تسجيل القيم الكهربية وفقا للوائح التمديدات المحلية والعالمية

اعداد : مهندس / السيد منصور

(هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة)

بكالوريوس هندسة القوى والآلات الكهربية- كلية الهندسة- جامعة الاسكندرية ١٩٩١.

بسم الله الرحمن الرحيم

((وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّى إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ كَذَلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَى لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ)) صدق الله العظيم.

سورة الأعراف- الأية ٥٧

البيانات الشخصية

Web Site : NREA.org.eg

E-mail : sayedmansour_1960@yahoo.com

Linkedin Account : linkedin.com/in/sayed-mansour-b6b02496

Tel. No. : 01009402423

مقدمـة

استغلّ الإنسان منذ القدم طاقة الرياح في العديد من المجالات، فمن أشهر الاستخدامات القديمة لطاقة الرياح هي دفع السفن الشراعية وطحن الحبوب عن طريق طواحين الهواء والتي كان يتمّ تحويلها إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ لتدوير الطواحين، ومضخّات الرياح التي كانت تستعمل لضخ المياه أيضاً.

أمّا بعد اكتشاف الاستخدامات المتعدة للوقود الأحفوري واكتشاف المضارّ المترتبة عليه، وخوفاً من نضوبه أيضاً، فإنّ العالم أصبح مهتمّاً بطاقة الرياح بشكلٍ أكبر من قبل وذلك لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام طاقة الرياح، فيتمّ توليد الكهرباء من الرياح باستخدام التوربينات، فكانت أولّ مرةٍ يتمّ فيها تحويل طاقة الرياح إلى طاقةٍ كهربائيةٍ في اسكتلندا في عام ١٨٨٧م ، إلّا أنّ هذا الاختراع لم ينجح حينها لتكلفته العالية، ولكن قام العلماء بعدها بالتطوير بشكلٍ مستمر على الوسائل المختلفة لاستغلال طاقة الرياح حتى أضحت الرياح المولدة من التوربينات والتي توجد بأشكال وأحجام مختلفة بناءً على الغرض منها تكفي لتوليد الكهرباء لمدنٍ بأكملها، ويتمّ تركيب توربينات الرياح في المناطق التي تتمتع بسرعات رياح عالية كما هو الحال فى المناطق الريفية والمناطق الساحلية كما فى منطقة خليج السويس بمصر، ويوجد عددٌ كبير من مزارع الرياح في مختلف انحاء العالم والتي تولد آلافاً من الميجا واط كما في الصين والولايات المتّحدة الأمريكية والمانيا والدنمارك واسبانيا.

واصبحت طاقة الرياح تمثل نسبة كبيرة قد تصل الى ربع انتاج المحطات التقليدية مجتمعة كما هو الحال فى الولايات المتحدة وألمانيا والصين والدنمارك واسبانيا.

المحتويات

المحتويات	رقم الصفحة
الهدف من الدراسة .	٦
التعاريف والمصطلحات الفنية .	٨-٧
المعارف النظرية .	٩
الأنواع المختلفة للرسومات الفنية والتخطيطية لتوربينات الرياح.	٩
-- رسومات فنية كهربية.	٩
-- رسومات فنية ميكانيكية.	٩
-- رسومات فنية تخطيطية وتنظيمية.	١٠
المفاهيم الأساسية للأكواد والمعايير المحلية والعالمية.	١٥-١٣
-- أهمية تطبيق الأكواد والمعايير.	١٤
المفاهيم الأساسية للطاقة وخواص المواد.	٢١-١٤
تعريف المكونات الأساسية للدوائر الكهربية:	٢٢
-- الشحنة.	٢٥-٢٢
-- التيار الكهربي.	٢٦
-- الجهد الكهربي.	٢٧
-- القدرة الكهربية.	٢٨
-- التردد.	٢٩
العلاقات الكهربية ومنظومة التوصيل.	٣٢-٣١
-- مصدر القدرة الكهربية.	٣٤
-- الموصلات الكهربية.	٣٥
-- الأحمال الكهربية.	٣٧-٣٦
الوثائق المحددة لتعريف كل القيم الكهربية:	٣٧
-- المقاومة (وظيفتها- أنواعها).	٣٨
-- المكثف (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٤١-٣٩
-- الملف (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٤٢
-- الثنائي (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٤٦-٤٣
-- الترانزستور (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٤٧-٤٦
-- الثايرستور (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٤٨-٤٧
-- الدوائر المتكاملة.	٥٠-٤٨
الوظيفة والغرض من كل وحدة ونظام.	٥١
-- المصهر (وظيفته – تركيبه - أنواعه - الرمز الكهربي).	٥٥-٥٠
-- قاطع الدائرة (وظيفته - تركيبه- أنواعه - الرمز الكهربي).	٦٠-٥٦
-- المفتاح الكهربي.	٦١
التطبيقات العملية لتنفيذ دوائر التحكم البسيطة.	٧٠-٦٢
التطبيقات العملية.	٧٦-٧١

الهدف من هذه الدراسة :

إكتساب الخبرة الكافية للتعرف على وتسجيل القيم الكهربية المحددة تبعاً للوائح التمديدات المحلية والعالمية باستعمال الأدوات والعدد المناسبة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة وفى الوقت المحدد.

التعاريف والمصطلحات الفنية :

- **لوائح التمديدات:** هي كل اللوائح والوثائق التي توضح مواصفات الأنظمة والوحدات الكهربية وطريقة توصيلها ضمن منظومة توربينات الرياح وكيفية ربط وتوصيل تلك الأنظمة بالشبكة الكهربية.
- **مواد موصلة للتيار الكهربي:** هي كل المواد المعدنية غالباً وتشترك تلك المواد في قابليتها للتوصيل الكهربي وقد وجد أن كل معدن يختلف عن الآخر في درجة توصيله للتيار الكهربي تبعاً لتركيبه الداخلي وأكثر المعادن توصيلاً للتيار الكهربي هو النحاس والألمونيوم والفضة والبلاتين.
- **مواد شبه موصلة:** تسمى أحياناً بأشباه الموصلات وهذه المواد هي في الحقيقة مواد عازلة في الظروف العادية ولكن بإضافة بعض المطعمات يمكن تحويلها إلى ما يسمى بأشباه الموصلات ومثال على ذلك السيلكون وهو عازل إذ يمكن بعمل اتحاد كيميائي مع مطعمات أن يتحول إلى شبه موصل وكذلك الجيرمانيوم بإضافة بعض المطعمات يصبح شبه موصل.
- **الماد العازلة:** هي مواد غير معدنية ذات مقاومة كبيرة جداً لمرور التيار الكهربي في الظروف العادية وهذه المواد تختلف فيما بينها من حيث مقاومتها لمرور التيار الكهربي فلكل مادة عازلة مقاومة نوعية خاصة بها كما تعتمد قوة العزل على مقاومتها لعوامل كثيرة وتفقد هذه المادة قوة العزل وفقا لظروف معينة فالخشب مادة عازلة وعند تسرب الرطوبة التي يمتصها الخشب تفقده متانة العزل.
- **الكابل :** هو موصل معزول يستخدم في نقل القدرة الكهربية من أماكن التوليد حتى أماكن الاستهلاك .
- **القصر:** هو حدوث تلامس بين موصلين أو أكثر يحملان تيار كهربي (قافلة) كبير ويجب في أجهزة الحماية أن تقوم بفصل الدائرة بسرعة حتى لا تحدث خسائر.
- **التأريض:**هو توصيل جسم المعدة بالأرض عن طريق موصل جيد يصنع من النحاس تكون مقاومته الكهربية صغيرة حتى يسهل تسريب الشحنة إلى الأرض بسهولة فى حالة حدوث قصر.
- **الشبكة الكهربية:** هي نظام الجهد العالي والفائق للنقل والمكون من خطوط النقل ومحطات المحولات والتجهيزات المتعلقة بها.
- **مزرعة الرياح:**هي مجموعة من توربينات الرياح المركزة في مكان واحد.
- **اتفاقية التوصيل:** اتفاقية بين مالك مزرعة الرياح ومشغل الشبكة الكهربية تحدد الشروط المتعلقة بتوصيل مزرعة الرياح بالشبكة.
- **نقطة التوصيل بالشبكة:**هي نقطة التوصيل المشتركة حيث تكون كل مولدات توربينات الرياح الخاصة بمزرعة الرياح متصلة بالشبكة.
- **التيارات القصوى:**هي أقصى تيارات كهربية يمكن للمنظومة تحملها دون حدوث أضرار.

- **الملفات الكهربية:** الغرض منها توليد مجال كهرومغناطيسي يتناسب طرديا مع شدة التيار المار بالملف وتوجد هذه الملفات عادة في الحالات الآتية: -

← مفاتيح الغلق والفتح للدوائر المختلفة لتوصيل وفصل نقاط التلامس و خاصة الأحمال الكبيرة.

← في المحولات حيث يؤثر التيار المتردد على ملف رئيسي ويتولد في الملف تيار تأثيري في ملف ثانوي آخر.

← مخدات المولدات لإنتاج مجال مغناطيسي (تيار تأثيري) يسمح بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية وتقاس شدة التيار التاثيرى بالهنرى أما التيار المتردد فتقاس شدته بالذبذبة.

- **التيار الثلاثي:** هو تيار فرق جهده ٣٨٠ فولت يمكن الحصول عليه بتوصيل ثلاث ملفات بطريقة معينة (Δ أو Y) وتكون الزاوية بين كل ملفين ١٢٠ درجة في حالة Y ، ٦٠ في حالة Δ .

المعارف النظرية اللازمة:

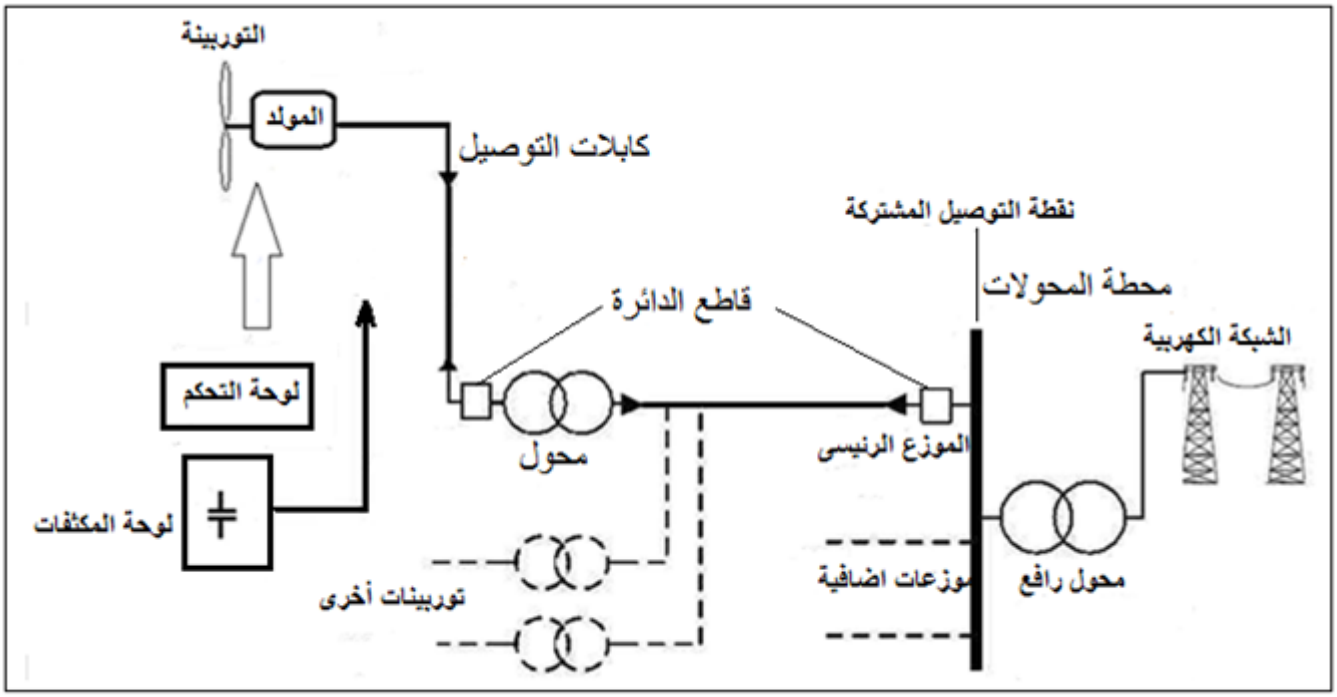
الأنواع المختلفة للرسومات الفنية والتخطيطية لتوربينات الرياح

تتكون الرسومات الفنية لمنظومة توليد الكهرباء من توربينات الرياح من مجموعات مختلفة من الرسومات الفنية هي:

- رسومات فنية كهربية.
- رسومات فنية ميكانيكية.
- رسومات فنية تخطيطية وتنظيمية.

- **الرسومات الفنية الكهربية:**

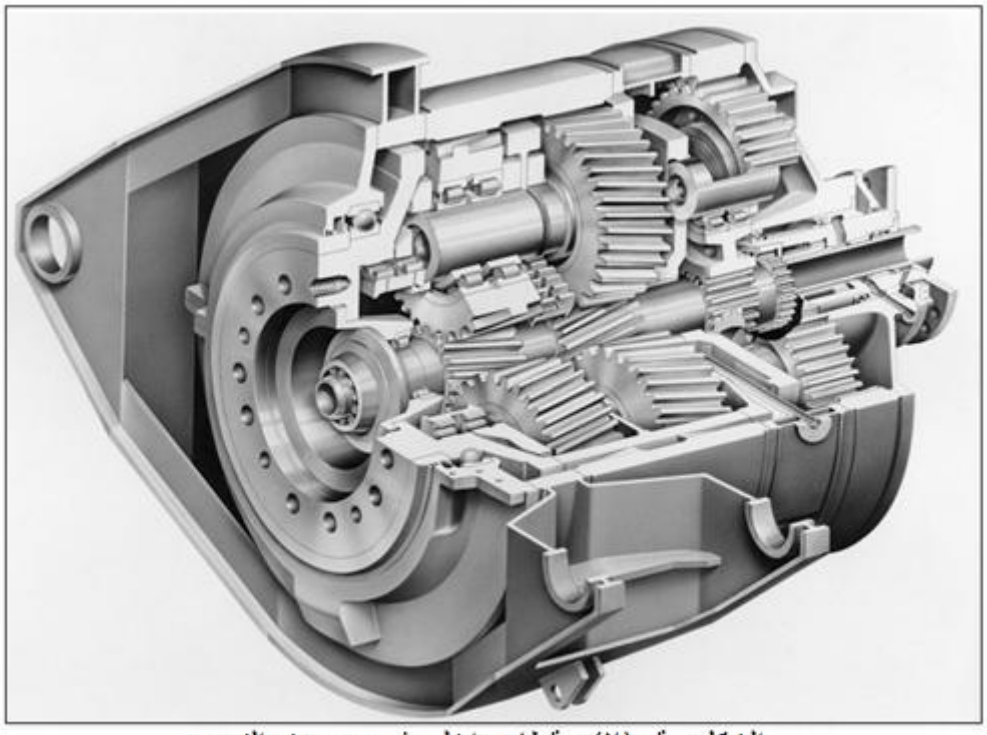
هي تلك الرسومات التي توضح جميع المكونات الكهربية لمنظومة توربينات الرياح وكيفية اتصالها ببعضها البعض كما بالشكل رقم (١).



الشكل رقم (١) : المخطط الكهربى لمنظومة توربينات الرياح

- **الرسومات الفنية الميكانيكية:**

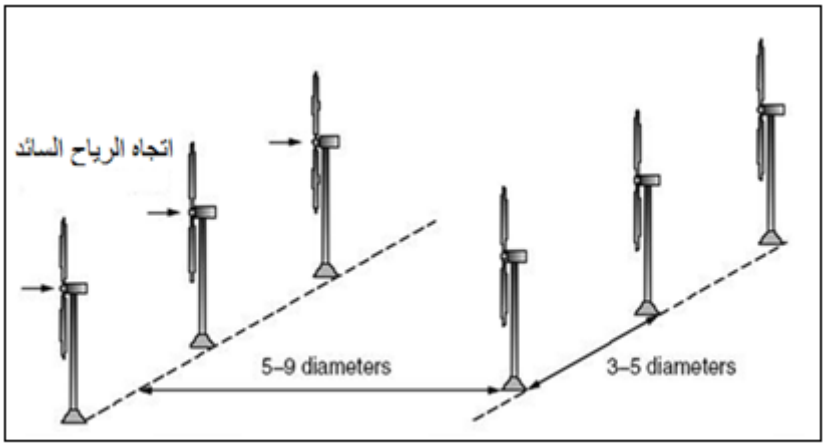
هي تلك الرسومات التي توضح جميع المكونات الميكانيكية لكل عناصر توربينات الرياح ويستدل بهذه الرسومات على المكونات المختلفة للأجزاء الميكانيكية للتوربينة والشكل رقم (٢) يوضح مكونات صندوق التروس من الداخل.



الشكل رقم (٢) : قطاع داخلى فى صندوق التروس

- **الرسومات الفنية التخطيطية للموقع:**

هي تلك الرسومات التي توضح أماكن تثبيت جميع التوربينات بمزرعة الرياح والمسافات التي يجب أن تترك بين التوربينات وبعضها كما تحدد هذه الرسومات اتجاهات الصفوف بحيث تكون التوربينات في وضع عمودي على أغلب اتجاهات هبوب الرياح بالموقع والشكل رقم (٣) يوضح مخطط لتوزيع توربينات الرياح بالمزرعة.



الشكل رقم (٣) : مخطط توزيع التوربينات

- **طريق تحديد أماكن التركيب:**

يتم تحديد أماكن تركيب توربينات الرياح وفق برامج محددة ومعطيات كثيرة تتعلق بطبيعة موقع التوربيات وتصنيفه من حيث التضاريس حتى يمكن تركيب التوربينات بالشكل الصحيح لما لذلك من بالغ الأثر في

تحسين إنتاج التوربينات، حيث يتم وضع التوربينات في صفوف متوازية قدر المستطاع بحيث تكون المسافة البينية بين كل صف والذي يليه يتراوح من ٥ إلى ٩ أضعاف قدر قطر دائرة ريش التوربينة وبمعنى أخر من آخر من ١٠ إلى ١٨ ضعف طول ريشة التوربينة كما يتم الفصل بين كل توربينة والتي تجاورها في نفس الصف بمسافة من ٣ إلى ٥ أضعاف قطر دائرة ريش التوربينة ويتم تحديد أماكن التركيب باستخدام طريقة الإحداثيات:

- **طريقة الإحداثيات:**

يتم توصيف أماكن تركيب التوربينات عن طريق إحداثيات الطول والعرض حيث يتم استخدام جهاز الجى بي إس (GPS) ويعرف بنظام تحديد المواقع العالمية والجدول التالي يوضح إحداثيات توزيع التوربينات بالموقع:

Turb. No.	East	West
١	33° 24‘ 32.38“	27° 53‘ 2.14“
2	33° 23‘ 29.30“	27° 54‘ 42.20“
3	33 ° 20‘ 28.76“	27° 53‘ 9.39“
4	33 ° 25‘ 16.61“	27° 46‘ 24.22“
5	33 ° 27‘ 30.03“	27° 48‘ 2.11“
6	33 ° 24‘ 20.06“	27° 52‘ 50.08“

ولكي يتسنى لنا فهم الرسومات الهندسية بشكل جيد لابد من الإطلاع على تسهيلات الرسومات الهندسية الآتية:

- **الحجم القياسي للورق:**

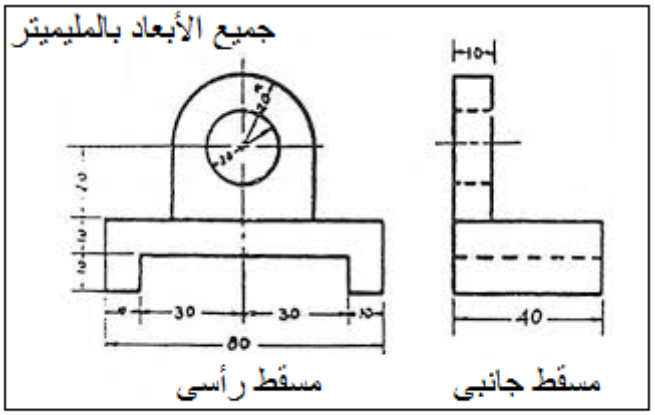
الجدول التالي يبين مقاسات الورق المستخدم في الرسومات الهندسية.

مقاس الورق	الطول (مم)	العرض (مم)
A0	1189	841
A1	841	594
A2	594	420
A3	420	297

210	297	A4
148	210	A5
105	148	A6

- **الإطار القياسي للرسومات:**

يتم وضع جميع الرسومات في إطار قياسي حتى يسهل التعامل مع تلك الرسومات من حيث الفهم والتنظيم ويتم استخدام الإطار القياسي للرسم في جميع أنواع الرسومات الكهربية والميكانيكية والجغرافية كما بالشكل رقم (٤) حيث يوضح أبعاد جزء ميكانيكي.



الشكل رقم (٤) : الاطار القياسى لجزء ميكانيكى

- **كيفية كتابة معلومات المشروع على ورق الرسم.**

يتم تدوين كل بيانات المشروع في المخطط التالي:

اسم الشركة عنوان المراسلة البريدية عنوان الموقع الالكتروني		اسم الرسم :		
		اسم المشروع :		
	اسم الرسّام :		تاريخ الرسم :	
	اسم المُراجع :		تاريخ المراجعة :	
	اسم المعتَمد :		تاريخ الاعتماد :	
نوع المشاهدة *	مقياس الرسم :	رقم الرسم :	رقم الصفحة :	رقم المراجعة : .....

- **مقياس الرسم:**

هو النسبة بين الأطوال الموجودة بالرسم والأطوال الموجودة في الواقع.

مثال: عند قياس البعد بين نقطتين في لوحة رسم هندسى بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ وجدت المسافة بينهما ٢ سم فكم تبلغ المسافة الحقيقية بين النقطتين ؟

المسافة الحقيقية = الطول في الرسم في مقياس الرسم.

= ٢ سم x (٥٠٠٠ ÷ ١).

= ١٠٠٠٠ سم.

= ١٠٠ متر.

ويستخدم مقياس الرسم في الرسومات الجغرافية والميكانيكية ولكن نادراً ما يستخدم في الرسومات الكهربية.

← لوائح التمديدات الكهربية وأكواد الأداء العملي:

- **الأكواد:**

تعرف الأكواد بأنها مجموعة القواعد الأساسية التي تضعها الدولة لوضع أصول ثابتة ومحددة بضرورة إتباعها ويتضمن هذا الكود الحد الأدنى لاشتراطات الأمان الواجب توافرها في النظم والوحدات الكهربية ليتم تطبيقها بكل دقة لتحقيق معايير الجودة المطلوبة.

وتعتبر الأكواد بمثابة قوانين ملزمة للأفراد والمؤسسات حيث تقوم الدولة بتطبيق تلك الأكواد والمعايير في شتى المجالات فهناك معايير محلية تطبقها الدولة داخل حدودها طبقاً لظروفها الاقتصادية للحفاظ على صناعتها كما هو الحال في مصر وهناك معايير واكواد تتخطى حدود القطر لتشمل منطقة جغرافية كاملة مثل بلدان الاتحاد الأوروبي وذلك لضمان تحقيق شروط الأمان والجودة في شتى المجالات.

وعند اشتراك دولتين مختلفتين في تنفيذ مشروعات مشتركة بينهما تتضمن العقود المبرمة بينهما بضرورة تطبيق المواصفات والمعايير الدولية وذلك للرجوع إلى تلك الاتفاقيات والعقود في حالة الاختلاف على جودة وتنفيذ بنود العقد .

ومن هذه الأكواد ما يلي:-

- الكود المحلى للكهرباء: NEC : National Electrical Code حيث يستخدم هذا الكود فى أمريكا الشمالية.

- الكود المحلى لأمان الكهرباء: NESC: National Electrical Safety Code حيث يستخدم هذا الكود في أمريكا الشمالية.
- كود المعهد الألماني للمعايير:DIN VDE German Institute for Standardization : حيث يستخدم هذا الكود في ألمانيا.
- الكود العالمي للكهرباء: International Electrical Commission IEC : حيث يستخدم في معظم الدول الأوربية.

- **المعايير:**

هي الطرق الواجب إتباعها لتحقيق القواعد الخاصة بالأكواد وعند القيام بأي عمل يجب اختيار الكود المناسب ثم أتباع المعايير الخاصة بذلك الكود فمثلاً إذا تم اختيار الكود IEC 60364 للقيام بالأعمال الكهربية في موقع التنفيذ يتم إتباع المعايير IEC 60364-1 و IEC 60364-2 و IEC 60364-3 و IEC 60364-4 وIEC 60364-5 و IEC 60364-6 .

- **أهمية تطبيق الأكواد والمعايير:**

- **استخدام الخامات والأدوات ذات الجودة المناسبة:**

يساعد إتباع المعايير والأكواد في استخدام خامات ذات جودة مناسبة للعمل المطلوب تنفيذه لنتجنب تحايل الجهة المنفذة للعمل في استخدام مهمات ذات جودة قليلة مما يؤثر على كفاءة وجودة العمل المطلوب أو الإسراف في استخدام مهمات وأدوات ليست مطلوبة أو بمعنى أخر " تختار الخامات بحيث تحقق أفضل أداء مع أقل تكلفة ممكنة ".

- **التقليل من الكلفة الكلية للعمل:**

إتباع المعايير والأكواد يسهم في استخدام وتحديد الخامات والوحدات بالأعداد والأطوال والكميات المطلوبة للعمل المطلوب تنفيذه.

- **تدريب الأفراد على إتباع القواعد الصحيحة في العمل:**

إتباع المعايير والأكواد يسهل طريقة تنفيذ وإنهاء كافة الأعمال الموكلة إلي الأفراد والعاملين كما يعودهم على إتقان وتجويد ما يقومون بعمله.

المفاهيم الأساسية للطاقة وخواص المواد

مفهوم الطاقة:

هي قوة غير مرئية يمكنها إنتاج حرارة وضوء وحركة وتجاذب أو تنافر إضافة إلى العديد من التأثيرات الطبيعية الأخرى، وأهم القوانين أو القواعد الحاكمة للطاقة هي أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم و لكن

تتحول من صورة إلى أخرى، وبالتالي لا يمكن توليد الطاقة من لا شيء وتُعرَّف الطاقة في الفيزياء بأنها القدرة على عمل وإنهاء مهمة و شغل فمثلاً زيادة سرعة سيارة أو حمل صخرة يتطلب شغلاً وتحسب الطاقة والشغل بوحدة القياس نفسها. ويجد معظم المتدربين صعوبة في التمييز بين الطاقة والقدرة والقوة، حيث أن القدرة هي متوسط بذل الشغل والقوة هي الدفع أو الجذب الذي يقوم به جسم الإنسان ولكن يرتبط حجم الشغل بشدة القوة والطريق ومسافته التي يتحركها الجسم وتتعدد أنواع الطاقة مثل الطاقة الكيميائية والطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الشمسية والطاقة النووية والطاقة الكهربية والطاقة الضوئية.

- **الطاقة الكهربية:**

لا يوجد مصدر طبيعي للكهرباء، والسبب في ذلك أن جميع المواد تكون متعادلة كهربياً، والطاقة الكهربية لا تنشأ إلا بتحويل نوع من أنواع الطاقة إلى طاقة كهربية ومثال على ذلك تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية كما هو الحال في المولد الكهربائي كما توجد أنواع أخرى لتوليد الطاقة الكهربية بتحويل الطاقة النووية إلى طاقة كهربية، أو استخدام الطاقة الشمسية وذلك عن طريق الخلايا الكهروضوئية، أو تحويل الطاقة الكيميائية كما هو في البطاريات.

- **الطاقة الكيميائية:**

هذا النوع من الطاقة متوفر في الطبيعة ومن أهم أنواع الوقود الموجود مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي وكذلك الخشب، والطاقة الكيميائية هي الطاقة التي تربط بين ذرات الجزيء الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيميائية أو مكونات النواة في العناصر التي تدخل ضمن تفاعلات الانشطار والاندماج النووي وتتم عملية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية عن طريق إحداث تفاعل كامل بين المركب الكيميائي وبين الأكسجين لتتم عملية الحرق وينتج من ذلك الحرارة وحيث أن كل جزيء في أي مركب لديه مخزون من الطاقة يسمى بالمحتوى الحراري وهو عبارة عن مجموعة من طاقة الجهد الناتجة عن قوى التجاذب والطاقة الحركية الناتجة عن الحركة الانتقالية للجزيئات فإن جميع المواد الهيدروكربونية يرافق تفاعلها مع الأكسجين انبعاث حراري وهي تصلح وقوداً.

