



جامعة الفرات الأوسط التقنية

كلية البوليتكنك نجف

قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

قواطع الدورة الكهربائية

اعداد

د. حسن وهاب صالح

أسئلة الاختبار القبلي

1. ما الوظيفة الأساسية لقاطع الدورة الكهربائية (CB) ؟

(أ) زيادة التيار في الدائرة

(ب) حماية الدائرة من التيارات العالية والأعطال

(ج) تحسين معامل القدرة

(د) زيادة جهد المصدر

2. ماذا تعني القيمة Rated Current في مواصفات قاطع الدورة؟

(أ) أقصى تيار قصر يتحمله القاطع

(ب) تيار التسرب إلى الأرض

(ج) أقصى تيار يمكن أن يمر باستمرار دون أن يفصل القاطع

(د) تيار بدء تشغيل المحرك

3. ماذا تعني SCC في مواصفات قاطع الدورة؟

(أ) سعة تيار القصر

(ب) تيار الحمل المستمر

(ج) تيار التسرب الأرضي

(د) تيار التشغيل المغناطيسي

4. ما المبدأ الذي تعتمد عليه الحماية الحرارية في القاطع الحراري المغناطيسي؟

(أ) تمدد شريطين معدنيين عند ارتفاع درجة الحرارة

(ب) انخفاض الجهد

(ج) زيادة التردد

(د) تغير معامل القدرة

5. أي فئة من فئات MCB مناسبة للأحمال المقاومة مثل السخانات ومصابيح التنجستن؟

(أ) الفئة B

(ب) الفئة C

(ج) الفئة D

(د) الفئة RCCB

6. ما مدى بداية الفصل المغناطيسي للفئة C تقريباً؟

أ) 1-2 ضعف التيار المقنن

ب) 3-5 أضعاف التيار المقنن

ج) 5-10 أضعاف التيار المقنن

د) 10-20 ضعف التيار المقنن

7. أي نوع من القواطع يستخدم لحماية المحركات الكهربائية من تيار القصر والتيار الزائد؟

أ) MCB)

ب) MPCB)

ج) RCCB)

د) Isolator)

8. ما الوظيفة الأساسية لقاطع ELCB ؟

أ) الحماية من زيادة الجهد

ب) الحماية من انخفاض الجهد

ج) الحماية من التيار المتسرب إلى الأرض

د) الحماية من زيادة التردد

9. أي وسط عازل يستخدم في القواطع الغازية المذكورة في المحاضرة؟

أ) الهواء

ب) الزيت

ج) غاز SF_6

د) الماء

10. ما إحدى أهم مميزات القواطع المفرغة من الهواء (Vacuum Circuit Breakers) ؟

أ) تحتاج إلى كمية كبيرة من الزيت

ب) تحتوي على غازات قابلة للاشتعال

ج) لا تحتوي على سوائل قابلة للاشتعال أو غازات مثل SF_6

د) تحتاج إلى صيانة دورية للزيت

Circuit Breaker (CB) الدارة الكهربائية

1- مقدمة :

تم وصف الشكل المبدئي من قاطع التيار من قبل توماس إديسون كبراءة اختراع عام 1879، على الرغم من استخدام المصهر في نظام توزيع الطاقة له. وكان الغرض منه حماية أسلاك الإضاءة من دوائر القصر وزيادة التحميل. وقاطع الدائرة المصغر الحديث مماثل في الاستخدام لقاطع التيار المخترع من قبل مجموعة براون، بوفيري أند سي عام 1924.

يعتبر (هوجوستونز) هو مهندس ورائد القاطع الحراري المغناطيسي الحديث الذي يستخدم عادة في مراكز الأحمال المنزلية حتى يومنا هذا.

Hugo Dieter Stinnes (12 February 1870 – 10 April 1924)

جميع دوائر التأسيسات معرضة لحدوث قصر Short Circuit نتيجة انهيار العازل في الكيبلات مثلاً أو نتيجة قطع في الكيبلات مصاحباً بحدوث تلامس بين أسلاكه ، وكل هذه الاحتمالات ستؤدي حتماً إلى حدوث ارتفاع كبير في التيار قد يتسبب في احتراق الكيبل ، وربما لوحة التوزيع كلها إن لم يتم فصل التيار بسرعة . و الأجهزة المسؤولة عن اكتشاف الارتفاع في التيار و فصله في معظم دوائر التأسيسات هي القواطع (الـ Circuit Breaker أو CB) ، و سنستعرض هنا أبرز سمات القواطع الكهربائية .

2- تعريف القاطع Breakers Circuit :

هو مفتاح أمان كهربائي يعمل تلقائياً لحماية الدوائر الكهربائية (من محركات كهربائية ووصلات منزلية وخطوط القدرة طويلة المدى وغيرها) من الضرر الناتج عن مرور تيار كهربائي عال جداً. وعلى عكس المصهر الذي يجب استبداله بعد أن يعمل لمرة واحدة، فإن القاطع يمكن إعادة ضبطه إما يدوياً أو تلقائياً لاستعادة الوظائف الطبيعية وضمان استمرار تشغيل الدائرة.

تحدد مواصفات الـ CB عادة بتحديد قيمتين هامتين :

- **Rated Current , I rated (Amp)**، التيار المقنن.
- **Short Circuit Capacity , SCC (KA)** ، تيار القصر.

فالأولى تحدد قيمة أقصى تيار يمكن أن يمر في الـ CB باستمرار دون أن يتسبب في فصل الـ CB ، وتقاس بالأمبير . ولها قيم قياسية Standard معروفة ، وهي (بالأمبير) :

6, 10, 15, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 100, 125, 150, 163, 200, 225, (300, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200, 1500, 1750, 2000, 2200, 2500, 3000, 3200, 4000, 5000, 6300)

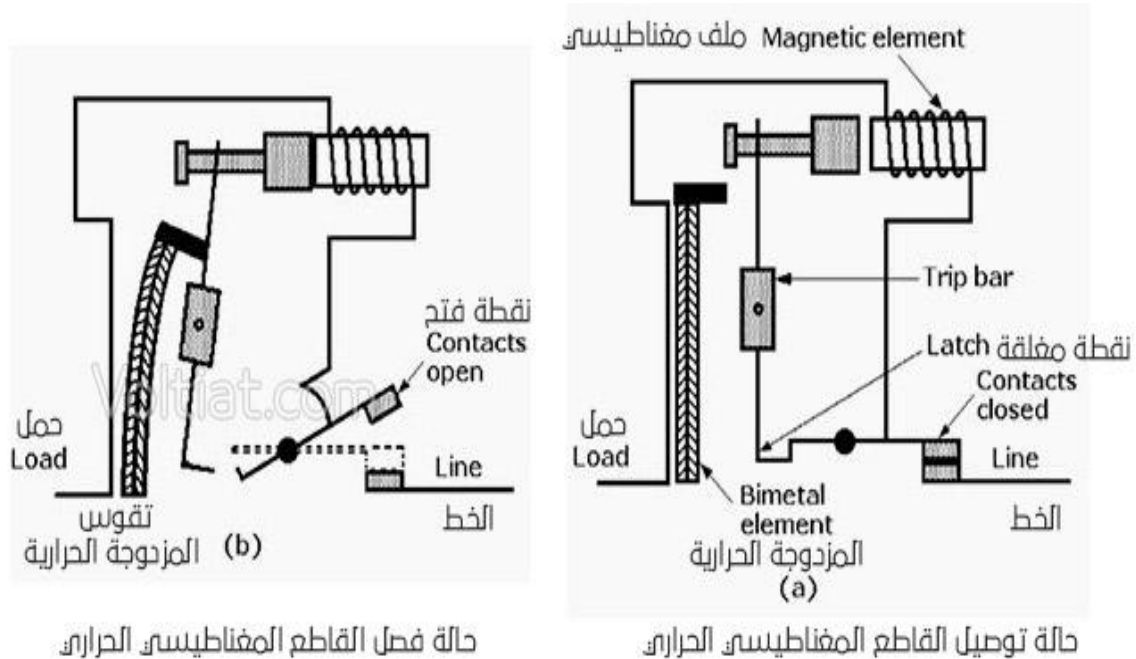
أما القيمة الثانية التي تحدد مواصفات الـ CB فهي قيمة سعة القصر Short Circuit Capacity SCC ، وتقاس بـ (ka) ، ويقصد بها أقصى قيمة للتيار يمكن أن يتحملها الـ CB أثناء القصر Short Circuit دون أن يحترق ، وهي قيم عالية بالطبع . لاحظ أن المقصود أن يتحملها الـ CB لمدة وجيزة جداً تقاس بالثانية ، ولا تتعدى ثواني معدودة ، وليس المقصود بالطبع أن يتحملها لمدة طويلة .

وأشهر القيم القياسية للـ Short Circuit Capacity (مقاسة بـ KA) هي :
3, 6, 10, 15, 22, 35, 50, 75, 80, 100 KA

3- مبدأ عمل القاطع الحراري المغناطيسي

يحتوي القاطع الحراري المغناطيسي على وظيفتين وهما:
الوظيفة الحرارية: يحتوي على شريطين معدنيين حراريين لهما معامل تمدد طولي مختلفين باختلاف درجة الحرارة، وقد يحدث تقوس المعدنين عند تعرضهما لدرجة حرارة عالية نتيجة الحمل الزائد مسبباً في فتح الدائرة (أي قطع التيار عن باقي الدائرة)، وتنبي هذه العملية للحماية من زيادة الحرارة داخل القاطع.

الوظيفة المغناطيسية: يحتوي على ملف كهربائي داخل القاطع، ويعتمد مبدأ عمله على مقدار قوة جذب المغناطيس وذلك عند زيادة التيار عن قيمة تيار القاطع محدثاً في رفع الذراع المعدني اللين ما يسبب في فصل نقاط التوصيل داخل القاطع وبالتالي فصل التيار المار عبره.



شكل رقم (1) مبدأ عمل القاطع

4- أنواع الـ CBs :-

في البداية نشير إلى أن هناك عدة أنواع من الـ CBs يكثر استخدامها في التأسيسات الكهربائية، فهناك نوع يستخدم مع الجهود المتوسطة وهو النوع المعروف بـ Power Circuit Breakers، و يستخدم في وقاية المحولات ولوحات الجهد المتوسطة، ويكون **دوره** هو فصل الدوائر فقط بناء على

أوامر من جهاز منفصل لاكتشاف الأعطال وهو الـ Relay، وغالبا تكون إما Vacuum CB، أو Air .

وتوضع هذه الـ CBs داخل اللوحات المعروفة بـ Draw - oil Switchgear حيث يكون الـ CBs في هذه الأنواع محمولا على عجلات لتسهيل دخوله وخروجه من اللوحة أثناء الصيانة. وهذا النوع موجود بالسوق بتيار مقنن يتراوح بين (600 إلى 4000 أمبير).



شكل رقم (2) قاطع دورة هوائي يستخدم في محطات توزيع القدرة للجهد المنخفض

أما الأنواع المستخدمة في شبكة الجهد المنخفض فتختلف عن النوع السابق في انها تعتبر مرحل وقاطع دورة في نفس الوقت ، ويمكن تقسيمها إلى عدة أنواع :-

1. ويسمى Miniature Circuit Breaker واختصارا MCB
2. ويسمى Molded Case Circuit Breaker واختصارا MCCB
3. ويسمى Earth leakage Circuit Breaker واختصارا ELCB
4. قاطع Motor Protection circuit breaker واختصارا MPCB
5. قاطع Residual current circuit breaker واختصارا RCCB
6. قاطع Residual current circuit breaker with over load واختصارا RCBO
7. الفاصلة Isolater

كما يوجد جهاز مختلف عنهم في التصميم ، لكنه يتشابه معهم في الوظيفة وهو الـ Fuse . والفرق الأساسي بين النوعين الأول والثاني هو في القدرة على تحمل تيارات القصر العالية ، فالنوع الأول يتحمل غالبا ما لا يزيد عن (10 kA) فقط ، بينما يتحمل النوع الثاني إلى أضعاف هذا الرقم ، وربما وصل إلى أكثر من 100 KA . أما النوع الثالث فيستخدم للحماية من الصدمات الكهربائية الناتجة عن تسرب التيار .

4-1 النوع الأول : MCB

الصورة التالية يظهر فيها نموذجان لهذه الـ CBs ، الأيمن يستخدم مع دوائر الـ 3 - phase والأخر مع دوائر الـ 1-phase .



شكل رقم (3) قاطع الدورة (MCB)

مبدأ العمل :

في حالة الـ MCB ، تتحدد علاقة تيار العطل (مقاسا بمضاعفاته من التيار المقنن I Rated) وبين زمن فصل Trip Time (مقاسا بالثواني) من خلال منحنيات فئات ثلاثة . و يوضح المخطط التالي أشهر الفئات الخاصة بالقواطع وهي D , C , B طبقا للمواصفات القياسية العالمية IEC Standard مع بعض البيانات الخاصة بها .

ملاحظة 1: قبل 113% من تيار الحمل الكامل فلن يعمل أي قاطع من الفئات الثلاثة وهي ما سوف نسميه المنطقة I وتقع يسار كل المنحنيات .

تأتي بعد ذلك المنطقة الثانية II وهي منطقة تشغيل **الحماية الحرارية** (Thermal Protection) وتبدأ من 113% وتنتهي مع بداية المنطقة الثالثة III وهي منطقة تشغيل **الحماية المغناطيسية** (Magnetic Protection) وتختلف البدايات والنهايات باختلاف نوع الفئة على النحو التالي :

أ- حدود التشغيل للـ Trip المغناطيسي للفئة B تتراوح بدايته بين 3 إلى 5 أضعاف التيار المقنن وهذا النوع يتناسب مع أحمال المقاومة Resistive loads كأحمال السخانات ومصابيح التنجستن وغيرهما من الأحمال المشابهة .

ب- أما حدود التشغيل للـ Trip المغناطيسي للفئة C يتراوح بدايتها بين 5 إلى 10 أضعاف التيار المقنن وهو ما يتناسب مع الأحمال الحثية Inductive Loads مثل أحمال المحركات والمكيفات ومصابيح الفلورسنت .

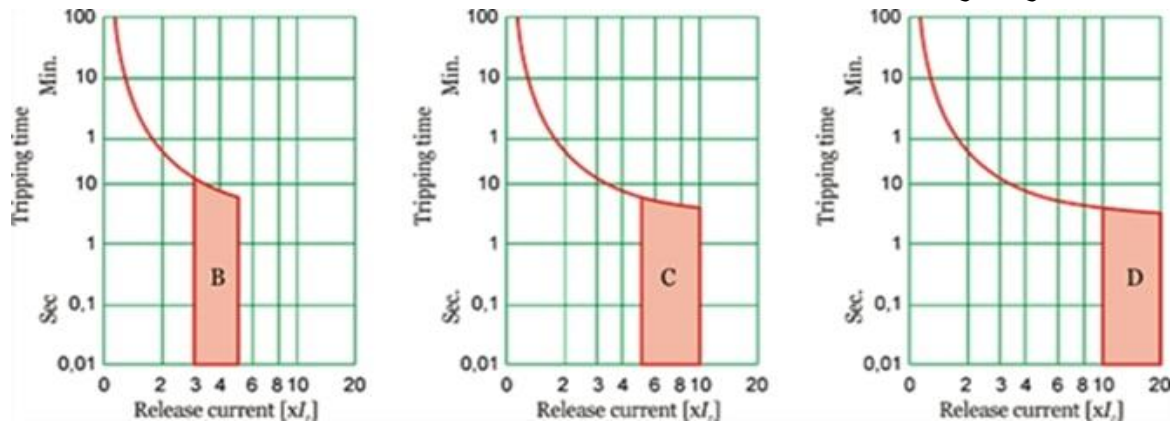
ت- حدود التشغيل للـ Trip المغناطيسي للفئة D يتراوح بين 10 إلى 20 أضعاف التيار المقنن وهو ما يتناسب مع الأحمال ذات المحاثات العالية Highly Inductive Loads مثل أحمال المحولات .

النوع	تيار القطع	يستخدم لحماية
B	$5 \times I$	مصباح فرن كهربائي ثلاجة...
C	$10 \times I$	محركات مضخة مكيف الهواء
D	$20 \times I$	المحركات الكبيرة محولات كبيرة أدوات اللحام

فئات قاطع الدورة

جدول رقم (1)

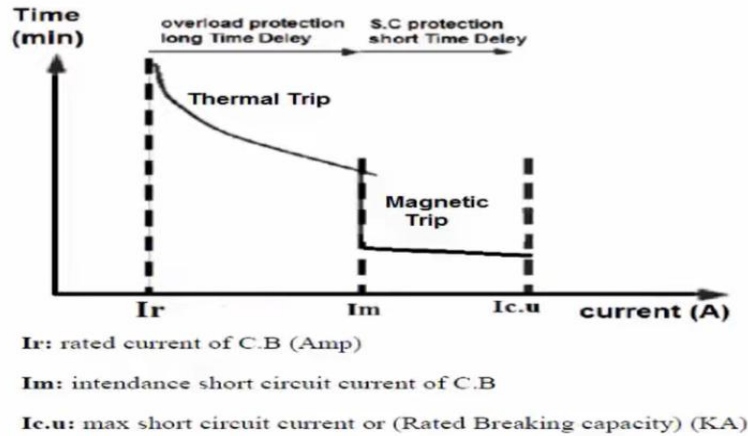
و البعض قد يظن أن الـ CB الذي له I rated تساوى 20 أمبير مثلا سوف يفصل في التو بمجرد أن يمر تيار ازيد ولو بقليل من 20 أمبير ، وبالطبع هذا التصور خاطئ . فهناك منحني يحدد زمن هذا الفصل ، والزيادة الطفيفة الأعلى من I rated ربما يشعر بها القاطع بعد مرور عدة دقائق وليس لحظيا . اما المنطقة الثالثة فتتمدد من يمين المنطقة الرأسية حتى تصل إلى قيمة أقصى تيار قصر يمكن أن يتحملة القاطع وهي قيمة الـ (SCC) ، وقيمتها كما قلنا تصل في الـ MCB إلى 10 KA ، وخلال هذه المنطقة الثالثة (التي تسمى " منطقة الفصل اللحظي Instantaneous trip) أو الفصل المغناطيسي فيفصل فيها الـ CB لحظيا وليس بناء على قيم زمنية مختلفة كما في المنطقة الثانية . أما إذا مر تيار خلال الـ CB وكانت قيمته أعلى من الـ SCC فإن الـ CB يحترق فورا ، ولا يمكن إعادة استخدامه مرة أخرى



شكل رقم (4) يوضح العلاقة بين زمن الفصل وقيمة التيار في فئات القاطع

ملاحظات :

- المواصفات تنص على تشغيل الفئة في حدود معينة (مثال الفئة B تعمل بين 3:5 من التيار المقنن) فهل معنى ذلك أن مرور تيار بقيمة أعلى من 5 أضعاف لن يفصل القاطع ؟ هذا مفهوم شائع وخاطئ ، فالمقصود بهذه الحدود هو فقط بداية منطقة الـ Trip المغناطيسي ، فإذا تجاوز تيار العطل هذه القيمة فإن القاطع يفصل لحظيا مهما كانت القيمة طالما أنها أقل من قيمة الـ SCC وهي يتحملها القاطع قبل أن يحترق .
- وبالطبع قد تسأل : لماذا الفئة الواحدة تحتوي على منحنين ؟ ومتى سيفصل القاطع على الزمن في المنحني السفلي أم العلوي ؟ بالطبع لا يمكن لأي شركة أن تزعم أن القاطع الذي تنتجه سيفصل تحديدا عند قيمة 7 أمثال التيار مثلا فتحديد هذا يعتبر مستحيلا لأن هناك عوامل كثيرة متغيرة في ظروف التشغيل ولذا تحدد المواصفات مدى معين يمكن أن يقع الفصل في خلاله .
- في بعض التطبيقات ربما يستخدم الفيوز بدلا من الـ CB لرخص ثمنه مقارنة بالـ CB ، وأيضا لتقارب منحنيات التشغيل كما هو واضح في الشكل التالي الذي يظهر مقارنة بين CB له تيار مقنن التالي 32 امبير وبين فيوز بقيمة 30 امبير .

**شكل رقم (5) منحنى الزمن والتيار في قاطع الدورة**

- لاحظ أنه في الفترة التي تسبق منطقة الـ Instantaneous Trip الخاصة بالـ CB يكون الفيوز أسرع في فصل العطل ، بينما يكون القاطع أسرع بعد هذه المنطقة . لكن بالطبع يتميز القاطع بأنه يمكن إعادة تشغيله بسهولة ، بينما يحتاج الفيوز إلى استبداله بعد كل عطل .

مثال : ما المقصود بـ CB مكتوب عليه 10KA , 25A ؟

الحل : أما الـ 25A فتسمى التيار المتقن Rated Current ، و أما الـ 10KA فهي قيمة تيار القصر (SCC) لهذا الـ CB ، ومن ثم فهذا الـ CB يمكن أن يتحمل أي تيار أقل من 25A دون أن يفصل الدائرة ، فإذا زاد التيار عن 25A لكنه أقل من 10KA فإن الـ CB سيفصل إما بعد مدة زمنية طبقا للمنحنى ، أو سيفصل لحظيا إذا كان تيار القصر قريبا من 10KA وبالتالي يمكن أن نعيد تشغيل الـ CB مرة أخرى . أما إذا ارتفع تيار العطل لقيمة أعلى من 10KA فإن الـ CB سيحترق ولا يمكن إعادة استخدامه مرة أخرى .

لاحظ أن سعر الـ CB يتوقف أساسا على قيمة سعة القصر التي يتحملها ، فالفرق في السعر بين CB تياره المقنن يساوى 10A و CB آخر تياره المقنن يساوى 63A مثلا ، فربما لا يكون كبيرا ، أما الفرق في السعر بين CB تياره 100A وله سعة قصر 10KA وبين آخر تياره المقنن 100A لكن له سعة قصر تساوى 100KA فإنه قد يصل إلى عشرات الاضعاف .

2-4 النوع الثاني : MCCB :-

هذا النوع أعقد في تركيبه من MCB ، ويستخدم غالبا في حماية دوائر التغذية الرئيسية . ويتميز هذا النوع بأنه أكبر حجما من الـ MCB نظرا لقدرته على تحمل تيارات القصر العالية . والصورة التالية تظهر نوعين من هذه القواطع .



شكل رقم (6) القاطع نوع MCCB

وهذا النوع يتميز عن النوع السابق بالمرونة الواسعة في مجال ضبط العلاقة بين زمن الفصل وقيمة تيار العطل ، و يوجد منه أكثر من فئة ، حيث تختلف الفئات فيما بينها في سعة القصر ومدى المرونة في الضبط .

وعموما ، فكلما كبرت سعة القصر كلما زود الجهاز بمرونة أكبر ، فالفئة التي تظهر على سبيل المثال في يمين الصورة اعلاه تستطيع من خلالها تغيير ثلاثة متغيرات (Thermal ، I² T ، I mag ، mag) ، بينما في الفئة التي على يسار الصورة فلن تستطيع سوى تغيير في المتغيرين الأول والثالث فقط .

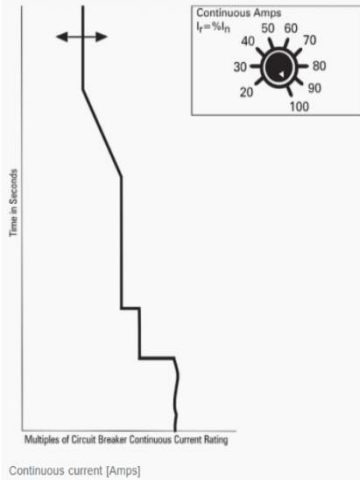
1-2-4 ضبط ومعايرة MCCB

في MCCB عدة وظائف ومتغيرات يمكن تلخيصها بما يلي :

1- ضبط: (continuous Amperage Ir)

وهو عبارة عن نسبة يتم تحديدها من التيار الإسمي للقاطع (In) حسب الحمل المراد تغذيته وحسب الدراسة التنسيقية للأحمال. على سبيل المثال يمكن ضبط التيار المطلوب (Ir) بنسبة من 20 إلى 100 من التيار الإسمي للقاطع كما في الشكل المجاور :

“ For example, a 1000 amp breaker can be changed from 1000 amps to 800 amps by adjusting the breaker continuous amps setting to 80%.

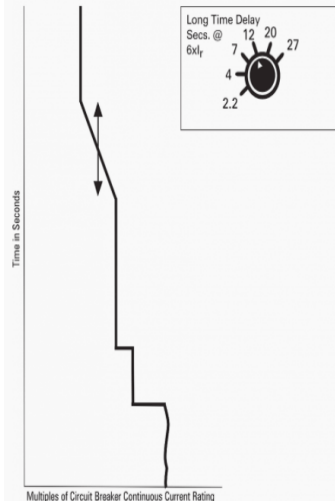


2- ضبط : Long Time Delay

مبدء عملها الحماية ضد تيار الحمل الزائد (Overload Current) وهو الجزء الخاص بفصل الأعطال ذات التيارات المنخفضة والتي يمكن تحملها لمدة طوي لة نسبيا وهي خاصية تسمح للتيارات بالتدفق بدون اي تأثير على القاطع وخروجه من الخدمة مثل تلك المشاكل التي نواجهها مع تيار البدء للمواتير وغيرها وذلك في زمن قد يقدر بالثواني ويتناسب هذا الزمن عكسيا مع قيمة التيار.

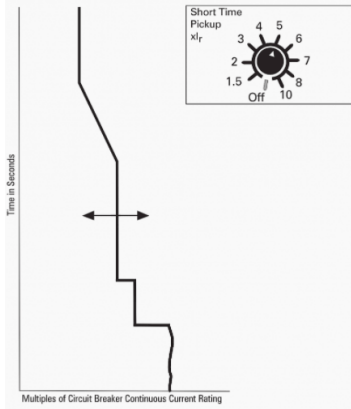
“ The adjustment is from 2.2 to 27 seconds at six times the continuous amps (Ir) setting.

As shown below, the long-time delay effects the position of an I^2T slope. This means that lower levels of current will allow the breaker to remain online for longer periods of time.



“ Short-time pickup is adjustable from 1.5 to 10 times the trip unit ampere setting (I_r).

For example, a 1000 ampere frame can be adjusted to trip anywhere from 1500 to 10,000 amps. The switch also has an "OFF" position to eliminate short-time pickup and short-time delay.

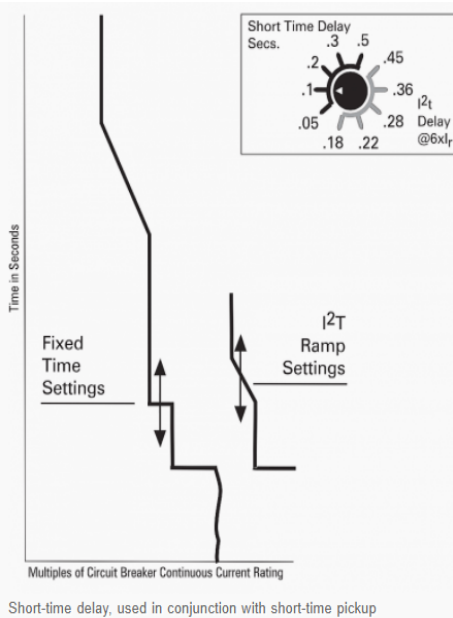


3- ضبط : Short Time Pickup

وهذه الخاصية تستخدم في حالة الأعطال الخطرة التي يتم فصلها في زمن قصير جداً يقاس بال ms ومبدء عملها الحماية ضد تيار القصر وتسمح بفصل القواطع الخاصة بالأحمال دون التأثير على أجهزة المنبع (upstream) وتزود هذه القواطع بإمكانية لضبطها على قيم معينة تتراوح ما بين (1.5 إلى 10) أمثال القيمة الاسمية للقاطع.

4- ضبط : Short Time Delay

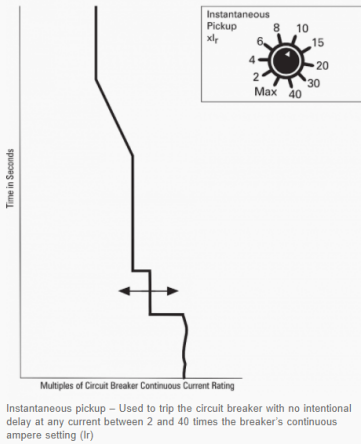
هذا الجزء يتم من خلاله ضبط زمن فصل STD الخاص بأعطال الجزء الذي سبقه Short Time Pickup كما ذكرنا ويتم إختيار قيمة تتراوح ما بين (0.05 الى 0.5 ثانية) ويكون هذا هو الزمن الدقيق تماماً عند مرور تيار يساوي تحديد ماتم ضبطه في ال pickup الخاص بال Short Delay. على سبيل المثال: اذا وجد معنا قاطع تم ضبط ال Rated الخاص به على 1000 أمبير وتم ضبط ال SD ليعمل عند 6 مرات من ال Rated و زمن الفصل ليكون 0.5 ثانية (فهذا يعني اذا أنه عند مرور 6000 أمبير فسيتم فصل القاطع بعد زمن قدره 0.5 ثانية بالضبط)



ملاحظة: يوجد لدينا وضعين في حالة ال Time Delay:

1. زمن فصل ثابت: (Fixed Time) وهو عبارة عن زمن فصل محدد, على سبيل المثال في الشكل أدناه كما هو واضح زمن الفصل الثابت يتراوح ما بين 0.05 إلى 0.5
2. I^2T Ramp: وهذه الخاصية عبارة عن منحدر زمني عكسي اي بمعنى كلما زادت قيمة التيار قل زمن الفصل والعكس كذلك.

“ If the continuous amp setting had been 300 amps, setting the instantaneous pickup at 10 would make the instantaneous setting equal to 3000 amps, well below the fixed instantaneous override.

