الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الطاقة الكهربائية

استخدام البرمجيات في حسابات الإنارة الداخلية وتصميم شبكات التغذية الكهربائية

بإشراف

الدكتور المهندس حسان سويدان

إعداد المهندس :

أحمد عادل السقطي

العام الدراسي 2006-2007

نص المشروع

تعتبر الإنارة وتصميم الشبكات الكهربائية الداخلية للمباني في كثير من بلدان العالم فرع من فروع الهندسة ولها جمعياتها وهيئاتها الدولية المتخصصة.

ومن المعلوم أن شبكة التغذية بالطاقة الكهربائية تشكل العمود الفقري لعمل الأبنية بمختلف أنواعها سواء أكانت سكنية أم تجارية أم صناعية , حيث تقوم بتشغيل نظام الإنارة و مختلف التجهيزات الكهربائية الأخرى التي تتواجد في كل نوع من هذه المباني مثل التطبيقات المنزلية والشبكات الحاسوبية وأنظمة الحماية والمراقبة.

تم في هذا المشروع البحث وبشئ من التفصيل مواضيع الإنارة الداخلية والمبادئ الأساسية لها والخطوات الأساسية التي يجب إتباعها للحصول على مستوى جيد من الإنارة في كل فراغ وبحيث يوفر الراحة النفسية والفيزيولوجية للمشاهد سواء أكان هذا الفراغ مخصص للقيام بأعمال بصرية معينة تتطلب درجة عالية من الدقة ، أو كان هذا المكان مخصص لتواجد الأفراد لأغراض ترفيهية أو معيشية مختلفة.

كما يتطرق المشروع إلى تصميم الشبكات الكهربائية للمباني ، وحسابات الكابلات المغذية للوحات الكهربائية ، وتصميم اللوحات الكهربائية الفرعية والرئيسية و تجهيزات الحماية المستخدمة فيها , وكذلك نظم التغذية الاحتياطية ونظام عدم انقطاع التغذية الكهربائية بالإضافة إلى نظم التأريض اللازمة.

في الفصل الأخير من المشروع تم تطبيق هذه الدراسات على مشروع عملي متكامل حيث قام طلاب المشروع بتصميم و إجراء الحسابات الداخلية وتوزيع أجهزة الإنارة في الفراغات المختلفة للمشروع , وتصميم اللوحات الكهربائية و الكابلات الكهربائية اللازمة لتغذيتها .

وقد تم الاعتماد في كل ذلك على مجموعة من البرمجيات المتوفرة حالياً والمعدة من قبل شركات متخصصة مثل برنامج تصميم الإنارة الداخلية DIALux ، و برنامج تصميم شبكات التغذية الكهربائية Ecodial .

د.حسان سويدان

ـــ الفهرس ـــ

الموضوع **الصفحة**

الفصل الأول:

١ -1- مدخل في الإنارة 6

1-2- مفاهيم وحدات الإنارة 6

1-3- الانعكاس والامتصاص والنقل 8

1-4- تأثير انعكاسات ألوان الجدران والأسقف على الضوء

والإنسان 9

1-5- منابع الضوء والمصابيح الكهربائية 9

1-6- أنواع أجهزة الإنارة 15

1-7- طرق الإنارة الداخلية و شروط الإنارة الجيدة..... 17

1-8- الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإنارة 17

1-9- اختيار نظام الإنارة 18

1-10- الحسابات العملية للإنارة 18

الفصل الثاني : حسابات الكابلات 22

2-1- مقدمة 22

2-2- طريقة حساب الكابلات 22

الفصل الثالث : تصميم اللوحات الرئيسية والفرعية 33

3-1- لوحات التوزيع الرئيسية و الفرعية 33

3-1-1- مقدمة 33

3-1-2- لوحة التوزيع الرئيسية 33

3-1-3- لوحات التوزيع الفرعية 34

3-2- أجهزة القطع والوصل (switch Gear) 36

3-2-1- مقدمة 36

3-2-2- القواطع الآلية المقولبة (MCCB) 36
3-2-3- القواطع الصغيرة (MCB) 37
3-2-4- القواطع التفاضلية (RCCB) 39
3-2-5- القواطع التلامسية (Contactors) الصغيرة 40
3-2-6- القواطع التلامسية لدارات القدرة 41
3-2-7- التجهيزات المساعدة 41
الفصل الرابع :
4-1- التأريض 43
4-1-1- الغاية من التأريض..... 43
4-1-2- أقطاب التأريض 43
4-1-3- ربط أقطاب التأريض على التفرع 46
4-1-4- الناقل الأرضي الرئيسي 46
4-1-5- النواقل الأرضية الفرعية 47
4-2- الحماية من الصواعق..... 48
الفصل الخامس : التطبيق العملي 52
5-1- مقدمة 52
5-2- الوصف المعماري للمشروع 53
5-3- حسابات الإنارة الداخلية 53
5-4- استخدام البرنامج DIALux في حسابات الإنارة الداخلية ... 60
5-5- حساب مقاطع الكابلات المغذية للوحات الفرعية 64
5-6- تصميم لوحات التغذية الكهربائية 71
5-7- استخدام البرنامج Ecodial في حسابات شبكات التغذية
الكهربائية..... 74

5-7-1-التعريف ببعض الرموز والمكتبات المستخدمة في برنامج Ecodial 76
5-8- ملحق نماذج لمخططات الدراسة الكهربائية للمشروع 83
5-9- مجموعة التوليد الاحتياطية..... 89
5-10- نظام عدم انقطاع التيار الكهربائي الـ UPS..... 92
5-11- تصميم نظام التأريض للمنشأة المدروسة 96
5-11-1- نظام تأريض التيار القوي 96
5-11-2- نظام تأريض التيار الضعيف 97
5-11-3- تأريض مجموعات التوليد الكهربائية 98
المراجع العلمية 100

الفصل الأول

1-1-مدخل في الإنارة :

الإنارة:هي تأمين سوية إضاءة معينة بواسطة مصابيح, و للحصول على إنارة جيدة يجب إسقاط مقدار كافٍ من الضوء ذو شدة إضاءة ثابتة على كافة السطوح الرئيسية، و يجب تأمين الإنارة المناسبة على الجدران, و يجب تجنب الوهج, و استخدام أجهزة بسيطة من حيث الكلفة والصيانة .

1-2- مفاهيم وحدات الإنارة :

1-2-1-الفيض الضوئي :

و هو كمية القدرة الضوئية الصادرة من منبع ضوئي و القادرة على تحريك الإحساس للرؤية و رمزه ϕ وواحدته اللومن .

1-2-2-الشدة الضوئية :

و هي نسبة الفيض الضوئي إلى الزاوية الفراغية ، وتعطى بالعلاقة التالية :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \qquad (1\text{-}1)$$

و واحدتها الكانديلا .

حيث:

I : الشدة الضوئية .

Φ : الفيض الضوئي .

Ω: الزاوية الفراغية .

1-2-3- سوية الإنارة:

تعرف بأنها مقدار تركيز الفيض الضوئي على سطح معين وتقدر باللومن على المتر المربع ، أو اللوكس LUX .

و يرمز لها بالرمز E .

1-2-4- مردود المصباح :

و هو نسبة الفيض الضوئي إلى استطاعة الجهاز الضوئي وواحدته لومن لكل واط .

1-2-5عامل الاستثمار :

وهو نسبة الفيض الضوئي الكلي الذي يصل إلى مستوى العمل إلى الفيض الضوئي الكلي الذي يصدره جهاز الإنارة .

1-2-6- قرينة الغرفة :

ثابت يتعلق بأبعاد الغرفة و يعطى بالعلاقة :

$$K = \frac{a*b}{h*(a+b)} \qquad (1\text{-}2)$$

حيث:

K : قرينة الغرفة .

a : طول الغرفة [m].

b : عرض الغرفة [m].

h : الارتفاع الهندسي لجهاز الإنارة [m].

ويتم حساب الارتفاع الهندسي لجهاز الإنارة من العلاقة التالية:

$$h = H - 0.85 \qquad (1\text{-}3)$$

حيث :

H : الارتفاع الكلي للغرفة .

1-2-7- عامل الصيانة :

وهو نسبة شدة الإنارة عند الشروط العادية إلى شدة الإنارة عند الشروط النظامية , نتيجة لتجمع الغبار والأوساخ على المصابيح ، واتساخ الجدران و السقف, و يؤدي إلى نقصان الضوء المنعكس عنها .

1-2-8- عامل التقادم:

و هو مقلوب عامل الصيانة , ويساوي شدة الإنارة الناتجة من عاكس مصباح جديد مقسومة على شدة الإنارة الناتجة من عاكس مصباح قديم,وهو دوماً أكبر من الواحد .

1-2-9- النقطة الضوئية :

و هي المنبع الضوئي المركز في نقطة واحدة وقد يكون المنبع منتظماً عندما يعطي إشعاعات متساوية في كل الاتجاهات.

1-3-الانعكاس و الامتصاص و النقل:

إن الجزء الأكبر من الضوء يصل إلى عين الإنسان إما عن طريق الانعكاس من الوسط المحيط أو عن طريق النقل , ولا يصل بشكل مباشر إلى عين الإنسان سوى نسبة ضئيلة من الضوء الإجمالي .

وإن الفيض الضوئي الساقط يمكن تقسيمه إلى ثلاثة مركبات :

أ- تدفق ضوئي منعكس .

ب- تدفق ضوئي ممتلئ .

جـ - تدفق ضوئي منقول .

حيث لدينا :

$$\text{عامل الانعكاس } (R) = \frac{\text{نسبة التدفق الضوئي المعكوس}}{\text{نسبة التدفق الضوئي الوارد}}$$

$$\text{عامل الامتصاص}(A) = \frac{\text{نسبة التدفق الضوئي الممتلئ}}{\text{نسبة التدفق الضوئي الوارد}}$$

$$\text{عامل النقل (T)} = \frac{\text{نسبة التدفق الضوئي المنقول}}{\text{نسبة التدفق الضوئي الوارد}}$$

ومجموع هذه العوامل يساوي الواحد .

$$R+A+T=1 \quad (1-4)$$

1-4-تأثير انعكاسات ألوان الجدران والأسقف على الضوء والإنسان:

إن الألوان تؤثر على الإنسان وبإمكانها أن تولد إحساسا ت ومشاعر فياضة ,وتكون سبباً في بعث الفرح أو الحزن .

ويمكن تقسيم الألوان حسب تأثيراتها على الإنسان إلى :

آ- **ألوان دافئة:** الأحمر-البرتقالي-الأصفر, حيث تثير هذه الألوان الشعور بالدفء.
ب-ألوان باردة: الأزرق-البنفسجي-الأبيض , حيث تعتبر ألوان مريحة وهادئة .
ويجب اختيار الألوان حسب طبيعة العمل ونوع المكان .

1-5- منابع الضوء والمصابيح الكهربائية:

في قديم الزمان كانت المشاعل هي مصدر الضوء, ثم ظهرت مصابيح الزيت , و الشموع , ثم ظهرت المصابيح الكهربائية .
وتستخدم منابع الضوء الحديثة إحدى الطرق التالية :

1-إشعاع ناتج عن ارتفاع درجة الحرارة:

ومثال ذلك المصابيح المتوهجة .

2-التفريغ في الغازات :

ففي بعض الشروط يمكن تمرير التيار الكهربائي ضمن الغاز أو البخار المعدني وتوليد إشعاعات مرئية.

1-5-1-المصابيح المتوهجة :

تنتج المصابيح المتوهجة ضوء عند تسخين السلك (أو الفتيلة) ،ويتوهج عند مرور تيار كهربائي به . ويعمل السلك المتوهج في وسط مفرغ من الهواء (vacuum) أو وسط يحتوي على غاز خامل (Inert gas) .

تصنع بإستطاعات مختلفة , ويجب أن تكون الفتيلة صالحة للعمل بدرجة حرارة عالية وبدون تآكل , ومن أهم هذه المواد الفحم والتنغستين .

إن مردود هذه المصابيح منخفض (والذي يمثل نسبة كمية الضوء المنبعث إلى الطاقة الكهربائية المستخدمة) وعمرها قصير, واستعمالها قل مؤخراً بسبب :

1-تعلق عمرها بتغير التوتر .

2-مردودها الضوئي سيء .

3-عمرها قصير مقارنة مع المصابيح المفرغة .

وتستخدم هذه المصابيح بشكل كبير في تصميمات الإنارة ، وخاصة في الأماكن التي تحتاج إلى إنارة هادئة ودافئة .

تتميز هذه المصابيح بفيض ضوئي مستمر , ولون الضوء الناتج عن هذه المصابيح أبيض مائل للاحمرار . تتأثر هذه المصابيح بتأرجح التوتر في الشبكة الكهربائية حيث يؤثر ذلك على الفيض الضوئي وعمر المصباح .لا تحتاج هذه المصابيح إلى متممات لتشغيلها كملفات إقلاع ، و قابلة للتحكم بفيضها الضوئي حيث يستفاد من هذه الخاصية في المسارح .

1-5-2-مصابيح التفريغ الغازي :

تعتمد مصابيح التفريغ الغازي على تحويل غاز البدء من وسط عازل إلى وسط موصل للكهرباء ،والتحول من حالة التفريغ التوهجي (الذي يخلق جهد بين الالكترودين)إلى حالة التفريغ القوسي المستقر ، والذي يمكنه من إمرار تيار كهربائي بين الالكترودين نتيجة التفريغ وتوليد إشعاع يقع أغلبه في الجزء غير المرئي من الطيف – فوق البنفسجي- ويتولى المسحوق الفوسفوري المبطن للغلاف الداخلي للمصباح تحويله إلى إشعاع مرئي أي ضوء .

العناصر الأكثر شيوعاً المستخدمة في عمليات إنتاج الضوء بالتوصيل الغازي هي النيون (neon) وبخار الزئبق .

مصابيح الفلوريسانت :

وصف المصباح:

وهو عبارة عن أنبوب زجاجي يدهن سطحه الداخلي بمادة الفلوريسانت , حيث تتمتع هذه المادة بخاصية تحويل الإشعاعات غير المرئية إلى إشعاعات مرئية , طول وقطر هذا الأنبوب يتعلق باستطاعة المصباح , ويحوي هذا الأنبوب على بخار الزئبق , وله في كل طرف من طرفيه قطب ,وتتكون الأقطاب من أسلاك حلزونية من التنغستين مغطاة ببعض الأكاسيد ,يمر بها التيار وترتفع درجة حرارتها إلى $100^{\circ}C$.

ينتج عن ذلك إطلاق إلكترونات بشكل كثيف مما يزيد من قذفها ,وتصادف الإلكترونات الجدران المطلية بمسحوق الفلوريسانت فتتحول الإشعاعات غير المرئية إلى إشعاعات مرئية .

ويتألف مصباح الفلوريسانت من:

1-منبع التيار المتناوب .

2-مفتاح .

3-مصباح فلوريسانت .

4-ملف خانق .

5-ستارتر .

ويتألف المصباح من أنبوبة طويلة وملف خانق , وظيفته رفع الجهد إلى قيم عالية جداً تكفي لإضاءة المصباح , ويحوي أيضاً على ستارتر يتألف من غلاف خارجي في داخله فقاعة زجاجية , بداخلها ترموستات أي مشعل مكثف للحد من حجم الشرارة التي تحدث بين طرفي الترموستات قبل تلامسها لإطالة عمر الستار تر .

وظيفة المقلع تسخين المصباح , وتوليد الشرارة الكهربائية ثم يتوقف عن العمل .

وظيفة الخانق تحديد عمل المصباح, والحفاظ على الحمل المستقر للمصباح عند ربط المصباح على شبكة التيار المتناوب وتسريع عملية إشعال المصباح , وذلك لأنه عند ابتعاد المساري للمقلع عن بعضها , ونتيجة لتحريض الو شيعة فإنه يطبق على مساري المصباح جهد عالي .

تعتبر هذه المصابيح من أكثر المصابيح استخداماً في الحياة العملية لإنارة المكاتب والأبنية التجارية والأماكن التعليمية ،تمتاز بمردودها الضوئي العالي الذي يصل إلى خمسين لومن لكل واط .

تحتاج لمتممات لتشغيلها ، لون الضوء الصادر عنها يختلف حسب لون المصباح ، ويتم اختيار لون المصباح حسب طبيعة الاستخدام ، ويعتبر اللون الأبيض الناصع من أكثر المصابيح استخداماً نظراً لارتفاع مردودها الضوئي .

المصابيح الموفرة للطاقة :

بدأ التفكير في توفير طاقة الإضاءة مع بدء إنتاج المصابيح الفلوريسانتية ، والتي تطورت تطوراً كبيراً جداً في السنوات العشر الماضية وخاصةً المادة الفوسفورية والملفات الكابحة الكهرومغناطيسية و الإلكترونية و قد صحب ذلك خفضاً ملحوظاً في التكلفة .

مصابيح الفلوريسانت الأنبوبية الموفرة للطاقة :

- تعطى نفس شدة إضاءة مصباح الفلوريسانت طراز T.L.
- توفر الطاقة بنسبة % 10 .
- توفر في المساحة اللازمة للتخزين لصغر قطرها الزجاجي بالنسبة للأنواع الأخرى العادية.
- عمرها يزيد عن 7000 ساعة تشغيل .
- لا تتأثر بارتفاع درجة الحرارة .
- تركب المصابيح التي لها نفس الطول من طراز T.L في نفس التجهيزات و بدون أي تغيير .

مصابيح فلوريسانت مدمجة Compact Fluorescent Lamps :

في السنوات القليلة الماضية أنتجت مصابيح فلوريسانت صغيرة الحجم أطلق عليها المصابيح المدمجة تعمل إما بكابح تيار تقليدي أو بكابح تيار إلكتروني ، و تمتاز بأن لها لون ممتاز و استخدمت كبديل جيد للمصابيح المتوهجة منخفضة الكفاءة . يوجد منها أنواع متعددة إما من النوع ذي رأس المصباح (النواة) الغير تقليدي أو ذي نواة من النوع اللولبي أو ذي المسمارين . أيضاً يحتوي المصباح على شمعتين أو ثلاثة أو أربعة تبعاً لاستطاعة المصباح .

و تمتاز هذه المصابيح بأنها تحتاج لتنتج الضوء إلى حوالي 1/4 الطاقة الكهربائية التي تحتاجها المصابيح المتوهجة لإصدار نفس الضوء (و تنخفض إلى 5 /1 باستخدام كابح تيار إلكتروني).

مصابيح فلوريسانت مدمجة تعمل بكابح تيار مغناطيسي :

والتي تمتاز بالخصائص التالية :

*القدرة المستهلكة تتراوح من 1/4 إلى 5 /1 من قدرة المصباح المتوهج .

*خصائص دليل ألوان ممتاز مع ضوء دافئ هادئ .

*متوسط عمر المصباح ثمانية أمثال المصباح المتوهج .

المصابيح فلوريسانت مدمج بكابح تيار الكتروني :

يحتوي هذا النوع على كابح تيار الكتروني برأس المصباح مشكلاً وحدة متكاملة يكون المصباح إما من النوع ذي المسمارين أو اللولبي .

