافقيات واضطرابات الجهد . ويتوقف تأثير الاضطراب الكهرومغناطيسي إلى حد كبير على فترته الزمنية. فبينما نجد أن الاضطرابات الدائمة تؤثر أساساً في الدوائر من النوع المناظر، فإننا نجد أن الاضطرابات العابرة والنبضية تتداخل بشكل خاص مع الدوائر الرقمية.

الحالة الشائعة

تعد الحالة الشائعة من الاضطرابات نوعاً تشويشياً. وقد يشار إليها أحياناً بالحالة المتوازية، أو الطولية، أو الحالة غير المتماثلة. وتمر تيارات الحالة الشائعة عبر كافة موصلات الكابل في نفس الاتجاه. أما مسار عودة تلك التيارات فيكون عن طريق الأرض أو وصلات ربط الأرض ووصلات التأريض الوقائية وأغلفة الكابل ... الخ. وحيث أن الأرض لم تعد تستخدم كوسيط موصل للتيليفاكس، فإن الإشارات المفيدة لم تعد تنتقل في الحالة الشائعة عبر الكابلات الملحقة. ويقاس فرق الجهد في الحالة الشائعة بين القيمة الكلية (النهاية المرجعية لجهد الصفر المحلي) والقيمة المتوسطة لفرق الجهد لكافة موصلات كابل الدائرة التي يتم اختبارها. وهذا قد يكون موجوداً في غياب أي تدفق للتيار.



الشكل ت ك م-٢ : الاضطراب في الحالة الشائعة

إن التشويشات الكهرومغناطيسية تتقارن بسهولة مع الكابلات في الوضع المعتاد ولا سيما عند الترددات العالية (HFحيث أنها تعمل كهوائيات رادوية. ويمكن أن تحدث أنواع عديدة من التقارن بين الدوائر المجاورة. إن مشاكل الحالة الشائعة تحدث بصورة متكررة في حالات التوافق الكهرومغناطيسي. إن البيئة الموصلة دائماً تكون جيدة للتحكم كهرومغناطيسياً وذلك نظراً لطبيعتها المتساوية الجهد.

يمكن فقط ترشيح التشويشات في الحالة التفاضلية موضعياً، كابل بكابل. وكما يتضح من اسمها فإن الحالة الشائعة معروفة في كل الكابلات الخاصة بأي معدة. إن مشاكل الوضع العام عند تردد مرتفع تعتبر حرجة بوجه خاص في بيئة معزولة أو حيثما تكون الكتلة (مرجع الجهد الصفرى لكل الدوائر الالكترونية) طافية وذلك بالنظر إلى الأرضي (أي معزول من الأرضي).

يعد جهد الحالة الشائعة دائماً سيئاً. وإذا لم يتم تقليله، فإن من الأهمية على الأقل ، منع هذا الجهد أن يتطور إلى اضطراب الحالة التفاضلية.

وهذا هو دور التوصيلات المعزولة و/أو التماثلية. ويسري العزل الجلفاني فقط عند الترددات المنخفضة، كما أن التوصيل التماثلي والمشار إليه بـ "المتوازن" يمكن أن يظل سارياً حتى في الترددات العالية. ينجم اللاتماثل الخاص بتوصيل تفاضلي ما بصورة رئيسية من دوائر نهاياته، ويمكن أن يحدث حالة من اللاتوازن عند دائرة عند نهاية طرفية ما بسبب اللاتماثل الكهربائي و/أو الهندسي. وعلى أي الأحوال لا يوصى باستخدام كابل محوري بسيط لتقليل الإشارات عند الترددات المنخفضة .

إن الإجراءات التصحيحية والتي يمكن أن تسفر عن آثار ثانوية ضارة يجب وضعها مع الاحتياطات الأخرى حتى يتمكن النظام من مقاومة المدى الكامل من التشويشات (التردد العالي والمنخفض الخاص بالسعات الصغيرة). إن الجمع بين الإجراءات التصحيحية المختلفة (الفصل الغلفاني والتوصيلات التماثلية والحماية ضد الجهد الزائد) يشار إليه بالحماية المنسقة.

٢/١/٢ التشويشات منخفضة التردد بواسطة التوصيل

تشمل التشويشات منخفضة التردد كافة أنواع التدخل الطفيلي التي يكون فيها مدى الترددات أقل من ٩ كيلو هرتز. إن التردد ٩ كيلو هيرتز هو حد عال تقليدي والذي يمكن دونه تحليل الظواهر الكهربائية بإستخدام أساليب الدوائر الخطية المكافئة والمعتادة والمعتمدة على المقاومات والمحاثات (الذاتية – والتبادلية) والسعات. وتحديداً فإن تشويش منخفض التردد يظل لفترة زمنية (طويلة) نسبياً (على الأقل مائة ميكروثانية). ويمكن أن يكون مستوى الطاقة الخاص بتشويش منخفض التردد كبيراً ويمكن قياسه وتقديره بسهولة.

إن معاوقة كابل ما عند ترددات منخفضة جداً تعتبر مساوية من الناحية العملية لمقاومته فقط. وعند عدة كيلو هرتزات ، فإن معظم الكابلات ذات المساحات المقطعية العرضية الصغيرة وأيضاً عند ٥٠ هيرتز (بالنسبة للكابلات ذات المقاطع العرضية الكبيرة) فإن المحاثة الخطية لموصل ما تكون بمقدار $1\mu H/m$ متر وتزداد معاوقتها خطياً مع التردد. على سبيل المثال فإن كابلات القلب الكبير الموحَّد عند ٥٠ هرتز والمركبة في شكل حلية ثلاثية الوريقات تكون ذات معاوقة خطية تصل إلى ٠,٣ تقريباً لكل كيلو متر. إن هذا الجانب هام جداً في حالة دراسة الترددات التوافقية داخل شبكة ما.

إن اختيار مساحة مقطع عرضي كبير تزيد على ٣٥ مم٢ لموصل وقائي تؤثر بصورة فعالة على تقليل تسخين الموصل في حالة حمل تيار الخطأ (نظراً لأن مقاومته ستكون منخفضة) لكن سيكون لها أثر مهمل على التوزيع متساوي الجهد: وتكون محاثة الكابل (كما هو ملاحظ أعلاه) لا تعتمد عملياً عن مساحتها المقطعية العرضية.

الإنقطاع (الطويل أو الإنتقالي)

إن الإنقطاع هو اختفاء كامل لجهد نظام التغذية بالقدرة . وفي حالة حدوث عطل ما على شبكة الجهد العالي لنظام التغذية بالقدرة ، فإن المستهلك سوف يعاني من "هبوط الجهد" والذي يعقبه انقطاع قصير الأمد. وسوف يحدث هذا الإنقطاع فقط إذا كان نظام الجهد العالي هو نظام خط هوائي (O/H) وكان قد تم تزويد المستهلك من جزء الخط الذي يحدث فيه العطل. إن ما يطلق عليه "الأعطال المتحركة بسرعة" عند الخطوط الهوائية شائعة جداً وتتكون من ومضات عابرة (للعوازل) إلى المعدن المؤرض بواسطة جهد زائد نتيجة للصواعق أو دائرة قصر عبر طيور كبيرة أو مرة أخرى مباشرة إلى الأرض من خلال فرع شجرة مبلل..إلخ.

في ما يزيد على ٨٠٪ من هذه الأحوال فإن مثل هذا العطل سوف يختفي أثناء الفترة القصيرة الأمد للانقطاع التلقائي وستعاد التغذية بعد ذلك.

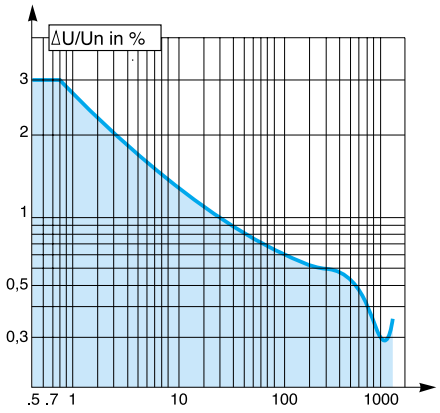
إن التتابع التلقائي للقضاء على الأعطال المتحركة بسرعة على الخطوط الهوائية يوجد في نظام الحماية على الخط. إن هذه الإنقطاعات تستغرق غالباً أقل من ٠,٥ ثانية. إن شبكة تغذية الكابل تحت الأرض يقلل عدد الإنقطاعات إلى حوالي ١٠٪ من هذه النظم ذات الخطوط الهوائية، ولكن أعطال الكابلات تحت الأرض ليست ذاتية التخلص لذلك فإن إيقاف الخدمة لفترة طويلة يعتبر ضرورياً لتحديد موضع الخطأ وإصلاحه.

الإرتعاش أو التذبذب

يوصف الإرتعاش بأنه حالة من انخفاض الجهد المتكرر الحدوث البسيط والناتج عن الأحمال التي تتطلب تياراً كبيراً نسبياً لفترات قصيرة ومتكررة بصورة منتظمة. وتتكون معاوقة شبكة الجهد المنخفض بصفة رئيسية من معاوقة الكابل ومعاوقة المحول عالي الجهد/منخفض الجهد الذي يغذي الشبكة. وكلما كان مقنن الكيلو فولت أمبير للمحول كبيراً كلما أنخفضت معاوقته الفعالة. وفي نظم القدرة تعتبر مشكلة الإرتعاش شائعة في المناطق الريفية ولا سيما عند نهاية الخطوط الطويلة. إنها مشكلة تبرز عندما يغذي خطا ما فرناً قوسياً أو ماكينات لحام قوسيه، وبصفة عامة حيثما يتم تشغيل أحمال كبيرة بين حين وآخر.

إن الإرتعاش يوجد حالة من الضيق لدى أولئك الأشخاص الذين يعملون في ظل إنارة المصابح العادية المتوهجة حيث أن الأثر يصبح نفسيا بحتاً في الأصل وليس له علاقة بالفشل الذي يطرأ على الأجهزة الإلكترونية نتيجة للإرتعاش.

ويكون الإرتعاش غير مقبول حيث توجد أحمال زائدة وتشغيل متكرر أو حيث تكون معاوقة النظام مرتفعة. إن المقادير القياسية الموحدة وعداد الإرتعاش موصوفة في مطبوعات الهيئة الدولية الكهروتقنية رقمي ١٠٠٠-٣-٣ و ١٠٠٠-٤-١٥,



شكل ت ك م-٣ عدد التغيرات في كل دقيقة

بالنسبة للتركيبات الصناعية التي تتعرض للإرتعاش أو التذبذب، فإن من الضروري أحياناً تعديل التركيبات. ومن بين الإجراءات التصحيحية المتاحة: كابلات منفصلة للأحمال الكبيرة ويفضل مع كل حمل كبير مزود من خلال محول فردي جهد عالي/جهد منخفض؛ زيادة التأخر الزمني في نظم التحكم التلقائية، التقليل في معدل دورة العمل، تعرج زمني وإنتشار العمليات التي تتطلب متطلبات قدرة نبضية بالإضافة إلى تركيب منظم قدرة فعالة ثابتة. ومن الناحية الفنية، فإن التقليل في معاوقة المصدر يعتبر حلاً ممتازاً. في دوائر التوزيع العامة النهائية عند جهد منخفض، فإن تيار قصر الدائرة التماثلي ثلاثي الطور يكون غالباً في حدود مدى ٥٠٠ – ٥٠٠٠ أ. وفي مجال الصناعة فإن تيار قصر الدائرة عند جهد منخفض قد يزيد على ١٠ كيلو أمبير على دائرة ما ذات مساحة مقطع عرضي قريبة من المحطة الفرعية للمصدر. وعلى أية حال، فإن هذه القيمة لا تزيد على ١٠٠ كيلوأمبير.

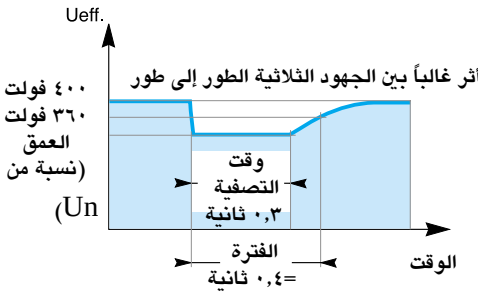
التذبذبات وهبوط الجهد

إن تذبذب الجهد هو تغير سريع لجهد التغذية لا يزيد على ± ١٠٪ (الحدود المقبولة بصورة عامة عند مستوى التوزيع) أثناء التشغيل العادي. وهبوط الجهد هو إنخفاض مفاجيء لمستوى الجهد ناتج في الأساس عن أحمال التشغيل التي تتطلب عند لحظة الإمداد بالطاقة تياراً أكبر من القيمة المقننة العادية على سبيل المثال تيارات بدء تشغيل المحرك الصغير، وتشغيل أجهزة التدفئة ذات المقاومة الكبيرة والمصابيح غير المتوهجة.. إلخ. وهذا الإنخفاض في الجهد يكون مؤقتاً ولكنه يكون أشد من تلك المعرفة بالإرتعاش وتزيد بصورة عامة عن ١٠٪ .

تمتد فترة الهبوط من ١٠ ميكروثانية إلى حوالي ١ ثانية تقريباً. إن تقليل الجهد الذي يزيد على ١٠٪ و١ ثانية نظراً لبدء محركات كبيرة أو كما هو موصوف سابقاً نظراً لأعطال النظام والمشار إليها ببساطة بـ "هبوط الجهد" وحجم الانخفاض ومدته المحددتين. إن تذبذبات الجهد لها أثر بسيط على الأجهزة الإلكترونية بصورة عامة، قد تتأثر بصورة سيئة كل من أجهزة التحكم الإلكترونية والحاسبات الإلكترونية ذات التصميم القديم وأنابيب الإنارة الفلوروسنت الإلكترونية يمكن أن يتحمل تذبذبات الجهد حتى ± ٨٪ الأجهزة الإلكترونية ذات التصميم الجيد.

ويرجع هبوط الجهد عند نقطة ما في نظام ذي جهد عالٍ بصورة عامة إلى وجود خطأ قصر دائرة على الشبكة نفسها في مكان ما. وكلما كان الخطأ قريباً من هذه النقطة كلما كان الهبوط حاداً. وتحدد شدة هبوط الجهد بواسطة خصيصتين هما قيمة الانخفاض كنسبة مئوية للجهد الاسمي للنظام ومدته بالهبوطي ثانية.

ويرجع هبوط الجهد بصورة عامة إلى الحطام والمخلفات الذي تأتي به الريح (مثل فروع الأشجار...إلخ) والعواصف الكهربائية أو الأعطال على الخطوط (العوازل المهشمة) أو يحدث هبوط الجهد في تركيبات المستهلك المجاور.



شكل التوافق الكهرومغناطيسي-٤ خصائص هبوط الجهد.

إن الأعطال على خطوط نقل الجهد المرتفع نادرة وترجع غالباً للصواعق أو بصورة استثنائية للطقس البارد جداً. ويعقب هبوط الجهد (عندما يتبعه انقطاع في الخدمة) فقدان كامل للتغذية القادمة إلى أجهزة (القدرة) أو الأجهزة الإلكترونية. وستتوقف المرِّحلات وستفقد أجهزة الفرامل الإلكترونية متعددة السرعة من القدرة على التحكم في الفرامل. حتى لو لم يكن هناك انقطاع في الخدمة فإن هبوط الجهد الكبير (حتى ١ ثانية) قد يسبب أعطالاً تشغيلية.