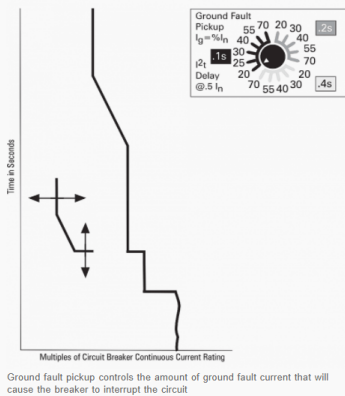


5- ضبط : Instantaneous Pickup

الفصل اللحظي يستخدم لفصل القاطع الكهربائي لحظياً بدون أي تأخير زمني مهما كانت قيمة التيار المار في الدائرة.

على سبيل المثال عندنا قاطع دائرة والضبط اللحظي الخاص به على 10 مرات من الـ I_r ولنفترض ان الـ $I_r = 1000 \text{ amp}$, اذا يصبح عندنا الـ $\text{Instantaneous Pickup} = (10 \times 1000) = 10000 \text{ amp}$ في هذه الحالة عند وصول القاطع لهذه القيمة وأعلى منها سيفصل القاطع لحظياً مهما كانت القيمة الأعلى من 10000 amp

“ The ground fault pickup is divided into three sections; .1s, .2s, and .4s. This feature adds a time delay of .1, .2, or .4 seconds to the breaker's trip when a ground fault occurs.

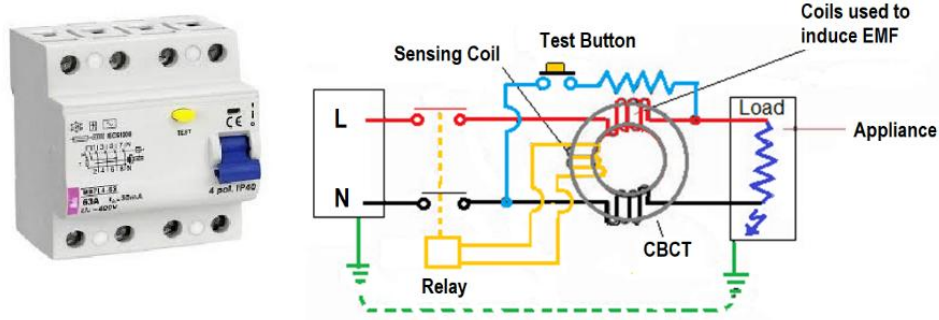


6- ضبط : Ground Fault Pickup

وفي هذه الخاصية يتم التحكم ب مقدار تيار العطل الذي يمكن أن يسبب فصل للدائرة وفي الصورة المجاورة واضح لكم كيفية استخدام هذه الخاصية.

3-4 : Earth leakage Circuit Breaker (ELCB) :-

هذا النوع يستخدم للحماية من التيار المتسرب إلى الأرض في التأسيسات الكهربائية، حيث تعتمد فكرة عمله على مقارنة قيمة التيار الداخل إلى الدائرة (تيار الـ Phase في حالة دوائر الـ 1-phase أو مجموع التيارات الثلاثة في دوائر الـ 3-Phase) بقيمة التيار الخارج منها (التيار في الـ Neutral) كما في الشكل التالي :-



شكل رقم (7) قاطع الحماية من تيار التسرب

فإذا حدث فرق بين التيار الداخل والخارج فذلك دليل على حدوث تسرب للتيار خارج الدائرة الأصلية . فإذا كان هذا الفرق في التيار أكبر من قيمة محددة تسمى " حساسية الجهاز " فإن قوة مغناطيسية M ستتولد تكون كافية لفصل الـ CB الرئيسي للوحة ومن ثم فصل الدائرة و إيقاف التسريب .

لاحظ في الشكل السابق أنه في الظروف الطبيعية عندما يكون مجموع التيارات في الأوجه الثلاثة (المقصود بالطبع هو المجموع الاتجاهي) مساويا للتيار الراجع في الـ Neutral فإن الفيض الناشئ داخل الحلقة المغناطيسية S سيساوي صفرا ، ومن ثم فالـ الدائرة المغذاة من الـ CB أسفل الحلقة S ستظل Closed . أما إذا حدث أي فرق بينهم فسيتم فتح هذه الدائرة .

ويتم توصيف الجهاز في الأساس بناء على قيمة الحساسية للتيار المتسرب ، وأشهر قيم الحساسية في السوق هي 5mA و 30mA ، والأجهزة من الفئة الأولى (30mA) غالية الثمن جدا ، لذا لا تستعمل إلا مع المواصفات العالية فقط ، أما الفئة الثانية (30mA) فهي التي تستخدم في الشقق السكنية . وهناك أيضا فئة ثالثة (300mA) وهي تصلح فقط لاكتشاف التسريب الأرضي في الأجهزة المعرضة بطبيعتها للرطوبة مثل أجهزة التكييف فوق السطوح ، و من ثم فهي ليست لحماية البشر ، حيث أن التيار الكهربائي بقيمة 300mA يكون كافيا لصعق إنسان بل وحرقه .

ويتم توصيف هذه الأجهزة أيضا طبقا لقيمة الـ Rated Current الذي يمكن أن يتحملة الجهاز طوال الوقت وأشهر هذه القيم 32,40,63,100 أمبير .

ويزود الجهاز عادة بمفتاح Test للاختبار T وهو عبارة عن Push Button موصل على التوالي بمقاومة ، فإذا ضغطنا على هذا المفتاح فإننا في الواقع نقوم عمدا بتسريب جزء صغير من تيار أحد الـ Phases الثلاثة ، وعندها سيقوم الجهاز بفصل الدائرة إذا كان بالفعل جاهزا .

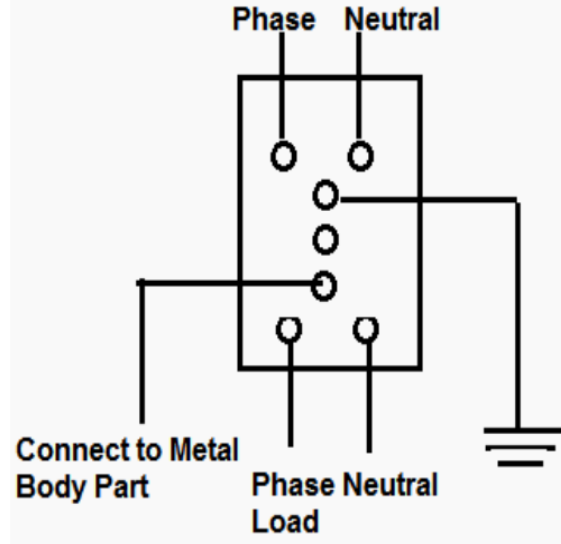
مع ملاحظة أن بعض هذه الأجهزة تؤدي نفس وظيفة الـ MCB في الحماية ضد الـ Short Circuits بالتوازي مع أداء دورها في الحماية ضد التسريب ، والبعض الآخر منها يستخدم للحماية ضد الترسيب فقط ومن ثم تحتاج لوجود CB آخر لحماية الدائرة من القصر .

وهناك أنواع أخرى من هذه القواطع تعتمد فكرتها على قياس التيار المار في سلك الأرضي الخاص بالمبنى ، على أساس أنه في الظروف الطبيعية سيكون التيار المار بوصلة الأرضي يساوي صفر ، ولن يمر به تيار إلا أثناء العطل فقط ، لكن هذا النظام يعتمد في تنفيذه على وجود نظام أرضي جيد .

■ ELCB اختصاراً ل Earth Leakage Circuit Breaker

■ وهي قواطع تسريب من النوع الذي يعتمد علي الجهد Voltage Based ELCB.

■ قاطع ELCB عبارة عن جهاز يحتوي علي طرفين ، يوصل أحدهما مع نظام الأرضي Earth ويوصل الطرف الآخر إلي الجسم المعدني للآلة المراد حمايتها وله أربعة أقطاب ويقوم بالتحسس والإكتشاف المباشر لأي تيار تسريب يمر من خلاله من الجسم المعدني للأجهزة إلي الأرض أو نظام الأرضي .



فكرة عمل قواطع Voltage ELCB

عند حدوث إنهيار لعزل الموصلات أو تلامس بين الفازة الحية وجسم المعدن سيحدث فرق في الجهد علي طرفي الملف coil المتصل بين جسم المعدن ونظام الأرضي (الملف داخل قاطع التسريب ويكون متصل من جهة بجسم المعدن ومن جهة أخرى بنظام الأرضي) ، هذا الفرق في الجهد سيتسبب في مرور تيار إلي ملف المرحل أو الريليه وإذا كان فرق الجهد أعلي من قيمه محدد كافي (أعلي من 50 فولت) سيكون التيار المار خلال المرحل كافي لتشغيله ومن ثم يقوم المرحل بفصل القاطع وبالتالي فصل التيار الكهربائي عن المعدن

ملاحظات

- قواطع Voltage ELCB تقوم بحماية المعدن أو الجهاز المتصل به فقط ولا توفر أي حماية للدوائر أو الأجهزة الأخرى .
- إستخدام هذا النوع أصبح محدوداً للغاية

4-4 قاطع Motor Protection circuit breaker واختصاراً MPCB

هو جهاز حماية مخصص لوقاية المحرك الكهربائي من تيار القصر والتيار الزائد عن القيمة المضبوط عليه، وهو يشبه إلى حد كبير الاوفرلود، مع بعض الإضافات الأخرى. يحتوي قاطع الـ MPCB على ضاغط للتشغيل وضاغط آخر للفصل، مع الفصل التلقائي في حال زاد التيار عن الحد المسموح به (المضبوط عليه مسبقاً)، ويمكن عمل اختبار له للتأكد من كفاءته وسرعة فصله.

يشار إلى أن جهاز الـ MPCB يدمج كلا من الكونتاكتور والافرلود، لاحتوائه على مفاتيح تشغيل وفصل مع حماية من التيار الزائد.



شكل رقم (8) قاطع نوع MPCB

4-5 قاطع التيار المتبقي Residual current circuit breaker واختصارا RCCB

■ وهي قواطع تسريب من النوع الذي يعتمد علي التيار (Current Based ELCB) ويطلق عليها RCCB

■ اختصارا ل Residual Current Circuit Breaker

■ وتسمى أيضا RCD وهي اختصارا ل Residual Current Device

■ كما تسمى أيضا GFCB وهي اختصارا ل Ground Fault Circuit Breaker

■ يطلق علي هذا النوع من القواطع أيضا بالقاطع التفاضلي لأن مبدأ عمله يعتمد علي المقارنه بين التيار

■ يعتبر هذا القاطع هو الحماية الثانية بعد أسلاك التأريض التي تكون مقاومتها اقل من 1 أوم ويطلق على هذا الجهاز قاطع الأمان لأنه يحمي الإنسان من التسرب الكهربائي للتيار نتيجة وجود خلل بالعزل للأجهزة الكهربائية حيث إن مرور تيار كهربائي صغير في حدود اكبر من 30 مللي أمبير في جسم الإنسان قد تؤدي إلي وفاته. ولهذا يفضل استخدام قواطع الحماية من تيار التسرب الأرضي

■ تعتمد قواطع RCCB علي محول تيار الذي يتحسس ملفه الفرق بين تيار الدخول وتيار الخروج للدائره أو المعده المراد حمايتها ومقدار الفرق حسب التعيير المسبق أو الضبط من 30 مللي أمبير إلي 100 مللي أمبير للحمايه من الصعق الكهربى .

فوائد استخدام قاطع الحماية من تيار التسرب:

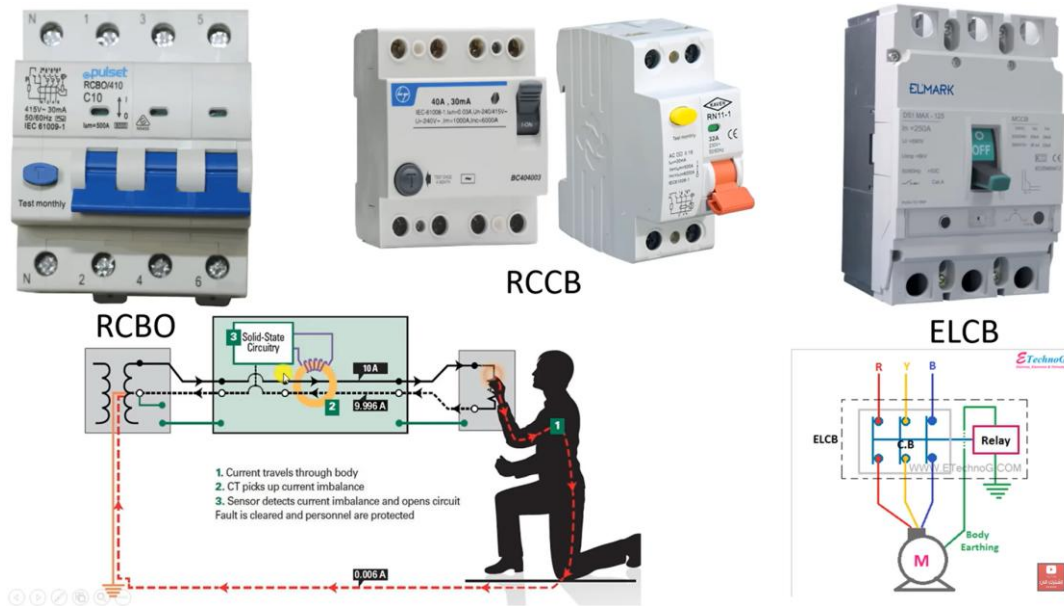
1. يساعد على منع الصدمات الكهربائية
2. يساعد على منع الحرائق
3. يساعد على حماية الأجهزة الكهربائية

4. يساعد على إطالة عمر الأجهزة الكهربائية

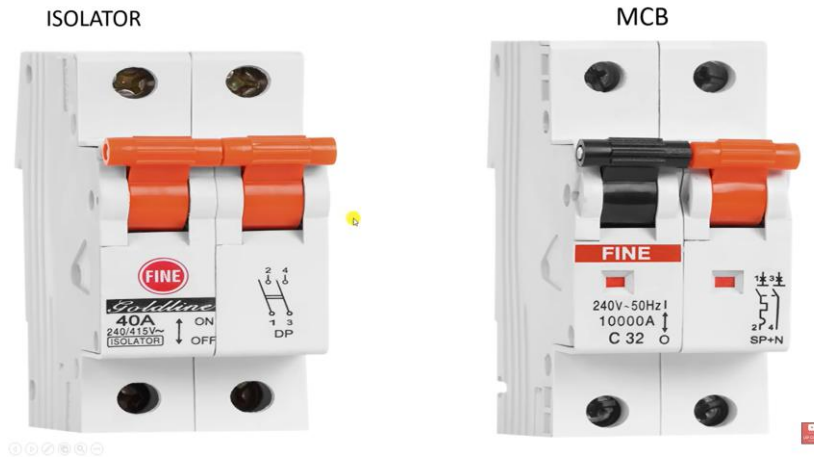
ISOLATOR	RCBO	RCCB	ELCB	MPCB	MCCB	MCB	اسم الجهاز
DISCONNECTOR	RESIDUAL CURRENT CIRCUIT BREAKER WITH OVERLOAD	RESIDUAL CURRENT CIRCUIT BREAKER	EARTH LEAKAGE CIRCUIT BREAKER	MOTOR PROTECTION CIRCUIT BREAKER	MOLDED CASE CIRCUIT BREAKER	MINITURE CIRCUIT BREAKER	الشكل
							
✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	الحماية ضد التيار الزائد
✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	الحماية ضد تيار القصر
✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	الحماية ضد تيار التسريب الأرضي
✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	الحماية ضد فقد الفازات

شكل رقم (9) أنواع القواطع

الفرق بين حماية التسريب الأرضي والتيار المتبقي.

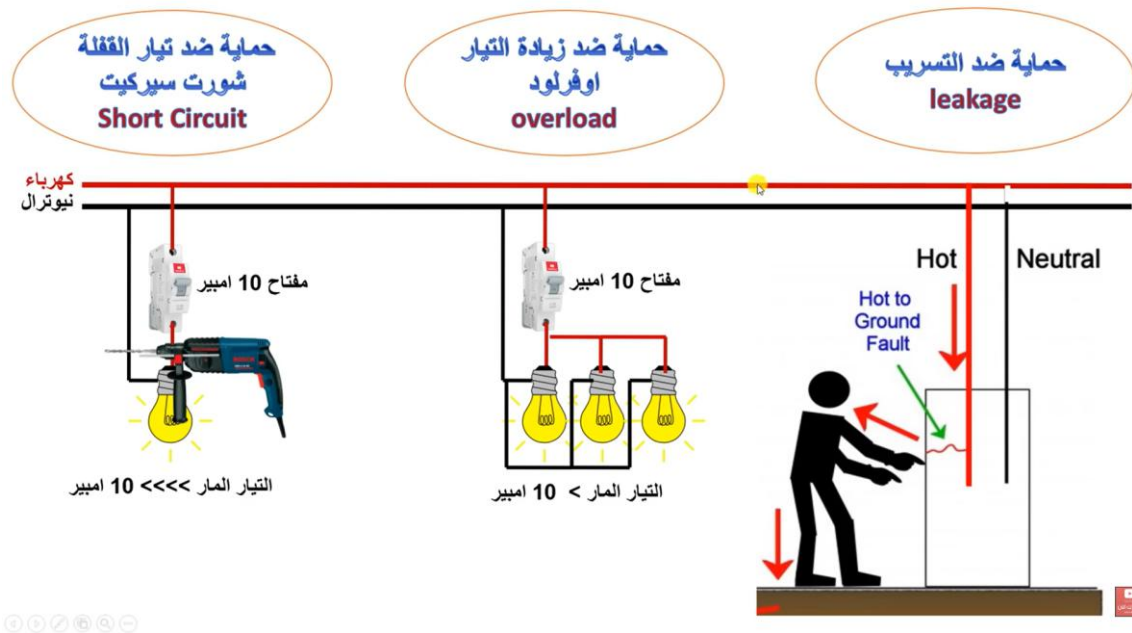


شكل رقم (10) الفرق بين حماية التسريب الأرضي والتيار المتبقي



شكل رقم (11) الفرق بين قاطع الدورة والفاصله

مثال عملي يبين الفرق بين حماية فوق التيار وحماية تيار القصر وحماية ضد التسريب الأرضي



شكل رقم (12) حمايات القاطع

قواطع دورة للضغط المتوسط والعالي قواطع الجهد المتوسط والعالي

ان قواطع الدورة في المحطات الثانوية هي ثلاثية الاطوار وكل طور معزول عن الآخر يتم تشغيلها عن طريق آلية تشغيل واحدة) فيما عدا قواطع الـ 400 kv لكل طور آلية تشغيل منفصلة تعمل معا بالتزامن (ويمكن تشغيل القاطع يدويا أو كهربائيا أو ذاتيا بأشكال وطرق وتوصيلات مختلفة، وقد يكون مزودا بعناصر حماية الدوائر الكهربائية (Protection Relays) الكافية لحماية تلك الدائرة المستخدم فيها، وتكون وظيفته إيصال التيار الكهربائي إلى الدائرة الكهربائية في حالة أنه يراد إيصاله ويقوم بفصل التيار الكهربائي في حالة أنه يراد فصله أما الفصل الذاتي (Automatic) فيقوم به القاطع في حالة حدوث دائرة قصر (short circuit) أو خطأ ارضي (Earth Fault) أو زيادة الحمل أو التيار (Over load) أو في حالة هبوط الفولتية أو زيادتها وغير ذلك من إشارات يتلقاها

المستويات التي تستخدم فيها قواطع الدورة للضغط العالي تستخدم قواطع الدورة للضغط العالي في محطات الضغط العالي والفائق للفولت KV (0.4 / 11/33/132/400) ولكافة هذه المستويات تستخدم في القاطع حجرة لإطفاء الشرارة بالاستعانة بوسط عازل كما يوجد في المحطات الثانوية قواطع دورة للضغط المنخفض (0.22/0.4 kv) ويكون الهواء أو الفيض المغناطيسي هو الوسط العازل نتيجة لانخفاض مستوى الفولتية فيه ويوجد عدد كبير منها في المحطات الثانوية تستخدم في توزيع منظومة التيار المتناوب.

أجزاء قواطع الدورة للجهد المتوسط والعالي

تتعرض ملامسات القاطع عند لحظة التوصيل المرور تيار كهربائي عالي نسبيا يسمى (starting current) أو (Inrush current) تعتمد قيمته على جهد الدائرة وعلى محصلة ممانعة الحمل (load impedance) و هذا التيار اللحظي يكون أضعاف قيمة تيار تشغيل الحمل ولهذا يجب أن تكون ملامسات القاطع ذات درجة تحمل مناسبة لتحمل ذلك التيار ، وتصمم قواطع الدورة لتحتوي على غرفة اطفاء الشرارة . يقوم قاطع الدورة بعملية تبريد واستطالة وتقطيع للشرارة تمهيدا لاختمادها وهذه العملية .

1- غرفة اطفاء الشرارة

وهي الحجرة التي يتم فيها عملية الفصل والتوصيل وتكون معزولة عزل كهربائي عن آلية التشغيل وعن الأرض .

2- الملامس المتحرك Moving contact

تصنع الملامسات المتحركة من مادة جيدة التوصيل للكهرباء وهي سبيكة من النحاس النقي وبعض المواد الموصلة لكي تعمل على تحملها لجهودات اكبر ووظيفتها (مع الملامس الثابت) الوصل المباشر بين أطراف المصدر الكهربائي وأطراف دائرة الحمل عن طريق نقاط ربط مخصصة لذلك، وفي بعض القواطع خاصة ذات القدرات الكهربائية العالية تكون الملامسات المتحركة وكذلك الملامسات الثابتة ذات جزئين حيث يكون الجزء الثاني مضافا لوقاية الملامسات الرئيسية من آثار الشرارة الكهربائية الذي تحصل عند التوصيل و الفصل وتسمى الملامسات الأولى باللامسات الرئيسية Main contact ويسمى الجزء الثاني من الملامس بلامسات امتصاص الشرارة (Arcing contact) وتتحكم آلية التشغيل بحركة الملامس المتحرك حيث تقوم بوصله أو فصله عن الملامس الثابت.

3- الملامس الثابت Fixed contact

ويتكون من مادة جيدة التوصيل للكهرباء من النحاس النقي وتطلى تلك الملامسات بماده تعمل على تحملها لجهودات اكبر ووظيفته مشتركة مع الملامس المتحرك، توجد هناك ملامسات امتصاص شرارة ثابتة تقابل ملامسات امتصاص الشرارة المتحركة.

4- محرك الشحن charging motor

الذي قد يكون محرك ثلاثي الاطوار (Three phase motor) او محرك تيار مستمر (DC motor) وقد تكون مهمته شحن نابض او تشغيل مضخة زيت هايدروليك او مضخة هواء الى آخره.

5- ملف الغلق وملف الفتح الكهربائي Trip coil and close coil

ويتكون من ملف نحاسي ذو قلب حديدي ويكون مسؤول عن اعطاء ايعاز الى آلية التشغيل بالغلق او الفتح الكهربائي ويتلقى هذا الايعاز من دوائر السيطرة او الحماية ويعمل على فولتية 110 vdc ويستفاد منه للسيطرة على عمل القاطع بشكل ذاتي او عن بعد.

6- المفاتيح المساعدة Auxiliary relay

وهي عبارة عن مجموعة من نقاط بعضها مغلق وبعضها مفتوح تكون على محور واحد فعند غلق قاطع الدورة تنغلق النقاط المفتوحة وتفتح النقاط المغلقة ويرتبط بآلية التشغيل بصورة مباشرة عن طريق عتلة ميكانيكية وبذلك يقوم بعكس صورة عن حالة قاطع الدورة اذا كان مغلقا ام مفتوحا (Open or Close) يتم الاستفادة من هذه المفاتيح لتسليك دوائر السيطرة والحماية ونقل الاشارات ودوائر الغلق المتداخل (Interlocks) وكثير من الاستخدامات الاخرى.

7- العداد counter

وهو عبارة عن عداد صغير يرتبط بآلية التشغيل بواسطة عتلة ميكانيكية ويقوم بتسجيل عدد مرات اشتغال القاطع .



8-الوسط العازل Insulation media

يمكن تصنيف قواطع الدورة من حيث غرفة اطفاء الشرارة او الوسط العازل الى:-

أ- قواطع الزيت القليل Minimum oil C.B

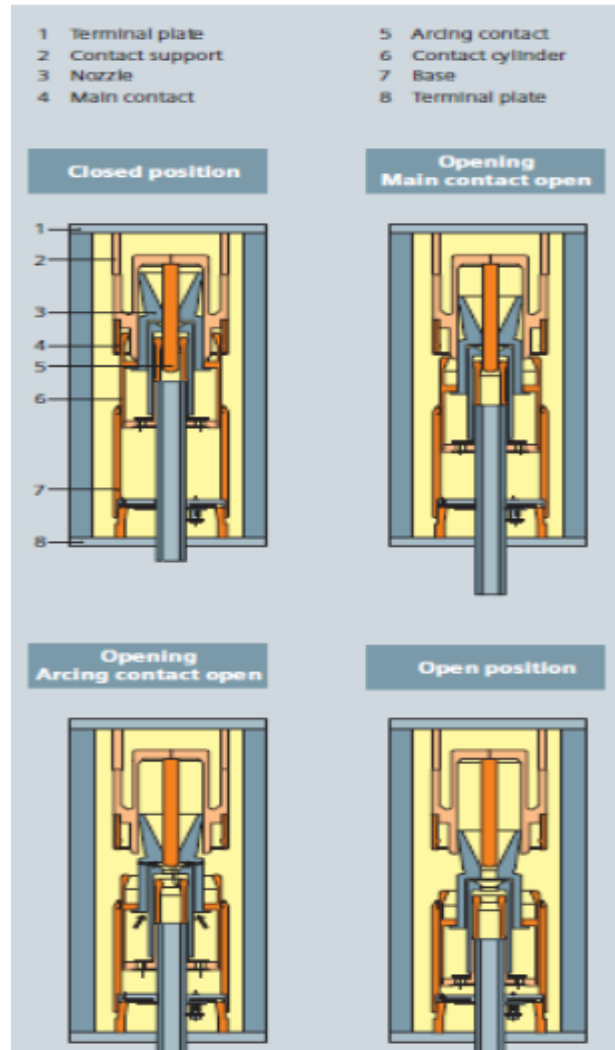
ويستخدم في القواطع ذات القدرات المتوسطة والعالية ويكون هذا الوسط زيت عازل مشابه لزيت المحولات ويحتوي على تجاويف تسمح بمرور الزيت باتجاه الشرارة ليقوم بتبريدها وتطويلها وتقطيعها واتمام عملية الفصل بالاضافة الى هناك قواطع دوره يضاف اليها نيتروجين مضغوط مع الزيت لزيادة سعه القطع القاطع دوره بالاضافة الى ان تلك القواطع بحاجة الى صيانة دورية لاستبدال الزيت وللحفاظ على شدة العزل الكهربائي له اعتمادا على عدد حالات الفصل للقاطع .

ب-قواطع الزيت الكثير (Bulk Oil C.B)

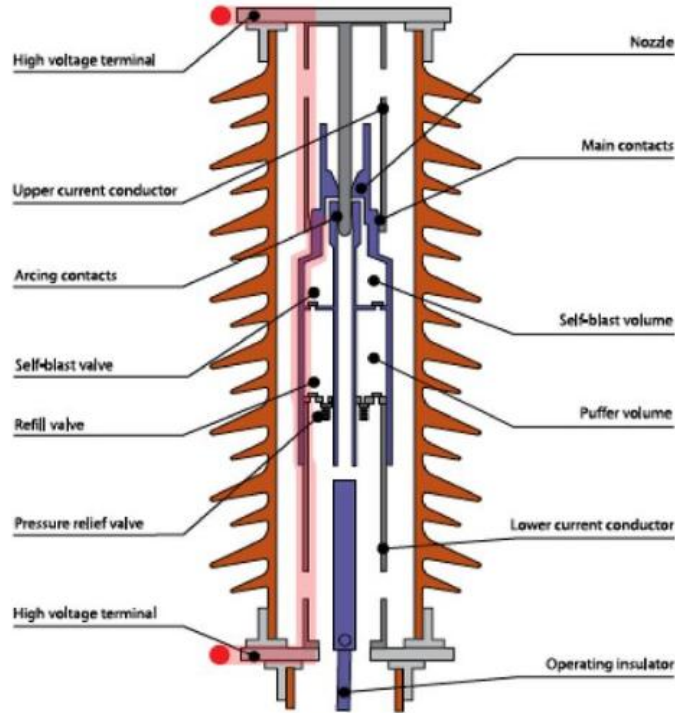
يستخدم هذا النوع كمية كبيرة من الزيت ويتكون من خزان كبير نسبيا يعتمد مبدأ اطفاء الشرارة فيه على الكمية الكبيرة من الزيت الموجودة فيه لتبريد الشرارة واطفائها وهذا النوع موجود حاليا على نطاق ضيق جدا في العراق نتيجة لقدمه وعدم لبيته لمتطلبات ارتفاع مستوى الدورة القصيرة ومن مساوئه ان القاطع يحتاج الى صيانة واستبدال للزيت بين فترة واخرى اعتمادا على عدد حالات الفصل في القاطع، لذا حل محله القواطع الغازية والقواطع المفرغة من الهواء.

ج-القواطع الغازية Gas C.B

القواطع الغازية وتحتوي على غاز سادس فلوريد الكبريت (SF6) والذي يعتبر غاز خامل غير قابل للاشتعال و عديم اللون والرائحة وذو قابلية عالية على العزل الكهربائي وتزداد قابليته على العزل كلما زاد ضغطه وكذلك قابليته على تشكيل نفسه بعد عملية التحلل بسبب الشرارة كما يمتاز بعمره الطويل. ويمتاز هذا الغاز بأنه عند الضغط الجوي قدرته على العزل الكهربائي أكثر من الهواء بثلاثة أو اربع مرات. وتبرز أهمية هذا الغاز في إخماد الشرارة الكهربائية بصفته الكهروسلبية (Electronegative gas) حيث أنه يميل إلى كسب إلكترونات وعندما يتحرك الملامس المتحرك فإن غاز الـ SF6 سوف يندفع إلى حجرة الإخماد عاملا على كسب إلكترونات مشكلا أيونات سالبة غير متحركة نسبيا مما يسهل إطفاءه. ومن مساوئ هذا الغاز انه ثقيل وعند تعرضه للاحتراق نتيجة fault يتحول الى غاز سام ومساحيق سامه ايضا و يجب اخذ اجراءات السلامة المهنية ولذلك يجب أن يتعامل معه بحذر بطريق تقي من مخاطره فقد يسبب الاختناق عند تسربه وتواجده في حيز يحتوي نسبة كبيرة منه .