من خصائص هذه المصابيح :

*تستهلك قدرة % 20 بالمقارنة مع القدرة المستهلكة لنفس الإضاءة من مصباح متوهج .

*عمر التشغيل 10000 ساعة (حوالي 10 مرات عمر المصباح المتوهج) .

*لا تحدث إرتعاش .

*حجم مناسب .

*وزن خفيف (حوالي 50 إلى 150 غرام).

*لا توجد مشاكل إشعال .

*ضوء دافئ يشبه ضوء المصباح المتوهجة.

*لا تتسبب في ارتفاع درجة الحرارة .

*يمكن استخدامها لجميع الأماكن (القطاعات التجارية – المنازل – المكاتب) .

مصابيح بخار الزئبق :

تستخدم مصابيح بخار الزئبق ذات الضغط العالي بشكل كبير في الإنارة الخارجية ، إنارة واجهات المباني وإنارة الشوارع ،كما تستخدم في الإنارة الداخلية إذا كان السقف عالي وأكثر من ستة أمتار ، مثال على ذلك هنكارات صيانة الطائرات ،المجمعات التجارية الكبيرة ، و تستخدم في المصانع و خطوط السكك الحديدية و المطارات و مراكز البيع .

يتكون المصباح من أنبوبة تفريغ داخلية مصنوعة من الكوارتز وتحتوي على قطبين رئيسيين وقطب أو قطبين اشتعال مساعدين ، وتملأ بكمية صغيرة من بخار الزئبق عند ضغط بار (10-2) وغاز خامل ويوصل القطب المساعد على أحد الجانبين بالقطب الرئيسي للجانب الآخر من خلال مقاومة ، تحاط هذه الأنبوبة بغلاف خارجي للحفاظ على درجة الحرارة العالية المطلوبة داخل أنبوبة الكوارتز .

ويستخدم كابح تيار (Ballast) للحد من قيمة التيار ، عامل الاستطاعة لهذه المصابيح بحدود 0.5 ويمكن تركيب مكثف لتحسين عامل الاستطاعة إلى 0.9 .

المردود الضوئي لمصابيح بخار الزئبق حوالي 50 lm/w ، ويكون الزمن اللازم للوصول إلى القيمة الكلية للفيض (7-4) دقائق .

تمتاز مصابيح بخار الزئبق بإستطاعات عالية حتى 2KW .

يغطى الغلاف الخارجي لأنبوبة المصباح بمسحوق الفلوريسانت للحصول على إشعاع أحمر إضافي ، متوسط عمر التشغيل لهذه المصابيح أكثر من 9000 ساعة .
يحتاج مصباح بخار الزئبق لعدة دقائق لإعادة الاشتعال بعد عملية الفصل ، و للتغلب على حالة الإظلام في هذه الفترة يجب إضافة مصابيح متوهجة .

مصابيح بخار الصوديوم :

وهو عبارة عن مصباح تفريغ في غاز ضغط منخفض ، ويحتوي على زجاجة بشكل حرف U مملوءة بغاز خامل وبعض قطرات الصوديوم التي تظهر على شكل نقط صلبة على الجدار الداخلي للمصباح عندما يكون بارداً ، والغرض من الغلاف الخارجي الزجاجي الحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة في الداخل . بعد تشغيل المصباح مباشرةً ، تبدأ عملية التأين ويمر تيار بين القطبين ، في البداية يكون الضوء أحمر نتيجة وجود غاز النيون وعندما يبدأ الصوديوم في التحول إلى بخار ، يتحول لون الضوء إلى اللون الأصفر ، ويحتاج المصباح إلى زمن بداية تشغيل (5÷10) دقائق .
وتعطي هذه المصابيح ضوء وحيد اللون وهو اللون الأصفر ، ومردودها الضوئي عالي حوالي lm/w 110 لذلك فإنها تستخدم لإضاءة الشوارع والطرق وأماكن الانتظار ، وتكون مناسبة للإضاءة في وجود الضباب .
و متوسط عمر المصباح حوالي 2000 ساعة تشغيل وبالتقادم يقل ناتج الضوء بنسبة 15% .
وتتراوح استطاعة هذه المصابيح w (60-45) ، ويمكن أن يكون وضع المصباح أفقي أو أي وضع آخر ، ولكن يجب أن يكون رأس المصباح أعلى من المصباح نفسه حتى لا يستقر الصوديوم بجانب القطب .

مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي :

تحتوي أنبوبة التفريغ على كميات من الصوديوم و الزئبق وغاز النيون ، وتوضع الأنبوبة داخل غلاف زجاجي مفرغ من الهواء لغرضين هما : العزل الحراري و الحماية من العوامل الخارجية المحيطة ، ويمكن أن يكون الغلاف أنبوبيا أو بيضوياً ، ويمتاز هذا النوع بعمر تشغيل طويل يصل إلى 7000 ساعة تشغيل ، والمردود الضوئي لهذه المصابيح يصل إلى lm/w 130 اعتمادا على ضغط بخار الصوديوم داخل أنبوبة التفريغ أثناء عملية التشغيل .

مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض :

تمتاز بفيضها الضوئي العالي ، لون الضوء الصادر عنها أصفر ولا يشابهها في ذلك أي نوع من أنواع المصابيح الأخرى .

وهي غير مناسبة في الأماكن التي نحتاج فيها إلى تمييز الألوان .

المردود الضوئي لهذه المصابيح عالي و يصل إلى lm/w 150 ، و يصل عمرها إلى 7000ساعة ، وتحتاج إلى زمن لإقلاعها يزيد عن (6÷5) دقائق .

الإستطاعات المستخدمة w(180-135-90-35-18) .

المصابيح الميتيل هالآيد:

تعطي هذه المصابيح لوناً أبيضاً مائل للأزرق ، لذلك فقد شاع استخدام هذه المصابيح بدلاً من مصابيح بخار الزئبق . تستخدم بشكل كبير في الإنارة الداخلية والخارجية والموجهة .

تستخدم هذه المصابيح ذات الاستطاعات (50-70) واط في الإنارة الداخلية ، وخاصة عند الرغبة في الحصول على مستويات إنارة عالية ، ووجود ارتفاعات عالية نسبياً . بينما المصابيح ذات الإستطاعات (1000-2000) واط تستخدم في إنارة الملاعب والمجمعات الرياضية الكبيرة نظراً لمردودها العالي .

1-6- أنواع أجهزة الإنارة :

إن جهاز الإنارة يمثل أداة لتوجيه أو نشر أو تعديل الضوء الصادر من المنبع لزيادة فعاليته و مردوده ، و جعله أكثر راحة للعين , و يشمل الجهاز:

المنبع مع توصيلاته الكهربائية,و أدوات تثبيته , والهيكل و الغطاء .

و تصنف أجهزة الإنارة حسب :

أ- حسب الإنارة الناتجة عنها كما يلي :

1-الإنارة المباشرة:

تكون الإنارة مباشرة حين يتجه من 90% إلى 100% من النور تحت المستوي الأفقي للمصباح نحو السطح المطلوب إنارته .

2- الإنارة نصف المباشرة:

يتجه جزء من 60% إلى 90% من النور نحو الأسفل إلى السطح المطلوب إنارته .

3- الإنارة نصف غير المباشرة:

يتجه جزء من النور نحو الأسفل إلى السطح المطلوب إنارته , ولكن يتجه من 60% إلى 90%من النور نحو السقف الأعلى لينعكس إلى كافة أرجاء الغرفة.

4- الإنارة الموزعة العامة:

يصدر الضوء بصورة منتظمة تقريباً في كافة الإتجاهات .

5- الإنارة غير المباشرة :

يتوزع كامل النور تقريباً 90% إلى 100% إلى السطح المطلوب إنارته بعد إنعكاسه من سقف الغرفة .

ب- حسب مقدار ظهور المصباح فيها كما يلي :

1- مفتوحة :

يكون في هذه الحالة المصباح ظاهر .

2- مغلقة :

حالة الجهاز المستخدم كتيم .

ج- حسب المواد المصنوعة منها كما يلي :

1- فولاذ

2- ألمنيوم .

3- زجاج شاحب .

4- زجاج موشوري .

5-بلاستيك .

د- حسب طريقة التركيب كما يلي :

1- مثبتة مباشرة على السقف .

2- مركبة على الأسقف المستعارة .

1-7- طرق الإنارة الداخلية وشروط الإنارة الجيدة :

إن الهدف الأساسي من الإنارة الداخلية هو تسهيل رؤية الأشياء بواسطة النور الموجه فتعكسه نحو العين لتتأثر فيزيولوجياً وتحدث الرؤيا .

في هذا المجال يجب مراعاة الأمور التالية :

1- إسقاط مقدار كافٍ من النور ذو الشدة الثابتة على كافة السطوح الرئيسية بحيث تكون الإنارة منتظمة .

2- تأمين شدة إنارة ثابتة على الجدران و المناطق المجاورة .

3- استخدام ضوء ذو لون و طيف مناسب .

4-تجنب الوهج و الانعكاسات المزعجة وحجب أشعة النور مباشرة عن العين .

5- توجيه وتوزيع النور لتجنب الظلال .

6-تحقيق سوية إنارة مناسبة ومنتظمة من خلال توزيع مناسب لأجهزة الإنارة .

1-8-الأسس المتبعة في توزيع أجهزة الإنارة :

هناك أسس متعددة يبنى عليها توزيع الأجهزة منها :

1- أن تكون المسافة بين محوري جهازين متتاليين ضعف المسافة بين الجدار والجهاز ,ولكن الغرف غالب ما تكون مربعة أو مستطيلة ,وبسبب انعكاسات الأشعة الضوئية تكون الإنارة غير منتظمة وضعيفة في الجوانب ,ويعالج تدني سوية الإنارة في جوانب الغرفة بزيادة عدد الأجهزة أو استطاعتها عند الجوانب والأركان .

2- العلاقة بين تباعد الأجهزة وارتفاع الجهاز لضمان انتظام جيد للإنارة على سطح العمل، ويجب إن تراعى العلاقات العملية في ارتفاع الجهاز وتباعد الأجهزة عن بعضها البعض .

3- لرفع سويات الإنارة في حيز من الغرفة يعمد المصمم إلى التوزيع غير المنتظم لأجهزة الإنارة .

1-9- اختيار نظام الإنارة:

يتم اختيار نظام الإنارة حسب نوعية العمل الذي سيجري في المكان المراد إنارته ,وهناك عدة أنظمة للإنارة المستخدمة:

أ- نظام الإنارة العامة :

يتم توزيع أجهزة الإنارة بشكل منتظم على سقف الغرفة , حيث لا يوجد مكان محدد لموقع العمل في الغرفة .

يستخدم هذا النظام في الأماكن ذات الاستخدامات المتعددة كالمكاتب .

ب- نظام الإنارة الموجهة :

يتم توزيع الأجهزة على سقف الغرفة,وتكون مزودة موجهات خاصة توجه النور في إتجاه مواقع العمل كما في المسارح .

ج- نظام الإنارة المركزة :

يتم الحصول عليه بتركيز أجهزة الإنارة في أماكن العمل, لرفع سوية الإنارة فوق طاولة العمل ,ويستخدم في المصانع والمخابر .

د- نظام الإنارة الموضوعية :

يتم في هذا النظام إضافة للإنارة العامة تركيز الإنارة موضوعياً في مواقع معينة , كإنارة آلة مخرطة .

1-10- الحسابات العملية للإنارة (حسابات الإنارة الداخلية) :

تستخدم في حسابات الإنارة عدة طرق أهمها :

1- طريقة اللومن .

2- طريقة الإنارة النقطية (المباشرة) .

وهنا سنستخدم طريقة اللومن في حسابات الإنارة .

1-10-1- طريقة اللومن (طريقة الإنارة الوسطية) :

يتم استخدام هذه الطريقة عند الحاجة لتحقيق سوية إنارة وسطية في أرجاء المكان المطلوب دراسة الإنارة فيه , وتتلخص هذه الطريقة بحساب الفيض الضوئي الكامل اللازم تحقيقه في المكان المراد إضاءته, ومن ثمّ قسمة الفيض الضوئي الكامل على الفيض الضوئي للجهاز الواحد, ومنه نحصل على عدد الأجهزة المطلوبة .

1-10-1-1- الحساب العملي لطريقة اللومن :

يتم حساب عامل قرينة الغرفة K من العلاقة (2-1)

وبعد حساب K نوجد عامل الاستخدام (η) من جدول خاص يتبع لنوع الجهاز و مواصفاته ,مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل الانعكاس للأسقف و الجدران وهي حوالي 50% .

ويبين الجدول (1-1) عامل الاستخدام (η) بالنسبة لمصباح فلوريسانت مكتبي وكتيم .

يتم حساب الفيض الضوئي الكلي للحيز المضاء من العلاقة:

$$\Phi = \frac{E*A}{\eta*\mu f} \quad (1-5)$$

حيث:

Φ :الفيض الضوئي الكلي ويقدر باللومن .

E :سوية الإنارة المراد تحقيقها في المكان المضاء وتقدر باللوكس .

A :مساحة الحيز المضاء ويقدر بالمتر المربع حيث:

$$A=a*b \quad (1-6)$$

η :عامل الاستخدام ويؤخذ من الجدول (1-1) تبعاً لقرينة الغرفة K .

μf : عامل الصيانة وتتراوح قيمته بين (0.5-0.8) .

وبالتالي يتم حساب عدد المصابيح من العلاقة التالية :

$$N1 = \frac{\Phi}{\Phi 1} \quad (1-7)$$

حيث :

$\Phi 1$: الفيض الضوئي للمصباح الواحد ويقدر باللومن .

يتم حساب عدد الأجهزة N بقسمة عدد المصابيح ككل $N1$ على عدد المصابيح في الجهاز الواحد n حسب العلاقة :

$$N = \frac{N1}{n} \quad (1-8)$$

1-10-2- طريقة الإنارة المباشرة (الطريقة النقطية) :

تستخدم هذه الطريقة في الحالات التي يطلب فيها حساب سوية الإنارة في نقطة محددة من الحيز المضاء أو عدة نقاط ، يتم إنجاز الحسابات وفق هذه الطريقة بتقسيم الحيز المضاء إلى مجموعة

من المربعات ثم نحسب في مركز كل مربع سوية الإنارة بالاعتماد على قانون الإنارة الأساسي ،

وبالتالي يمكن معرفة تماماً كيف تتوزع الإنارة في الحيز المضاء . كما ويمكن في هذه الحالة وصل المربعات التي تمتلك سوية إنارة متساوية فنحصل على خطوط تساوي الإنارة .

ويمكن حساب سوية الإنارة الوسطية بجمع سويات الإنارة في كل المربعات وقسمتها على عدد هذه المربعات .

الجدول (1-1) عامل الاستخدام (η) بالنسبة لمصباح فلوريسانت مكتبي و كتيم .

Appendix 3 continued
Utilization factors

Description of Luminaire , Typical Downward Light Output Ration %	Typical Outine	Basic DLOR	Reflectance % Ceiling	70			60			30		
			Walls	50	30	10	50	30	10	50	30	10
		%	Room Index									
(F)												
Injection moulded prismatic wrap around Enclosure (55 - 65)		55	0.6	0.32	0.28	0.25	0.3	0.27	0.25	0.27	0.24	0.22
			0.8	0.4	0.36	0.32	0.39	0.34	0.31	0.36	0.32	0.3
			1	0.45	0.41	0.38	0.43	0.38	0.36	0.39	0.35	0.33
			1.25	0.5	0.45	0.42	0.47	0.44	0.41	0.43	0.39	0.37
			1.5	0.53	0.48	0.45	0.5	0.46	0.41	0.46	0.43	0.41
	جهاز انارة فلورسانت		2	0.58	0.53	0.49	0.54	0.5	0.47	0.5	0.47	0.45
	مكتبي		2.5	0.61	0.57	0.53	0.57	0.53	0.51	0.52	0.5	0.47
			3	0.64	0.59	0.56	0.58	0.55	0.53	0.53	0.51	0.49
			4	0.66	0.63	0.6	0.61	0.58	0.55	0.55	0.53	0.51
			5	0.68	0.65	0.62	0.62	0.6	0.58	0.56	0.56	0.54
(F)												
Enclosed plastic diffuser (45- 55)		50	0.6	0.27	0.21	0.18	0.24	0.2	0.18	0.22	0.19	0.17
			0.8	0.34	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.29	0.26	0.24
			1	0.4	0.35	0.31	0.37	0.33	0.3	0.33	0.3	0.28
	جهاز انارة فلورسانت		1.25	0.44	0.39	0.35	0.4	0.36	0.33	0.36	0.33	0.31
			1.5	0.47	0.42	0.38	0.43	0.39	0.36	0.38	0.35	0.33
	كتيم		2	0.52	0.47	0.44	0.47	0.44	0.41	0.41	0.39	0.37
			2.5	0.55	0.51	0.48	0.5	0.47	0.44	0.44	0.42	0.4
			3	0.58	0.54	0.51	0.52	0.49	0.47	0.47	0.45	0.43
			4	0.61	0.57	0.54	0.55	0.52	0.5	0.49	0.47	0.45
			5	0.63	0.59	0.57	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47

الفصل الثاني

حسابات الكابلات

2- 1-مقدمة :

تستخدم الكابلات لنقل التغذية الكهربائية بين مركز التحويل (أو أي مصدر قدرة آخر متوفر) وبين اللوحة الرئيسية لأي مشروع ، وكذلك تستخدم لتغذية اللوحات الفرعية من اللوحة الرئيسية .

وأكثر أنواع الكابلات المستخدمة هي الكابلات ذات الرمز NYY , بالإضافة إلى أنواع أخرى مختلفة .

تمدد هذه الكابلات على حوامل كابلات أفقية و شاقولية وذلك اعتبارا من مصدر التغذية الرئيسي وصولا إلى اللوحات الفرعية .

أما في تمديدات الإنارة والمآخذ فتستخدم عادةً الكابلات NYM حيث تمدد على حوامل كابلات في الممرات , ومن حوامل الكابلات توزع الخطوط إلى النقاط الضوئية والأسقف ضمن أنابيب بلاستيكية فوق الأسقف المستعارة ,أو مخفية ضمن الجدران و الأسقف .

2-2- طريقة حساب الكابلات :

لحساب مقطع الكبل المغذي لأي حمل سواء كان إنارة أو مآخذ أو لوحات تغذية نتبع الخطوات التالية :

1- يجب أن يتحمل الكبل التيار الكهربائي المار فيه لفترة زمنية طويلة دون أن ترتفع درجة حرارته عن الحدود المسموح بها , أو تتغير مواصفاته , و لحساب هذا التيار نقوم بتحديد التيار الاسمي للناقل .

إن درجة الحرارة المحيطة تؤثر على الكابلات وعلى تحميلها وتتم الحسابات كما يلي:

- تيار أحادي الطور إنارة :

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{P_L}{U_{ph} * \cos\phi} \qquad (2-1)$$

- **تيار ثلاثي الطور إنارة :**

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{P_L}{3*U_{ph}*\cos\phi} \qquad (2-2)$$

- **تيار آحادي الطور متناوب لآلة :**

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{S}{U_{ph}} = \frac{P_u}{\eta*U_{ph}*\cos\phi} \qquad (2-3)$$

- **تيار ثلاثي الطور متناوب لآلة :**

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{S}{3*U_{ph}} = \frac{P_u}{3*\eta*U_{ph}*\cos\phi} \qquad (2-4)$$

حيث:

pu:الاستطاعة المفيدة الميكانيكية مقدرة بالواط .