وتحتاج وسائل علاج مثل هذا النوع من المشاكل تحليلاً فردياً لكل حالة. وللتغلب على مشكلة هبوط الجهد، فإنه يجب أن تكون الأجهزة الإلكترونية منخفضة القدرة مجهزة بوسائل تغذية فردية بإستقلالية تصل إلى العديد من مئات الهبوطي ثانية لـ ١٠٠٪ فقدا من جهد التغذية. وبالنسبة لمغذيات القدرة الكبيرة، فإن فترة الاستقلالية تصل فقط إلى ٢٠ هبوطي ثانية تقريباً ويكون العامل المحدِّد هو حجم مكثفات تخزين القدرة المطلوبة. ويكون للآلات الدوارة (محركات/مولدات) استقلالية كافية للتعامل مع هبوط الجهد. وفي النهاية يمكن لوحدات تغذية القدرة غير القابلة للإنقطاع أن تتغلب وتخمد هبوط وتحافظ على تغذية القدرة أثناء فترة الانقطاع الكامل.

حالة اللاتوازن

يعبر عن سعة جهد التيار المتردد باستخدام جذر متوسط المربعات. ويشار إلى الجهد بين موصل طور ما والمحايد بأنه جهد الطور، في حين أن الجهد المقاس بين أي طورين يطلق عليه جهد الخط. إن جهد الخط يساوي √٣ مرة من جهد الطور على نظام متوازن ثلاثي الطور √٣ = ١,٧٣٢ .(يمكن تعريف النظام ثلاثي الطور ببساطة بسعة الجهود الثلاثة سواء كانت قيم خط أو قيم الطور.

لكي نعرف النظام الجيبي الذي يكون في حالة اللاتوازن، فإن قيم التيار والجهد على أية حال في الحالة العامة هو مجموع مكونات المتجهات الثلاثة. وتعرَّف المكونات الثلاثة لكل طور بأنها:-

- مكون تتابع الطور الإيجابي
- مكون تتابع الطور السلبي
- مكون تتابع الطور الصفري

ويتكون النظام الثلاثي المتوازن من مكونات تتابع طور إيجابية فقط. ويقال بأن النظام اللاتماثلي غير متوازن حيث أنه مكوناته التتابعية ذات الطور الصفري والسلبي تكونان موجودات بصورة عامة إلى جانب مكون تتابع الطور.

إن السبب الشائع لعدم التوازن هو أنه له مستويات مختلفة من التحهبوط على الأطوار الثلاثية. وينتج عن الحمل اللامتوازن جهود غير متوازنة تسلط على محركات ثلاثية الطور. وتبعاً لذلك تحدث خسائر وفقدان في الطاقة في الأعضاء الدوراة في المحركات، وفي حالات عدم التوازن الزائدة يمكن تدمير المحركات بسبب الحرارة الزائدة. إن الأحمال أحادية الطور (طور/طور) لا تتأثر بصورة سلبية بالإتزان. إن درجات بسيطة من اللاتوازن (٠,٥ – ١٪) تكون محتومة على الشبكات ثلاثية الأسلاك ثلاثية الطور منخفضة الجهد ، وحتى ٢ أو ٣٪ يمكن احتماله لعدة دقائق لكافة الأحمال.

عندما تعتبر حالة زائدة من عدم توازن الجهد زائدة (على سبيل المثال <٢٪) فإنه ينصح بتصحيح إتزان حمل الطور. وحيثما يتعذر تحسين التوازن، فإن الوضع يمكن تحسينه بزيادة مستوى الخطأ في الدائرة المعنية بتغيير محول التغذية.

إن محول توزيع منخفض الجهد/عالي الجهد العادي (< ١٠٠ كيلو فولت أمبير) به جهد قصر دائرة بقيمة ٥–٦٪. وهناك محولات خاصة بملفات متشابكة تحدد محاثة التسرب لإعطاء جهد قصر الدائرة يصل تقريباً إلى ٢٪.

إن جهد قصر الدائرة المنخفض يعني بصورة فعالة معاوقة مصدر منخفضة (بمستويات تيار خطأ عالية) ووضع يحسن شكل موجة الجهود (إذا حدث تشوش) بتقليل المحتوى التوافقي للموجه. وهناك طريقة حديثة لتحسين حالة اللاتوازن، على الرغم من أنها مكلفة في الوقت الحالي نوعاً ما، هي تركيب معدِّل ثابت. يتكون من نظام يخزن الطاقة في ملف حاثة أو مكثف ويعيد هذه الطاقة إلى النظام في الوقت المناسب. يمثل المرشح الفعال جزءاً من الحلول المفضلة لتحديد أو الحد من التشويشات المولدة بواسطة الأفران القوسية أثناء مرحلة بدء التشغيل.

تذبذبات التردد

تعتبر الشبكة الأوروبية، من الناحية العملية، نظاماً موحداً فيما يتعلق بموضوع ثبات التردد والذي فيه لا تؤثر تغيرات الحمل بصورة ملموسة على التردد. والتردد يتغير (ضمن حدود معقولة) كل مرة يتغير فيها الحمل بصورة مفاجئة وذلك في النظم الخاصة الصغيرة ولا سيما في المولدات المعزولة حيث يكون القصور الذاتي الدوراني ضئيلاً ونظام المحرك الرئيسي بدائياً بشكل عام. أن المحرك الرئيسي في مولد الديزل أقل إستقراراً من التوربينات فيما يتعلق بالتردد. إن تذبذبات التردد لا تؤثر بشكل كبير على الأجهزة الإلكترونية حيث أن المحولات العكسية المعتمدة على مبدأ شطر التيار غير حساسة لتغيرات التردد. ويجب أن تكون كافة الأجهزة الحديثة قادرة على أن تؤدي أداءً صحيحاً أثناء تغيرات التردد التي تصل إلى (٤٪ خلال ١٠ دقائق. ويمكن للنظم الكبيرة جداً فقط ذات المحولات التي تعمل عند حد التشبع أن تتعرض للحرارة الزائدة بسبب حالة تردد منخفض طويل الأجل عندما يعمل جهد النظام إلى الحد الأقصى. إن المحركات ذات التيار المتردد سوف تعاني من تغيرات في السرعة نتيجة التغيرات المتعلقة بالتردد. وعلى الجانب الآخر فإن القصور الذاتي للمحركات يقوم بعلاج والتخلص من الاضطرابات المفاجئة التي تحدث على الشبكة.

التوافقيات

إن الأحمال غير الخطية (مثل مصابيح الفلورسنت، قنطرة جريتز، الأفران القوسية ... الخ) يأخذ تياراً غير جيبي من الشبكة يتكون من مركبة غير جيبية عند تردد النظام ويعرف بأنه المكون الأساسي بالإضافة إلى المكونات الجيبية الأخرى التي تعتبر مضاعفات لأعداد صحيحة للتردد الأساسي، وتلك يشار إليها بأنها مكونات توافقية، وكان من المتعارف عليه أن التوافقيات التي تصل إلى درجة ٤٠ فقط توجد في نظم القدرة أي ٢ كيلوهيرتز للنظم ٥٠ هيرتز و٢,٤ كيلوهيرتز للنظم ٦٠ هيرتز. وفي نظم إمدادات الدوائر الإلكترونية، فإن منظمات القدرة المعتمدة على قنطرة جركريتز وأجهزة الإنارة الفلورسنت تحتوي على توافقيات متعددة.

إن تشوه شكل موجة الجهد يعد وضعاً سيئاً للأجهزة الموافقة ويعبر عنه بالنسبة المئوية، وتؤخذ بالتناسب مع المحتوى التوافقي للتيار ومع معاوقة المصدر. ويزداد الفقد في المحركات بسبب الحرارة الناتجة من التشوه. وفي البيئة ADP. يعتبر التشويش ٥٪ أمراً عادياً، ويمكن للأجهزة الإلكترونية أن تتحمل معامل تشويش لا يقل عن ٨٪ بالإضافة إلى توافقيات متداخلة إن للتيار التوافقي البيئي تردداً غير مضاعفات العدد الصحيح للتردد الأساسي (أي النظام). ويجب التمييز بين التوافقيات المتوافقة "الحقيقية" المولدة عند ترددات منفصلة وتلك التي تشكل جزءاً من الطيف المستمر.

ويتم توليد التوافقيات ذات الأعداد الزوجية فقط باستخدام مقومات غير تماثلية وتيارات حمل تحتوي على مركبة تيار ثابت. يمكن أن يشبع مكون التيار الثابت بسهولة محول تغذية القدرة. ومعظم الأحمال غير الخطية (المحولات المشبعة والأنابيب الفلورسنت ودوائر التغذية والتي تستخدم أساليب مشطورة.. الخ) تولد فقط توافقيات بأعداد فردية.

إن الأحمال ثلاثية الطور المتزنة التي يتم تغذيتها من من نظام ثلاثي الطور (لا يوجد موصل محايد) لا تولد تيارات توافقية ثالثة أو مضاعفات تيارات توافقية ثالثة. وتعمل قنطرة كريتز أو منظم ذات ثايروستور سداسي الطور، كمولدي تيار يكون مستقلين من الناحية العملية عند تشوه الجهد.

تشكل التيارات التوافقية الثالثة ومضاعفاتها (المعروفة بالتيارات الثلاثية) عند تولدها في الأطوار الخاصة بنظام رباعي السلك ثلاثي الأطوار مشكلة حيث أن كونها ذات تتابع طور صفري (أي في طور مع بعضها البعض) فإنها تضاف حسابياً وتكمل دائرتها من خلال موصل محايد. ويكون التيار في الموصل المحايد ولهذا السبب، عند ١٥٠ هيرتز ويمكن أن يزيد في الظروف غير الملائمة عن التيار المار في أسلاك الطور. ويجب وضع هذا الجانب في الاعتبار عند دراسة مصادر التغذية لأحمال ADP وأحمال الإنارة لأنابيب الفلورسنت. وإذا لم يتم توزيع المحايد أي أن النظام يكون ثلاثي الطور ثلاثي الأسلاك فإن تيارات التوافقية الثالثة لا يمكن أن تتدفق. ولكن المحول ذي الملف الابتدائي الموصل على شكل دلتا يسمح بتوزيع تيارات التوافقية الثالثة، وهذا يزيل تشوه موجة الجهد منخفض الجهد والتي قد تحتوي على مركبة توافقية ثالثة كبيرة.

إن تقليل معاوقة المصدر ليست دائماً فعالة في تقليل التشويش حيث أن مكثفات تصحيح معامل القدرة يمكن أن تتسبب في إيجاد مشكلة إذا كانت مع معاوقة المصدر (حيث أنها محاثة بشكل كبير) فإنها يمكن أن تضاف إليها الأمر الذي يشكل معه وجود تيار رنين (أو رنين جزئياً) عند أحد الترددات التوافقية البينية أو التوافقية. إن الإندماج المتوازي لمفاعلة المحاثة L ومفاعلة السعة C يمكن أن يشكل معاوقة عالية عند تردده الرنيني ولا سيما عند فترات الأحمال الخفيفة. لذلك يمكن أن

يصبح التشويش عالياً نظراً لأثر التكبير والتضخيم للرنين.

إن المرشح التوافقي هو مجموعة من المحاثات والمكثفات موصلة على التوازي مع المصدر ويعمل كدائرة قصر للتيارات عند تردده الرنيني . يجب أن يكون المكثف والمحاثة قادرين على استيعاب القيمة القصوى للتيار التوافقي، في حين يجب أن يحتمل المكثف الجهد التوافقي الزائد بالإضافة إلى جهد التردد العادي للنظام. ويتم ضبط المحاثة لكي تجعل كلا من المكثف والمحاثة يحدثان رنيناً عند التردد المحدد التوافقي المعني. ويجب أن لا يتشبع أو يسخن بصورة زائدة. يختلف مقنن المرشح التوافقي تبعاً لحجم التركيبات من بعض كيلو فولت أمبير مفاعل Kvar إلى ميجافولت أمبير مفاعل .Mvar

إن المشكلة مع المرشحات التوافقية هي أن تردداته الرنينية تتغير من نقطة واحدة على الشبكة إلى نقطة أخرى نظراً لمحاثة الكابل. فكلما كان الكابل طويلاً كلما أنخفض التردد وأحدث المرشح رنيناً تبعاً لذلك. علاوة على ذلك فإنه ينصح بالتأكد من أن التيارات موزعة بالتساوي على المرشحات المتوازية بصورة مرضية.

وهناك وسيلة حديثة للحد من التشوه وذلك باستخدام مرشحات فعالة. هي مقومات معتمدة على تقنيات تضمين عرض النبضة (PWM) بالإضافة إلى تخزين الطاقة المفاعلة.

إن دور المرشح الفعال الذي يعمل عند حدوث الخطأ هو حقن الشبكة بتيار توافقي يساوي بالضبط لذلك التيار المار في الشبكة العليا ولكنه يختلف عنه في الطور. ويتشابه مبدأ التشغيل بذلك الخاص بالمعدل الثابت ولكن عند معدل شطر مرتفع للغاية. ويمكن أن يستعان بمرشح فعال لتعويض ليس فقط التوافقية الأولى (أي المنخفضة) ولكن أيضاً للقدرة المفاعلة (var) والإرتعاش، إنها ببساطة مسألة تحديد أبعاد ليس إلا.

الجهود الزائدة

يمكن أن تحدث الجهود الزائدة التي تؤثر على شبكات قدرة التغذية الصناعية في الوضع التفاضلي لأسباب عديدة.

إن إمداد طبقة المكثفات بالطاقة يمكن أن يولد جهداً زائداً عابراً مرتبطاً بمستوى طاقة للعديد من وحدات الطاقة. إن محاثة النظام وسعة الطبقة تعمل كدائرة من المكثفات والمحاثات على التوالي والتي تتذبذب بشكل عابر عند ترددها الطبيعي والذي يكون بشكل نموذجي أقل من ١ كيلو هيرتز. ويمكن أن تصل قيمة الذروة الأولى (مجموع ذروات النظام والعابرة) ضعف قيمة جهد ذروة نظام القدرة تقريباً أي يمكن أن يكون للقيمة العابرة قيمة ذروة تساوي تقريباً ذروة النظام. والسبب الثاني للجهد الزائد يمكن أن يحدث عند إنصهار المصهر من النوع السلكي. إن الخروج المفاجئ للطاقة المغناطيسية المخزنة في محاثات النظام يمكن أن يصل إلى الآف وحدات الطاقة (Jonis) والتي إذا تحولت إلى شكل الكتروستاتيكي في سعات النظام، يمكن أن ترفع الجهد بصورة كافية لتدمير الأجهزة الموصلة الأخرى. ويعتبر الأثر أقل بصورة معقولة مع مصهرات الطلقات أو مع قاطع دائرة.

ويترتب على أية عملية على نظام نقل القدرة (فتح أو غلق قاطع دائرة ومفتاح عزل.. الخ) اضطراب تشغيلي . إن إمداد الطاقة لخط نقل ما يتميز بموجة جهد تنتشر (بسرعة الضوء تقريباً) وتنعكس على طول الخط لتولد ظاهرة مضاعفة الجهد.

ويتغير تردد هذا التذبذب قصير الأمد المخمد بصورة كبيرة بين ١٠ كيلو هيرتز و١ ميجاهيرتز. وترجع الظاهرة إلى تلك المتعلقة بإمداد مكثف ما بالطاقة ولكن التردد في هذه الحالة أكبر بكثير (معتمدة على طول الخط) في حين يكون مستوى الطاقة منخفضاً. وتكون مخاطر تلف الأجهزة من هذه الظاهرة أقل من تلك الناتجة عن الجهود الزائدة ذات الفترة الطويلة ولكن مخاطر سوء الأداء تظهر بشكل أكبر.