- **الطاقة الميكانيكية:**

هي الطاقة الناتجة من حركة الأجسام من مكان إلى آخر حيث أنها قادرة نتيجة لهذه الحركة على بذل شغل ويصاحب هذا الانتقال اختلاف في طاقة الوضع، وطاقة الحركة والأمثلة الطبيعية لهذا النوع من الطاقة هي حركة الرياح ، و ظاهرة المد والجزر ويمكن أن تنشأ الطاقة الميكانيكية بتحويل نوع من الطاقة إلى آخر ، فقد تستخدم المروحة الكهربية في تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية ووحدة قياس الطاقة الميكانيكية هي الجول ويوجد هناك نوع آخر من الطاقة الميكانيكية هي الطاقة الصوتية ويحدث الصوت عند اهتزاز مصدر

صوتي بتردد معين، وتنتقل طاقة منه إلى وسط مادي مجاور بصورة دورية حتى تصل إلى أذن السامع، والصوت لا ينتقل في الفراغ وإنما يحتاج إلى وسط مادي لكي تنتقل الموجة الميكانيكية والصوت ينتشر على شكل أمواج ميكانيكية تؤثر في الوسط الذي ينتشر فيه مما ينتج عنه اضطراب دوري تتولد تبعاً لذلك طاقة صوتية والطاقة الصوتية لها استخدامات كثيرة فيمكن أن تستخدم في المجال العسكري لإحداث ضوضاء في البنية التحتية وكذلك تستخدم الطاقة الصوتية في المجال الطبي.

- **الطاقة الحرارية:**

تعتبر الطاقة الحرارية من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن أن تتحول كل صور الطاقة إليها، والطاقة الحرارية هي عبارة عن الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئات وذرات المادة فعند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود الهيدروكربونية تكون أول خطوة هي حرق الوقود والحصول على طاقة حرارية تحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو إلى أي نوع من أنواع الطاقة ولا تتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في مصادر الحرارة الجوفية، ومن المعروف أن جزيئات المادة لها كتلة وسرعة ومن ثم تكون لها طاقة حركية وطاقة وضع ومجموع هاتين الطاقتين تعرف بالطاقة الداخلية له وكذلك الاستفادة من الطاقة الحرارية من أشعة الشمس ويتم ذلك عن طريق تحويل الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية والطاقة الحرارية لها القدرة على الاختراق والنفاذ خلال الأوساط المادية التي تنقسم إلى ثلاثة أنواع هي:

- **وسط شفاف حراري:** وهو الوسط الذي يسمح بنفاذ الإشعاعات الحرارية.
- **وسط نصف شفاف:** وهو الوسط الذي يسمح بنفاذ بعض الإشعاعات الحرارية وتستخدم هذه الظاهرة في تشييد البيوت المحمية التي تستخدم في زراعة بعض المحاصيل الزراعية التي تكون مصنوعة من الزجاج الذي يسمح بنفاذ بعض من تلك الإشعاعات الحرارية.
- **وسط معتم حرارياً:** وهو الوسط الذي لا تنفذ منه الإشعاعات الحرارية بل يمتص معظمها من الأجسام الساخنة المحيطة به وترتفع درجة حرارته مما يؤدي ذلك إلى زيادة في الطاقة الداخلية، التي بدورها تتحول إلى طاقة حرارية ويصبح مصدراً لانبعاث الإشعاعات الحرارية.

- **الطاقة الشمسية:**

الطاقة الشمسية هي مصدر للطاقة لا ينضب ولكنها تصل إلينا بشكل مبعثر إذ يضيع منها بواسطة الإعتام والانعكاس أكثر من ٧٧% وبالتالي لا يمكن إلا استرجاع قسم ضئيل منها والطاقة الشمسية طاقة نظيفة فلا ينتج عن استعمالها غازات أو نواتج ضارة بالبيئة كما هي الحال في أنواع الوقود التقليدي.

- **الطاقة النووية:**

هي الطاقة التي تربط بين مكونات النواة أي (بروتونات أو نيترونات) وهي تنتج نتيجة تكسر تلك الرابطة وتؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة جداً وذلك حسب علاقة اينشتاين حيث يمكن حساب الطاقة الناتجة من تحويل الكتلة إلى طاقة كالتالي:

- **الطاقة الضوئية:**

يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى أنواع أخرى من الطاقة وذلك حسب الحاجة المراد بها، مثل الطاقة الكهربية في الخلايا الضوئية، أو الطاقة الحرارية في عمليات التسخين الحراري كما هو الحال في تسخين المياه ويستخدم النبات الطاقة الضوئية مباشرة لعمليات التمثيل البنائي لإنتاج مركبات عضوية تختزن طاقة كيمائية والطاقة الضوئية هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تحتوي كل منها على حزم من الفوتونات وتختلف الموجات الكهرومغناطيسية في خواصها الفيزيائية باختلاف الأطوال الموجية، فمثلاً نجد أن الموجات ذات الطول الموجي الذي يتراوح بين عدة كيلومترات إلى عدة سنتيمترات يستخدم في الدوائر الإلكترونية ومحطات الإرسال والاستقبال التلفزيوني، بينما يشغل الطيف المرئي للعين البشرية طولا موجياً يتراوح من ٤٠٠ إلي نانومتر ويمكن تفسير معظم الظواهر المرتبطة بالطاقة الكهربية باستخدام مدلولات الشحنة الكهربية والتيار والجهد والوحدات الكهربية المرتبطة بها وهي على الترتيب الكولوم والأمبير والفولت.

- **القطبية الموجبة والقطبية السالبة:**

نشاهد التأثيرات الكهربية في كل من البرق والبطارية واللاسلكي والتليفزيون وفي العديد من التطبيقات الأخرى والقاسم المشترك بين هذه التطبيقات وأي تطبيقات كهربية أخرى هو الجسيمات ذات الشحنات المتخالفة حيث أن جميع المواد التي نعرفها سواء أكانت جوامد أم سوائل أم غازات تحتوي على الجسيمات المشحونة (الإلكترون ذو الشحنة السالبة، والبروتون ذو الشحنة الموجبة).

يمتلك الإلكترون أصغر شحنة كهربية سالبة ويمتلك البروتون الشحنة نفسها، ولكنها موجبة وترتيب هذه الجسيمات في ذرات العناصر والمواد هو الذي يحدد خواصها الكهربية فالمواد التي لا تظهر عليها خواص كهربية واضحة تتساوى فيها أعداد الجسيمات ذات الشحنات الموجبة وتلك ذات الشحنات السالبة مما يؤدي إلى تساوي القوى المتضادة وتلاشي تأثيرها.

وللحصول على تأثير كهربي يجب بذل شغل لفصل الإلكترونات والبروتونات عن موضعها وترتيبها الطبيعي في ذرة المادة لتغيير توازن القوى الموجودة ويظهر التأثير الكهربي للمادة عند توصيل بطارية بين طرفي دائرة كهربية، حيث تقوم الطاقة الكيميائية المختزنة في البطارية، ببذل شغل لفصل الشحنات الكهربية، وإنتاج زيادة في عدد الإلكترونات عند طرفها السالب، وزيادة في عدد البروتونات عند طرفها الموجب، وبذلك يمكن دفع تيار كهربي في الدائرة.

- **الشحنات الكهربية:**

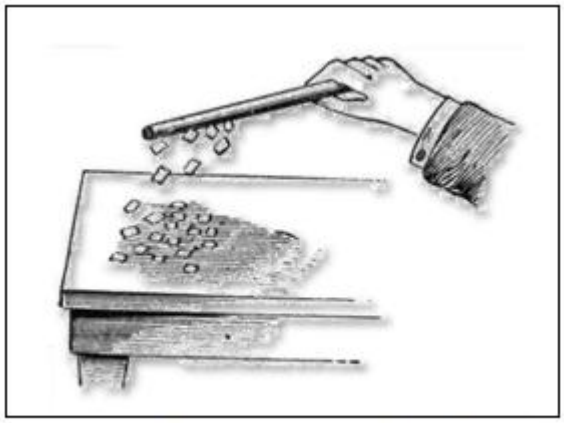
لا يمكن تعريف الشحنة الكهربية ولكن يمكن وصف خواصها وتوضيح سلوكها، ومما لا شك فيه أن الشحنات الكهربية هي من المواصفات الأساسية للجزيئات التي تتكون منها جميع العناصر والمواد وأن التفاعلات المتبادلة بين ذرات وجزيئات المواد هي بصفة أساسية تفاعلات كهربية بين جسيمات مشحونة كهربياً ويمكن شرح البناء التركيبي لأي مادة طبيعية باستخدام ثلاثة أنواع من الجسيمات هي:

- الإلكترون ذو الشحنة السالبة.
- البروتون ذو الشحنة الموجبة.
- النيوترون ذو الشحنة المتعادلة.

مقدار شحنة الإلكترون السالبة يساوي تماماً مقدار الشحنة الموجبة للبروتون وفي الحالة الطبيعية يكون عدد الإلكترونات حول الذرة مساوياً تماماً عدد البروتونات الموجودة في النواة وصافي الشحنة الكهربية للذرة يساوي صفراً يطلق على عدد البروتونات والإلكترونات الموجودة في الذرة مصطلح الرقم الذرى لهذا العنصر وإذا تم فصل إلكترون أو أكثر من الذرة المتعادلة تظهر على الجزء الباقي شحنة موجبة تساوى شحنة الإلكترونات السالبة التي تم فصلها ويطلق على الذرة في هذه الحالة لفظ أيون موجب أما الأيون السالب فهو ذرة متعادلة اكتسبت عدداً من الإلكترونات الإضافية فظهرت عليها شحنة صافية سالبة وكتلة البروتون وكتلة النيوترون متساويتان وكل منهما تساوي تقريباً ألفي مرة كتلة الإلكترون أي أن نسبة ٩٩% من كتلة الذرة توجد في نواتها.

- **سلوك الشحنات الكهربية:**

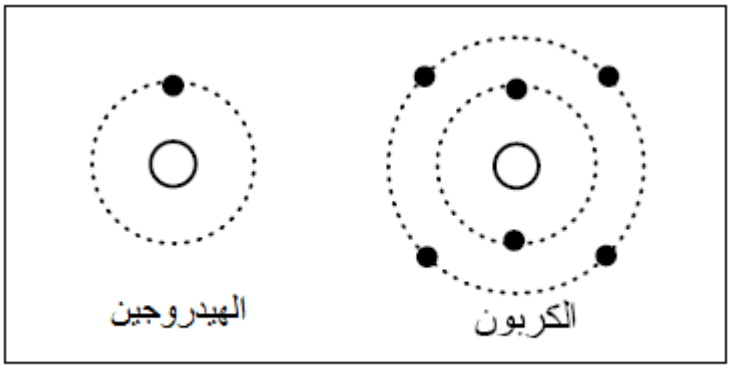
إذا حدث احتكاك بين جسم من المطاط وقطعة من الورق يلاحظ أن الجسم المطاطي يجذب طرف الورقة بما يفيد بوجود قوة تجاذب بين الجسم المطاطي وطرف الورقة حيث أن الشغل الميكانيكي المبذول في عملية الاحتكاك وفّر الطاقة اللازمة لفصل بعض الإلكترونات في قطعة المطاط وبعض البروتونات في الورقة ولأن المادتين من المواد العازلة فإن الإلكترونات والبروتونات التي انفصلت تظل متجمعة في منطقة الاحتكاك ولا يمكنها الانتقال خلال المادة وهذه الشحنات المجمعة السالبة والموجبة هي المسئولة عن القوة التي ظهرت وسببت جذب المطاط لطرف الورقة ويطلق على هذه الشحنات المنفصلة بالشحنات الساكنة وتلك القوى التي ظهرت بين قطعة المطاط والورقة هي إحدى الصور الأولية التي تعبّر بها الكهرباء عن وجودها والشكل رقم (٥) يوضح التجاذب بين الشحنات الكهربية.



الشكل رقم (٥) : الشحنات الكهربية

- **المادة:**

تتكون أي مادة في الطبيعة من مجموعة من ذرات هذه المادة وتتكون كل ذرة من نواه تحتوى على عدد من النيترونات متعادلة الشحنة، وبالنواة أيضا البروتونات وهى موجبة الشحنة يدور حول النواة مجموعة من الإلكترونات في مدارات خارجية يحتوى كل مدار على عدد من الالكترونات فيكون المدار الأول به ٢ إلكترون والثاني به ٨ إلكترون والثالث به ١٨ إلكترون وهكذا وعدد الإلكترونات في المدار الخارجي يحدد تكافؤ المادة فمثلا الهيدروجين يحتوى إلكترون واحد في مداره الخارجي (أحادى التكافؤ) والكربون رباعي التكافؤ والشكل رقم (٦) يوضح تركيب ذرتي الكربون والهيدروجين.



الشكل رقم (٦) : التركيب الذرى للكربون والهيدروجين

تنقسم المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربي إلى ثلاثة أنواع هي:

- **المواد الموصلة:**
- **المواد العازلة:**
- **المواد شبه موصلة:**

- **المواد الموصلة:**

المواد الموصلة هي المواد التي يكون فيها عدد كبير من إلكترونات التكافؤ في حالة ارتباط ضعيف بينها وبين النواة ومن السهل أن يتحرك في النطاق الموصل ثم يعود داخل الذرة ولا يتركها إلا في حالة توفر طاقة لتحريك الإلكترونات وهذه الحركة هي التي تكون التيار الكهربي ومن ذلك يكون التيار الكهربي هو تحرك سيل الإلكترونات خلال الموصل.و بمعنى أخر هي كل المواد التي تتوفر لديها إلكترونات حرة تسمح بنقل التيار كهربائي عن طريق ما يسمي توصيل كهربائي مثل المعادن والكربون والمحاليل والأحماض والقواعد حيث يحتوى مدارها الأخير على إلكترونات حره تكون قوى الترابط بينها وبين النواة صغيرة وبالتالي تستطيع كمية صغيرة من الطاقة التغلب على قوة الربط بين الالكترونات والذرة فيقوم الإلكترون الحر بترك الذرة وتسمى الذرة ايون موجب وتسمى تلك العملية بالتأين وتسمى عمليه انتقال الإلكترونات من ذره إلى أخرى بالتيار الكهربي.

- **المواد العازلة:**

المادة العازلة يكون فيها النطاق المحظور الذي يفصل بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل كبيرة هذا يعنى أن إلكترونيات التكافؤ الموجودة في آخر مدار للذرة تكون قوة الارتباط بينها وبين النواة كبيرة لذلك تحتاج إلى طاقة كبيرة لتصل إلى النطاق الموصل ولهذا فإن عدد قليل جداً من الإلكترونات يمكن أن يتحرر ويصل إلى النطاق الموصل ومن أمثلة المواد العازلة الغازات في الحالة العادية وأغلب السوائل وكل المواد الصلبة ماعدا الكربون والمعادن.

- **ترتيب المواد حسب كفاءة التوصيل :**

الفضة ← النحاس ← النحاس صلب ← الذهب ← الألمنيوم ← الكلسيوم ← التنجستن ← زنك ← النيكل ← الليثيوم ← حديد ← بلاتين ← قصدير ← الكربون الصلب ← الرصاص ← التيتانيوم ← الفولاذ المقاوم للصدأ ← زئبق ← نيتشروم ← الجاليوم ← الكربون (غير متبلور) ← الكربون (الجرافيت) ← الكربون (الماس) ← مياه البحر ← مياه الشرب ← السيليكون ← الخشب (الخام) ← الماء منزوع الأيونات ← زجاج ← المطاط الصلب ← خشب (الفرن الجاف) ← كبريت ← هواء ← شمع البارافين ← تفلون.

- **المواد شبه موصلة:**

وهى مواد تقع بين حدود الموصلات والعوازل ومن أمثلتها الجيرمانيوم-السيلكون- الكربون وهى مواد رباعية التكافؤ وتتصف المواد شبه الموصلة بالآتي:

- تكون عازلة تماماً في حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق (-٢٧٣ °).
- تكون موصلة رديئة في حالتها النقية عند درجة حرارة الغرفة.
- تزداد قابليتها للتوصيل بارتفاع درجة حرارتها.
- تتحسن قابليتها للتوصيل بارتفاع درجة حرارتها.

ويمكن التحكم في توصيل المواد شبه الموصلة عن طريق إضافة بعض الشوائب وذلك لزيادة عدد الكترونات التوصيل أو فجوات التوصيل.

- **السيلكون:**

تم اكتشافه عام ١٨٢٤ بواسطة عالم سويدي والاسم مشتق من اللغة اللاتينية (سيليكس) والتي تعنى الحصى وهو واسع الانتشار ويوجد في الطبيعة على هيئة سيلكا (صخور).

خصائص السيلكون هي:

- العدد الذرى له ١٤.
- اللون فضي لامع.
- صلب حتى ٢٩٨ درجة وهو فلز شبه موصل يقع في المجموعة الرابعة الدورة الثالثة ينتمي إلى عناصر تحت المستوى.
- له خاصية كهربية مميزة وهى أنه عازل في درجات الحرارة المنخفضة وشبه موصل في درجات الحرارة العالية كما أن توصيله يزداد عند إضافة كمية ضئيلة من عناصر أخرى له، هذه الخاصية هي الأساس في صناعة الرقائق الإلكترونية الصغيرة التي تقوم عليها صناعة جميع الأجزاء الالكترونية الداخلة في جميع الصناعات الالكترونية.
- الدائرة الكهربية المصنوعة من السيلكون أقل تأثرا لعوامل التقادم وعوامل الرطوبة والاهتزازات والصدمات.

أنواع السيلكون:

- **الكوارتز:** وهو يستخدم في صناعة المناشير الزجاجية والأجهزة الضوئية وهو المكون الأساسي للرمل والجرافيت الملون ومنه ما له قيمة عالية كالأحجار الكريمة.
- **الزيولات:** وهى مادة تستخدم في معالجة عسر الماء.

استخداماته:

يستخدم في صناعة الثنائيات والترانزستورات والخلايا الإلكترونية المتكاملة وهى أساس التطور الحديث في عالم الإلكترونيات والحاسبات وأنظمة الاتصالات الحديثة وغيرها من الأجهزة المتقدمة في المجالات الطبية والهندسية وغيرها في صناعة الأسمنت والطوب وفي عمليات الزراعة بدون تربة وفي عمليات التجميل وهو الأساس في صناعة الزجاج.

- **الجيرمانيوم:**

العدد الذرى له ٣٢ وهو مادة شبه موصلة وهو رباعي التكافؤ ينم الترابط بين ذراته بروابط تساهمية مشتركة حيث ترتبط أربعة ذرات بأربعة روابط مشتركة لتكون في النهاية جزئ من مادة الجيرمانيوم ومجموعة الجزيئات تكون بلورة الجيرمانيوم النقية وهى كالمواد الشبه موصلة تكون عازلة في درجة الصفر المطلق

وتصبح موصلة فى درجة حرارة الغرفة وبإضافة عنصر شائب تزيد درجة توصيلها ولفهم كيفية إضافة المادة الشائبة إلى المادة الشبه موصلة سوف نتناول ذلك كالأتي:

تعريف المكونات الأساسية للدوائر الكهربية

← الكميات الكهربية الأساسية:

الكميات الكهربية الأساسية هي الشحنة والتيار والجهد والمقاومة الكهربية.

- **الشحنة الكهربية :**

ويرمز لها بالرمزQ وهي نوعان شحنه سالبه تمثل إلكترون وأخري موجبه تمثل البروتون ووحدة قياس الشحنة هي الكولوم ويرمز له بالرمز C.

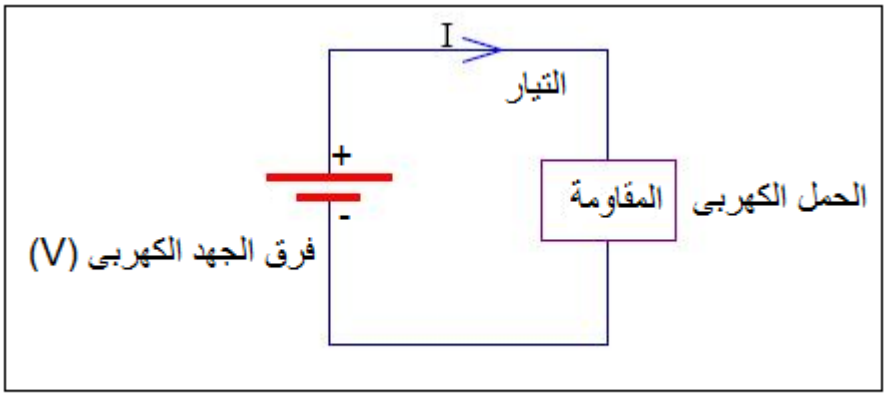
- **التيار الكهربي:**

التيار الكهربي هو عبارة عن سيل من الشحنات الكهربية المتحركة نتيجة لوجود فرق جهد محدد بين نقطتين في المواد الصلبة مثل سلك من النحاس أما الإلكترونات الحرة فهي شحنات يمكن دفعها للتحرك بسهولة نسبية حيث إن هذه الشحنات ترتبط ارتباطاً ضعيفاً بذرات النحاس ولا تحتاج لبذل مقدار كبير من الشغل لتحريكها.

وعند توصيل بطارية بين طرفي سلك النحاس سيدفع الإلكترونات الحرة إلى حركة انتقالية تكون نتيجتها انتقال الإلكترونات من الطرف ذو الجهد السالب إلى الطرف ذو الجهد الموجب خلال سلك النحاس مسببة تياراً من الإلكترونات وهو ما يطلق عليه التيار الكهربي وتتم حركة الإلكترونات هذه داخل سلك النحاس بسرعة تساوي سرعة انتشار الضوء ونتيجة لهذه السرعة الكبيرة جداً لا تلاحظ أي فواصل زمنية عند تشغيل الأجهزة الكهربية.

تستخدم وحدة قياس كهربية يطلق عليها اسم أمبير تخليداً للعالم الفرنسي الشهير أندريه أمبير وهي وحدة تعبر عن المعدل الزمني لتدفق الشحنات الكهربية عبر موصل ما ويمثل الأمبير تدفق شحنات مقدارها كولوم واحد خلال فترة زمنية تقدر بثانية واحدة، ويرمز لشدة التيار بالرمز I.

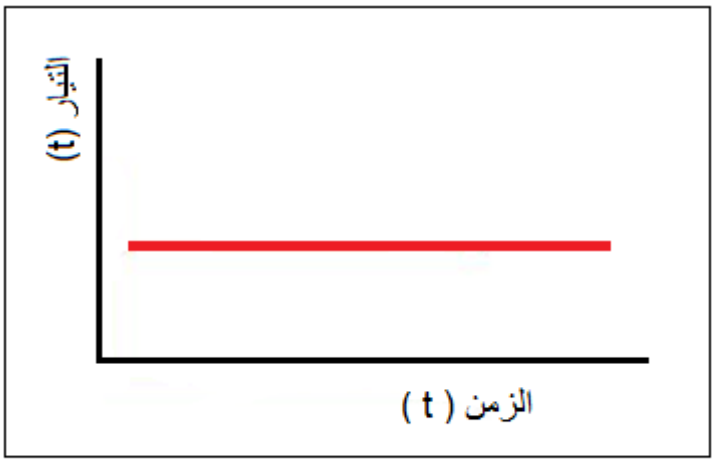
والشكل رقم (٧) يمثل دائرة كهربية بسيطة تحتوى على مصدر جهد وحمل كهربي بسيط ويلاحظ اتجاه التيار من الطرف الموجب لمصدر الجهد ويدور التيار داخل الدائرة ويعود إلى الطرف السالب لمصدر الجهد.



الشكل رقم (٧) : دائرة كهربية بسيطة

وللتيار الكهربي أنواع مختلفة تختلف باختلاف شكل المصدر كما يلي :

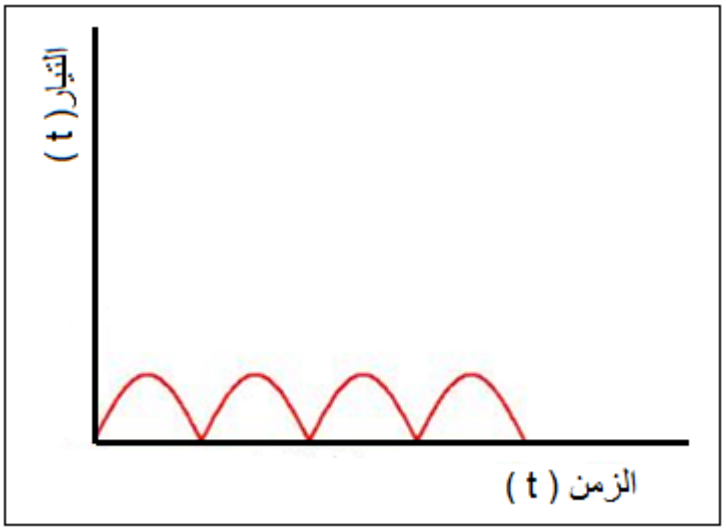
- **التيار المستمر (DC Current):** التيار المستمر هو تيار ثابت القيمة ولا يتغير اتجاهه بالنسبة للزمن كما هو مبين بالشكل رقم (٨).



الشكل رقم (٨) : التيار المستمر

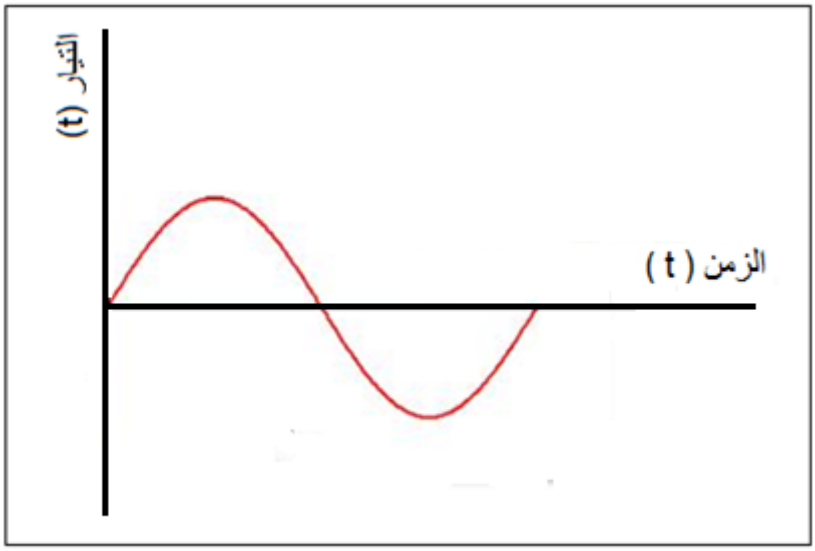
- **تيار موضعي (Pulsating Current) :**

وهو تيار مستمر تتغير قيمته دورياً ولا يتغير اتجاهه كما هو مبين بالشكل رقم (٩).



الشكل رقم (٩) : تيار مستمر موضعى

- **تيار متردد (AC Current):** يعرف التيارالمتردد وأحيانًا يسمى التيار المتناوب أنه التيار الكهربي الذي يتغير في القيمة والاتجاه مع تكرار نفسه دوريًا مع مرور الزمن ويوضح الشكل رقم (١٠) موجه متغيرة للتيار الكهربي حيث يمثل المحور الرأسي التيار بينما يمثل المحور الأفقي الزمن أو زاوية القطع مثل الموجة الجيبية (على شكل جيب) وتردد التيار في مصر هو ٥٠ هيرتز.



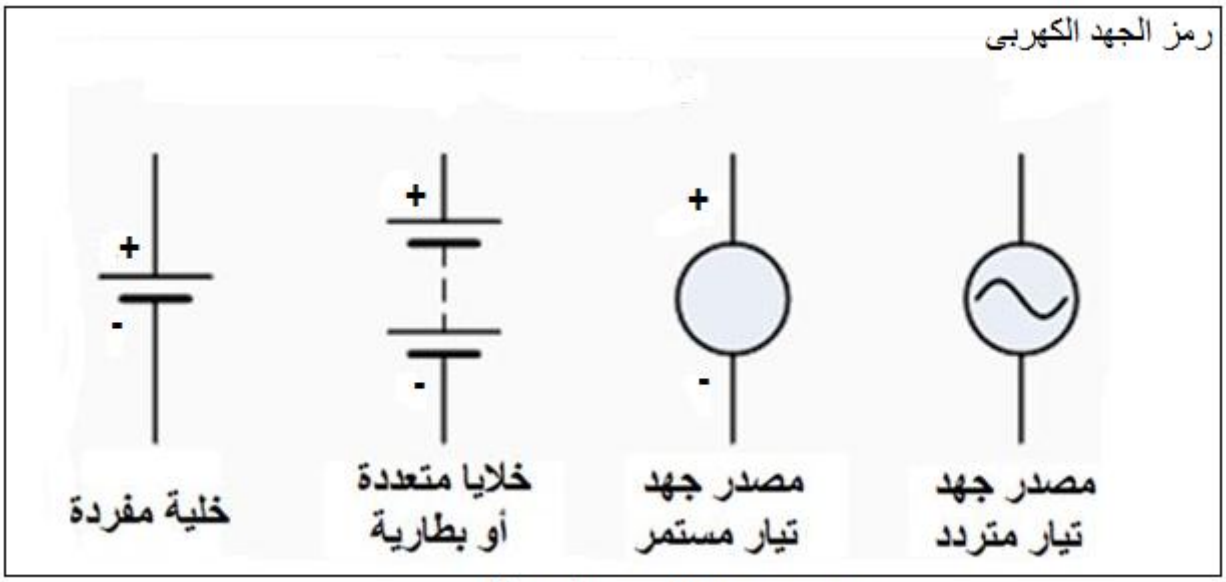
الشكل رقم (١٠) : التيار المتردد

- **الجهدالكهربي:**

يعرف الجهد الكهربي بأنه المقدرة على بذل الشغل فأي شحنة كهربية تمتلك جهداً كهربياً يسمح لها ببذل شغل يكفي لتحريك شحنة أخرى سواء كان ذلك تجاذباً أو تنافراً ويطلق على هذه المقدرة مصطلح الجهد لأنه لفصل الإلكترونات عن الذرات المتعادلة يجب بذل شغل وهذا الشغل يختزن في صورة جهد يعمل على عدم ارتداد الإلكترونات مرة أخرى وانجذابها إلى البروتونات الموجبة للعودة إلى الحالة المتعادلة وفي هذه الحالة يمكن

القول أن للإلكترونات أو البروتونات جهداً معيناً وهي مستعدة لتتخلى عن هذا الجهد في صورة شغل مساوٍ للشغل الذي بذل لإنتاج تلك الشحنات.