PL: مجموع الاستطاعة الفعلية الاجمالية المحملة على الكابل مقدرة بالواط .

Uph: توتر الطور مقدر بالفولط .

$\cos\phi$: عامل الاستطاعة و يجب أن يكون بحدود

$$\cos\phi = 0.85$$

η :مردود الألة .

I_L : التيار الاسمي مقدر بالأمبير .

وهناك جداول قياسية تعطي مقطع الكابل عند قيمة التيار I_L المحسوبة كما هو مبين في بالجدول (2-1) .

ويتعلق تحميل الكابلات المغذية للوحات بعدة عوامل :

1–طريقة التمديد (أرضية أو هوائية على حامل كابلات) .
2–درجة الحرارة المحيطة .
3–نموذج الكابل (NYY مثلاً) .
4–طريقة توضع هذه الكابلات في الصاعد الرئيسي أثناء مسيرها ما بين اللوحة الرئيسية للمبنى واللوحات الفرعية .

*يتم حساب تيار الحمل الفعلي المار في الكابل المغذي للوحة I_L ومن ثم حساب التيار الاسمي للقاطع الرئيسي بالعلاقة

$$I_n = I_L \frac{1.25}{0.8} \quad (2\text{-}5)$$

حيث يمثل العامل 1.25 زيادة مستقبلية في الحمل مقدارها 25% , ويمثل العامل 0.8 انخفاض في قيمة التيار الاسمي للقاطع المصمم عليه نتيجة وجوده مع باقي القواطع في اللوحة .
ويبين الجدول (2-2) عامل تصحيح مقطع الكبل نتيجة لاختلاف درجة الحرارة .

2–أن لايتجاوز هبوط التوتر على الناقل المغذي حد معين وعادة يسمح بهبوط توتر نسبي بين لوحة التوزيع والحمل مقداره 3% بالنسبة لأحمال الإنارة , و5% بالنسبة لأحمال القوى .
ولحساب هبوط التوتر على كابل نعتبر العلاقة التالية:

$$\Delta U = R.I.\cos\phi + X.I.\sin\phi + J(X.I.\cos\phi - R.I.\sin\phi) \quad (2\text{-}6)$$

وفي حالات التوتر المنخفض والمقاطع الصغيرة يمكن أن نكتفي بالعلاقة التالية :

$$\Delta U = I.R.\cos\phi \quad (2\text{-}7)$$

ويكون هبوط التوتر النسبي هو($\frac{\Delta U}{Uph}$) للأحمال الثلاثية .

$$\Delta U\ \% = \frac{\Delta U}{U_{Ph}} * 100 \qquad (2\text{-}8)$$

أما في حال النظام أحادي الطور فيضرب هبوط التوتر بقيمة 2 .
ويتم حساب المقاومة الأومية R من العلاقة:

$$R = \rho * \frac{L}{S} \qquad (2\text{-}9)$$

حيث

ρ : المقاومة النوعية لمعدن الكابل وتساوي للنحاس $\frac{1}{57} mm^2$.

L: الطول المعتبر للكابل مقدراً بالمتر .

S:مقطع الكابل المختار على أساس التحميل الحراري

مقدراً بـ mm^2 .

وبعد حساب هبوط التوتر حسب المقطع المختار حسب الفقرة السابقة يمكن اقرار المقطع المختار أو الانتقال الى المقطع الأكبر , واعادة الحساب من أجل هبوط التوتر على المقطع الجديد .

3- أن يتحمل الكابل تيار القصر Isc الذي يمر فيه قبل أن يتم فصل هذا التيار من قبل عنصر الحماية , أي زمن تحمل الناقل لتيار القصر أكبر من زمن تأخر عنصر الحماية عن الفصل ,حتى لا يتعرض عازل الكابل للتلف, وهذه الحالة تستوجب معرفة تيار القصر المتوقع مروره في الناقل ,وهنا سوف نعتمد على منحنيات خاصة تعطي قيمة تيار القصر كتابع لمقاومة الكابل , ويحسب مقطع الناقل على أساس تيار القصر بالنسبة للنواقل النحاسية حيث يعطى بالعلاقة :

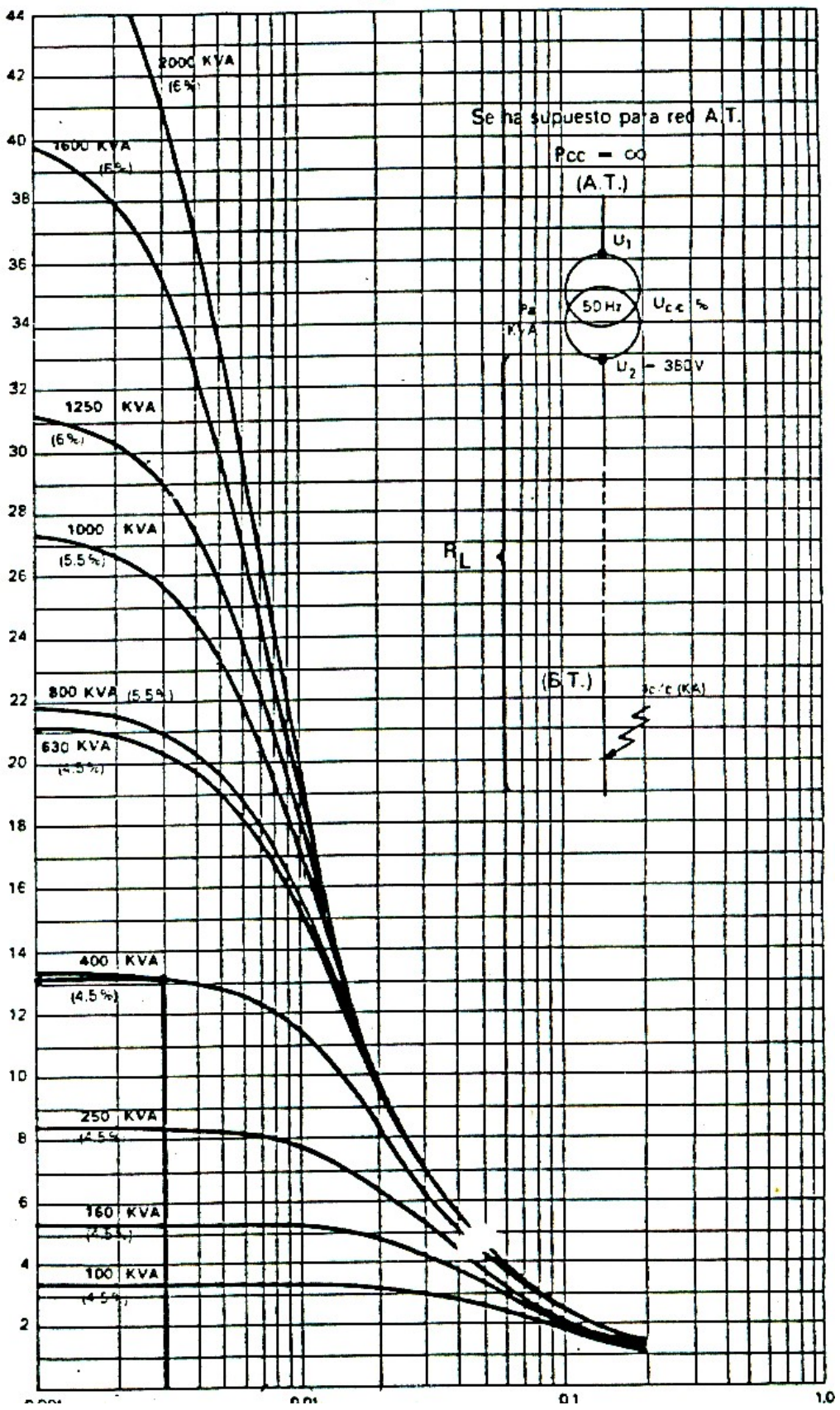
$$S = 8.7 * I_k * \sqrt{t} \qquad (2\text{-}10)$$

حيث:

I_k : تيار القصر المحسوب الذي تم أخذه من المنحنيات مقدراً [KA] كما هو مبين في الشكل (1-2) .

t : زمن تحمل الناقل لتيار القصر حيث يجب أن يكون أكبر من زمن فصل القاطع وهو بحدود (0.02–0.04) ثانية.

و إن مقطع الكابل الذي تم اختياره حسب البندين (1–2) يجب أن يكون أكبر أو يساوي S في هذا البند (3) وإلا يتم اختيار هذا المقطع S .



الشكل (1-2)علاقة تيار القصر بمقاومة الكابل حسب استطاعة المحول المستخدم

الجدول (1-2) العلاقة بين تيار التحميل للكابل مع المقطع .

PROTODUR cables 1 to 10 kV

Table 2.2/19
Three and four-core cables 0.6/1 kV – e.g. NYY, NYCY, NYCWY, NYFGY, NYKY.
Three-core cables 3.5/6 and 6/10 kV – e.g. NYFGY, NYSEY

Nominal cross-sectional area	Rated voltage U_0/U (kV)					
	0.6/1		**3.5/6**		**6/10**	
	Permissible operating temperature					
	70 °C		70 °C		70 °C	
	Three and four-core		**Three-core**		**Three-core**	
	Ambient temperature and installation medium					
	20 °C earth	30 °C air	20 °C earth	30 °C air	20 °C earth	30 °C air
mm²	**Carrying capacity (A)**					
Copper conductors						
1.5	26	18.5	–	–	–	–
2.5	34	25	–	–	–	–
4	44	34	–	–	–	–
6	56	43	–	–	–	–
10	75	60	–	–	–	–
16	98	80	–	–	–	–
25	128	106	126	105	133	114
35	157	131	158	131	160	138
50	185	159	187	157	189	165
70	228	202	230	197	230	204
95	275	244	275	241	275	247
120	313	282	313	277	312	284
150	353	324	352	316	350	322
185	399	371	397	362	394	367
240	464	436	460	427	455	430
300	524	481	518	487	512	490
400	600	560	587	565	584	574
Aluminium conductors						
25	99	83	–	–	–	–
35	118	102	122	101	123	106
50	142	124	145	122	146	128
70	176	158	178	153	179	158
95	211	190	214	187	213	192
120	242	220	243	215	243	221
150	270	252	274	246	272	250
185	308	289	310	283	307	286
240	363	339	361	335	356	336
300	412	377	408	384	402	385
400	475	444	468	450	464	456

الجدول (2-2)عامل تصحيح مقطع الكابل بسبب اختلاف درجة الحرارة .

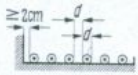
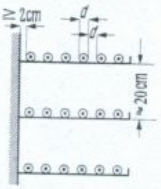
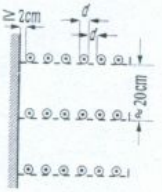
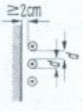
Table 2.2/8 Conversion factors f'' for different air temperatures

Type	Permissible operating temperature	Permissible temperature rise	Conversion factors f'' for air temperature in °C								
			10	15	20	25	30	35	40	45	50
–	°C	K	–	–	–	–	–	–	–	–	–
PROTOTHEN-X cable	90	–	1.15	1.12	1.08	1.04	1.0	0.96	0.91	0.87	0.82
PROTOTHEN cable PROTODUR cable	70	–	1.22	1.17	1.12	1.07	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71
Paper-insulated mass-impregnated[1]) belted cable											
0.6/1 to 3.6/6 kV	80	55	1.05	1.05	1.05	1.05	1.0	0.95	0.89	0.84	0.77
6/10 kV	65	35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.93	0.85	0.76	0.65
Single-core, separately sheathed and H-type cable											
0.6/1 to 3.6/6 kV	80	55	1.05	1.05	1.05	1.05	1.0	0.95	0.89	0.84	0.77
6/10 kV	70	45	1.06	1.06	1.06	1.06	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71
12/20 kV	65	35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.93	0.85	0.76	0.65
18/30 kV	60	30	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.91	0.82	0.71	0.58

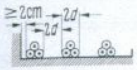
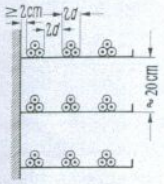
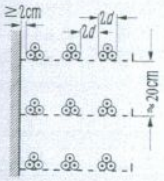
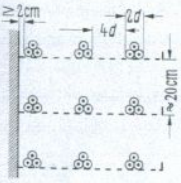
[1]) An increase in carrying capacity at lower temperatures is not always possible in cables with mass-impregnated paper insulation because of limitations in respect of thermal cycling (see Page 620)

الجدول (3-2) عامل تصحيح مقطع الكبل نتيجة لتجاور الكابلات .

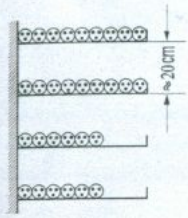
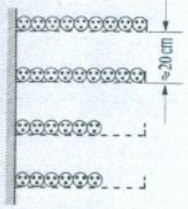
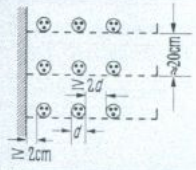
Table 2.2/10 Grouping in air of single-core cables in three-phase systems. If the air temperature is raised by the cable losses in confined spaces, or through extensive grouping, the conversion factors f'' given in Table 2.2/8 for other-than-normal air temperatures must be applied in addition

Clearance from wall ≥ 2 cm Clearance between cables equal to the cable diameter d	Number of systems 1 | 2 | 3 Conversion factor f'		
Cables laying in flat formation on the floor			
	0.92	0.89	0.88
Cables laying in flat formation on troughs (restricted air circulation)			
	Number of troughs		
	1	0.92	0.89	0.88
	2	0.87	0.84	0.83
	3	0.84	0.82	0.81
	6	0.82	0.80	0.79
Cables laying in flat formation on trays			
	Number of trays		
	1	1	0.97	0.96
	2	0.97	0.94	0.93
	3	0.96	0.93	0.92
	6	0.94	0.91	0.90
Cables arranged one above the other on a wall or on racks			
	0.94	0.91	0.89
Touching the wall	0.89	0.86	0.84

تتمة الجدول (3-2) عامل تصحيح مقطع الكبل نتيجة لتجاور الكابلات .

Clearance from wall ≥ 2 cm Clearance between systems 2 *d*	Bunched in trefoil formation Number of systems 1 | 2 | 3 Conversion factor *f'*		
Cables laying in flat formation on the floor			
	0.95	0.90	0.88
Cables laying in flat formation on troughs (restricted air circulation)			
	Number of troughs		
	1	0.95	0.90	0.88
	2	0.90	0.85	0.83
	3	0.88	0.83	0.81
	6	0.86	0.81	0.79
Cables laying in flat formation on trays			
	Number of trays		
	1	1	0.98	0.96
	2	1	0.95	0.93
	3	1	0.94	0.92
	6	1	0.93	0.90
Arrangement for which no reduction is necessary			
	In a flat formation with increased spacing, the reduction in mutual heating is offset by increased sheath losses. It is not possible, therefore, to give information here on arrangements that do not necessitate a reduction in loading.	Any number of systems	

تتمة الجدول (3-2) عامل تصحيح مقطع الكبل نتيجة لتجاور الكابلات .

Cables touching one another Cables touching the wall	Number of cables 1 | 2 | 3 | 6 | 9 Conversion factor f'				
Cables laying in flat formation on the floor					
	0.90	0.84	0.80	0.75	0.73
Cables laying in flat formation on troughs (restricted air circulation)					
	Number of troughs				
	1	0.95	0.84	0.80	0.75	0.73
	2	0.95	0.80	0.76	0.71	0.69
	3	0.95	0.78	0.74	0.70	0.68
	6	0.95	0.76	0.72	0.68	0.66
Cables laying in flat formation on trays					
	Number of trays				
	1	0.95	0.84	0.80	0.75	0.73
	2	0.95	0.80	0.76	0.71	0.69
	3	0.95	0.78	0.74	0.70	0.68
	6	0.95	0.76	0.72	0.68	0.66
Cables arranged one above the other on a wall or on racks					
	0.95	0.78	0.73	0.68	0.66
Arrangement for which no reduction is necessary					
	Clearance from wall ≥ 2 cm Clearance between cables 2 d	Any number of cables			

الفصل الثالث

تصميم اللوحات الرئيسية والفرعية:

3-1- لوحات التوزيع الرئيسية والفرعية:

3-1-1- مقدمة:

تحتوي المنشأة المدروسة عادة" على مجموعة من اللوحات الكهربائية تتضمن:

*لوحة التوزيع الرئيسية ورمزها MDB وتتوضع في غرفة اللوحات في القبو .

*لوحة القلاب .

*وهناك مجموعة من اللوحات الفرعية للإنارة المآخذ متوضعة في الطوابق وبشكل ظاهر في صاعد التمديدات الكهربائية ، أو مخفية في الجدران حسب طبيعة المكان .

تكون اللوحة الرئيسية ولوحة القلاب من الأنواع التي تركب على الأرض مباشرة أما بقية اللوحات الفرعية فتركب بشكل عام على الجدران .

البيانات الكهربائية الأساسية للوحات هي :

- توتر العمل [v] 400 متناوب.
- توتر العزل لايقل عن [v] 690 متناوب .
- التردد [HZ] 50/60 .

3-1-2- لوحة التوزيع الرئيسية:

- تكون أبعاد اللوحة مناسبة بحيث تتوزع فيها القواطع ووصلات الكابلات وحجيرات القياس والتحكم والباسبارات والمتممات براحة تامة مع ترك هامش احتياط بمقدار 15% من سعة اللوحة .

- تحتوي اللوحة على ثلاثة بارات للأطوار الثلاثة وبارين أحدهما للحيادي والآخر للأرضي بحيث يكون مقطع البار للحيادي مساوياً لمقطع بارات الأطوار .

– البارات مصممة ومثبتة من أجل تحمل الإجهادات الميكانيكية الناتجة عن تيار القصر الأعظمي .

– تكون الوصلات بين البارات عن طريق البراغي Bolted connection .

– تصنع أجسام اللوحات من صفائح الفولاذ المغلفن وبسماكة لا تقل عن [mm]2 , وأجزائها البلاستيكية من الأنواع ذات الإخماد الذاتي للحريق .

– تكون دارات القدرة منفصلة تماماً عن دارات التحكم ,ويمكن أن تدخل الكابلات من الأعلى أومن الأسفل , ويكون لهذه اللوحات مصابيح إشارة متوضعة على كافة المداخل و المخارج الرئيسية.

3-1-2-1-القواطع الألية والعادية:

تجهز اللوحة بقواطع مقولبة MCCB مع قلاب ألي ATS وقواطع عادية Switch_disconnector , والقلاب الآلي مزود بربط كهربائي ميكانيكي مع تماسات مساعدة.

3-1-2-2-أجهزة القياس:

اللوحة مزودة بأجهزة قياس مع محولاتها , ومبدلة توتر من النوع الدوار مع كافة الحمايات و تركب على القسم العلوي من اللوحة وتكون رقمية .