إن للجهود الزائدة أثر ضئيل على الأجهزة الكهروتقنية ولكنها يمكن أن تضعف أو حتى تدمر الأجهزة الإلكترونية، كما أن الجهد الزائد ذي التردد المنخفض في الحالة العامة ليس له تأثير على دوائر التغذية المعزولة تلقائياً بشرط أن العازل الكهربائي يمكن أن يقاوم ضغط الجهد دون أن يخلف أثراً سيئاً. وعند التردد العالي في الأساس فإن الجهد الزائد يمكن في الحالة العامة أن يشوش (أي تتداخل مع) النظم الإلكترونية الحساسة. إن الحل بسيط: ترشيح كل جهاز بالنسبة لكتلته الخاصة (الهيكل المعدني للجهاز). إن أمام مهندس التركيبات من الناحية العملية طريقة واحدة فقط لحماية التركيب من الجهد الزائد وهي تركيب أجهزة ضبط الجهد الزائد على موصلات دوائر التغذية. إن الجهود الزائدة التي تحدث على شبكات التوزيع منخفضة الجهد هي أقل في الطاقة من تلك التي تحدث في الشبكات الصناعية ذات التيار العالي: الطاقة على الشبكات العامة نادراً ما تزيد على ١٠٠ جول. إن أخطر الحالات هي تلك الناشئة عن الصواعق على خط ما قريب من التركيبات. وتقوم كابحات تمور الجهود الزائدة الحديثة المعتمدة على استخدام (الفارستورات) ذات مقننات تبديد الطاقة العالية بحماية فعالة لكافة أجهزة وأنظمة الجهد المنخفض للشبكة السفلى من نقطة تركيب الكابح.

إن فشل (الفارستور) ذات اكسيد الزنك سوف يتسبب في تفجير عنصر مصهر حراري (موصل على التوالي معه) ويفتح الدائرة، وهكذا يتم تجنب قصر الدائرة إلى الأرضي بأقصر طريق ممكن إلى كتلة لوحة التوزيع : أي قضيب التأريض الشائع وليس إلى قطب التأريض والذي يكون بصفة عامة بعيداً جداً (انظر البند الفرعي ل ٤٠١).

٣/١/٢ تشويشات التردد العالي بالمحاثة

عند التردد العالي أي أعلى تقليدياً من ١ ميجا هيرتز، تصبح ظواهر التداخل أكثر تعقيداً بصورة محسوسة. كما تصبح موصلات القدرة هوائيات فعالة للمجالات الكهرومغناطيسية، وحتى عندما تكون ضعيفة، تولد تداخلاً واضحاً وتتأثر لذلك كافة الكابلات وبعضها يحدث رنيناً... الخ.

إن ظواهر التردد العالي تبدو حادة ومتكررة ويصعب تحليلها وتعد سبباً لإعادة النظر في الإجراءات المعروفة الخاصة بتركيب الكابلات الإلكترونية.

إن محاثة الكابلات تصبح عند التردد العالي أكثر تعقيداً مما هي عليه في التردد المنخفض حيث أن المحاثة الخطية لأي شبكة توصيل تسلك طريقاً مباشراً تكون تقريباً ١ ميكروهينري/متر. علاوة على ذلك، فإن التوصيل البيني لطول يزيد على ١/٣٠ من طول الموجة يصبح عملياً غير قادر على ضمان تساوي الجهد بين الكتلتين الموصلتين.وبعد تجاوز λ /٣٠، يصبح الموصل هوائياً مشعاً فعالاً ولكن إذا كان مشع فإنه يفشل في أداء وظيفته بصورة صحيحة مثل الموصل متساوي الجهد. إن طول الموجة (التي تناظر تردد قدرة ١ ميجاهيرتز تكون ٣٠٠ متر كما أن المسافة بين أي جهاز وقضيب التأريض الرئيسي تكون أكبر من ١٠ أمتار، ويمكن لنا أن نستنتج أن طبيعة وجودة التأريض ليسا متعلقتين بالترددات التي تزيد على ١ ميجاهيرتز. وهناك مقولة بسيطة مفادها، أن الموصل الكبير يعد جيداً، ولكن الموصل القصير يعد الأفضل. إن تشويشات التردد العالي بالمحاثة في الحالة العادية من خلال الكابلات تعتبر في الحقيقة مشكلة رئيسية لأولئك المهتمين بالتوافق الكهرومغناطيسي. يمكن تقليل تشويشات الحالة العادية عند التردد العالي عبر الكابلات من خلال أحد الوسائل الآتية:-

١- آثار التوهين: التوصيل البيني القريب (الشبكة) باستخدام موصلات متساوية الجهد "بكتل" و/أو كابلات مدرعة بحجاب معدني.

٢- المرشحات بين الموصلات والكتلة الميكانيكية لكل جهاز.

٣- الفريت (خام الحديد) على الكابلات ذات المشاكل.

لا يجب أن يسمح لقطعة في الدائرة الإلكترونية على أن تخرج خارج الغلاف المحاط به وهي حالة يجب تجنبها بكل الأحوال في وجود تداخل ترددات عالية. يمكن أن تكون السعات الطبيعية لمكونات البطاقة التي هي أقل من بيكوفاراد كافيه لأن تسبب تداخلاً مع أية دائرة الكترونية. وللحد من الجهود المتغيرة بسرعة بين الدائرة الالكترونية وبيئتها، فإن توصيل طرف المرشح عند صفر فولت (الجهد المرجعي) إلى علبة غلاف معدنية موصلة بالأرضي أو لا، يعتبر أفضل إجراء وقائي.

التردد العالي ذات الشكل المساري

إن مدى الترددات الذي يشكل أكبر الصعوبات في كل من الإشعاع وفي الحماية ضد الطاقة المشعة هي تلك الترددات العالية ذات النطاق الذي يتراوح بين ٣٠ إلى ٣٠٠ ميجا هيرتز ويطلق عليها أيضاً النطاق المتري ، وغالباً معظم الأقواس الكهربائية والشرر والتفريغ الإلكتروستاتيكي وملامسات البدء (مثل الملامسات الجافة وملامسات البدء لإشعال قوس كهربائي داخل أنابيب اشعاع ضوئي كهربائي. وتشغيل قواطع الدوائر وأجهزة التشغيل الأخرى على نظم الجهد المرتفع) تولد نبضات (تشبه المسمار) تسير في الحالة الشائعة والحالة الإشعاعية.

ويغطي طيف الإشعاع مجال تلك الترددات العالية المذكورة آنفاً. ويمكن أن تبلغ قيم تلك التيارات المسمارية ذات التردد العالي قيما قصوى لعشرات الأمبيرات.

وحيث إن الدوائر الرقمية عرضه بصفة خاصة لمثل هذه النتوءات المسمارية فيوصى بمراعاة المواصفة القياسية الخاصة بالحصانة IEC 1000-4-4 كوسيلة لتحقيق الحماية المطلوبة والتوافق الكهرومغناطيسي للتركيبات الكهربائية.

التشويشات المستمرة ذات التردد العالي

إن محولات التردد وضوابط السرعة الإلكترونية وجسوركريتنز وفرش توحيد المحرك الكهربائي تولد كذلك تشويشات تردد عالٍ في الحالة الشائعة. ويمكن أن تصل قيمة ذروة تلك التشويشات إلى ١ أمبير أو تزيد عليه. هناك حل واحد وهو تركيب مرشح فعال عند مصدر التغذية و/أو عند الجهاز الذي به تشويش. كما أن هناك حلاً آخر وهو استخدام كابلات القدرة التي تشتمل على حاجب مؤرض عند نهايتيه. وبالنسبة لمصادر التداخل المكثف، فإنه يوصى بتشكيل شبكة من التوصيلات البينية متساوية الجهد لكل الكتل المجاورة لمصدر التشويشات وعلى الأخص كافة مسارات الكابلات المعدنية والأنابيب والأحواض المسطحة... الخ.

٢/٢ الإشعاع

إن انتقال الطاقة الكهربائية غير مقصور على الموصلات فبالإمكان إيضاً انتقال الطاقة الكهربائية في الفضاء دون وسط مادي. ويشار إلى هذا الانتقال باسم المجالات أو الموجات الكهرومغناطيسية أو الموجات الهرتزية. وتتكون هذه الموجات من عنصر كهربي E بالفولت/ متر وعنصر مغناطيسي H بالأمبير/متر. وهذه المجالات المشعة عندما تقابل موصلاً (يعمل كهوائي استقبال) تنشأ مجالات مغناطيسية وتيارات دقيقة في المادة الموصلة أي في شكل تشويش بالتوصيل. وبالنسبة للدوائر الكيبلية يشيع وجود هذه التشويشات. لذا فمن الممكن الحماية ضد هذه المجالات المشعة بواسطة نظام قفص فاراداي أو بواسطة مرشحات منخفضة التمرير (في الأغلب الأعم).

١/٢/٢ المجالات المغناطيسية منخفضة التردد

بإمكان المجال المغناطيسي فقط إحداث مشاكل عند الترددات المنخفضة، وسواء أكان المجال H نبضياً (دائرة قصر- صاعقة- وامض إلكتروني) أو مستمراً فإنه يحدث عموماً قريباً من الجهاز المتأثر به. ويتطلب قياس شدة المجال جهاز رسم التذبذبات ومسبار دارة فقط. إن المجال المغناطيسي لا ينتقل عند التردد المنخفض بل يبقى قريباً من مصدره (محول أو محرك حثي مثلاً) وتقل شدة مجاله بسرعة كبيرة عند البداية حسب المسافة من المصدر تبعاً للقيمة $1/D^3$ (١/ س٣). وعند المسافات الأكبر تكون سرعة النقص أقل وتقارب $1/D^2$ (١/ س٢). وتستخدم غالباً القيمة الأخيرة عند اعتبار المجال المحيط بموصل عمومي أو خط هوائي. وتقل شدة المجال المغناطيسي لتيار مستقيم بمسار عودة عند مالا نهاية (مثل المجال المغناطيسي الذي تسببه الصاعقة) حسب العلاقة ١/س. وتعتبر المصادر الشديدة للمجالات المغناطيسية تيارات تتابع الطور-صفر في كابلات التغذية لتصميم TN-C. إن الدوائر المغلقة الممدودة بين موصلات الطور والتيارات المحولة عن الموصلات المحايدة (من خلال روابط متساوية الجهد) تكون أحياناً كبيرة جداً،

ومن الممكن أن تصل قيم تلك التيارات إلى عدة أمبيرات. ولهذا السبب تم توضيح عيوب تخطيط TN-C (في المباني) في الشكل و١٤ - الفصل (و) من النص الرئيسي. وأثناء حدوث خطأ قصر الدائرة، يكون التشويش أكبر بشكل واضح ويعتمد على مقدار تيار الخطأ.

إن الأثر الأكثر شيوعاً لمجال مغناطيسي منخفض التردد هو تشويه صورة أنبوب الأشعة الكاثودية CRT (قفزات وحركات شبه موجبة للصورة وحتى تغييرات في اللون). إن أنبوب الأشعة الكاثودية المغناطيسي غير المحجوز أو ميكروسكوب إلكتروني أو مقياس طيف الكتلة أو رأس قراءة مغناطيسي جميعها تتحمل ١ أ/م بالكاد عند التردد المنخفض. وعلاوة على ذلك فإن الدارات المشتقة المتكونة خلال الوصلات متساوية الجهد على شكل كتل تكون مرتبطة (طبيعياً) بالجهود المكافئة . إن الحجب المغناطيسي من المجال المغناطيسي صعب جداً عند الترددات الأقل من ١٠ك. هيرتز. إن أبسط الحلول هو ببساطة وضع الجهاز الحساس خارج نطاق المجال الضار كما إن حجب الجهاز الحساس بحجاب مغناطيسي سميك يمكنه أن يقلل من شدة المجال إلى حد يقدر بعشرة أمثاله

٢/٢/٢ المجالات الكهرومغناطيسية ذات الترددات العالية

عند الترددات العالية يتحد المجالان E و H ليشكلا موجات كهرومغناطيسية في الفضاء غير قابلة للإنقسام. وعندما تكون المسافة أكثر من سدس طول موجة من مصدر نقطة، تصل النسبة E/H لقيمة ١٢٠ π = ٣٧٧ أوم. ولذا تكون كافية لإعطاء قيمة أحد العنصرين لكي نستنتج شدة المجال.

تستخدم العديد من الأجهزة الصناعية أو العلمية أو الطبية ترددات رادوية تكون غالباً في نطاق ١ ميجا هرتز إلى ٣ جيجا هرتز. إن أجهزة إرسال الراديو لها قدرات على إصدار الاشعاع تتراوح بين بضعة ملي وات في أجهزة المراقبة الرادوية إلى عدة ميجاوات كحد أعلى لأنظمة الرادار.

إن أجهزة الإرسال اليدوية (ووكي توكي) التي يمكن استخدامها للإرسال قريباً جداً من الأجهزة الإلكترونية تعتبر مصادر للتشويش خصوصاً للدوائر التناظرية منخفضة القدرة. وإحدى الطرق الفاعلة في تقليل شدة مجال جهاز الإرسال الراديوي التي نراها في الأجهزة الإلكترونية الحساسة هي استخدام هوائيات أبعد ما يمكن عن الأجهزة وموضوع فوق أعلى ارتفاع يمكن الوصول إليه .

ولأن هذه الطريقة لا يمكن تنفيذها مع أجهزة الإرسال المحمولة فإن استخدامها يجب أن يقيد في أماكن بعيدة بدرجة كافية من الأجهزة الحساسة لضمان تشغيل دون مشاكل لتلك الأجهزة.

نادراً ما تتأثر الأجهزة الإلكترونية بشدة تيار أقل من ١ فولت/متر ولكن شدة المجالات التي تزيد عن ١٠ فولت/متر لا يمكن تحملها غالباً. وأيضاً فإن نطاق الترددات التي تتسبب في أشد التأثيرات هي نطاق الموجات عالية التردد جداً VHF في تيار الوضع المعتاد. عند ارتفاع التردد HF في كابل فسينتج من ذلك موجة مشعة، والحالة العكسية أيضاً صحيحة أي أن وصول موجة عالية التردد للكابل سينتج عنه تيار الوضع المعتاد في ذلك الكابل.

إن طرق الحماية ضد مجالات التردد العالي هي نفس الطرق المضادة للتشويشات بالتوصيل عند نفس الترددات. إن تأثير هوائي الكابلات الحاملة لتيار عالي التردد مقارنة مع الوضع المعتاد يمثل المشكلة الرئيسية في التوافق الكهرومغناطيسي.

٣- تمديد كابلات الأجهزة والأنظمة

لربط نظام إلكتروني بالكابل بطريقة صحيحة أو لتصحيح تركيبات غير سليمة، يكفي في الغالب استخدام قواعد إبتدائية بسيطة. ولقد بينت التجربة أن العامل الأهم هو الفهم الواضح لبعض الظواهر والتعرف على حدودها. لقد أصبحت ملاحظة القواعد التقليدية للتركيبات الصحيحة وشبكة الكابلات ضرورية، وهذا هو الثمن الذي يجب دفعه من أجل إنجاز التوافق الكهرومغنطيسي في الأنظمة الالكترونية الحديثة. إن الكثير من الممارسات التي تكون مرضية في التردد المنخفض يثبت أنها ضعيفة أو أنها حتى مأساوية في التردد العالي. ويمكن اختيار خيارات شبكات كبول معينه بثقة. وأحد الأمثلة على ذلك هو التوصيل المشترك لجميع أسلاك التأريض غير الوظيفية لموقع مفرد. لذا يجب أن تصبح العوامل التي تكون دائماً ملائمة الأساليب والممارسات القياسية.

١/٣ التأريض

تشير جميع العبارات "أرضي" ، "قطب أرضي"، و "لوح التأريض" "قضيب أرضي" إلى موصل مدفون وفي تلامس وثيق مع التربة. وتشير كلمة "كتلة" إلى أجزاء معدنية من الأجهزة (كهربائية أو غير كهربائية، على سبيل المثال أنابيب المياه) التي تعتمد في جميع الأحوال العادية، ليست معنية أو معدة لحمل التيار .