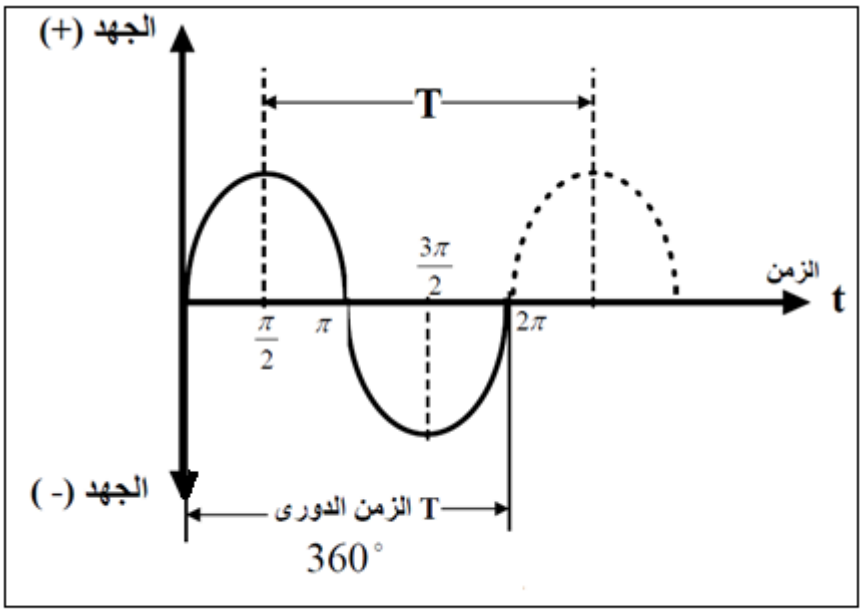
ويعبر عن الجهد الكهربي من الناحية الكمية باستخدام وحدة قياس كهربية يطلق عليه اسم فولت تخليداً لاسم العالم الشهير السندرو فولتا والشكل رقم (١١) يبين الرمز الكهربي للجهود المختلفة.



الشكل رقم (١١) : رمز الجهد الكهربى

- **الجهد المتغير:**

هو الجهد الذي يتغير دورياً مع الزمن من حيث القطبية الموجبة أو السالبة ويسمى جهد متردد أو متغير (AC)كما بالشكل رقم (١٢).



الشكل رقم (١٢) : الجهد المتغير والزمن الدورى

- **الزمن الدوري:**

هو الزمن بالثانية التي تستغرقه الدورة أو الذبذبة الواحدة ويرمز له بالرمز T وهو نفس الزمن بين نقطتين متماثلتين على الشكل الموجى كما هو موضح بالشكل رقم (١٢).

- **التردد**

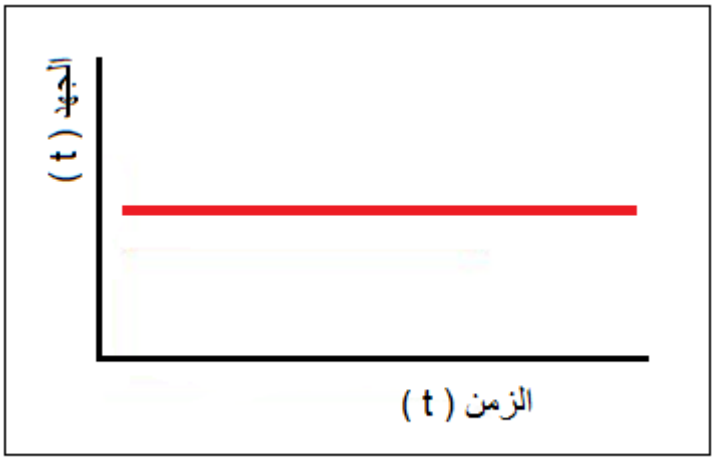
يعرف التردد بأنه عدد الذبذبات أو الموجات فيا لثانية الواحدة ويرمز له بالرمز F ويقاس التردد بوحدة الذبذبة / ثانية أو الهيرتز ويرمز له بالرمز Hz وهناك الوحدات الكبيرة الآتية:

- الكيلو هيرتز= 10^3 هيرتز.
- الميجا هيرتز= 0^6 هيرتز.

بعض الدول تستخدم التردد 50 هيرتز مثل مصر والهند وتستخدم بعض الدول الأخرى 60 هيرتز مثل أمريكا وكندا أما اليابان فهيا لدولة الوحيدة التي تستخدم كلا من الترددين 50 هيرتز، 60 هيرتز.

- **الجهد (المستمر):**

مصدر الجهد الثابت يسمى جهد مستمر (DC) وهو الجهد الذي لا يتغير اتجاهه ولا قيمته مع الزمن ويرمز لمصدر الجهد الثابت في الدائرة عادة كرمز البطارية مع وجود إشارة الموجب (+) والسالب (–) لبيان اتجاه القطبية كما في الشكل رقم (١٣).



الشكل رقم (١٣) : الجهد المستمر

- **القدرة الكهربية:**

القدرة الكهربية هي المقياس لمجموع حاصل ضرب الجهد بالتيار (حسابيا) في وحدة زمنية (الثانية) أوهي المعدل الزمني لتدفق الطاقة الكهربية في دائرة كهربية والوحدة القياسية لقياس القدرة هي الوات نسبة للعالم

الإنكليزي جيمس وات وتحسب القدرة المفقودة بسبب المقاومة الكهربية حسب قانون جول:I * V = P حيث P هي القدرة وV هو الفولت و I هو التيار وبالتالي وجود مصباح كهربي مكتوب عليه 60 W فإن هذا يعنى أن هذا المصباح الكهربي يحول الطاقة الكهربية إلى حرارة وضوء بنسبة 60 جول في كل ثانية والقدرة الكهربية ثلاث أنواع هي القدرة الفعالة ووحدة قياسها هو الواط، والقدرة غير الفعالة ووحدة قياسها هو الفار، والقدرة المركبة ووحدة قياسها هو فولت أمبير.

← عناصر الدائرة الكهربية:

تتكون الدائرة الكهربية في أبسط صورها من العناصر الآتية:

- مصدر القدرة الكهربية.
- الموصلات الكهربية.
- الأحمال الكهربية.

وسنتناول فيما يلي شرح كل عنصر من العناصر السابقة بشيء من التفصيل.

▪ مصدر القدرة الكهربية:

هذا العنصر في الدائرة الكهربية يسمى بالعنصر الفعال، وهو مصدر إنتاج أو إمداد الدائرة الكهربية بالطاقة الكهربية وهذه الطاقة تظهر عادة على شكل فرق جهد يبين طرفي خرج المصدر وهذا الفرق في الجهد يسمى بالقوة الدافعة الكهربية والتي تقاس بوحدة بالفوات ويسمى المصدر في هذه الحالة بمصدر الجهد الكهربي وتحدد قطبية طرفي المصدر عن طريق اتجاه التيار في الدائرة ولإمرار التيار في الدائرة الكهربية يجب أن يكتمل المسار من الطرف السالب إلى الطرف الموجب لمصدر القدرة الكهربية وإذا لم يكتمل هذا المسار فلا يمر تيار في الدائرة ومن هنا يمكن تعريف الدائرة في هذه الحالة بالدائرة المفتوحة أو بأنها الدائرة الكهربية التي لا يمر بها تيار وبالتالي تكون الدائرة المغلقة هي الدائرة التي يمر بها تيار كهربى.

▪ الموصلات الكهربية:

الموصلات الكهربية هي الأسلاك والكابلات التي تربط بين مصدر القدرة الكهربية والأحمال وهى بذلك يجب أن تكون مصنوعة من مادة جيدة التوصيل للكهرباء مثل النحاس أو الألمونيوم و هما أكثر استعمالا من أي مادة أخرى بالرغم من أنهما ليسا أحسن الموصلات الكهربية حيث تعتبر الفضة هي أفضل المواد الموصلة للكهربية حيث أن مقاومتها النوعية هي الأقل ويتم تصنيع المواد الموصلة في معظم الأحيان على هيئة أسلاك أو أنابيب أو قضبان والأسلاك يمكن استخدامها إما سلكا واحدًا مفردًا أو مجموعة من الأسلاك الملفوفة حول بعضها لزيادة المرونة والقوة الميكانيكية ويمكن أن تكون عارية كما في خطوط نقل القدرة الكهربية أو تكون معزولة بواسطة طبقة مصنوعة من مادة عازلة كما في الكابلات.

وبتعبير أخر الكابلات الكهربية هي الوسيلة التي يتم من خلالها نقل القدرة الكهربية. وأبسط توصيف للكابل الكهربي هو عبارة عن مجموعة من الشعيرات المعدنية الموصِلة للكهرباء مغّلفة بمادة عازلة للكهرباء ووظيفة الكابلات هي نقل الطاقة بطريقة سليمة من المصدر إلى أجهزة الاستخدام وأثناء عملية نقل الطاقة تحدث بعض

الظواهر مثل ارتفاع درجة حرارة الكابل نتيجة للفقد وكذلك هبوط الجهد وتكوين المجالات الكهرومغناطيسية حول الكابل بالإضافة إلى الحث المتبادل بين دائرة الكابل والدوائر المجاورة.

يعتمد اختيار السلك الموصل على مقدار التيار الذي يمر فيه والجهد والخواص الفيزيائية و المرونة والشكل والناحية الاقتصادية وأنوع هذه الموصلات هي:

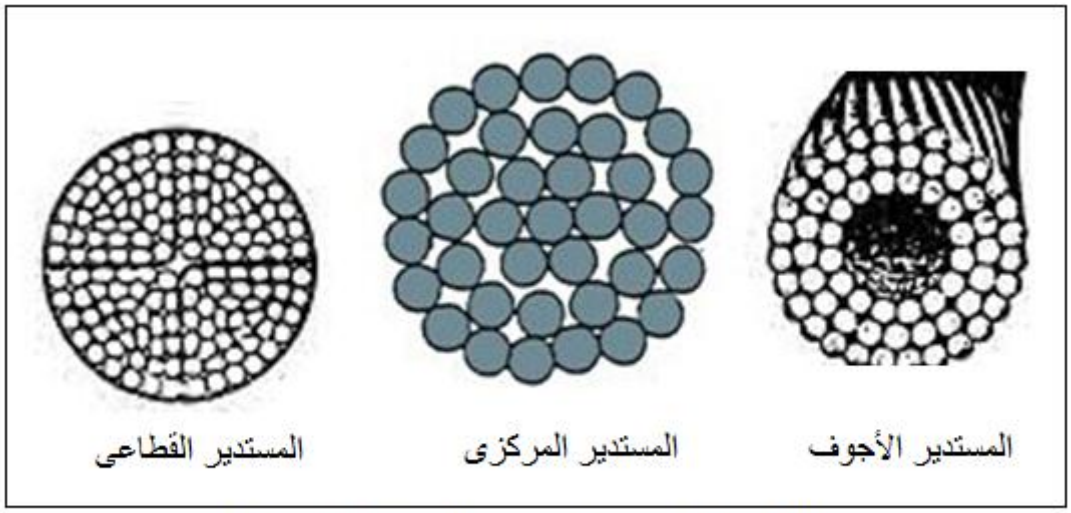
- مصمت:
- مجدول:

الموصلات المصمتة:

تستخدم الموصلات المصمتة للكابلات ذات المقاسات الصغيرة والتي تعمل علي تيارات صغيرة ولا تحتاج إلى مرونة عالية وتستخدم هذه الكابلات في دوائر التحكم والإنارة بالمحطات الكهربية والمنشئات الصناعية.

الموصلات المجدولة:

الموصلات المجدولة تتحمل تيارات أعلي لنفس مساحة مقطع الموصل وذلك نتيجة الخاصية القشرية لمرور التيار(skin effect) حيث أن الكترونات التيار الكهربي تميل إلى الازدحام في الطبقات الخارجية للموصل وتقل بدرجة كبيرة في الطبقات الداخلية مما يؤدي إلى عمل بعض الموصلات المفرغة من الداخل وأيضا عند عمل الموصل جدائل يمر التيار في الطبقات الخارجية لكل جديلة والتي تكون اكبر بكثير من الطبقة الخارجية لنفس الموصل إذا كان مصمتا وبالتالي الموصل المجدول يتحمل تيار كهربي أعلي من الموصل المصمت لنفس مساحة المقطع وأيضا يمتاز بالمرونة العالية ولكن يكون القطر الخارجي للموصلات المجدولة اكبر من القطر الخارجي للموصلات المصمتة والتي لها نفس المساحة والشكل رقم (١٤) يبين أنماط مختلفة من الموصلات المجدولة.



الشكل رقم (١٤) : أنماط من الموصلات المجدولة

- **الأحمال الكهربية:**

وهى الأجهزة الكهربية المختلفة مثل المصابيح أو المحركات وهى التي يمر بها التيار الكهربي وعملها هو تحويل الطاقة الكهربية إلى أشكال أخرى من الطاقة وتشكل الأحمال مقاومة في طريق مرور التيار الكهربي.

← منظومة القدرة الكهربية:

هي شبكه مكونه من مجموعة عناصر متصلة ومترابطة مع بعضها ومصممه بحث تقوم بنقل الطاقة الغير كهربيه بصفه مستمرة إلى طاقه كهربيه ثم تقوم بنقل هذه الطاقة عبر مسافات طويلة عند جهود عالية جدا إلى مواقع الأحمال حيث يتم تحويل الطاقة الكهربية إلي صور أخرى من الطاقة يمكن الاستفادة منها (الاضاءه - التسخين - التحريك).

- **صفات منظومة القدرة الكهربية:**

- الأمان في التشغيل.
- الاعتمادية (مدى الاعتماد عليها في توفير مصدر للطاقة).
- اقتصاديه في تكاليف التشغيل والصيانة.
- غير ملوثه للبيئة.

- **مكونات منظومة القدرة الكهربية:**

- المنظومة الفرعية للتوليد.
- المنظومة الفرعية للنقل.
- المنظومة الفرعية للتوزيع.
- المنظومة الفرعية للأحمال.

- **طبيعة الحمل الكهربي:**

تعتبر المقاومة الكهربية من أشهر الأحمال الكهربية فالمقاومة هي عبارة عن عنصر في الدائرة الكهربية من العناصر الرئيسية المكونة للدوائر الكهربية تقوم بإعاقة التيار الكهربي والتقليل من قيمته التي تمر في الأسلاك، ويتم قياسها بوحدة النظام الدولي أوم (Ω) ويرمز إليها بالرمز (R) أثناء رسم الدائرة على الورق وتعتمد عليها قيمة بقية العناصر الأخرى مثل التيار والقدرة والجهد.

نظرا للتنوع الكبير في الأحمال فانه يمكن تقسيمها من ناحية النوع إلى قسمين هما:

١- أحمال إستاتيكية (static load).

٢- أحمال ديناميكية (dynamic load).

الأحمال الإستاتيكية:

وتعرف بالأحمال الساكنة وهي تلك الأحمال التي لا تحتوي على أجزاء متحركة مثل السخانات والدفايات والأفران الكهربية وأجهزة الاضاءه.

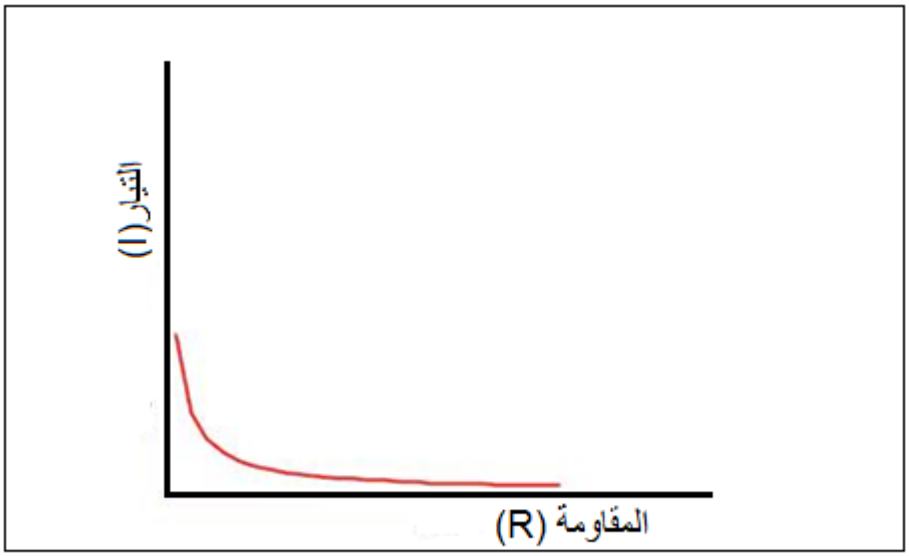
الأحمال الديناميكية:

وتعرف بالأحمال المتحركة وهي تلك الأحمال التي تحتوي على أجزاء متحركة مثل المراوح و المحركات والحمل الكهربائي هو عنصر في الشبكة ويستهلك طاقة كهربية ونعرف الحمل الكهربائي بأنه كل ما يتصل بالشبكة ويستهلك طاقة كهربائي وتعددت أنواع الأحمال فمنها الحمل المادي نسبة إلى وجود المقاومات المستهلكة كأحمال اللمبات ومنها الحمل الحثي التي تحوي الملفات مثل أحمال المكيفات ومنها الحمل السعوي ونحن كمهندسين أو فنيين كهربائيين يهمنا تقدير الأحمال في التمديدات الكهربية في المباني أو المنشآت.

العلاقات الكهربية ومنظومة التوصيل

- **العلاقة بين الجهد والتيار:**

تحسب المقاومة على أنها النسبة بين الجهد والتيار وهذا التناسب أثبته العالم أوم وتتناسب عكسيا مع التيار أي أنه كلما زاد التيار قلت قيمة المقاومة والعكس صحيح والشكل رقم (١٥) يوضح العلاقة بين التيار الكهربي والمقاومة وعند تطبيق جهد كهربي ثابت على أطراف أسلاك من مواد مختلفة بأطوال متساوية يتضح أن التيار الكهربي يختلف من سلك لآخر وهذا يرجع إلى تكوين ذرات المادة المصنع منها كل سلك يطلق على خاصية المادة التي تحدد شدة التيار الكهربي المار في السلك تحت تأثير فرق جهد ثابت اسم مقاومة الموصل وهذه المقاومة هي التي يقوم الجهد الكهربي ببذل الشغل اللازم للتغلب عليها.



الشكل رقم (١٥): العلاقة بين التيار والمقاومة

مقاومة السلك الموصل :

- تعتمد مقاومة الموصلات على المعاملات التالية: طول الموصل ويرمز له بالرمز L.
- مساحة المقطع ويرمز لها بالرمز A.
- المقاومة النوعية للمادة ويرمز لها بالرمز ρ ومن هذه العوامل يمكن تحديد قيمة مقاومة الموصل كما بالعلاقة التالية:

$$R = \frac{l \cdot \rho}{A}$$

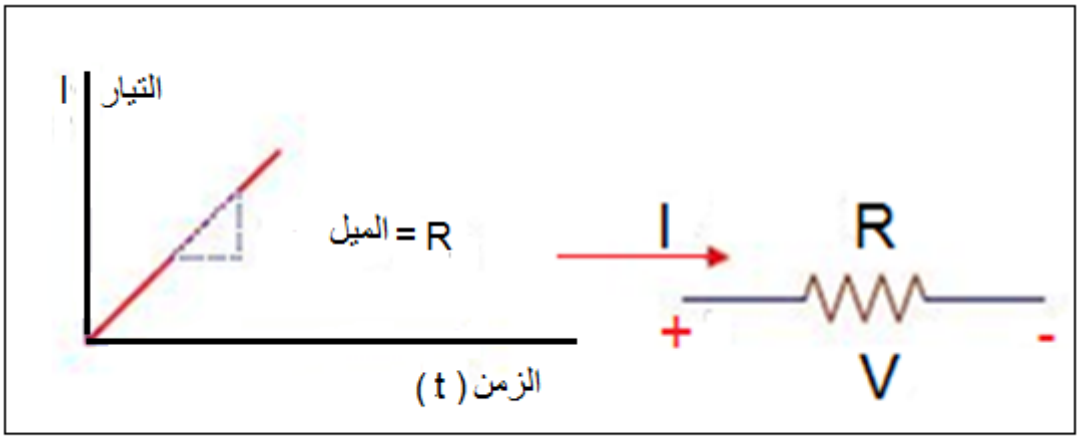
- **العلاقة بين الجهد والتيار والمقاومة:**

عندما تكون تلك البروتونات والنيوترونات والإلكترونات معاً داخل الذرة تكون في حالة استقرار فإذا فصلناها عن طريق بذل شغل أي طاقة خارجية للتغلب على قوى التجاذب يصبح بها طاقة كامنة تسمى فرق الجهد فإذا أنشأنا دائرة أو موصل للإلكترونات لتنجرف عائدة للبروتونات عندئذ يسمى سريان أو تدفق الإلكترونات بالتيار والإلكترونات لا تتحرك بحرية خلال الدائرة وتقييد هذه الحركة أو السريان يسمى بالمقاومة وجميع الدوائر الأساسية في الكهرباء والإلكترونيات مكونة من ثلاثة كميات منفصلة ولكنها مرتبطة ارتباطا وثيقا وهى الجهد والتيار والمقاومة.

- **قانون أوم:**

أثبت العالم أوم من خلال دراسته أن التيار الكهربي يتناسب طردياً مع الجهد المطبق علي الدائرة عند ثبوت درجة الحرارة وأن العلاقة بين التيار والجهد في دائرة كهربية هي علاقة خطيه كذلك فإن التيار يتناسب عكسياً مع قيمة المقاومة الكلية للدائرة.

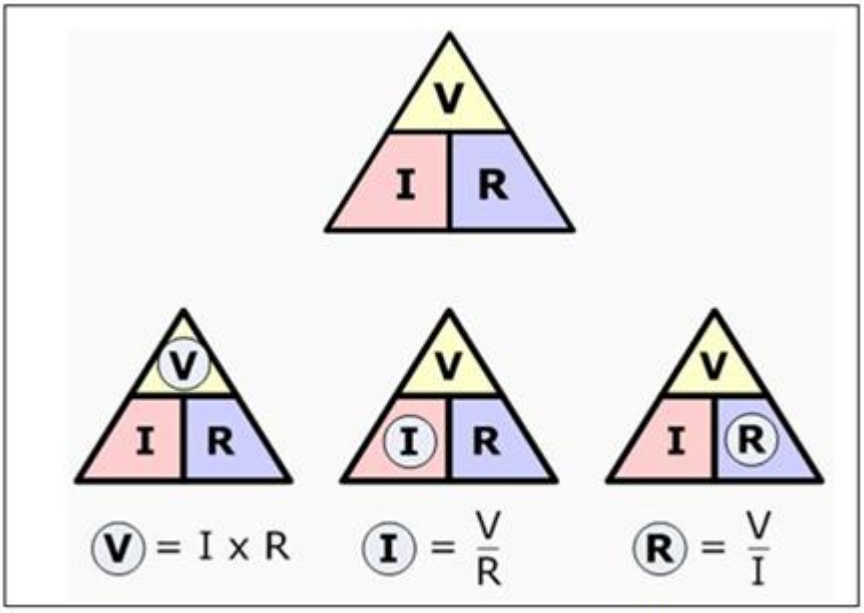
والشكل رقم (١٦) يوضح تلك العلاقات الرياضية وبمعرفة أي قيمتين من الكميات الجهد والتيار والمقاومة ويمكننا استخدام قانون اوم لإيجاد قيمة الكمية الثالثة المجهولة ويستخدم قانون أوم على نطاق واسع في صيغ الإلكترونيات وحسابات القدرة الكهربية (تقاس القدرة الكهربية بوحدة الوات) ولذلك فمن المهم فهم وتذكر الصيغ التالية بدقة :



الشكل رقم (١٦) : مفهوم قانون أوم

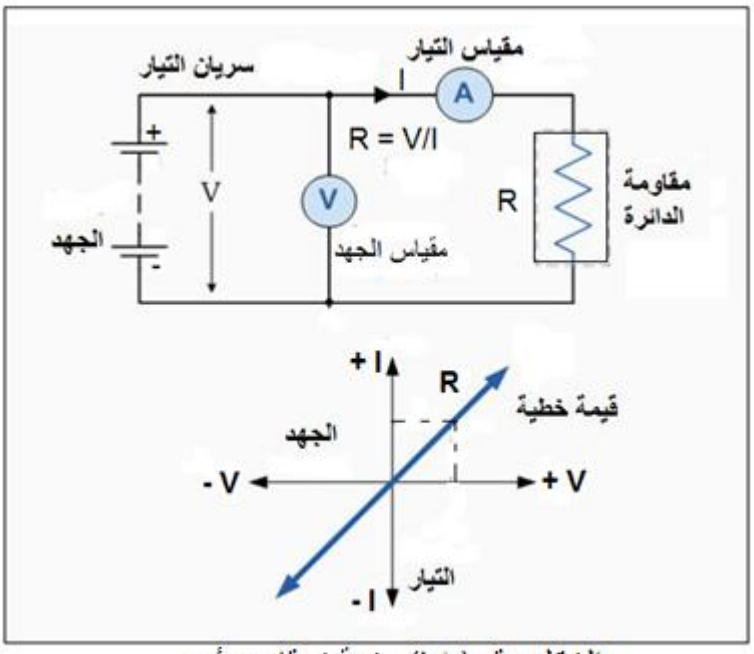
الصيغة الرياضية :

R =V/I - V =IR - I =V/R كما بالشكل رقم (١٧).



الشكل رقم (١٧) : علاقات قانون أوم

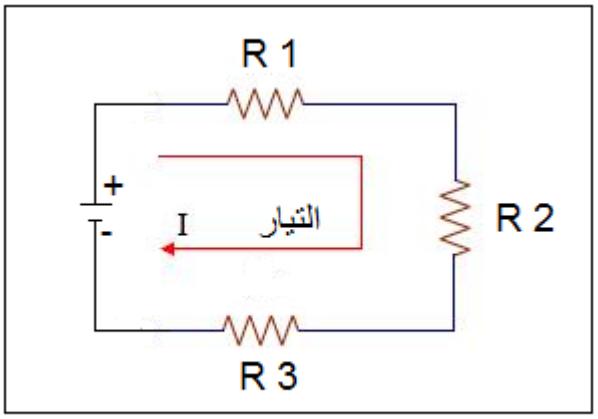
عند استخدام التناظر بعلاقات الماء فنجد أن المقاومة تناظر قطر الأنبوبة التي يتدفق الماء خلالها فكلما صغر قطر الأنبوبة كلما ازدادت المقاومة لتدفق الماء والعلاقة بين الجهد والتيار في دائرة ذات مقاومة ثابتة كما في الشكل رقم (١٨) فعند توصيل مصدر جهد بدائرة مغلقة فإن الجهد سوف ينتج سريان تيار حول الدائرة.



الشكل رقم (١٨) : تحقيق قانون أوم

- **توصيل الدوائر الكهربية على التوالي:**

يقصد بالتوصيل على التوالي أن تتصل مكونات الدائرة الكهربية المغلقة بصورة متتالية، بحيث يكون طرف كل مكون من مكونات الدائرة متصلا بطرف واحد من المكون الذي يليه وهو يتيح مساراً واحداً فقط للإلكترونات في هذه الدائرة لذلك فإن أي خلل في أحد مكونات الدائرة سوف يمنع الدائرة بأكملها من العمل انظر الشكل الرقم (١٩).



الشكل رقم (١٩): دائرة توالى

يوضح الشكل السابق طريقة حساب المقاومة الكلية للدائرة الموصلة على التوالي حيث تتحرك الإلكترونات مبتعدة عن الطرف السالب للبطارية ويلزم أن تتغلب على المقاومات الموجودة بالدائرة حتى تتمكن من الوصول إلى الطرف الموجب للبطارية وبعبارة أخرى يلزم أن تتغلب على المقاومة الكلية R_T للدائرة وتكون المقاومة الكلية للدائرة هي مجموع المقاومات في الدائرة $R_{tot} = R_1+R_2+R_3$ (المقاومة الكلية) فإذا ما وصلنا مقاومة قيمتها ٦ أوم مع مقاومة أخرى قيمتها ٥ أوم على التوالي فإن المقاومة الكلية للمقاومتين هي ١١ أوم .