3-1-3- لوحات التوزيع الفرعية:

تستخدم هذه اللوحات بشكل رئيسي لتغذية دارات الإنارة العادية وإنارة الطوارئ ودارات المآخذ العادية ومأخذ UPS , ويركب في كل طابق لوحة أو أكثر تركب في الصاعد الرئيسي أو على الجدران .

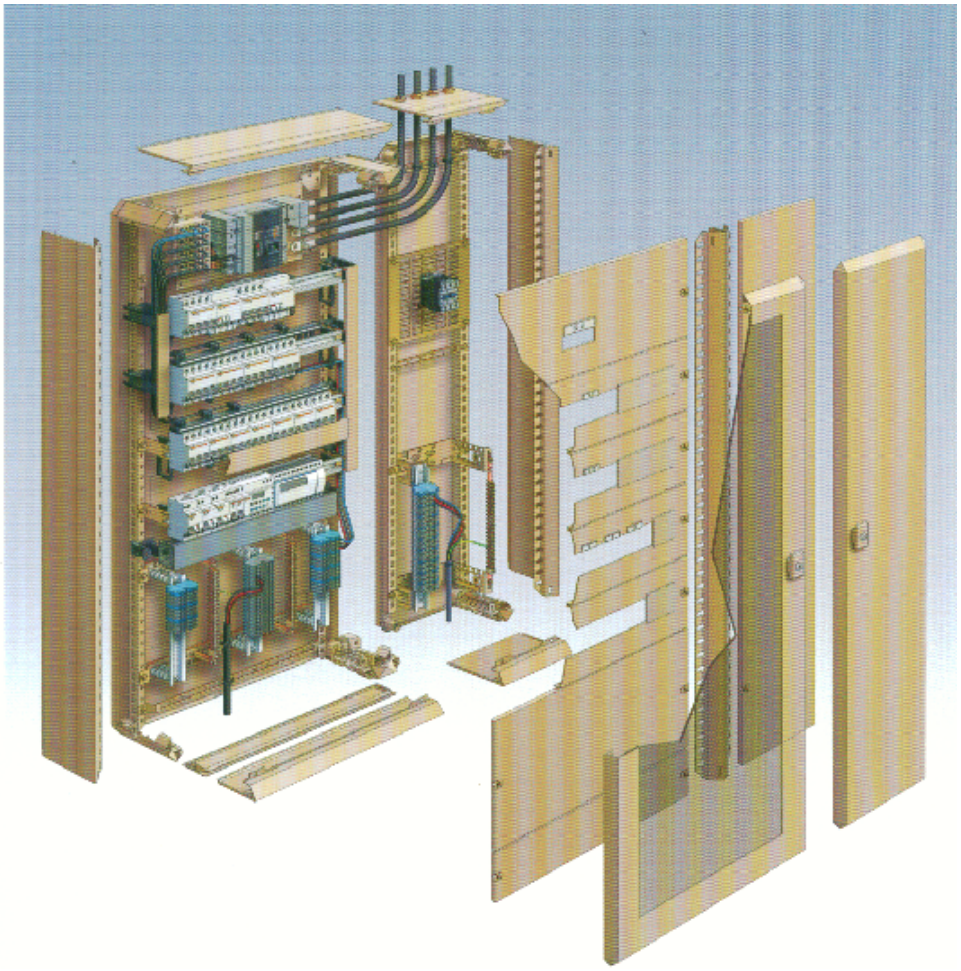
– إن معظم القواطع المستخدمة في هذه اللوحات نوعها MCB والكونتكتورات من الأنواع المستخدمة للقيادة , والقاطع الرئيسي قاطع آلي حراري مغناطيسي .

– تحتوي كل لوحة على بار نحاسي ثلاثي الطور سعته [A]100 , و بار آخر متعدد المرابط لوصل نواقل الحيادي, وبار مشابه لنواقل الحماية الأرضية.

–تركب اللوحات في صواعد التمديدات بالنسبة للنوع الظاهر,ومخفية في الجدار بالنسبة للنوع المخفي .

– تجهز اللوحة بالسكك والصفائح الداخلية المعدنية المطلية بالزنك لتركيب تجهيزات اللوحة عليها ,ويبين الشكل (1-3) الشكل العام للوحة فرعية.

– تحوي كل لوحة من لوحات الإنارة والمآخذ على بار خاص للإنارة و بار خاص للمآخذ ,و تجهز دارات المآخذ بالقواطع التفاضلية اللازمة.



الشكل(1-3) يبين الشكل العام للوحة الفرعية .

3-2-أجهزة القطع والوصل Switch Gear :

3-2-1-مقدمة:

تستخدم القواطع الكهربائية بصورة أساسية للحماية من زيادة الحمل ومن تيار القصر ، وكذلك للحماية من التسريب الأرضي وهبوط التوتر .

و تحتوي اللوحات على أنواع مختلفة من أجهزة القطع والوصل مثل القواطع الآلية Circuit Breakers بأنواعها المختلفة:

*القواطع المقبولة MCCB .

*القواطع الصغيرة MCB .

*القواطع التلامسية Contactors .

*القواطع التفاضلية RCCB.

إضافة إلى متممات هذه الأجهزة من ريليهات وتلامسات إضافية.

و يعرف القاطع الآلي بأنه: أداة ميكانيكية يجب أن تقوم بتمرير, فصل , وصل كامل قيمة التيار الاسمي المحدد ضمن شروط عمل طبيعية ووفق الشروط النظامية , وأن يستطيع تحمل قيمة تيار كبيرة لمدة زمنية محددة وفصل هذا التيار ضمن شروط عمل محددة غير عادية مثل (دارات القصر).

3-2-2-القواطع الآلية المقولبة(Moulded Case Circuit Breakers MCCB):

تكون هذه القواطع بعيارات محددة تبعاً للتيارات , ويختار القاطع بناء على توتر العمل العياري وتوتر العزل وسعة القصر العظمى . وآلية عمل هذه القواطع حرارية مغناطيسية , وتوضع ضمن غلاف محكم الإغلاق .

توتر العمل الاسمي [50[HZ, [Ue=660[V ، ويستخدم في لوحات التغذية الفرعية والرئيسية .

الحماية من زيادة التيار في هذه القواطع إما تكون مبنية داخل القاطع أو ملحقه به .

وهذه الحماية تكون غير مناسبة في حال وجود التوافقيات ، وفي هذه الحالة يفضل استخدام أحد النوعين التاليين من الحمايات :

1-الحماية من زيادة التيار الالكترونية .

2-الحماية من الدارة القصيرة عن طريق ريليهات تأخير زمني منفصلة .

ويتم اختيار القواطع الكهربائية وفقاً للمقاييس التالية :

1-طبيعة ووظيفة نظام الحماية .

2-التوترات الاسمية .

3-استطاعة القصر .

4-التيارات الاسمية .

ويعد توتر نظام القدرة الكهربائية عامل أساسي في اختيار القواطع الكهربائية من حيث ارتباطه بتوتر العزل والتوتر الاسمي .

3-2-3-القواطع الصغيرة(MCB):

تستخدم بشكل عام في حماية المأخذ والدارات الفرعية للإنارة و دارات الاستطاعة الصغيرة. وتكون من الأنواع المركبة على سكة، وكل قطب من أقطاب القاطع مزود بحماية حرارية لزيادة الحمل ، وحماية مغناطيسية لزيادة التيار , ويزود القاطع بالمساعدات الإضافية مثل:

-وشيعة فصل.

-وشيعة ضد هبوط التوتر .

-مفتاح on-off .

-مفتاح إنذار .

-جهاز تفاضلي [mA]30 .

عدد مرات الفصل والوصل ميكانيكياً لا تقل عن 20000 , وتكون القواطع الخاصة بدارات الإنارة من النوع B , و القواطع الخاصة بدارات المأخذ من النوع C ,أما القواطع الخاصة بدارات المحركات فتكون من النوع D حيث يسمح هذا النموذج بتمرير تيار الإقلاع للمحرك .

وعند حدوث قصر كهربائي فإن تيار القصر يجب ألا يتجاوز القيمة المسموحة لمقطع الناقل .

كذلك يجب أن يكون هناك انتقائية في عمل القواطع حيث يجب أن يعمل قاطع الـ MCB قبل القاطع الأعلى مرتبة .

تصنع بقطب واحد وبعدة أقطاب ، وكذلك بحيادي قابل للفصل والوصل ، وتصنع أيضاً بتماسات مساعدة .

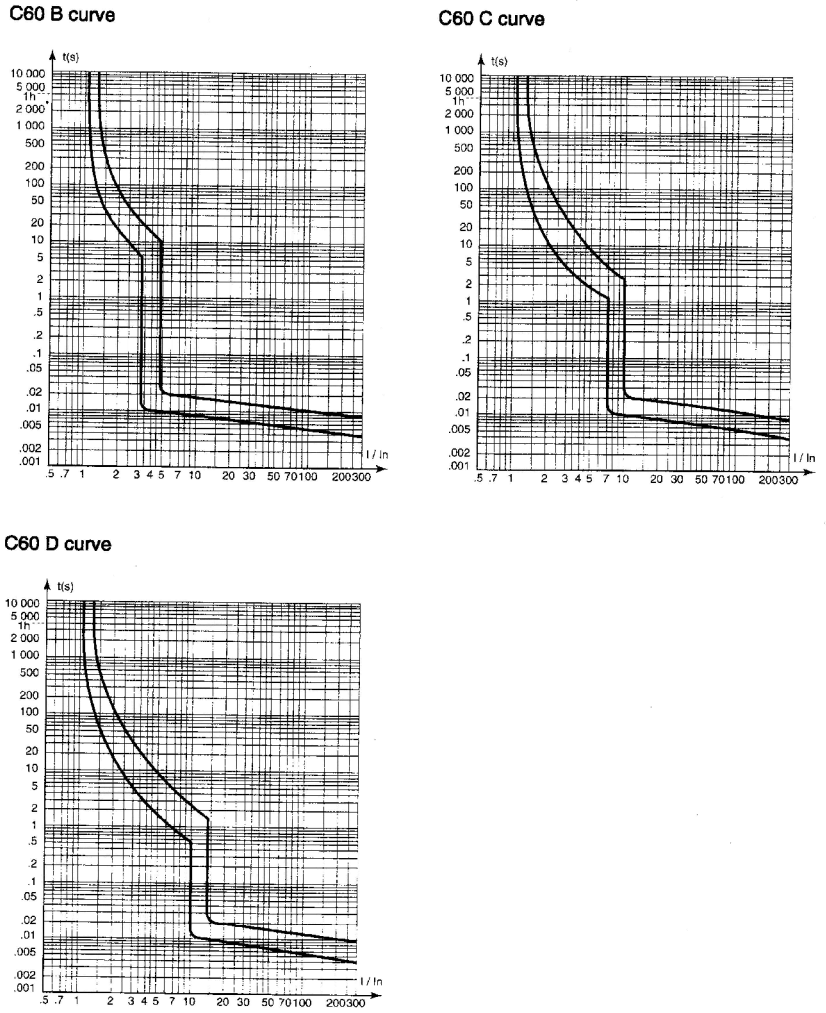
ويمكن استخدام جميع هذه القواطع في الشبكات ذات التوتر 230/400 V متناوب ac ، ويمكن للنموذج ac/dc أن يستخدم أيضاً في شبكات التوتر المستمر ولغاية التوتر 400 V.

وتعمل هذه القواطع وفقاً لمنحنيات الفصل لها عند درجات الحرارة الواقعة بين (+35-0) C° .

عند درجات الحرارة الأعلى فإن الحماية الحرارية تستجيب بصورة مبكرة، وهذا يعني أنه لا يمكن تحميل القاطع بتياره الاسمي، ويجب الانتباه لهذه المسألة خاصة عند استخدام مثل هذه القواطع في الفراغات ذات درجة الحرارة العالية أو في اللوحات التي تتعرض لارتفاع

في درجة حرارتها ، وتتحمل هذه القواطع الظروف الجوية حتى درجة حرارة +45 C° ونسبة رطوبة 95% .

ويبين الشكل(2-3) منحنيات الفصل لبعض القواطع الآلية .



الشكل(2-3) منحنيات الفصل لبعض القواطع الآلية .

3-2-4- القواطع التفاضلية (RCCB):

تعتمد على مبدأ المجموع الشعاعي الآني لقيم التيارت المارة في دارة الحماية التفاضلية , فإذا كان هذا المجموع مساوياً للصفر فالدارة سليمة ,وخلاف ذلك فإن هنالك تيار متسرب يؤدي إلى فصل الحماية.

إذاً:

الدارة السليمة : $$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N = 0$$

الدارة الغير سليمة : $$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N \neq 0$$

وقد تم استخدام القواطع التفاضلية لحماية الدارات والأجهزة و المآخذ في الأماكن الرطبة , وهي تعمل بالتيار و بحساسية [300[mA] or 30[mA] .

وتركب في اللوحات الفرعية ,و تتحمل سعة قصر بحدود [10[kA] حيث يكون القاطع التفاضلي و القاطع الصغير موجودين بوحدة واحدة .

و هي من القواطع الهامة جداً حيث تستخدم من أجل الكشف عن التيارات المتسربة إلى الأرض و مراقبة العازلية ، و من أجل حماية الأشخاص المتعاملين مع التجهيزات الكهربائية (توتر التماس) .

3-2-4-1- مواصفات القواطع التفاضلية:

حماية القواطع التفاضلية من تيارات القصر :

يجب أن تكون هذه القواطع مناسبة لتحمل التيارات العالية الناتجة عن حدوث عطل في العازلية بسبب تيار خطأ أرضي أو تيارات دارة قصر ، كما يجب أن يتم حمايتها ضد تيارات دارة القصر بواسطة القواطع الحرارية المغناطيسية .

الحماية من أخطار الحريق :

تحدث الحرائق نتيجة مرور تيارات أرضية أو تيارات قصر في غرف التشغيل التي تحوي على مواد مكدسة سريعة الالتهاب ، لذا فإن استخدام القواطع التفاضلية يمكنها العمل على جعل الحرارة المتوفرة في موقع العطل غير كافية لإشعال الحريق نظراً لسرعتها العالية في الفصل.

3-2-4-2- أجزاء القاطع التفاضلي :

تتألف هذه الحماية من حلقة معدنية للساحة المغناطيسية تحتوي على ثلاث وشائع للحماية الأحادية الطور و على خمس وشائع للحماية الثلاثية الطور .

يتم ربط وشيعتين من وشائع الحماية الأحادية و بالتسلسل مع ناقل الطور و مع ناقل الحيادي و الأربع وشائع من وشائع الحماية الثلاثية مع الأطوار الثلاث و الخط الحيادي و تربط إلى معيرة مغناطيسية كهربائية تؤثر على الآلية المغناطيسية لتحقيق فتح القاطع أو فتح الدارة .

3-2-4-3-اختيار القاطع التفاضلي:

يتم اختيار القاطع التفاضلي بناء على :

1- أن التيار الاسمي للقاطع وهو التيار المناسب للحمل و أجهزة الحماية الأخرى في الدارة و يمكن أن يأخذ القيم التالية : [A] 25-16-10=In .

2- تيار التسريب الأرضي : وهو أقل قيمة لتيار الخطأ الأرضي المؤدية لفصل القائم و تحدد عادة بالقيم النظامية التالية : [mA] 1000-500-300-30=Ieh .

3-2-5-القواطع التلامسية(Contactors) الصغيرة:

- تستخدم في اللوحات الفرعية للإنارة والمآخذ لقيادة اللوحة عن بعد كلياً أو عن طريق تيلير يبتور وتكون من النوع المدمج وتركب على سكة ولها قطب أوقطبين أو ثلاثة أو أربعة وبعيارات تتراوح بين [A] 100-16 عند درجة حرارة محيطية C ° 40 .

- لكل قاطع نوعين من التلامسات المساعدة 2No+2Nc مزود بها , وتوتر العمل 250 [v] للقواطع التلامسية ذات القطب الواحد و القطبين , و [v]400 للقواطع ذات الثلاثة و الأربعة أقطاب.

- كما يوجد مصباح إشارة يشير إلى وضع التوتر على وشيعة القاطع .

3-2-6- القواطع التلامسية لدارات القدرة:

إن هذه القواطع تكون بشكل عام ثلاثية أو رباعية الأقطاب ومزودة بحاكمة حرارية على كل قطب , وتكون قابلة للعيار حسب استطاعة المحرك الذي نقوم بتشغيله.

وتوتر العمل [v]400 وتوتر وشيعة التحكم [v]220 أو [v]240 حسب الوضع في دارة التحكم ,وللقاطع تلامسين No وتلامس Nc وذلك من أجل أخذ الإشارة , ولها مفاتيح Start_Stop ومصباحي إشارة و مفتاح إعادة الوضعية.

3-2-7- التجهيزات المساعدة:

3-2-7-1- التيلير يبتور Impulse Relay :

مواصفاته:

عامل الاستطاعة P.f=0.6 ,و التيار الاسمي In=16[A] أو [A] In=32 .

توتر العمل النظامي [v]220 والتردد [HZ] 60-50 .

عدد مرات القطع والوصل خمس مرات في الدقيقة.

له تماس مساعد يسمح باستخدام كباسات التشغيل المضيئة.

3-2-7-2-مصابيح الإشارة المدمجة:

تركب على اللوحات الفرعية للإنارة و المآخذ والاستطاعات الصغيرة , وتكون من الأنواع المدمجة التي تركب على سكة وتعمل على توتر [v]220 , وتردد [HZ] 60-50 , وعمر المصباح 100000 ساعة , واستهلاك المصباح[W]0.3 .

3-2-7-3- مصابيح الإشارة العادية:

تركب هذه المصابيح على واجهة اللوحة الرئيسية .توتر التغذية [v]220 , والتردد 60-50 [HZ] , وتكون مجهزة بمصابيح نيون , ولا تقل درجة الحماية عن IP 40 .

ويبين الشكل (3-3) بعض القواطع المستخدمة في اللوحات الرئيسية والفرعية.

الشكل(3-3) بعض القواطع المستخدمة في اللوحات الرئيسية والفرعية .

الفصل الرابع

4-1-التأريض :

4-1-1-الغاية من التأريض:

إن تأريض جسم معدني يعني ربط هذا الجسم بالأرض بهدف جعل كمونه معدوماً,وللتأريض غايتان رئيسيتان:

الأولى: حماية الإنسان من أخطارالتكهرب الناتج عن ظهور توترات خطرة على الأجزاء المعدنية القابلة للمس، وقد حددت الأنظمة العالمية التوتر الخطر على الإنسان بقيمة [v]50 للنظام الفرنسي , و[v]65 للنظام الألماني .

الثانية:المحافظة على نظام توزيع القدرة الكهربائية من ارتفاع توتر الشبكة بالنسبة للأرض عند حدوث الأعطال الأرضية ارتفاعاً يتجاوز التوتر المسموح للعوازل، وقد حددت الأنظمة العالمية هذا التوتر بقيمة [v]250 بين أحد الأطوار والحيادي وذلك للشبكات التي تعمل على توتر نظامي 380/220 فولط .