ويشار إلى موصلات الربط المستخدمة في ربط الكتل أيضاً بكلمة "كتلة" . ورغم تأريض جميع الكتل في المجال تركيبات التردد المنخفض الإعتيادية، فإنه لا يجب الخلط بين الكلمتين "أرضي" والعبارات المناظرة الواردة أعلاه مع كلمة "كتلة". من الشائع استعمال كلمة "ارضي" في بعض الأقطار للدلالة على "الكتلة".

١/١/٣ دور التأريض

إن الدور الرئيسي للإلكترود الأرضي هو المحافظة على جميع الكتل في المنشأة عند جهد قريب من الصفر، سواء أكان مصدر القدرة مؤرضاً أم لا. ويتحقق ذلك في المنشأة ذات التصميم الصحيح، بغض النظر عن حدوث حالة خلل (يمكن أن ترفع الجهد في كتل المنشأة) في دوائر المنشأة أو شبكة منبع القدرة، أو مصادر أخرى خارجة عن المنشأة.

ولهذا فإن دور التأريض هو حماية الأفراد من مخاطر الصعقة الكهربائية. إن شدة الصدمة الكهربائية هي عمل التيار الذي يسري خلال الجسم، وبنفس المقدار من الأهمية يكون مسار سريان التيار في الجسم. تضع قواعد هـ.د.ك (IEC) المعترف بها للحماية من الصدمة الكهربائية حدوداً آمنة للجهد الكهربائي (المشار إليها كحدود فولطية تقليدية) التي فوقها تعتبر الكتل خطيرة بشكل غير مقبول. وبالنسبة لأجهزة القدرة العادية ٥٠ هيرتز أو ٦٠ هرتز ، فإن هذه القيم هي ٥٠ ج.م.م الجهد (Vrms) للمواقع الجافة و٢٥ ج.م.م الجهد (Vrms) للأماكن الرطبة، على سبيل المثال الحمامات والمغاسل (انظر الفصل (ل) من النص الرئيسي وذلك للمزيد من التفاصيل).

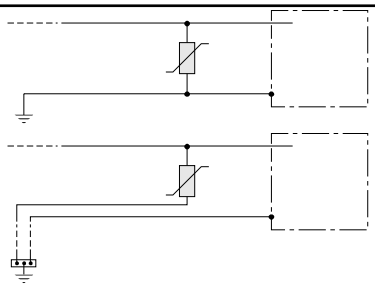
من المعروف أن مقاومة التلامس المنخفض للقطب الأرضي مع كتلة الأرض لا يمكن الحصول عليها. علاوة على ذلك، نادراً ما تكون قيمتها ثابتة، إعتماداً بشكل كبير على رطوبة التربة (وعرضه للتغيرات الموسمية). ومن العوامل الرئيسية للمحافظة على سلامة الأفراد في حالة مقاومة التأريض المرتفعة هو ذلك الذي له مفهوم تساوي الجهد. ولو، على سبيل المثال ، كانت جميع الكتل عند جهد عادي وحتى خطير وإذا كان الأرضي الذي تحت المبنى عند جهد مشابه، فإن الشخص يستطيع أن يلمس أي من الكتل أو العديد منها في نفس الوقت دون خطر. لهذا السبب فإن الأجهزة الكهربائية التي لها أسلاك توصيل طويلة (آلات تشذيب الوشيع، جزازات العشب، إلخ)، التي تسمح للمستخدم بمغادرة البيئة

متساوية الجهد بالمنزل، يجب أن يكون لها مستوى عزل من الدرجة-٢ (أي معزولة بشكل مضاعف).

إن ما يسمى بتيارات التسرب العادية (لا يوجد عزل كامل) تشتمل أيضاً على تيارات سعوية دقيقة لأسلاك التأريض. هذه التيارات، وتيارات خطأ قصر الدائرة القصر إلى الأرضي، تسير أساساً خلال موصلات التأريض الواقية PE (مميزة بشرائط ذات لون أصفر وأخضر) ثم ترجع أخيراً إلى المحطة الفرعية الأصلية، عن طريق الأرضي (نظام TT) أو عن طريق مسار الأرضي و (بشكل أساسي) خلال موصل التعادل على التوازي (نظام TN). وحيث أن تيارات الخطأ (أو التسرب)، في حالة TN، فإن مقاومة قطب تأريض المنشأة ليس لها أهمية جوهرية (إلا أذا أريد توصيل واقيات الصواعق بها). ولحماية الأجهزة الإلكترونية، فإنه يوصى بقوة بتحويل تيارات الوضع العادي الداخلة إلى المبنى من كابلات خارجية إلى الأرضي عند نقطة الدخول. ولا يكون العزل الجلفاني البسيط في الغالب كافياً: إن قدرة محول العزل الجلفاني النموذجية لتحمل الجهد الزائد هي أقل من ١٠ كيلوفولت، وهذه القيمة ليست كافية في الأحوال التي يكون فيها عواصف كهربائية شديدة.

وعلى ذلك فإن تركيب أجهزة تحديد جهد غير خطية تصبح ضرورية. إنه من المهم توصيل جميع الأنابيب المعدنية القادمة، والأفقية، مجموعة الكبول، إلخ. بالأرضي عند نقطة دخولها إلى المبنى. بهذه الطريقة نستطيع تفادي دوران التيارات (من خارج المبنى) في الموصلات التي تربط الكتل.

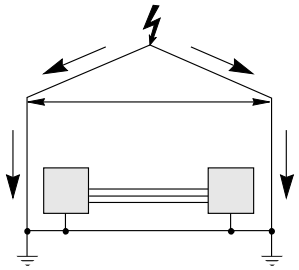
يجب أن يتم تركيب أجهزة الحماية من الجهد الزائد بأقل قدر ممكن من المعاوقة العادية بين الدائرة الخارجية والدائرة التي يراد حمايتها. أما طول الموصل على التوالي مع محدد الجهد فيجب تبعاً لذلك أن يكون الأقصر قدر الإمكان. ولهذا فإن الجهد المتبقى الذي تظهره الأجهزة المحمية يكون مستقلاً عن معاوقة الأرضي. وحتى في حالة التأريض "الردئ" يكون من الممكن حماية الأجهزة بفعالية من الجهود الزائدة الخارجية: ومن الضروري والمناسب توصيل محدد الجهد بكتلة الأجهزة باستخدام أقصر طول عملي من الكبل.



شكل ت ك م -٥: يجب توصيل محدد الجهد بالكتلة وليس بالأرضي.

عند توصيل محور جهد إلى الكتلة بطريقة صحيحة، تكون معاوقة القطب الأرضي غير ذات أهمية.

تتطلب تفريغ الصاعقة المباشرة على خط التغذية القريب من المنشأة تبديد ١٠ كيلو أمبير إلى ١٠٠ كيلو أمبير من تيار التفريغ، ويمر معظمه إلى الأرض من خلال مانعة الصواعق على الخط الخارجي للمنشأة. إن الجهود الزائدة داخل تركيبات مزود بمانعات خارجية نادراً ما يزيد على ٦ ك فولت نتيجة لأسباب جوية.



شكل: ت ك م -٦

سيكون النقص المتساوي الجهد بكامله عند فرق جهد مطلق عال خلال المرور القصير لتيار الصاعقة

بالنسبة لخطوط الإرسال والتوزيع للجهد العالي يعود تيار خطأ الطور إلى الأرض إلى المصدر من خلال الأرض ومن خلال موصلات التحجيب فوق موصلات طور الخطوط.

إن التـزويد بحالة "تسـاوي جهـد" على سطح الأرض عند قـاعدة أبراج الإرسـال وبصـورة مهـمـة أكثـر في المحطات الفـرعـية (الـتي تمثل مـصدراً لتـيـار الخطأ) يعتبر اهتمام أساسياً لمهندسي التصميم. إن مبدأ الربط متساوي الجـهد مماثل للمبدأ المطلوب لتركيـبات الجهد المنخـفض في مـبنى. إن الأرضـي الفـعـال يعني قطباً أرضياً مـصمماً لتمرير تيـار الحمل من خلال الأرض أي أن ممر الأرض يعمل كأحـد موصلي الدائرة. وهناك عدة تركيبات حول العالم تستخدم هذه الطريقة. وفي بعض الدول يسـتـخـدام التـيـار المسـتـمـر بهـذه الطريقـة (الاقتصادية) في تشغيل خدمة إرسال الفاكس. وجدير بالذكر أنه عندما يكون لكابلات الهـاتف (التي تستخدم عـزل ورقي على الموصـــلات) درجـة عـاليـة من تيـار التسـرب وبالتالي تماثل مـشكوك فيه تـسمح مقـاومة أرضية منخفضة بالحفاظ على جودة الإشارات المرسلة. وبرغم أن حجم إشارات الهـاتف منخفض (تتراوح بين ملي فـولت إلى أقل من ١ فـولت) إلا أن جـودة الكابلات الحديثة تتغلب على قيود التأريض الجيد. واختصارا لا يعتمد حماية الأشخاص مبـاشرة على القيمة المنخفضة لمقاومة الأرض×، ولكن تأسيس حـالة تساوي جهد بين الكتل لها الأهمية الأولى. وعليه فإن الطائرة في عاصفة كهربية لا تمثل خطراً عـلى الركاب الموجودين في غلاف معدني متساوي الجهد (ضمن فولتات قليلة).

*هذه العبارة ليست صحيحـة في ظروف معينة وخصوصاً في المناطق الريفية حيث يغذي محول صغير مجتمعاً معزولاً ممثلاً. إن الالكترود الأرضي المحايد يجب بالضرورة أن يكون له أقل مقاومة ممكنة في هذه الحالات وإذا لم يحدث ذلك فإن أجزاء من الجهد على سطح الأرض من الممكن أن تكون عالية بدرجـة خطيـرة بالقـرب من الالكتـرود أثناء الخطأ الأرضي ولهذا يتكرر هلاك الحيوانات لهذا السبب.

وبالنسبة للأشـخاص أو الحيوانات فـإن الخطر لا يكون بحـجم الجـهـد المطـلق لأن الخطر هـو الفـــرق بين الأجزاء المعدنية التي تكون ذات قطر ويمكن لمسها في آن واحد.

إن الجهاز الالكتروني لا يتـاثر بقيمة مقـاومة الأرض، وفي أسـوأ الحالات يوجـد خطر التعـرض لجهـود زائدة من كـابل خـارجي إذا كانت حـمـاية غير كافيـة أو التمديد السيئ، ولذلك فإن دور الكتل ضروري وأكثر أهمية من دور التأريض. إن الشرط الوحيد للأداء المقبـول للأجهزة الإلكتـرونية هو توفـر درجـة عاليـة من تسـاوي الجهـد. وقد ثبت أن طرفـين أرضيين يكونان دائمـاً أقل تساوياً في الجـهد من طرف واحـد. إن أي طرف أرضي مـفـرد حتـى لو أعتـبـر أنه "مـانع للتداخل" يكون دائماً عـائقاً لتساوي الجهـد وبالتالي لسلامة الأشـخاص وللأداء المقـبول للأجـهزة المتـرابطة. وينبـــغي دائمـــاً تواصل نـظامين للالكتـرود الأرضي غـير الفـاعل في الموقع عموماً.

في الممـارسـة العـمليـة يجب توخي الحـرص لعدم وجـود جهـد تلامس عند العـــمل على تواصل الأجـــهـزة الإلكتـرونيـة بـين مـبنيين (أجـهـزة الفـيديو والتـحكم والشبكة المحليـة وتقنيـة المعلومات) إذا كانـت أنظمة التـأريض للمـبنيين غـير مـتـرابطة بإحكام. وقد تبين كما لوحظ آنفاً أنه ليس من الممكن الـتأكـد من تسـاوي جهد الطرفين الأرضيين المنفصلين.

٢/٣ الكتل

إن معظم حالات القصور في أداء الأجهزة الكهرومغناطيسية، والتي تعزى إلى خطأً في بعض الأحيان إلى مشاكل في البرامج أو أخطاء إنسانية، وجد أنها بسبب مستوى غير كافٍ من تساوي الجهد بين الوحدات المرتبطة ببعضها (مجسات، بطاقات، محركات). هناك فرقان بين الموصل المدفون وموصل الكتلة. الموصل المدفون سيقوم بتبديد تيارات الوضع العادي، لكنه يكون دائماً بعيداً جداً عن الأجهزة التي يجب أن تكون فعالة عند التردد العالي، أما موصل الكتلة الذي يكون فوق مستوى الأرض فإنه يقدم ميزتين إلى الأداء الجيد للأجهزة الإلكترونية أي: إنها من الناحية الفيزيائية قريبة جداً من الدوائر، ويمكن الوصول إليها. يعتبر تساوي الجهد في الأجهزة وكتلها هدفاً وظيفياً. وحيث أن إشارات التداخل تسير في الكتل وليس في الدوائر الإلكترونية، فإنها تكون غير ضارة. ومن جانب آخر، إذا كانت الكتل ليست جميعها متساوية الجهد وموصولة بالأرض على شكل نجم× أي بواسطة أحد الموصلات الموصلة إلى القطب الأرضي الرئيسي، على سبيل المثال، فإن تيارات التداخل عند التردد العالي ستسير في أي مسار متوفر، أي بواسطة كبول إشارات ولذلك ستكون بعض الدوائر عرضة للتداخل وربما للتلف. إن عمل شبكات تربط موصلات الكتل لتشكل نظام ربط ذي معاوقة منخفضة ووثيق التوصيل لهو الطريقة الاقتصادية الوحيدة لضمان مستوى مناسب لتساوي الجهد لتركيب جميع الأجهزة الحساسة مرتبة على شكل "قفص فارادي" (غرفة محاطة بشبكة من الموصلات)، وهي مثالية من الناحية الفنية ولكن على وجه العموم ليس لها ما يبررها من الناحية الاقتصادية.

وحسب التعريف، فإن "كتلة" هي أي مادة موصلة يمكن لمسها بأي جزء من جسم الإنسان الذي يكون عادة غير مكهرب، ولكن يمكن أن يصبح مكهرباً كنتيجة لحدوث خطأ. إن الكتلتان اللتان يمكن الوصول إليهما وتكونان في متناول الإنسان، يجب أن تقدما إختلافاً محتملاً، تحت أي حالة خطأ يمكن تصوره، لا يتجاوز حد السلامة التقليدي الموصى به من قبل هـ .د.ك حسب معايير (UL) (هذا الحد قدره ٥٠ فولت ج.م.م (rms) في الأماكن الجافة و٢٥فولت ج.م.م (rms) في الظروف الرطبة بالنسبة لأجهزة التيار المتردد)، وهذه هي القيم القصوى المسموح بها والتي يمكن أن توجد بالتحديد في الظروف المحددة للتأثيرات الخارجية. ويمكن أن ينشأ جهد اللمس الخطير أثناء الخطأ إذا لم تكن مقاومة الموصلات متساوية الجهد منخفضة بدرجة كافية. وفي بعض الحالات، من الضروري تركيب موصلات متساوية الجهد إضافية على التوازي مع الموصلات القائمة وذلك للتطابق مع معايير .UL ويجب ملاحظة أن الوصول إلى إثنين (أو أكثر) من الكتل أمر غير قانوني حتى ولو كانت مرتبطة بتركيبات مختلفة إذا كانت موصولة بأجهزة تأريض مختلفة غير موصله ببعضها البعض.

ومن الواجب احترام قواعد السلامة، لكن هذه القوانين ليست كافية في حد ذاتها لضمان التوافق الكهرومغنطيسي ت ك م في المنشأة. وفي الحقيقية فإن خطر الصعقة الكهربية يكون موجوداً فقط بواسطة جهد ذي قيمة عالية وفترة طويلة نسبياً يظهر بين الكتل المتجاورة.