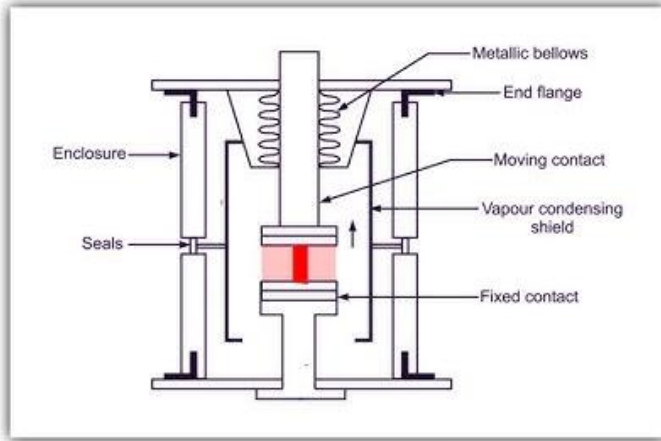
صوره لغرفة اطفاء الشراره لقواطع الدورة الغازية



التركيب الداخلي لقاطع 132 كي في بغاز SF6

د- القواطع المفرغة من الهواء Vacuum CB

وهي القواطع التي تعمل على مبدأ عدم وجود أي وسط لانتقال واستمرار الشرارة لمنع حدوث تأين الهواء الذي يساعد على حدوث القوس أو الشرارة الكهربائية ولا تحتوي هذه الحجرة على تجاويف أو أخاديد معالجة الشرارة لأنها من المفترض أن لا تتكون لعدم وجود وسط لانتقالها .



من الأنواع المختلفة من أجهزة الحماية

الغرض الأساسي للقواطع هي فصل التيار عند حدوث أي عطل أو عند الحاجة لإجراء أعمال صيانة، ولكنها تواجه خطر القوس الكهربائي الذي ينشأ عند فصل التيار، ويتم استخدام العديد من الطرق لتجنب هذا الخطر، وبناء على نوع الوسط المستخدم لإخماد القوس يتم تصنيفها لما يلي:

1- القواطع الزيتية

في هذا النوع من القواطع يتم استخدام بعض الزيوت العازلة (مثل زيت المحولات) كوسيط لإخماد القوس ويمتلك الزيت عازلية أفضل من الهواء. ويتم غمر أقطاب التوصيل المتحركة والثابتة داخل الزيت العازل.

وعندما يحدث فصل للتيار، تكون الأقطاب مغمورة بالزيت، ويحدث القوس في القاطع لحظة فصل الأقطاب، ولكن حدوث القوس وسط الزيت ينتج طاقة حرارية تؤدي لتحلل الزيت وتبخره إلى فقاعات من غاز الهيدروجين. وبزيادة الضغط داخل القاطع تندفع هذه الغازات المحبوسة وتسبب اضطراب في الزيت مما يؤدي إلى إطفاء القوس الكهربائي.

وتتصاعد الغازات الناتجة إلى أعلى الخزان وتخرج من فتحات التهوية، إذا كانت هذه الفتحات مسدودة فقد يحدث انفجار للخزان. ويجب عدم ملأ الخزان بالكامل بالزيت، بل يجب ترك مساحة لهذه الفقاعات.



تجد قواطع دارة الزيت استخدامًا واسعًا في نظام الطاقة. يمكن تصنيفها إلى الأنواع التالية:

قواطع من النوع: Bulk Oil Circuit Breaker (BOCB) وتستخدم كمية كبيرة من الزيت. وذلك لأنه يؤدي وظيفتين أولاً، يطفئ القوس أثناء فتح الأقطاب. وثانياً، يعزل الأجزاء الموصلة للتيار عن بعضها البعض وعن الخزان المؤرض.

قواطع الدائرة من النوع: Minimum Oil Circuit Breaker وتستخدم كمية قليلة من الزيت. في مثل هذه القواطع، يتم استخدام الزيت فقط من أجل إخماد القوس الكهربائي، ويتم عزل الأجزاء الموصلة للتيار بالهواء أو البورسلين. ونظرًا لقلّة كمية الزيت المستخدم فإنه يسهم في الحد من خطورة وقوع الحرائق. وأيضًا أرخص من النوع الأول.

مزايا القواطع الزيتية

1. يمتص الطاقة المتولدة من القوس بتحويل الزيت إلى غازات وهذا يساعد على التبريد.
2. يمتلك الزيت شدة عزل عالية.
3. يعمل كعازل بين الأرض والأجزاء الحية.

عيوب القواطع الزيتية

1. قابل للإشتعال وهناك خطر نشوب الحريق.
2. قد يشكل خليطاً متفجراً مع الهواء.
3. تبقى المواد المتولدة من القوس مثل الكربون في الزيت وتتدهور جودتها مع العمليات المتتالية. هذا يستلزم إجراء فحص دوري واستبدال الزيت.

قواطع الهواء المندفع

يستخدم مع هذا النوع من القواطع ضاغط لدفع الهواء عند حدوث القوس لإخماده. عند فصل نقاط التلامس داخل القاطع تتعرض الفجوة بينهما لمجال كهربائي عالي وترتفع درجة الحرارة مما يتسبب في تأين الهواء العازل وحدث القوس الكهربائي. عند ذلك يندفع الهواء المضغوط ويعمل على تبريد القوس وتنخفض درجة القوس الكهربائي وتختفي ظاهرة التأين ويتم قطع التيار.

مميزات القواطع الهوائية

1. لا وجود لخطر الحريق التي يتسبب فيها الزيت.
2. سرعة فصل فائقة.
3. يحتاج إلى صيانة أقل من القاطع الزيتي .
4. يتم إزالة مخلفات القوس بالكامل بواسطة الهواء المضغوط، بينما تظل في الزيت وتعمل على تدهور عزله مع العمليات المتكررة، وبهذا يتم تجنب تكاليف استبدال الزيت الدورية.
5. يعمل الهواء المضغوط على إعادة شدة العزل بسرعة وتكون الفجوة بين نقاط التلامس صغيرة، هذا يقلل من حجم الجهاز.
6. مناسبة جداً للظروف التي تتطلب فصل متكرر.

عيوب القواطع الهوائية

1. عند الحاجة لعمليات الفصل المتعددة يجب تواجد ضاغط هوائي ذو سعة كبيرة لإعادة الضغط داخله لقيمته العالية بعد كل عملية تشغيل.
2. احتمالية تسرب الهواء من مواسير التغذية.

القواطع المفرغة من الهواء

في هذا النوع لا يوجد أي وسط مطلقاً في المنطقة المحيطة بأطراف القاطع الداخلية، وهي مفرغة بالكامل، وبالتالي فلن تحدث شرارة بداخله. فهذا القاطع يتكون من اسطوانة مغلقة تحتوى على أطراف

التوصيل المتحركة داخل فراغ، وعند حدوث القوس نتيجة الفصل فإنه سرعان ما يخمد لانعدام الوسط الداعم له كالزيت أو الغاز.

ويتميز هذا النوع بارتفاع عدد مرات الفصل المسموح بها خلال عمر القاطع عند التشغيل العادي، وأيضًا عدد مرات الفصل عند تيار القصر Circuit Short ،

مميزات القواطع المفرغة

1. زمن الفصل في حدود نصف دورة لتيار القصر. (Short Circuit)
2. لديها شدة عزل عالية،
3. يمكنها فصل أي تيار خطأ.
4. عدم احتوائها على سوائل قابلة للاشتعال (مثل الزيت) أو على غازات قد يصعب التعامل معها مثل SF_6 .
5. خفيفة الوزن، وهادئة لا تصدر ضوضاء.
6. لا تحتاج إلى صيانة.
7. تتطلب طاقة أقل لعملية التحكم.

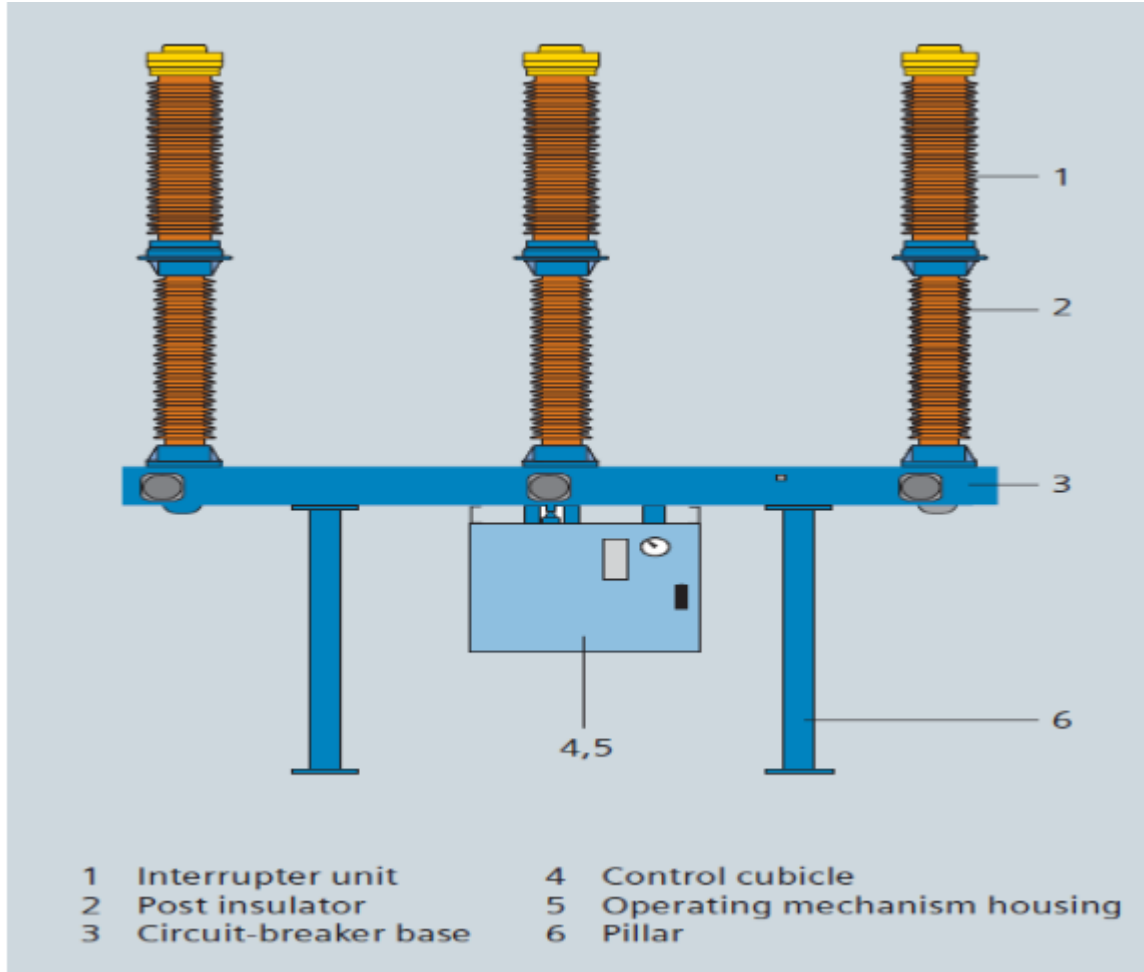
عيوب هذه القواطع:

قد يتعرض القطبين الثابت و المتحرك للانهيال او التآكل مما يعني استبدال الغرفة بالكامل.

ويكثر استخدام هذا القاطع في محطات الجهد المتوسط.

القواطع المعزولة بغاز الـ SF_6

في هذه القواطع يتم استخدام غاز سداس فلوريد الكبريت (SF_6) كوسيط اخمد للقوس SF_6 . هو غاز كهربائي سالب وله ميل عالي لامتصاص الإلكترونات الحرة.



عند فتح نقاط التلامس في وجود تدفق عالي الضغط لغاز SF_6 ينشأ القوس بين الأقطاب. ويتم جذب الإلكترونات الحرة الموصلة في القوس بسرعة بواسطة الغاز لتكوين أيونات سالبة غير متحركة نسبيًا. يؤدي هذا الفقد في الإلكترونات الموصلة في القوس إلى تكوين قوة عزل كافية لإطفاء القوس.

مزايا قواطع SF_6

نظرًا لخصائص غاز SF_6 الفائقة في اخمد القوس، فإن قواطع الدائرة SF_6 لها العديد من المزايا على القواطع التي تعمل بالزيت أو الهواء، ومنها مايلي:

1. يتم اخمد القوس بوقت قصير جدًا.
2. شدة العازلية لغاز SF_6 تبلغ 2 إلى 3 أضعاف شدة عزل الهواء في الضغط الجوي، فإن هذه القواطع يمكن أن تفصل تيارات أكبر بكثير.
3. يمتاز بالهدوء في التشغيل وعدم وجود ضوضاء.
4. لا يوجد خطر نشوب حريق في مثل هذه القواطع لأن غاز SF_6 غير قابل للإشتعال.
5. قواطع SF_6 تكلفة صيانتها منخفضة ومتطلبات تأسيسها خفيفة وتحتاج لمعدات مساعدة قليلة.

6. نظرًا لأن قواطع SF_6 مغلقة تمامًا ومعزولة عن الهواء الجوي، فهي مناسبة للاستخدام في الأماكن التي يوجد فيها خطر الانفجار مثل مناجم الفحم.

عيوب قواطع SF_6

1. قواطع SF_6 مكلفة بسبب ارتفاع تكلفة غاز SF_6 .
2. يعتبر من الغازات المسببة للاحتباس الحراري و أكثرها ضررًا بالبيئة.









جامعة الفرات الأوسط التقنية

كلية البوليتكنك نجف

قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

العناصر الأساسية في لوحة ودوائر التحكم

اعداد

د. حسن وهاب صالح

الاختبار القبلي

السؤال 1: إلى أي قسمين رئيسيين ينقسم المخطط الكهربائي؟

أ) دائرة القدرة ودائرة الإضاءة

ب) دائرة التحكم ودائرة الاستطاعة

ج) دائرة التيار ودائرة الجهد

د) دائرة المحركات ودائرة الحماية

السؤال 2: ما الوظيفة الأساسية للـ **DIN Rail** في لوحة التحكم؟

أ) حماية اللوحة من زيادة الجهد

ب) قياس التيار الكهربائي

ج) تركيب الأجهزة الكهربائية عليه

د) فصل التيار عن المحركات

السؤال 3: ما الوظيفة الأساسية لمجاري الأسلاك **Wire Duct**؟

أ) زيادة جهد التغذية

ب) تنظيم الأسلاك وتقليل التشويش الكهربائي

ج) حماية المحرك من الحمل الزائد

د) تحويل التيار المتردد إلى مستمر

السؤال 4: ما الوظيفة الأساسية لمفرغ الجهد **Surge Arrestor**؟

أ) التحكم بسرعة المحرك

ب) حماية المعدات من الارتفاعات المفاجئة في الجهد

ج) تحويل الجهد إلى 24 فولت

د) تشغيل الكونتاكتور

السؤال 5: ما هي أطراف ملف الكونتاكتور **Coil** عادةً؟

أ L1 و L2

ب T1 و T2

ج A1 و A2

د N و PE

السؤال 6: ما هي أطراف التلامسات الرئيسية للكونتاكتور؟

أ A1 و A2

ب L1, L2, L3 و T1, T2, T3

ج 1 و 2 فقط

د R و S و T فقط

السؤال 7: ما وظيفة القاطع الحراري **Overload** في دائرة المحرك؟

أ) زيادة سرعة المحرك

ب) حماية المحرك عند حدوث زيادة في الحمل

ج) خفض جهد التغذية إلى 24 فولت

د) تشغيل وإيقاف المحرك فقط

السؤال 8: ما اللون الذي يمثل حالة التشغيل في مصابيح لوحة التحكم؟

أ) الأحمر

ب) الأصفر

ج) الأخضر

د) الأزرق

السؤال 9: في مؤقت **On-Delay**، متى تتغير وضعية التلامسات؟

أ) فور انقطاع التغذية

ب) بعد زمن معين من تغذية ملف التايمر

ج) قبل تغذية الملف

د) فقط عند حدوث عطل

السؤال 10: ما الوظيفة الأساسية لجهاز **Phase Failure**؟

أ) حماية المحركات من مشاكل الجهد وانقلاب الأطوار

ب) تحويل الجهد من 380 إلى 24 فولت

ج) التحكم في الإضاءة فقط

د) زيادة تيار تشغيل المحرك

العناصر الأساسية في لوحة و دوائر التحكم

لوحة التحكم الكهربائية: تعريفها ومكوناتها

ينقسم المخطط الكهربائي إلى قسمين رئيسيين:

1- دائرة التحكم (Control Circuit)

2- دائرة الاستطاعة (Power Circuit)

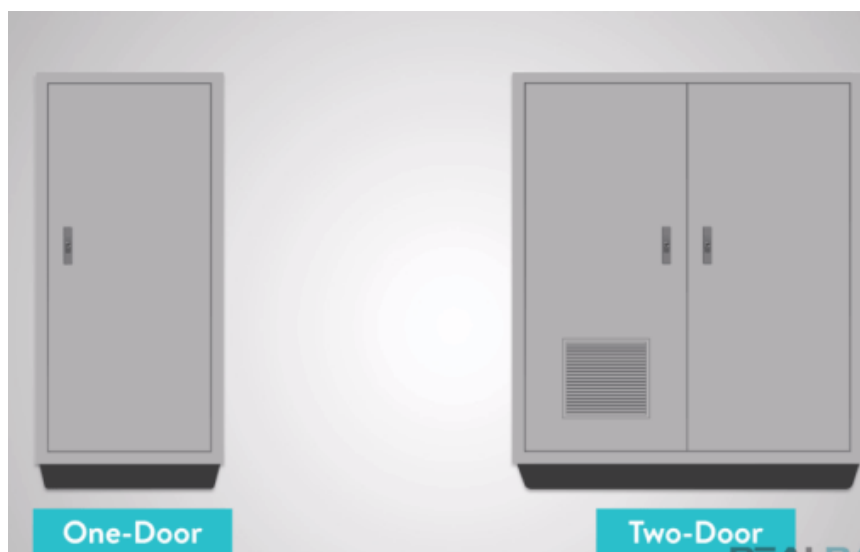
وهناك عناصر كهربائية، منها ما يستخدم في دائرة التحكم ومنها ما يستخدم في دائرة التحكم والسيطرة ومنها ما يستخدم في الاثنين معاً .

كما في لوحة التحكم كهربائية على أنها جسم الإنسان، فكما لدينا أجهزة حيوية تتفاعل وتستجيب مع المؤثرات المحيطة كذلك لدينا لوحة التحكم الكهربائية فما هي إلا صندوق معدني يضم عدداً من المعدات الكهربائية التي تتحكم في العمليات الميكانيكية وتديرها.

1- ما الصندوق المعدني؟

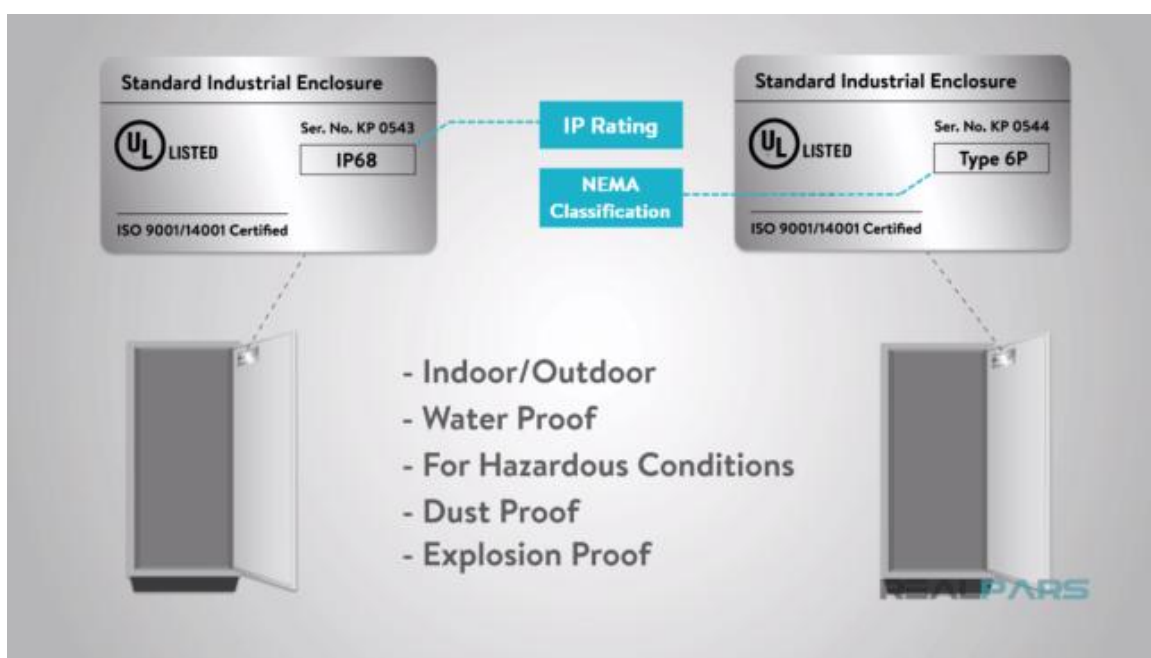
فالصندوق المعدني هو الذي يضم كل الأجهزة الكهربائية للوحة التحكم وغالباً ما يكون من الألومنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ، ويختلف حجمه بحسب حجم العملية.

ومن الممكن أن يحتوي صندوق لوحة التحكم الكهربائية على أقسام عديدة لكل قسم منها بابٌ مخصوصٌ به، لذا يصنف الصندوق المعدني غالباً بعدد أبوابه

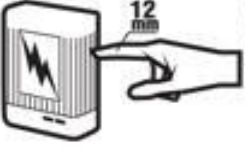


عدد أبواب الصندوق المعدني

لكل صندوق معيار أمان كهربائي تحدده مختبرات التأمين (UL (Laboratories Underwriters ، كما يجب أن يتوافق الصندوق ومعايير الحماية (IP ingress protection أو تصنيف (National Electrical Manufacturers Association) NEMA الذي يحدد ما إذا كان الصندوق سيستخدم داخلياً أو خارجياً، ودرجة مقاومته للماء، وهل هو صالح للاستخدام في الظروف الخطرة ومدى قدرته على مقاومة الأتربة أو قابليته للانفجار.



IP (Ingress Protection) Ratings Guide

SOLIDS		WATER	
1	 Protected against a solid object greater than 50 mm such as a hand.	1	 Protected against vertically falling drops of water. Limited ingress permitted.
2	 Protected against a solid object greater than 12.5 mm such as a finger.	2	 Protected against vertically falling drops of water with enclosure tilted up to 15 degrees from the vertical. Limited ingress permitted.
3	 Protected against a solid object greater than 2.5 mm such as a screwdriver.	3	 Protected against sprays of water up to 60 degrees from the vertical. Limited ingress permitted for three minutes.
4	 Protected against a solid object greater than 1 mm such as a wire.	4	 Protected against water splashed from all directions. Limited ingress permitted.
5	 Dust Protected. Limited ingress of dust permitted. Will not interfere with operation of the equipment. Two to eight hours.	5	 Protected against jets of water. Limited Ingress permitted.
6	 Dust tight. No Ingress of dust. Two to eight hours.	6	 Water from heavy seas or water projected in powerful jets shall not enter the enclosure in harmful quantities.
Rating Example: IP65 INGRESS PROTECTION		7	 Protection against the effects of immersion in water between 15 cm and 1 m for 30 minutes.
		8	 Protection against the effects of immersion in water under pressure for long periods.

المواصفات المعيارية للصندوق

وتتكون اللوحة من مكونات كهربائية و غير كهربائية

2-المكونات غير الكهربائية التي تتألف منها لوحة التحكم

أ- اللوحة الخلفية

ب- سكة التثبيت DIN rails

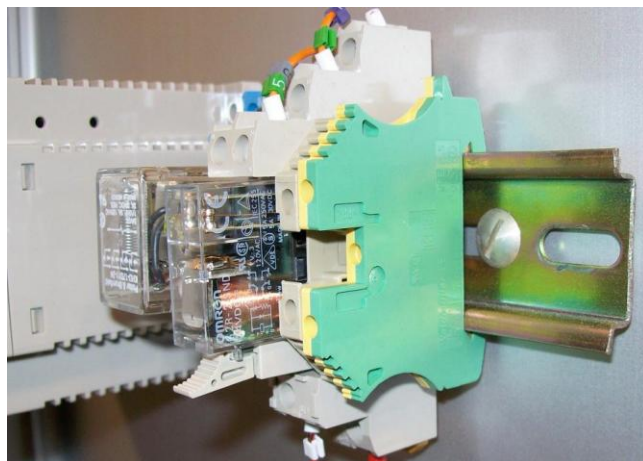
ت- مجاري الأسلاك

أ-اللوحة الخلفية للصندوق:

هي لوح معدني مثبت بالجزء الداخلي من الصندوق المعدني تسمح لنا بحفر فتحات لتركيب للأجهزة المختلفة باستخدام قضبان DIN .

ب-سكة التثبيت:

هو قضيب معدني ذو حجم معياري يُستخدم لتركيب الأجهزة الكهربائية عليه.



DIN rail

ت-مجاري الأسلاك wire duct

تسمح لنا بوضع الأسلاك وضعاً منظماً ومرتباً، كما تعمل على تقليل التشويش الكهربائي بين الأجهزة.





اللوحة الخلفية، سكك التثبيت، مجاري الأسلاك

3-المكونات الكهربائية للوحة التحكم:

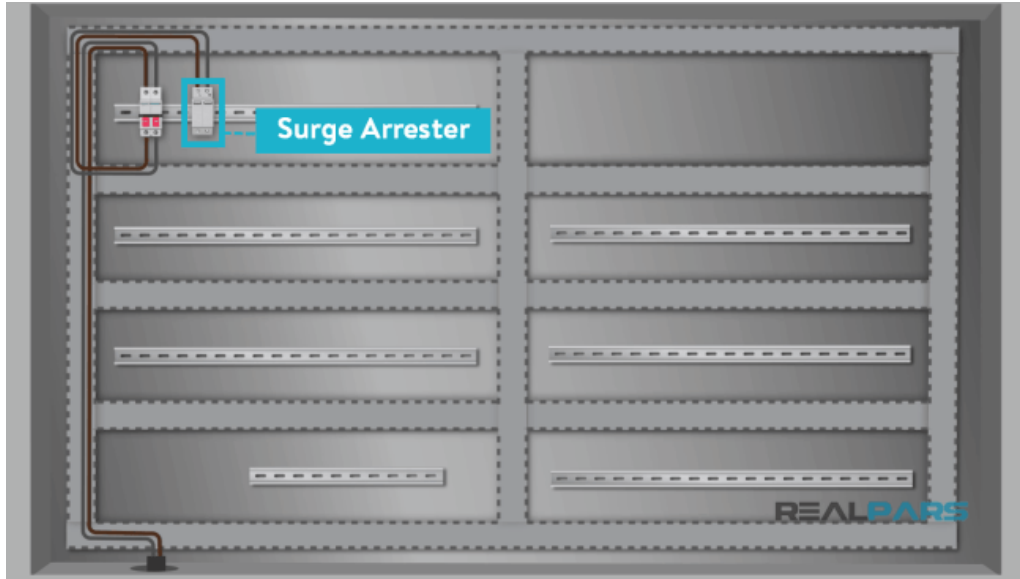
أ-قاطع التيار الرئيسي:

قاطع التيار الرئيسي circuit breaker هو المسؤول عن توصيل الطاقة الكهربائية إلى لوحة التحكم، وغالباً ما يتصل هذا القاطع بقاطع تيار آخر خارج اللوحة حتى يتسنى لنا قطع التيار عن اللوحة من دون الحاجة إلى فتحها.

ولكن عليك بتوخي الحذر. فحتى لو فتحت القاطع فإن جانبه الرئيس سيظل متصلاً بالكهرباء. جدير بالذكر أن اللوحة الكهربائية تعمل بجهد كهربائي يتراوح من 120 إلى 480.

ب-مفرغ الجهد:

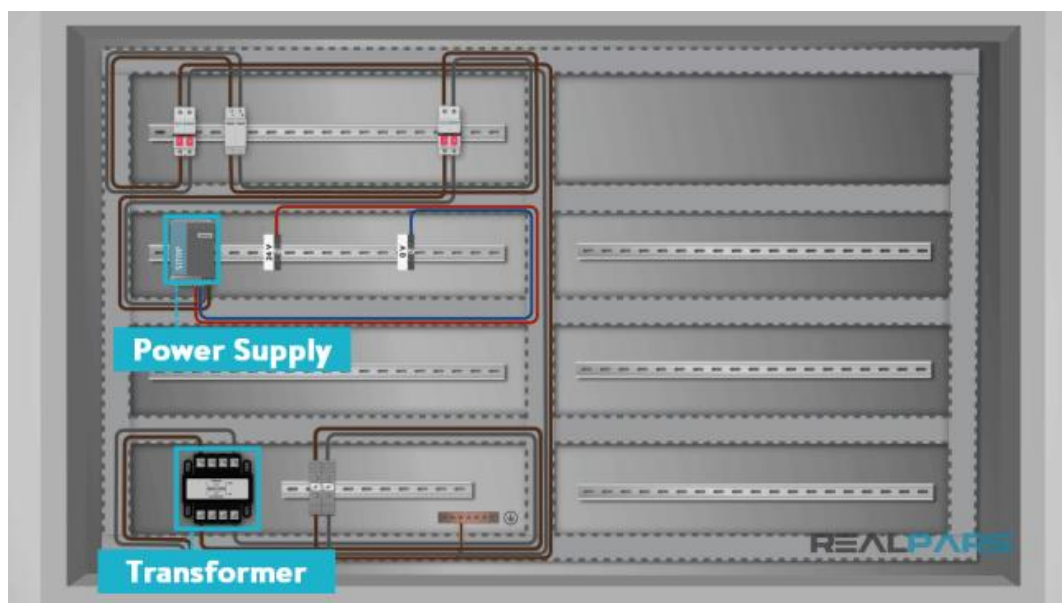
يتصل مفرغ الجهد surge arrestor مباشرة بقاطع التيار الذي يؤدي دوراً مهماً في حماية جميع المعدات الكهربائية داخل لوحة التحكم من الارتفاعات المفاجئة في التيار الكهربائي أو الجهد الزائد الذي قد يأتي من البرق أو من مصدر الطاقة الكهربائي.