يتم تأريض الأجسام المعدنية بوصلها عبر ناقل جيد إلى قطب التأريض المدفون بالأرض بطريقة تؤمن الاتصال الجيد بينه وبين الأرض أي أن نظام التأريض يتألف من أقطاب التأريض والناقل الأرضي الرئيسي و النواقل الأرضية الفرعية.

4-1-2-أقطاب التأريض:

هي الأجسام المعدنية المدفونة في الأرض وتكون على شكل صفائح أوأوتاد أو شرائط .

تسمى المقاومة بين قطب التأريض وبين قطب الأرض مقاومة التأريض ,وتتعلق هذه المقاومة بشكل قطب التأريض وعمق طمره والمقاومة النوعية للتربة . وتختلف المقاومة النوعية للتربة حسب نوع التربة(طينية ،رملية .....) وحسب الظروف المناخية المحيطة (رطوبة، حرارة.....) .

أما أقطاب التأريض فيمكن أن تكون وفق أحد الأنواع التالية:

1-الصفائح :

تكون الصفائح من النحاس أو الحديد المغلفن(غير قابلة للصدأ) وبأبعاد(1*1 m) وبسماكة لا تقل عن(3mm) للحديد و(2 mm) للنحاس .

- تطمر الصفائح أفقياً أو عمودياً في التربة على عمق (1m) من سطح الأرض وتردم الحفرة بتراب ناعم جيد الناقلية .
- يحذر استعمال الفحم أو الملح في تغطية سطح الصفيحة ، وينصح بترطيبها بين كل فترة وأخرى عن طريق سكب الماء بواسطة قسطل يصل الى سطح الصفيحة ,ويمكن أن يضاف للماء قليل من الملح .
- تعطى المقاومة التقريبية لقطب التأريض على شكل صفيحة مربعة بالعلاقة:

$$R = \frac{\rho}{4.5 \times B} \ [\Omega] \qquad (4-1)$$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية للتربة وتقدر بـ $[m.\Omega]$.

B : عرض الصفيحة وتقدر بالمتر.

2-الأوتاد :

تكون على شكل قضبان أو أنابيب من النحاس أو الحديد المغلفن أوالحديد الملبس بالنحاس أو القصدير .

- يتم غرس الأوتاد في التربة بواسطة الدق لتأمين تماس جيد مع الأرض ويتم الإبقاء على القسم العلوي للوتد دون طمر،وتعمل له حفرة تفتيش من البيتون أو البلاستيك(40*40 cm) للتأكد من حالة الوتد ومقاومته الأرضية .
- تعطى المقاومة التقريبية لقطب التأريض على شكل وتد بالعلاقة:

$$R = \frac{\rho}{L} \ [\Omega] \qquad (4-2)$$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية للتربة وتقدر $[m.\Omega]$.

L : طول الجزء المدفون من الوتد ويقدر بالمتر.

3-الشرائط :

- تكون على شكل نواقل معدنية بمقاطع دائرية أو مبسطة من النحاس أو الحديد المغلفن ولا يسمح باستخدام الأسلاك الشعرية المجدولة لضعف مقاومة أسلاكها للتلف .
- تطمر الشرائط بشكل موازي لسطح الأرض وعلى عمق :
  - 70 [cm] في الأرض الطينية.
  - 80 [cm] في الأرض الكتيمة.
  - 100 [cm] في الأرض الرملية.
- كما يمكن طمرها بشكل حلقي حول المبنى ,ويمكن تمديدها بشكل متصالب .

وتعطى المقاومة التقريبية لقطب تأريض على شكل شرائط ممتدة بالعلاقة :

$$R = \frac{2 * \rho}{L}[\Omega] \qquad (4-3)$$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية للتربة وتقدر بـ $[m.\Omega]$.

L : طول الشريط ويقدر بالمتر.

والخلاصة أنه يمكن استخدام أياً من الأنواع السابقة حسب الواقع.

*فالأقطاب العمودية هي الأمثل عندما تكون المقاومة النوعية للطبقة العميقة من الأرض أقل من المقاومة النوعية للطبقة السطحية بسبب الرطوبة .

*والأقطاب الأفقية هي الأمثل إذا كانت المقاومة النوعية للطبقة السطحية من الأرض أقل من المقاومة النوعية للطبقة العميقة .

4-1-3-ربط أقطاب التأريض على التفرع :

للحصول على مقاومة أرضية منخفضة يتم استخدام أكثر من قطب أرضي توصل مع بعضها على التفرع ،وقد تكون مجموعة الأقطاب متماثلة أو مختلفة ,عندها يجب الأخذ بعين الاعتبار مايلي :

1- أن لا تقل المسافة الأفقية بين قطبين أرضيين عن ثلاثة أمتار .

2- لايخضع ربط الأقطاب الأرضية على التفرع لقانون ربط المقاومات على التفرع بسبب التأثير بين الأقطاب .

ففي حالة الأوتاد الأرضية وعند ربط وتدين على التفرع لا يخفض قيمة المقاومة إلى النصف ، بل يخضع للمعادلة التقريبية التالية :

$$R_{tot} \approx \frac{R}{K}[\Omega] \qquad (4-4)$$

حيث :

R : مقاومة الوتد الواحد $[\Omega]$.

R_{tot} : المقاومة المكافئة لمجموعة الأوتاد $[\Omega]$.

K : عامل يمكن الحصول عليه من منحنيات تجريبية , و حسب عدد الأوتاد الموصولة على التفرع .

4-1-4-الناقل الأرضي الرئيسي :

وهو الناقل الكهربائي الذي يصل بين قطب التأريض والجسم المراد تأريضه (قضيب التجميع الأرضي في لوحة توزيع مثلاً) والتي ستتفرع عنها النواقل الأرضية الفرعية التي ستوصل إلى المآخذ الكهربائية أو الأجسام المعدنية للتجهيزات الكهربائية المراد تأريضها .

- يمكن أن يكون الناقل الأرضي الرئيسي من النحاس أو الألمنيوم أو الفولاذ وأن يكون معزولاً أو عارياً .

-حين ظهور الناقل الأرضي الرئيسي خارج الأرض يجب أن يمدد بشكل مرئي لمراقبة استمراريته ، وأن يتم حمايته من العوامل الميكانيكية والكيميائية .

- يتم تحديد مقطع الناقل الرئيسي حسب تيار العطل الأرضي المتوقع مروره عند حصول عطل إلى الأرض ، ويجب أن يتحمل الناقل هذا التيار لمدة لا تقل عن [sec]1 .

– عادة يكون مقطع الناقل الأرضي الرئيسي مساوياً لنصف مقطع خطوط الأطوار ,و مصنوعاً من نفس مادة ناقل الأطوار , ويجب أن لا يقل مقطع الناقل الأرضي الرئيسي عن 16[mm^2] للنحاس ، و35 [mm^2] للألمنيوم ، و50 [mm^2] للفولاذ .

4-1-5-النواقل الأرضية الفرعية :

وهي النواقل الكهربائية الصادرة عن نقطة الأرضي الرئيسية و الذاهبة إلى المآخذ الكهربائية المراد تأريضها تمدد هذه النواقل مع نواقل الاطوار, وهناك عدة أمور يجب مراعاتها عند تمديد هذه النواقل:

1-عند تمديدها مع نواقل الأطوار يجب أن تكون مشابهة لنواقل الأطوار من حيث طريقة التمديد و نوعية العزل ....الخ, و مختلف عنها من حيث لون العازل (يجب تمييز الناقل الأرضي عن نواقل الأطوار والحيادي).

2-عند تمديد نواقل التأريض الفرعية بشكل مستقل عن نواقل الأطوار فإن نواقل التأريض يمكن أن تكون معزولة أو عارية على أن تمدد بشكل سليم و بنفس الإجراءات المرعية لتمديدات نواقل الأطوار .

٤ -٢-الحماية من الصواعق:

4-2-1-العوامل المحددة لحاجة المنِشأة إلى نظام الحماية من الصواعق :

تحتاج الأبنية ذات الطبيعة أو الوظيفة الخاصة التي تجعلها مهددة بأخطار الحريق أو الانفجار في حال تعرضها للصواعق إلى نظام كامل وموثوق للحماية .

إلا أن حاجة الأبنية الأخرى لهذا النظام تعتمد على مجموعة عوامل ، أهمها :

1 ــ الغاية من إقامة المبنى (استخدام المبنى) .

2 ــ نموذج الإنشاء .

3 ــ محتويات المبنى .

4ــ درجة العزل .

5 ــ طبيعة المنطقة .

6 ــ ارتفاع المبنى .

7 ــ مدى تكرار الصواعق الجوية في المنطقة .

٤-٢-٢- نظام الحماية من الصواعق :

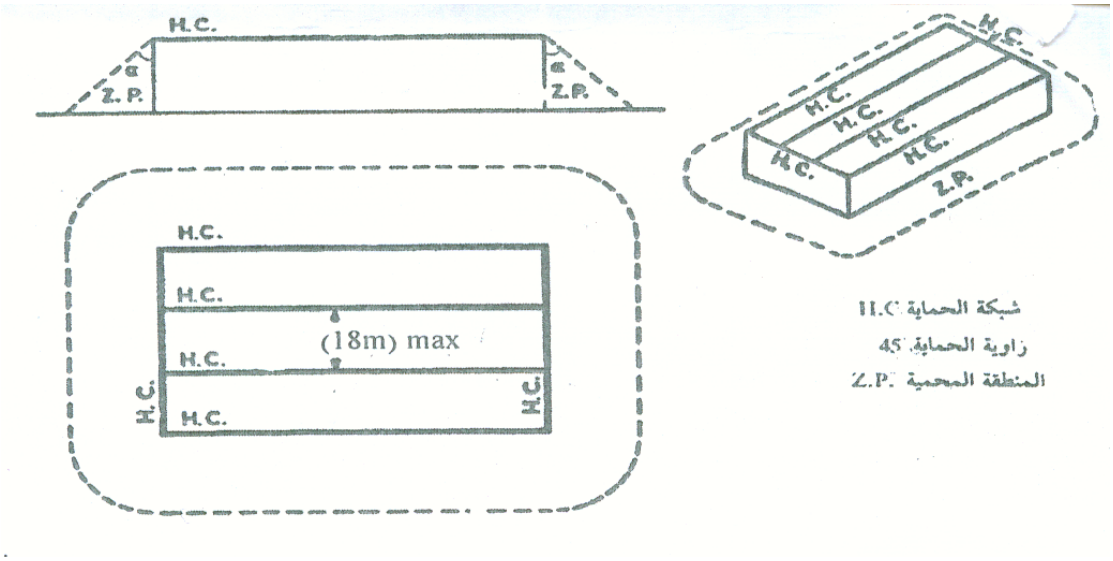
إن النظام الأكثر فاعلية للحمية من الصواعق هو نظام قفص فراداي الذي يتكون من شبكة معدنية مركبة على سطح البناء ، يمكن أن تكون من النحاس أو الألمنيوم أو خلائطهما أو من الفولاذ المغلفن ، وبشكل قضبان أو أمراس مجدولة أو شرائط مبسطة .

تربط هذه الشبكة إلى نقاط أرضية بواسطة نوازل من المواد آنفة الذكر نفسها ، ويعتمد عدد النوازل (وبالتالي النقاط الأرضية) اللازمة بصورة أساسية على المساحة الأفقية للبناء بحيث يزداد عددها تبعاً لزيادة تلك المساحة .

تزود هذه الشبكة في المناطق العالية من البناء ، التي تبرز عن السطح على نحو مميز بأبر معدنية تركب عمودياً ، ويتعلق عدد هذه الأبر ومواقعها بصورة أساسية بشكل البناء والبروزات الموجودة فيه .

٤-٢-3-الشبكة الأفقية :

يتم تصميم الشبكة الأفقية بحيث تحيط بالحدود الخارجية للمبنى إحاطة تامة (تركب فوق السور الخارجي للمبنى) ، وذلك على شكل حلقة مغلقة ، وتضاف إليها امتدادات أفقية للشبكة داخل هذه الحدود ، تبعاً للحاجة الشكل (1-4) .



الشكل (4-1)

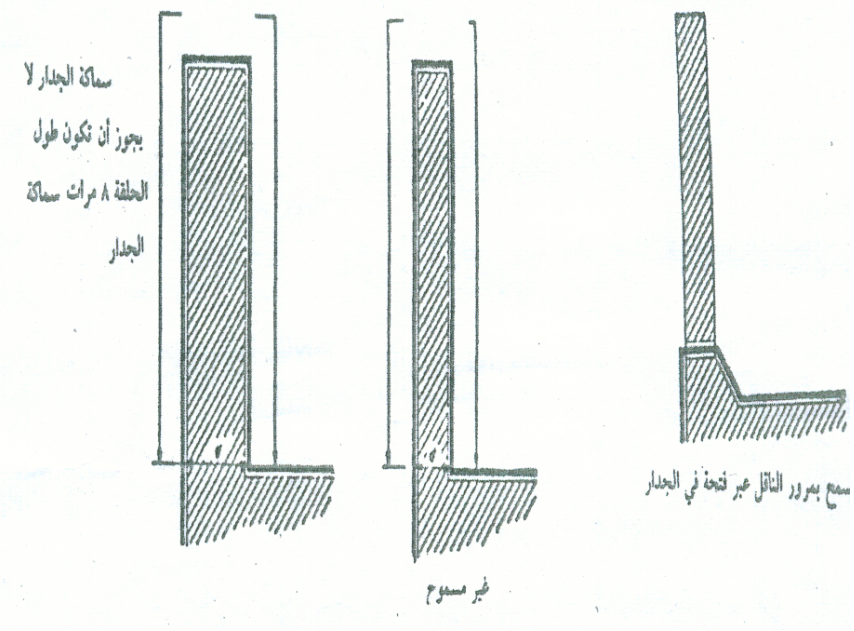
شبكة أفقية للحماية من الصواعق بالنسبة لمنشأة ذات امتداد أفقي كبير

لا يجوز أن تبعد أي نقطة من سطح البناء عن الشبكة أكثر من 9 m وبالتالي لا يجوز أن تزيد المسافة الأعظمية المسموح بها بين خطين من الشبكة عن 18 m.

يجب أن تربط جميع التجهيزات والهياكل المعدنية الموجودة على سطح المبنى إلى شبكة الحماية بصورة كاملة ، وذلك بواسطة المواد المستعملة في شبكة الحماية نفسها ، وبحيث تشكل هذه التجهيزات والهياكل المعدنية جزءاً من شبكة الحماية .

يجب تجنب الانحناءات الحادة في الشبكة ، بحيث لا تقل زاوية الانحناء عن 90 درجة وعلى أن تتم بشكل قوس دائرة وليس بشكل زاوية قائمة .

يتبين في الشكل (4-2) أنه لا يجوز في حال التفاف الشبكة حول جدار أو حاجز ما ، أن يزيد الطول الإجمالي لهذا القسم في الشبكة عن ثمانية أضعاف سماكة الجدار ، ولتجنب هذه الحالة إذا وجدت يمكن المرور عبر فتحة في الجدار كما هو مبين في الشكل .



الشكل (2-4)

المبدأ العام للالتفاف حول الجدار

٤-٢-٤-إبر الحماية :

يجب أن تكون إبر الحماية من الألمنيوم والنحاس أو خلائطهما أو الفولاذ المغلفن ، وأن تكون منسجمة مع مادة شبكة الحماية .

يتراوح طول الإبرة الحماية بين 50 و200 سم وقطرها بين 1.5 و2 سم ويمكن زيادة الطول حسب الضرورة .

في الأبنية المرتفعة ذات الامتداد الأفقي المحدود (المآذن وأبراج الكنائس ، خزانات المياه ، والمداخن المرتفعة للمعامل) يمكن الاكتفاء بإبرة واحدة دون الحاجة إلى شبكة حماية أفقية ، على أن تربط هذه الإبرة إلى المآخذ الأرضي بواسطة خط نازل .

في الأبنية ذات الامتداد الأفقي الكبير ، يتم تركيب بعض إبر الحماية في النقاط العالية من المبنى ، وتربط إلى شبكة الحماية ، وتحدد مواقع وعدد هذه الإبر تبعاً لشكل المبنى والنقاط المرتفعة فيه .

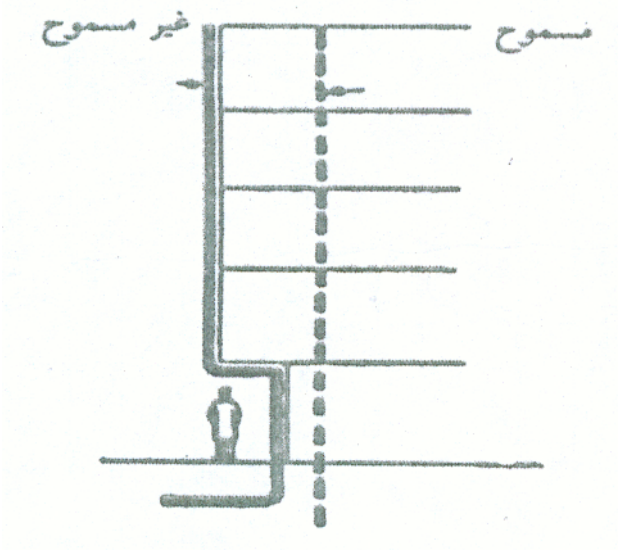
4-2-5-النوازل :

توزع النوازل بصورة متساوية قدر الإمكان حول البناء من جميع جهاته .

يجب تجنب الانحناءات الحادة في النوازل .

يجب أن تستمر النوازل بصورة شاقولية من سطح المبنى إلى الأرض والشكل (3-4) يوضح مساراً مسموحاً به وأخر غير مسموحاً به نظراً لأن هذا المسار الثاني يشكل خطورة كبيرة على الأشخاص الذين يحتمل أن يتواجدوا تحته .

يجب أن تكون النوازل بعيدة عن الأبواب والنوافذ .



الشكل(3-4)مسار خط نازل في مبنى ذي امتداد فوق المدخل

يجب أن تكون النوازل مترابطة بواسطة نواقل حلقية أفقية قرب مستوى الأرض وبحلقات أفقية إضافية لكل فاصل شاقولي قرب مستوى الأرض وبحلقات أفقية إضافية لكل فاصل شاقولي مقداره 20 متراً .

عندما يكون هناك فرق ملموس في الارتفاع بين قسم من المبنى وقسم أخر ,يجب أن تربط شبكة حماية القسم المنخفض إلى نوازل القسم المرتفع إضافة إلى نوازلها الخاصة .

تثبت النوازل على الواجهات بصورة ظاهرة ، وتحمى ميكانيكياً حتى ارتفاع 2 m من سطح الأرض بواسطة قساطل فولاذية مشقوقة طولياً لكي تكون بعيدة عن متناول الأيدي .

الفصل الخامس

التطبيق العملي

5-1-مقدمة :

سنقوم في هذا الفصل بتطبيق الدراسات الواردة في الفصول السابقة على منشأة تجارية واقعة في مدينة دمشق ,وسيشمل ذلك حسابات الإنارة الداخلية وتوزيع أجهزة الإنارة داخل الفراغات المختلفة ،وكذلك اختيار الكابلات بالمقاطع المناسبة وفقاً لأسس التصميم الواردة سابقاً من حيث الحمل الحراري وهبوط التوتر وتيار القصر .