إن الأجهزة الإلكترونية تكون حساسة لمجموعة كبيرة من الترددات أو لنبضات قصيرة جداً. إن التفريغ الكهروستاتي، مثلاً، لا يكون له على وجه العموم تأثير بالنسبة لمصدره، لكنه يمكن أن يكون مأساوياً في حالة الجهاز الإلكتروني.

ت ك م

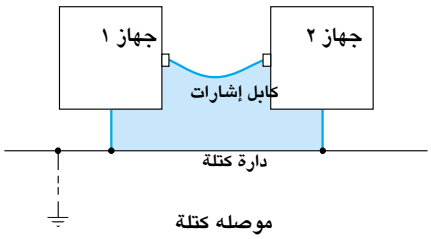
وتضمن أسلاك الأرضي العادية الموصلة على شكل "نجمة" (أي قطري)، على سبيل المثال سلامة الأفراد إذا تم احترام التقيد بالمواصفات المناسبة، ولكن ليس العمل المرضي للتركيبات التي تضم أجهزة ومعدات إلكترونية حساسة.

من المؤكد أنه يتم توصيل العديد من الأجهزة الإلكترونية والمعدات الأخرى لتبادل المعلومات. إن أفضل طريقة لضمان أداء ناجح يمكن الاعتماد عليه هو إيجاد درجة عالية من تساوي الجهد في جميع أرجاء المبنى.

١/٢/٣ دارات الكتلة وبين الكتل

دارة الكتلة هي المنطقة المشمولة بين كابل عامل (كابل قياسي، كابل تحكم، كابل منبع قدرة، كابل نظام شبكة محلية) وبين موصل الكتلة (عموماً أقرب موصل حماية PE). وعليه، يوجد عدد من الدارات بقدر ما هناك من الكابلات. وهذا حتمي، سواء أكانت الموصلات معزولة جلفانياً أم لا .

والعزل الجلفاني يقلل من دوران تيارات التردد المنخفض دون تقليص لمساحة الدارة. ويمكن أن تتذبذب الدارة بقوة عند التردد العالي بحيث أن الدارات ذات المساحة الكبيرة تشكل المشكلة الجوهرية في التوافق الكهرومغنطيسي.

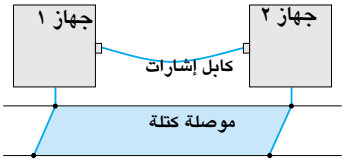


شكل –ت ك م–٧ يوجد دارة كتلة حتمية لكل كابل

إذا سار التيار حول دارة كتلة، فإن التيار في الوضع العادي قد يركب "ضجيجاً" (تشويش) على إشارات مفيدة (في وضع تفاضلي، بالتحويل من وضع عادي إلى وضع تفاضلي) أو قد يسبب الإضطراب للدوائر الإلكترونية عند كل طرف.

الخطر موجود على حد سواء للإشعاع من إحدى الدوائر بالنسبة لاستقبال التشويش من قبل الدارة. إن مراحل الدخل للدوائر الإلكترونية تكون حساسة للتداخل تماماً مثل مراحل الخرج، وتصفيتها أكثر صعوبة.

كما أن الأجزاء التي تحيطها موصلات كتلة لا يجب خلطها مع تلك المشار إليها أعلاه بعبارة "دارات كتله". ويفضل السماح للتيارات الطفيلية بالإنتشار في الكتل وليس في كابلات الإشارات وهذه الدارات التي بين موصلات الكتلة تسمى "دارات بين كتل".



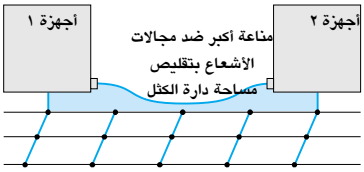
دارة بين الكتل

شكل ت ك م –٨

ت ك م

وفي حالة كتلتين متجاورتين غير موصلتين ببعضهما، يمكن أن يكون فرق الجهد التفاضلي بينهما ذا أهمية. إن وجود توصيل مباشر من إحداهما إلى الأخرى يحسن دائماً من حالة تساوي الجهد، ويجب على الأقل توصيل كتل جميع الأجهزة التي تتبادل المعلومات فيما بينها بواسطة موصلات كتل. وهناك طريقة مؤكدة أكثر لتحسين حالة تساوي الجهد وذلك بتوصيل جميع كتل الأجهزة، سواء أكانت تتبادل المعلومات أم لا.

ويجب عدم خلط "دارات الكتل" التي تسمى أيضا "دارات أرضية" مع "دارات بين الكتل" كما أن دارة الكتل غير مرغوب فيها، ويجب تقليص مساحتها إلى أدنى قيمة يمكن الوصول إليها، وذلك لتقليل تأثيرات التداخل في مجالات التشويش. ومن ناحية أخرى، فمن الممارسات الجيدة دائماً زيادة عدد وتقليص مساحات الدارات بين الكتل. وكلما تم تطوير هذه الطريقة، كلما كانت الحالة الناتجة لتساوي الجهد فعالة أكثر، وذلك عند كل من التردد المنخفض والتردد العالي. ومن المفيد دائماً توصيل الكتل بشبكة توصيل كابلات الكتل بغض النظر عن طبيعة الأجهزة المعنية.



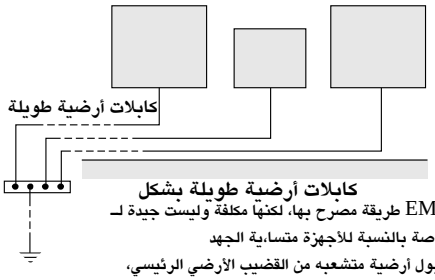
تزداد المناعة من التشويش المنبعث عن طرق مضاعفة وتقليص مساحة الدارات بين الكتل.

شكل ت ك م–٩

٢/٢/٣ وحدة شبكة الكتل

يجب أن تكون الكتلة مفردة حتى تكون متساوية الجهد. وهناك ثلاثة طرق لتوصيل الكتل بحيث تحافظ على هذه الوحدة:

١– توصيلات التأريض على شكل "نجمة": لكل جهاز كابل تأريض خاص به ينتهي مع جميع كبول التأريض الفردية الأخرى عند قضيب تأريض مفرد.

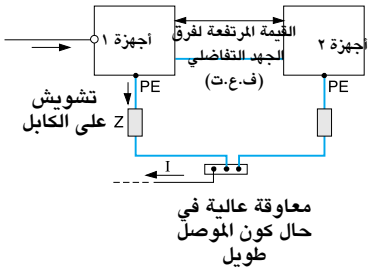


كابلات أرضية طويلة بشكل EMC طريقة مصرح بها، لكنها مكلفة وليست جيدة لـ خاصة بالنسبة للأجهزة متساية الجهد كبول أرضية متشعبه من القضيب الأرضي الرئيسي، شبيهة مجازاً بالنجم.

شكل ت ك م– ١٠ :

إن تبرير هذه الفلسفة سهل للغاية: عندما يقوم الجهاز بإرسال تيار تسرب إلى الكتلة، فإنه يفترض أن تبقى الأجهزة الأخرى عند جهد الأرضي. لكن جهد "الأرضي" ليس له متبق حقيقي في الإلكترونيات العملية، فجميع الجهود يُنسب أحدهما إلى الآخر. إن مفهوم جهد الصفر المطلق (أي "أرضي بعيد") يكون مطلقاً.

ومن المعتقد في الغالب أن النسق "النجمي" للتأريض ينهي مشكلة المعاوقة العادية، والحقيقة هي عكس ذلك تماماً إذ إن التأريض على شكل "نجمة" يزيد المعاوقة العادية (أي يشكل نقطة تقارن مشتركة) بين الأجهزة المرتبطة ببعضها.

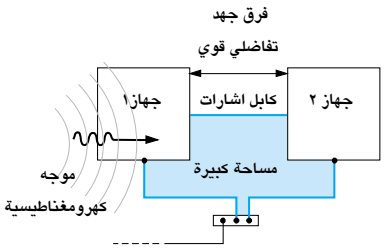


شكل ت ك م –١١

إن التأريض على شكل "نجمة" يمكن أن يخلق معاوقة مشتركة بين جهازين مرتبطين معاً.

كما أن من المعتقد أن نظام النسق "النجمي" للوصلات الأرضية يكبت دارات الكتل، لكن الأمر ليس كذلك بين الأجهزة المرتبطة ببعضها، إن المساحة المحاطة بدارة كتل يمكن في الحقيقة أن تكون كبيرة.

والمجال الكهرومغناطيسي الناتج مثلاً عن تفريغ الصاعقة سوف يستحث جهداً في دارة الكتل أكبر من ذلك الجهد الذي يحدث في أي طريقة من طرق التأريض.

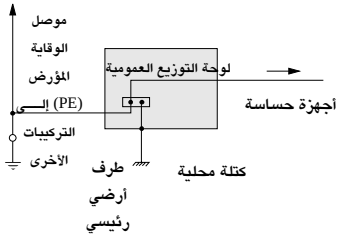


شكل ت ك م– ١٢

وهذه الطريقة المتبعة منذ وقت طويل للتأريض على شكل "نجمة" هي الآن ممكنة فقط للأجهزة التي تكون وستبقى معزولة عن أي أجهزة أخرى. ويمكن أن تكون هذه الطريقة مناسبة فقط للأجهزة الإلكترونية التماثلية (عكس الأجهزة الرقمية) ذات أجهزة إحساس طافيه، والدوائر الإلكترونية المعزولة تماماً عن أي دوائر أخرى، مثل هذه الحالات أصبحت نادرة بشكل متزايد. مع تصميم إرسال المعلومات– البيانات عبر مسافات كبيرة، والشبكات المحلية، والأجهزة الملحقة، بشكل عام، وتبادل الإشارات بين الأجهزة، فإنه يتوجب عدم الأخذ بطريقة التأريض على شكل "نجمة" علاوة على ذلك، حتى إذا كانت وصلة الأرضي لكل جهاز بواسطة موصل مفرد غير لازمة، فإنها تبقى طريقة مكلفة تتطلب كميات كبيرة من النحاس وساعات عديدة من أعمال التركيب.

إن التطبيق المعقول الوحيد للتأريض على شكل "نجمة" (في الحقيقة ، التوصيلة بالكتلة) هو كابل التوصيل بين الجهاز ومقبس منبع القدرة، أو أقرب لوحة توزيع. وهكذا، فإنه في بيئة ADPمن المعقول استخدام موصل الحماية ((PEلدوائر منبع القدرة ذي اللون الأخضر والأصفر لتوصيل كل جهاز بلوحة التوزيع العمومية الواقعة في الغرفة. ومن قضيب الأرضي المشترك باللوحة يؤخذ كابل حماية مفرد إلى قطب الأرضي الرئيسي للتركيبات.

هذا الموصل يمكن أن يكون مشتركاً بين أجهزة أخرى، ويمكن مع مزية أخرى توصيله بالكتل المجاورة.



شكل ت ك م–١٣

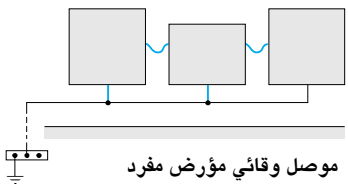
ترتيبات جيدة لنظام التأريض

وفي حالة تركيب مصدر تشويش قوي في نفس البيئة مثل الأجهزة الحساسة فإن تركيب نظام تأريض منفصل للأجهزة الحساسة يكون ضاراً ولا يوصى به. ولكن في الغالب من المرغوب فيه إمداد الجهازين غير المتوافقين على كبول منفصلة من شبكة منبع القدرة.

وعلى أي حال، تعتبر شبكة توصيل الكتل مناسبة حيث إن مثل هذه الشبكة من موصلات PEلها ميزة تفادي الدارات الإلزامية التي يمكن أن تصبح مأساوية إذا لم يتم التصدي لها بنجاح.

ويمكن قبول نظام التأريض على شكل "نجمة" فقط في حالة التركيبات ذات التردد المنخفض التي تكون وستبقى مستقلة ومعزولة عن أي تجهيزات أخرى.

٢– الربط لأقرب موصل PE: موصل PEحماية مفرد، مرتبطة بأجهزة متعددة



شكل ت ك م – ١٤

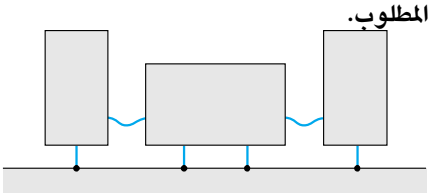
باستخدام ذلك النظام لشبكة الكبول فسيكون لدارات الكتل مساحة صغيرة وستكون المعاوقة المشتركة للأجهزة المرتبطة ببعضها أقل من تلك التي لها نظام تأريض موصل حسب النسق "النجمي"، وهذه الطريقة الاقتصادية

ت ك م

يوصى بها أيضاً لدواعي السلامة. من السهل إثبات أن جهد اللمس بين كتلتين موصلتين بنفس موصل PE تبقى أقل من قيمة (UL) التقليدية. إن خطر إستخدام نفس الموصل PEلتأريض نظامين، أحدهما "مشوش" والآخر حساس، لا يمكن إهماله. وبرغم أن المعاوقة المنخفضة للموصلات PEوالمستوى الجيد للمناعة من التشويش عند التردد المنخفض في الوضع العادي جميعها تحد من المخاطر، إلا أن تيارات التردد العالي الصادرة عن مصادر التلوث القوي (وخاصة محولات الطاقة الكهربائية) لا يمكن تبديدها والتخلص منها بفعالية بواسطة موصل PEمفرد. في مثل هذه الحالات، من الضروري تركيب موصلات PEإضافية على شكل شبكة متداخلة.

٣- أقصر توصيلة بأقرب كتلة

هذه الطريقة الثالثة من التوصيل بأقرب كتلة هي أفضل من تلك المبينة سابقاً، إنها ترتكز على وصلة شبكية من الكتل، حيث يتم تقليص مساحات دارات الكتل إلى أدنى حد ممكن وبحيث تصل درجة تساوي الجهد للكتل إلى المستوى المطلوب.



تركيبات الكتل المجاورة
(شبكة كتل، أرضية وهمية موصلة، حوامل كابلات، أقنيه، احواض، إلخ)

شكل ت ك م-١٥

ملحوظة: فيما يتعلق بسلامة الأشخاص، لا يعتبر هذا النوع من التوصيل المحلي بديلاً عن موصلات PE. لذلك، من المناسب تركيب الطريقتين (٢) (أو حتى (١)) لسلامة الأشخاص، ورقم (٣) للتوافق الكهرومغناطيسي ت ك م.

تعتبر الشبكة الموصلة للكتل أكثر أهمية كلما إزدادت المساحة التي تغطيها المنشأة مع الكابلات المترابطة ، أو عندما تكون الأجهزة موزعة على أدوار متعددة في المنشأة.

إن شبكة توصيل الكتل لا تقلل من الطريقة المناسبة لتزويد الأجهزة الحساسة بواسطة كبول إمداد أكثر من تلك المستخدمة في إمداد الأحمال شديدة التلوث، غير أن استخدام كبول إمداد مختلفة لا يعني كتلاً موصولة على شكل "نجمة".

تعني أطوال موصلات الحماية PE، عند التردد المنخفض أن معاوقتها تكون بشكل عام مرتفعة جداً بحيث قد لا تحسن بفاعلية من حالة تساوي الجهد، فعلى سبيل المثال، يعجز موصل PEطوله ١٠٠م عن تمرير تيارات ذات قيم محسوسة عند ترددات تتجاوز ١٠٠ كيلوهرتز.