مفرغ الجهد وقاطع التيار الرئيسي

ت-محول القدرة :

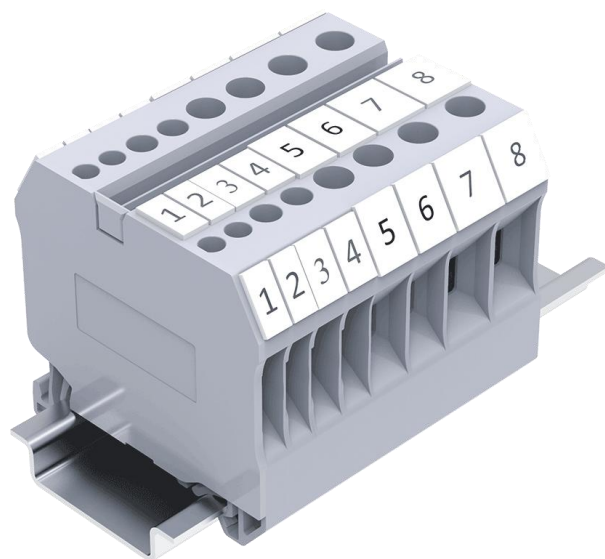
أنَّ الجهد القادم من المصدر أعلى بكثير من الجهد اللازم لتشغيل كثير من الأجهزة الكهربیة في لوحة التَّحكم. لدينا خيارات عدَّة، أما أن نستخدم محوِّلاً كهربیاً إذا كان الجهد القادم أعلى من 120 فولتاً. وأما إذا كان يساوي 120 فولتاً، فإننا نستخدم مزوِّد القدرة لتخفيضه إلى 24 فولتاً وهو الجهد المناسب لمعظم مكونات وحدة التَّحكم. وبذلك يصبح لدينا قدراتٌ كهربیة مختلفة سواء القادمة مباشرة من قاطع التيار الرئيس أو الناتجة من المحول الكهربی أو مزوِّد القدرة، لذا يفضل استخدام موصلات طرفیة terminal block لكل مستوى جهد حتى نحافظ على نظام وترتيب الأسلاك في لوحة التَّحكم.



مجموعة أطراف

ث. قطعة التوصيل terminal block:

ببساطة قطعة بلاستيكية لها طرفان تتيح لنا توصيل سلكين أو أكثر معاً.



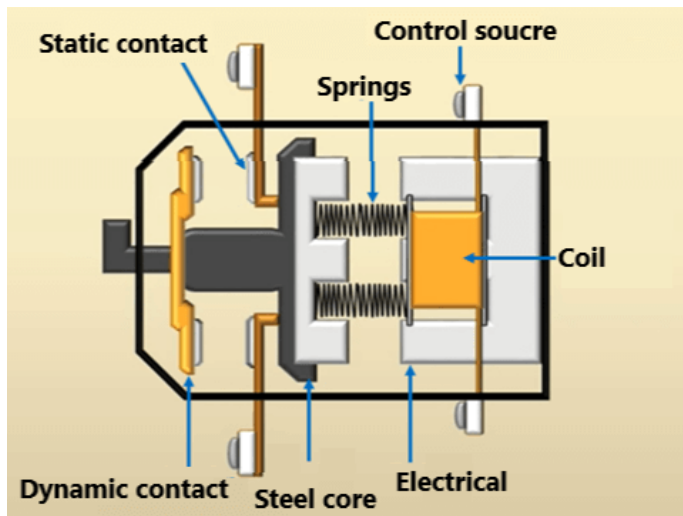
terminal block قطعة التوصيل

ح-مفاتيح التلامس (المفاتيح الكهرومغناطيسية) (Contactors)

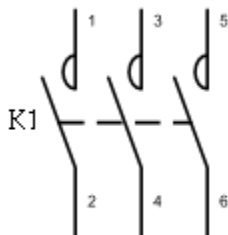
هو جهاز وصل وفصل ميكانيكي كهربائي ، يتم التحكم به عن طريق ملف (coil) أطرافه على الكونتاكتور (A1,A2)، فعند مرور التيار بهذا الملف يغلق الكونتاكتور التلامسات الرئيسية ، ويغير وضعية تلامسات التحكم ، فتصبح التلامسات المغلقة مفتوحة والتلامسات المفتوحة مغلقة.

الشروط الواجب توافرها عند اختيار المفاتيح الكهرومغناطيسية

- 1- يجب اختيار المفتاح المناسب لقدرة الحمل والمحركات الكهربائية
 - 2- يجب أن يتحمل المفتاح مرور تيار البدء العالي
 - 3- يجب اختيار النقاط المساعدة حسب الحمل وظروف التشغيل .
 - 4- يجب أن لا يزيد جهد التحكم عن 220 v للتشغيل الآمن .
- ومع إغلاق التلامسات الرئيسية فإن الدارة الكهربائية تكتمل بين التغذية والحمل.
- والشكل التالي يبين شكل الكونتاكتور.



والشكل التالي يبين رمز الكونتاكتور في المخططات الكهربائية.



وأهم المعلومات المكتوبة على الكونتاكتور هي:

- 1- جهد الملف. (Coil Voltage)
- 2- جهد الأقطاب التلامسات الرئيسية. (Main Contacts) .
- 3- تيار أو قدرة الأقطاب (Poles Current)
- 4- زمرة التشغيل. (Operating Clique)

أجزاء الكونتاكتور:

أ- **الملف (Coil)**: ويتكون من الملف والقلب المغناطيسي ، وهو إما أن يعمل على التيار المستمر (6,12,24,48,60,80 ، أو يعمل على التيار المتردد (24,50,110,220,380) وعادةً ما يكون للملف طرفان يرمز لهما ب A1-A2 أو A-B . وعند قياسها بواسطة الملتيميتر ستعطي قيمة مقاومة معينة وليس صفراً وهذا مهم جداً في الصيانة . وتتوفر للكونتاكتورات ملفات تعمل على قيم فولت مختلفة منها 24 , 48 , 110, 220, 380 فولت . وكلما كان الملف يعمل على فولت أعلى ، زادت قيمة مقاومتها، حيث أنها تلف بقطر سلك أرفع وعدد لفات أكثر $R = X L/A$. حيث أن X مقاومة المادة النوعية.

ومن الممكن أن يعمل نفس الكونتاكتور بملف 24 فولت أو 380 فولت ومن الممكن أن يتغير الملف على حدى ويترك الكونتاكتور كما هو ولذلك تكتب قيمة الفولت الذي يعمل به الملف عليه نفسه ، وليس على جسم الكونتاكتور ، ويظهر الرقم على السطح الخارجي للكونتاكتور.

2- **الأقطاب (التلامسات الرئيسية)** : المداخل (L1,L2,L3) ، المخارج. (T1,T2,T3)

3- **التلامسات المساعدة** : وهي إما تلامسات مفتوحة (N.O)، أو تلامسات مغلقة (N.C) ذات تأخير زمني تفتح وتغلق بعد فترة زمنية يتم وضعها.

4- **نقاط التلامس المساعدة (auxiliary contacts)** يوجد منها ما هو في وضع طبيعي مفتوح (normally open) ويختصر بالحروف (N.O) ومنها ما هو في وضع طبيعي مغلق (normally closed) ويختصر بالحروف (N.C)، وهي تحمل ارقام معينة تكون بعيدة عن ارقام الفيزات .

ويمكن تحديد إذا كانت النقطة مفتوحة أو مغلقة بواسطة مصباح التوالي أو الملتيميتر ، حيث يتم اختبار أي نقطة تلامس وهي خارج الدائرة أي تُفصل الأطراف المتصلة بها ، فإذا لم يتحرك مؤشر الملتيميتر في الأجهزة من نوع Analog أو ظهر حرفا OL في الأجهزة من نوع Digital ، اضغط على الكبسة اليدوية لعمل الكونتاكتور فسيتحرك المؤشر أو يعطي 00 ويعني هذا أن تلك النقاط مفتوحة في الوضع الطبيعي (N.O)، وعند رفع اليد عن الكبسة ستعود التلامسات لوضعها الطبيعي ، والعكس في حالة النقاط المغلقة (N.C) حيث

سيتحرك مؤشر الملتيميتر أو سيعطي 00 ، وعند الضغط على كبسة الكونتاكتور ستتغير الحالة وعند رفع اليد عنها ستعود التلامسات لوضعه الطبيعي.

ملاحظة: يتوفر الكونتاكتور بمقياس القدرة (KW) بالقيم المعيارية التالية:

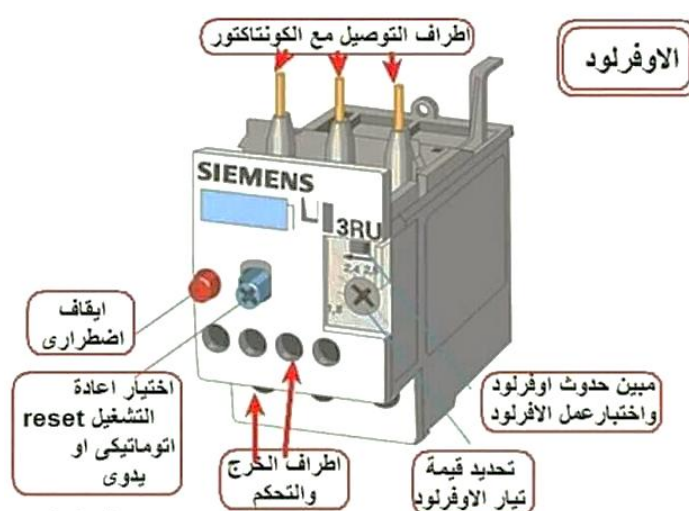
(4, 5.5, 7.5, 11, 15, 22, 30, 37, 45, 55, 75, 110)

ج- القاطع الحراري Over Load

تنشأ الأعطال الكهربائية بسبب زيادة الحمل على المحركات الكهربائية أو نتيجة خطأ ميكانيكي فتحتاج الدائرة لمرحل حماية (ريلية) حيث يقوم بفصل دائرة التحكم التي بدورها تفصل الدائرة الرئيسية، وتتوقف عملية الفصل على درجة الحرارة الناتجة عن هذا الخلل. والشكل التالي القاطع الحراري .

تركيب القاطع الحراري Overload

يتركب من ثلاثة عناصر ازدواجية تصنع من ثنائي المعدن، الذي يعمل تقوساً لحظة ارتفاع درجة حرارته ومتصل بنهايته نقاط رئيسية وهي نقطة لدخول التيار ونقطتين تمثل نقطة خروج التيار لدائرة التحكم ونقطة خروج التيار لحظة العطل.



مكونات الاوفرلود



خ- ضواغط الإيقاف والتشغيل:

لابد وأن تحتوي دوائر التركيبات الصناعية والخاصة بتشغيل الأحمال ذات القدرات العالية إلى مجموعة من الضواغط التي يمكن عن طريقها التحكم، في العملية المطلوب تنفيذها مثل (تشغيل - إيقاف - عكس حركة).

1. ضواغط التشغيل:

وهي تكون مفصولة في الوضع العادي ولحظة التشغيل يتم الضغط عليها وهي تمثل اللون الأخضر، ويوضع مع ضاغط التشغيل نقطة مساعدة مفتوحة للإبقاء الذاتي.



2- ضواغط الإيقاف:

وهي عبارة عن نقاط تلامس موصله أصلا ويتم فصلها عند الضغط على الضاغط وتتميز باللون الأحمر وتوصل ضواغط الفصل معاً على التوالي والشكل التالي يوضح تركيب ضاغط الإيقاف :



د- أنواع مصابيح التشغيل والإيقاف والأعطال:

اللون الأخضر يمثل حالة التشغيل .

اللون الأحمر يمثل حالة الإيقاف.

اللون الأصفر يمثل حالة الأعطال.

ذ-مفتاح العزل (المفتاح الرئيسي) (Isolator Switch)

وهو مفتاح ON/OFF ، ويركب على جسم اللوحة الكهربائية من الخارج.

وظيفته : يُستخدم من قبل العامل لوصل وفصل الكهرباء عن اللوحة الكهربائية .

وتصنف المفاتيح الكهربائية حسب مدى تحملها للتيار الكهربائي فمنها ما يتحمل 16 أمبير ومنها ما تصل درجة تحمله إلى آلاف الأمبيرات.

والشكل التالي يبين أحد أشكال المفاتيح الكهربائية. (Isolator Switch)



مفتاح كهربائي

حيث أن له ثلاثة مداخل من التغذية الرئيسي (Main Power Supply) (وثلاثة مخارج) إلى القاطع الرئيسي (Main Circuit Breaker).

ر- المؤقت الزمني أو التايمر (TIMER) :

يحتوي التايمر على ملف (Coil) وعلى تلامسات مفتوحة وأخرى مغلقة.

وتستخدم هذه التلامسات في الدائرة الكهربائية حسب التطبيق المراد عمله.

يؤمن التايمر فاصل زمني بين لحظة تطبيق الإشارة على التايمر نفسه (ملفه) ولحظة خروج الإشارة على التماسات (On-Delay) ، أو بين لحظة انقطاع الإشارة عن التايمر ولحظة انقطاع الإشارة عن التلامسات (Off-Delay). الشكل المجاور يبين أحد الأشكال لأحد الأنواع المتعددة للتايمر.

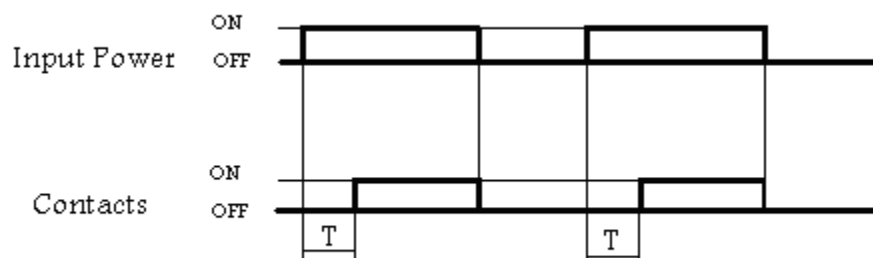


المؤقت الزمني Timer

وهو متوفر حسب الوظيفة بأنواع عديدة:

On-Delay -1

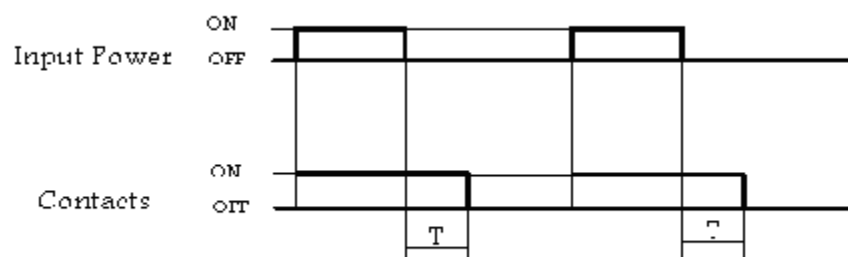
التلامسات تغير وضعيتها بعد زمن معين من تغذية ملف التايمز ، ويمكن تغييره. وعند فصل التغذية عن الملف تعود التلامسات لوضعها الطبيعي.



مخطط ON-Delay

Off-Delay -2

التلامسات تغير وضعيتها فور وصول التغذية إلى ملف التايمر ، وعند انقطاع الإشارة عن التايمر يبدأ التوقيت ، وعند انتهاء التوقيت فإن التلامسات تعود إلى وضعها الطبيعي.



مخطط Off-Delay

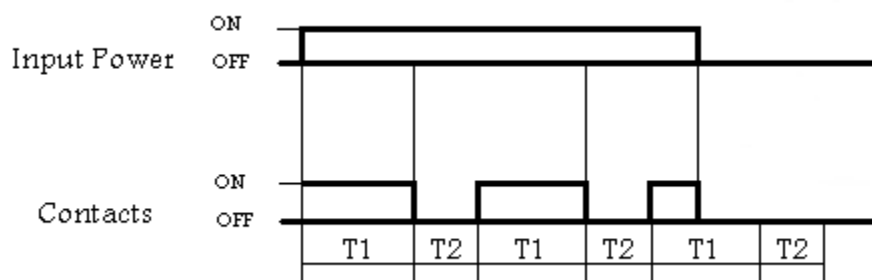
Flashing Timer -3

به تايمران ، أحدهما للوصل وآخر للفصل ، وعند وصول التغذية لملف التايمر فإن تلامسات التايمر تعكس وضعيتها ولمدة T_1 ، وعند انتهاء مدة T_1 ، تعود التلامسات لوضعها الطبيعي لمدة T_2 ، وهكذا تتكرر العملية ، وذلك ما دام أن ملف التايمر تتم تغذيته بشكل مستمر ومن دون انقطاع ، ولكن في حالة أنه انقطعت التغذية عن ملف التايمر فإن التلامسات تعود لوضعها الأصلي.

تجرد الإشارة إلى وجود مكانين لمعايرة وضبط زمن الوصل T_1 وزمن الفصل T_2



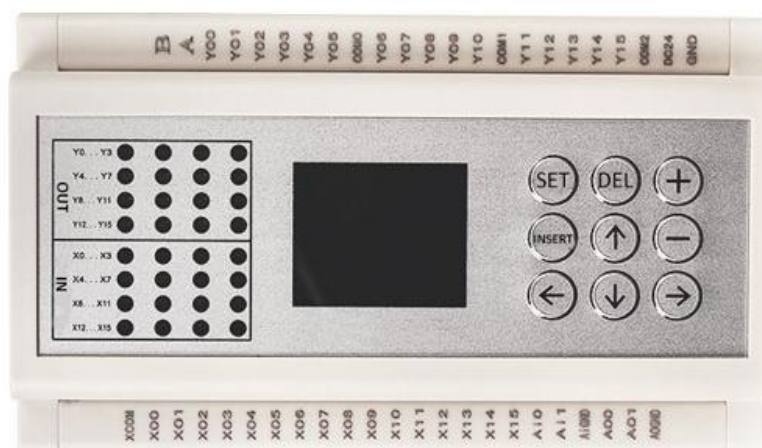
Flashing Timer



Flashing Timer curve

Programmable Timer-4

وتستخدم هذه التايمرات للتحكم في وصل وفصل دائرة كهربائية خلال ساعة معينة في يوم معين كل أسبوع أو كل شهر أو كل سنة ، ويستخدم هذا النوع من المؤقتات في تشغيل ماكينات الديزل لوحدات التوليد خلال وقت معين كل أسبوع من أجل المحافظة على ماكينات الديزل



Programmable Timer

ز-المرحلة أو الرلي (RELAY)

ويعمل بنفس عمل الكونتاكتور ، حيث يتم التحكم به عن طريق ملفه ، ولكن للقدرات الصغيرة ، وهو إما أن يعمل بالتيار المستمر أو بالتيار المتردد.

وله ملف (Coil) وتلامسات مغلقة وأخرى مفتوحة (في الوضع الطبيعي).

يرمز عادة لطرفي ملف (Coil) الرلييه بالرمزين .. (A1,A2) ولطرف التلامس المشترك بالرقم (4) ولطرف التلامس المفتوح بالرقم (3) ولطرف التلامس المغلق بالرقم (2) هذا كمثال لأحد الرلييهات).

وعند وصول التغذية لملف الريليه فإن تلامساته تعكس وضعيتها ، وعند فصل التغذية فإنها تعود لوضعها الطبيعي.

ولكل ريلي جهد محدد يعمل عنده ملف الريلي ، بالإضافة لقيمة تيار يتحملها ملف الريلي وهو مزود أيضاً بمصباح صغير (Led) يعمل فور وصول التغذية لملف الريليه. وهو متوفر بأنواع وأشكال عديدة.



Relays

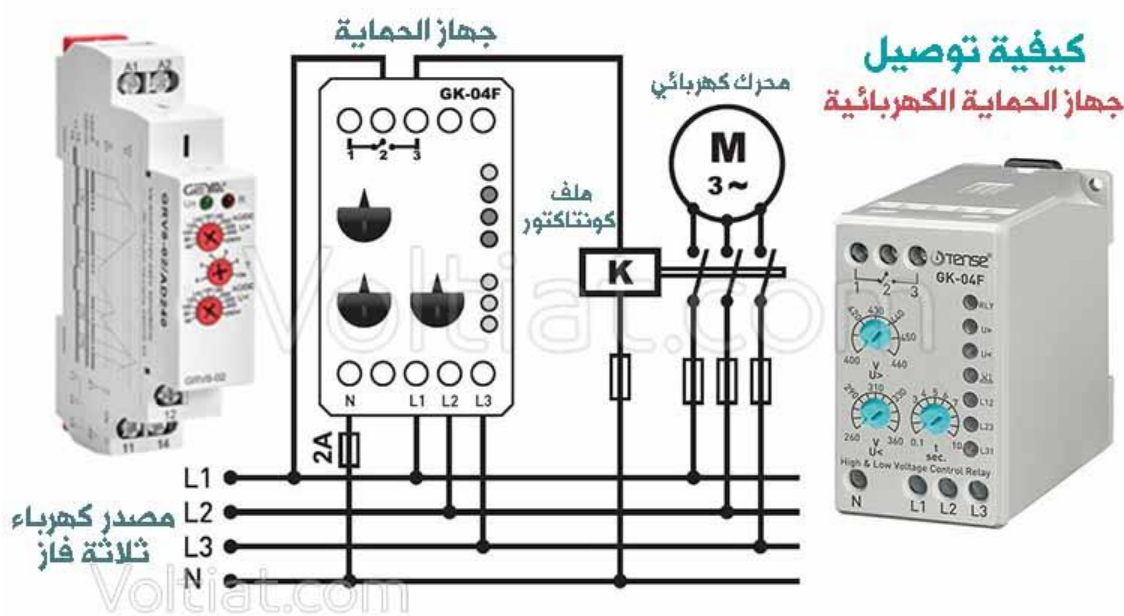
هـ فيز فيلر Phase failure

هو جهاز الكتروني مهم في دوائر السيطرة للحفاظ على الحمل تحت جهد معين مضبط حسب طبيعة تشغيل الجهاز ويستخدم عادة مع المحركات لحمايتها من ارتفاع أو انخفاض الجهد أو انقلاب الأطوار ويكون أما سنكل أو ثري فيز.....

1- تدريجة ضبط الزمن: (t_{off}) هو زمن تأخير فصل الريلي عند اكتشاف العطل لأن بعض الأحيان يحصل ارتفاع أو انخفاض للجهد لحظيا غير مؤثر على الحمل نتيجة تشغيل احمال أخرى لذا يتوجب أن يتأخر فصل الريلي بدون فصل للحمل الموصول به ويمكن ضبطه حسب زمن تحمل الحمل لهذا الجهد الطارئ ويمكن وضعه كحد متوسط 5 ثانية وفي بعض الريليات ضبط زمن اخر هو (t_{on}) عبارة عن زمن تأخير تشغيل الريلي لضمان استقرار المنظومة واكتشاف العطل قبل التحويل

2- الأوفر (Over voltage (U max) : هو أعلى فولت يمكن أن يتحمله المحرك بدون أي ضرر ومن خلال النيم بليت نلاحظ بأن المحرك يمكنه العمل من 380 الى 420 فولت حيث نقوم بإيجاد النسبة وهي تقسيم أعلى جهد إلى الجهد الطبيعي 380/420 والنتيجة هي 1.105 حيث نقوم بوضع المؤشر عند هذه النسبة.

3- الأندر (under voltage (U min) : هي أدنى قيمة فولت يمكن أن يعمل عليها المحرك بدون أي ضرر ومن المعلوم هي أن نسبة انحدار الجهد للمحركات هي 5% من قيمة فولت الشبكة أو اقل ولايجاد قيمة انحدار الجهد 0.05×380 عندها يكون 19 فولت وعليه فإن الجهد المطبق في حالة انحدار الجهد هو 380-19 سوف يكون 361 فولت ولايجاد النسبة وضبط المؤشر نقوم بتقسيم 380/361 والنتائج هو 0.95 عندها نضع المؤشر على هذه التدرجة S1 S2 ...





جامعة الفرات الأوسط التقنية
كلية البوليتكنك النجف
قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

المحطات الفرعية

اعداد

د. حسن وهاب صالح

المحطات الفرعية

1 - شبكات الجهد المتوسط :-

من المفيد قبل الحديث عن أجهزة القوى المستخدمة ضمن هذه المجموعة أن نشير باختصار إلى ملامح شبكات توزيع الجهد المتوسط . فشبكات التوزيع في المدن (وتعرف أيضا بشبكات الجهد المتوسط ، والتي تكون عادة إما 11 kV أو 33kV) تتكون في الغالب من مجموعة حلقات أو دوائر مغلقة Rings ، كما في الشكل التالي الذي يمثل نمودجا ، وذلك لتغذية المواقع المختلفة بالمدن .

وتتكون كل Ring منها من ثلاثة أو أربعة فروع ، فعلى سبيل المثال فالـ Ring اليسرى في الشكل التالي مكونة من ثلاثة فروع هي , F1 , F2 F3 ، و تبدأ الفروع جميعا من داخل محطة توزيع رئيسية – وهي هنا على سبيل المثال محطة التي تضم بداخلها 3 محولات لخفض الجهد من 132 kV إلى 11 KV، أي أنها تمثل حلقة الربط الأساسية بشبكة الجهد الأعلى المستخدمة

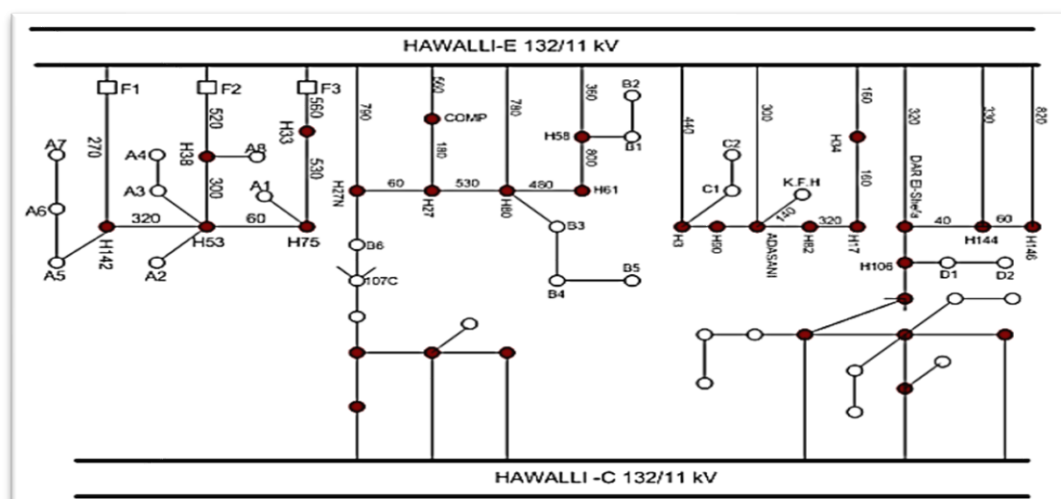
و تمثل النقاط المصممة في الشكل التالي محطات التوزيع الفرعية Substations ، تضم كل واحدة منها من 2 إلى 3 محولات جهد 11/0.4 KV ، ثم تخرج من هذه المحطات (الممثلة بدوائر مصممة) كابلات الجهد المنخفض إلى المنازل . أما الدوائر البيضاء بنفس الشكل فتمثل امتدادات أو تفرعات تؤخذ من الشبكة الأصلية لتغذى محول واحد فقط 11/0.4 KV يعرف بـ Unit Distribution System أو اختصارا UDS ، وهو محول مزود بلوحة الـ LT التي يخرج منها 3 كابلات أو أكثر لتغذية مبنى معين ذي حمل مرتفع أو حملين متجاورين .

وتمثل الأرقام المكتوبة على الخطوط في الشكل أطوال كابلات الجهد المتوسط مقاسة بالمتر ، وهي الكابلات التي تربط جميع أجزاء الـ Ring الواحدة ، لاحظ في الشكل السابق أن كل محطة فرعية يبدأ اسمها بحرف الـ H وهو الحرف الأول في اسم المحطة الرئيسية التي تغذي جميع المحطات الفرعية .

وترتبط المحولات الموجودة داخل كل محطة فرعية Substation بشبكة الجهد المتوسط من خلال لوحات تعرف بالـ Ring Main Unit . والتفاصيل الكاملة للمعدات الموجودة داخل لوحات الـ RMU نعرضها في الجزء التالي .