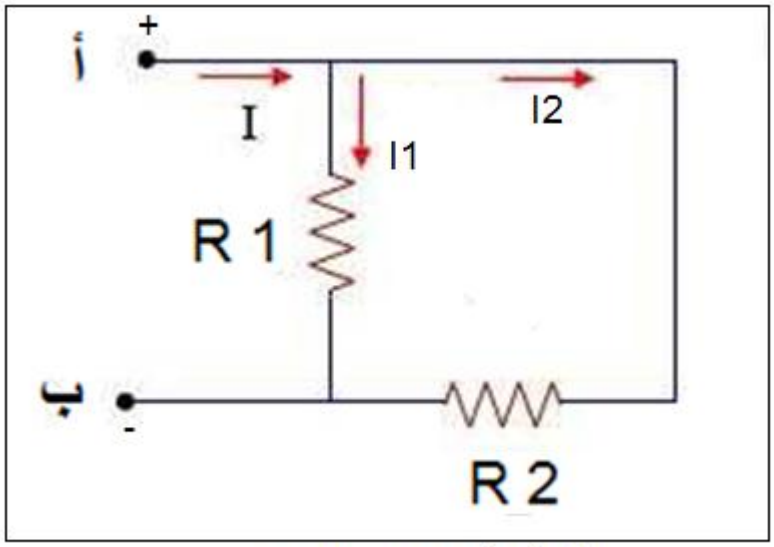
- **الدوائر المتوازية:**

يقصد بالتوصيل على التوازي أن يتصل مكون أو أكثر، من مكونات دائرة كهربية، بين طرفي مصدر الجهد الكهربي، وهذا يعني أن فرق الجهد الكهربي المطبق على أطراف المكونات المتصلة على التوازي ثابت أي أن جميع المكونات المتصلة على التوازي تشترك في فرق جهد كهربي واحد وهذا الجهد يسبب تياراً كهربياً في كل مكون يختلف طبقاً لمقاومة هذا المكون والدوائر المتوازية تحتوي علي ممرين أو أكثر للتيار لذلك أي خلل في أحد الأحمال لا يؤثر علي باقي الأحمال ويكون مجموع المقاومات فى الدائرة على التوازي هو مقلوب مجموع المقاومات فى الدائرة والشكل رقم (٢٠) هو دائرة توازى:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}$$

فإذا كان لدينا مقاومتين قيمة كل منهما كل منها **4 أوم** ، **6 أوم** وموصولتان على التوازي فما هي المقاومة الكلية لهما ؟.

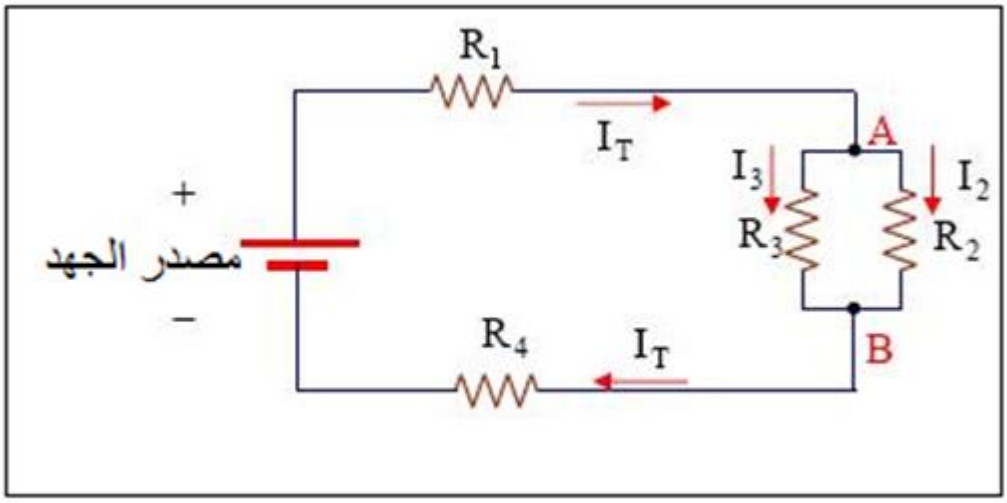
$$\text{المقاومة الكلية } (R_{tot.}) = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 2.4 \text{ Ohom.}$$



الشكل رقم (٢٠) : دائرة توازى

- **الدوائر المركبة:**

هي الدوائر التي تحتوي علي النوعين السابقين من دوائر التوالي والتوازي كما في الشكل رقم (٢١):



الشكل رقم (٢١) : دائرة مركبة

- **منظومة الدوائر الكهربية والاليكترونية:**

الأجهزة تعتمد في بنائها على التيار الكهربائي كمصدر أساسي لأداء وظائفها من خلال تكوينات معينة لدوائر كهربية بسيطة ومركبة بالإضافة إلى بعض المقاومات الحرارية والضوئية التي تشترك مع بعض المكثفات والملفات والخلايا الضوئية والشمسية في صنع جهاز ما لأداء وظيفة معينة.

يتم تقسيم المكونات الكهربية أثناء عملية تصميم الدوائر لنوعين هما فعالة وغير فعالة حيث تمثل العناصر الفعالة (هي العناصر التي تتغير مقاومتها بتطبيق إشارة تيار متغير عليها وتحتاج لجهود تغذية لكي تعمل مثل الدايود والترانزستور بينما تمثل العناصر غير الفعالة (كالمقاومة والمكثف والملف) في الدوائر الالكترونية عند الحاجة في بعض التطبيقات الهامة كعملية شحن البطارية على سبيل المثال.

- **الدوائر الاليكترونية والكهربية البسيطة:**

الدوائر الاليكترونية البسيطة هي مجموعة من المكونات الالكترونية توصل علي شكل شبكة والدوائر الحقيقية تمثل علي الورق كمخطط وهذه المخططات تستخدم كمرجع لتصميم وفهم الدوائر الالكترونية وسنتعلم كيفية توصيل المكونات الالكترونية في دوائر كاملة وكيفية فهم وقراءة مخططات الدوائر وسنتعرف علي بعض التعريفات الهامة والمكونات الأساسية للدائرة الكهربية وكيفية توصيلها في الدائرة وقياسها وكيفية توصيل بعض الدوائر البسيطة.

الدائرة الكهربية البسيطة هي مسار مغلق للتيار الكهربي حيث يمر التيار الكهربي من النقطة الأعلى جهدًا إلى النقطة الأقل جهدً وهي دائرة حجمها كبير نسبياً تتعامل مع قيم فرق جهد وتيار مرتفعة وهى ما يُطلق عليها دوائر الجهد العالي في حين أن الدائرة الإلكترونية هي دائرة صغيرة نظراً لصغر حجم مكونتها ولا تستطيع تحمل مرور تيار في حدود واحد أمبير في أسوء الظروف وإلا احترقت المركبات التي لا تحتمل هذا التيار المرتفع لذا يُطلق عليها دوائر الجهد المنخفض والدوائر الكهربية هي دوائر تستعمل للتوصيل بين المعدات الكهربية المختلفة بغرض إمكانية تشغيل معدة كهربية والمخططات الكهربية غالبا ما تصنف إلى دوائر قدرة ودوائر تحكم .

- **عناصر الدائرة الكهربية البسيطة:**

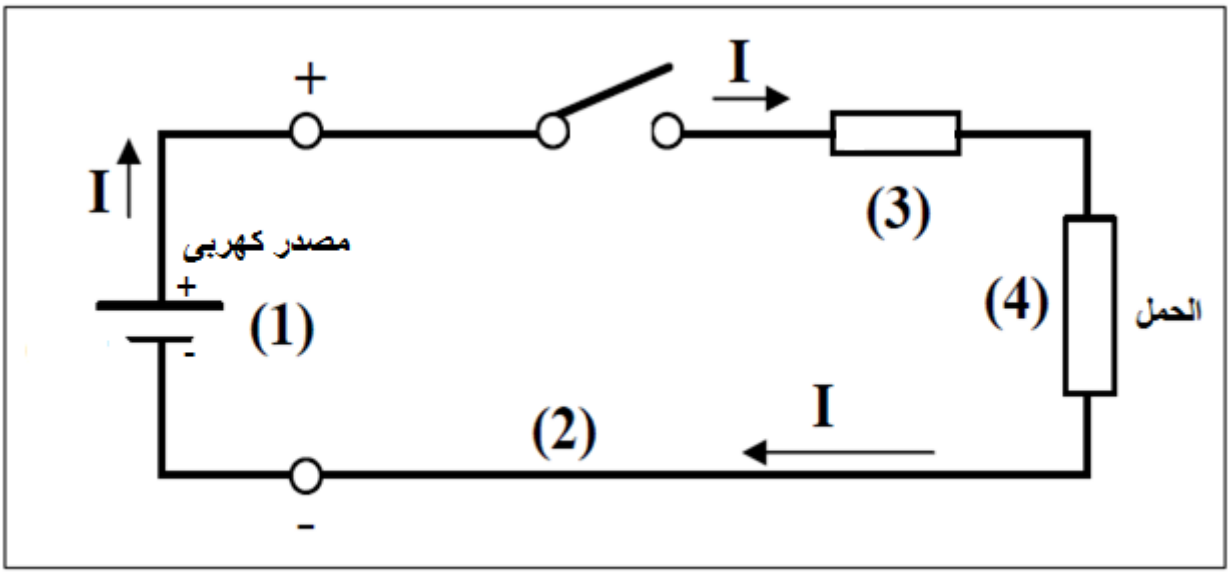
تتكون الدائرة الكهربية في أبسط صورة من عناصر أساسية هي كما في الشكل رقم (٢٢):

١- مصدر كهربي.

٢- أسلاك توصيل.

٣- حماية وتحكم.

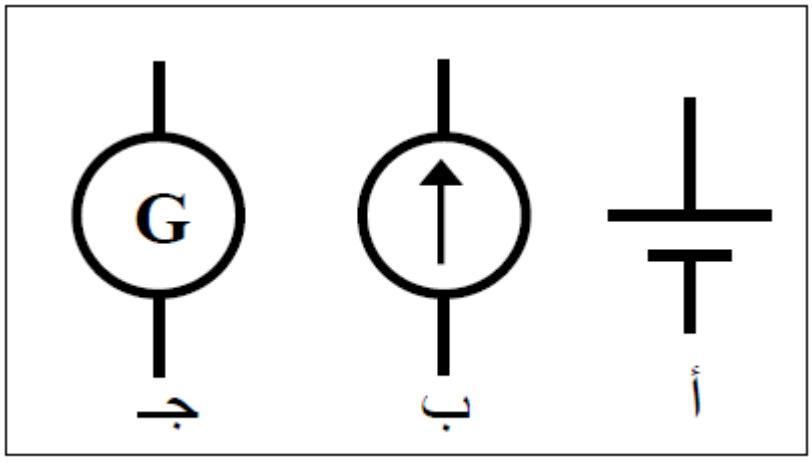
٤- أحمال كهربية.



الشكل رقم (٢٢) : عناصر الدائرة الكهربية

❖ **أولا: المصدر الكهربي**

يقوم المصدر الكهربي بتحويل أي صورة من صور الطاقة المختلفة مثل الطاقة الميكانيكية والطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية والطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية وتتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية عن طريق المولد الكهربي وتتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية أثناء تفريغ البطاريات كما تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية عن طريق الخلية الكهروضوئية ويرمز للمصدر الكهربي مصدر متردد أو مستمر كالبطارية بالرمز كما بالشكل التالي رقم (٢٣) .



الشكل رقم (٢٣) : رمز المصدر الكهربى

وجهد الإنارة في المنازل ٢٢٠ فولت وفي المصانع ٣٨٠ فولت وجهد الخطوط الهوائية أو الكابلات الأرضية لنقل القدرة يتراوح بين ٣٠ كيلو فولت إلى أكثر من ٥٠٠ كيلو فولت.

البطارية:

تعرف البطارية على أنها الآلية العملية الوحيدة القادرة على اختزان القدرة الكهربية وذلك على شكل قدرة (طاقة) كيميائية يتم تحويلها إلى طاقة كهربية وتتكون البطارية من:

السائل الكهربي: وهو الوسط الناقل كهربيا والموجود في البطارية وهو عبارة عن محلول حمض الكبريتيك المخفف بالماء في البطاريات الحمضية والبوتاسيوم المخفف بالماء في البطاريات القلوية ويتم شحن البطارية بتحويل الطاقة الكهربية الكيميائية بتغذية طرفيها بتيار مستمر كما تحتوى كل بطارية على نوعين من الألواح السالبة والموجب وتتوافر البطاريات بأشكال وأحجام ومقاسات مختلفة منها الجاف والسائل وتستخدم البطاريات في تخزين الطاقة الكهربية بتحويلها إلى صورة أخرى من صور الطاقة الكيميائية كما يمكن توصيل البطاريات على التوازي أو على التوالي أو على التوازي والتوالي معاً.

أنواع البطاريات:

- جافة - سائلة (حمضية أو قلوية).
- قابلة للشحن- غير قابلة للشحن.
- اسطوانية الشكل - قرصية الشكل.

❖ **ثانيا: أسلاك التوصيل**

وهى مسار التيار الكهربي وهى غالبا ما تصنع من النحاس الأحمر أو الألومنيوم وهى أسلاك معزولة ومقطعها يتناسب مع شدة التيار المار فيها وهى تقوم بتوصيل التيار الكهربي من المصدر إلى الحمل.

❖ **ثالثا: الحماية والتحكم**

أبسط وسيلة للتحكم هي المفتاح وهو وسيلة التوصيل والفصل والمصهرا ت (الفيوزات) أبسط وسيلة للحماية ضد زيادة التيار الكهربي.

❖ **رابعا: الأحمال**

وهى الأجهزة الكهربية المختلفة مثل المصابيح أو المحركات وهى التي يمر بها التيار الكهربي وعملها هو تحويل الطاقة الكهربية إلى أشكال أخرى من الطاقة وتشكل الأحمال مقاومة في طريق مرور التيار الكهربي وقد سبق تعريف الأحمال في البنود السابقة.

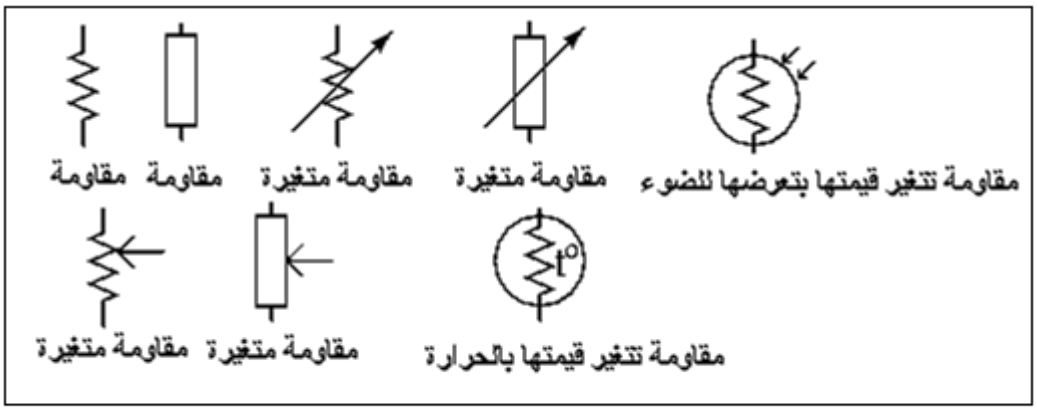
الوثائق المحددة لتعريف كل القيم الكهربية

يتم الإطلاع على الوثائق الموجودة بالموقع وكتيبات التشغيل والصيانة والرسومات الهندسية التي تصف كل مكونات المشروع بكل دقة وذلك لتعريف كل مكونات الدوائر الكهربية والكميات الكهربية المحددة والتي تهدف إلى فهم ودراسة كل مكونات الأنظمة الخاصة بتوربينات الرياح وفقا لما يأتي:

- **المقاومة:**

وتعتبر المقاومة من أهم وأكثر القطع الاليكترونية شيوعاً واستخداماً في الدوائر الكهربية وتستخدم للتحكم في فرق الجهد الكهربي كمقسم للجهد بوحدة الفولت ومقسم للتيار بوحدة الأمبير، وتقاس المقاومة بوحدة الأوم ويرمز لها بالرمز R والشكل رقم (٢٤) يوضح رمز المقاومة بمختلف أشكالها.

عند تطبيق جهد كهربي ثابت على أطراف أسلاك من مواد مختلفة بأطوال متساوية يتضح أن التيار الكهربي يختلف من سلك لآخر وهذا يرجع إلى تكوين ذرات المادة المصنع منها كل سلك يطلق على خاصية المادة التي تحدد شدة التيار الكهربي المار في السلك، تحت تأثير فرق جهد ثابت اسم مقاومة الموصل وهذه المقاومة هي التي يقوم الجهد الكهربي ببذل الشغل اللازم للتغلب عليها.



الشكل رقم (٢٤) : الرمز الكهربى للمقاومة

وتقسم المقاومة الكهربية إلى ما يلي:

- مقاومات ثابتة.
- مقاومات متغيرة.
- مقاومات حرارية.
- مقاومات ضوئية.

أولا:المقاومات الثابتة:

هي مقاومة تصنع من مادة الكربون ويمكن معرفة قيمتها من الألوان الموجودة عليها وهي إما أربعة ألوان أو خمسة مختلفة وكل لون له رقم خاص ووحدة قياسها الأوم (Ω) وتتميز هذه المقاومات بثبات قيمتها وتختلف في استخدامها على حسب قدرتها في تمرير التيار الكهربي فهناك مقاومات ذات أحجام كبيرة تستخدم في التيارات الكبيرة وأخري صغيرة للتيارات الصغير ومن أنواعها المقاومة الكربونية والمقاومة السلكية.

❖ **المقاومة الكربونية :**

تصنع من خليط من الكربون والسيراميك بنسبة معينه تحدد قيمة المقاومة وتتراوح قيمتها بين كسر من الأوم إلى قيمة عالية بالميجا أوم وتستخدم في الدوائر الكهربية ذات القدرة الصغيرة.

❖ **المقاومة السلكية :**

تصنع من عدة لفات من سلك مصنوع من الفضة أو النيكل كروم وتغطى بطبقه من المينا أو الزجاج وتستخدم في الدوائر الكهربية ذات القدرات العالية.

ثانيا:المقاومات المتغيرة:

هي عبارة عن مقاومة تتأثر بدرجات الحرارة تأثيراً عكسياً، فكلما زادت درجة الحرارة قلت مقاومتها وكلما قلت درجة الحرارة تزداد مقاومتها ويمكن تغيير قيمتها حيث تبدأ من الصفر إلى أقصى قيمة لها وهي مصنوعة من مادة شبه موصلة.

ثالثا: المقاومات الحرارية:

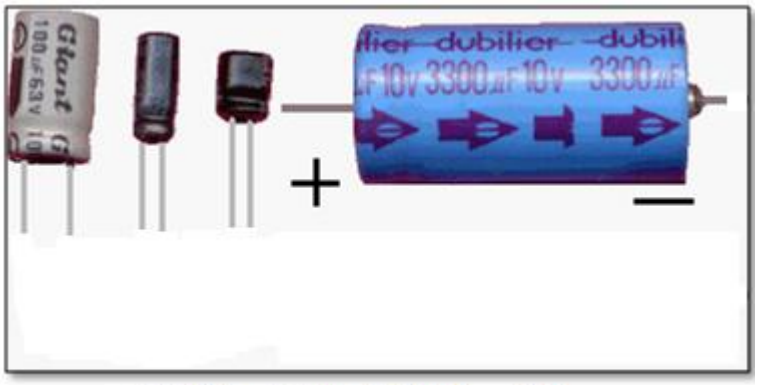
مقاومه ذات معامل حراري سالب (NTC)تقل قيمتها كلما ارتفعت درجة حرارتها وأخرى ذات معامل حراري موجب (PTC) وتزداد قيمتها كلما ارتفعت درجة حرارتها.

رابعا:المقاومة الضوئية:

تتغير قيمة هذه المقاومة حسب كمية الضوء الساقط عليها فتقل قيمتها كلما تعرضت للضوء والعكس صحيح.

▪ **المكثفات:**

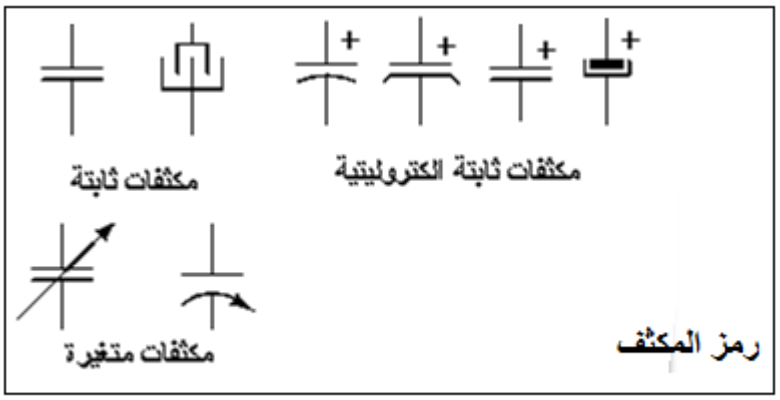
المكثف هو مكون الكتروني يمكن بواسطته توليد شحنات كهربية (طاقة كهربية) وهو مشابه لعمل البطارية في ذلك من حيث الشحن والتفريغ والشكل رقم (٢٥) يوضح أنواع مختلفة من المكثفات.



الشكل رقم (٢٥) : أنواع من المكثفات

- **تركيبه:**

يتركب من لوحين من المعدن يفصل بينهما وسط عازل ويتم اختيار المكثف حسب سعة الجهد له ونوعه إذا كان يعمل على جهد مستمر أو متردد كما يجب عدم زيادة الجهد على أطرافه عن الجهد المقنن المكتوب عليه حتى لا يتسبب ذلك في تلف المادة العازلة وبالتالي تلف المكثف والشكل رقم (٢٦) يوضح الرمز الكهربي للمكثف.



الشكل رقم (٢٦) : الرمز الكهربى للمكثف

- **أنواع المادة العازلة:**

ورق مشبع بالزيت - بلاستيك - ميكا - سيراميك - مواد كيميائية.

- **سعة المكثف:**

هي قدرة المكثف على تخزين الشحنة الكهربية وتتوقف على:

مساحة الألواح – المسافة بين اللوحين – نوع المادة العازلة.

- **وحدة قياس السعه :**

يقاس المكثف بوحدة الفاراد F وهى وحدة كبيرة جدا لذلك تستخدم وحدات أصغر وهى الميكرو فاراد - النانو فاراد- البيكو فاراد كما يلي:

uF	Micro Farad	10 -6 F
nF	Nano Farad	10 -9 F
pF	Pico Farad	10 -12 F

- **أنواع المكثفات :**

المكثفات يمكن تقسيمها إلى نوعين:

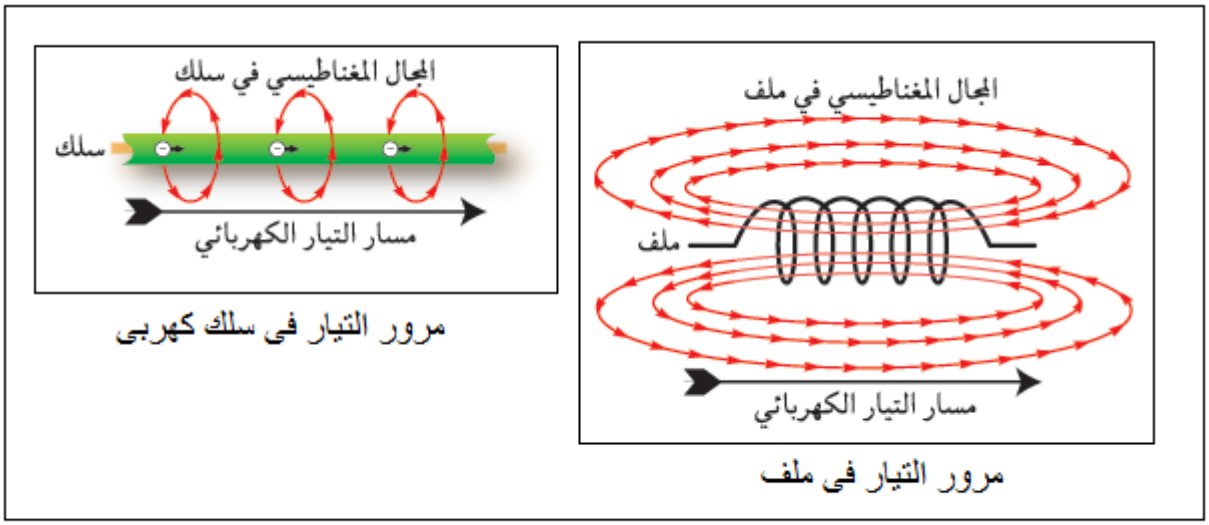
- ❖ المكثفات الثابتة وتسمى حسب الوسط العازل مثل المكثف ألورقي- مكثف الميكا - مكثف السيراميك - المكثف الكيميائي.
- ❖ المكثفات المتغيرة وتتكون من مجموعه من الألواح أحدهما ثابت والآخر متحرك والوسط العازل بينهما الهواء ويستخدم في استقبال موجات الراديو وغيرها من الاستخدامات.

- **الملف:**

الملف هو عبارة عن عدد من لفات السلك من موصل معين وهذا الموصل يجب أن يكون معلوم نوعه وعدد لفاته ومساحة مقطعه كما يختلف الحث المغناطيسي نتيجة القلب الملفوف عليه الملف سواء أكان حديد أو مادة

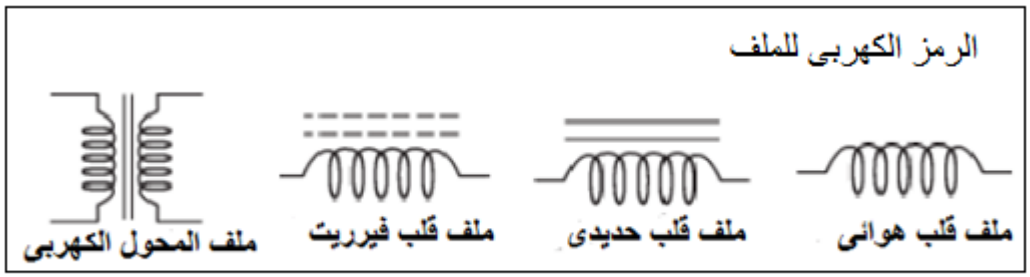
مغناطيسية قوية وإذا كان الملف بدون قلب (Core) فيعتبر هنا الهواء هو قلب الملف ويرمز للملف بالرمز L ويقاس حثه بوحدة الهنرى.

عندما يمر تيار كهربي في سلك ينشأ حول السلك مجال مغناطيسي يزداد هذا المجال بزيادة التيار المار فيه أما في الملف فيلف السلك بطريقة معينة ليعطى مجال مغناطيسي في اتجاه معين كما في الشكل رقم (٢٧).



الشكل رقم (٢٧) : مرور التيار فى سلك وملف

ويرمز للملف في الدوائر الكهربية بالرمز الموضح بالشكل رقم (٢٨).



الشكل رقم (٢٨) : الرمز الكهربى للملف

- **تصنيف الملفات من حيث القلب:**

- ملفات ذات قلب هوائي: وهى تلك الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطارها الداخلي.
- ملفات ذات قلب حديدي: إذا وضع داخل الملف قلب حديدي فإن المجال المغناطيسي يتمركز داخل وحول الملف.
- ملفات ذات قلب من مسحوق الحديد: وهى الملفات التي يوضع داخلها مسحوق من الحديد مخلوط بمادة عازلة ليعطى قلب مغناطيسي ذو مقاومة عالية.
- ملفات ذات فلب من مادة الفيريت: وهى مادة مغناطيسية ذات عزل كهربي عالي.

- **تصنيف الملفات من حيث التردد الكهربي:**

- ملفات التيار المنخفض.
- ملفات التردد المتوسط.
- ملفات التردد العالي.

- **الملف في دوائر التيار المستمر**:

إذا سلط جهد مستمر(DC) على ملف فإن التيار الذي سيمر في الملف لا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظة الأولى وذلك بسبب تولد جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض مرور التيار في الملف والتيار يتزايد تدريجيا فى الملف عند توصيله بصدر تيار مستمر.