لا تعتبر موصلات PE وموصلات التأريض وحدها كافية لضمان التوافق الكهرومغناطيسي للمنشأة. كما أن الموصلات الإضافية والتوصيلات القصيرة، فيما بين الكتل تعتبر ضرورية. وتقوم كابلات PE، حتى الطويلة، والمقصورة عند أحد الأطراف بواسطة شبكة كتل، بتأدية وظيفتها بطريقة صحيحة عند التردد المنخفض من أجل حماية الأشخاص. ويجب عدم إزالة التوصيلات بين الكتل وموصلات الحماية على الإطلاق، حتى لو ظهر أنها أصبحت زائدة عن الحاجة وذلك عند بناء شبكات للكتل المجاورة (توصيل محكم للأجهزة والكتل الأخرى لبناء "شبكة") .

ولا يجب اعتبار موصل الحماية PE كموصل تأريض ولكن كموصل "ربط"، أو موصل "ربط بالأرضي" وتكون وظيفته الرئيسية ضمان عدم تجاوز الحدود التي أقرتها UL بالنسبة لجهد اللمس الأقصى المسموح به.

إضافة إلى ذلك، لا يجب أن يوجد أبداً أكثر من نظام تأريض واحد لكل تركيبات (أي لكل موقع) أيضاً لنظام الكتل التي يجب أن تكون مفردة، وموصلة بنظام تأريض مفرد. وإذا لم يتم تبني هذه السياسة، فإنه سيتم بالتأكيد محاربتها من خلال مشاكل التوافق الكهرومغناطيسي بواسطة الوصلات الحتمية بين التركيبات المجاورة (أجهزة التحكم في الدخول، الفيديو، أجهزة الإنذار، تدابير السلامة .. إلخ).

وفي الحياة العملية، يمكن تضمين أي موصل بشكل مفيد في الشبكة متساوية الجهد للكتل: أنابيب معدنية، مواسير، مصارف، حوض الكابل والسلالم، الأجزاء الهيكلية (روافد، عارضات خشبية، قضبان تقوية، الخ). وهذه الشبكة من المعدن المترابط تحسِّن التوافق الكهرومغناطيسي للأجهزة بشكل كبير علاوة على دعم تدابير السلامة للأفراد. إن نوعية الموصلات في عملية تساوي الجهد ضئيلة، ويكون للموصل المصنوع من الفولاذ عند التردد العالي نفس المحاثة تقريباً مثل الموصل النحاسي الذي له مساحة مقطع عرضي وطول مناظر. إن هذه التوصيلات بأي كتل في المباني مصرح بها ومرغوبة. إن التوصيل بين جميع الكتل من كل نوع بشكل روتيني إجراء سهل ويضمن الحصول على أفضل النتائج من حيث تحديد التوصيلات بكتل الأجهزة والمعدات، وبكتل الأجهزة الإلكترونية والكهربائية. وبهذه الطريقة تتكون "شبكة الكتل" أو "شبكة الكتلة" (حيث يستخدم المصطلحات)، ومن غير المفيد في كثير من الحالات تركيب موصل كهربائي إذ يكفي ببساطة القيام بالتوصيل بين أكبر عدد ممكن من النقاط وبين جميع الأنابيب المعدنية والمواسير والقنوات والروافد الهيكلية والعوارض الخشبية وقضبان التقوية، الخ. ، ويوصى بتوصيل كل حامل كبير، مثل الهياكل والإطارات وشبكات الكتل، على مسافات تبلغ ١م تقريباً. وأخيراً، إن حالة تساوي الجهد الفعال لجميع الكتل تحسِّن الأداء المطلوب لأي جهاز إلكتروني، وبخاصة في حالة الأجهزة الرقمية ذات التلوث السريع أو المرتفع. وسواء أكان لغرض تحسين المناعة من التداخل الكهرومغنطيسي أو لتقليل الإشعاع من المعدات في المنشأة فإن الإتصال الشبكي للكتل يعتبر حلاً سهلاً وفعالاً ورخيصاً نسبياً للترددات حتى عدة عشرات من الميجاهرتزات وإذا كان نظام منبع القدرة العام يستفيد من تشغيل التوصيل النجمي ثلاثي الطور، فإن سبب ذلك هو أن مصادر الإمداد تكون (ويجب أن تبقى) معزولة جلفانياً، كل واحد عن الأخريات.

يجب أن يكون معروفاً أن العوامل الملائمة للتوصيلات الطورية لا تكون بالضرورة كذلك بالنسبة للكتل. إن تيار التردد العالي لا يستطيع أن يسري بسهولة خلال موصل طوري: إن ذلك يكون ممكناً فقط عند الترددات المنخفضة. ويعتبر تقسيم تيارات التردد العالي الحتمية ذات الوضع المعتاد خلال المسارات المتعددة للعديد من موصلات شبكة الكتل ضماناً لحماية كابلات الإشارات. وقد تبين من التجربة أنه إذا كان عمل النظام صحيحاً في غياب تداخل التردد العالي، بغض النظر عن طريقة تمديدات الكابلات لكتلها، فإن الشبكة المعتادة للكتل ليس لها أي أثر عكسي على عمل النظام السليم بل على العكس من ذلك إنها تحسن بشكل حاسم من أداء النظام.

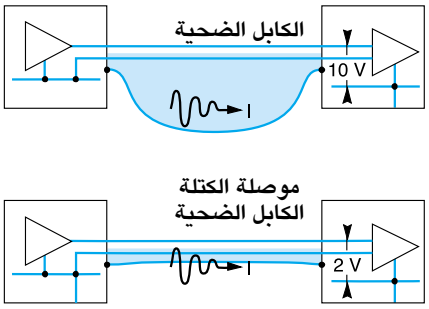
وباستثناء ما يخص التركيبات ذات التكلفة العالية من نوع "قفص فارادي" (المكلفة جداً)، فإن خلاصاً من نوع (قفص فارادي) سيكون هو الطريقة العملية الوحيدة لتوصيل الشبكة بالكتل وذلك لضمان مستوى ملائم من تساوي الجهد لمقاومة جميع أنواع التداخل الكهرومغنطيسي بشكل فعال. إن فكرة تساوي الجهد هي حالة فريدة كلما إزداد التردد، ويمكن الحصول على حالة الجهد المتساوي عند التردد العالي فقط وذلك بسريان تيارات الوضع المعتاد في جميع

الاتجاهات، أي بطريقة التشـتيت. ولذا فإنه يوصى في البيئة الصناعية بإجـراء توصيل روتيني لجميع هياكل التـوصـيـل بالمسـارات الموصلـة المجـاورة من. المبنى بواسطة أقصر موصلات "الربط" الممكنة و، حيثما كان ذلك مناسباً (مثلاً في المبـاني متعددة الأدوار) في أبعاد ثلاث. وهذه هي الطريقـة الاقتـصـادية المثلى لتحـسين تساوي الجـهد للتركيـبات عند كل الذبذبات بالرغم من تواجـد بعض التـيـارات في الكتل ، وهذه الطريقـة هي الأفضل من الناحية الاقتصـادية لتحسين تساوي الجهد للمنشأة عند جميع الترددات بالرغم من بعض التيارات الحتمية في الكتل.

والأجهزة التي تركب على المناضد في البيئـــة المكتبية دون توصـيلها بالشـبكة هي التي فـقط لا تحتـاج إلى وصلها بـشبكة الكتل. ومن جـهد أخرى يجب حـجبـها بعناية شديدة.

٣/٣ تأثيرات التوهين

يتحـدد التأثير التوهيني لـبيئة موصلة (كتلة) بسـعة تداخل الوضع المعتاد الذي يظهـر على كابل مركب على موضع بعيد عن أي كتل، بالقـياس لسعة التداخل على نفس الكابل بسـبب نفس التشـويش ولكن يكون الكابل مركباً على القرب (أي مشبوك بإحكام) إلى الكتلة، على امتداد طوله.



شكل ت ك م-١٦ مثال لتأثير التوهين (يساوي ٥ في هذه الحالة).

إن تأثير التوهين هو أحد العوامل الرئيسية في التوافق الكهرومغناطيسي لأنه فعال وغـير مكلف إلى حد كبير. ولكي يتم تبـادل الإشارات في حـالة جيـدة- أي تقيـيد والحد مـن التداخل الذي تلتـقطه كابلات الإشـارة- من المهم تخـفيض الاقتـران في الوضع المعتـاد. أي أن بني معدنـية قريبة له - أي تلامس- ومـوازية طولياً لكابل إشارة من طرف لآخر بإمكانها إحداث تأثيرين مواتيين :

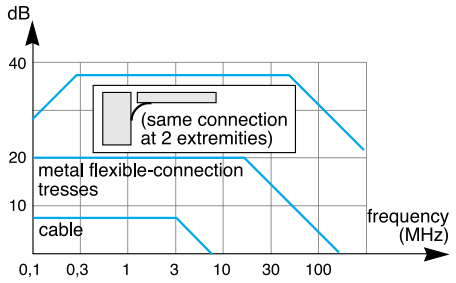
١- **تشبيك أكثـر فاعلية للكتل.** بالنسبـة للتيارات المستـمرة لا يعمل التـشبيك كـموهن، إن دوره تقليل المقاومـة بين الكتل وليس إحـداث تأثير تحـجبي. إن التأثير الجـلفاني للتشبـيك مستقل عن بقـية كابلات الإشارة من الكتلة.

٢- **تأثير التوهين (الحجب)** يضيف تأثير التقاربية إلى التأثيـر المذكور أعلاه إذا حلت الكلمة "مـعاوقة" محل "مقاومة" ويتم ذلك بـتوصيل الأجهزة الموصلة بينياً مع الإشارة.

كتلة البنات الموصلة القريبـة من كابلات إن المنفعة هي تحجيب فـعال بدون تكلفة تقريبـاً. ولأن تأثير التوهين يعزى مباشرة إلى الحث المتبادل، لا يوجد توهين للتيار المستمر كمـا هو ملاحظ في رقم ١ فينبغي أن لا ننسى أن أي كابل يمكن أن يكون هوائياً ذا نطاق موجات واسـع بصورة ممتازة وخـاصـة في النطاق المتـري. ولكي نخـفض قدرته الإشـعـاعيـة تتكون الطريقة البسيـطة ذات الكفاءة وغير المكلفـة من وضع الكابل أقـرب مـا يمكن من بنية كتلة على امتداد طوله أي أقـرب كابل كـتلي أو نظام أقنيـة مـعدني أو عـارضـة هيكليـة .. إلخ. وببساطة نستطيع أن نفـسر التأثير التوهيني الذي يحـدثه موصل كتلي بالقرب مـن كابل إشارة على الـنحو التالي: عند حدوث تشـويش للموجة الكهرومغناطيسية، يستحث تيار في الموصل الكتلي. ويولـد هذا التيـار - وفقاً لقانون لنز- مجـالاً مغناطيسياً يعمل في الاتجاه المعاكس الذي أنتج التـيار. ولذا سـيتـاثر كابل الإشـارة المقارب للـموصل الكتلي بالاخـتلاف فـقـط بين المجـال الأصلـي والمجـال المفاعل لتيار الموصل الكتلي. ويعرف المجال الناتج المؤثر في كابل الإشارة بأنه المجـال المتخلف ويكون ذا شـدة أقل من المجـال الأصلي. وعليـه فـإن الكابل القـريب من كتلة مـوصلة من طرف إلى طرف يكـون أقل تعـرضـاً للأنواع الأشد من الـتداخل أي تداخل الوضع المعـتـاد وبالإمكان جـعل تأثيرات التوهين أكثر فعالية بترتيب الكتلة حيثمـا أمكن لتغلف الموصلات المطلوب حـمايتـهـا. وبهذه الطريقـة يحمي حجاب معدني

منسوج مدمج في كابلات الإشارة وموصل بالكتلة الموصلات المغلفة فوق تردد ١ ميجاهيرتز بعامل توهيناً ٣٠٠ على الأقل. من الصعب تحجيب جميع الموصلات البينية في منشأة ولكن يكون من السهل غالباً اختيار طرق الكابلات التي تعطي توهيناً جيداً.

وللاستفادة من تأثير التوهين ، يكفي تثبيت الكابلات على كتلة موصلة على امتداد كامل طول الكابل ويجب ربط تلك الكتل معاً كهربياً بعناية ومع جميع الإطارات الهيكلية القريبة. إن جودة (أي المعاوقة المنخفضة) الروابط المتصلة بينياً لها أهمية قصوى . إن أكثر الروابط كفاءة هو التلامس المباشر لشريحة معدنية على شبكة معدنية.



شكل ت ك م – ١٧

إن الاستمرارية الكهربائية من طرف لآخر والوصلة الصحيحة للكتلة عند الطرفين يضمنان عامل توهين فعال. من الموصى به توصيل طرق تمرير الكابلات بهياكل التيار الموصلة على مسافات على امتداد طريق تمرير الكابل. إن عامل التوهين لا يخفض بهذه التلامسات الإضافية بين الكتل، لكن شبكة الكتلة تتحسن. في حوض كابل مفرد، كي نحد من "الحديث المتنقل" ، ينبغي عدم وضع كابلات القدرة أو كابلات أجهزة التحكم في السرعة مثلاً بجانب كابلات الإشارات الصغيرة.

والشئ المثالي في بيئة صناعية هو تركيب ٣ أحواض كابلات منفصلة أي واحد للقياسات والوظائف المماثلة وواحد لدوائر التحكم والبيان وواحد لكابلات القدرة.

إن الموصل النحاسي يعطي عامل توهين من الفئة ٥ إذا تم تركيبه على امتداد كامل الطول بالقرب من كابل إشارة محمي. ولذا يعتبر ربط كابلات الإشارة بكابلات التأريض المتواصلة بينياً ميزة في طريق الكابلات المعتاد (بين المباني مثلا). وهذا يبقى صحيحاً إذا كانت الأرضيات متواصلة في الأماكن الأخرى. ومن الممكن دائماً إضافة كابل كتلي بجوار كابل إشارة حساس على وجه خاص عند اللزوم. ويشار حينئذ إلى الكابل الكتلي على أنه "الكابل المرافق" . ينشئ الكابل المدفون الذي يمرر تياراً متردداً في الوضع المعتاد مجالاً مغناطيسياً في التربة المحيطة. ويحدث هذا المجال متحد المركز تيارات فوكلت في الأرض وتتبدد الطاقة المغناطيسية في صورة حرارة. وتخمد تيارات الوضع المعتاد بهذا التأثير، الذي لا يشبه بالضبط تأثير التوهين الموضح أعلاه، لكنه إلى حد ما مناظر لعمل المحول مع الحمل المقاوم. إن عمل الاخماد يكون فعالاً بشكل خاص عندما يكون سبب التداخل موجات متكررة من التذبذبات الانتقالية المخمدة (مثل الانفجارات) . وتزيد تيارات فوكلت في التربة من درجة الاخماد.

٤/٣ قواعد التركيب وتمديد الكابلات

لحل غالبة مشاكل ت ك م ، يكفي مراعاة قواعد تمديد كابلات أولية قليلة (صارمة). إن المطلوب الأول هو أن تقرر إلى أي مجموعة ينتمي كل كابل. إن الأنواع التالية من مجموعات الكابل تغطي معظم الانشاءات العملية.

المجموعة رقم ١: دوائر القياس (للاشارات التناظرية منخفضة المستوى) وموارد مسابير التناظر. هذه المجموعة حساسة.