أ- لوحات R.M.U :

تستخدم اللوحة المعروفة بـ (Ring Main Unit , RMU) من أجل ربط المحطات الفرعية ببعضها ضمن الحلقة (Ring) الواحدة أو ربط محول التوزيع الخاص بمبنى معين بشبكة الجهد المتوسط المقام بها المبنى . وعادة تستخدم لوحة الـ RMU في ربط المحولات ذات قدرة أقل من 5 MVA ، فعلى سبيل المثال لو نظرنا إلى المحطة H75 في الـ Ring اليسرى

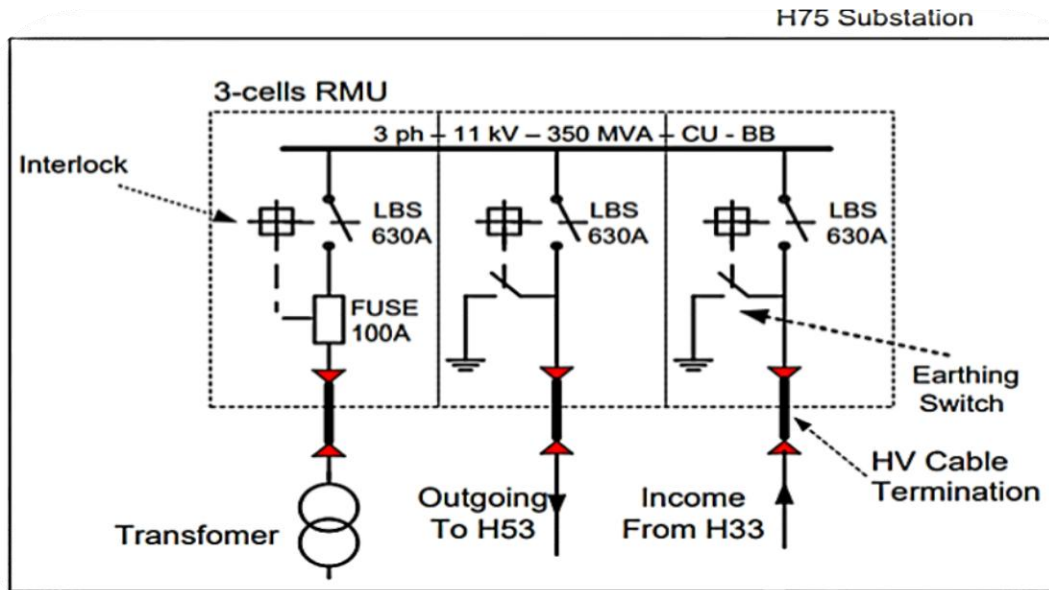


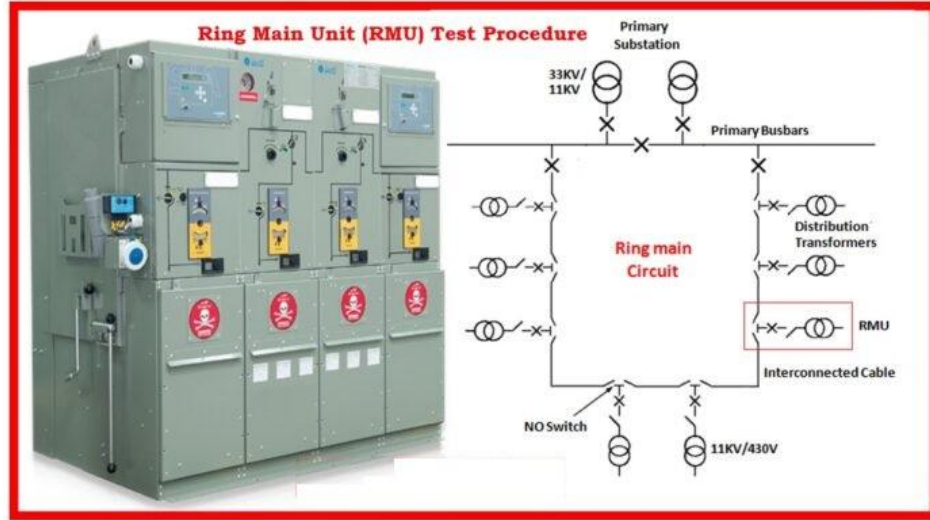
المرسومة في
الشكل السابق
(وهذه
المحطة ممثلة
بالتفاصيل في
الشكل السابق

(سنجد بداخلها لوحة RMU بداخلها ثلاثة خلايا 3- Cells إحدى هذه الخلايا بها كابل دخول قادم من المحطة H33 ، والخلية الثانية بها كابل خروج متجه إلى المحطة H53 وكلهما مزود بـ Load Break Switch , LBS - 630A ، وذات تيار قصر 25 كيلو أمبير عند جهد 12 كيلو فولت (عند جهد 24 كيلو فولت ، يكون التيار المقنن لـ LBS هو 1250 أمبير) . أما الخلية الثالثة فتحتوى على الوقاية الخاصة بالمحول المغذي من هذه الـ RMU ، تحتوى على فيوز 100A لحماية المحولات قدرة 1000 ك.ف.أ. كما في الشكل (يستخدم فيوز 40 أمبير للمحول إذا كانت قدرة المحول 500 ك.ف.أ.) .

ويقتصر دور الـ Load Break Switch , LBS على فصل كيبيلات الدخول والخروج لإجراء عمليات الصيانة وليس له دور في حماية أو وقاية المحول من الأعطال والتي هي مسئولية الفيوز.

وتحتوى اللوحة أيضا على خلية بها أطراف توصل إلى أطراف محولات التيار ومحولات الجهد للزوم تركيب عدادات قياس الطاقة (Active and Reactive Power) وذلك للوحات التي تغذي محول قدر 1000 ك.ف.أ. أو اكبر ، أما المحولات قدرة 500 ك.ف.أ. أو أقل فيتم تركيب العدادات على الجهد المنخفض .





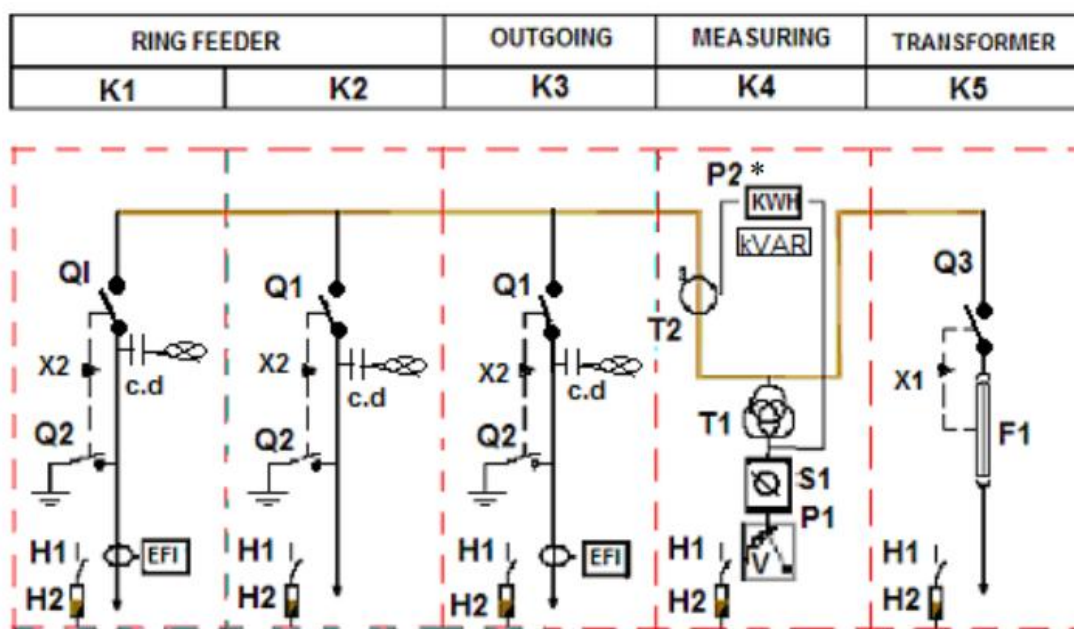
وتحتوى لوحة الـ RMU أيضا على مفاتيح الأرضي Earthing Switches وهو يستخدم لضمان تسريب أي شحنات بعد فصل اللوحة من الخدمة و قبل إجراء الصيانة بداخلها ، أي أنه يمثل عنصر أمان أثناء عمل فريق الصيانة . و تزود اللوحة كذلك بـ Interlock يوصل بين كل LBS وبين الـ Earthing Switch ، لضمان ألا يكون الاثنان في الوضع " Close " في نفس الوقت حتى لا يحدث قصر .

و يستخدم الفيوز على التوالي مع الـ LBS للحماية من تيارات القصر شديدة الارتفاع ، وأحيانا يستخدم الفيوز مع CB مقنن على 400A (بدلا من الـ LBS) حيث إنه من المعلوم أن الفيوز دائما أسرع من الـ CB في فصل الأعطال شديدة الارتفاع . وتزود اللوحة عادة بتجهيزات لدخول الكابلات للوحة Cable Termination . HV ، وتحتوى اللوحة أيضا على معدات تحكم وقياس كما في الصورة التالية التي تمثل نموذجا لهذه اللوحة . لاحظ أن التعبير بـ HV هو تعبير عرفي شائع ولكنه غير دقيق ، لأننا بالطبع نقصد به الـ Medium Voltage , MV .



Q1: Load break switch	Q2: Earthing switch
Q3: Load break switch with fuses	EF1: Earth Fault Indicator (أكثر واحد فقط أو أكثر)
H1: Hygrostat هذا جهاز لتنظيم الرطوبة النسبية في اللوحات المغلقة وبه حساس لتشغيل الـ Heater (H2) في حالة زيادة النسبة	H2: Heater
T1: Single pole potentiel transformer	T2: Current transformer
P1: Voltmeter	P2: kWh meter + kVARh meter (*)
S1: Voltmeter selector switch	F1: H.R.C fuse
X1: Mechanical interlock تعمل على فصل LBS عند قطع Fuse واحد أو أكثر	X2: Mechanical interlock يعمل على توصيل سكة الأرضى عند فصل LBS والعكس بالعكس
c.d Capacitor divider unit with neon lamp	by electricity company(*)

ويمكن أن يعاد
رسم الشكل
السابق بشيء من
التفصيل كما في
الشكل التالي وهو
الشكل المتبع في
الكود المصري ،
بحيث تظهر عدة
القياس التي
ذكرناها في خلية
منفصلة (الخلية
رقم K4) .



Hrc : High Rupturing Capacity fuse

والجدول التالي فيه تبيان لمعاني الرموز المستخدمة في الشكل السابق .

ب-لوحات الجهد المتوسط المنفصلة (الموزعات) :

في حالة المشاريع الكبيرة (كبار المستهلكين) يتم تغذية المشروع من خلال لوحة للجهد المتوسط خاصة تعرف بالموزع Distributor ، ومتصلة مباشرة بمحطة التغذية الرئيسية بالمدينة (جهد 66/11 kV أو جهد 132/11). ويتكون الموزع من عدد من خلايا الدخول Incoming للتغذية (غالبا عددهم يكون اثنين) وعدد من خلايا الخروج Outgoing لتغذية محولات التوزيع الخاصة بهذا المشروع كما في الشكل التالي الذي يوضح نظام ترتيب خلايا موزع به 12 خلية .

وتتميز هذه اللوحات بأن كافة المعدات بها تكون من فئة الجهد المتوسط (11 or 22 KV) كما هو واضح في الصورة التالية



التي
يظهر
فيها الـ

Circuit Breaker الخاص بإحدى الخلايا ، وهو يختلف في الشكل تماما عن قواطع الجهد المنخفض . وعادة تكون قواطع الجهد المتوسط أما من النوع الهوائي Air Circuit Breaker ، أو من النوع المفرغ من الهواء Vacuum CB .

2 – مولدات الطوارئ :-

يمكن تقسيم الأحمال في أي مبنى إلى نوعين : أحمال عادية وأحمال مهمة (أحمال الطوارئ) ، والفرق الأساسي بينهما أن الأحمال المهمة هي التي لا يجب أن ينقطع عنها التيار . ويتم تجميع هذه النوعية من الأحمال في لوحات منفصلة تسمى لوحات الطوارئ Emergency DBs ، هذه اللوحات يتم تغذيتها بواسطة مولدات الطوارئ المعروفة بمولد الديزل عند انقطاع المصدر الأساسي للتغذية والتي يظهر أحدها في الصورة التالية . وكما يبدو في الصورة فهي مكونة من جزئين الأول هو محرك الديزل والثاني هو المولد الكهربائي .

وعموما فإنه عند توفير مصدر بديل للطاقة للطوارئ يجب مراعاة البعد الاقتصادي وذلك بحساب مقدار الخسائر والأضرار والخطورة الناتجة عن فقد مصدر التيار وفي نفس الوقت تقدير اقتصاديات الوسائل البديلة والتي تتراوح بين الاتفاق مع شركة



التوزيع بالمنطقة على تأمين تغذية المبنى من مصدرين منفصلين بتكاليف إضافية بحيث تظل تغذية المبنى مؤمنة في حالة فصل أو عطل أحدهم أو استخدام مجرد استخدام بطاريات (منفصلة أو مركزية) لتأمين إنارة الطوارئ فقط أو استخدام مولد للطوارئ لتأمين تغذية عدد من الأحمال الهامة بالمبنى . ويتم نقل الأحمال إلى المولد بإحدى طريقتين : إما يدويا بواسطة ما يعرف بالـ MTS (Switch, Manual Transfer) ، أو أوتوماتيكيا (بواسطة الـ ATS) .

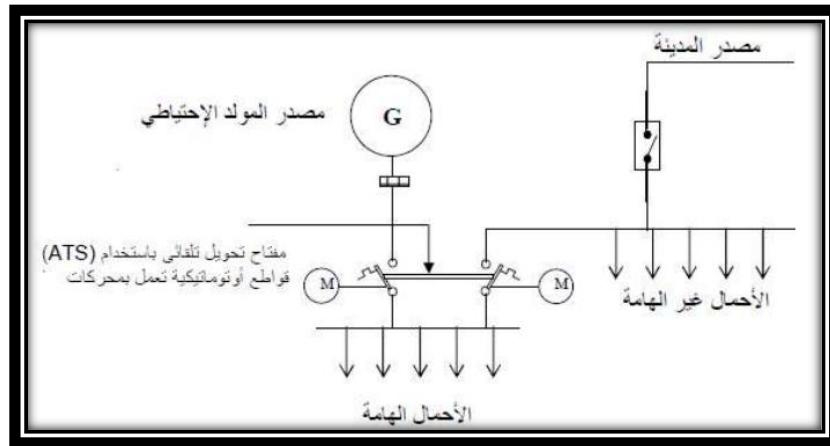
وقد لا يكون هناك أحمالا هامة في المنازل العادية تستلزم تخصيص مولد طوارئ لها ، لكن يجب على الأقل في هذه الحالة أن تستخدم المصابيح ذات البطارية التي تضيء أوتوماتيكيا بمجرد انقطاع التيار في المداخل والسلام لضمان سهولة الحركة عند انقطاع التيار .

و بصفة عامة تكون نسبة أحمال الطوارئ في المباني الإدارية والأبراج السكنية في حدود 10-20 % ، حيث تغطي على الأقل إنارة الطرقات ، ومراوح سحب الدخان من ممرات وسلام الهروب ، وأنظمة إنذار الحريق وأنظمة التلفزيونات والإذاعة الداخلية بالمبنى وثلاجات المطابخ ، ومعدات ضخ وصرف المياه وربما يضاف أحد المصاعد ، بينما تصل هذه النسبة في المستشفيات إلى حوالي 50 % من إجمالي الأحمال لكثرة الأحمال المرتبطة بحياة المرضى .

مع ملاحظة أنه عند حساب القدرة اللازمة لمولد الطوارئ في مبنى معين فإننا لا نطبق على الأحمال السابقة أي معاملات لتباعد الأحمال (No Diversity Factors) ، كما أننا لا نضيف أي نسبة للأحمال المستقبلية .

3 - مفتاح الـ ATS :-

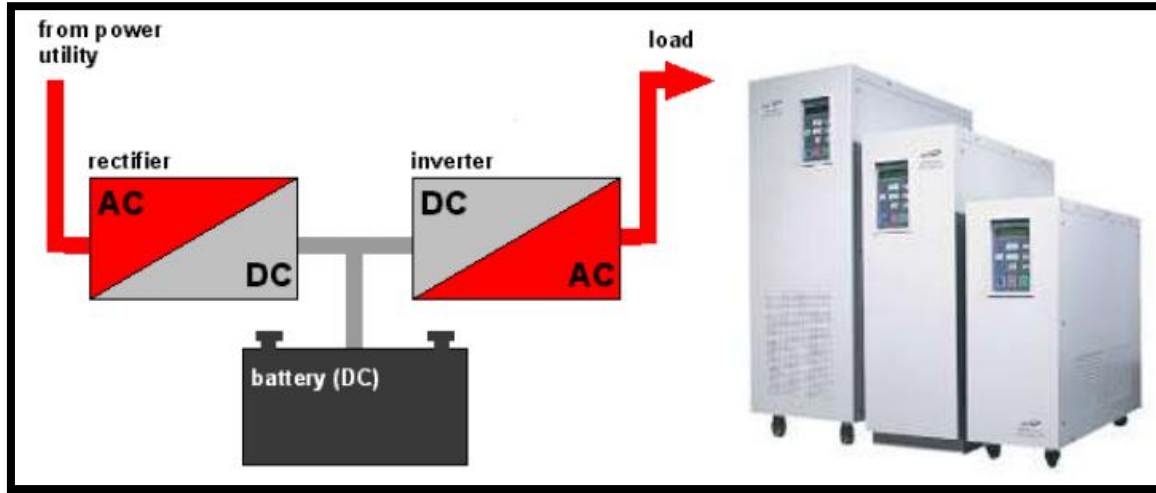
جهاز الـ Automatic Transfer Switch أو ما يعرف اختصارا بـ ATS ، يمكنه أن ينقل تغذية أي لوحة طوارئ أوتوماتيكيا في حالة انقطاع التيار من المصدر الأصلي وهو عادة الكهرباء العمومية ، إلى المصدر الثاني وهو مولد الديزل كما هو واضح في الشكل التالي بصورة مبسطة .



4 - الـ UPS :-

أما الأحمال فائقة الأهمية مثل بعض أجهزة الحاسوب في البنوك أو الـ Server الخاص بموقع معين مثلا فيتم تغذيتها من خلال جهاز خاص يعرف بالـ Uninterrupted Power Supply ، أو اختصارا UPS . ووظيفة هذا الجهاز هو ضمان منع انقطاع التيار الكهربائي مطلقا عن هذه الأحمال الهامة . والـ UPS يتكون داخليا من ثلاثة أجزاء :-

- في الجزء الأول منه يتم تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر .



- في الجزء الثاني يتم استخدام التيار المستمر في شحن عدد من البطاريات .
- في الجزء الثالث يتم تحويل التيار المستمر الخارج من البطارية إلى تيار متردد مرة أخرى .

والأجزاء الثلاثة تظهر في الشكل التالي :

واضح من الشكل أن تغذية الحمل تأتي دائما من خلال البطارية ، ومن ثم فعند انقطاع التيار فلن تتأثر هذه الأحمال مطلقا ولن تشعر بأي اهتزاز في مصدر التغذية ، لكن بالطبع عند انقطاع التيار فلن يكون هناك مصدر شحن للبطارية ، ومن ثم سيستمر الـ UPS في تغذية هذه الأحمال لمدة تتوقف على سعة البطارية وكمية التيار المسحوب منها ، ولذا يتم توصيف البطاريات عادة بوحدات الـ Amp - Hour . ولذلك فإن أهم عنصرين يجب تحديدهما في مواصفات الـ UPS عند شرائه هما :

- قيمة أقصى تيار يمكن أن يغذيه .
- أقصى مدة لهذه التغذية .

وبالطبع كلما زاد التيار وزادت المدة كلما كبر حجم الـ UPS وزاد سعره . و في الغالب فإننا نحتاج لهذا الجهاز لمدة وجيزة (في حالة أجهزة الحاسوب مثلا نحتاج لدقائق يمكن خلالها لمشغل الجهاز أن يخزن المعلومات التي يخشى من ضياعها) ، وأثناء هذه المدة الوجيزة تكون الشحنة المخزنة في بطاريات الـ UPS المصدر الوحيد للتغذية ، ويستمر ذلك إلى أن ينتهي جهاز الـ ATS من تحويل التغذية من المصدر الرئيسي إلى المصدر الاحتياطي (الديزل) ، وبعدها تعود البطارية لتشحن مرة أخرى لكن هذه المرة من خلال الديزل وليس من المصدر الرئيسي .

5 - لوحات التوزيع الكهربائية :-

لوحات التوزيع هي أحد العناصر الأساسية في أي منظومة للتمديدات الكهربائية ، ووظيفتها الأساسية هي التحكم في فصل وتوصيل التيار الكهربائي مع التشغيل الأمن لأي معدة أو جهاز ، بالإضافة إلى حماية الأفراد والممتلكات من الأذى ، والحماية من التيار الزائد ، ومن تيارات العطل وكذلك الآثار الحرارية الناتجة من التشغيل أو عند الأعطال .

وهي ليست مجرد صندوق معدني به قضبان توزيع BBS تركيب عليها القواطع الكهربائية CBS بأنواعها المختلفة (أو الفيوزات بأنواعها أو الـ LBS) بهدف الكابلات الخارجة من اللوحة ، وعدد من أجهزة القياس ومصابيح الإشارة ، فالأمر ليس بهذه البساطة ، لأن طريقة توزيع وترتيب القواطع داخل اللوحة سيتحكم بشكل كبير في كفاءة الشبكة الكهربائية فيما بعد ، كما

أن طريقة توصيل مجموعة اللوحات الكهربائية ضمن المشروع الواحد تؤثر بدرجة كبيرة على كفاءة الخدمة و استمرارية التوصيل كما سيتبين لاحقا . ويتم اختيار موقع لوحة التوزيع بحيث يكون قريبا من مركز الأحمال التي تغذي منها بغرض تقليل أطوال الكابلات والأسلاك ، وبالتالي التكلفة النهائية للمشروع .

ولوحات الجهد المنخفض تنقسم إلى نوعين : لوحات عمومية (رئيسية) ولوحات التوزيع الفرعية .

6- تصنيف اللوحات الكهربائية

يتم تصنيف اللوحات الكهربائية بشكل أساسي حسب موقعها في شبكة التوزيع (رئيسية، فرعية، نهائية) أو وظيفتها (تحكم، توزيع، قياس) أو مستوى الجهد (منخفض، متوسط، عالي)، وتشمل أنواعاً مثل لوحات التوزيع الرئيسية (MDB) والمراكز الصناعية والمنازل، ولوحات التحكم في المحركات، وألواح المستهلكين السكنية (لوحة البيت)، وتختلف حسب المكونات الداخلية مثل قواطع الدائرة (MCB, MCCB) وعدادات الطاقة، لتلبية احتياجات المباني السكنية والتجارية والصناعية المختلفة .

1. التصنيف حسب الموقع في شبكة التوزيع

- لوحات التوزيع الرئيسية: (MDB) تستقبل الطاقة من المصدر الرئيسي وتوزعها على اللوحات الفرعية، وتكون ذات قدرة عالية.



- لوحات التوزيع الفرعية: (SDB) توزع الطاقة داخل مناطق معينة أو طوابق محددة.



- لوحات التوزيع النهائية: (FDB) تزود الأجهزة الفردية أو الأقسام الصغيرة بالطاقة .

2. التصنيف حسب الوظيفة والتطبيق

- لوحات التحكم في المحركات (MCC) تستخدم للتحكم في تشغيل المحركات الصناعية.
- لوحات التحكم في معامل القدرة (PFC) لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة.
- لوحات المستهلك (Consumer Unit) لوحات المنازل الحديثة التي تحتوي على قواطع مصغرة (MCB) و RCD للحماية.
- لوحات التحويل الأوتوماتيكي (ATS) للتبديل بين مصدرين للطاقة (مثل الشبكة والمولد).
- لوحات العدادات :لقياس استهلاك الطاقة في الأنظمة المشتركة .

3. التصنيف حسب مستوى الجهد

- لوحات الجهد المنخفض :تستخدم في التطبيقات السكنية والتجارية والصناعية الخفيفة، بقدرات مختلفة.
- لوحات الجهد المتوسط والعالي :تستخدم في المنشآت الصناعية الكبرى والبنية التحتية الحيوية .

4. التصنيف حسب المكونات

- لوحات مجهزة بصمامات (Fuse Boxes) أسلوب تقليدي،.
- لوحات قواطع الدائرة (Circuit Breaker Panels) تستخدم قواطع مصغرة (MCB) أو مصبوبة (MCCB).
- لوحات قضبان التوصيل (Busbar Panels) لتوزيع التيار عبر قضبان التوصيل.



جامعة الفرات الأوسط التقنية
كلية البوليتكنك النجف
قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

المحركات الكهربائية

اعداد

د. حسن وهاب صالح

أسئلة اختيار من متعدد

1. ما أكثر أنواع المحركات استخدامًا في الصناعة حسب المحاضرة؟

(أ) محركات التيار المستمر

(ب) المحركات الحثية

(ج) المحركات الخطوية

(د) المحركات المتزامنة

2. أي مما يأتي يُعد من الأعطال الميكانيكية للمحرك؟

(أ) حدوث دائرة قصر

(ب) انقطاع أحد خطوط التغذية

(ج) تلف محامل المحرك بسبب قلة التزييت

(د) انخفاض جهد التغذية

3. ما وظيفة المصهر الكهربائي (Fuse) ؟

(أ) زيادة جهد المحرك

(ب) فتح الدائرة عند حدوث قصر أو زيادة حمل

(ج) قياس سرعة المحرك

(د) تحسين معامل القدرة

4. ماذا يُقصد بالتيار المقتن للمصهر؟

(أ) أقل تيار يؤدي إلى انصهار المصهر

(ب) أقصى تيار يتحمله عنصر المصهر لمدة غير محددة دون تلف

(ج) تيار القصر للمحرك

(د) تيار بدء تشغيل المحرك

5. ما العلاقة التي يمثلها معامل انصهار المصهر؟

(أ) التيار المقتن ÷ الجهد المقتن

(ب) الجهد المقتن ÷ تيار الانصهار

(ج) تيار الانصهار ÷ التيار المقتن

(د) تيار الحمل ÷ الجهد

6. لماذا يكون حجم وسمك سلك الانصهار في فيوز التيار المستمر أكبر من فيوز التيار المتردد لنفس قيمة التحمل؟

(أ) لأن التيار المستمر يسبب ظاهرة القوس الكهربائي

(ب) لأن التيار المستمر أقل خطورة

(ج) لأن التيار المتردد ثابت القيمة

(د) لتقليل مقاومة الدائرة فقط

7. ما المادة التي تساعد في إطفاء القوس الكهربائي في المصهرات الأنبوبية؟

أ) الزيت

ب) الماء

ج) الرمل السيليكوني

د) الهواء المضغوط

8. ما وظيفة مناولة التيار (Over Current Relay) في حماية المحرك؟

أ) زيادة سرعة المحرك

ب) قطع التغذية عن المحرك عند حدوث القصر

ج) رفع جهد التغذية

د) قياس درجة حرارة المحرك فقط

9. ما أقصى هبوط في جهد التغذية تحدده المواصفات المذكورة للمحركات الحثية؟

أ) 2%

ب) 3%

ج) 5%

د) 10%

10. ما الجهاز المستخدم للحماية من انخفاض أو اختفاء جهد التغذية؟

أ) Fuse Relay)

ب) Voltage Relay (VR)

ج) Current Transformer)

د) Thermistor)

حماية المحركات الكهربائية

المقدمة :

تعتبر المحركات الحثية ذات جهد لغاية (500 فولت) وقدره لغاية (100 كيلواط) من أكثر المحركات استخداما في الصناعة وحرصا على هذه المحركات من التلف يجب اختيارها بصورة صحيحة للعمل المناسب خصوصا من ناحية القدرة – الى نظام التشغيل , دائرة الربط واجهزة الاطلاق المستخدمة وكذلك من حيث اختيار القابلات واسلاك التغذية المناسبة لها . وحتى لو بذلت أقصى العناية في اختيار ما ذكر أعلاه , ومن الجدير بالذكر ان هناك نوعين من الأعطال التي تصيب المحرك وهي:

1- اعطال ميكانيكية تصيب المحرك : وهي مجموعة من الأعطال تصيب المحرك نفسه بعيدا عن مصدر التغذية مثل تلف محامل المحرك بسبب قلة التزييت او تلف عوازل الملفات وغيرها .

2- اعطال كهربائية وهي داخلية بالمحرك ويمكن ان تكون خارجية من مصدر التجهيز مثل حدوث دائرة قصر بالمصدر او قصر داخل قلب المحرك .

ولذلك تبقى هناك احتمالات كثيرة لعمل المحرك في انظمة غير طبيعية أو ظهور عطب مفاجئ يؤدي الى ضرر بالنسبة للمحرك والعاملين معه , وهذه الأنظمة هي :-

أ- القصر متعدد الأطوار (Poly-phase short circuit) (ثنائي الطور أو ثلاثي الأطوار) أو قصر أحادي الطور في ملفات المحرك ويحدث القصر متعدد الأطوار عادة في صناديق النهايات أو في خطوط التغذية الخارجية كما يحتمل القصر بين أحد أو جميع الأطوار وبين غلاف المحرك أو خط المحايد في دوائر المحاييد المؤرض (Grounded Neutral) أو في دائرة التحكم أو بين لفات الملف الواحد داخل المحرك .

ب- زيادة حرارة المحرك عن مقدار معين نتيجة لمرور تيارات عالية في ملفاته بسبب زيادة الحمل على المقدار المقرر خصوصا عند بدء حركة (starting) المحركات المحملة . أو بسبب هبوط الجهد لمدة طويلة وانقطاع أحد خطوط التغذية الى المحرك , كما يمكن أن تزداد الحرارة نتيجة خلل ميكانيكي في المحرك أو بسبب فشل نظام التبريد نتيجة انسداد قنوات التهوية أو زيادة درجة حرارة الهواء المحيط.

وسوف نتطرق الى كل نوع من انواع اجهزة الحماية المستخدمة للحالات السابقة:

أولا : الحماية ضد التيارات الزائدة نتيجة تيارات القصر :-

ان الحماية من تيارات القصر يمكن ان تتم بطريقتين الاولى استخدام المصهرات وهي الأرخص والابسط والثانية باستخدام مناومات التيار (current relays) او (CR) لحماية المحرك .

أ- المصهرات (Fuses)

تعتبر المصهرات الكهربائية أبسط جهاز وقاية، و تستخدم المصهرات الكهربائية Fuses لفتح الدائرة الكهربائية في حالة حدوث قصر للدائرة short circuit أو زيادة حمل over-load و بذلك تحمي المعدات الكهربائية من السخونة الزائدة الناتجة عن مرور تيار عالي.