- **الملف في دوائر التيار المتردد:**

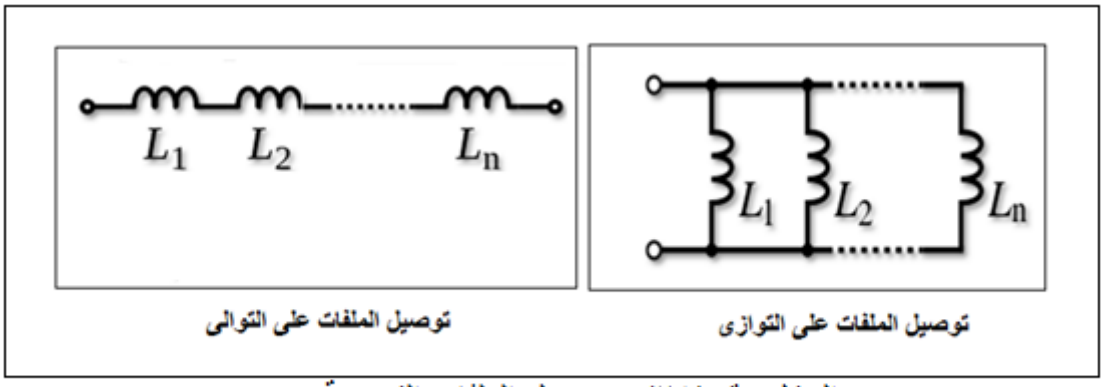
طالما أن التيار المتردد يتغير باستمرار في قيمته واتجاهه لذلك فإن الملفات يتولد فيها جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض الزيادة أو النقص أو تغيير الاتجاه.

- **استخدامات الملفات:**

من أبرز الاستخدامات التي يتم فيها اللجوء إلى الملفات هو تصميم المحولات الكهربية، فهذه المحولات لها فوائد عديدة في عملية زيادة أو تقليل قيمة فرق الجهد فعادة ما يتم استخدام المحولات في محطات الكهرباء لتقليل قيمة الجهد القادم إليها كما يتم استعمال هذه الملفات بشكل أساسي لتصنيع أجهزة القياس الكهربية كأجهزة قياس التيارات والجهود والمقاومات وأجهزة قياس القدرة الكهربية.

- **طرق اختزال الملفات:**

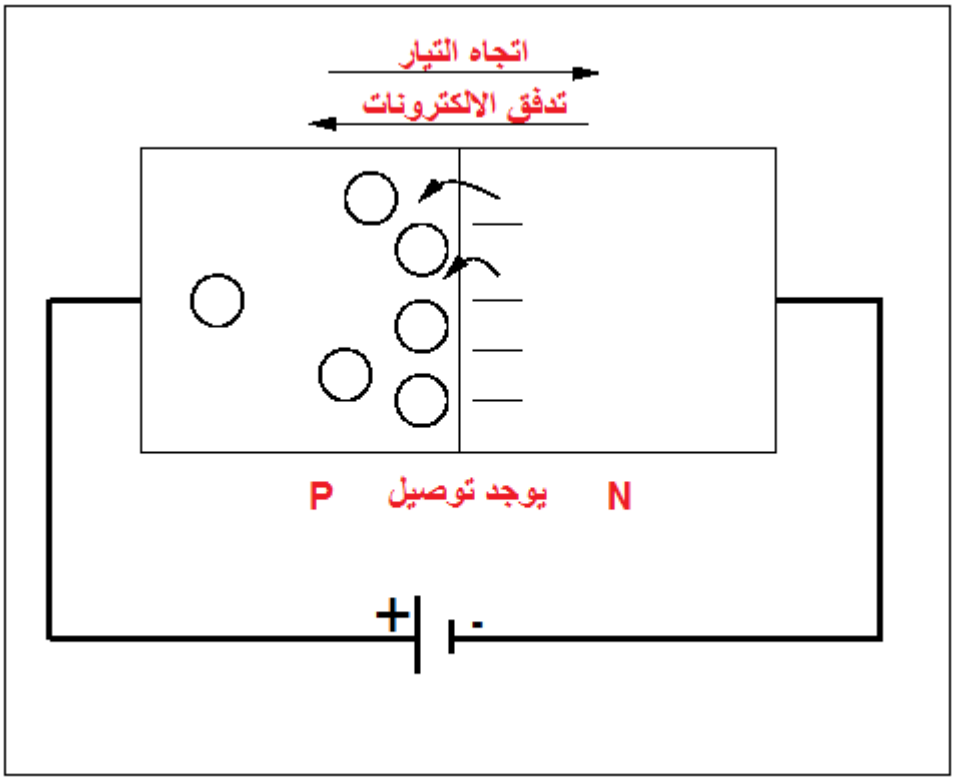
أسلوب اختزال الملفات هو نفسه الخاص بالمقاومات الكهربية حيث يتم جمعها بشكل عادى في حالة التوصيل على التوالي، في حين أن مقلوب المحصلة هو مجموع المقلوب لجميع الملفات في حالة التوصيل على التوازي كما في الشكل رقم (٢٩).



الشكل رقم (٢٩) : توصيل الملفات الكهربية

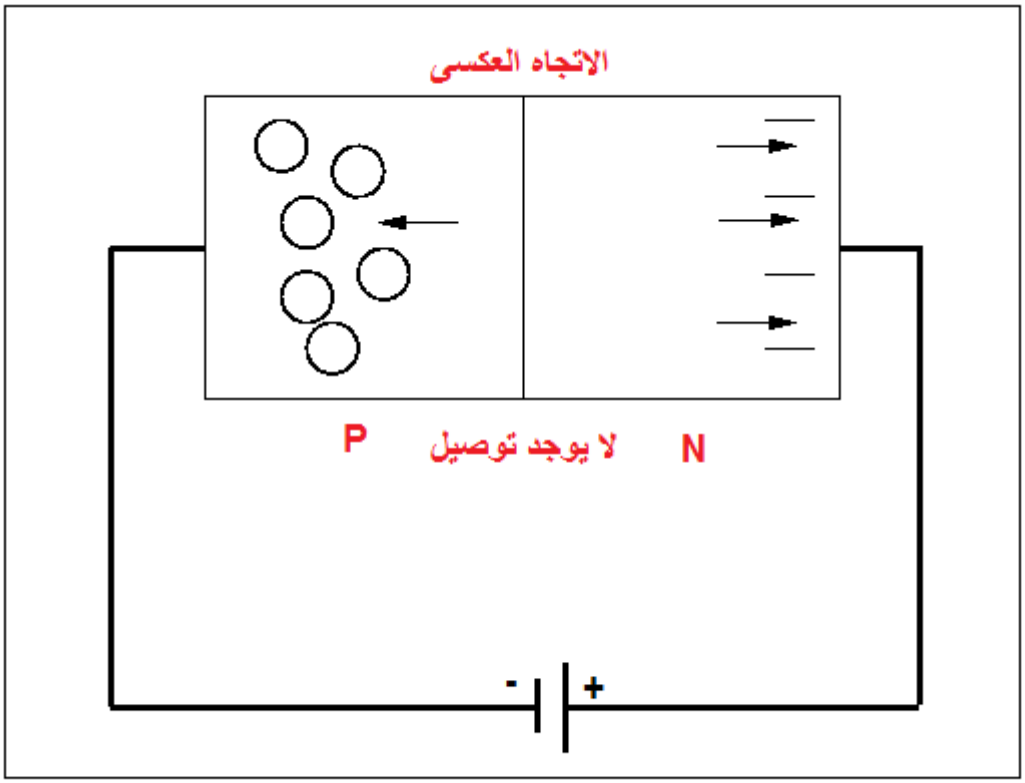
- **الثنائي (Diode):**

الثنائي عبارة عن بلورة من معدن السيلكون نصف الموصل (أي ليس جيد التوصيل للتيار الكهربي كالنحاس ولا رديء التوصيل كالكربون) وتتكون هذه البلورة من شقين يفصل بينهما عازل الشق الأول موجب ويسمى المصعد (Anode) والشق الثاني سالب ويسمى بالمهبط (Cathode) ووجد أنه عندما يتم وضع شريحة سليكونية موجبة p-type وشريحة سالبةn-type فإن التيار الكهربي سيمر في جهة واحده فقط عبر الشريحتين لتشكل عنصر الكتروني يسمي الدايود أو الموحد Diode وهو العنصر الأهم والأشهر في عالم أشباه الموصلات ويمكن لشريحة سليكون موجبه p-type مع شريحة سالبة n-type أن تعمل كأي موصل للتيار الكهربي تطلق على حركة التيار من الشريحة الموجبة إلى السالبة باسم الانحياز الأمامي في هذه الحالة يعمل الدايود كأي موصل جيد للتيار كما بالشكل رقم (٣٠) والثنائي يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد مع توحيد التيار المتغير المار فيه.



الشكل رقم (٣٠) : الانحياز الأمامى

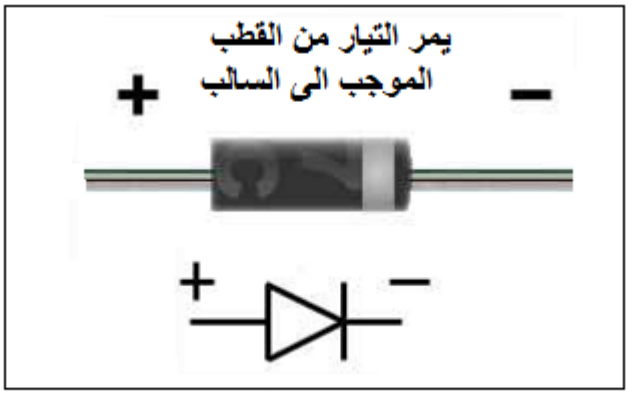
أما عند توصيل جهد موجب على الشريحة السالبة وجهد سالب على الشريحة الموجبة فهذا ما يسمى انحياز عكسي ولا يمر تيار كما في الشكل رقم (٣١) .



الشكل رقم (٣١) : الانحياز العكسى

يتم تشبيه عمل الدايود كحنفية ماء تسمح بالمرور في جهة واحده فقط ولهذا تم استغلال هذه الخاصية المتميزة لإنشاء الكثير من التطبيقات المفيدة احد اشهر هذه التطبيقات هو تحويل التيار المتردد (AC) والتي تتغير قطبيته باستمرار إلى تيار مستمر (DC) أحادي القطبية.

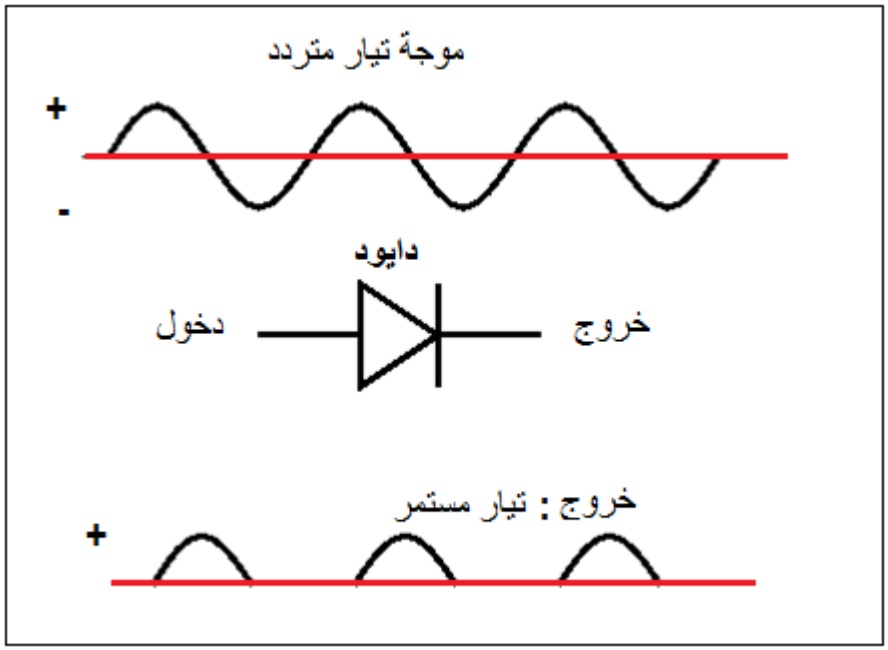
الشكل رقم (٣٢) مخطط للوصلة الثنائية والرمز الكهربي لها والثنائي يشبه المفتاح الكهربي في عمله ولكنه يفتح ويغلق عند مرور التيار الكهربي فيه وعندما تكون القطبية غير معكوسة (اتجاه مرور التيار) ولكن إذا كانت معكوسة فإنه يغلق وتسمى هذه الحالة بالامتناع أو الغلق ولكل ثنائي قدرة على التوصيل في الاتجاه الصحيح وقدرة على الثبات عند الغلق.



الشكل رقم (٣٢) : الرمز الكهربى للثنائى

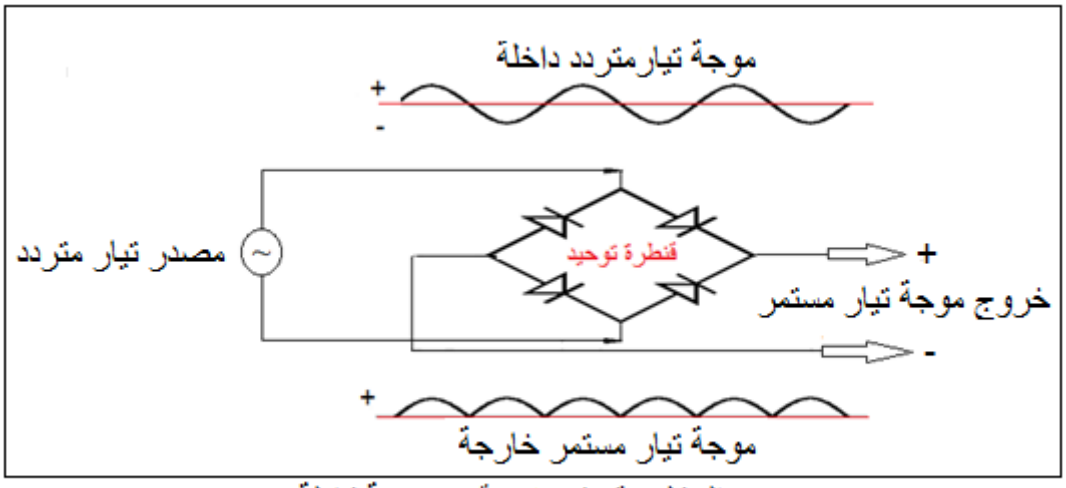
- **استخدامات الثنائي:**

أبرز استخداماته في دوائر التقويم فعندما يتم إدخال جهد متردد على الثنائي يقوم بحذف نصف موجة التيار السالبة وتمرير نصف الموجة الموجبة والخروج يسمى تقويم نصف موجي باستخدام الخاصية المعروفة للدايود أو الثنائي والتي يسمح فيها بمرور التيار الكهربي باتجاه واحد فقط كما في الشكل رقم (٣٣).



الشكل رقم (٣٣) : دائرة نصف موجة

أما الطريقة الثانية والأكثر كفاءة والتي يستفاد من كامل الإشارة المترددة الداخلة هي دائرة تقويم موجه كاملة والصورة توضح طريقة القنطرة (Bridge) أربع موحدات للحصول على النتيجة المطلوبة كما بالشكل رقم (٣٤).



الشكل رقم (٣٤) : تقويم موجة كاملة

- **الترانزستور (Transistor):**

عندما تضاف طبقة ثالثة للثنائي بحيث يتشكل لدينا وصلتين فإن الناتج هو عنصر جديد يطلق عليه الترانزستور ويتمتع الترانزستور بقدرة عالية على تكبير الإشارة الالكترونية لذا فهو وصلة ثلاثية من بلورة الجيرمانيوم أو السليكون وينقسم الترانزستور إلى نوعين هما:

- **الترانزستور PNP:**

يحتوى الترانزستور PNP على ثلاث طبقات اثنتان موجبتان P وبينهما واحدة سالبة N ليتكون الترانزستور PNPوتكون القاعدة من النوع الموجب والجامع والباعث من النوع السالب.

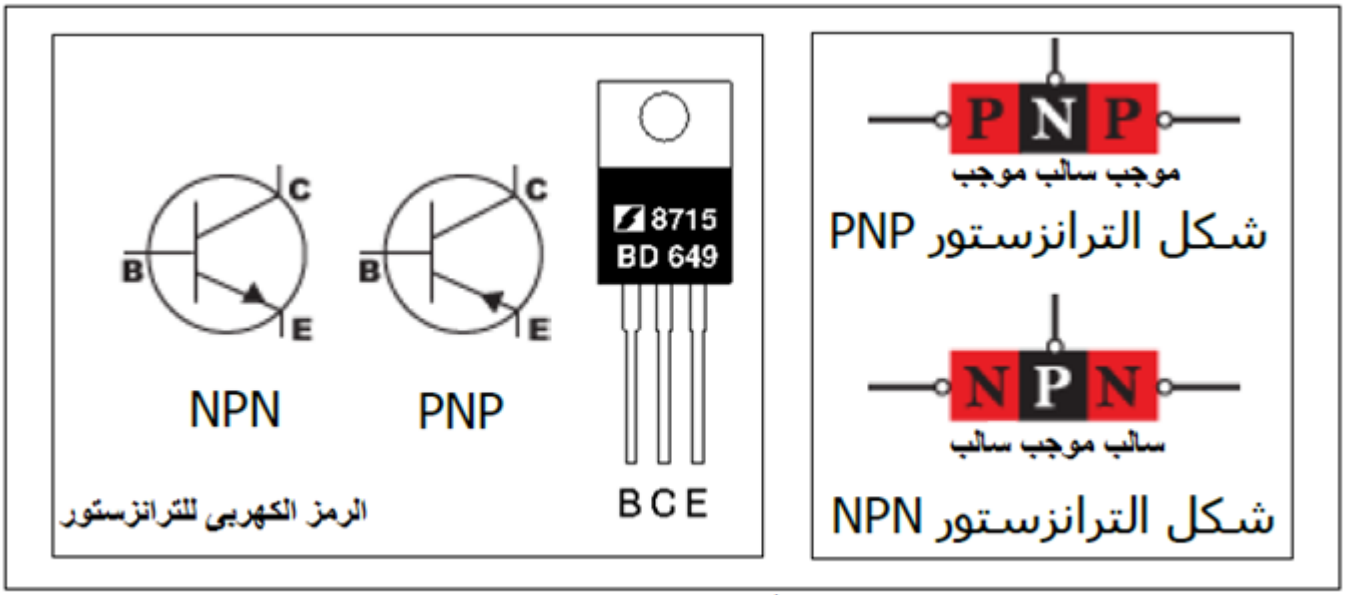
- **الترانزستور NPN:**

يحتوى الترانزستور NPN على ثلاث طبقات اثنتان سالبتان N وبينهما واحدة موجبة P ليتكون الترانزستور NPNوتكون القاعدة من النوع السالب والجامع والباعث من النوع الموجب.

ويحتوى كل ترانزستور على ثلاثة أطراف هى:

- **المشع Emitter :** وهو الجزء المختص بإمداد حاملا ت الشحنة وهى الفجوات في حالة الترانزستور PNP والالكترونات في حالة الترانزستورNPN ويوصل المشع أماميا (Forward) بالنسبة للقاعدة وبذلك فهو يعطى كمية كبيرة من حاملات الشحنة عند توصيله.
- **المجمع Collector :** ويختص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع الشحنات القادمة من المشع ويوصل عكسيا (Reverse) مع القاعدة.
- **القاعدة Base :** وهى عبارة عن الجزء الأوسط بين المشع E والمجمع C ويوصل أمامياً (Forward) مع المشع وعكسياً (Reverse) مع المجمع.

والشكل رقم (٣٥) يوضح أنواع الترانزستور والرمز الكهربي لها:



الشكل رقم (٣٥) : أنواع الترانزستور والرمز الكهربى

- **الثايرستور:**

يستخدم الآن بكثرة بدلا من مفاتيح التوصيل التي تعمل ميكانيكيا أو كهربيا وذلك لسرعته العالية في التوصيل والفصل كما يستخدم في دوائر التوحيد المحكومة (لا تعمل إلا بوصول إشارة لها).

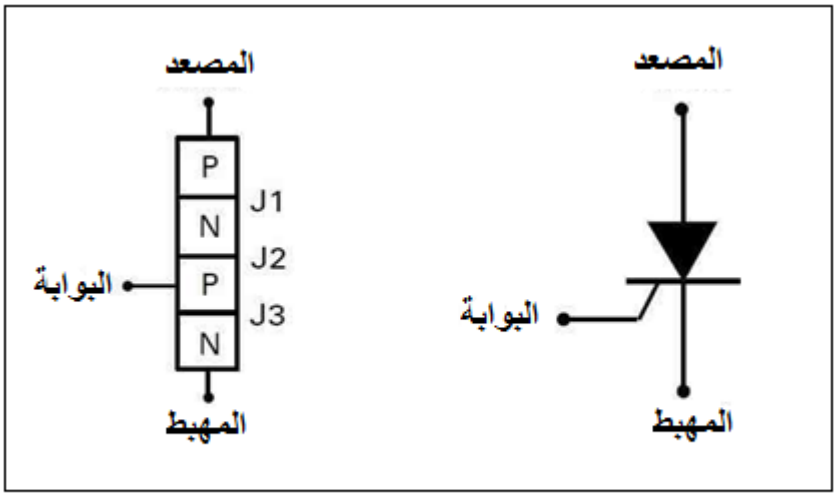
- **استخدامات الثايرستور:**

- يستخدم في دوائر التوحيد المحكومة أي التي يمكن تنظيم خرج التيار المستمر منها.
- يستخدم الثايرستور كمفتاح الكتروني ذو سرعة وكفاءة عالية.
- يستخدم للتحكم في سرعة محركات التيار المستمر والمحركات.
- له استخدامات كثيرة في مجال الالكترونيات.

- **تركيبه:**

يتركب من أربع طبقات سيلكون كما بالشكل رقم (٣٦) هي على التتابع PNPN ويخرج من هذه المجموعة ثلاثة أطراف هي:

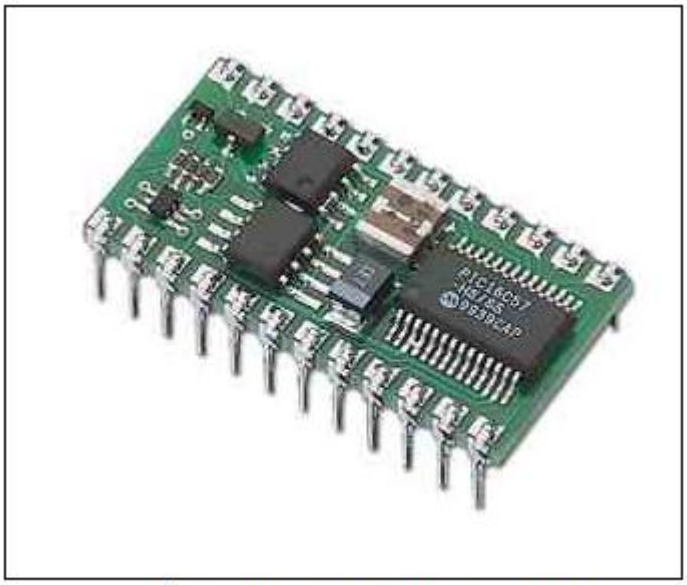
- المصعد Anode وهو يلامس الشريحة الأولى.
- المهبط Cathode وهو يلامس الشريحة الرابعة.
- البوابة Gat وهو يلامس الشريحة الثالثة.



الشكل رقم (٣٦) :الثايرستور والرمز الكهربى

- **الدوائر المتكاملة (ICs):**

وهى عبارة عن دائرة الكترونية كاملة تحتوى على العناصر الضرورية لعمل هذه الدائرة مثل الترانزستور والثنائيات والمقاومات والمكثفات هذا بالإضافة إلى التوصيلات الخاصة بهذه المكونات وتغلف الدائرة المتكاملة بغلاف تخرج منه أطراف توصيل بأشكال وأبعاد قياسية وتوجد الدوائر المتكاملة تقريباً في أغلب الأجهزة الإلكترونية الحديثة كالحاسبات والسيارات وأجهزة التلفزيون ومشغلات الأقراص المدمجة والهواتف الخلوية وهي معروفة لدى العامة بـ (آي سي) ويقصد بها إحدى تلك المستطيلات أو المربعات السوداء الصغيرة الموجودة داخل الخارطة الإلكترونية لذلك الجهاز والشكل رقم (٣٧) يوضح الدائرة المتكاملة.



الشكل رقم (٣٧) : الدائرة المتكاملة

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة إلى أربعة أنواع رئيسية هي:

- دوائر الشريحة الواحدة.
- دوائر الغشاء الرقيق.
- دوائر الغشاء السميك.
- دوائر مختلطة.

مزايا الدوائر المتكاملة:

تمتاز الدوائر المتكاملة بعدة مزايا بالمقارنة مع الدوائر الالكترونية المتعارف عليها ذات المكونات المنفصلة، وأهم هذه المزايا هي:

- صغر الحجم وخفة الوزن ورخص الثمن.
- انخفاض القدرة المستهلكة.
- الفعالية العالية وهذا يعنى القدرة على أداء الوظيفة المطلوبة لفترات زمنية طويلة دون تلف.
- تصنع بأبعاد قياسية وبالتالي يتم عمل قواعد قياسية لتثبيت الدوائر المتكاملة مما يسهل عملية الاستبدال.
- قلة تأثير الحرارة على نقطة التشغيل.

عيوب الدوائر المتكاملة:

- لا يمكن إصلاحها في حالة تلف أحد مكوناتها.
- لا تتحمل القدرات العالية حيث أن زيادة التيار يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها وتلفها
- لا يمكن تضمين الدوائر المتكاملة أي نوع من الملفات أو المحولات.

تغليف وتحديد أطراف الدوائر المتكاملة:

توضع الدوائر المتكاملة داخل أغلفة لحمايتها من الرطوبة والأتربة وبعض مصادر التلوث الأخرى وتخرج من هذه الأغلفة أطراف التوصيل بمسافات بينية قياسية مما يسهل تثبيتها في قواعد خاصة بها أو تلحم مباشرة باللوحة المطبوعة وتوجد عدة أنواع متداولة من الأغلفة للدائرة المتكاملة وكل نوع من هذه الأغلفة له مميزاته وعيوبه.

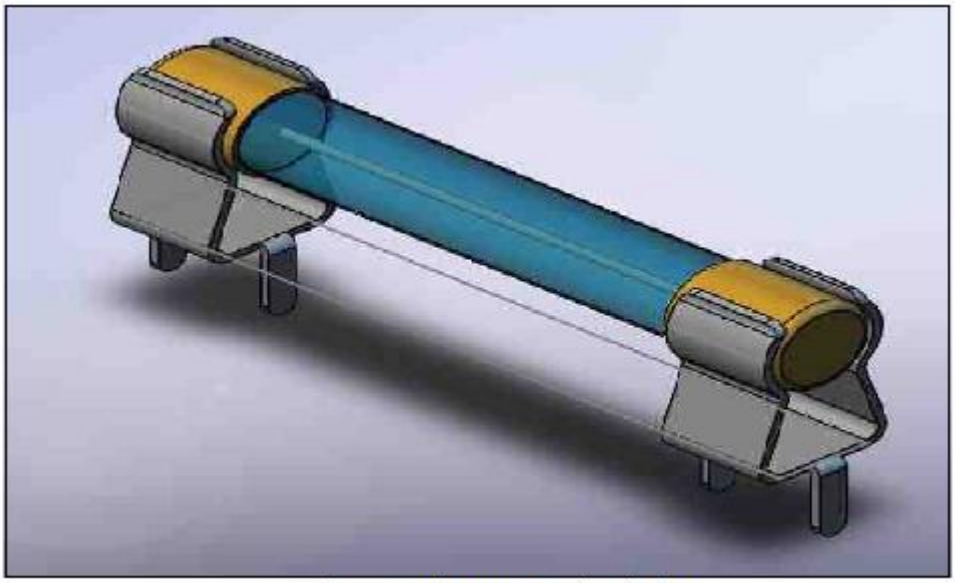
الوظيفة والغرض من كل وحدة ونظام

← المصهر (الفيوز):

تعتبر المصهرات من أجهزة الحماية الرئيسية في الشبكات الكهربية ذات الجهد المتوسط والمنخفض وتتميز ببساطتها وانخفاض ثمنها وقلة أو انعدام الصيانة لها وتستعمل المصهرات للحماية من زيادة التيار وتيار القصر والمصهرات جهاز ذو طور واحد فهو لا يمكن فصل الأطوار الثلاثة للدوائر في وقت واحد ويعتبر ذلك من العيوب الثلاثة الرئيسية له ويتكون المصهر في أبسط صوره من سلك دقيق قصير من معدن مركب في حامل معزول، وينصهر السلك إذا زاد التيار المار به عن قيمة معينة وبذلك تفتح الدائرة والشكل رقم (٣٨) يوضح نمط من أنماط المصهر.

الشكل رقم (٣٨) : نمط من أنماط المنصهرات

كما يوجد المصهر على أشكال أخرى مثل الشكل رقم (٣٩) وهو المصهر الزجاجي.



الشكل رقم (٣٩) : المنصهر الزجاجى

- **التيار المقنن:**

التيار المقنن للمصهر، هو أكبر تيار يمكن أن يمر في المصهر دون أن ينصهر وتعتمد قيمة هذا التيار على الارتفاع المسموح به في درجة حرارة وصلات المصهر كذلك على تقادم المصهر بسبب الأكسدة.