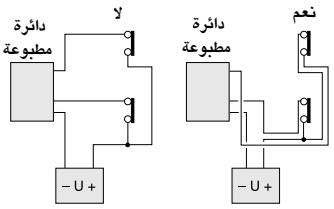
المجموعة رقم ٢: الدوائر الرقمية . هذه المجموعة أيضاً حساسة (وخصوصاً للنبضات والانفجارات). ويمكنها أيضاً التداخل مع دوائر المجموعة رقم ١,

المجموعة رقم ٣- دوائر التحكم والبيان شاملة مرحلات "الجميع أو لاشيئ" . AONوستتداخل هذه المجموعة مع المجموعتين رقم ١ و٢,

المجموعة رقم ٤ - كابلات التغذية بالقدرة. وهي كابلات قدرة من شبكة التوزيع العامة أو من مصدر توليد خاص(مصدر تغذية بالقدرة في حالة الطوارئ مثلاً). التيارات عند هذا المستوى يتم إغلاقها وفتحها تكراراً وشطرها (بواسطة أجهزة الطاقة – الالكترونيات العديدة والمقومات والمقومات العكسية وهكذا). وفي التشغيل العادي، تولد هذه الوظائف تياراً عالي الترددات وعناصر جهد في موصلات التغذية . وتشكل هذه التيارات والجهود بيئة عالية التلوث للمجموعات رقم ١و ٢و ٣ . ويوصى بأن يكون لكابلات وأسلاك كل مجموعة لون مميز ومختلف عن المجموعات الأخرى.

القاعدة رقم ١- موصلات الذهاب والعودة لأية دائرة يجب دائماً وضعهما متقاربين معاً قدر الإمكان.

وتنطبق هذه القاعدة العامة أيضاً على كابلات التغذية بالقدرة. لا تغذي بدائرتين نجمة (أي إشعاعاً) والتي تكونا غير منفصلتين وتتبادلان الإشارات. من الضروري حتى لإشارات مرحلات AON ذات موصل عام واحد إن تلازم موصلات فعالة مع موصل عام واحد على الأقل لكل كابل أو لكل كابل متعدد القلوب. وبالنسبة للإشارات التناظرية أو الرقمية، فإن استخدام الكابلات ثنائية القلب (أو الموصلات المزدوجة) هو الحماية الأساسية التي تمثل الحد الأدنى.



شكل ت ك م –١٨

القاعدة رقم ٢ – ينبغي تثبيت جميع موصلات الدوائر الداخلية المتواصلة والكابلات إلخ متلامسة عن قرب بالهياكل متساوية الجهد التي تشكل الكتلة الكهربية .

ويضم هذا الاجراء فائدة توهين التداخل الموضح سابقاً بلا تكلفة تقريباً. تأكد من أن الكابلات أو الأسلاك غير المستخدمة أو القلوب الحرة غير مسموح لها بالتحرك على نحو غير ملائم في الجهاز.

القاعدة رقم ٣- يوصى باستعمال كابلات محجبة للدوائر ذات الضوضاء والدوائر الحساسة.

إن التحجب حماية فعالة ضد ضوضاء الترددات العالية بشرط توصيله بالكتلة عند كل طرفي للكابل على الأقل. من الممكن تماماً أن نضع كابلين من مجموعتين مختلفتين متجاورين بشرط أن يكون أحد أو يفضل كلا الكابلين محجب ومتصل بواسطة ضفيرة معدنية منسوجة مرنة بالكتلة عند كل طرف. إن الكابلات المحجبة المعزولة جيداً تكون منيعة "لانتقال الكلام".

القاعدة رقم ٤- فقط موصلات نفس المجموعة بالإمكان وضعها معاً بنفس الطريق في كابل أو في نفس الحزمة.

ت ك م

بالنسبة للكابلات من النوع الشريطي المسطح عديد القلب، ينبغي فصل الموصلات التي تحمل الإشارات التناظرية عن التي تحمل بيانات رقمية على الأقل بموصلين أثنين موصلين بالكتلة بالجهد المرجعي لكل بطاقة منهما. بالنسبة للموصلات الرقمية، فإن توصيل سلك من كل أثنين في الكابل من النوع الشريطي المسطح بالجهد الصفري عند كل طرف يقلل انتقال الكلام عالي التردد بين الخطوط بنسبة ٥ – ١٠ . علاوة على أنه من غير المرغوب فيه استخدام كابل توصيل عديد القلب كوصلة بين المجموعات المختلفة. وفي الممارسة العملية، فإن مباعدة بحوالي ٣٠ سنتيمتر تقريباً يكفي عموماً حتى في بيئة معزولة لتقليل انتقال الكلام عبر الأسلاك إلى مستوى مقبول. إن التقاطع بين كابلين من مجموعتين مختلفتين يعطي أقل اقتران مشترك ممكن إذا تقاطع الكابلان عند ٩٠ درجة. وعليه يجب ممارسة ذلك بصفة روتينية منتظمة.

القاعدة رقم ٥ – ينبغي دائماً توصيل أي موصلات حرة (أي غير مستخدمة) من المجموعة رقم ٢أو المجموعة رقم ٤ إلى كتلة الشاسيه عند طرفيه.

وبهذه الطريقة يمكن أن يصل تأثير التوهين إلى ما يزيد على ٢, يجب أن يكون إزالة هذه الوصلات إلى الكتلة بسهولة لتحرير أي قلوب قد يتم الاحتياج إليها في وقت لاحق. بالنسبة للمجموعة رقم ١ (عند الجهد والتردد المنخفض جداً) يمكن أن تكون تلك التوصيلة غير مفيدة ولا يوصى بها. إن الضوضاء عند التردد الصناعي من الممكن أن يسبب تداخلاً غير مقبول.

القاعدة رقم ٦ – لا حاجة لتحجيب كابلات المجموعة رقم ٤ إذا كانت ممرشحة من الضروري بشكل عام مرشحة كابلات التغذية بالقدرة عند نقطة الدخول لجهاز. ومن ناحية أخرى، من الصعب مرشحة كابلات القدرة التي تغذي أجهزة التحكم في التغيير السريع وخصوصاً عندما يكون تيار الذروة مرتفعاً.

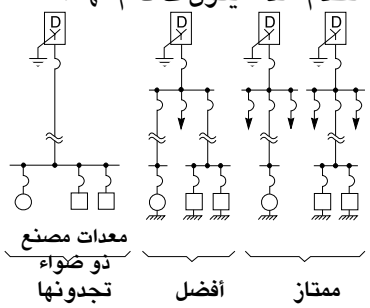
ومن ثم يصبح من الضروري تحجيب الكابلات بضفائر معدنية، مرنة أو بأنبوب معدني مستمر حتى الكتلة عند كل طرف.

والعكس حالة صحيحة : فإن الكابل جيد التحجيب لا يحتاج إلى مرشحة. في الوطيدة المعتادة (قاعدة مربعة للأعمدة) لا تكاد توجد مشاكل تداخل الكابل مفرد محجب من كابلات التغذية بالقدرة المجاورة.

القاعدة رقم ٧ – يجب تزويد الأجهزة ذات الضوضاء بكابلات قدرة منفصلة.

ستقلل هذه القاعدة من ضوضاء نظام التغذية بوضع تفاضلي. ولا يجب الخلط بين هذه القاعدة وبين ممارسة التوصيلات الشعاعية للكتل التي نوقشت سابقاً. لا ينبغي توصيل الموصل المحايد بالكتلة إلا عند نقطة مفردة. وهذا هو الفرق الأساسي بين الموصل المتعادل والموصل الأرضي الواقي *PE

*إن تخطيط TN-C لمنشآت القدرة يستخدم موصلاً واحداً فقط يعمل لوظيفتي PE والمحايد. وهذا لأسباب واضحة فإن تخطيط TN-C لن يستخدم عندما يكون ت ك م مهماً.



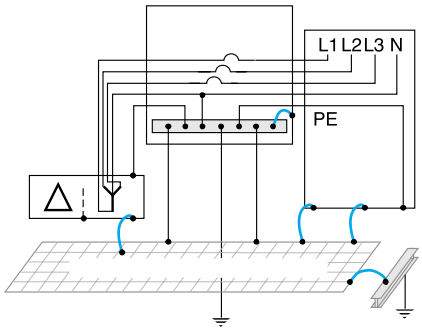
شكل ت ك م –١٩

ولأن المعدات تتلقى تغذيتها بالقدرة منفصلة وهي معزولة عن بعضها، فإن تغذية المعدات المختلفة بخطوط قدرة منفصلتين احتياط حصيف. وعلى أية حال، فمن النافع أن كتل (شاسيهات) الأجهزة يتم الاحتفاظ بها عند نفس فرق الجهد. أي شبكة شعاعية للتغذية بالقدرة وتوصيل تشابكي لشبكة الكتل.

إن توصيل قضيب الأرضي الرئيسي في لوحة التوزيع الرئيسية لمنشأة (انظر الشكل أدناه) بشبكة الكتلة ، يفضل أن يكون لها محاثة أقل من ١ ميكروصفري (كلما كان أقل كان أفضل). موصل مفرد طوله ٥٠سم أو موصلان متوازيان (ليسا متقاربان جداً) كل منهما طوله متر.. إلخ.

التغذية بالقدرة والتوصيلات لكتل جهاز كهربي.

لتغذية المنشأة، من النافع وضع المحول أقرب ما يمكن لعناصر الحمل آخذاً في الاعتبار تأثير مجال الحث المغناطيسي الاستاتيكية.



شكل ت ك م – ٢٠

٥/٣ مكونات وحلول التوافق الكهرمغناطيسي

تتطلب أنظمة ت ك م استخدام مكونات محددة فيما يلي تحليل بشروط استخدام وأداء تلك المكونات المحددة أي الأحجبة الكهرومغناطيسية والغلاف ومحددات الجهد الزائد والكابلات المحجبة.

١/٥/٣ الأحجبة الكهرومغناطيسية

يهدف عمل الأحجبة الكهرومغناطيسية عزل منطقتين من الفراغ: أحداهما مطلوب تحجيبه من مصادر الإشعاعات الكهرومغناطيسية النابعة من الآخر. ويتكون دائماً التحجب الكهرومغناطيسي من غلاف موصل يكون عموماً معدنياً.

وعند الترددات المنخفضة، نادراً ما يقترن المجالات E و H إن التحجب ضد المجال E يكون دائماً فعالاً ويكفي حتى حبر موصل. لكن المجال H صعب جداً تحجيبه ضد الترددات المنخفضة. يتطلب ذلك استخدام مواد ذات إنفاذية مغناطيسية (μ) عالية جداً (الحديد المطاوع وسبيكة الحديد النيكلي والنحاس والمنجنيز) و/أو المعادن منخفضة المقاومة (النحاس أو الألمنيوم). وعلى أية حال، يجب أن تكون الأحجبة المغناطيسية سميكة كي تكون فعالة. بالنسبة لأنظمة التيار المستمر، يمكن الحصول على الحماية فقط باستخدام مواد مغناطيسية . يجب وضع الحجاب أقرب ما يمكن للشيئ المراد حجبه ويجب زيادة سماكة الحجاب كلما كبر حجمه. ويشيع استخدام الأحجبة أكثر للتحجب ضد التشويشات عالية التردد.

يثبت على جميع الحاسبات المتوسطة ومن الآن فصاعداً على جميع ألعاب الفيديو تحجب كهرومغناطيسي. إن دور الحجاب هو الحد من الأشعاع من الدوائر الرقمية إلى هوائيات أجهزة استعمال اللاسلكي في الجوار. ولأن الحجاب أداة سلبية خطية ثنائية، فإن فعلها يكون تبادلياً. أي أن كفائته عند تردد معين متماثل سواء تم حماية حيزه التخلي من الاشعاعات الخارجية أو العكس.

إن الفعل الابتدائي للحجاب الكهرومغناطيسي هو فعل المرآة بعكس الطاقة الكهرومغناطيسية نحو مصدرها. إنها إذن ظاهرة انعكاس والجزأ الذي لم ينعكس من الطاقة الكهرومغناطيسية (لا يوجد عاكس مثالي) يتم نشره في مادة الحجاب حيث يتبدد في صورة حرارة وهذه الظاهرة تسمى امتصاص. إذا كان أحد أو كلا هاتين الخاصتين جيداً فإن الحجاب يؤدي وظيفته.

يجب أن يكون حجاب الترددات العالية موصلاً كفئاً (مقاومة منخفضة) لكي يجب – وهو الأهم– أن يقوم تسريب بسيط يهمل . إن كلمة "التسريب" المستخدمة في هذا السياق تشير إلى الاختراق خلال الحجاب بواسطة الطاقة الكهرومغناطيسية المشعة. ويمكن أن يكون التسرب شقاً صغيراً في الحجاب. كلما ارتفع تردد الاشعاع كلما كان طول الموجة أقصر كان حجم الشقوق صغيراً يمكن احتماله.

وعكس الاعتقاد الشائع فإن طبيعة المواد المستخدمة في التحجب له أهمية بسيطة عند الترددات العالية. والسمة الوحيدة التي يجب أن تكون في أعلى جودة تختص بانخفاض المقاومة والملامسات الكهربية. فيجب توخي أقصى الحرص لتجنب التأكسد أو الأنواع الأخرى من النحت. ولهذا السبب تكون الملامسات إما من القصدير أو مطلية بالنيكل.

لا يحتاج الحجاب الكهرومغناطيسي بالضرورة لتأريضه ليكون فعالاً. إذ أن مجرد وجوده في المجال المغناطيسي كافياً. وبالنسبة للمجالات المغناطيسية يكفي أن يعمل الحجاب كمرجع فرق جهد للدوائر الداخلة والخارجة. ويمكننا استنتاج أن الحجاب يمنع المجالات من اختراق الفراغ المحمي، ولكن أيضاً وبشكل خاص تمنع الطيارات المتطفلة من الدخول. وبهذا تكون الأحجبة والفلاتر غير متنافسة ولكن متكاملة معاً.

إذا كان الحجاب ذا جودة ممتازة ودون تسرب فمن الممكن تركيب موصلات دخول وخروج عند أي نقطة مناسبة. وإذا كان العكس وأداء الحجاب سيئ مع تسرب مفرط (شاشة العرض أو لوحة الدوائر المطبوعة أو قارئ القرص) فيكون ميزة تجميع جميع موصلات الدخول والخروج على شاسيه مشترك، بعيداً عن التسريب ويكون دور هذا الشاسيه هو نقطة فرق جهد مرجعية ويمكننا ملاحظة أن جميع الحاسبات الوسيطة الحديثة كوابلها مجمعة في خلفيتها بعيدة عن وحدات الأقراص المركبة على مقدمة الجهاز.

٢/٥/٣ فلاتر ت ك م

إن مرشح ت ك م حماية ضد تداخل الحث ويتكون عادة من توليفة مكثفات ومحثات. إن دوره هو السماح بمرور الطاقة أو الإشارات داخل نطاق الترددات المفيدة وطرد الترددات المتطفلة.

إن الفلاتر في دوائر التغذية بالقدرة جميعها منخفضة التمرير وتسمح بتيارات القدرة– التردد بالتدفق ولكنها تخمد تيارات الترددات الأعلى. بالنسبة للكابل المحوري المتواصل فإنه مرشح عالي التمرير ومضاد للطفيليات أي أنه يسمح للإشارة عالية التردد بالمرور ولكنه يطرد أي تيار تداخل منخفض التردد.

يمكن إذن توصيل الكابل بالكتلة عند الطرفين دون أي صعوبة. إن وجود مرشح عند الدخول إلى جهاز استقبال لاسلكي هو مرشح تمرير النطاق الموجي الذي يطرد الإشارات خارج نطاق الترددات المطلوب (وكذلك التداخلات). وأخيراً المرشح التوافقي هو فلتر ذو نقره يتم ضبطه ليعمل كمقصر دائرة (وبشكل عام طور/طور) عند تردد توافقي، وعادة يكونوا مرشحان أو أكثر، الأول للتوافقيات فردية العدد فوق التردد الأساسي لأنها تكون الأكبر حجماً جميعاً. إن مرشح ت.ك.م دائرة خطية طالما بقيت المحثات غير مشبعة وسلبي وأيضاً ثنائي .

ت ك م

ويكون فعالاً عند تردد معين من الداخل والخارج وفي الاتجاه المعاكس أيضاً.

إن المرشح يعمل بالانعكاس أي بإرسال الطاقة عائدة نحو المصدر بسبب عدم توافق معاوقات المرشح / الخط. ثم يعمل بالامتصاص أي بفقد الطاقة في صورة حرارة بينما تمر خلال المرشح.