وسنقوم بعد ذلك بتصميم لوحات التغذية الفرعية لكامل أقسام المنشأة بالإضافة إلى اللوحة الرئيسية التي تحتوي على أجهزة التبديل الآلية بين الشبكة العامة ومجموعة التوليد الاحتياطية .

بالإضافة إلى ذلك سنقوم بتصميم نظام التأريض اللازم واختيار مواصفات مجموعة التوليد وجهاز عدم الانقطاع اللازمين .

وسيتم الاستفادة من البرمجيات المتوفرة في الوقت الحاضر والمعدة من قبل شركات متخصصة ،والتي تساعد في تصميم الإنارة الداخلية وشبكات التغذية الكهربائية وحمايتها .

وسنقوم في هذا السياق باستخدام برنامجين الأول يسمى DIALux مخصص لتصميم وحسابات الإنارة الداخلية ,والثاني يسمى Ecodial وهو مخصص لحسابات شبكات التغذية الكهربائية على التوتر المنخفض , وتصميم الكابلات , واختيار الحمايات المناسبة .

5-2-الوصف المعماري للمشروع :

سيتم تطبيق الدراسة على منشأة تجارية مكونة من قبو وطابق أرضي وطابق أول , وكل من هذه الطوابق مكون من مجموعة من الغرف ذات وظائف مختلفة وفقاً لما يلي :

1- القبو : و يضم غرفة المدير العام, و السكرتارية, وقاعة اجتماعات,وغرف موظفين,بالإضافة إلى الخزنة,و غرفة الحاسب المركزي ,و المراقبة الأمنية .

2-الطابق الأرضي : يحوي هذا الطابق على صالة التعامل مع الزبائن , وقاعة اجتماعات ، وغرف الموظفين المكلفين بخدمة الزبائن ,بالإضافة إلى غرفة الصراف الآلي , وقسم المتابعة المالية.

3-الطابق الأول : ويضم قسم المحاسبة ,والعلاقات الخارجية .

5-3-أمثلة على حسابات الإنارة الداخلية :

سنقوم بإجراء حسابات الإنارة التفصيلية على غرف نموذخية موزعة على الطوابق المختلفة ,أماحسابات بقية الغرف فتتم بصورة مشابهة ،وسنورد نتائج الحسابات على شكل جداول .

5-3-1- حسابات الإنارة في القبو :

سنأخذ غرفة المدير العام كمثال على ذلك وسنقوم بإنارة هذه الغرفة باستخدام أجهزة الإنارة الفلوريسانت النقطية المزودة بمصابيح توفير للطاقة .

-طول الغرفة a : $a= 4.75\ (m)$

-عرض الغرفة b : $b=4.3\ (m)$

-ارتفاع الغرفة H حتى السقف المستعار : $H=3(m)$

يتم حساب ارتفاع سطح العمل h (من سطح العمل حتى السقف المستعار) من العلاقة (3-1) :

$$h=3-0.85=2.15\ (m)$$

*حساب قرينة الغرفة :

من العلاقة (2-1) نحسب K :

$$K = \frac{4.75*4.3}{2.15\times(4.75+4.3)} = 1.05$$

بالعودة إلى الجدول (1-1) وبدلالة K نوجد عامل الاستخدام (η) ,وذلك عند عوامل الانعكاس للسقف والجدران 50% .

K=1.05 ، η=0.43

*حساب الفيض الضوئي الكلي للغرفة :

يتم حساب الفيض الضوئي الكلي من العلاقة (5-1)

وباعتبار عامل الصيانة $\mu f = 0.7$

حيث سوية الإنارة المطلوبة في هذه الحالة E=400(LUX)

$$\Phi = \frac{400*4.75*4.3}{0.43*0.7} = 27143$$

Φ = 27143 (Lumen)

*حساب عدد المصابيح N1 :

باستخدام العلاقة (7-1) نحسب عدد المصابيح ,وباعتبار الفيض الضوئي للمصباح الواحد $\Phi 1 = 1300\,(\text{Lumen})$.

$N1 = \frac{27143}{1300} = 20$ (مصباح)

*حساب عدد الأجهزة في الغرفة :

يتم حساب عدد الأجهزة N وفق العلاقة (8-1) وباعتبار n=2 (عدد المصابيح في الجهاز الواحد) :

$$N = \frac{20}{2} = 10 \text{ (جهاز)}$$

وبنفس الطريقة يتم إجراء حسابات الإنارة الداخلية على بقية غرف القبو ونرتب النتائج في الجدول (1-5).

جدول (1-5) نتائج حسابات الإنارة في غرف القبو .

رقم الغرفة	اسم الغرفة	E(lux)	ϕ (lumen)	عدد الأجهزة
1	مدير عام	400	27143	10
2	غرفة اجتماعات	350	26224	10
3	غرفة موظفين	300	33782	10
4	غرفة مراقبة	300	17410	6
5	غرفة موظفين	300	20830	8
6	الخزانة	200	8646	2
7	ممر	300	24750	10

5-3-2- حسابات الإنارة في الطابق الأرضي :

سنأخذ الغرفة الرئيسية(مدير-اجتماعات) كمثال على ذلك وسنقوم بإنارة هذه الغرفة باستخدام أجهزة الإنارة الفلوريسانت النقطية المزودة بمصابيح توفير للطاقة .

-طول الغرفة a : a=8.6 (m)

-عرض الغرفة b : b=4.9 (m)

-ارتفاع الغرفة H حتى السقف المستعار: H=3(m)

يتم حساب ارتفاع سطح العمل h (من سطح العمل حتى السقف المستعار)

من العلاقة (3-1) :

h=3-0.85=2.15 (m)

*حساب قرينة الغرفة :

من العلاقة (2-1) نحسب K :

$$K = \frac{8.6 * 4.9}{2.15 \times (8.6 + 4.9)} = 1.4$$

بالعودة إلى الجدول (1-1) وبدلالة K نوجد عامل الاستخدام (η) ,وذلك عند عوامل الانعكاس للسقف والجدران 50% .

K=1.4 ، η=0.49

*حساب الفيض الضوئي الكلي للغرفة :

يتم حساب الفيض الضوئي الكلي من العلاقة (5-1)

وباعتبار عامل الصيانة $\mu f = 0.7$

حيث سوية الإنارة المطلوبة في هذه الحالة E=300(LUX)

$$\Phi = \frac{300*8.6*4.9}{0.49*0.7} = 36857$$

$$\Phi = 36857 \text{ (Lumen)}$$

*حساب عدد المصابيح N1 :

باستخدام العلاقة (7-1) نحسب عدد المصابيح ,وباعتبار الفيض الضوئي للمصباح الواحد

$$\Phi 1 = 1300 \text{ (Lumen)}$$

$$N1 = \frac{36857}{1300} = 28 \text{ (مصباح)}$$

*حساب عدد الأجهزة في الغرفة :

يتم حساب عدد الأجهزة N وفق العلاقة (8-1) وباعتبار n=2 (عدد المصابيح في الجهاز الواحد) :

$$N = \frac{28}{2} = 14 \text{ (جهاز)}$$

وبنفس الطريقة يتم إجراء حسابات الإنارة الداخلية على بقية غرف القبو ونرتب النتائج في الجدول (2-5).

الجدول (2-5) نتائج حسابات الإنارة في الطابق الأرضي .

رقم الغرفة	اسم الغرفة	E(lux)	ϕ (lumen)	عدد الأجهزة
1	غرفة رئيسية	300	36857	14
2	أمناء الصناديق	300	24619	9
3	غرفة موظفين	300	37084	14

5-3-3- حسابات الإنارة في الطابق الأول :

سنأخذ غرفة المدير كمثال على ذلك وسنقوم بإنارة هذه الغرفة باستخدام أجهزة الإنارة الفلوريسانت النقطية المزودة بمصابيح توفير للطاقة .

-طول الغرفة a : $a=5.79\ (m)$

-عرض الغرفة b : $b=4.06\ (m)$

-ارتفاع الغرفة H حتى السقف المستعار: $H=3(m)$

يتم حساب ارتفاع سطح العمل h (من سطح العمل حتى السقف المستعار)

من العلاقة (3-1) :

$$h=3-0.85=2.15\ (m)$$

*حساب قرينة الغرفة :

من العلاقة (2-1) نحسب K :

$$K=\frac{5.79*4.06}{2.15\times(5.79+4.06)}=1.1$$

بالعودة إلى الجدول (1-1) وبدلالة K نوجد عامل الاستخدام (η) ,وذلك عند عوامل الإنعكاس للسقف والجدران 50% .

$$K=1.1 \quad ، \quad \eta=0.446$$

*حساب الفيض الضوئي الكلي للغرفة :

يتم حساب الفيض الضوئي الكلي من العلاقة (5-1)

وباعتبار عامل الصيانة $\mu f = 0.7$

حيث سوية الإنارة المطلوبة في هذه الحالة $E=300(LUX)$

$$\Phi=\frac{300*4.06*5.79}{0.446*0.7}=22588$$

$$\Phi = 22588\,(\text{Lumen})$$

*حساب عدد المصابيح N1 :

باستخدام العلاقة (7-1) نحسب عدد المصابيح ,وباعتبار الفيض الضوئي للمصباح الواحد

$$\Phi 1 = 1300\,(\text{Lumen})$$

$$N1 = \frac{22588}{1300} = 16 \text{ (مصباح)}$$

*حساب عدد الأجهزة في الغرفة :

يتم حساب عدد الأجهزة N وفق العلاقة (8-1) وباعتبار n=2 (عدد المصابيح في الجهاز الواحد) :

$$N = \frac{16}{2} = 8 \text{ (أجهزة)}$$

وبنفس الطريقة يتم إجراء حسابات الإنارة الداخلية على بقية غرف القبو ونرتب النتائج في الجدول (3-5).

الجدول (3-5) نتائج حسابات الإنارة في الطابق الأول .

رقم الغرفة	اسم الغرفة	E(lux)	ϕ (lumen)	عدد الأجهزة
1	المدير	300	22588	8
2	غرفة موظفين	300	41383	14
3	غرفة موظفين	300	27389	10

5-4-استخدام البرنامج DIALux في حسابات الإنارة الداخلية :

يستخدم البرنامج DIALux لتصميم الإنارة الداخلية والخارجية وفقاً لنظام EN 12464 part 2 وذلك باستخدام الطريقة الوسطية والنقطية وفقاً للمراحل التالية:

1-إنشاء ملف المشروع وتسميته.

2- تحديد أبعاد الفراغ المدروس من حيث الطول و العرض ر الارتفاع و جهاز الإنارة المقترح الشكل (1-5).

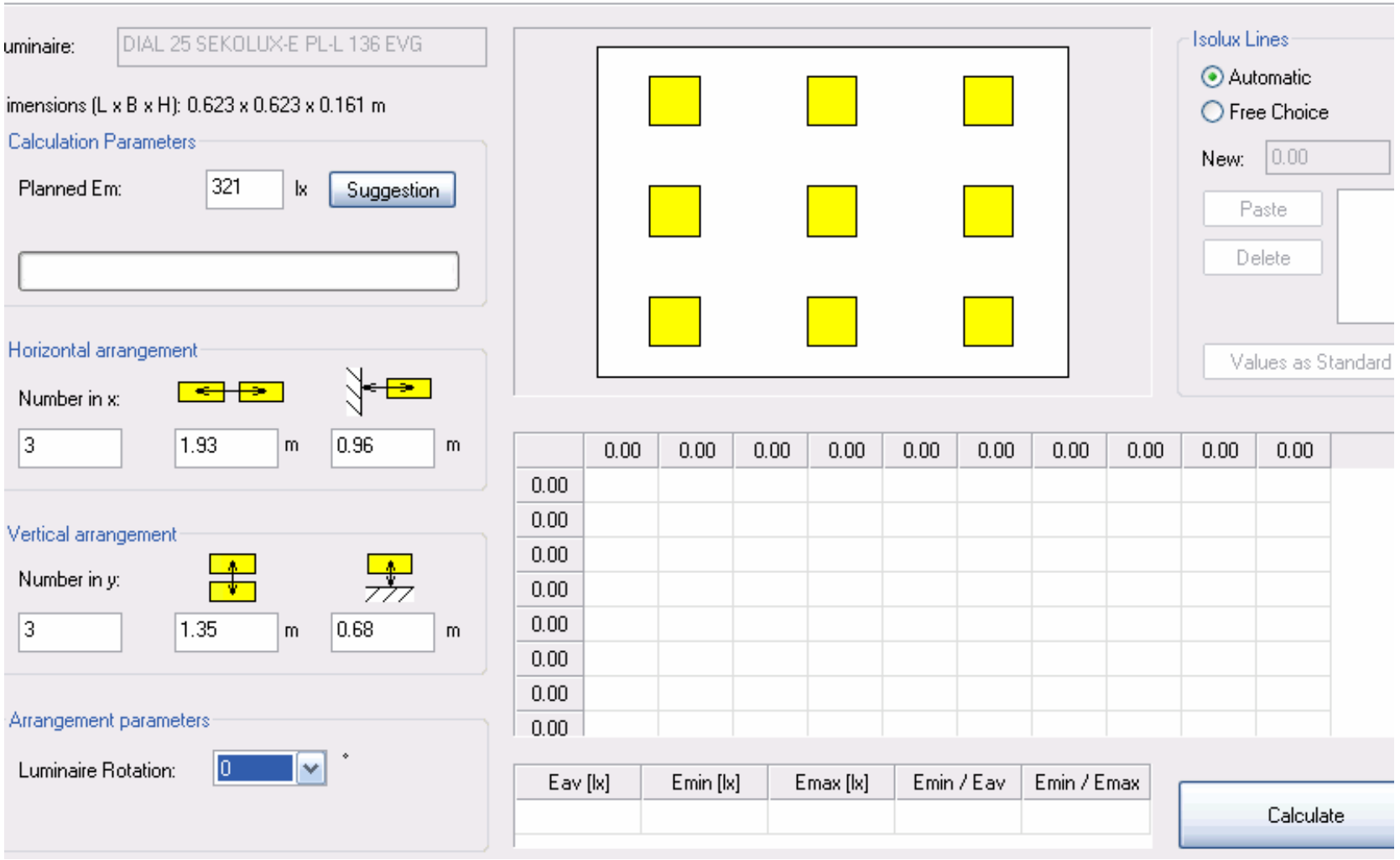
3-تحديد عوامل الانعكاس على الجدران و الأرض والسقف الشكل (1-5).

4- تحديد سوية الإنارة اللازمة الشكل (2-5).

5-إجراء حسابات الإنارة و تحديد عدد الأجهزة اللازمة لكل فراغ وطريقة ترتيبها الشكل (2-5).

6-النتائج التي توضح سوية الإنارة في الأماكن المختلفة من الفراغ الشكل (3-5).

الشكل (1-5) لإدخال أبعاد غرفة المديرفي الطابق الأول .



الشكل (2-5) لتوزيع المصابيح في غرفة المدير في الطابق الأول .

الشكل (3-5) التوزع النقطي للإنارة في غرفة المدير الموجودة في الطابق الأول .

5-5- حساب مقاطع الكابلات المغذية للوحات الفرعية :

5-5-1-حساب مقطع الكبل المغذي للوحة الموجودة في القبو:

حساب مقطع الكبل المغذي للوحة (-01LP) :

استطاعة اللوحة : P=15.55[KW]

نقوم بحساب المقطع وفقاً لما يلي :

آ-التحميل الحراري :

يتم حساب I_L من العلاقة (2-2)

حيث عامل الاستطاعة مأخوذ بقيمة $\cos\phi$ =0.85

$$I_L = \frac{15.55 * 1000}{\sqrt{3} * 380 * 0.85} = 27.71 \quad [A]$$

وبأخذ نسبة تطور مستقبلي 25% للحمل يكون لدينا :

$$I = I_L * 1.25 = 34.64 \quad [A]$$

ومن الجدول (2-1) يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار I حيث نجد :

$$S = 6 \quad [mm^2]$$

وذلك في حال التمديد الهوائي بدرجة حرارة c 30°

بأخذ تأثير درجة حرارة المحيط من خلال الجدول (2-2) بحيث تؤخذ درجة الحرارة في الصيف c 45° وبالتالي عامل التصحيح K1=0.79 .

ومن الجدول (2-3)عامل تصحيح K2=0.73 , الذي يأخذ بعين الاعتبار توضع الكابلات بجانب بعضها البعض .

بالتالي يكون التيار الحقيقي الذي يجب أن يحسب على أساسه مقطع الكبل هو :

$$I = \frac{I}{K1 * K2} = \frac{34.6}{0.79 * 0.73} = 59.5 \quad [A]$$

وبالعودة إلى الجدول (1-2) نجد أن المقطع المناسب هو المقابل لتيار $I = 59.5 \quad [A]$ وهو $S = 10 \quad [mm^2]$

ب–التحقق من هبوط التوتر :

يتم حساب هبوط التوتر من العلاقة (2-7) حسب ما يلي :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 59.5 * R * 0.85$$

ويتم حساب المقاومة R من العلاقة (2-9) على اعتبارطول الكبل L [m]15= :

$$R = \frac{15}{57 * 10} = 0.026 \quad [\Omega]$$

وبالتالي فإن هبوط التوتر :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 59.5 * 0.026 * 0.85 = 2.27 \quad [v]$$

وهبوط التوتر النسبي :

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{380} * 100 = \frac{2.27}{380} * 100 = 0.6\% < 3\%$$

أي أن شرط هبوط التوتر محقق للمقطع المختار .

ج– تحقيق المقطع وفقاً لتيار القصر :

يتم التحقق من هذا الشرط من خلال العلاقة (2-10)

وذلك على إعتبار أن المحولة المغذية باستطاعة

Sn=630 [KVA]

و طول الكبل L [m]115=

وبالتالي تحسب مقاومته من العلاقة (2-9) :

$$R = \frac{115}{57*10} = 0.2 \quad [\Omega]$$

وعند هذه البيانات نجد من الشكل (2-1) أن تيار القصر:

$$I_k = 1.5 \quad [KA]$$

وبالتالي :

$$S = 8.7*1.5*\sqrt{0.04} = 2.6[mm^2] < 10[mm^2]$$

أي أن شرط تيار القصر محقق بالنسبة للمقطع المختار .

5-5-2-حساب مقطع الكبل المغذي للوحة الموجودة في الطابق الأرضي :

حساب مقطع الكبل المغذي للوحة (00LP) :

استطاعة اللوحة : P=15.55[KW]

نقوم بحساب المقطع وفقاً لما يلي :

آ-التحميل الحراري :

يتم حساب I_L من العلاقة (2-2) :

حيث عامل الاستطاعة مأخوذ بقيمة $\cos\phi$ =0.85

$$I_L = \frac{15.55*1000}{\sqrt{3}*380*0.85} = 27.71 \quad [A]$$

وبأخذ نسبة تطور مستقبلي 25% للحمل يكون لدينا :

$$I = I_L*1.25 = 34.6 \quad [A]$$

ومن الجدول (1-2) يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار I حيث نجد :

$$S = 6 \quad [mm^2]$$

وذلك في حال التمديد الهوائي بدرجة حرارة c 30°

بأخذ تأثير درجة حرارة المحيط من خلال الجدول (2-2) بحيث تؤخذ درجة الحرارة في الصيف c 45° ,وبالتالي عامل التصحيح K1=0.79 .