- **تيار الصهر:**

تيار الصهر هو أقل تيار يسبب صهر معدن المصهر ويعتمد على العوامل الآتية:

- المادة.
- الطول.
- مساحة المقطع.
- شكل مقطع المصهر.
- التاريخ السابق للمصهر.
- حجم ومكان أطراف المصهر.
- نوع الغلاف.
- أسلاك المصهر مجدولة أم لا.

- **معامل الانصهار:**

هو النسبة بين أقل تيار للصهر والتيار المقنن وقيمته أكبر من الواحد دائماً.

معامل الانصهار = أقل تيار صهر/ التيار المقنن.

- **التيار المتوقع وتيار القطع:**

والتيار المتوقع هو التيار الذي يمر في الدائرة بعد حدوث القصر(التلامس) وحيث أن قيمة تيار القصر تكون عالية لذلك تتولد طاقة كافية للصهر قبل وصول قيمة التيار إلى الذروة وأعلى قيمة لتيار القصر تمر في الدائرة تسمى تيار القطع وتعتمد هذه القيمة على الطاقة اللازمة للصهر.

- **زمن الصهر:**

هو الزمن المقاس بين بداية زيادة التيار في الدائرة الموضوع بها المصهر وبداية حدوث القوس الكهربي (نتيجة انصهار الفيوز).

- **زمن دوام القوس الكهربي:**

هو الزمن المقاس بين بداية حدوث القوس الكهربي واللحظة التي يصل فيها قيمة التيار المار بالدائرة للصفر أي تفتح الدائرة.

- **زمن التشغيل الكلي:**

هو مجموع زمن الصهر وزمن دوام القوس الكهربي.

- **مقنن الجهد:**

وهو أعلي جهد يمكن للمصهر أن يعمل عليه بأمان وتصنف المصهرات عادة بالنسبة للجهد إلى مصهرات جهد منخفض حتى ٦٠٠ فولت ومصهرات جهد متوسط وعالي (أعلي من ٦٠٠ فولت وحتى ١٠٠ كيلو فولت).

- **مكونات المصهر:**

يتكون المصهر بصورة رئيسية من ثلاث مكونات:

❖ عنصر الصهر:

وهو مصنوع من مادة معدنية ذات أشكال وأبعاد معينة بحيث يكون انصهارها سريع بالنسبة لباقي مكونات الشبكة ويصنع من الفضة أو النحاس أو الألومونيوم أو الرصاص أو بعض السبائك الأخرى.

❖ وصلة الصهر:

ويوجد داخلها عنصر الصهر والمواد المستخدمة في إطفاء القوس الكهربي الناشئ عن انصهاره بالإضافة إلى أي أجزاء أخري مساعدة.

❖ أطراف المصهر:

وتستعمل في تثبيت المصهر في الدائرة وتوصيله كهربياً بها.

- **أنواع المصهرات:**

☒ **مصهرات الجهد المنخفض:**

✓ **المصهرات شبه المغلقة:**

عنصر الصهر يتكون من سلك أو عدة أسلاك مجدولة مثبته على مقبض من الصيني والتيار المقنن لها قد يصل إلى حوالي ٥٠٠ أمبير وتكون سعة القطع لجهد ٤٠٠ فولت حوالي ٤ كيلو أمبير وهذا النوع من المصهرات له

عدة عيوب منها تعرض سلك المصهر للتقادم بسبب الأكسدة مما يسبب عمل المصهر عند قيمة تيار أقل من المفروض أن يعمل عندها كذلك المعايرة الدقيقة للمصهر غير ممكنة والشكل رقم (٤٠) نمط الفيوزات شبه المغلقة.

الشكل رقم (٤٠) : المصهر شبه المغلف

✓ **مصهرات الخرطوش:**

وتتوفر هذه المصهرات في الأنواع الآتية:

➢ **مصهرات الطرد:**

وتتكون من عنصر صهر داخل أنبوبة ولها أنبوبة مفتوحة وعند انصهار عنصر المصهر يمتد القوس الكهربي بين طرفي المصهر ونتيجة لدرجة الحرارة العالية لهذا القوس تتبخر مادة الأنبوبة مما يؤدي إلي انبعاث كمية هائلة من الغازات التي ترفع الضغط داخلها مما يعمل على إطفاء القوس الكهربي ومنع إعادة اشتعاله.

ويتم طرد الغازات بشدة إلى الجو من الطرف الأعلى للأنبوبة ويستخدم هذا النوع من المصهرات في الأماكن الخارجية وخاصة لحماية الخطوط الهوائية والمحولات المركبة على الأعمدة كما يمكن استغلال شدة اندفاع الغازات في إسقاط المصهر بأكمله إلى أسفل بحيث يعطي دليلا مرئيا على انصهاره ولا يمكن بطبيعة الحال استخدام هذا النوع داخل المباني بسبب الإزعاج وكمية الغازات الهائلة المنبعثة عند الانصهار.

➢ المصهرات المفرغة:

وهي تشبه في تصميمها ونظرية أدائها مصهرات الطرد إلا أنها محكمة تماما ومفرغة وتعتمد فكرة قطع القوس الكهربي وعدم اشتعاله على خاصية العزل الكهربي للفراغ وتتميز هذه المصهرات بصغر حجمها وهدوء عملها لذلك فهي تصلح للأماكن المغلقة.

➢ مصهرات خرطوشة مزودة بجهاز تحرير:

كجهاز تحرير لقاطع الدائرة حيث يعمل المتصل بقاطع الدائرة مباشرة ومصهرات الخرطوش بصورة عامة لها المميزات التالية:

- إذا تم اختيار المصهر المناسب للدائرة فتأثير التقادم يكاد ينعدم.
- سرعة فصل الدائرة.
- تمييز مناطق القصر بصورة عالية.
- تكلفة أقل بالمقارنة بأجهزة القطع التي لها سعة مماثلة.

☒ **مصهرات جهد عالي:**

ومنها:

❖ **مصهرات خرطوشة:** وهي مماثلة للمصهرات ذات الجهد المنخفض ويمكن استخدامها بجهد قد يصل إلى ٣٣ كيلو فولت وتيار قصر حوالي ٩ كيلو أمبير وبعض هذه المصهرات تحتوي على عنصرين للصهر متصلين على التوازي أحدهما له مقاومة صغيرة ويمر فيه التيار المقنن والآخر له مقاومة عالية يقلل من تيار القصر بعد صهر العنصر الأول.

❖ **مصهرات ذات سائل:** واستخدامها أكثر شيوعا في الجهد العالي كذلك يمكن استخدامها في المحولات ذات تيار مقنن يساوي ٤٠٠ أمبير وجهد يساوي ١٣٢ كيلو فولت.

- **اختيار المصهرات:**

يجب اختيار المصهر بحيث يعمل بطريقة سليمة وآمنة في حالات التشغيل العادي وفترات قصر الدائرة ويتم الاختيار بصفة عامة تبعا للمقننات التيار والجهد مع الاستعانة بالجداول والمنحنيات الخاصة بالمصهر ويراعي عند الاختيار ما يلي-:

✓ يجب أن يتحمل المصهر نسبة من تجاوز الحمل بصفة مستمرة دون أن تتغير خصائصه أو أن يفتح الدائرة ويجب ألا تقل هذه النسبة عن ١٠% من تيار الحمل.

✓ يجب اختيار المصهر ذو أقل مقنن تيار ممكن بحيث يتحمل التيار المقنن وتجاوز الحمل المسموح به وذلك بغرض الانتقاء والتمييز.

✓ تتحدد قيمة مقنن تيار القطع بحيث تكون أكبر من أعلي قيمة متوقعة لتيار القصر ويجب ملاحظة أنه إذا زاد تيار القصر عن سعة القطع أدي ذلك إلى انفجار المصهر ونشوب حريق.

✓ يجب ألا يقل تيار القصر في الدائر التي يتم حمايتها بالمصهر عن ثلاثة أمثال التيار المقنن للمصهر وذلك حتى يمكن الاعتماد على هذا المصهر في فتح الدائرة بدرجة عالية.

✓ يراعي عند استعمال مصهرات لحماية أجهزة لها خاصية ارتفاع التيار العابر كتيار بدء التشغيل في المحركات أو تيار المغنطة المندفع في المحولات، أن تكون هذه المصهرات ذات تأخير زمني حتى يمكن اختيار التيار المقنن المصهر قريبا من التيار المقنن الجهاز أعلي قليلا (دون أن يفتح المصهر الدائرة بسبب التيار المندفع).

✓ يراعي عدم استعمال منصهرين على التوازي.

✓ نظرا للقدرة العالية للمصهرات في الحد من التيار فيجب الانتباه جيدا لمتانتها الميكانيكية وسلامة تثبيتها.

- **التنسيق بين المصهرات:**

يعتمد الاختيار السليم للمصهر وكذلك عملية الحماية والتنسيق على المعلومات والبيانات المرفقة مع المصهر والتي يعدها مصنع المصهرات وتعطي هذه البيانات على صور مختلفة كالمنحنيات على النحو التالي :
منحنيات الزمن - التيار وترسم هذه المنحنيات على ورق لوغاريتمات نظرا لاتساع مدي تغير كل من الزمن والتيار ويختص كل منصهر بمنحنيين.

❖ **منحني الانصهار:**

ويعطي العلاقة بين قيمة تيار القصر والزمن المنقضي من لحظة القصر وحتى تمام انصهار عنصر المصهر.

❖ **منحني الإزالة:**

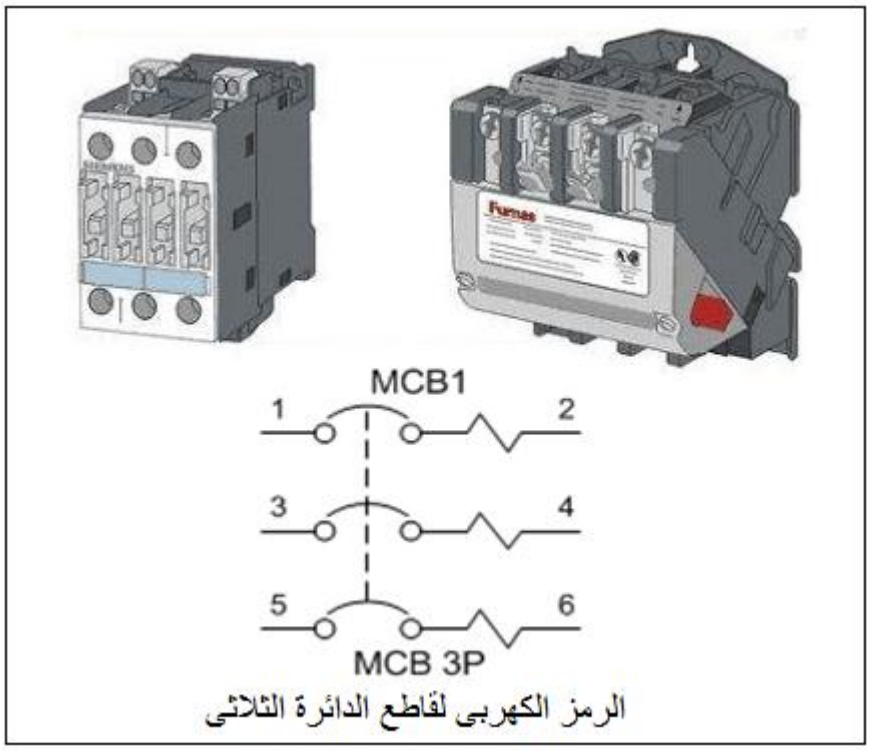
ويعطي العلاقة بين قيمة تيار القصر والزمن المنقضي من لحظة القصر وحتى تمام إزالة القصر وإطفاء القوس الكهربي ويلاحظ دائما أن منحني الإزالة يكون أعلي منحني الانصهار بزمن يساوي فترة دوام القوس وتستخدم منحنيات الزمن – التيار في إجراء التنسيق بين المصهرات أو بين المصهرات وقواطع الدائرة ولكي يتم التنسيق بين منصهر وآخر على التوالي يجب أن يكون منحني الإزالة للمصهر الموجود جهة الحمل واقعا بأكمله أسفل منحني الانصهار للمصهر الموجود جهة المصدر.

← **قاطع الدائرة أو الكونتاكتور:**

قاطع الدائرة الدقيق يتم تركيبه في اللوحات الكهربية أو الوحدات الكهربية لحماية المعدات من زيادة التيار المفاجئ (Over Current) حيث أن لكل معدة حد أقصى للتيار تستطيع أن تتحمله وإذا زاد هذا التيار عن هذه القيمة تتلف المعدة لذا يتم تركيب قاطع الدائرة مناسب في الدائرة الكهربية ويثبت عادة في لوحات التوزيع متعددة الدوائر أو في وحدات السيطرة في لوحات التحكم، ويعتبر قاطع الدورة جهاز ميكانيكي معقد بعض الشيء إلا انه بدأ يحل تدريجيا محل الفيوز والشكل رقم (٤١) قاطع دائرة ثلاثي وهو يعتبر قلب دوائر التحكم الكهربية فلا يمكنك تصميم دائرة تحكم كهربيه دون وجود الكونتاكتور والكونتاكتور يعمل أساسا على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي بحيث يستخدم ملف يمر به تيار كهربي فيولد مجالا مغناطيسيا يعمل على جذب قلب حديدي والذي يكون متصلا به أطراف دائرة القدرة ويستخدم الكونتاكتور أساسا في تشغيل الأجهزة والمعدات التي تتميز بفرق جهد عالي وكذلك تيار كبير عند التشغيل مثل آلات المصانع وأجهزة التكييف ودوائر الإنارة والتدفئة وغيرها.

ويعرف القاطع على أنه أداة فصل ووصل للدائرة الكهربية يقع بين المصدر الكهربي وبين الأحمال المغذاة من هذا المصدر وتتحرك الأجزاء الميكانيكية فيه إما يدويا أو كهربي لتعمل بدورها على فصل التيار الكهربي عن مركز الأحمال مهما كانت سواء محركات أو دوائر إضاءة أو تغذية لوحات كهربية أو دوائر مراقبة و تحكم وخلافه ويمكن تشغيل القاطع يدويا أو كهربيا أو ذاتيا بأشكال وطرق وتوصيلات مختلفة، وقد يكون مزودا بعناصر حماية الدوائر الكهربية الكافية لحماية تلك الدائرة المستخدم فيها وتكون وظيفته إيصال التيار الكهربي

إلى الدائرة الكهربية حالة أنه يراد إيصاله ويقوم بفصل التيار الكهربي عندما يراد فصله أما الفصل الذاتي فيقوم بها القاطع في حالة حدوث دائرة قصر أو خطأ.



الشكل رقم (٤١) : الكونتاكتور

- **أجزاء القاطع:**

- **الملامس المتحركة:**

ويكون من مادة جيدة التوصيل للكهرباء ووظيفته مع الملامس الثابتة هو التوصل المباشر بين أطراف المصدر الكهربي وأطراف دائرة الحمل وفي بعض القواطع خاصة ذات القدرات الكهربية العالية تكون الملامس المتحركة وكذلك الملامس الثابتة ذات جزأين حيث يكون الجزء الثاني مضافا لوقاية الملامس الرئيسية من آثار الشرر الكهربي الذي ينشأ عند التوصل والفصل.

- **الملامس الثابتة:**

وتكون من مادة جيدة التوصيل للكهرباء ووظيفته مشتركة مع الملامس المتحركة وتوجد ملامس امتصاص شرر ثابتة تقابل الملامس المتحركة للشرر.

- **الجزء الميكانيكي:**

ويتحكم بحركة الملامس المتحركة حيث يقوم بوصلها أو فصلها بالملامس الثابتة بعد أن يأخذ أمراً بذلك من الجزء الكهربي ويأخذ الجزء الميكانيكي أشكالا وتركيبات وخواص تختلف باختلاف نوع القاطع واستخداماته وصناعته.

- **الجزء الكهربي :**

وهذا الجزء موجود فقط في القواطع التي يمكن تشغيلها كهربيا وكما ذكر سابقا فإن وظيفة الجزء الكهربي إما أن تكون لإعطاء أوامر الفصل والتوصيل للجزء الميكانيكي ويكون الجزء الكهربي إما محرك كهربي وإما أن يكون ملف مغناطيسي يتحكم بالجزء الميكانيكي بشكل مباشر أو غير مباشر.

- **العازل بين الأقطاب:**

وهذا الجزء تزداد أهميته كلما كان التعامل مع مصادر جهود وتيارات أعلى إذ يعمل هذا الجزء بمثابة حاجز يمنع التماس بين الأقطاب وبالتالي يمنع حدوث دوائر القصر بينها والسبب الرئيسي لحدوث التماس بين الأقطاب هو الشرر الكهربي الذي يحصل لحظة الفصل والوصل وفي القواطع صغيرة السعة يكون العازل عبارة عن نوع خاص من الزيوت العازلة وفي بعض الأنواع يكون هذا العازل غازا خاملا ضمن غرف مفرغة من الهواء.

- **الشرر الكهربي في القاطع الكهربي:**

تتعرض ملامسات القاطع عند لحظة الوصل لمرور تيار كهربي عالي نسبيا تعتمد قيمته على الجهد المطبق في الدائرة وعلى محصلة مقاومات الحمل وهذا التيار اللحظي يكون أضعاف قيمة تيار تشغيل وسبب حدوث هذه الشرارة هو تأين الهواء (كسر عازليته) الموجود ضمن مسافة معينة وفي لحظة معينة بين الملامس المتحركة والملامس الثابتة بسبب فرق الجهد الموجود بينهما وتزداد هذه الشرارة كلما ازداد الفرق وكذلك كلما ازداد تشبع الهواء بالرطوبة و الغبار.

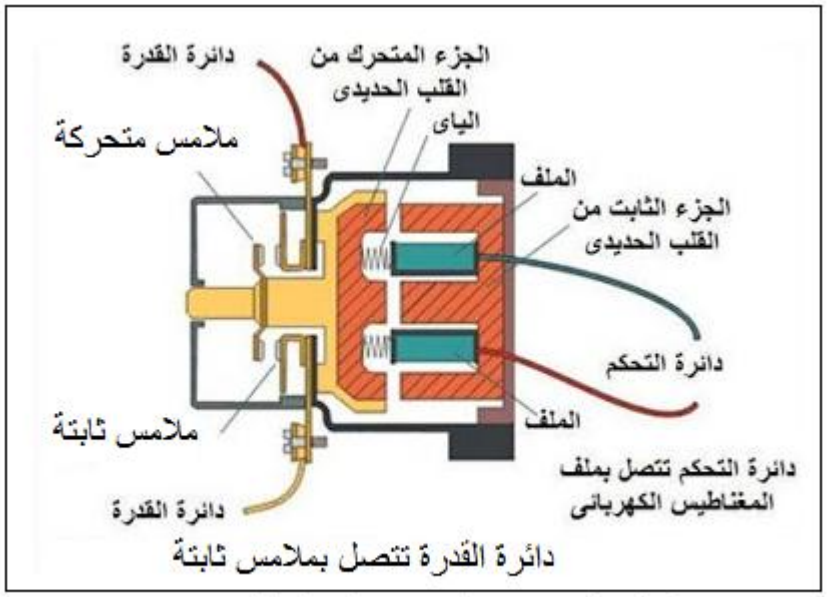
- **خطورة الشرر في القواطع الكهربية:**

يعتبر الشرر الحاصل في القواطع الكهربية خطراً للأسباب التالية:

- لأنه يسبب صهراً أو رفعا في درجة حرارة الملامسات وبالتالي إتلافها ويزداد تأثير ذلك كلما ازداد ت كمية الشرارة.
- قد تسبب انحرافا تدريجيا في العازل الموجود بين الأقطاب إذا كان من النوع الصلب وبالتالي إتلافه وتوصيل الأقطاب ببعضها بواسطة الكربون المتكون نتيجة الاحتراق مما يؤدي إلى حدوث بين الأقطاب.

- **التركيب الداخلي للكونتاكتور:**

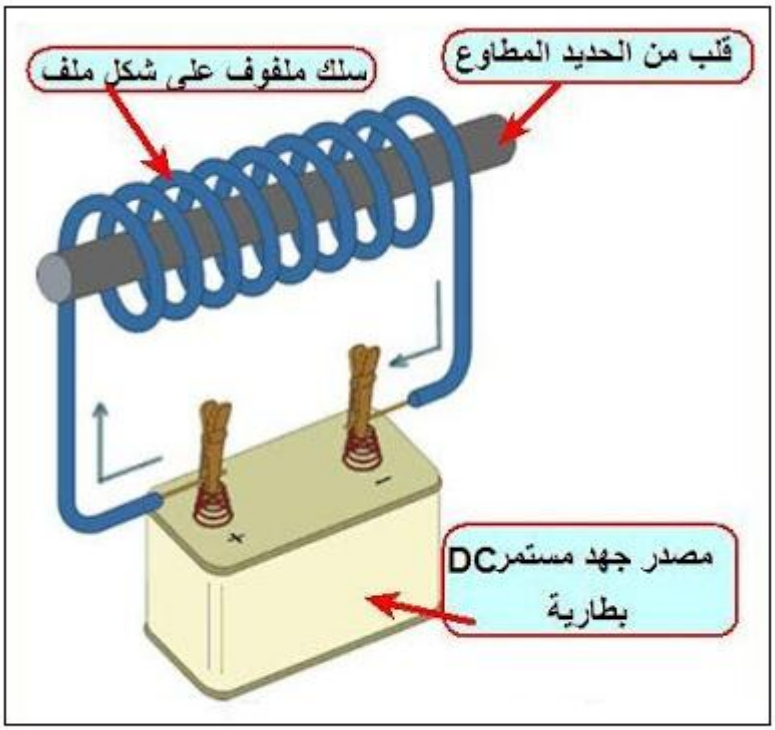
يتكون الكونتاكتور من دائرتين أساسيتين دائرة التحكم ودائرة القدرة وتلامسات ثابتة ونقاط مساعدة دائرة التحكم تتصل بملف المغناطيس الكهربي وهو ما يسمى بالبوبينة ودائرة القدرة تتصل بالملامس الثابتة ودائرة التحكم هي التي تفكر وتأخذ القرار وفق مدخلات معينة أما دائرة القوى فهي التي تنفذ ولذلك فلا غنى عن أي منهما كما بالشكل (٤٢).



الشكل رقم (٤٢): التركيب الداخلى للكونتاكتور

- **طريقة عمل الكونتاكتور المغناطيسي:**

كما ذكرنا أن الكونتاكتور يعمل بالتأثير المغناطيسي للتيار الكهربي فعند لف سلك حول قلب من الحديد المطاوع لعمل ملف وتوصيل هذا الملف بتيار DC يتحول القلب الحديدي إلى مغناطيس وبإزالة التيار الكهربي تزول المغنطة عن القلب الحديدي وهذه هي الفكرة التي يقوم عليها الكونتاكتور والشكل رقم (٤٣) مبدأ عمل الكونتاكتور.



الشكل رقم (٤٣): مبدأ عمل الكونتاكتور

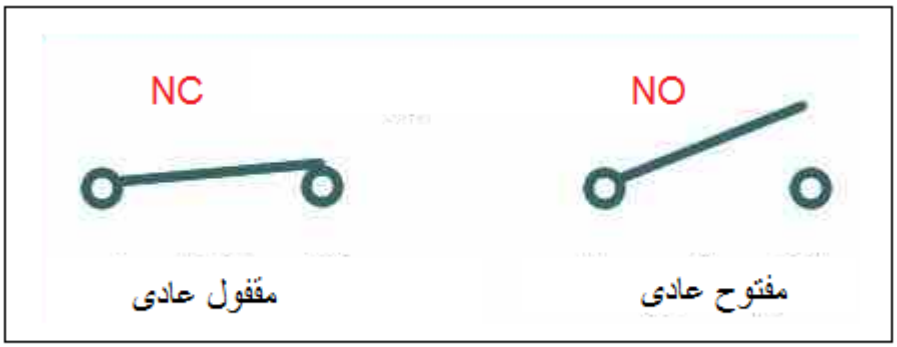
فيتم عمل ملف حول الجزء الثابت من القلب الحديدي وتوصيل أطرافه بدائرة التحكم وبمرور التيار في دائرة التحكم يتحول الجزء الثابت من القلب الحديدي إلى مغناطيس كهربي يجذب الجزء المتحرك من القلب الحديدي

والذي يكون متصلا بدائرة القدرة للنظام فتتغير حالة النقاط المتصلة من مفتوحة إلى مغلقة والعكس وعند فصل التيار عن دائرة التحكم ولأي سبب من الأسباب يرجع الجزء المتحرك من القلب الحديدي إلى حالته الأصلية بقوة الياي الواصل بين الجزء الثابت والجزء المتحرك وترجع نقاط التلامس إلى حالتها الأولى.

- **كيفية معرفة وتحديد أطراف الكونتاكتور:**

قبل توصيل الكونتاكتور يجب أولا تحديد نقاط التلامس الرئيسية والنقاط المساعدة وكذلك طرف البوبينة (القلب الحديدى الملفوف حوله سلك) بالنسبة للنقاط الرئيسية (main contacts) وعادة ما يكونوا ثلاث نقاط فيوضع مفتوح (Normally Open) أما النقاط المساعدة (auxiliary contacts) يوجد منها في وضع طبيعي مفتوح ويختصر بالرمز (NO) ومنها في وضع طبيعي مغلق(Normally Close) ويرمز لها بالرمز **(NC)** المقصود بالوضع الطبيعي أي قبل توصيل الكونتاكتور أو قبل أن يصل جهد إلى البوبينة ممكن تحديد إذا كانت النقطة المساعدة مفتوحة أو مغلقة باستخدام الأوميتر فإذا كانت مفتوحة فإن الاوميتر يقرأ (١) وإذا كانت مغلقة فانه يقرأ (٠) في حالة قيامك بتحديد أي نقطة تلامس داخل الكونتاكتور بواسطة الأوميتر لابد أن تتأكد من عدم وجود تيار أو أطراف موصلة بالنقاط المراد تحديدها.

- التلامس المفتوح (الغير موصل) يسمى تلامس مفتوح عاديا واختصاراً **(NO)** ورمزه كما فى الشكل رقم (٤٤).
- التلامس المقفول (الموصل) يسمى تلامس مقفول عاديا واختصاراً **(NC)** .



الشكل رقم (٤٤) : رموزالمفاتيح اليدوية

- **وسائل اختيار الكونتاكتور:**

توجد أنواع كثيرة من الكونتاكتورات وعند شراء أو تغيير أحدها يجب معرفة ثلاث أشياء:

- فرق الجهد الذي تعمل به دائرة التحكم.
- عدد نقاط التلامس المساعدة المفتوحة والمغلقة.
- شدة التيار بالنسبة للحمل.

- **فرق الجهد الذي تعمل به دائرة التحكم:**

يوجد بعض الكونتاكتور تعمل على جهد (٢٤-٤٨-١١٠-٢٢٠-٣٨٠) فولت ويتم التفضيل بينهم حسب الاستخدام وحسب الجهد التي تعمل عليه دائرة التحكم ومن المعروف أن محركات الثلاثة أوجه يمكن تشغيلها على أكثر من جهد مثلا ٣٨٠/٢٢٠ فولت أو ٦٦٠ /٣٨٠ فولت وكلما زاد فرق الجهد الذي سيعمل عليه المحرك يقل شدة تياره والعكس لتبقى القدرة التي يعمل عليها الكونتاكتور ثابتة بمعنى أنه إذا كان لدينا كونتاكتور يتحمل ٩ أمبير وتم توصيله على محرك ٣ حصان لابد من تشغيل هذا المحرك على ٢٢٠ فولت أما إذا كان المحرك ٥.٥ حصان مثلا فلابد من تشغيل هذا المحرك على ٤١٥ فولت وهكذا ليبقى نفس التيار الذي يتحمله نقاط الكونتاكتور وهذه هي النقطة الثالثة فأي كونتاكتور تصنع نقاط تلامسه لتتحمل شدة تيار معينة فإذا اتصل بهذه النقاط محرك تياره أعلى مما تتحمله هذه النقاط سيؤدى ذلك إلى زيادة الشرارة المتولدة نتيجة توصيل وقطع التيار وبالتالي إلى إتلاف النقاط سريعا.

- **عدد نقاط التلامس المساعدة المفتوحة والمغلقة:**

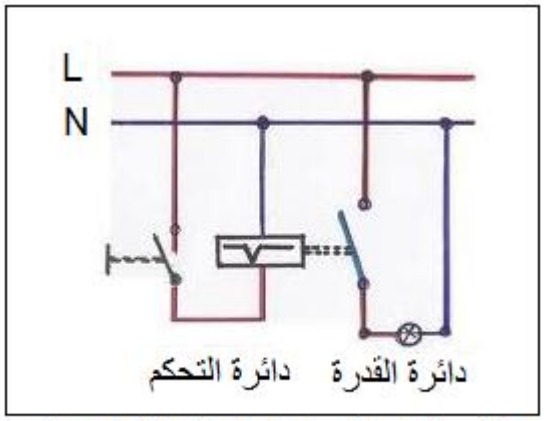
توجد بعض أنواع الكونتاكتور تحمل عدد معينا من نقاط التلامس المساعدة المفتوحة والمغلقة ولا يمكن تركيب عدد آخر من النقاط على نفس الكونتاكتور وتوجد أنواع أخرى كثيرة لها في الغالب نقطة تلامس مساعدة واحدة مفتوحة ولكن يمكن تركيب عدد من نقاط التلامس المساعدة على نفس الكونتاكتور.