لأن المحثات مكونات منخفضة الفقدان عند الترددات المنخفضة فإن مرشحات L/C تعمل أساساً بالانعكاس وتتوقف أيضاً فعالية المرشح على معاوقات ، ويشار إلى كفاءة المرشح بأنها " فواقد إدخال " .

ملحوظة: إذا لم يتوافق المرشح مع خط يوجد احتمال أن يتوافق مع خط آخر. وهذه ظاهرة يمكن ملاحظتها في فلاتر خطوط التغذية بالقدرة منخفضة التردد. وينتج عن الرنين (جزئي) للمرشح تلف عند التردد المنخفض للمستوى المرسل مقارنه به عند عدم وجود مرشح.

ويجب التحقق من أن التردد الرنيني للمرشح لا يمكن أن يكون مشكله (يجب أن يكون أقل من تردد تيار الشطر مثلا). وتستخدم المرشحات في مرشحات التغذية بالقدرة عادة محثات في الوضع المعتاد تسمى "ايضاً" ملفات تعويض التيار "أو" المحثات المعوضة". وتقدم تلك المرشحات درجات مختلفة من الفعالية في الوضع المعتاد أفضل مما تقدم في الوضع التفاضلي.

إذا تشبع ملف الحث في مرشح بتيار يمر خلاله معاقه بصورة كبيرة فعالية المرشح. وكي نراعي مواصفات ت.ك.م فإن المرشح يكون إلزامياً في دوائر التغذية بالقدرة. وعند عدم تركيب مرشح يكون من الضروري غالباً اختيار واحد له كفاءة من فئة ٣٠ ديسيبل في الوضع المعتاد عند ١٠٠ ميجاهرتز وكي يعمل مرشح التغذية بالقدرة بكفاءة عند التردد العالي يجب تركيبه وفقاً لثلاث قواعد:

١- أربط الشريحة المعدنية للمرشح بشريحة معدنية بمسمار ملولب للحد من معاوقته للكتلة.

٢- ضع كابل التغذية بحيث يدخل المرشح من الجهة المعاكسة لجهة دائرة الخرج كي تحد من اقتران تيار الصعود/ تيار الهبوط في الوضع المعتاد .

٣- ثبت الكوابل باحكام (بمشابك) على الرقائق المعدنية للوحدة للحد من الاشعاع من موصلات تيار الصعود المؤثر على دائرة تيار الهبوط.

إن الممارسة المفضلة هي تركيب جميع مرشحات الجهاز على نفس القاعدة المعدنية، التي تعمل كمرجع فرق جهد. إن فكرة تساوي الجهد عند التردد العالي موضعية: بمعنى أن كل جهاز يجب أن يعطى بغلافه الموصل فرق الجهد المرجعي الخاص به إلى مرشحات الدخول والخروج وإلى كابلات التوصيل المحددة.

إن مرشحات الإشارة تكون غالباً توليفات R.C. فيمكن أن يكفي مقاوم بسيط من فئة ١ ك موصلا على التوالي مع خط حساس لدعم مناعته. ويمكن أيضاً استخدام ملفات حث صغيرة مع سلكين أو أربعة أو أكثر ملفوفة إثنين إثنين.

ومن الجدير بالذكر أن هذه المكونات تقلل تداخل الوضع المعتاد دون تأثير على الإشارات المفيدة المرسلة في الوضع التفاضلي.

ت ك م

٣/٥/٣ الحماية من الجهد الزائد

إن دور محدد الجهد الزائد يشار إليه أحياناً بأنه "محول التَمَوُّر" أو المكونات أو كابل الأجهزة بواسطة التداخلات التي قد تحدث عند مستويات الجهد المفرطة.

إن محدد الجهد الزائد عموماً جهاز غير خطي أحادي الاتجاه بمعنى أنه يحدد القيمة القصوى للجهد عند مستوى أقل بكثير من مستوى التمور الداخل. وهذا المستوى المنخفض يكون مبدئياً أقل من المقدرة المقننة لتحمل الدفعة لكامل تيار هبوط المحطة والمعدات.

ولكن تقييد حد الجهد الأقصى لا يقلل شدة مجال إشعاع الترددات العالية. وبالعكس فإن المرشح منخفض المرورية لا يحد من الحد الأقصى للجهد الذي تزيد فترته عند مستوى نصف الذروة بكثير عن زمن استجابة المرشح. وعليه فإن المرشح الفعال الذي يضبط ترددات فوق ١٠ ك هيرتز يكون له زمن صعود حوالي ٣٥ ميكروثانية.

إن أول محددات جهد استخدمت في أنظمة الهاتف كانت أجهزة تفريغ معبأة بالغاز.

يحتوي الغلاف المملوء بالغاز قطبين مفصولين عن بعضهما بمسافة معايرة. ويقوم الجهد الزائد بتأيين الغاز مما يسمح بحدوث تفريغ بين القطبين وبذلك يخفض فرق الجهد ويسمح للغاز بزوال التأين. إن ذلك الغلاف قوي وله تأثير تطفلي صغير. ولكن تعطله أحياناً (الذي يحدث غالباً بتقصير الإلكترون عقب تفريغ الجهد الزائد واستثارة الغاز المؤين أحياناً لتقصير دائرة عند جهد العمل المعتاد) يعني أن اعتماديته لا يمكن ضمانها.

ولكي تتم حماية خط التغذية العامة وجهد قوسي منخفض وعشرات الفولتات، فتطلب ذلك تركيب مقاومة متغيرة مع الجهد موصلة على التوالي لاخماد القوس عند تشتيت الصاعقة.

ويوجد عند الجهود العالية مكونات مناظرة (فرجات الشرر القرنية مثلا). وعند الجهد المنخفض يتم جيداً تكيف فرجات الشرر القرنية مثل تريسيل تومسون (أي تيار ثلاثي يتحكم فيه صمام زنير الثنائي في دائرة الاطلاق) لحماية خطوط ودوائر الاتصالات.

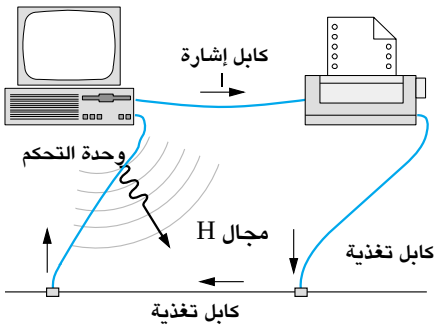
وتتعدل جيداً مكونات المقاومات المستخدمة مع الجهد المصنوعة من أكاسيد المعادن غير الخطية بدرجة عالية لأجل حماية دوائر التغذية. فيصبح قرص من أكسيد الزنك موصلاً عندما يكون الجهد المسلط على وجهه متجاوز لقيمة "نقطة المفصل". يختلف الجهد متناسباً مع سماكة القص متراوحاً بين بضع عشرات من الفولتات إلى عدة كيلوفولتات. تعتمد الطاقة التي يمكن للمكون (العنصر) أن يتحملها على حجم القرص: أي من عشرات إلى آلاف الجولات. إن العيب الرئيسي للمقاومات المتغيرة مع الجهد هو انحلالها خلال فترات التوصيل.

ولصمامات زنير الثنائية ذات المقاومة الدينامية المنخفضة جداً جهد نقطة مفصل دقيق وزمن استجابة قصير. إن صغر استيعابها للطاقة والذي يمثل جزءاً من الجول حتى عدة جولات يقيد استخدام هذه المكونات في حماية دوائر الإشارة. ويحدث عطل ذلك الصمام الثنائي دائماً على صورة قصر دائرة وهي حالة تضمن حماية ضد العطل للدوائر .

وفي جميع الأحوال ينبغي توصيل أداة جهد زائد في وضع اعتيادي مباشرة بكتلة الجسم المطلوب حمايته وليس مثلما يحدث غالباً بتوصيل كابل طويل قطرياً من قضيب أرضي بعيدة. ويعتمد زمن الاستجابة لأداة تقييد الجهد الزائد على طول توصيلاتها.

تمثل الشبكات المحلية مشكلة واحدة على الأقل فالأجهزة العديدة منتشرة وبعيدة نسبياً عن بعضها البعض ومركبة لراحة المستخدم وليس لاعتبارات تنسيق ت ك م، وغالباً ما يتم تغذيتها ضغوط مختلفة، وتكون متواصلة بممارسات تسليك تقليدية. وهذا التركيب يسبب عدداً من دوائر الكتلة ذات المساحة الكبيرة. إن تواصل الأجهزة يسبب دارات كتلة كبيرة. وأحد أسوأ مخاطر الشبكات المحلية والمجال المغناطيسي في مناطق دوائر الكتلة والذي ينشأ من التيار المتكون من تفريغ الصاعقة.

ومن الجدير بالذكر أن صاعقة مستحثه في داخل مبنى مرة سنوياً في المتوسط تسبب زيادة في الجهد تصل إلى أو تزيد عن ١٠٠ فولت في المتر المربع من مساحة الدائرة المغلقة.



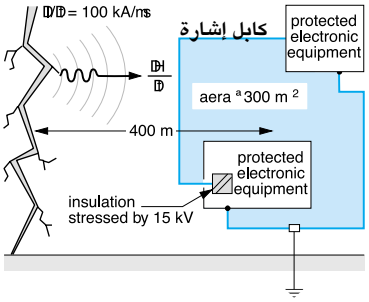
شكل ت ك م- ٢١ تواصل الأجهزة ليسبب دوائر مغلقة مع الموصلات المؤرضة.

يجب تشبيك الكتل في الأبعاد الثلاثة (جانبياً ورأسياً) وخصوصاً في المباني متعددة الطوابق ذات أجهزة الشبكة الموزعة على عدة طوابق. والطابقان المتجاوران يجب تشبيكهما معا بجميع الأعمدة الحديدية الموصلة التي تمر خلال الأرضية البينية. إن تكرار هذه الموصفات يعطي المميزات التالية:

١- تحسين تساوي الجهد الرأسي للمبنى بالتقليل الفعال لقيمة محثات الدائرة وتوصيلها على التوازي.

٢- تحسين تساوي "الجهد الأفقي" للمبنى والتدفق المتماثل لتدفق تيار الصاعقة مباشرة إلى الأرض.

٣- تخفيض الحث من المجال المغناطيسي في داخل المبنى، وعند نقطة متوسطة بين موصلين متوازيين يمرران تيارين متساويين في نفس الاتجاه تكون شدة المجال المغناطيسي H= صفر.وقد أوضحت التجربة أنه إذا لم يتم تشبيك الكتل بكفاءة وإن الكابلات المترابطة بدون تأثيرات توهين فمن الممكن أن نتوقع تلف بعض ألواح الدائرة المطبوعة بالحث من تفريغ صاعقة ولو كان بعيداً ومن جهة أخرى إذا كانت الكتل متواصلة جيداً مع مجاري كابلات التوصيل المربوطة بإحكام بمسامير لولبية إلى الإطار المعدني للجهاز فإن تفريغ الصاعقة حتى لو كان مباشراً ينتج تداخلاً ضئيلاً ولا يسبب تلف الدوائر الالكترونية. وفي البيئة سيئة التشبيك تكون الأجهزة المفصولة تماماً أو جيدة التحجيب بعيدة عن مخاطر الصاعقة.



شكل ت ك م -٢٢تنتج الصاعقة تداخل بالحث أكثر من تيار الصاعقة المباشر

إن التيار المستحث في دائرة كتلة بمجال مغناطيسي لتفريغ صاعقة له نفس شكل تيار الصاعقة، ويمكن أن يزيد عن ١٠٠ أمبير في حالة الدائرة الكبيرة. إن أفضل حل للحد من مخاطر التلف هو ضم (في طريق واحد مثلاً) كابلات الإشارة وكابلات التغذية بالقدرة. إن الكابل المحجب ذو الحجاب الموصل جيداً بالكتلة عند كل طرف لا يتعرض لتداخل انتقال الكلام. إن وجود كابل كتله في اتصال لصيق (مشبوك) بكابل (إشارة أو تغذية بالقدرة) يقلل في الواقع بثلاثة أو أربعة أجزاء التداخل الذي تسببه الصاعقة، بشرط أن يكون كابل الكتلة موصل بالكتلة

عند كل طرف (على الأقل). إن قناة كابلات معدنية مثبتة بمسامير على امتداد طريق كابل لها تأثير توهين من فئة ٣٠, إن الحجاب المعدني المنسوج لكابل محجب بتوصيلات قصيرة ومباشرة للكتلة عند الطرفين يقلل الجهد المحث بنسبة ١٠٠,

إن الشبكات المحلية التي تعالج كميات كبيرة من البيانات تتطلب أن تكون خصائص المعاوقة لكابلات الإشارة المتواصلة مكافئة لمعاوقات الدخل/الخرج للأجهزة المتواصلة، كي نتجنب فقودات بالانعكاسات بسبب المعاوقة غير المتكافئة.

ويصبح الإرسال مستحيلاً إذا انفصلت واحدة أو أثنتان من الوحدتين المتكافئتين عن الخط الواصل.

إن فقدان التوفر الذي يسببه التداخل الكهرمغناطيسي مشكلة متكررة في الشبكات المحلية بصرف النظر عن مقادير ضبط البرمجيات .

إن البرمجيات "ترشح" الاخطاء ولكن الخرج النافع يقل أحياناً بشدة. ويلاحظ المستخدم فقط هذه المشاكل في الحالات النادرة للتداخل المستمر. إن المراعاة البسيطة لقواعد إنشاء ت ك م العديدة المذكورة في النص السابق كافية لحل هذه المشاكل.

ت ك م

رقم التقرير الفني		انجليزي	فرنسي	أسباني
١١٤	أجهزة التيار المتبقي	×	×	×
١٤١	التشويشات الكهربائية في BT		×	×
١٤٤	مقدمة لتصميم الاعتمادية	×	×	
١٤٥	الدراسات الحرارية للجداول الكهربائية		×	×
١٤٧	بدء شبكات الاتصال الرقمي		×	
١٤٨	توزيع الاتاحة العالمية للقدرة الكهربية	×	×	
١٤٩	التوافق الكهرومغناطيسي (ت ك م)	×	×	
١٥٠	تطور قواطع دائرة منخفضة الجهد متوافقة مع المواصفة القياسية هـ د ك ٩٤٧-٢	×	×	×
١٥٢	التوافقيات في الشبكات الصناعية	×	×	×
١٥٤	أساليب قطع قاطع الدائرة منخفض الجهد	×	×	×
١٥٥	شبكات التوزيع العامة عديدة الجهد في انحاء العالم	×	×	×
١٥٦	أمان التشغيل والجداول الكهربائية		×	×
١٥٨	توزيع تيارات قصر الدائرة	×	×	×
١٥٩	التوافقيات ومحولات التيار المستمر إلى تيار متردد (حالات دراسة للاحمال غير الخطية)	×	×	×
١٦٠	تيار صعود التوافقيات للمقومات في مغذيات التيار غير المتقطع	×	×	
١٦١	النقل الأوتوماتيكي للتغذية بالقدرة في شبكات الجهد العالي والجهد المنخفض	×	×	
١٦٢	الجهود الكهروديناميكية على الموصلات العمومية في BT		×	×
١٦٣	قطع الجهد المنخفض بتقييد التيار	×	×	
١٦٦	التحجيب ودرجات الحماية	×	×	×
١٦٧	قياس الحساسية القائمة على الطاقة لأجهزة وقاية الجهد المنخفض	×	×	×
١٧٢	أنظمة التأريض في الجهد المنخفض	×	×	×
١٧٣	أنظمة التأريض في أنحاء العالم وحركتها وتطورها	×	×	×
١٧٩	الجهود العادية ومانعات الصواعق في تناسق العزل في BT		×	

ت ك م