مساوئها الوحيدة أنها قد لا تفصل جميع الاطوار في آن واحد بالنسبة للمحركات ثلاثية الاطوار. يتكون المصهر Fuse من سلك معدنى أو شريط معدنى مصنوع من مادة لها نقطة إنصهار منخفضة نسبياً مثل الرصاص أو القصدير أو الزنك أو الفضة أو سبيكة منهم.



أنواع مختلفة من المصهرات

ومن خلال ما ذكر أعلاه لا بد الإشارة الى الامور التالية :-

1. **التيار المقتن للمصهر :-** هو عبارة عن أقصى قيمة للتيار تتحمله مادة المصهر (عنصر المصهر) لوقت غير محدد بدون أن يحدث بها تدهور أو انهيار .
2. **تيار الانصهار للمصهر:-** وهو عبارة عن اقل قيمة للتيار تسبب انصهار أو سقوط عنصر المصهر .
3. **معامل الانصهار للمصهر:-** هو النسبة بين تيار الانصهار والتيار المقتن .
4. **عنصر المصهر :-** هو الجزء من المصهر يصمم لينصهر ويقطع الدائرة عندما يمر خلاله التيار الزائد عن التيار المقتن.
5. **اختيار المصهر:-** يجب ان توضع العوامل الآتية في الاعتبار لتصنيف المصهر:-
 - الشكل.
 - الحجم.
 - التيار والجهد.
 - سرعة الاستجابة.

أنواع الفيوزات الكهربائية :

تصنف الفيوزات الكهربائية وفقاً الى نوع التيار المستخدم إلى نوعين وهما:

1- فيوزات التيار المتردد AC Fuses ومنها:

- فيوزات الجهد المنخفض.
- فيوزات الجهد المرتفع

2- فيوزات التيار المستمر DC Fuses :

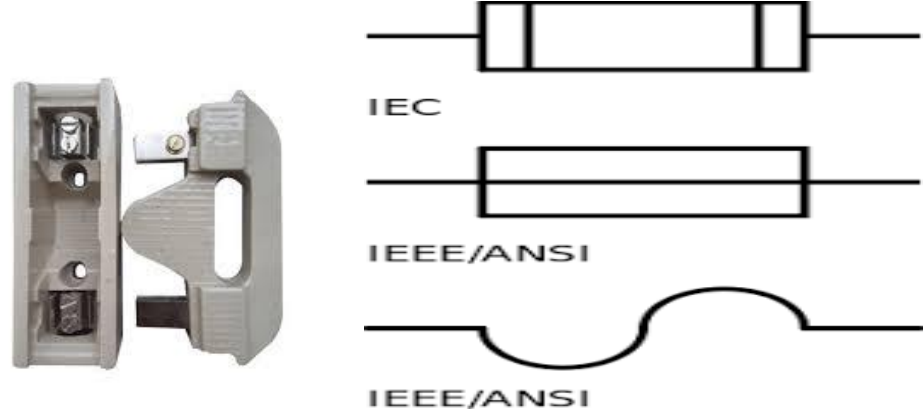
الفرق بين فيوزات التيار المتردد وفيوزات التيار المستمر :

فيوز التيار المتردد: يكون صغير الحجم والسلك والمسافة بين أقطابه مقارنة مع فيوز التيار المستمر، لأن التيار المتردد يتذبذب وبالتالي لا يسبب ظاهرة القوس الكهربائي.

فيوز التيار المستمر: يجب أن يكون حجم وسلك ومسافة سلك الانصهار أكبر من فيوز التيار المتردد على نفس قيمة التحمل، لأن ارتفاع قيمة التيار المستمر يسبب ظاهرة القوس الكهربائي بسبب ثبات قيمة التيار، وللتقليل من تقوس الفيوزات وجب علينا اختيار نوع فيوز مخصص ومناسب لتحمل هذه الظاهرة الخطرة.

أنواع المصهرات :

1-المصهر القابل للتسليك :-



(شكل ورمز المصهر القابل للتسليك)

المصهر القابل للتسليك هو أبسط وسيلة للحماية ويتكون عنصر المصهر من سلك ذو مقاومة قليلة ويتكون من النحاس , والنيكل الذي يجعل هذا السلك ينصهر يعتمد على طول السلك وكذلك مساحة مقطعه وكذلك يسمى هذا النوع بالشبه مغلق.

مميزات المصهرات القابلة للتسليك :-

1. رخيصة الثمن
2. من السهل استبدال عنصر المصهر في حالة انصهاره .

العيوب :-

1. عادة ما يكون سلك المصهر عند درجات حرارة عالية وهذا ما يساعد على تأكسد مادة العنصر مما يؤثر على مساحة مقطعه ولهذا فأن يجب تغير سلك المصهر خلال العام مرتين .
2. من السهل على شخص أن يستبدل عنصر المصهر يسلك آخر ربما يكون من مادة أو عنصر آخر ذو مساحة مقطع مخالفة وهذا يؤدي الى اختلاف المواصفات المطلوبة من المصهر .
3. هذا النوع المصهرات لا يفرق بين التيارات الزائدة التي تمكث فترة قصيرة مثل تيارات البدء عند تشغيل المحركات وتيارات القصر لذلك لا يفضل استخدامه لحماية المحركات .

2-المصهرات الانبوبية فيوز الخرطوشة Cartridge



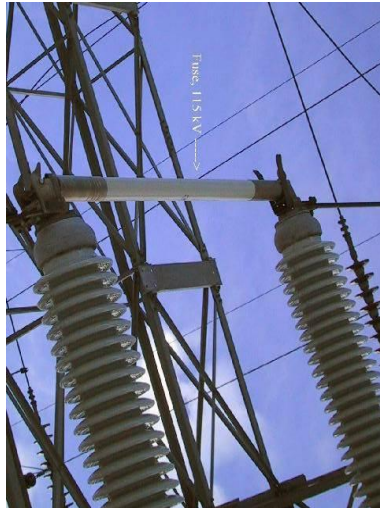
صنعت المصهرات الانبوبية (الخرطومية) لتغطي بعض مساوئ المصهرات القابلة للتسليك وهو تأكسد سلك المصهر وسقوطه حتى في حالات الحمل العادي . وأن المصهرات الانبوبية هي عبارة عن حيز اسطواني من الخزف يحتوي على عنصر المصهر والأسطوانة تكون مملوءة بالرمال السليكوني الذي يساعد على اطفاء القوس الكهربائي الناتج من انصهار المصهر .

محاسن المصهرات الانبوبية :-

1. عدم امكانية استبدال السلك المصهر .
2. سلك المصهر غير قابل للتأكسد حيث انه لا يتعرض للهواء.
3. القوس الكهربائي الناتج من انصهار عنصر المصهر لا يستمر بعد سقوطه .

العيوب :-

- لا تفرق بين الحمل الزائد الذي يمكث لفترة طويلة والحمل الزائد الذي يزول بعد فترة قصيرة.



3- المصهرات ذات سعة القطع العالية :-

ويتكون من اسطوانة من الخزف الجيد ونجد أن عنصر المصهر عبارة عن سلك رفيع من الفضة الخالصة تملأ بمسحوق السليكون وأن هذا المصهر مزود بمؤشر ليظهر حالة المصهر ويتكون المؤشر من سلك رفيع يتصل بالتوازي مع عنصر المصهر وان معامل الانصهار لهذا النوع 1.25 وأن هذا النوع من المصهرات يمكن معرفة قيمة التيار الذي يتحمله عنصر المصهر من خلال اللون الموجود على الغلاف الخارجي .

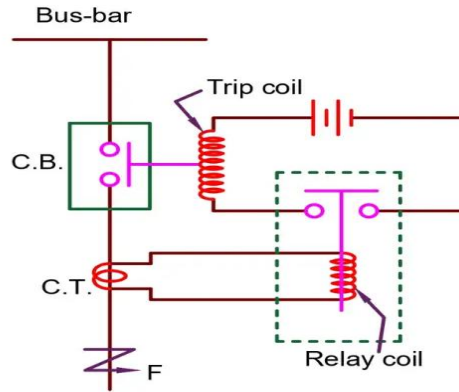
الميزات :-

1. له خصائص فصل يمكن التحكم فيها بدقة عند الصنع .
2. يستعمل في حالة الاحمال الصناعية الكبيرة .
3. يحتوي على مؤشر يوضح حالة عنصر المصهر قد انصهر ام لا.
4. تم صنعها بطريقة ملائمة بحيث تعطي تلامس كهربائي جيد .

ب- استخدام مناولات التيار :- (over current Relay)

هي أجهزة كهرومغناطيسية تعمل أنياً وتستعمل لحماية المحركات الحثية ذات القفص السنجابي لحد قدره 100 KW , وكذلك محركات الحلقات الانزلاقية لجميع القدرات من أخطار تيار التقصير. والمناولة جهاز حساس يقوم بالتعاون مع اللاقط (CONTACTOR) يقطع التغذية عن المحرك عند حدوث التقصير من خلال ارسال إشارة كهربائية لفصل قاطع الدورة

Overcurrent Relay



وتتميز بما يلي :-

- امكانيته للحمل متعدد الجوانب بفتح الخطوط الثلاث للدائرة الرئيسية مرة واحدة .
- تنظم بشكل دقيق للعمل عند تيار معين دون أن يؤثر ذلك على سرعة استجابتها لهذا التيار وأمانتها في قطع الدائرة .
- تحمي المحرك من ظروف العمل غير الطبيعية الأخرى التي يزداد فيها تيار المحرك .

over current

مناولة

ج-

الحماية

باستخدام

المناولة

الحرارية

:-

تستخدم

لحماية



المحركات التي تعمل بصورة متواصلة حيث أن المناولة

الحرارية تتكون من شريط ثنائي تختلف في جزئيه في قابلية التمدد الحراري .

ثانياً : الحماية ضد التيارات الزائدة نتيجة لزيادة الاحمال :-

الحماية باستخدام المتحسسات الحرارية المدفونة :-

ان المتحسس الحراري هو عبارة عن عنصر معين يدفن بين ملف المحرك ويتحسس زيادة درجة حرارة الملف بصورة دقيقة وأهم المتطلبات المفروض توفرها في العنصر الجيد هي :-

1. أن يكون بقصور ذاتي حراري واطئ.
 2. أن يكون حجمه , شكله ومادته بصورة تسهل دفنه ويكون مسالا في المكان الذي يدفن فيه .
 3. أن يكون قوياً ومتيناً لحمل اهتزازات المحرك دون ان يتلف .
 4. أن يكون أميناً في الحمل وزهيداً في الكلفة.
- ومن أهم المتحسسات الحرارية هو المقاوم الحراري (Thermistor) وهو عبارة عن مقاومة سيراميكية حساسة للحرارة تقي بجميع الشروط التي ذكرت اعلاه .

ثالثاً : الحماية من انخفاض جهد التغذية:-

تتشرط أكثر المواصفات العالمية عدم ترك المحركات الحثية تعمل لفترة طويلة عند انخفاض جهد التغذية اليها , خصوصاً عندما يعمل عند حمل كامل . وتحدد هذه المواصفات أقصى هبوط في الجهد بمقدار 5% .

ان الحماية من انخفاض الجهد واختفائه في المحركات الحثية تتم باستخدام مناومات الجهد الكهرومغناطيسية (Voltage Relays) أو (VR) .

رابعاً : الحماية من العمل على طورين :-

غالباً ما تلاحظ ظاهرة عمل المحرك على طورين فقط في الحياة العملية لهذا يجب عدم التركيز على حماية المحرك فقط والعمل على استبعاد اسباب هذه الظاهرة . ان الدوائر السابقة التي بحثت في مجالات مختلفة و المناومات التي استخدمت كلها تكون مناسبة لحماية المحرك من العمل على طورين فقط . كما يمكن استخدام حماية خاصة بوضع مناومات طورية (Phase Relay) على التوازي مع المصهرات , حيث تحتوي المناولة على ثلاث ملفات منفصلة كل منها يربط مع خط التغذية على التوازي مع المصهر (Fuse) ويكون لها نقاط تماس في دائرة التحكم .



جامعة الفرات الأوسط
التقنية

كلية البولي تكنك النجف
قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

القابلوات الكهربائية

اعداد

د. حسن وهاب صالح

الاختبار القبلي

1. ما المبدأ الأهم الذي يجب مراعاته عند التعامل مع المعدات الكهربائية؟

أ) الكفاءة

ب) الأمان والسلامة

ج) تقليل الوزن

د) زيادة الجهد

2. أي من العوامل الآتية يؤثر في اختيار الكابل؟

أ) أقصى جهد تشغيلي

ب) لون الكابل فقط

ج) شكل لوحة التوزيع

د) نوع المصباح المستخدم

3. ما المادة المستخدمة عادةً في تصنيع موصل الكابل؟

أ) الحديد والزنك

ب) النحاس أو الألومنيوم

ج) الرصاص فقط

د) البلاستيك

4. ما وظيفة الدرع المعدني (Armour) في الكابل؟

أ) زيادة التوصيل الكهربائي

ب) زيادة الحماية الميكانيكية للكابل

ج) تقليل عدد القلوب

د) زيادة مقاومة العازل للحرارة فقط

5. أي من العوازل الآتية يتميز بمقاومة عالية للرطوبة وتحمل درجات الحرارة المرتفعة؟

أ) PVC)

ب) XLPE)

ج) الورنيش

د) الزيت العازل

6. حسب جهد التشغيل، يصنف الكابل الذي يعمل بجهد أعلى من 66 kV على أنه:

أ) كابل جهد منخفض

ب) كابل جهد متوسط

ج) كابل جهد عالٍ

د) كابل تحكم

7. ماذا يعني الكابل $3 \times 95 + 50 \text{ PVC/Cu}$ حسب المثال في المحاضرة؟

أ) ثلاثة موصلات للطور مساحة كل منها 95 mm^2 وموصل تعادل 50 mm^2

ب) خمسة موصلات مساحة كل منها 95 mm^2

ج) ثلاثة موصلات مساحة كل منها 50 mm^2

د) موصل واحد مساحة مقطعه 95 mm^2

8. ماذا يعني الرمز XY2N في المثال الوارد في المحاضرة؟

أ) ألومنيوم مع عازل PVC و غلاف XLPE

ب) نحاس مع عازل XLPE و غلاف خارجي PVC

ج) نحاس مع عازل PVC و غلاف رصاص

د) ألومنيوم مع عازل ورقي و غلاف PVC

9. إذا كان عدد طبقات شعيرات موصل الكيبل يساوي طبقتين، فما عدد الشعيرات؟

أ) 7

ب) 19

ج) 37

د) 61

10. ماذا يعني الرمز NYY في تسمية الكيبل؟

أ) كيبل قوى نواقله من الألومنيوم و عازله ورقي

ب) كيبل قوى نواقله من النحاس، معزولة باللدائن، و غلافه من اللدائن

ج) كيبل تحكم مسلح بأسلاك حديدية

د) كيبل قوى نواقله من النحاس و غلافه من الرصاص

اولاً : القبلوات (cables) :-

1 – مبادئ مهمة في دراسة القابلوات :-

إن أهم مبدأ يجب مراعاته عند التعامل مع المعدات الكهربائية عموماً هو مبدأ الأمان Safety ، وذلك نظراً لطبيعة الكهرباء وخطورة التعامل معها . ومن أجل تحقيق هذا المبدأ عند التعامل مع الكيبلات فقد تميزت الكيبلات بسمات خاصة تتعلق بالتركيب وطرق التمديد كلها صممت من أجل تحقيق عنصر الأمان . وقبل الدخول في التفاصيل نشير إلى أن مصطلح " كيبل Cables " يطلق هنا على المغذيات الرئيسية Feeders التي تغذي لوحات التوزيع ، أما المصطلح " الموصلات Wires " فيطلق على الأسلاك المستخدمة في دوائر التغذية الفرعية وخاصة ذات المقطع الصغير ويكون أقصى مقطع للموصل (10mm^2) .

2 – العوامل المؤثرة على اختيار الكيبل :- هناك العديد من العوامل التي يجب أن يراعيها المصمم عند اختياره للكيبل ، ومن أهمها :

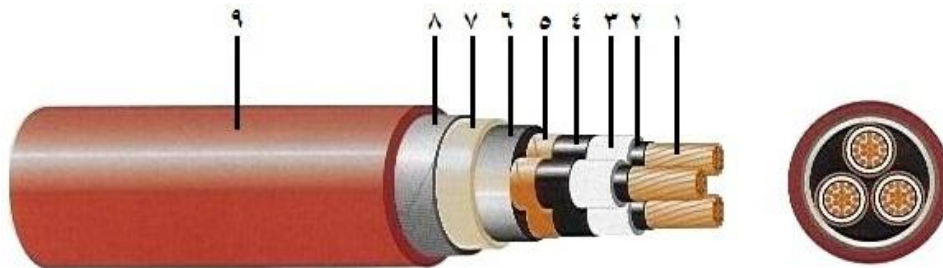
- 1- أقصى جهد تشغيلي .
- 2- مستوى العزل .
- 3- أقصى حمل (التيار المقنن).
- 4- أقصى قيمة لتيار فوق التقنين (Overload) وأقصى مدة له .
- 5- أقصى قيمة لتيار القصر (SCC) (Short Circuit Current) وأقصى مدة له .
- 6- الهبوط في الجهد (Voltage drop) (V.D).
- 7- طول الكيبل .
- 8- طريقة تمديده (تحت الأرض أم في الهواء أم في أنابيب إلخ) .
- 9- أقل وأكثر درجة حرارة يتعرض لها الكيبل.
- 10- مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية .

جدول المسافات بين الأنواع المختلفة من القابلات

(أ) كابل جهد منخفض بجانب كابل اتصال	المسافة 300 مم على الأقل
(ب) كابل جهد منخفض بجانب كابل تحكم	بدون مسافة فاصلة
(ت) كابل تحكم بجانب كابل تحكم	بدون مسافة فاصلة
(ث) كابل جهد منخفض بجانب كابل جهد منخفض	قطر الكابل وبحد أدنى 10مم وتستعمل فواصل بين الكابلات توضع كل مسافة تتراوح ما بين 1.5 و 1 متر
(ج) كابل جهد متوسط بجانب كابل جهد متوسط	150 مم ويفصل بينهما إذا كانت مدفونة في الأرض بقوالب طوب توضع رأسياً على جانبيها

ثانياً : مكونات الكيبل :-

يتكون الكيبل في أبسط صوره من موصل ذي مقاومة منخفضة (نحاس أو ألومنيوم) يسمى قلب الكيبل (Core) مغلف بعازل لعزل الموصلات عن بعضها البعض ، وعزلها عما يحيط بها ، وعن الأرض . وفي حالة الكيبلات التي تستخدم في التأسيسات الكهربائية فإن الكيبل لا يحتوي في تركيبه على أكثر من ذلك ، ولذا تسمى بالكابلات المرنة ، وبصورة عامة فإن طبقات القابلو ممكن ايضاحها كما في الشكل الاتي:



١- الموصل	٦- مواد مائلة
٢- ستارة الموصل	٧- وسادة شريط التسليح
٣- العزل	٨- شريط تسليح صلب
٤- ستارة العزل	٩- غلاف خارجي
٥- الشبكة النحاسية	

1- موصل معدني Conductor : وهو الحامل للتيار (نحاس أو ألومنيوم) ، ويتوقف مساحة مقطعه مع قيمة التيار المصمم عليه حيث كلما زادت مساحة مقطع الموصل زاد التيار التصميمي الكيبلات الكهربائية .

2- ستارة الموصل (Conductor Screen) : وتسمى أيضا حجاب الموصل Conductor Shield وهي طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة تستخدم للحصول على توزيع أفضل للمجال الكهربائي على السطح المشترك بين الموصل والعازل .

3- العازل الرئيسي Insulation or Dielectric : وأشهر الأنواع هي الـ PVC and XLPE

4- غلاف (ستارة) العازل Insulation Shield : وهي طبقة رقيقة جدا من مادة شبه موصلة تؤدي نفس الدور الذي تقوم به ستارة الموصل ، حيث أن الطبقة التالية ستكون معدنية أيضا ، وبالتالي فهي تساعد في توزيع المجال الكهربائي بانتظام على السطح الخارجي للعازل .

5- ستارة العازل المعدنية Metallic Sheath : أو الغلاف المعدني Tape Shield وهي شريط نحاسي سمك 0.1 mm ، وتعتبر الشبكة النحاسية مهمة جدا وهي موجودة على كل فيز من الفيزات الثلاثة أي أن كل فيز من الفيزات ملفوف عليها هذه الستارة النحاسية حلزونية وبتجانس على طول الفيز وذلك لحمايتها من تيار القصر.

6 - حشو وبطانة (Filler) : أما الحشو فيكون غالبا من الجوت لملأ الفراغ بين الـ Cores في كيبلات الـ Multi - core .

7- الغطاء الداخلي (Inner Jacket): فغالبا تكون من PVC .

8 - درع معدني (Armour) : أو التسليح وذلك لزيادة الحماية الميكانيكية للكيبل ، وهي عبارة عن أسلاك من الصلب المكلفن وأحيانا تكون على صورة شريط من الصلب المكلفن أو أسلاك الألومنيوم .

9 - الغطاء الخارجي Outer Jacke : لحماية الأجزاء المعدنية خاصة الألومنيوم من التآكل . يستخدم لحماية ووقاية الموصلات والأجزاء الداخلية للكيبلات الكهربائية من الرطوبة والحرارة والمواد الكيماوية التي يمكن أن يتعرض لها الكيبل ويكون من مواد مقاومة للظروف التي يمكن أن يستخدم فيها الكيبل .

ثالثاً : أنواع الكيبلات ونوع العازل :

1 – تصنيف الكيبلات :- يمكن تصنيفها على أسس متعددة مثل جهد التشغيل أو نوع الموصل أو نوع العازل أو عدد الـ (Cores) في الكيبل الواحد ، وكذلك يمكن أن تصنف حسب مجال استخدامها :

1. التصنيف حسب جهد التشغيل :

تصنف الكيبلات حسب جهد التشغيل إلى :

- كيبلات الجهد العالي (أعلى من 66 KV) .
- كيبلات الجهد المتوسط (أعلى من 3.3kv) .
- كيبلات الجهد المنخفض (أقل من 3.3kv) .

2. التصنيف حسب نوع الموصل :-

وهناك نوعان من الموصلات هما النحاس والألومنيوم ، و كلاهما جيد التوصيل للكهرباء ، وإن كان النحاس أفضل حيث يصل معامل التوصيل Conductivity له إلى $1.724 \mu\Omega.cm$ مقارنة بمعامل التوصيل للألومنيوم الذي يصل إلى أقل من نصف هذا الرقم ، غير أن الألومنيوم يتميز بأنه أرخص سعرا ، وأخف وزنا. ويعتبر تكون طبقة رقيقة صلبة من أكسيد الألومنيوم على سطح الموصل من العيوب الأساسية لموصلات الألومنيوم ، ورغم أن هذه الطبقة من جهة تحمي الموصل من التآكل لكنها من جهة أخرى تتسبب في مشاكل عديدة في عمليات اللحام وتركيب أطراف الكيبلات (Glands) .

ويجب ملاحظة أن وجود معادن أخرى مدفونة تحت الأرض بجوار كيبلات الألومنيوم ولها أنودية أقل من الألومنيوم مثل النحاس أو الرصاص قد تساعد في عملية تآكل كيبلات الألومنيوم ، وتظهر هذه المشكلة بوضوح عند تركيب كيبلات الألومنيوم على بارات نحاس داخل لوحة التوزيع ، حيث يبدأ بعد فترة حدوث تآكل في الألومنيوم ، ولذا نستخدم ما يسمى Bi-metal Gland لمنع حدوث هذه المشكلة داخل لوحات التوزيع. والـ Bi-metal Gland عبارة عن وصلة معدنية خاصة مصممة للاستعمال بين معدنين مختلفتين .



3. التصنيف حسب نوع العازل :-

في الكيبلات المستخدمة مع التأسيسات الكهربائية تكون المادة العازلة غالبا إحدى المواد البوليميرية مثل :

أ- البولي فينيل كلورايد PVC:-

ويتميز بخواص كهربائية ممتازة عند الجهود المنخفضة ودرجات الحرارة المنخفضة إلى جانب رخص ثمنه . ومن ثم فهو دائما الاختيار الأول في جميع أنحاء العالم حتى جهد 3.3 KV , حيث ترتفع قيمة مفقودات العزل مع الجهود الأعلى من ذلك . لكن يعيب هذا النوع أن عازليته تتأثر بدرجة الحرارة ومن ثم لا يصلح في التطبيقات ذات الحرارة العالية ، فعند ارتفاع درجات الحرارة تكون مادة (PVC) أكثر ليونة وهذا بالطبع غير مرغوب فيه .

كما أن مقاومته تكون ضعيفة في درجات الحرارة المنخفضة جدا و يمكن أن يحدث به تشققات . و يتميز الـ PVC بخاصية الإطفاء الذاتي للهب ، فهو يشتعل عند تقريب لهب إليه لكنه ينطفئ بمجرد إبعاد اللهب عنه ، إلا أنه ينتج غازات سامة عند اشتعاله . وأخيراً ، يجب أن يراعى ألا يتعرض الـ PVC إلى الانحناءات الحادة فهو ليس مثل المطاط مثلاً في هذه الخاصية .

ب- **البولي إيثيلين التشابك XLPE** :- ويتميز بمقاومة عالية للرطوبة ، وتحمل درجات الحرارة المرتفعة ، وتحمل حالات القصر والتحميل الزائد . وهو أصلد العوازل المعروفة ولذا لا يحتاج غالباً إلى تسليح إلا عند توقع تعرضه لإجهادات ميكانيكية عنيفة لاسيما عند دفنه بالأرض ، مع ملاحظة أن هذه الصلابة تستلزم تجنب تعرضه لانحناءات شديدة أثناء التمديد .

ج- **العوازل المطاطية وأهمها الإيثيلين بروبيلين EPR** :- ويعتبر المطاط مقاوم للمياه ولكنه لا يقاوم النفط والبنزين .

4. عناصر أخرى لتصنيف الكيبلات :

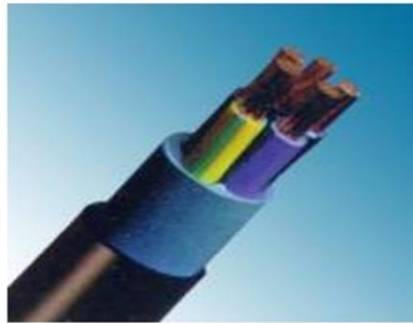
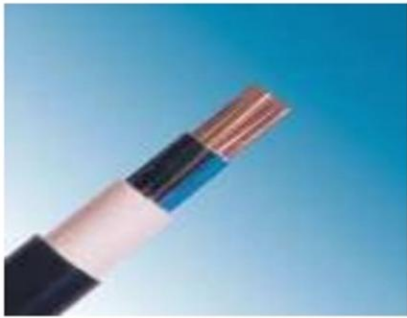
و تصنف الكيبلات أيضاً إلى كيبلات مسلحة Armoured و غير مسلحة Non-Armoured . ويقصد بالتسليح هذا الشريط الصلب (سمكه حوالي 0.1-0.5 ملم) الذي يلف حول الكيبل من الخارج لإعطائه صلابة ميكانيكية تحميه من الضغوط الخارجية التي تقع على الكيبل مثل وزن التربة و السيارات المارة فوقها إلخ. مع ملاحظة أن التسليح يقلل كثيراً من مرونة الكابل وسهولة التعامل معه . الذي يظهر في الصورة (اليمين).

لاحظ أن الكابلات التي توضع داخل المباني أو فوق حاملات الكابلات Cable Trays لا تكون معرضة لأي ضغوط ميكانيكية لذا يناسبها النوع الثاني الغير مسلح Non - Armoured الذي يظهر في الصورة اعلاه (يسار) .

كما يمكن تصنيف الكابلات حسب عدد الـ Cores ، فالكابل أما أن يكون Multi-core حيث تكون الأوجه الثلاثة وكابل التعادل (3 - Phases + Neutral) كلهم داخل عازل الكابل الخارجي كما في الصورة التالية (يمين)



صورة : كابات مسلحة (يمين) وغير مسلحة (يسار).



صورة : كابات: Single core & Multi-core (يمين) (يسار).

أو يكون Single-core كما في الصورة اعلاه (يسار) . وعموما يفضل النوع الـ (Multi-core) لسهولة التعامل معه من حيث نقله وتمديده في الانابيب . أما مع المقاطع الكبيرة (غالبا أكبر من 240 ملم) فتصبح هناك صعوبة في لف الكيبل حوله البكرات التي تنقله من المصنع إلى المستهلك ، كما تصبح هناك صعوبة بالنسبة للعمال في تمديد الكيبل داخل الانابيب أو حتى داخل خنادق الكيبلات بسبب وزنه الزائد ، ومن ثم ففي هذه الحالات يفضل استخدام كيبلات من النوع الـ Single Core .

2 – عوازل الكيبلات :- سبق الحديث في الجزء السابق عن تصنيف الكيبلات حسب نوع العازل ، وذكرت هناك ثلاثة من أشهر أنواع عوازل الكيبلات وهي البولي فينيل كلورايد PVC ، و البولي إيثيلين التشابكي XLPE ، و العوازل المطاطية . واستكمالا للفائدة ، نشير هنا إلى مواد أخرى تستخدم في عزل الكابلات والموصلات مثل :

A- الزيت العازل : يعد الزيت العازل من أهم العوازل الكهربائية المستخدمة في المحولات والكيبلات والقواطع . ولكي يمكن الاعتماد على الزيت كعازل جيد يجب توافر عدة شروط منها أن يكون الزيت على درجة عالية من النقاوة ، لأن وجود الشوائب يساعد على انهيار عزل الزيت . ويجب أن تكون الرطوبة الموجودة في الزيت أقل ما يمكن ، لأن زيادة نسبة الرطوبة تساعد على انهيار عزل الزيت . كما أن درجة الحرارة العالية تؤدي إلى انخفاض قيمة الجهد اللازم لانهيار عزل الزيت وجهد الانهيار للزيت يتراوح بين (70-120 KV/cm) وهذا يعني أنه أعلى من جهد الانهيار للهواء الذي يساوي (30 KV/cm) .