ومن الجدول (2-3)عامل تصحيح K2=0.73 , الذي يأخذ بعين الإعتبار توضع الكابلات بجانب بعضها البعض .

بالتالي يكون التيار الحقيقي الذي يجب أن يحسب على أساسه مقطع الكبل هو :

$$I = \frac{I}{K1 * K2} = \frac{34.6}{0.79 * 0.73} = 59.5 \quad [A]$$

وبالعودة إلى الجدول (1-2) نجد أن المقطع المناسب هو المقابل لتيار $I = 59.5 \quad [A]$ وهو $S = 10 \quad [mm^2]$

ب-التحقق من هبوط التوتر :

يتم حساب هبوط التوتر من العلاقة (2-7) حسب ما يلي :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 59.5 * R * 0.85$$

ويتم حساب المقاومة R من العلاقة (2-9) على اعتبار طول الكبل L [m] 18= :

$$R = \frac{18}{57 * 10} = 0.031 \quad [\Omega]$$

وبالتالي فإن هبوط التوتر :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 59.5 * 0.031 * 0.85 = 2.71 \ [v]$$

وهبوط التوتر النسبي :

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{380} * 100 = \frac{2.72}{380} * 100 = 0.7\% < 3\%$$

أي أن شرط هبوط التوتر محقق للمقطع المختار .

ج- تحقيق المقطع وفقاً لتيار القصر :

يتم التحقق من هذا الشرط من خلال العلاقة (2-10)

وذلك على اعتبار أن المحولة المغذية باستطاعة :

Sn=630 [KVA]

و طول الكبل L =118 [m]

وبالتالي تحسب مقاومته من العلاقة (2-9) :

$$R = \frac{118}{57 * 10} = 0.207 \quad [\Omega]$$

وعند هذه البيانات نجد من الشكل (2-1) أن تيار القصر:

$$I_k = 1.5 \ [KA]$$

وبالتالي :

$$S = 8.7 * 1.5 * \sqrt{0.04} = 2.6[mm^2] < 10[mm^2]$$

أي أن شرط تيار القصر محقق بالنسبة للمقطع المختار .

5-5-3-حساب مقطع الكبل المغذي للوحة الموجودة في الطابق الأول :

حساب مقطع الكبل المغذي للوحة (01LP) :

استطاعة اللوحة : P=12.72 [KW]

نقوم بحساب المقطع وفقاً لما يلي :

آ-التحميل الحراري :

يتم حساب I_L من العلاقة (2-2) :

حيث عامل الاستطاعة مأخوذ بقيمة $\cos\phi$ =0.85

$$I_L = \frac{12.72 * 1000}{\sqrt{3} * 380 * 0.85} = 22.6 \quad [A]$$

وبأخذ نسبة تطور مستقبلي 25% للحمل يكون لدينا :

$$I = I_L * 1.25 = 28.2 \quad [A]$$

ومن الجدول (2-1) يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار I حيث نجد :

$$S = 4 \quad [mm^2]$$

وذلك في حال التمديد الهوائي بدرجة حرارة c 30°

بأخذ تأثير درجة حرارة المحيط من خلال الجدول (2-2) بحيث تؤخذ درجة الحرارة في الصيف c 45° ,وبالتالي عامل التصحيح K1=0.79 .

ومن الجدول (2-3)عامل تصحيح K2=0.73 , الذي يأخذ بعين الإعتبار توضع الكابلات بجانب بعضها البعض .

بالتالي يكون التيار الحقيقي الذي يجب أن يحسب على أساسه مقطع الكبل هو :

$$I = \frac{I}{K1 * K2} = \frac{28.2}{0.79 * 0.73} = 48.8 \quad [A]$$

وبالعودة إلى الجدول (2-1) نجد أن المقطع المناسب هو المقابل لتيار $I = 48.8 \ [A]$
وهو $S = 10 \ [mm^2]$

ب–التحقق من هبوط التوتر :

يتم حساب هبوط التوتر من العلاقة (2-7) حسب ما يلي :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 48.8 * R * 0.85$$

ويتم حساب المقاومة R من العلاقة (2-9) على اعتبارطول الكبل L [m] 21= :

$$R = \frac{21}{57*10} = 0.037 \quad [\Omega]$$

وبالتالي فإن هبوط التوتر :

$$\Delta U = \sqrt{3} *48.8*0.037*0.85=2.6 \ [v]$$

وهبوط التوتر النسبي :

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{380} *100 = \frac{2.6}{380} *100 = 0.7\% < 3\%$$

أي أن شرط هبوط التوتر محقق للمقطع المختار .

ج– تحقيق المقطع وفقاً لتيار القصر :

يتم التحقق من هذا الشرط من خلال العلاقة (2-10)

وذلك على إعتبار أن المحولة المغذية باستطاعة :

Sn=630 [KVA]

و طول الكبل L [m] 121=

وبالتالي تحسب مقاومته من العلاقة (2-9) :

$$R = \frac{121}{57*10} = 0.212 \quad [\Omega]$$

وعند هذه البيانات نجد من الشكل (1-2) أن تيار القصر:

$$I_k = 1.5 \ \ [KA]$$

وبالتالي :

$$S = 8.7 * 1.5 * \sqrt{0.04} = 2.6[mm^2] < 10[mm^2]$$

أي أن شرط تيار القصر محقق بالنسبة للمقطع المختار .

5-6- تصميم لوحات التغذية الكهربائية :

5-6-1-اللوحة الرئيسية للمشروع :

تغذى اللوحات الفرعية بالقدرة الكهربائية عن طريق لوحة رئيسية مكونة من عدة خزائن تحتوي على بارين رئيسيين للتغذية يتم تغذيتهما عن طريق عدادي قدرة ثلاثي الطور مركبين في مدخل المشروع . يغذي البار الأول جزء من اللوحات الفرعية الخاصة بالإنارة والمآخذ، بينما يغذي البار الثاني الجزء المتبقي من اللوحات الفرعية بالإضافة إلى جهاز عدم الإنقطاع الـ UPS الذي يغذي بدوره لوحات تغذية المآخذ الكهربائية الخاصة بالحواسب الإلكترونية , و تجهيزات المراقبة الأمنية .

تحتوي اللوحة على قلابين آليين ATS (قلاب لكل مصدر تغذية) لتبديل القدرة إلى مجموعة التوليد الاحتياطية حين انقطاع الشبكة العامة .

تكون عيارات القواطع الآلية في اللوحة الرئيسية أعلى بدرجة من عيارات القواطع الآلية الرئيسية للوحات الفرعية .

و فيما يلي المواصفات العامة لهذه اللوحة :

تركب في غرفة اللوحة الرئيسية التي تتوضع عادة في القبو, وتكون على شكل خزائن بارتفاع [cm] 230 ,وعمق [cm]60 , وعرض بحدود [cm]80 لكل خزانة , وتكون هذه اللوحة مصممة للعمل الشاق .

و يبين الشكل (11-5) لوحة التغذية الرئيسية للمنشأة المدروسة.

5-6-2-اللوحات الفرعية للمشروع :

بعد القيام بحسابات الإنارة الداخلية وتحديد عدد أجهزة الإنارة اللازمة في كل فراغ تقوم بتوزيع هذه الأجهزة ورسمها على المخططات المعيارية للمشروع وكذلك الأمر بالنسبة للمآخذ الكهربائية العادية وعلى شبكة الـ UPS ثم تقوم بربط هذه التجهيزات إلى عدد من الدارات الكهربائية وبحيث لا يزيد حمل دارة الإنارة عن 1800W وحمل دارة المآخذ عن 2000W .

وستقوم بحماية كل دارة من هذه الدارات بقاطع ألي حراري مغناطيسي أحادي الطور من عيار 16A .

تحتوي اللوحة الفرعية على ثلاث بارات: بار مخصص لدارات الإنارة وآخر مخصص لدارات المآخذ والثالث مخصص لأحمال القوى الميكانيكية في حال وجودها في مكان ما .

وسيتم حماية أحمال كل بار بواسطة قاطع رئيسي لهذا البار يحسب عياره بناء على الاستطاعة الناتجة الكلية على هذا البار .

يتم تغذية البارات في هذه اللوحة من البار الرئيسي للوحة الذي يزود بقاطع رئيسي للوحة الفرعية حيث يتم تحديد عياره من الاستطاعة الإجمالية للوحة الفرعية .

وسنقوم بتزويد القاطع الرئيسي لبار المآخذ بقاطع تفاضلي لحماية الأشخاص من الأعطال الكهربائية التي يمكن أن تحدث على التجهيزات الكهربائية .

مواصفات عناصر اللوحة الفرعية :

-مواصفات خزانة اللوحة :

غلاف اللوحة هو عبارة خزانة من صفائح فولاذية مطلية بالتوتياء من الداخل والخارج بسماكة [1.5[mm على الأقل وبدرجة حماية IP 31 .

-مواصفات القواطع الصغيرة MCB :

سعة القصر العظمى للقواطع المستخدمة [10[KA وتكون من الأنواع المركبة على سكة، وكل قطب من أقطاب القاطع مزود بحماية حرارية لزيادة الحمل وحماية مغناطيسية لزيادة التيار , ويزود القاطع بالمساعدات الإضافية مثل:

وشيعة فصل.

وشيعة ضد هبوط التوتر .

مفتاح on-off .

مفتاح إنذار .

جهاز تفاضلي [mA]30 .

عدد مرات الفصل والوصل ميكانيكياً لا تقل عن 20000 .

-مواصفات التجهيزات التممة :

التيلير يبتور (Impulse Relay)

عامل الاستطاعة P.f=0.6 , و التيار الاسمي [A]In=16 .

توتر العمل النظامي [v]220 والتردد [HZ] 50-60 .

ويبين الشكل (9-5) لوحة التغذية الفرعية 01LP .

الشكل (10-5) لوحة التغذية الفرعية 01UPS .

5-7-استخدام البرنامج Ecodial في حسابات شبكات التغذية الكهربائية :

يستخدم البرنامج Ecodial في تصميم شبكات التوتر المنخفض و يتضمن كذلك برامج إضافية جزئية مثل إدارة المشروع ، نتائج الحسابات التفصيلية ، نظام البحث في قاعدة البيانات ، تصنيف القواطع لعمليات تنسيق الحماية و مقارنة منحنيات الفصل للقواطع .
كما يستخدم هذا البرنامج لتصدير الحسابات في عدة أشكال لاستخدامها في برامج أخرى.
يستخدم البرنامج Ecodial لتصميم الشبكات ذات البارامترات الكهربائية التالية :

- التوتر : V 220 ÷660 .
- التردد: HZ 50÷60 .
- نظام التأريض TT أو TN أو IT .
- مصدر التغذية: حتى أربع محولات أو مولدات متماثلة و يمكن تصميم الشبكة على مجموعتين مجموعة عادية و مجموعة إحتياطية backup.

و يتكون هذا البرنامج من الأجزاء التالية :

1-تحضير المشروع :و يتم وذلك بإدخال توتر العمل , ونظام التأريض ,
وعامل الاستطاعة حسب الشكل (4-5) .
-إدخال البارامترات الأساسية للشبكة .
-اختيار المواصفات القياسية .
-وضع البارامترات العامة للشبكة.

2-إدخال الشبكة: و تتضمن هذه المرحلة :

- رسم الشبكة بإستخدام أدوات الرسم المساعدة .
- التحقق من تركيبة هذه الشبكة .

وذلك حسب الشكل(5-5) .

3-إجراء حسابات الشبكة الكهربائية: و تشمل :

- حساب ميزان الاستطاعة .
- حساب الشبكة خطوة – خطوة .

وذلك حسب الشكل (6-5) .

4-تعديل الشبكة:

هناك إمكانية لتعديل الشبكة و إعادة هيكلتها وإضافة عناصر جديدة لها وذلك باستخدام أدوات الرسم.

5-النتائج وتشمل هذه المرحلة:

-استعراض نتائج الحسابات.

-استعراض مخطط الخط الواحد للتجهيزات.

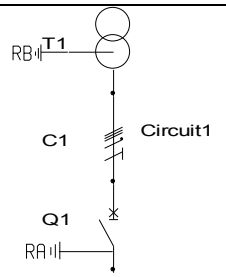
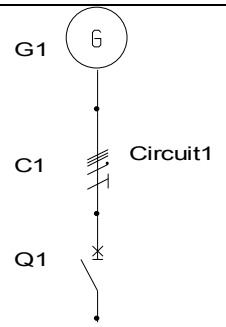
-طباعة النتائج.

- طباعة المشروع أو تصديره لبرنامج أخر.

5-7-1-التعريف ببعض الرموز والمكتبات المستخدمة في برنامج (Ecodial) :

5-7-1-1-مكتبة المنابع :

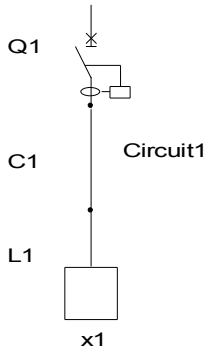
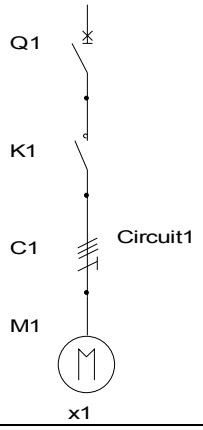
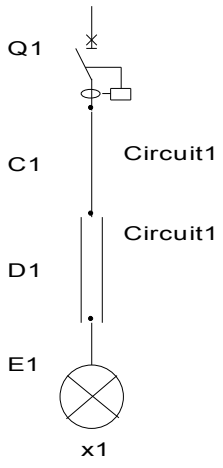
يتوفر لدينا ثلاثة أنماط من المنابع داخل هذه المكتبة :

الرمز	المحتويات
	محول . كبل أو بدون اتصال . قاطع آلي .
	مولد . كبل أو بدون اتصال . قاطع آلي .

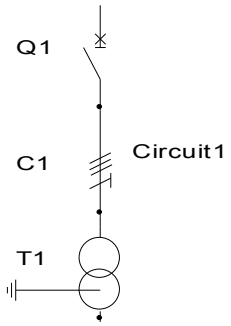
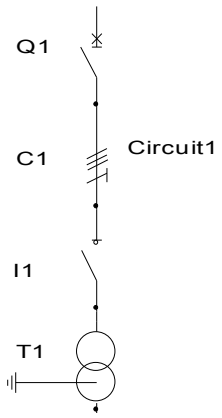
5-7-1-2-مكتبة البارات :

الرمز	المحتويات
	باسبار .
	جهاز تنسيق ميكانيكي بين بارين من نمطين مختلفين .

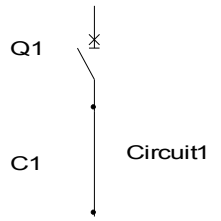
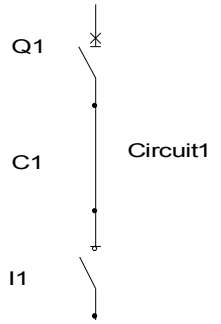
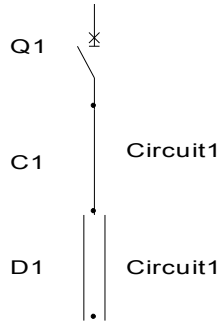
5-7-1-3-مكتبة الأحمال :

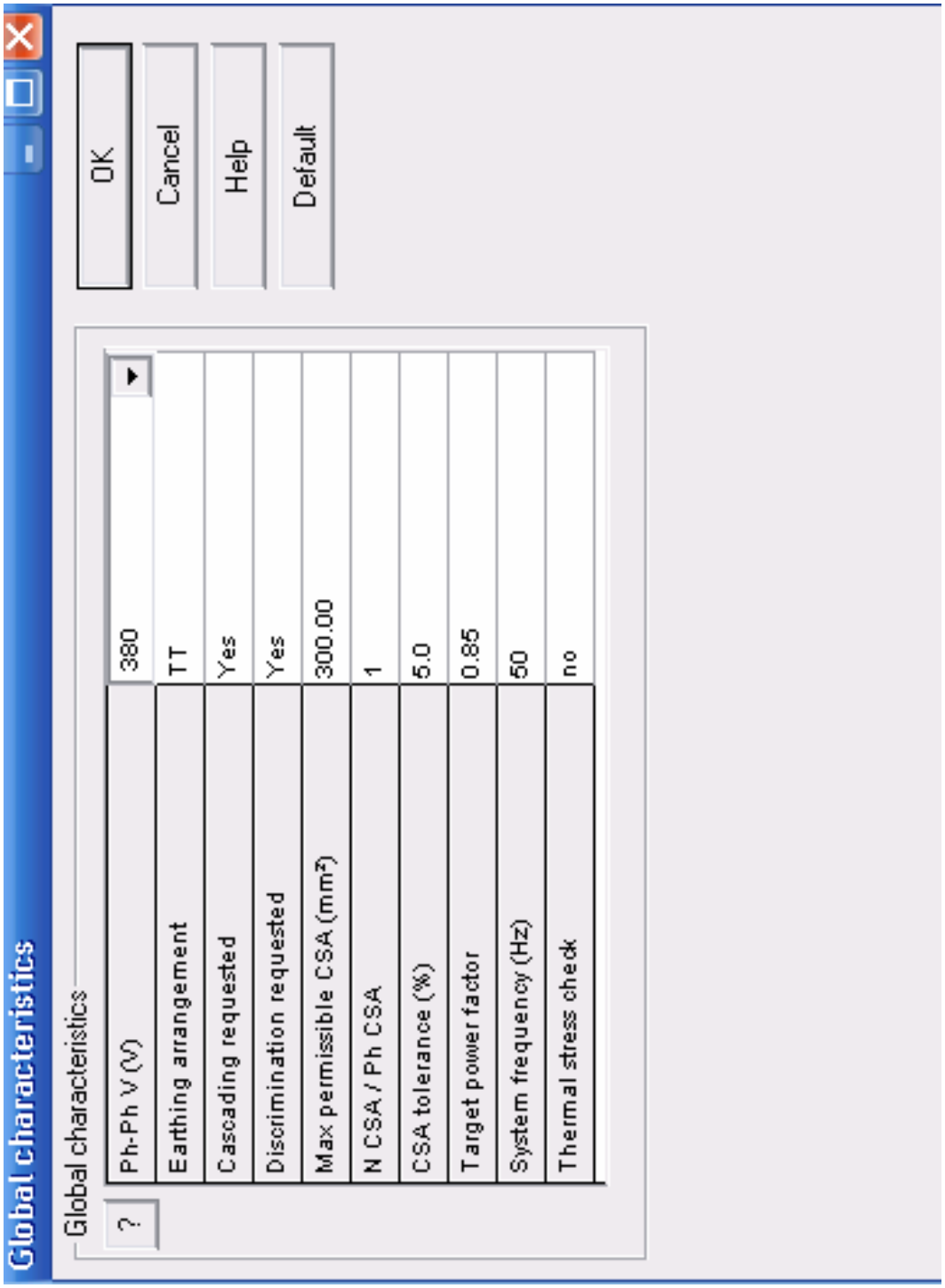
المخطط	المحتويات
	قاطع آلي . كبل . حمل أو إنارة .
	قاطع آلي . كونتاكتور . كبل . محرك ثلاثي الطور .
	قاطع آلي . كبل . كبل . إنارة .