- **شدة التيار بالنسبة للحمل :**

يجب الوضع في الاعتبار أقصى شدة تيار يتحمله الحمل وعند اختيار الكونتاكتور يجب أن تتوافر في الكونتاكتور صفة الفصل عند تيار أقل من تيار الحمل حتى نحمى الحمل من التلف.

- **تمثيل الكونتاكتور في دوائر التحكم :**

يمكن تركيب الكونتاكتور منفرداً في الدائرة وكذلك يمكن تركيبه مع القاطع الحراري أو التايمر وهذا يقلل كثيرا من حجم اللوحة ويرمز للنقاط الرئيسية برموز مميزة ويمكن تمييزها بمجرد النظر لأنها تكون اكبر حجما من النقاط الأخرى ويكتب عليها (R-S-T) أو (L1- L2 - L3) أما نقاط التلامس المساعدة فهي تحمل أرقاما أخرى مثل ١٣ -١٤ وعند تركيب البادىء المركب (الكونتاكتور والاوفرلود) مع بعضهما فإن دائرة التحكم يتم توصيلها مع دائرة الأوفرلود والشكل رقم (٤٥) يوضح تمثيل الكونتاكتور في الدائرة الكهربية.

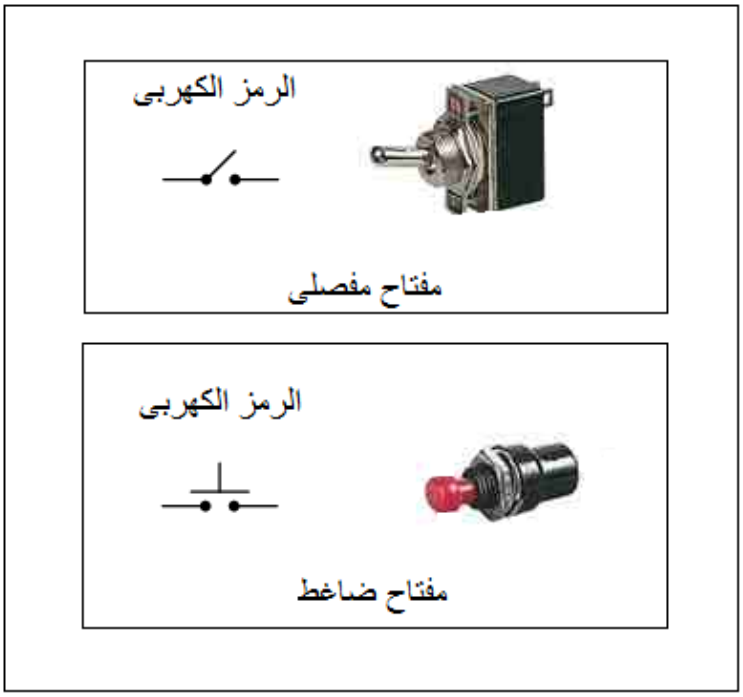


الشكل رقم (٤٥) : الدائرة المكافئة للكونتاكتور

← المفتاح الكهربي:

هو جهاز يعمل على قطع وتوصيل الدائرة الكهربية (فصل وقطع التيار) أو تغيير مسار التيار وهو يتكون من نقطتين توصيل أو أكثر متصلين بأسلاك الدائرة، مركبين على عازل بحيث يمكن أن يتم توصيلهما أو إبعادها عن بعضهما البعض بواسطة وسيلة تشغيل، والتشغيل الأمثل للمفتاح يجب ألا يكون هناك انخفاض (فقد) في الجهد عند غلق المفتاح (وضع التوصيل)، وأن يكون التوصيل والفصل لحظيا، لا يحدث شرارة عند غلق وفتح المفتاح.

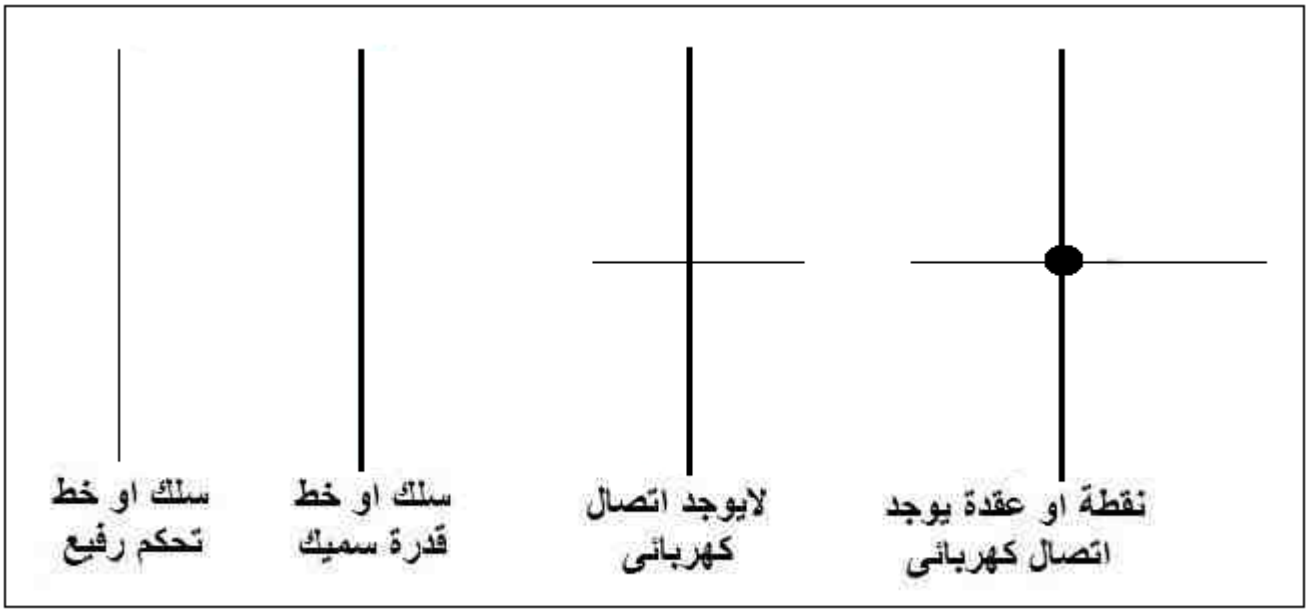
المفتاح يمكن أن يستخدم بواسطة شخص للتحكم في إشارة لنظام، مثل مفتاح لوحة الحاسب، أو التحكم في إضاءة مصباح كهربي، أو تشغيل جهاز ويمكن أن يتم التحكم فيه ذاتيا بالماكينات عن طريق دائرة تحكم إليكترونية ويمكن للمفتاح الكهربي أن يعمل عن طريق حساسات ومشغلات والشكل رقم (٤٦) يبين نوعين من المفاتيح الكهربية.



الشكل رقم (٤٦): بعض أنواع المفاتيح اليدوية شائعة الاستعمال

- **المخططات (الدوائر) الكهربية الخطية:**

- غالبا ما تمثل أنظمة القدرة وأنظمة التحكم على شكل خطوط.
- الخطوط على الورقة أو على شاشة الكومبيوتر تمثل في الواقع أسلاك كهربية.
- ويمثل الجهاز برمزه المتفق عليه.
- هذه المخططات وبهذا الشكل تعرف باسم المخططات السلمية (نسبة إلى السلم ذو الدرجات).
- تحتوى هذه المخططات على نوعين من الدوائر دوائر التحكم ودوائر القدرة.
- تمثل دوائر التحكم بخطوط رفيعة بينما تمثل دوائر القدرة بخطوط سميكة.
- النقطة الصغيرة أو العقدة عند نقطة تقاطع أو تلاقى سلكين (أو خطين) تمثل اتصال (وصلة) كهربي كما فى الشكل رقم (٤٧).



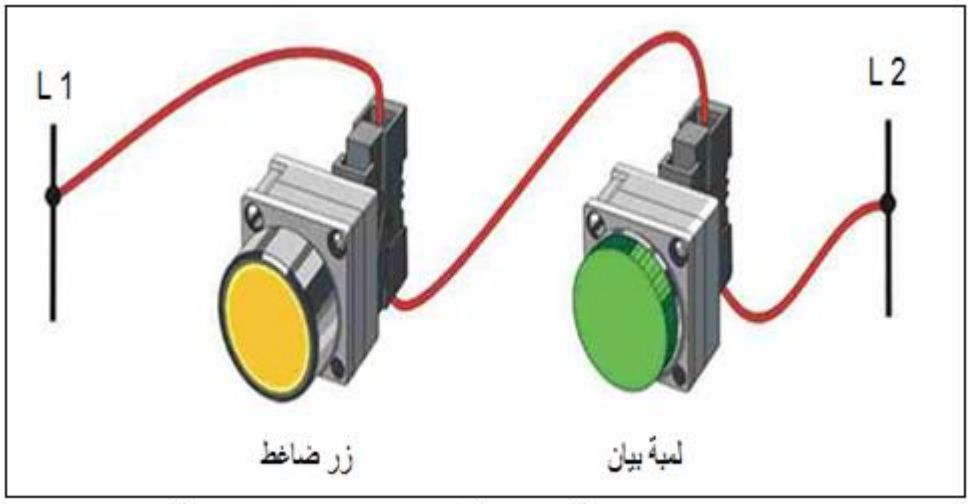
الشكل رقم (٤٧) : المخططات الكهربية الخطية

المخططات الخطية تظهر وتوضح العلاقة الوظيفية بين مكونات الدائرة الكهربية وليست العلاقة الحقيقية أو المادية على الطبيعة.

- **مثال:** الشكل رقم (٤٨) رسم توضيحي يبين العلاقة بين لمبة بيان وزر ضاغط.

الشكل رقم (٤٨) : لمبة بيان وزر ضاغط

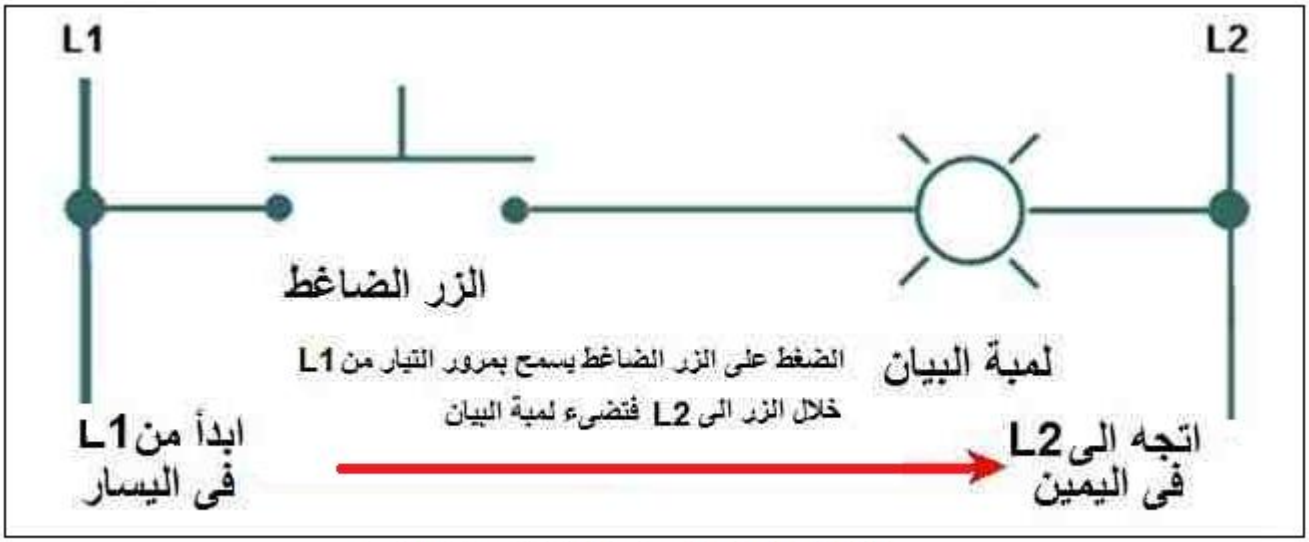
- العلاقة الوظيفية يمكن إيضاحها بالشكل التوضيحي رقم (٤٩) الآتي:



الشكل رقم (٤٩) : العلاقة الوظيفية بين الزر الضاغط ولمبة البيان

- **الطرق المختلفة لتمثيل دوائر التحكم:**

قراءة مخططات (دوائر) التحكم:كما بالشكل رقم (٥٠):



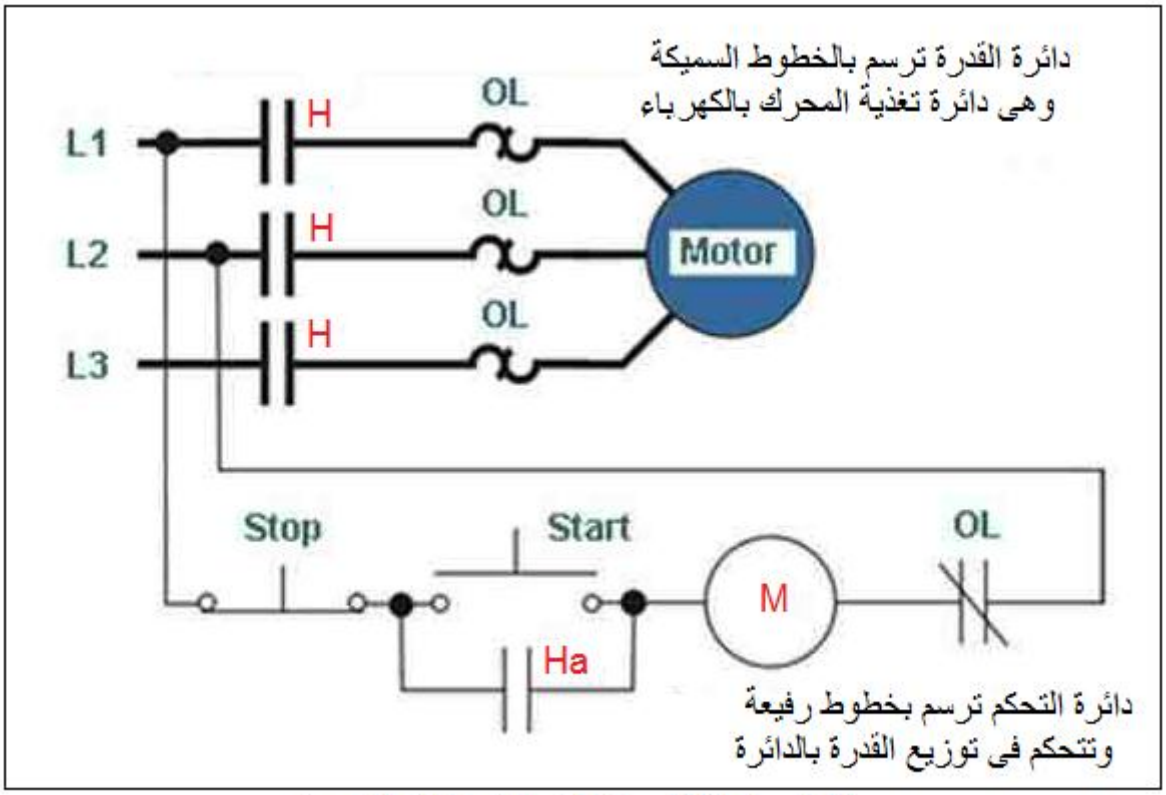
الشكل رقم (٥٠) : طريقة تمثيل دوائر التحكم

- للفهم أو التفسير أو القراءة الصحيحة لهذا المخطط يجب أن نقرأه بداية من الطرف L1 في اليسار متجها إلى الطرف L 2 في اليمين.
- لاحظ أن الضغط على الزر الضاغط يسمح بمرور التيار من L1 إلى L 2 خلال الزر الضاغط فتضيء لمبة البيان.
- عند ترك الزر الضاغط (رفع الإصبع عنه) يتوقف مرور التيار الكهربي وتطفىء لمبة البيان.

- **مكونات المخطط:**

يتكون المخطط من:

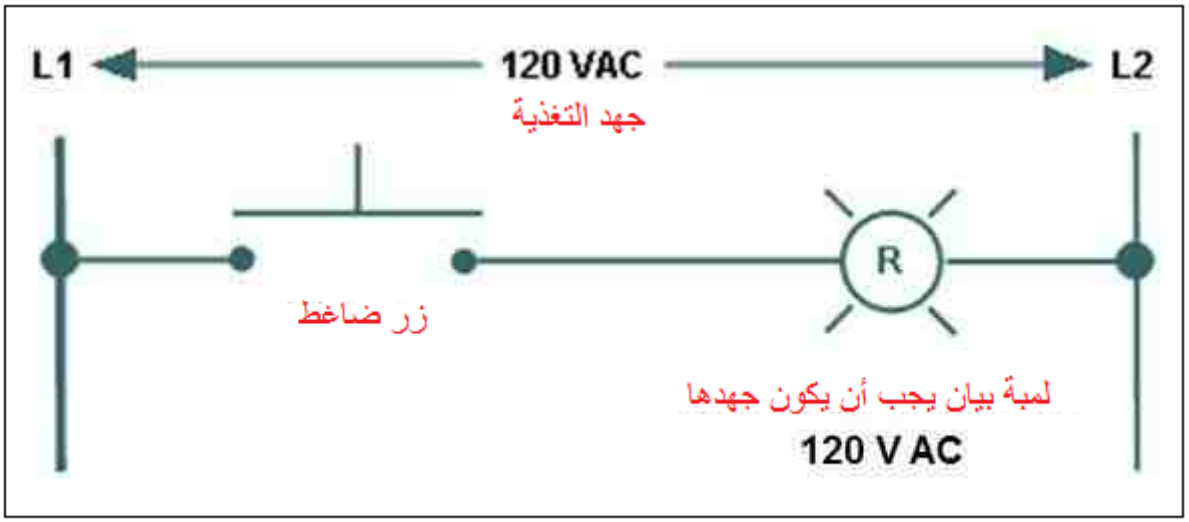
- **دائرة القدرة**: وترسم بالخطوط السميكة وهى دائرة تغذية المحرك بالقدرة.
- **دائرة التحكم**: وترسم بخطوط رفيعة وتتحكم في توزيع القدرة والشكل رقم (٥١) يبين ذلك.



الشكل رقم (٥١) : مكونات المخططات الكهربية

- **مكونات دائرة التحكم النموذجية:**

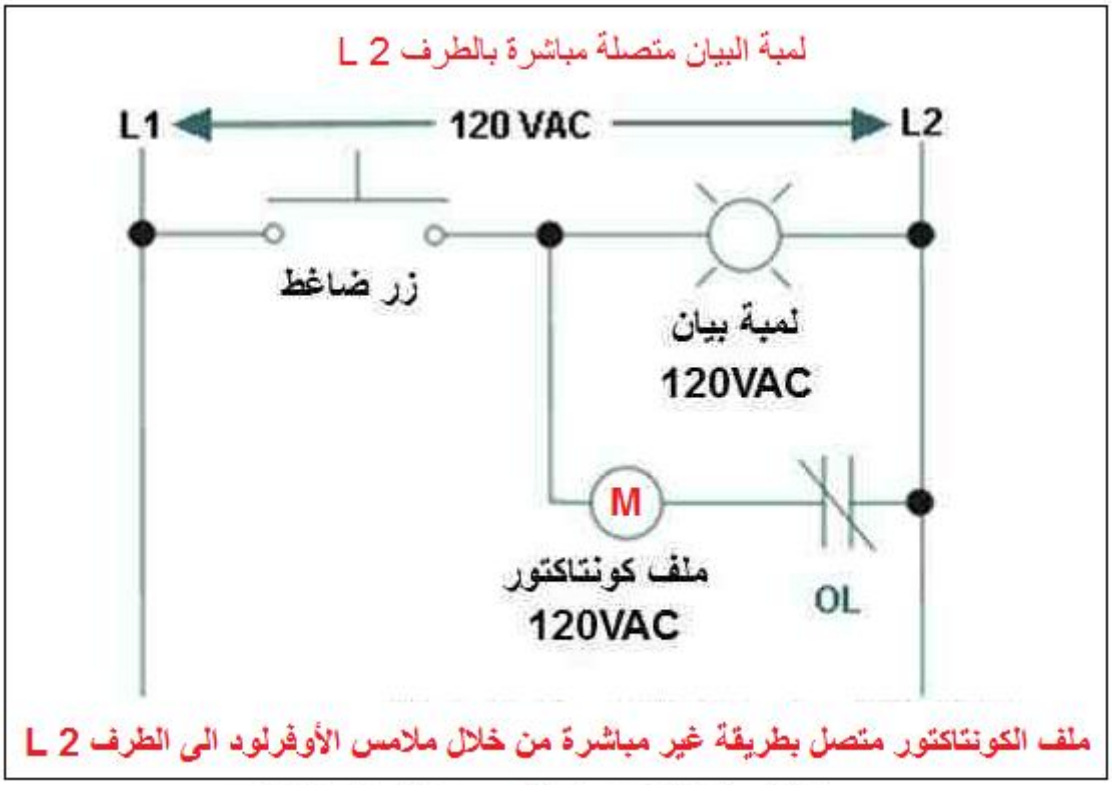
- حمل التحكم (لمبة بيان- ملف ريلاى - ملف كونتاكتور - ملف سلونيويد) وجهاز أو أكثر(مفاتيح -أزرار ضاغطة - حساس ضغط - حساس حرارة - حساس مستوى) وهو يحدد متى يتم تغذية هذا الحمل.
- بعض الأحمال مثل الكونتاكتور تقوم بتشغيل أجهزة أخرى.
- الشكل رقم (٥٢) يبين توصيل لمبة بيان وزر ضاغط وخطوط القدرة مرسومة رأسيا وتسمى L1 و L2 .
- في هذا المثال الجهد بين النقطتين L1 و L 2 هو 120 VAC هذا يعنى أن لمبة البيان يجب أن يكون جهدها 120 VAC لأنه عند الضغط على الزر الضاغط يكون فرق الجهد على طرفي اللمبة 120 VAC.



الشكل رقم (٥٢) : تمثيل لمبة وزر ضاغط وخطوط القدرة

- **خاصية توزيع الأحمال في الدائرة:**

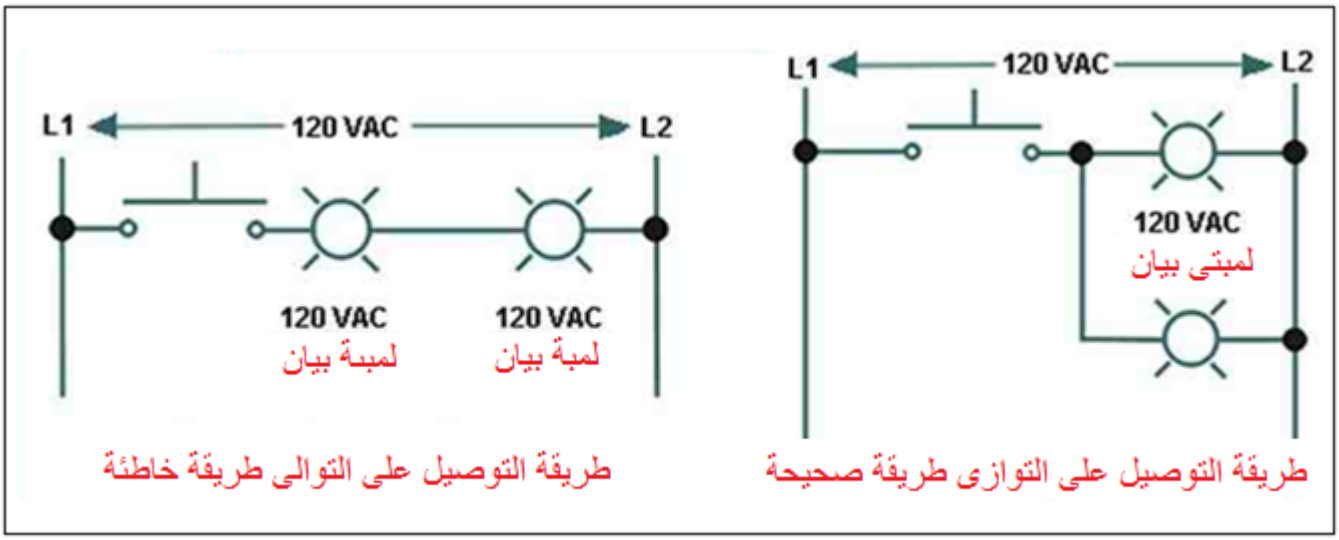
- لا يوضع أكثر من حمل واحد في أي دائرة بين L1 و L 2 .
- أحد طرفي حمل التحكم يتصل بالطرف L 2 إما ما مباشرة أو من خلال تلامسات اوفرلود.
- في الشكل رقم (٥٣) لمبة البيان متصلة مباشرة بالطرف L 2 في السطر (الخط) رقم 1 من الدائرة.
- ملف الكونتاكتور متصل بطريقة غير مباشرة من خلال مجموعة من تلامسات الاوفرلود إلى الطرف L 2 في دائرة الخط المتوازي رقم 2 .
- الضغط على الزر الضاغط يوصل الجهد 120 VAC إلى لمبة البيان وإلى ملف الكونتاكتور **M** .



الشكل رقم (٥٣) : طريقة توزيع الأحمال بالدائرة

- **طريقة توصيل أحمال التحكم:**

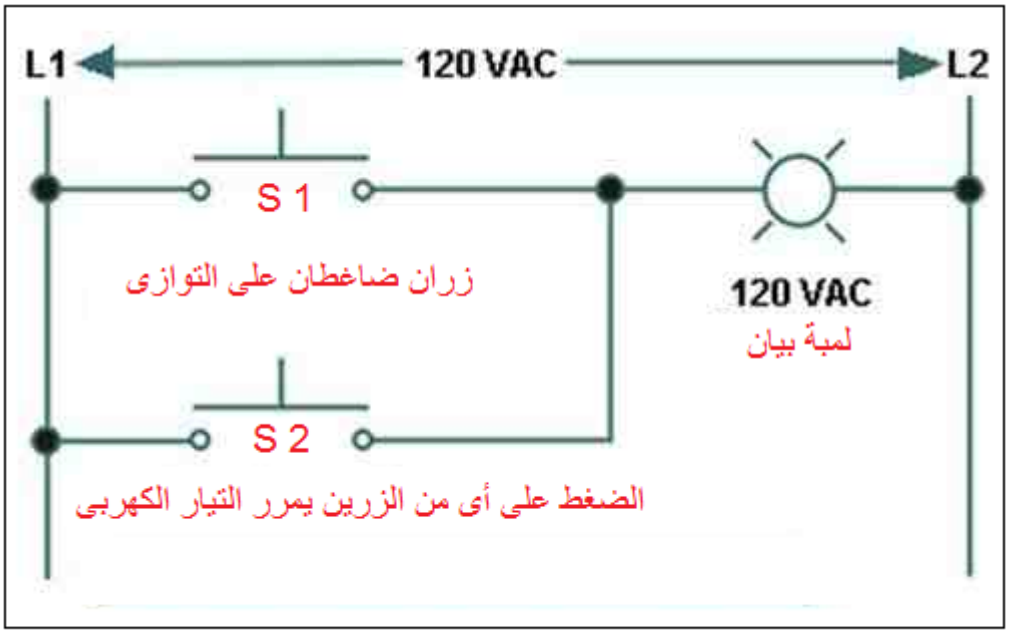
- لتوضيح السبب الشكل رقم (٥٤) يوضح الجزء الأول على يسار الشكل وفيه طريقة توصيل خاطئة لأنها على التوالي فعند الضغط على الزر الضاغط يتم تقسيم الجهد بين الطرفين L1 و L 2 على كل من الحملين (لمبتى البيان) ولن يصل إلى أي منهما الجهد 120 VAC اللازم للتشغيل السليم.
- في الجزء الثاني على اليمين يتم توصيل أحمال التحكم بطريقة صحيحة على التوازي فعند الضغط على الزر الضاغط فإن الجهد 120 VAC يصل بالكامل على كل من الحملين كما أنه إذا فشل أحد الحملين في العمل فإن الآخر يستمر في عمله المعتاد.



الشكل رقم (٥٤) : طريقة توصيل صحيحة وأخرى خاطئة

- **طريقة عمل أجهزة التحكم:**

- توصل أجهزة التحكم بين الخط L1 و الحمل (سواء لمبة بيان أو ملف).
- تعمل الأحمال عن طريق أجهزة التحكم (المفاتيح الضاغطة وخلافه).
- الشكل رقم (٥٥) يتكون من عدد ٢ زر ضاغط (**S 1-S 2**) متصلان على التوازي (الضغط على أي منهما أو كليهما يسمح بمرور التيار من L1 خلال لمبة البيان إلى L 2) وهذه هي وظيفة الدائرة ومنطق الدائرة هنا يسمى منطق (**أو**) **OR** (إما هذا وإما ذاك).