B- الورنيشات العازلة اللاصقة : وهي مواد لها أهمية كبرى في الصناعات الكهربائية وخاصة في صناعة الآلات والأجهزة وأهم فوائدها أنها تعطي عمرا طويلا للمواد العازلة الأخرى ، و تحمي المواد العازلة والملفات من الرطوبة و تقلل من تماسك التراب والغبار بالملفات المكشوفة

C- العوازل المعدنية Mineral Insulation : ويتكون هذا النوع من العوازل من مسحوق أكسيد المغنسيوم ، ويستخدم في الأماكن ذات درجات الحرارة العالية حيث يتميز بأن له مقاومة عالية ضد الحريق .

3 - تصنيف العوازل :- يعتبر تحمل المواد العازلة لدرجات الحرارة المختلفة من الخواص المهمة في تصنيف العوازل الكهربائية ، ولهذا السبب تقسم المواد العازلة إلى سبعة أصناف كل منها يستعمل حتى درجة حرارة معينة كما ورد في مواصفات جمعية المهندسين العالمية IEC والمختصرة في الجدول التالي :

جدول : تصنيف العوازل حسب تحملها لدرجة الحرارة

الصنف	أقصى درجة حرارة	أمثلة
Class (0)	(90 C°)	هذا الصنف يحتوى على المواد الآتية : القطن - الحرير - الورق بدون أن تعالج بمواد أخرى .
Class A	(105 C°)	وهذا الصنف يشمل المواد السابقة (القطن ، الحرير ، الورق) بعد معالجتها بالورنيش العازل أو الزيت.
Class (B)	(130 C°)	ويشمل المايكا والاسبستوس ونسيج الحرير .
Class (F)	(155 C°)	ويشمل المواد السابقة بعد معالجتها بمواد لاصقة.
Class (H)	(180 C°)	ويشمل المواد السابقة ومعها السيليكون المرن بعد معالجتها بمواد لاصقة.
Class-220	(220 C°)	ويشمل أى مادة عازلة تتحمل 220 درجة مئوية .
Class (C)	over (220 C°)	وتشمل الخزف الصينى والزجاج والكوارتز .

تسمية الكيبل وطريقة قراءته:-

تسمى الكابلات بمساحة المقطع وليس بقيمة التيار بالإضافة الى عدد الموصلات (Cores) في الكيبل ونوع الموصل ونوع العازل

مثال : 3x95+50mm² pvc /cu 1- الكيبل الاول

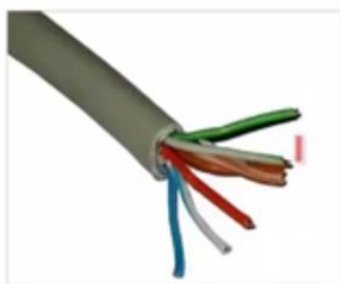
2- الكيبل الثاني (3x95+50)+25mm² pvc/cu

الاول كيبل من النحاس ثلاث موصلات قياس 95 للفيوز وموصل رابع قياس 50 للتعاادل والعازل من البلاستيك ونوع الموصل نحاس اما الكيبل الثاني اضيفه له موصل خامس قياس 25 للأرضي

كابلات التحكم :

غالبا نفس تركيب كابلات القوى مع اختلاف الحجم وممكن ان تكون مسلحه او غير مسلحه والعازل يكون pvc او XLPE والموصل ممكن ان يكون نحاس او المنيوم لكن مقطع موصلات الكيبل صغير 1,2,3,4.5,MM2 وعدد الموصلات (Cores) كبير جدا

(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,19,24,27,30,37, 44,52,61,)



مثال :- ماذا نعني بكابل : N2XY(4X150mm²)

ج : 4X150 يلم² يعني انه الكابل متعدد القلوب cores فهو ثلاث موصلات ل Phase والرابع ل Neutral ومساحة مقطع كل منهم يساوي 150 ملم²

*اما N2XY سيتم تفصيله كالاتي:

الحرف الاول يرمز لنوع الموصل اما N نحاس او A المونيوم.

*الحرف التالي يرمز لمادة العازل اما Y يعني ان العازل PVC او 2X يعني ان العازل XLPE او 2Y يعني ان العازل (poly ethylene) PE

الحرف الاخير يرمز لنوع مادة الغلاف الخارجي للمادة العزل في الكيبل وهو اما حرف Y للعازل البلاستيكي (PVC) او 2Y لعازل (PE)

الرمز N2XY يعني ان الكابل من النحاس والمادة العازلة XLPE والغلاف الخارجي PVC.

في حالة وجود حرف رابع فأن ذلك يعني ان الكيبل مسلح.

المقاطع المختلفة للكابلات

فيما يلي جدول يوضح المقاطع المختلفة للكابلات الأرضية للجهد المنخفض والمتوسط وكذلك عدد الشعيرات لكل مقطع وقطر كل موصل :

كابلات جهد منخفض	عدد الشعيرات	قطر الموصل	كابلات جهد متوسط
$10 + 3 \times 16 \text{ مم}^2$	7	4.7 مم	$3 \times 16 \text{ مم}^2$
$16 + 3 \times 25 \text{ مم}^2$	7	5.9 مم	$3 \times 25 \text{ مم}^2$
$25 + 3 \times 35 \text{ مم}^2$	19	7.0 مم	$3 \times 35 \text{ مم}^2$
$25 + 3 \times 50 \text{ مم}^2$	19	8.0 مم	$3 \times 50 \text{ مم}^2$
$35 + 3 \times 70 \text{ مم}^2$	19	9.7 مم	$3 \times 70 \text{ مم}^2$
$50 + 3 \times 95 \text{ مم}^2$	19	11.4 مم	$3 \times 95 \text{ مم}^2$
$70 + 3 \times 120 \text{ مم}^2$	37	12.9 مم	$3 \times 120 \text{ مم}^2$
$70 + 3 \times 150 \text{ مم}^2$	37	14.3 مم	$3 \times 150 \text{ مم}^2$
$95 + 3 \times 185 \text{ مم}^2$	37	16.1 مم	$3 \times 185 \text{ مم}^2$
$120 + 3 \times 240 \text{ مم}^2$	61	18.3 مم	$3 \times 240 \text{ مم}^2$

ويوضح هذا الجدول المقاطع المختلفة والثابتة لكابلات الجهد المنخفض والمتوسط كما انه يوضح عدد شعيرات الموصل وكذلك قطر كل موصل .
ومن الضروري أن يكون القائم بالعمل في قسم الكابلات الأرضية على علم بهذه المقاطع وكما انه من الضروري أن يكون على علم بكيفية تحديد مساحة مقطع أي كابل يراه سواء كان ذلك من خلال تطبيق قانون عدد الشعيرات أو بطريقة قطر الموصل أو بمجرد النظر وهذا يتطلب خبره طويلة في العمل .

يمكن معرفة عدد شعيرات الموصل من خلال القانون الآتي :-

$$N = 1 + \{ 3A (A + 1) \}$$

حيث أن N هي عدد الشعيرات

A هي عدد الطبقات

فإذا كان عدد الطبقات (1)

فإن عدد الشعيرات يكون

$$N = 1 + [3 \times 1 (1 + 1)] = 1 + 6 = (7)$$

شعيرات

أما إذا كان عدد الطبقات (2)

فإن عدد الشعيرات يكون

$$N = 1 + [3 \times 2 (2 + 1)] = 1 + 18 = (19)$$

شعره

أما إذا كان عدد الطبقات (3)

فإن عدد الشعيرات يكون

$$N = 1 + [3 \times 3 (3 + 1)] = 1 + 36 = (37)$$

شعره

أما إذا كان عدد الطبقات (4)

فإن عدد الشعيرات يكون

$$N = 1 + [3 \times 4 (4 + 1)] = 1 + 60 = (61)$$

شعره

ويلاحظ لنا أن الكابل مقطع 3×70 مم² تكون الفازة من طبقتين إي أن عدد الشعيرات 19 شعرة .
كما أن الكابل مقطع 3×150 مم² تكون الفازة الخاصة به من 3 طبقات أي أن عدد الشعيرات 37 شعرة .
كما أن الكابل مقطع 3×240 مم² تكون الفازة الخاصة به مكونة من 4 طبقات أي أن عدد الشعيرات 61 شعرة .

ولما كانت هناك مقاطع للكابلات تشترك في نفس عدد الشعيرات مما يصعب معه تحديد مساحة القطع من خلال عدد الشعيرات ويستلزم ذلك معرفة قطر الموصل لتساعد على التعرف على مساحة المقطع المطلوب.

ومن خلال الجدول الذى يوضح مساحات المقطع وعدد الشعيرات وأقطار الموصلات سيتم اختبار أحد المقاطع لحساب مساحة مقطع الموصل من خلال قطر الموصل .
قراءة رموز الكيبل:-

N: تعني ان الكيبل هو كيبل قوى.

A: الناقل مصنوع من مادة الالمنيوم, واذا لم يذكر الرمز (A) فهو من النحاس.

Y: يعني ان الناقل معزول بمادة لدائنية، واذا لم تذكر فهو معزول بالورق.

Y: غلافه الخارجي من اللدائن.

K: غلافه من الرصاص.

C: مسلح باسلاك نحاسية.

Q: مسلح باسلاك حديدية.

B: مسلح باسلاك فولاذية.

SE: مغلف برقائى نحاسية.

Y أمثلة على تصنيف مكونات الكيبل:-

NYN: هو كيبل قوى نواقله معزولة باللدائن، غلافه من اللدائن، نواقله من النحاس.

NYCY: مثل NYN لكنه مسلح باسلاك نحاسية.

NYQY: مثل NYN لكنه مسلح باسلاك حديدية.

NYBY: مثل NYN لكنه مسلح باسلاك فولاذية.

NAK: كيبيل قوى نواقله من الالمنيوم , عازله من الورق و غلافه من الرصاص.

NAKY: مثل NAK لكنه محاط بغطاء واقٍ لدائني.

NAYY: كيبيل قوى نواقله من الالمنيوم, نواقله معزولة بالدائن و غلافه من اللدائن.

NAKBY: كبل قوى نواقله من الالمنيوم غلافه من الرصاص, مسلح بصفائح فولاذية , غلافه الخارجي من اللدائن والناقل معزول بالورق.

AOC - Code	Nominal Cross Sectional Area	Max. Conductor Resistance		Current Rating			Approx. Overall Diameter	Approx. Weight
		DC at 20°C	AC at 90°C	Laid Direct in Ground	Laid in Ducts	Laid in free Air		
	mm ²	Ω / KM	Ω / KM	A	A	A	MM	KG/KM
Two Core Cables								
CX1-T102-U04	1.5 mm	12.1	15.4	30	25	25	11.6	164
CX1-T102-U06	2.5 mm	7.41	9.45	37	32	34	12.6	198
CX1-T102-U08	4 mm	4.61	5.88	50	40	46	13.6	263
CX1-T102-U09	6 mm	3.08	3.93	63	52	60	14.8	325
CX1-T102-U10	10 mm	1.83	2.33	82	69	79	16.9	459
CX1-T102-U11	16 mm	1.15	1.47	106	83	105	18.9	647
CX1-T102-U12	25 mm	0.727	0.927	139	107	139	22.2	946
CX1-T102-U13	35 mm	0.524	0.669	166	134	166	24.5	1212
Three Core Cables								
CX1-T103-U04	1.5 mm	12.1	15.4	26	23	22	12.2	181
CX1-T103-U06	2.5 mm	7.41	9.45	35	29	32	13.0	234
CX1-T103-U08	4 mm	4.61	5.88	45	36	41	14.2	322
CX1-T103-U09	6 mm	3.08	3.93	57	45	50	15.6	393
CX1-T103-U10	10 mm	1.83	2.33	75	60	68	17.6	557
CX1-T103-U11	16 mm	1.15	1.47	97	75	89	20.2	900
CX1-T103-U12	25 mm	0.727	0.927	128	102	120	23.8	1300
CX1-T103-U13	35 mm	0.524	0.669	155	120	145	26.4	1700
Four Core Cables								
CX1-T104-U04	1.5 mm	12.1	15.4	26	23	22	13.0	218
CX1-T104-U06	2.5 mm	7.41	9.45	35	29	32	14.0	275
CX1-T104-U08	4 mm	4.61	5.88	45	36	41	15.2	397
CX1-T104-U09	6 mm	3.08	3.93	57	45	50	16.6	506
CX1-T104-U10	10 mm	1.83	2.33	75	60	68	18.7	734
CX1-T104-U11	16 mm	1.15	1.47	97	75	89	21.2	975
CX1-T104-U12	25 mm	0.727	0.927	128	102	120	25.3	1480
CX1-T104-U13	35 mm	0.524	0.669	155	120	145	28.0	2940
CX1-T104-U14	50 mm	0.387	0.494	185	145	179	27.9	2180
CX1-T104-U15	70 mm	0.268	0.343	220	180	225	31.6	3020
CX1-T104-U16	95 mm	0.193	0.248	265	210	268	35.4	4070
CX1-T104-U17	120 mm	0.153	0.197	305	245	310	39.2	5140
CX1-T104-U18	150 mm	0.124	0.160	335	275	352	43.6	6315
CX1-T104-U19	185 mm	0.0991	0.129	375	310	404	48.7	7860
CX1-T104-U20	240 mm	0.0754	0.099	435	365	483	54.5	10190
CX1-T104-U30	300 mm	0.0601	0.081	490	405	562	60.0	12640



جامعة الفرات الأوسط التقنية
كلية البولي تكنك النجف
قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

التحكم الآلي

اعداد

د. حسن وهاب صالح

1. ما المقصود بالتحكم الآلي (Automation) ؟

- (أ) تشغيل الآلة يدويًا بواسطة الإنسان
 - (ب) نظام يسمح للآلة باتخاذ القرارات المناسبة في التوقيت المناسب
 - (ج) نظام لزيادة الجهد الكهربائي
 - (د) نظام خاص بقياس التيار فقط
- 2. متى تعود بدايات تطوير أنظمة التحكم الآلي حسب المحاضرة؟**

- (أ) 1850 م
- (ب) 1868 م
- (ج) 1879 م
- (د) 1900 م

3. أي مما يأتي يُعد من المكونات الرئيسية لنظام التحكم الآلي؟

- (أ) الحساسات
- (ب) المحولات فقط
- (ج) المصهرات فقط
- (د) البطاريات فقط

4. ما وظيفة الحساسات (Sensors) في نظام التحكم الآلي؟

- (أ) تخزين الطاقة الكهربائية
- (ب) استشعار الإشارات والظواهر الفيزيائية
- (ج) زيادة سرعة المحرك فقط
- (د) فصل مصدر التغذية دائمًا

5. ما وظيفة المشغلات (Actuators) في نظام التحكم الآلي؟

- (أ) اتخاذ القرارات وتحديد المراحل التالية اعتمادًا على الإشارات المستلمة
- (ب) قياس درجة الحرارة فقط
- (ج) قياس المسافة فقط
- (د) تحويل الطاقة الشمسية إلى كهربائية

6. على ماذا يعتمد استمرار عمل أو توقف نظام التحكم المفتوح (Open Loop) ؟

- (أ) التغذية الراجعة
- (ب) درجة حرارة الحمل
- (ج) عنصر الزمن أو المؤقت
- (د) قيمة خرج النظام

7. أي من الآتي يمثل مثالاً على نظام تحكم مغلق (Closed Loop) حسب المحاضرة؟

أ) نظام تعبئة الزجاجات بالمؤقت

ب) الغسالة التي تعتمد على المؤقت

ج) سخان المياه الذي يتوقف عند الوصول إلى درجة حرارة محددة

د) غلاية تعمل لفترة زمنية ثابتة فقط

8. ماذا يحدث لمقاومة الحساس الضوئي LDR عندما تزداد شدة الضوء؟

أ) تزداد المقاومة

ب) تنخفض المقاومة

ج) لا تتغير المقاومة

د) تصبح المقاومة صفرًا دائمًا

9. ما نوع الحساس الذي يستخدم لقياس المسافة وسرعة الجسم باستخدام الموجات الصوتية؟

أ) حساس الحرارة

ب) الحساس التقاربي

ج) حساس الموجات فوق الصوتية Ultrasonic

د) حساس الرطوبة

10. في حساس الأشعة تحت الحمراء من النوع العاكس، كيف يتم اكتشاف الجسم؟

أ) بزيادة درجة حرارة الجسم

ب) بانعكاس الأشعة تحت الحمراء من الجسم ووصولها إلى الكاشف

ج) بقياس ضغط الهواء

د) بقياس مقاومة الجسم

التحكم الالى

1-المقدمة

يعتبر مجال التحكم الآلى من المجالات الهامة فى العمليات الصناعية حيث لا يحتاج إلى مجهود عضلى كبير بقدر ما يحتاج إلى مجهود ذهنى وتنظيم كبير حتى يخرج نظام التحكم المراد تنفيذه بالصورة الجيدة وبتنظيم رائع يسهل على الغير متابعته وفهمه بالشكل الذى يستطيع من خلاله أى مهندس أو فني التعامل معه بكل سهوله ويسر .

ولكل دوائر الإضاءة ودوائر القوى الكهربائية يوجد بها مكونات التحكم على سبيل المثال :

(الريلايهات - الكونتاكتورات - المفاتيح - لمبات

الإشارة وغيرها) .

وسوف نعطي مثال صغير على نظام تحكم بسيط هو

إضاءة مصباح فى حجرة من مفتاح إضاءة فى وضعية

تشغيل ووضعية إيقاف (ON-OFF) .

وهذا المثال يعبر بكل سهولة عن بعض مكونات التحكم

الا وهو مفتاح الإضاءة الذى بالضغط عليه يمكنك

إضاءة المفتاح .



ويوجد أجهزة وأنظمة كثيرة فى مجال الصناعة تعتمد اعتماد كلي على مكونات التحكم على سبيل المثال :

التحكم فى المحركات من تشغيل المحرك وإيقافه وتوفير الحماية الكافية له وتوفير الحماية للأشخاص الذين يتعاملوا

معه. بالإضافة للتحكم فى كيفية تشغيله فى اتجاه معين وعكس اتجاه دورانه عندما نريد ذلك فى منظومة متناسبة تحقق

السلامة والتشغيل السليم .

ممكن تنفيذ أنظمة التحكم بالتحكم اليدوى (Manual Control)

وأيضاً يمكن تنفيذه بالتحكم الاتوماتيكي (Automatic Control)

2- مفهوم التحكم الآلي

التحكم الآلي أو كما يطلق عليه الأتمتة Automation هو عبارة عن نظام يسمح للآلة باتخاذ القرارات المناسبة وفي التوقيت المناسب. من خلال تعليمات وأوامر تمت برمجتها عليها مسبقاً إما بشكل إلكتروني أو آلي، فكل حركة أو توقف يتم بأمر برمجي بعد تلقي الإشارة من حساسات تعمل بشكل متزامن قادرة على استشعار الهدف بدقة. حيث يعالج المتحكم قيم دخل النظام للحصول على التأثير المطلوب على خرج النظام بمعنى آخر يعرف التحكم الآلي بأنه: عبارة عن منظومة عمل متكاملة تعمل بشكل آلي دون تدخل العنصر البشري، ذات هدف مسبقاً. تعمل من خلال القواطع الإلكترونية بما يتضمن: الحساسات، الكونتاكتورات وفقاً للتوافق التزامني فيما بينها.

3- نشأة التحكم الآلي

تعود بدايات تطوير أنظمة التحكم الآلي إلى عام 1868 م، حين قام العالم جورج ماكسويل بجهود متواصلة لإيجاد حلاً مثالياً للأخطاء التي تنشأ نتيجة التدخل البشري. وبذلك، يتمثل هذا النوع من الأنظمة في تكامل أجهزة إلكترونية متعددة تعمل بالتناغم مع بعضها البعض.

4- مكونات نظام التحكم الآلي

مكونات نظام التحكم الآلي

تتكون منظومة التحكم الآلي من مجموعة مكونات رئيسية، وهي كما يلي:

أ- الحساسات Sensors

عبارة عن جهاز يستشعر الإشارة الفيزيائية وهي إما أجهزة إلكترونية كحساسات نظام الإطفاء الآلي، أو ميكانيكية كالمؤقتات، أو استاتيكية كحساسات غلايات المياه. يوجد حساسات عملها هو الكشف عن انتهاء مرحله تشغيله أو عدم انتهائها، ويوجد لكل نوع منها عدة أنواع. حيث يوجد حساسات لاستشعار الحركة أو التدفق، أو المستوى أو الحرارة أو الضغط وما إلى ذلك.

ب- المستقبلات receptors

هي عبارة عن أجهزة تستقبل المعلومات من الحساسات وتحولها إلى إشارات كهربائية، ثم توجهها إلى المشغل.

ج-المشغلات Actuator

تقوم باتخاذ القرارات وتحديد المراحل التالية ويمكن ان تعرف بانها عبارة عن نظام إلكتروني دقيق يتكوّن من متحكمات دقيقة Microcontroller تُبرمج بحسب متطلّبات النظام، تتخذ القرار عند انتهاء مرحلة التشغيل، ليتمّ توجيه المرحلة التالية بالاعتماد على الإشارات التي تتلقاها من المستقبّلات، بحسب الإشارات الواردة من الحساسات.

أنواع أنظمة التحكم الآلي

يوجد نوعين أساسيين لنظام التحكم الآلي بحسب التطبيق العملي المطلوب تنفيذه لتواكب المتطلّبات:

• نظام التحكم الآلي المفتوح open loop system :

يعتمد استمرار عمل أو توقف النظام المفتوح على عنصر الزمن أو كما يُعرف بالمؤقت، حيث تعتمد مرحلة التشغيل على مدّة زمنيّة يتمّ برمجتها النظام عليها، باستخدام متحكمات إلكترونيّة أو آليّة. ثم يبدأ عمل المرحلة التالية دون الاعتماد على خرج المرحلة الأولى سواء كانت في حال عمل أو توقّف. أبرز مثال على ذلك: الغسالات الأوتوماتيكيّة، حيث تعتمد مرحلة العصر أو الشطف على المؤقت المبرمج مسبقاً، ولا تتأثر بتمام نظافة الغسيل. كذلك نظام تعبئة الزجاجات، حيث تُفتح صناديق الماء وتُغلق كلّ مدّة معيّنة تحسب بطريقة تكفي لملء الزجاجات. أو غلاية مياه تعتمد على المؤقت، تستمر الغلاية في التسخين حتى عندما تصل درجة حرارة المياه إلى الغليان، طالما لم يصل المؤقت إلى القيمة النهائية المضبوط عليها .



مثال على نظام التحكم الآلي نوع مفتوح

يكون المتحكم هو الغلاية، و دخل النظام هو قيمة المؤقت أما خرجه فهو تسخين أو عدم تسخين المياه أما درجة حرارة الماء هي المتغير المتحكم به.

• النظام المغلق close loop system :

يعتمد استمرار عمل أو توقف النظام المغلق على خرج مرحلة التشغيل، وأبرز مثال على ذلك: سخانات المياه، حيث يتوقّف السخان عن العمل عند وصول درجة حرارة المياه إلى قيمة محدّدة، تمّت برمجتها النظام عليها مسبقاً.

غلاية مياه تحتوي على ثرموستات يراقب درجة حرارة الماء فعندما تصل إلى الغليان، تفصل الغلاية أو توماتيكياً، حتى إن لم يصل يصل المؤقت إلى القيمة النهائية المضبوط عليها.

يكون دخل المتحكم (الغلاية) هو الفرق بين قيمة درجة الحرارة المطلوبة أو ما يسمى المرجع Set Point والقيمة الحالية من درجة الحرارة وهي التغذية الراجعة ويطلق عليها عادةً مسمى الخطأ. أما خرجها فهو عمل الغلاية أي تسخين أو عدم تسخين، ودرجة الحرارة تكون هي المتغير في الأمر.



نظام التحكم الآلي المغلق

مميزات نظام التحكم الآلي

يمتاز نظام التحكم الآلي بأنه يتم بشكل آلي فلا يعتمد على أي عنصر بشري حيث أنّ نسبة التدخل فيه أثناء تناوب مراحل التشغيل تكون صفر لذا:

1. يمتاز بالدقة، والكفاءة في العمل والفاعلية.
 2. يوفر الوقت والجهد إذ يقتصر دور الإنسان على المتابعة والإشراف فقط.
- باختصار، تتم عملية التحكم الآلي وفق نظام آلي بشكل كامل دون أي تدخل بشري تتكامل كافة مكوناته مع بعضها البعض لذا توقف أي مرحلة يسبب توقف المرحلة التي تليها بشكل تلقائي. لكن يبقى الإنسان سيّد الموقف فهو من ابتكر هذا النظام .

ما هو التحكم اليدوي والتحكم الاتوماتيكي وما الفرق بينهما ؟

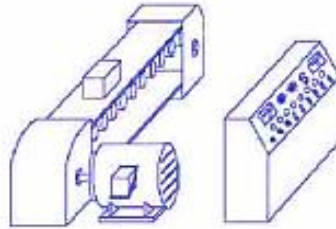
- نظام التحكم اليدوي Manual Control :



عندما يقوم شخص ما بعمل أمر ابتدائي لتشغيل النظام وعلى سبيل المثال لابد ان يقوم شخص ما برفع المفتاح حتى يستطيع تشغيل المحرك وايقافه .

- التحكم الاتوماتيكي Automatic Control :

عندما تبدأ المنظومة في العمل فإن الكثير من المعدات تعمل وتقف تلقائياً حسب النظام الموضوع لها ، ولهذا يوجد تداخل بين النظام اليدوي والنظام الاتوماتيكي فالنظام يبدأ تشغيله يدوياً ثم بعد ذلك يكمل باقي وظائفه اتوماتيكياً لكن يمكن ايقافه يدوياً أيضاً .



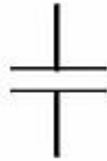
مفاهيم أساسية في التحكم الآلي :

ما هي نقاط التلامس Contact ؟

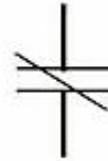
تعرف نقاط التلامس على أنها النقاط التي تسمح بمرور أو فصل التيار في دوائر التحكم وهي نوعان :

- نقاط التلامس المفتوحة normally open contact ويرمز لها اختصاراً بالرمز NO

- نقاط التلامس المغلقة normally closed contact ويرمز لها اختصاراً بالرمز NC



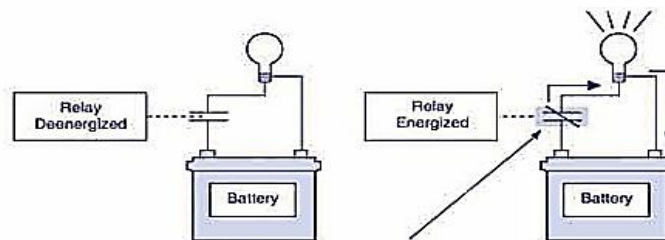
NO



NC

اولاً : نقاط التلامس المفتوحة NO :

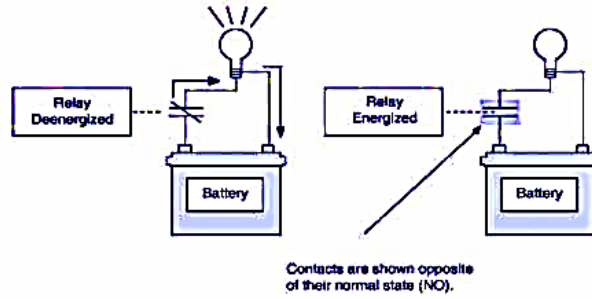
هي النقاط المفتوحة تكون في وضعها الطبيعي (Default Position) مفتوحة أي لا تسمح بمرور التيار من خلالها وعند التأثير عليها بمؤثر ما ، تتحول إلى نقاط مغلقة تسمح بمرور التيار وعند إزالة المؤثر عنها تعود إلى وضعها الطبيعي نقطة مفتوحة .



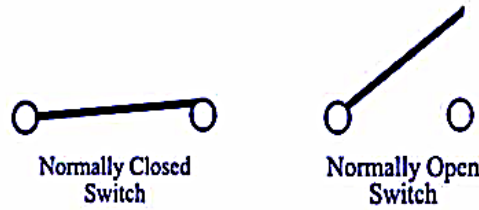
Contacts are shown opposite of their normal state (NO).

ثانيا : نقاط التلامس المغلقة NC :

هي النقاط التي تكون في وضعها الطبيعي default position مغلقة . أي تسمح بمرور التيار من خلالها . وعند التأثير عليها بمؤثر ما تتحول إلى نقاط مفتوحة فلا تسمح بمرور التيار . وعند إزالة المؤثر عنها تعود إلى وضعها الطبيعي مغلقة .



ولابد من فهم المعنى الهندسي من نقاط التلامس المفتوحة والمغلقة حيث يستخدم هذا المعنى في تطبيقات كثيرة .
فمثلاً :
مفاتيح ذات نقاط تلامس مفتوحة وأخرى ذات نقاط تلامس مغلقة .

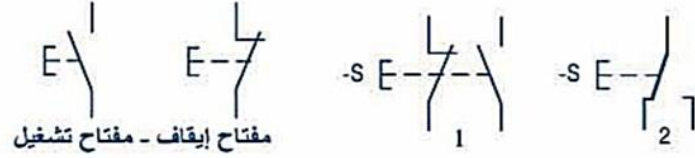


ونلاحظ في الشكل الموضح أدناه أنه في الوضع الأول لا يضيء المصباح وذلك لأن المفتاح من النوع Normally Open وعندما يتم الضغط عليه يضيء المصباح لأنه تحول إلى الوضع Normally Closed .



الرمز الكهربى

نلاحظ في المفتاح رقم (١) انه عند الضغط عليه يتغير وضع نقطتين منفصلتين أما في المفتاح رقم (٢) وضع نقطة تلامس واحدة من مفتوحة إلى مغلقة .