5-7-1-4-مكتبة محولات التوتر المنخفض :

المخطط	المحتويات
	قاطع آلي . كبل . محول توتر منخفض .
	قاطع آلي . كبل . مفتاح . محول توتر منخفض .

5-7-1-5-مكتبة القواطع والكابلات :

الرمز	المحتويات
	قاطع آلي . كبل أو بدون اتصال .
	قاطع آلي . كبل أو بدون اتصال . مفتاح .
	قاطع آلي . كبل أو بدون اتصال . كبل أو بدون اتصال .



الشكل (4-5) إدخال البارامترات الأساسية للشبكة في برنامج Ecodial .

الشكل (5-5) تمثيل اللوحة الرئيسية في برنامج Ecodial .

الشكل (6-5) إجراء حسابات الشبكة الكهربائية باستخدام برنامج Ecodial .

5-8- ملحق نماذج لمخططات الدراسة الكهربائية للمشروع :

الشكل (7-5) توزع الإنارة في الطابق الأول .

الشكل (8-5) توزع المآخذ في الطابق الأول .

الشكل (9-5) لوحة التغذية الفرعية 01LP .

الشكل (10-5) لوحة التغذية الفرعية 01UPS .

الشكل (11-5) لوحة التغذية الرئيسية للمنشأة المدروسة .

5-9- مجموعة التوليد الاحتياطية :

5-9-1- مقدمة :

نظراً لأن عمل المنشأة المدروسة يعتمد كلياً على الطاقة الكهربائية ، فقد تـم تزويـد هـذه المنشأة بمصدر طاقة كهربائية احتياطي وهو عبارة عن مجموعة توليد باستطاعة 160KVA تقوم بتغذية معظم أحمال المنشأة بالقدرة الكهربائية في حال انقطاع التغذية من الشبكة العامة وذلك ع

بر قلاب آلي مزود بآليات التحكم اللازمة.

5-9-2- المواصفات العامة لمجموعة التوليد الاحتياطية :

ـ الاستطاعة المطلوبة في موقع العمل 160KVA ، عامل الاستطاعة 0.85 متأخر .

ـ التوتر 220/380V والتردد 50HZ .

ـ سرعة الدوران 1500 r.p.m .

ـ العازلية استوائية .

ـ تتألف من :

* محرك ديزل مربوط مع منوبة ثلاثية الأطوار بواسطة وصلة مرنة .

* أجهزة ملحقة (تجهيزات إقلاع ، خزان الوقود اليومي ، مضخات الوقود) .

* لوحة الإقلاع الآلي والتحكم والمراقبة .

المحرك والمنوبة مركبتان على قاعدة معدنية مشتركة .

5-9-2-1- مواصفات المنوبة :

ـ ثلاثية الطوار ذاتية التهيج والتنظيم ، ذاتية التهوية بتصميم استوائي بدرجة حماية (IP22) على الأقل باستطاعة اسمية مستمرة 160 KVA في موقع العمل.

ـ ذات حيادي ظاهر .

ـ بدون مخمدات .

ـ التوتر 220/380V التردد 50HZ ، السـرعة 1500rpm ، عامـل الاسـتطاعة 0.85 متأخر .

ـ الحماية ضد التشويش على الراديو والتلفزيون ، محمي بدرجة (2) حسب النورم . DIN mo 372 أو ما يعادله .

ـ تغيير التوتر المسموح به بين الحمولة الكلية وعدم الحمولة هو $\pm 3.5\%$.

ـ تغيير التردد المسموح به بين الحمولة الكلية وعدم الحمولة هو $\pm 3.5\%$.

ـ أن يكون بالإمكان تغيير التوتر الوسطي يدوياً بمقدار هو ±5% حول التوتر الاسمي بواسطة مقاومة متغيرة (RHEOSTAT) .

5-9-2- مواصفات المحرك وتجهيزاته :

ـ رباعي الأشواط (Turbo Charge) .

ـ تبريد المحرك بواسطة راديا تور .

_ تتضمن تجهيزات الإقلاع على :

ـ مقلع .

ـ جهاز شحن البطاريات مع منظم تيار وتوتر يتغذى من بارات التوزيع الرئيسية.

ـ مجموعة بطاريات إقلاع من النوع الرصاصي موضوعة ضمن علبة خاصة مع كامل المواد اللازمة لتركيبها وتشغيلها بالشكل الفني الصحيح بما في ذلك العوازل والحوامل وأجهزة القياس والتعبئة ...الخ .

ـ دولاب معدل متوازن ضد الاهتزازات .

ـ منظم لسرعة الدوران آلي لتغيرات السرعة بين عدم الحمولة والحمولة الكاملة ±2.5% .

ـ منظم يدوي دقيق لسرعة الدوران .

ـ مضخة ومصفاة للوقود مع توصيلاتها وأنابيبها اللازمة .

ـ مزود بخزان وقود يومي بالسعة الملائمة لثمان ساعات عمل بالحمل الكامل يركب على الجدار مع مقياس .

ـ مزود بمضخة للزيت .

ـ مزود بوشيعة ايقاف (Stopping Solenoid) .

5-9-3- أعمال كابلات التوتر المنخفض وكابلات التحكم :

تكون هذه الكابلات من نوع NYY وبالعدد والمقطع المبين على المخططات وتمدد بين مجموعة التوليد ولوحة القلاب الآلي في غرفة اللوحة العامة الموجودة في القبو وذلك على حوامل الكابلات المعدة لذلك .

5-9-4- تأريض المجموعات :

يتم تأريض حيادي المجموعات وتأريض أجسامها وفقاً للقواعد المتعارف عليها ويربط إلى نظام التأريض العام .

5-9-5- أسس تحديد استطاعة مجموعة التوليد الاحتياطية :

*أن تكون استطاعة مجموعة التوليد الاحتياطية كافية لتغطية الحمولة الأعظمية المتوقعة .

*بالنسبة للحمولات ذات تيار الإقلاع العالي فإن استطاعة مجموعة التوليد الاحتياطية يجب أن تكون أكبر من استطاعة الحمولة الأعظمية المتوقعة لتجنب حصول هبوط كبير في الجهد نتيجة تيارات الإقلاع .

*بما أن عمل مجموعة التوليد مقتصر على الحالات الطارئة ، لذا فمن المنطقي أن تكون استطاعتها صغيرة قدر الإمكان وذلك حسب المنطلقات الاقتصادية .

5-10- نظام عدم انقطاع التيار الكهربائي الـ UPS :

5-10-1- الوصف العام :

تم استخدام جهاز عدم انقطاع التيار الكهربائي الـ UPS باستطاعة 50 KVA في المنشأة المدروسة .

و يتوضع في الغرفة المخصصة لذلك و ذلك من أجل تأمين حماية شبكات التيار الضعيف و الأجهزة الإلكترونية الدقيقة من أخطار انقطاع التيار الكهربائي .

5-10-2- مبدأ عمل الجهاز :

آلية عمل نظام جهاز الـ UPS TRUE on –line Double conversion

و بزمن تبديل معدوم (recovery time 0 %) بحيث يقوم بتحويل جهد الشبكة من متناوب إلى مستمر بواسطة المقوم (A/D Converter Rectifier)، و من ثم من مستمر إلى متناوب من خلال المبدلة (D/A Converter Inverter) ،و ذلك لتأمين موجة خرج جيبية نقية ثلاثية الطور و كل طور 220 فولت /50 هرتز , مع تأمين الشحن للبطاريات بتيار يتناسب و حالة جهد البطاريات ,بحيث لا يعتمد تيار شحن البطاريات على وضع التغذية الكهربائية الأساسية (فولت–تردد) و كذلك لا يعتمد تيار الشحن على نسبة تحميل جهاز الـ UPS .

5-10-3-الأنظمة و المعايير:

* يعتمد جهاز الـ UPS المستخدم على المعايير التالية :

- IEC 60146
- IEC 60940
- EN 50091

* و حائزاً على شهادة :ISO 9001 .

* بالإضافة إلى شهادات الاختبار وفق أحدى الأنظمة التالية :

- TUV
- LCIE
- UL

5-10-4- المواصفات الفنية لجهاز عدم انقطاع التيار الكهربائي الـ UPS :

1- يعمل الجهاز في الشروط المحيطية التالية :

- درجة الحرارة من 0 إلى 40 درجة مئوية .
- الرطوبة النسبية حتى 90% و الارتفاع عن سطح البحر حتى 1000 متر .

2- يتحقق في دخل الجهاز ما يلي :

- ثلاثي الطور مع دخل الخط الحيادي :(Neutral +Three phase)(± 380V 10%)
- تردد الدخل: HZ (50 ± 5%)
- أن يزود مدخل كل جهاز بمرشح (HARMONIC FIL TER)
- أن يزود دخل كل جهاز الـ UPS بحمايات من ارتفاعات الجهود بحيث تحقق الحماية بين الحيادي و الأرضي .

3- يتحقق في خرج الجهاز ما يلي :

- ثلاثي الطور مع الخط الحيادي

(Three phase with neutral: ph/ph = 380V ± (1%

- جهد الخرج :لا يزيد عن Ph/n=220V ± 1%
- تردد الخرج :لا يزيد عن 50 Hz ± 0.1%
- شكل موجة الخرج: جيباه نقيان تماما (pure sine wave)
- تحقيق تزامن تردد الخرج مع تردد الشبكة، مع توفر إمكانية البرمجة و المعايرة .
- إمكانية زيادة الحمل حتى 125% لفترة زمنية صغيرة .
- تشويه الموجة : لا يزيد عن % 4 التشويه الأعظم بالنسبة للحمل اللاخطي .
- عامل الاستطاعة في الخرج : 0.85 .
- مردود الجهاز عند الحمل الكامل أكبر من % 92 .
- مستوى الضجيج للصوت لا يزيد عن 60 dB .
- يزود الجهاز بمحولة عزل مربوطة على خرجه ، و خرج الـ BY-BASS .

4- يعمل الجهاز في حالة انقطاع التغذية الكهربائية الرئيسية ، و في حالة الحمل الكامل 30 دقيقة عند الحمل الاسمي، و يبقى جهد خرج المبدلة في حدوده الطبيعية .

5- يزود الجهاز بقاطع ستاتيكي آلي Automatic Static by pass switch

6- يزود الجهاز بقاطع صيانة Maintenance by pass داخلي بحيث يسمح هذه القاطع بتغذية الحمل عند وضع الجهاز في الصيانة .

7- يتحقق في شاحن البطاريات لجهاز الـ UPSما يلي :

- أن يوضع داخل كبين جهازالـ UPS .
- و يقوم الشاحن بشحن البطاريات بتيار يتناسب و حالة جهد البطاريات.
- مزود بحمايات من ارتفاع درجة الحرارة .
- يقوم بفحص ذاتي للبطاريات (Built- in battery self test)
- يؤمن التحكم بتيار شحن البطاريات تبعاً لنسبة تفريغ البطاريات ، و عمرها و مقاومتها الداخلية ، ودرجة حرارة الوسط المحيط .

8- يتحقق في البطاريات ما يلي :

- أن تكون من تصنيع شركات عالمية متخصصة أمريكية ،أوربية غربية ،يابانية 0
- تكون جافة، و محكمة الإغلاق، و لا تحتاج إلى صيانة (Free Maintenance)
- لا يقل عمر البطاريات عن خمس سنوات .
- تتوضع البطاريات ضمن كبين خاص من الشركة الصانعة ، ومزود بقاطع خاص من أجل فصل الجهد المستمر عند أعمال الصيانة .

9- بالنسبة لدارات التحكم يتحقق فيها ما يلي:

- تعتمد دارات التحكم مبدأ المعالج الصغير (Microprocessor – based)بحيث تؤدي دارات التحكم الوظائف التالية :
- التحسس لارتفاع أو انخفاض التوتر الاسمي المطلوب
- التحكم بعمل المبدل و الفحمات و المحرك .
- التحكم بعمل الريليهات .
- كشف الأعطال .
- مراقبة متغيرات الجهاز (جهد الدخل – تردد الدخل – جهد الخرج- تردد الخرج – مقدار تحميل الوحدة – درجة الحرارة .....الخ)

10- يتحقق في وحدة الإظهار ما يلي :

- أن تظهر متغيرات عمل الجهاز .
- أن تظهر (جهد الدخل – تردد الدخل – جهد الخرج – تردد الخرج.... الخ)على كل طور من الأطوار الثلاثة .
- و تحتوي مؤشرات ضوئية تبين حالة عمل الجهاز 0

11- أما وحدة الإنذار فيتحقق فيها ما يلي :

- تدل على انقطاع التغذية الكهربائية الرئيسية .
- تبين تغيرات جهد الدخل خارج المجال المسموح به .

- تعطي إنذار يدل على تغذية الحمل عن طريق البطاريات .
- تعطي إنذر يدل على أن قيمة الحمل أكبر من الحدود المسموح بها .
- تدل على قرب انتهاء زمن عمل الوحدة على البطاريات.
- تعطي تنبيه عند زيادة درجة الحرارة.

12- يتوفر في جهاز الـ UPS الحمايات التالية:

- قاطع خاص في حالة الطوارئ (Emergency) لإخراج الجهاز من العمل في الحالات الطارئة .
- دارات حماية تؤمن خروج الجهاز من الخدمة في حال زيادة الحمل ، و العودة إلى الخدمة في حال عودة الحمل إلى حدوده الطبيعية، و بحيث تتم هذه العملية آليا (BY pass)
- دارات حماية في مرحلة الخرج بحيث تؤمن حماية للجهاز من :
- زيادة درجة الحرارة .
- زيادة تيار الدخل المفاجئ (Surges،Spikes)
- زيادة تيار الخرج (Over load)

13- تتوفر فيه بوابة للربط مع حاسب شخصي لمراقبة جميع متغيرات الجهاز عن بعد و برمجته .

5-11-تصميم نظام التأريض للمنشأة المدروسة:

استنادا لما تقدم تم تصميم نظام التأريض للمنشاة المدروسة وفقا لما يلي:

5-11-1-نظام تأريض التيار القوي :

يتكون النظام من :

*أوتاد تأريض من النحاس العاري قطر 2cm وطول (2m) تغرس شاقوليا على عمق (70 cm) عن سطح الأرض .

*مرس نحاسي عاري مجدول مقطعه 70mm2 يربط بين الأوتاد.

وتطمر الأمراس النحاسية بشكل افقي ضمن التربة وعلى عمق لا يقل عن 70cm عن سطح الأرض مع ملاحظة أن شبكة تأريض التيار القوي يجب أن تحقق مقاومة تأريض لا تزيد عن (ohm) 2 .

وهنا تم حساب عدد الأوتاد من خلال العلاقة التالية التقريبية :

$$R = \frac{\rho}{n * L} \ [\Omega] \qquad (5-1)$$

حيث :

L: طول الوتد و يساوي 2m .

R : مقاومة التأريض للمنشأة و تساوي (ohm) 2 .

ρ : المقاومة النوعية للتربة وتساوي $\Omega.m$.

n : عدد الأوتاد.

*فتحات التفتيش : تزود شبكة التأريض بفتحات تفتيش المبينة من البلاستيك وذات أبعاد داخلية 30×30 cm ومزودة بغطاء عالي المقاومة .

*نواقل التأريض الرئيسية :هي النواقل التي تربط شبكة تأريض التيار القوي إلى بار التأريض قي غرفة الكهرباء ضمن المبنى مصنعة من أمراس نحاسية عادية مقطع 70mm2 تمدد مطمورة ضمن الموقع وعلى عمق لا يقل عن 70cm عن سطح التربة ويتم عبوره للأساسات أو الجدران عبر قسطل بلاستيكي قطر 2cm .

*نواقل تأريض حوامل الكابلات: وهي عبارة عن أمراس نحاسية عارية مقطع 16mm2 تمدد على طول حوامل الكابلات الخاصة لتيار القوي و تربط إليها كل مسافة (2m) .

5-11-2-نظام تأريض التيار الضعيف :

يتكون النظام من :

*أوتاد تأريض من النحاس العاري قطر 2cm وطول (2m) تغرس شاقولياً في التربة الزراعية على عمق 70cm من سطح التربة وعلى مسافة (3m) من نظام التأريض العام , وتتباعد الأوتاد عن بعضها مسافة (3m) من أجل ضمان عدم تداخل الانتشار الكهربائي.

*مرس نحاسي عاري مجدول مقطع 70mm2 يربط بين الأوتاد ويطمر بشكل أفقي في التربة على عمق لا يقل عن 70mm2عن سطح الأرض .

يجب أن تحقق شبكة تأريض التيار الضعيف مقاومة تأريض لا تزيد عن (ohm) 0.5 .

*فتحات التفتيش : يزود نظام التأريض بفتحة تفتيش من البلاستيك وذات أبعاد داخلية 30×30cm مزودة بغطاء عالي المقاومة .

*نواقل التأريض الرئيسية :وهي عبارة عن أمراس نحاسية عارية مجدولة مقطع 70mm2يصل بين شبكة تأريض التيار الضعيف و التأريض الرئيسي للتيار الضعيف في غرفة الكهرباء ضمن المبنى وتمدد بشمل مطمور في التربة على عمق لا يزيد عن 70 cm و يتم عبوره للبناء عبر قسطل بلاستيكي قطر 2cm.

*نواقل تأريض حوامل الكابلات للتيار الضعيف : هي عبارة عن أمراس نحاسية عارية مقطع 16mm2تمدد على طول حوامل كابلات التيار الضعيف و تربط اليها كل مسافة 2m.

5-11-3- تأريض مجموعات التوليد الكهربائية :

ــ حيادي المولدة (نقطة النجمة) Generator Neutral : يجب أن توصل عن طريق ناقل التأريض المعزول وعبر حلقة تأريض الحيادي إلى قائم التأريض الرئيسي في غرفة اللوحة الرئيسية .

ــ يجب أن يكون مقطع ناقل تأريض الحيادي ملائماً لتحمل تيار العطل الأرضي الأعظمي ولمدة كافية لعمل نظام الحماية بحيث لا تزيد درجة حرارة الناقل عن
(160 °c) درجة مئوية وعلى أن لا يقل مقطعه عن ($30\ mm^2$) .

ــ قائم التأريض للمولدة Generator Earthing Terminal : يجب أن يوصل إلى قائم التأريض الرئيسي بواسطة ناقل نحاسي عاري وبمقطع لا يقل عن($20\ mm^2$) .

ــ بار التأريض في قسم القلابات (ATS) :
توصل عن طريق ناقل حماية أرضي إلى بار التأريض في اللوحة الرئيسية .

الشكل (12-5) نظام التأريض للمنشأة المدروسة .

المراجع العلمية :

كتاب نظم القدرة(1)،(2) الدكتور علي حمزة

كتاب تصميم الشبكات الدكتور شوقي البطل

الإضاءة وتوفير الطاقة الدكتور كاميليا يوسف محمد

Siemens Electrical Installation Handbook