الشكل رقم (٥٥) : زران ضاغطان على التوازى

- **طريقة ترقيم خطوط الدائرة:**

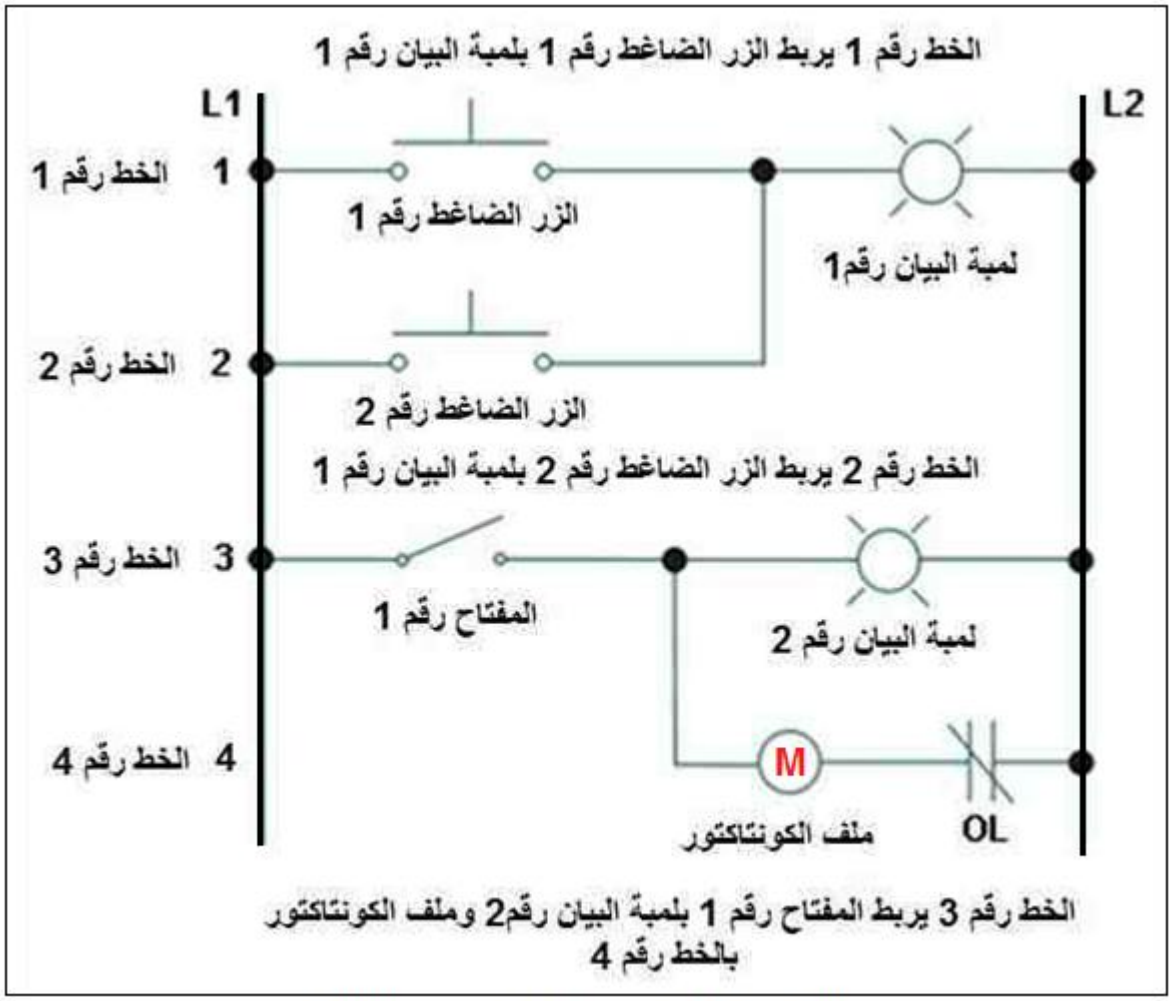
- يجب أن يتم ترقيم الدائرة من أعلى خط ثم إلى أسفل.

- نظام الترقيم مطلوب لتتبع عمل الدائرة وخاصة في الدوائر المعقدة لتسهيل فهمها والتعامل معها سواء عند التصميم أو التنفيذ أو التشغيل أو الإصلاح ولأن المخططات تحتوى على خطوط متعددة فيتم ترقيمها لتبسيط فهم وقراءة منطق العمل (طريقة العمل) كما في الشكل التوضيحي رقم (٥٦) :

✓ الخط رقم 1 يربط الزر الضاغط رقم 1 بلمبة البيان رقم 1 .

✓ والخط رقم 2 يربط الزر الضاغط رقم 2 بلمبة البيان رقم 1 .

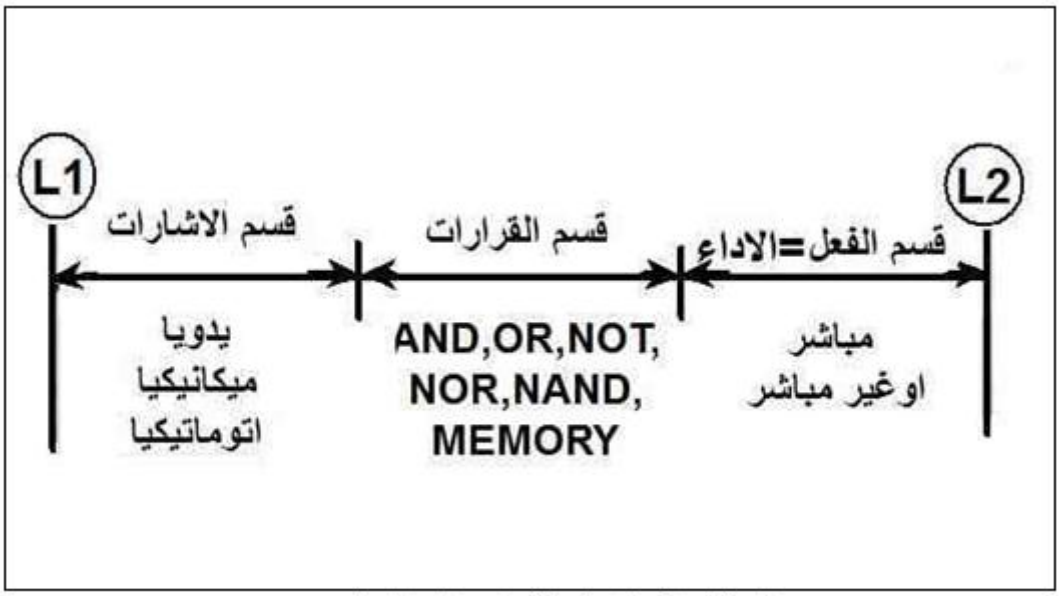
✓ والخط رقم 3 يربط المفتاح رقم 1 بلمبة البيان رقم 2 وملف الكونتاكتور M بالخط رقم 4.



الشكل رقم (٥٦) : طريقة ترقيم خطوط الدائرة

- **الوظائف المنطقية لتنفيذ عمل دوائر التحكم:**

الإنسان يتلقى الإشارات ويأخذ القرارات وينفذ الأفعال كذلك دوائر التحكم فيجب أن تستجيب الدائرة طبقا لتصميمها دون أي تغيير وفقا لثلاثة أقسام رئيسية هي **الإشارات - القرارات - الفعل (الأداء)** كما بالشكل رقم (٥٧) والوظائف المنطقية عبارة عن أجهزة التحكم مثل الأزرار الضاغطة ومفاتيح الضغط توصل بالدائرة بحيث تعمل بطريقة محددة سلفاً.



الشكل رقم (٥٧) : أقسام دوائر التحكم

الإشارات:

- تقوم الإشارة ببدء أو منع مرور التيار بفتح أو غلق تلامسات جهاز تحكم.
- يسمح بالتيار بالمرور خلال جهاز التحكم إذا كان الملامس مغلقة.
- لا يسمح بالتيار بالمرور إذا كان الملامس مفتوحة.
- الأزرار الضاغطة ومفاتيح نهاية المشوار ومفاتيح التدفق (السريان) ومفاتيح الضغط تستخدم في قسم الإشارة لدائرة التحكم.
- جميع الإشارات تعتمد على الحالات التي تتم بها وهذه الحالات قد تكون يدوية أو ميكانيكية أو أوتوماتيكية.

الحالة اليدوية:

نتيجة لأي تدخل من شخص في دائرة الأزرار الضاغطة والمفاتيح التي تعمل بالقدم (بدال) وهي أجهزة تحكم تستجيب لحالة يدوية.

الحالة الميكانيكية:

- نتيجة لأي تدخل بالدائرة من جزء ميكانيكي متحرك.
- نتيجة تدخل مفتاح نهاية المشوار وهو جزء تحكم يستجيب لحالة ميكانيكية معينة.

الحالة الاوتوماتيكية:

- نتيجة للاستجابة الاوتوماتيكية للتغيرات في نظام عمل الدائرة الكهربية.
- مفاتيح التدفق(السريان) ومفاتيح الحرارة ومفاتيح الضغط تستجيب للأحوال الأوتوماتيكية.

القرارات:

- قسم القرارات بالدائرة يحدد ما هو العمل الذي ينبغي القيام به وبأي ترتيب يحدث هذا العمل.
- قسم القرارات بالدائرة يقوم بعمليات رياضية ومنطقية والناتج يصل إلى الحمل.

الفعل أو الأداء:

بمجرد تولد الإشارة واتخاذ القرار بالدائرة يجب أن تكون النتيجة أداء عمل ما، وفي معظم الحالات تكون النتيجة هي تشغيل ملف بالدائرة والذي بدوره يكون مسئولاً عن بدء الأداء أو العمل ويكون الأداء مباشراً عندما يتم التوصيل ON للمحركات أو المصابيح أو السخانات مباشرة ويكون الأداء غير مباشر عندما يتم تغذية الملف المغناطيسي للكونتاكتور مثلاً.

التطبيقات العملية

أهداف التطبيق:

إكتساب الخبرة وذلك لـتسجيل القيم الكهربية تبعاً للوائح التمديدات المحلية والعالمية باستخدام العدد والمعدات والخامات اللازمة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة وفى الوقت المحدد.

التدريب: تنفيذ دائرة تشغيل محرك بمفتاح يدوى وكونتاكتور بملف وملامس مفتوحة:

أ) ظروف الأداء:

الخامات	العدد والمعدات	التسهيلات الأخرى
- فوطة صفراء. - شريط لحام.	- جهاز أفوميتر رقمي. - العناصر الالكترونية المراد تنفيذ الدائرة بها. - منضدة اختبار مجهزة. - شنطة عدة كاملة تحتوى على قصافة- طقم مفكات مختلفة. - - عدسة مكبرة.	- ملابس حماية ومهمات الأمان الصناعي. - موقع عمل مناسب. - كتيب إرشادات العناصر الالكترونية والكهربية.

ب) الأداء:

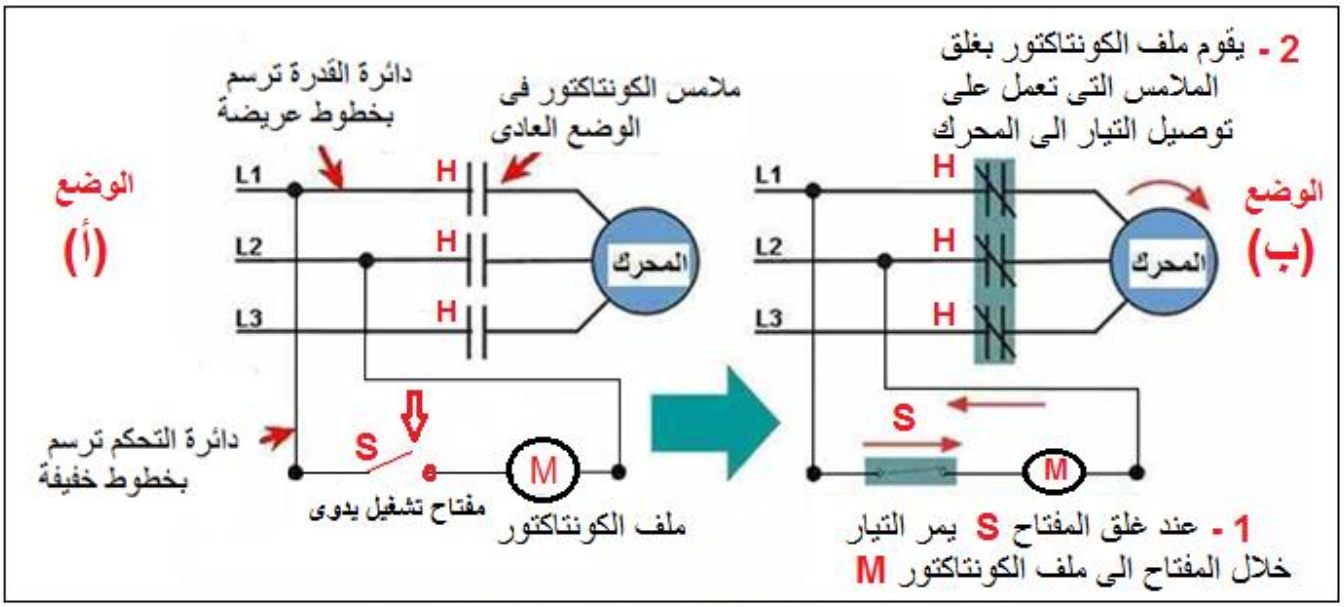
خطوات التدريب العملي:

تنفيذ دائرة تشغيل محرك بمفتاح يدوى وكونتاكتور بملف وملامس مفتوحة:

← **الحالة الأولى عمل المحرك بدون وجود اوفرلود (Overload).**

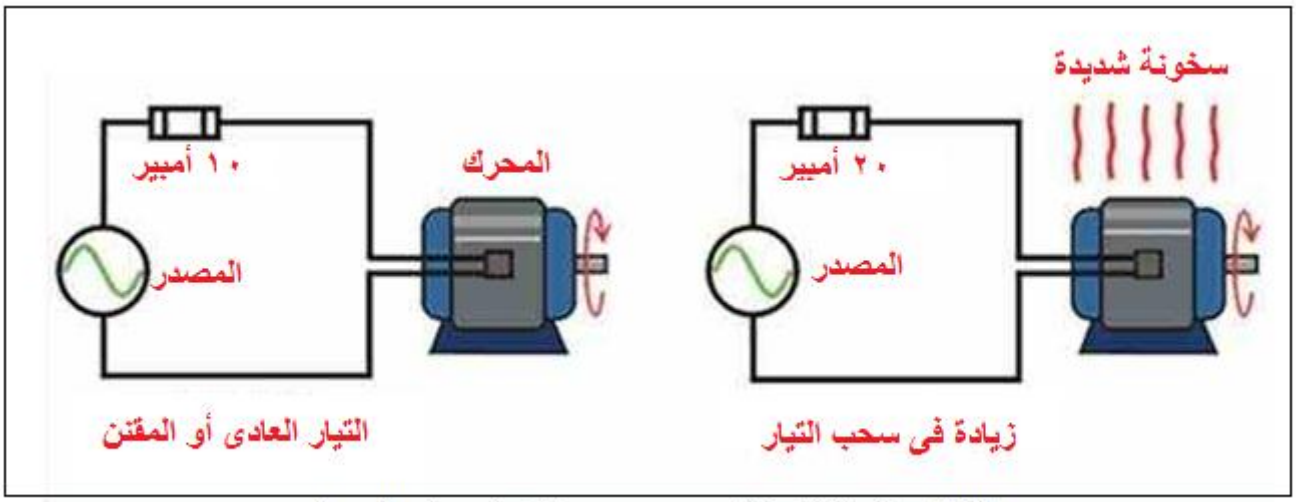
- نتأمل الرسم الموجود أمامنا بالشكل رقم (٥٨) جيداً ونتعرف على مكوناته ونتابع الخطوات التالية.
- ملامس الكونتاكتور **(H)** المتصلة على التوالي مع المحرك في دائرة القدرة يتم التحكم فيها عن طريق ملف الكونتاكتور **(M)** كما فى الوضع **(أ)** من الشكل رقم (٥٨) وهذه الملامس فى الوضع الطبيعي مفتوحة (لا توصل تيار إلى المحرك).
- نقوم بغلق المفتاح **(S)** يدوياً بالضغط عليه ليمر التيار الكهربي خلال المفتاح إلى ملف الكونتاكتور **(M)** كما فى الوضع **(ب)**.
- يقوم ملف الكونتاكتور **(M)** بغلق ملامس الكونتاكتور **(H)** التي تعمل على توصيل التيار إلى المحرك فيبدأ في الدوران كما فى الوضع **(ب)** .

- في حالة التيار ثلاثي الأطوار توجد ثلاثة ملامس للكونتاكتور والشكل رقم (٥٨) يبين الدائرة الكهربية ودائرة التحكم للمحرك.



الشكل رقم (٥٨) : الدائرة الكهربية ودائرة التحكم للمحرك

- في حالة عدم وجود اوفرلود (Overload) ضمن دائرة المحرك وفى حالة سحب المحرك لتيار أكبر من التيار المقنن له (يحدث زيادة في سحب المحرك للتيار لأسباب عديدة منها حدوث خشونة عالية بكراسي التحميل نتيجة عدم التشحيم مثلاً) فيحدث أن يسخن المحرك بشدة كما بالشكل رقم (٥٩).



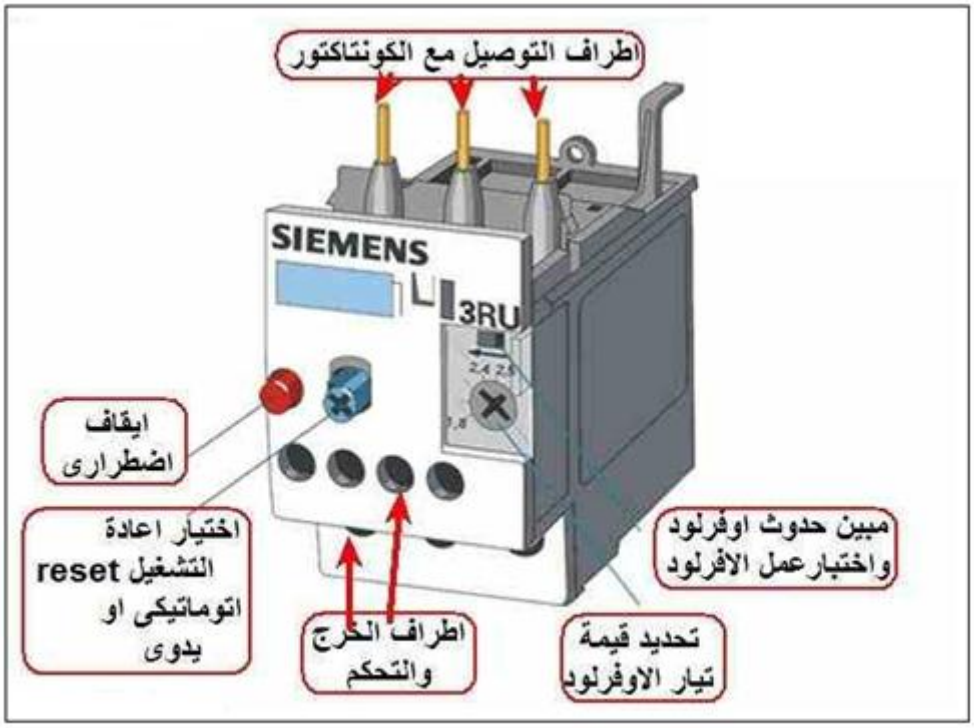
الشكل رقم (٥٩) : تأثير عدم وجود الأوفرلود على المحرك

← الحالة الثانية :عمل المحرك بعد تركيب اوفرلود (Overload) لحماية المحرك.

- **مجموعة بادىء الحركة للمحرك:**

- أي بادىء حركة للمحرك عبارة عن كونتاكتور + اوفرلود متصلين معا.

- والشكل رقم (٦٠) يبين تركيب الاوفرلود (Overload) **ووظيفة الأوفر لود** أنه يفصل الدائرة (يمنع وصول التيار إلى المحرك) عندما تسخن ملامسه نتيجة مرور تيار كبير.



الشكل رقم (٦٠) : يوضح تركيب الأوفرلود

- يتم تجميع الكونتاكتور والأوفر لود مع بعضهما كما بالشكل رقم (٦١).

الشكل رقم (٦١) : طريقة تجميع الكونتاكتور مع الأوفرلود

← مكونات الدائرة: دائرة التحكم في بادئ حركة المحرك:

أولا: الكونتاكتور H ويحتوى على:

دائرة التحكم وبها:
- الملف **M**.
- والملامس المساعدة **Ha**.

دائرة القدرة وبها:
- ثلاثة ملامس رئيسية **H**.

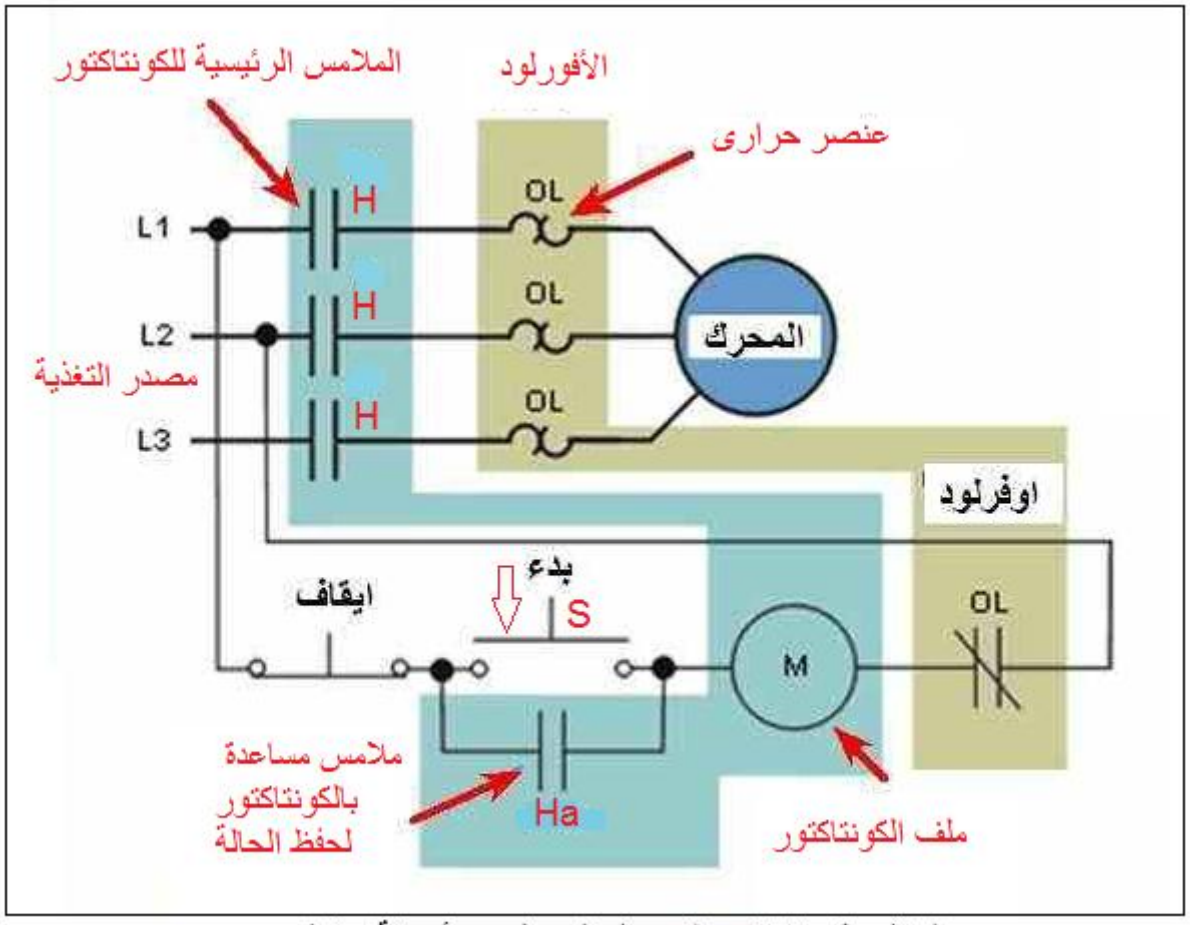
ثانيا: الاوفرلود OL ويحتوى على:

دائرة القدرة وبها:
- ثلاثة تلامسات مزودة بعناصر حرارية **OL**.

دائرة التحكم وبها:
- نقاط تلامس مساعدة **OL**.

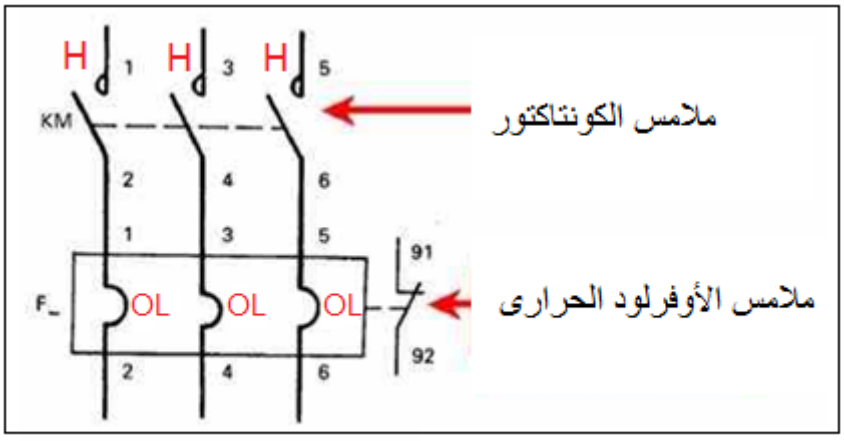
- **طريقة عمل الدائرة:**

- **في دائرة التحكم:** عند الضغط على الزر الضاغط **(S)** يصل التيار الكهربي إلى ملف الكونتاكتور **(M)** فيعمل ويوصل ملامسه **(M)** بدائرة القدرة كما بالشكل رقم (٦٢).
- الملامس الرئيسية للكونتاكتور **(H)** تغذى المحرك بالقدرة من خلال ملامس الاوفرلود **(OL)** والمزودة بعناصر حرارية لتحمى المحرك فى حالة زيادة درجة حرارته.
- في نفس الوقت توصل الملامس المساعدة **Ha** بحيث عند إزالة الضغط من على زر البدء **(S)** تظل التغذية واصلة إلى الملف (تسمى هذه العملية الحفاظ على الحالة أي تجعل الملامس **Ha** واصلة حتى بعد رفع الضغط على المفتاح **S**).
- يستمر المحرك في الدوران حتى يتم الضغط **يدوياً** على الزر الضاغط **(S)** لإيقاف المحرك ما لم يحدث حالة زيادة في تيار المحرك.
- عند حدوث زيادة في تيار المحرك (الحمل) تفصل ملامس الاوفرلود **(OL)** المزودة بعناصر حرارية وتفصل التغذية عن المحرك.
- نتيجة لذلك تفصل أيضا الملامس المساعدة للاوفرلود **(OL)** بدائرة التحكم فيقوم بفصل التغذية الكهربية عن الملف.
- منع التغذية عن الملف أمر ضروري لمنع المحرك من الدوران ذاتياً عندما يبرد العنصر الحراري بالاوفرلود كما بالشكل رقم (٦٢).



الشكل رقم (٦٢) : نظام عمل المحرك بعد أضافة اوفرلود به

- الشكل رقم (٦٣) يمثل الدائرة الكهربية وترقيم نقاط التلامس للكونتاكتور والأوفر لود معاً.



الشكل رقم (٦٣) : ملامس الكونتاكتور والأوفرلود

جـ) معايير الأداء:

البند	المعايير	المراجعة بمعرفة المتدرب	المراجعة بمعرفة المدرب
تجهيز العدد	تجهيز مصادر التغذية المختلفة – تجهيز العدة والأدوات المناسبة – تجهيز أدوات القياس والمراجعة- تجهيز مكونات تنفيذ دائرة التحكم .		
تجهيز الخامات	تجهيز الخامات المطلوبة من مهمات نظافة كالفوط الصفراء.		
	تجهيز شريط اللحام (لصق)- المنظفات السائلة والطيارة.		
التنفيذ	تطبيق قواعد السلامة أثناء العمل.		
	التعامل مع أدوات القياس.		
	التعامل مع العناصر الالكترونية المختبرة.		
	القيام بعملية القياس.		
	التأكد من نظافة أدوات القياس والعناصر المختبرة.		
	القيام بطريقة الاختبار.		
	التعامل مع جهود التغذية الكهربية المختلفة.		
	طريقة وضع عناصر التحكم والقدرة على منضدة العمل.		
معايير السلامة	ارتداء ملابس الوقاية الشخصية.		
	تداول ومناولة الخامات والعدد بطريق آمنة.		
	الاستخدام الأمثل والآمن للعدد والأجهزة.		
	إتباع تعليمات الأمن والسلامة والصحة المهنية.		
التنظيف والترتيب	نظافة مكان العمل.		
	نظافة العدد وتخزينها.		
	إعادة الخامات الزائدة وتخزينها بطريق صحيحة.		
	إزالة المخلفات بطريقة صحيحة وآمنة.		