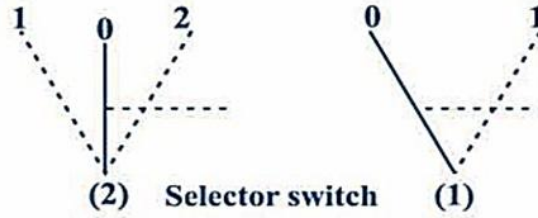


ثانيا: مفتاح اختياري selector switch :

يتكون من مجموعة من نقاط التلامس عند تحريك وضعية الذراع تتغير وضعية نقاط التلامس ويوجد منه أكثر من نوع :

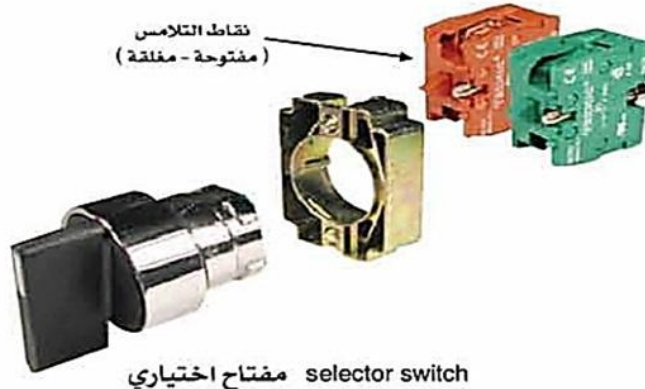
١- نوع يكون وضعين

٢- نوع يكون ثلاث أوضاع



الرمز الكهربى:

نلاحظ في المفتاح رقم (١) أنه ذو وضعين والمفتاح رقم (٢) ثلاث أوضاع .



الحساسات:

من خلال هذا الجزء سوف نغطي مبادئ أساسية عن الحساسات ونظرية عملها ومواصفاتها وكيفية اختيار الحساس المناسب حسب التطبيق وظروف التشغيل التي يستخدم لها .
وسوف يتم تغطية هذا الجزء بشئ من التفصيل لما فيه أهمية كبيرة في المجال الصناعي والمجال الهندسي بصفة عامة وسوف نتطرق في هذا الجزء إلى أهم الحساسات استخداماً وهي :

- * Limit Switches
- * Inductive Proximity Sensors
- * Capacitive Proximity Sensors
- * Ultrasonic Proximity Sensors
- * Photoelectric Sensors

ولكن لابد من معرفة بعض الأساسيات وما هو الحساس بصفة عامة وخصائصه والعوامل المؤثرة عليه وطرق توصيله ، ففي الجزء القادم سنتحدث عن هذه النقاط بشئ من التفصيل.

ما هو الحساس (sensor) :

هو جهاز يعطى إشارة عند تغير حالة معينة (changing condition) تؤثر عليه .

ما هو المعنى من تغير الحالة changing condition ؟

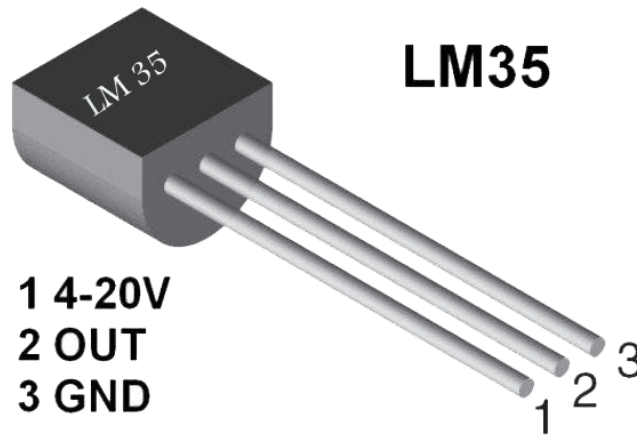
يمكن تعريفها على أنها ظهور أو غياب هدف أو مادة معينة تؤثر في الحساس ويطلق عليها discrete sensing ومن الممكن للحساس أن يقيس متغيرات مثل المسافة أو الألوان أو الأحجام وهذا ما يطلق عليه analog sensing

فيما يلي قائمة بأنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار التي يشيع استخدامها في تطبيقات مختلفة. تستخدم كل هذه المستشعرات لقياس إحدى الخصائص الفيزيائية مثل درجة الحرارة والمقاومة والسعة والتوصيل ونقل الحرارة.

1. Temperature Sensor حساس الحرارة.
2. Proximity Sensor الحساس التقاربي.
3. Accelerometer حساس التسارع.
4. IR Sensor (Infrared Sensor) حساس الأشعة تحت الحمراء.
5. Pressure Sensor حساس الضغط.
6. Light Sensor متشعرات الإضاءة.
7. Ultrasonic Sensor حساس المسافة.
8. Smoke, Gas and Alcohol Sensor حساسات الدخان و الكحول و الغاز.
9. Touch Sensor حساس اللمس.
10. Color Sensor حساس الألوان.
11. Humidity Sensor حساس الرطوبة.
12. Position Sensor مستشعرات الموضع.
13. Magnetic Sensor (Hall Effect Sensor) الحساس المغناطيسي.
14. Microphone (Sound Sensor) حساس الصوت.
15. Flow and Level Sensor حساس التدفق و المستوى.
16. PIR Sensor.
17. Strain and Weight Sensor مستشعر الوزن و الإجهاد

1- حساسات الحرارة: Temperature sensors

يعد مستشعر درجة الحرارة أحد أكثر أجهزة الاستشعار شيوعًا والأكثر شيوعًا. مستشعر درجة الحرارة ، كما يوحي الاسم ، يستشعر درجة الحرارة ، أي أنه يقيس التغيرات في درجة الحرارة. هناك أنواع مختلفة من مستشعرات درجة الحرارة مثل مستشعر درجة الحرارة ICs مثل LM35 ، DS18B20، الترمستورات ، المزدوجات الحرارية ، RTD (أجهزة درجة الحرارة المقاومة) ، إلخ. يمكن أن تكون مستشعرات درجة الحرارة تناظرية أو رقمية. في مستشعر درجة الحرارة التناظرية ، تتوافق التغيرات في درجة الحرارة مع التغيير في خصائصه الفيزيائية مثل المقاومة أو الجهد LM35. هو مستشعر درجة الحرارة التناظرية الكلاسيكية . عند الوصول إلى مستشعر درجة الحرارة الرقمية ، يكون الإخراج عبارة عن قيمة رقمية منفصلة (عادةً ، بعض البيانات الرقمية بعد تحويل القيمة التناظرية إلى قيمة رقمية DS18B20. هو مستشعر درجة حرارة رقمي بسيط. تُستخدم مستشعرات درجة الحرارة في كل مكان مثل أجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة والسيارات وأنظمة تكييف الهواء والصناعات وما إلى ذلك.



مستشعر حراري

2- الحساسات التقاربية Proximity Sensor

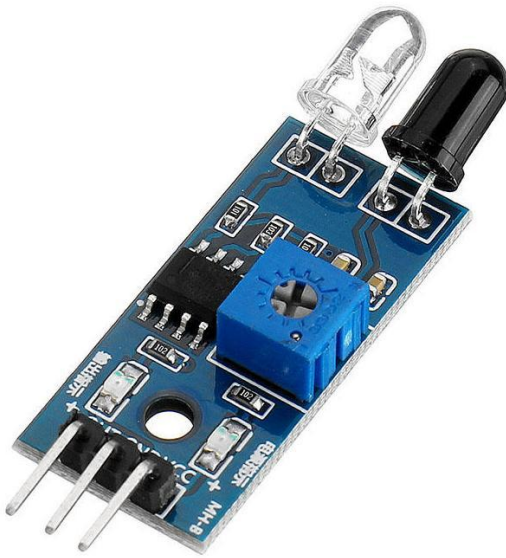
هو مستشعر من النوع غير المتصل يكتشف وجود كائن أو جسم قريب. يمكن تنفيذ مستشعرات القرب باستخدام تقنيات مختلفة مثل البصري (مثل الأشعة تحت الحمراء أو الليزر) ، والصوت (بالموجات فوق الصوتية) ، والمغناطيسية، والسعة. بعض تطبيقات المستشعرات التقاربية هي الهواتف المحمولة ، والسيارات (مجسات وقوف السيارات) ، والصناعات (محاذاة الكائنات) ، والقرب الأرضي في الطائرات ، وما إلى ذلك.



حساسات تقاربية

3-حساسات الأشعة تحت الحمراء (IR Sensor) Infrared sensors

حساسات الأشعة تحت الحمراء (IR Sensor)



مستشعرات الأشعة تحت الحمراء أو مستشعر الأشعة تحت الحمراء هي مستشعر قائم على الضوء يتم استخدامه في تطبيقات مختلفة مثل القرب واكتشاف الأشياء. تُستخدم مستشعرات الأشعة تحت الحمراء كمستشعرات تقارب في جميع الهواتف المحمولة تقريباً. هناك نوعان من مستشعرات الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة تحت الحمراء: النوع الانتقالي والنوع العاكس. في مستشعر الأشعة تحت الحمراء من النوع الانتقالي ، يتم وضع جهاز إرسال (إرسال الأشعة تحت الحمراء) عادةً ما يكون مؤشر LED للأشعة تحت الحمراء (وكاشف الأشعة تحت الحمراء) عادةً ما يكون الصمام الثنائي

للصور) في مواجهة بعضهما البعض بحيث يمر كائن بينهما ، يكتشف المستشعر الكائن. النوع الآخر من مستشعر الأشعة تحت الحمراء هو مستشعر الأشعة تحت الحمراء من النوع العاكس. في هذا ، يتم وضع جهاز الإرسال والكاشف بجوار بعضهما البعض في مواجهة الكائن. عندما يأتي كائن أمام المستشعر

، ينعكس ضوء الأشعة تحت الحمراء من جهاز إرسال الأشعة تحت الحمراء من الكائن ويتم اكتشافه بواسطة مستقبل الأشعة تحت الحمراء وبالتالي يكتشف المستشعر الكائن. التطبيقات المختلفة التي يتم فيها تنفيذ مستشعر الأشعة تحت الحمراء هي الهواتف المحمولة والروبوتات والتجميع الصناعي والسيارات وما إلى ذلك.

4-حساسات المسافة Ultrasonic sensors



حساسات المسافة Ultrasonic sensors

جهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية هو جهاز من النوع غير المتصل يمكن استخدامه لقياس المسافة وكذلك سرعة الجسم. يعمل المستشعر بالموجات فوق الصوتية على أساس خصائص الموجات الصوتية بتردد أكبر من النطاق المسموع للإنسان.

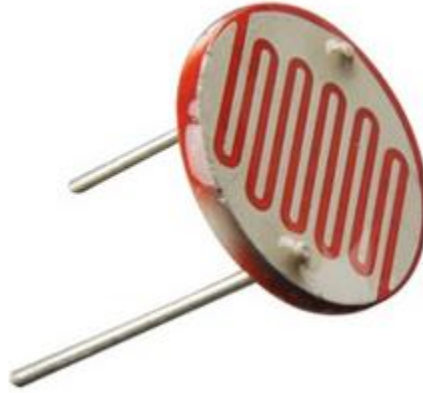
يمكن لجهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية قياس مسافة الجسم (على غرار سونار). تُستخدم خاصية Doppler Shift للموجة الصوتية لقياس سرعة الجسم.

5-الحساسات الضوئية Light Sensor

الحساسات الضوئية: Light Sensor

تُعرف أحياناً أيضاً باسم مستشعرات الصور ، تعد مستشعرات الضوء أحد المستشعرات المهمة. إن مستشعر الضوء البسيط المتوفر اليوم هو المقاوم المعتمد على الضوء أو LDR. تتمثل خاصية LDR في أن مقاومته تتناسب عكسياً مع شدة الضوء المحيط ، أي عندما تزداد شدة الضوء ، تنخفض مقاومته والعكس صحيح.

باستخدام LDR عبارة عن دائرة ، يمكننا معايرة التغيرات في مقاومتها لقياس شدة الضوء. هنالك نوعان آخران من مستشعرات الضوء (أو مستشعرات الصور) التي تستخدم غالباً في تصميم النظام الإلكتروني المعقد. هم صور ديود وترانزستور صور. كل هذه أجهزة استشعار تناظرية.



حساس ضوئي

تطبيقات عملية

مقدمة

لعمل أي نظام تحكم آلي لابد من تحديد مكوناته وطريقة توصيله . وينقسم أي نظام تحكم إلى دائرة قوى و دائرة تحكم وهما مرتبطتان ببعضهما البعض أي أنهما يؤثران على بعضهما البعض .

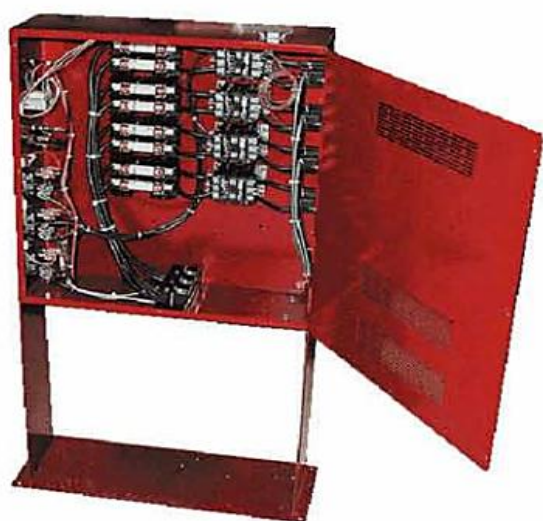
دائرة القوى Power circuit

هي الدائرة المسؤولة عن تغذية المحرك وتتكون غالبا من :

- قاطع رئيسي circuit breaker
- ثلاث ملفات حرارية خاصة بالقاطع الحراري .
- ثلاث نقاط رئيسية خاصة بالكونتاكتور .
- وجميع هذه المكونات لابد أن تكون مطابقة للمواصفات بحيث تتحمل شدة تيار المحرك التي تستخدم لتشغيله وكذلك السلك المستخدم في التوصيل .

دائرة التحكم control circuit

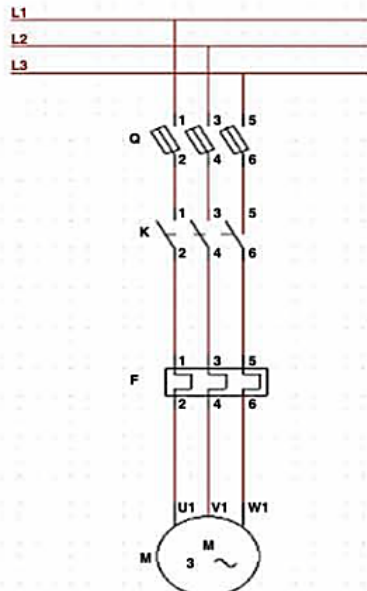
- هي الدائرة التي تقوم بتوصيل التيار إلى Coil الخاص بالكونتاكتور أو الريلي ومن خلالها نستطيع التحكم في تشغيل المحركات طبقا للشروط وظروف التشغيل التي نريدها .
- وتتكون هذه الدائرة غالبا من :
- فيوز او قاطع كهربائي يتحمل التيار المار فيها
 - نقاط التلامس المغلقة و المفتوحة الخاصة بـ (الحساسات - الريلي - الكونتاكتور- مفاتيح نهاية شوط)
 - مفاتيح الإيقاف والتشغيل .
 - أسلاك التوصيل بحيث تتحمل شدة التيار المار في الدائرة .



التطبيق الاول : دائرة القوى والتحكم لتشغيل محرك واحد .

الهدف : معرفة الفرق بين دائرة القوى ودائرة التحكم وكيفية عملهم .

دائرة القوى

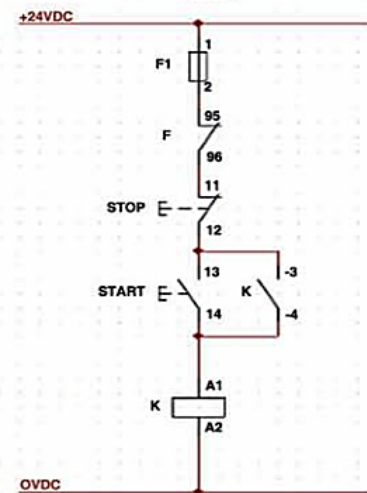


- تضم هذه الدائرة مصدر تيار 3 phase ويرمز له بالحروف (L1-L2-L3) ويجب أن يكون فرق الجهد بينهم هو نفس الجهد الذي يعمل عليه المحرك .
- ثلاث فيوزات ويرمز لها بالرمز (Q) ويجب أن تتحمل شدة التيار الخاص بالمحرك ووظيفتها حماية المحرك من ارتفاع التيار وكذلك فصل التيار عن المحرك .
- ثلاث نقاط رئيسية في الكونتاكتور ويرمز لها بالرمز (K) ويجب أن تتحمل هذه النقاط شدة التيار الخاص بالمحرك كما ذكرنا سابقا .
- الملفات الحرارية للقاطع الحراري (Overload) ويرمز له بالرمز (F) .
- أطراف توصيل المحرك (U-V-W) .

كيفية عمل دائرة القوى

عندما يصل التيار إلى Coil الخاص بالكونتاكتور K عن طريق دائرة التحكم، تغلق نقاط التلامس الرئيسية فيصّل التيار إلى المحرك . يتم ضبط تدريج القاطع الحراري على قيمة التيار الذي يتحمّله المحرك بحيث إذا زاد هذا التيار عن القيمة المسموح بها يفصل التيار عن COIL الخاص بالكونتاكتور K فتعود نقاط التلامس الرئيسية إلى وضعها الطبيعي (مفتوحة) فينفصل التيار عن المحرك وبذلك يتم حماية المحرك من الارتفاع في التيار لأي سبب.

دائرة التحكم



- تتكون هذه الدائرة من :
 - فيوز بقيمة ٢ أمبير تقريباً ليقوم بحماية الدائرة عند حدوث short circuit ويتم تحديد قيمة الفيوز حسب الأحمال وشدة التيار المار في الدائرة .
 - نقطة تلامس مغلقة من القاطع الحراري .
 - مفتاح تشغيل Start .
 - مفتاح إيقاف Stop .
 - نقطة تلامس مساعدة مفتوحة NO contact من الكونتاكتور K .
 - البوبينة Coil الخاص بالكونتاكتور K .
- يجب أن يكون فرق الجهد الذي يعمل عليه Coil الخاص بالكونتاكتور هو نفس الجهد الذي تعمل عليه دائرة التحكم .

كيفية عمل دائرة التحكم

كما ذكرنا سابقاً أن الهدف من دائرة التحكم هو تنفيذ عمل الدائرة حسب الشروط الموضوعه لتشغيلها وكذلك الحفاظ على الحماية للدائرة . وفي هذا التطبيق الهدف من دائرة التحكم هو تشغيل وإيقاف المحرك وحمايته من ارتفاع التيار فما هي خطوات عمل الدائرة ؟؟

- عند الضغط على مفتاح التشغيل (Start) يصل التيار إلى Coil الخاص بالكونتاكتور (K) فيتولد مجال مغناطيسي يجذب نقاط التلامس الرئيسية للكونتاكتور فتتحول إلى نقاط مغلقة فيعمل المحرك .
- مفتاح Start هو من النوع Push button أي أنه بالضغط عليه يعمل وعند إزالة الضغط من عليه يعود إلى وضعه الطبيعي (NO) . ففي هذا التطبيق تم وضع نقطة تلامس مساعدة مفتوحة خاصة بالكونتاكتور (K) بالتوازي مع مفتاح التشغيل .

- تسمى هذه النقطة بالتوازي مع مفتاح التشغيل بنقطة التعويض (Self Latch) وأهمية هذه النقطة عندما يتم الضغط على مفتاح التشغيل يمر التيار في Coil فتغلق نقطة التلامس المساعدة المتصلة بالتوازي مع مفتاح التشغيل وتظل مغلقة حتى لو تم إزالة الضغط من على مفتاح التشغيل مما يجعل المفتاح يعمل باستمرار .
- ولكي يتم إيقاف المحرك يتم الضغط على مفتاح Stop الذى يفصل التيار عن Coil مما يؤدي إلى فصل نقط التلامس الرئيسية من دائرة القوى فيتوقف المحرك عن العمل .
- يتم توصيل نقطة تلامس مغلقة من القاطع الحراري وأهمية هذه النقطة هو فصل التيار عن Coil في حالة زيادة تيار المحرك عن القيمة التى تم ضبط القاطع الحراري عليها .
- في حالة عدم وجود القاطع الحراري في الدائرة فإن المحرك سيعمل باستمرار بدون أي مشاكل ولكن إذا ارتفعت شدة التيار في المحرك لتحميل المحرك أكثر من حمله أو لمشاكل ميكانيكية في المحرك فإن التيار سيزاد وبالتالي تزداد درجة حرارة المحرك فينهار عزل الملفات الداخلية للمحرك فيحترق .
- ولهذا ترجع أهمية استخدام القاطع الحراري حيث توصل الملفات الحرارية بدائرة القوى لأنها التى ستحس بارتفاع التيار عن طريق الحرارة المتولد وأيضا توصيل نقطة تلامس مغلقة خاصة بالقاطع الحراري بالتوالي مع Coil حتى يفصل التيار في حالة زيادة شدة تيار المحرك .

التطبيق الثاني : تشغيل محركين كهربائيين

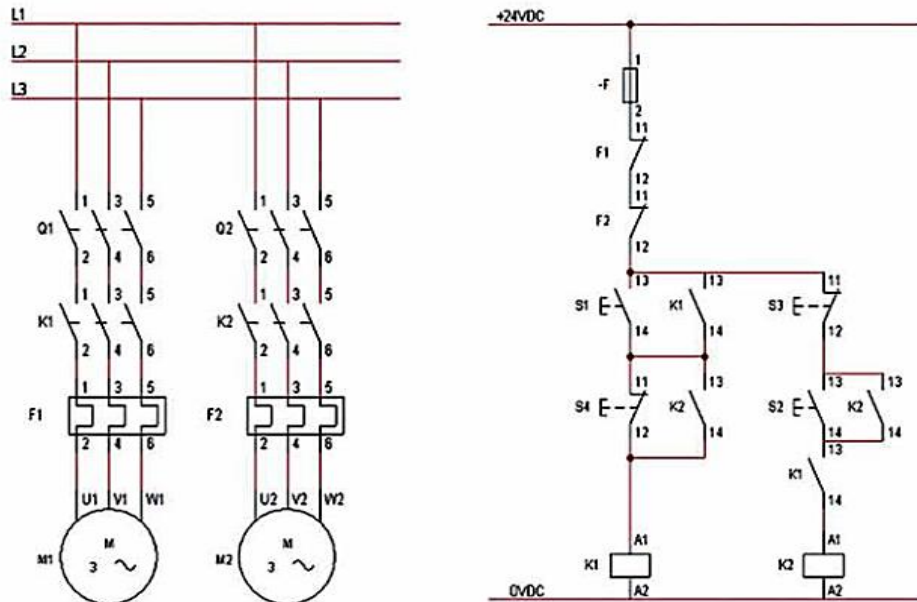
الهدف : التعرف أكثر على دوائر التحكم الآلي وتطبيق استخدام مكونات التحكم الآلي في تشغيل محركين .

المكونات

- مصدر تيار مستمر 24vdc .
- عدد ٢ مفتاح تشغيل start push button .
- عدد ٢ مفتاح إيقاف stop push button .
- عدد ٢ افرلود .
- فيوز ٢ امبير .
- عدد ٢ كونتاكتور .

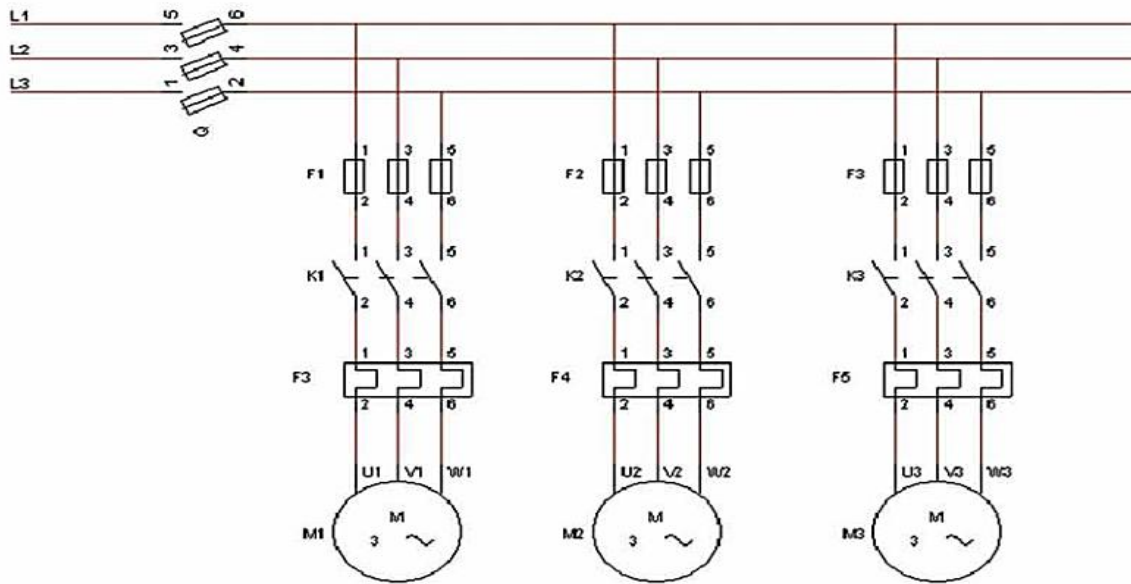
فكرة عمل الدائرة

- في هذه الدائرة نريد تشغيل المحرك الأول M1 في أي وقت بحيث لا يمكن تشغيل المحرك الثاني M2 إلا عندما يكون المحرك الأول يعمل . وعند تشغيل المحرك الثاني لا يمكن إيقاف المحرك الأول M1 إلا بعد إيقاف المحرك الثاني بالنسبة لدائرة القوى هي دائرة عادية تتكون من :
- قاطع كهربائي Q1&Q2 (فيوز) .
- نقاط التلامس الرئيسية K1&K2 .
- الملفات الحرارية F1&F2 .



- عند الضغط على مفتاح التشغيل S1 الخاص بالمحرك الأول M1 فإن التيار يصل إلى Coil k1 فتغلق نقاط التلامس الرئيسية في دائرة القوى ، فيعمل المحرك ويمكن في هذه اللحظة إيقاف المحرك عن طريق المفتاح S4 .
- لكي يتم تشغيل المحرك M2 لابد أن يعمل المحرك الأول وذلك لوجود نقطة تلامس مساعدة K1 في اتجاه Coil k2 .
- في حالة تشغيل المحركين M1&M2 لا يمكن إيقاف المحرك الأول ، في حالة إيقاف المحرك الثاني M2 وذلك لوجود نقطة تلامس مفتوحة K2 بالتوازي مع مفتاح الإيقاف S4 الخاص بالمحرك الأول .

الهدف : تصميم دائرة القوى والتحكم لتشغيل ثلاث محركات طبقا لشروط وظروف تشغيل محددة .

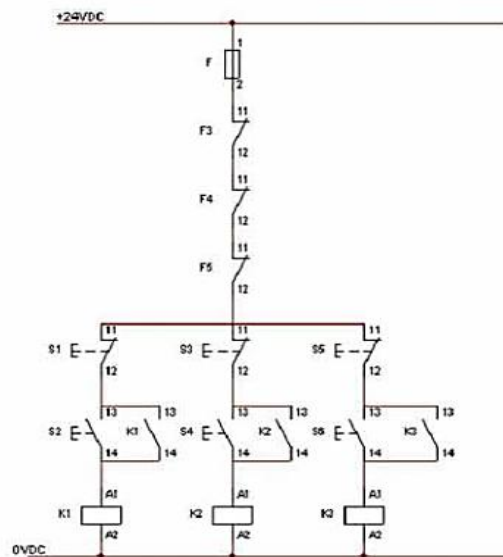


في حالة تنفيذ دائرة قوى لثلاث محركات أو أكثر . بغض النظر عما إذا كانت المحركات ستعمل معا أو كل محرك سيعمل منفردا أو تحت أي ظروف تشغيل .
فيكون الاختلاف في تصميم دائرة التحكم لأنها المسؤولة عن تشغيل المحركات تبعا لتصميمها.
فكل محرك له فيوزاته والقاطع الحراري الخاص به ونقاط التوصيل الرئيسية الخاصة به وكل ذلك منفصل وخاص لكل محرك على حده .

دائرة التحكم

أولاً : تصميم دائرة تحكم بحيث يعمل كل محرك منفصلا

أي يعمل كل محرك على حده غير مرتبط بالمحرك الآخر ، وكل محرك له مفتاح تشغيل وإيقاف خاص به ونقاط التلامس والقاطع الحراري .



نلاحظ في التصميم الموضح في الرسم السابق أن لكل محرك مفتاح تشغيل ومفتاح إيقاف وأيضا في حالة فصل أي قاطع حراري لأي محرك فإن جميع المحركات ستقف .



جامعة الفرات الأوسط التقنية
كلية البوليتكنك النجف
قسم هندسة تقنيات الكهرباء
والطاقة المتجددة

تأسيسات كهربائية

التأريض في نظم التوزيع

اعداد

د. حسن وهاب ربيع

2026

الاختبار القبلي

1. في نظام TN-S ، كيف يكون خط التعادل (N) وخط الوقاية (PE) ؟
 - أ) متحدان طوال المسافة
 - ب) منفصلان ويلتقيان عند المصدر فقط
 - ج) غير موجودين في النظام
 - د) متصلان بالأرض عند المستهلك فقط
2. في نظام TN-C-S ، ماذا يحدث لخط الوقاية وخط التعادل ؟
 - أ) يبقيان منفصلين طوال المسافة
 - ب) يتم إلغاء خط التعادل
 - ج) يكونان مجتمعين في موصل PEN ثم ينفصلان عند مدخل البناية
 - د) يتم توصيلهما بالأرض عند المستهلك فقط
3. ما اسم الموصل المشترك بين خط التعادل N وخط الوقاية PE في نظام TN-C ؟
 - أ) PEN)
 - ب) PNE)
 - ج) RCD)
 - د) ECT)
4. ما أهم عيب لنظام TN-C عند حدوث قطع في الموصل المشترك ؟
 - أ) انخفاض درجة حرارة التربة
 - ب) انقطاع التيار عن المصدر فقط
 - ج) ارتفاع جهد الأجسام المعدنية عند المستهلك إلى قيم خطيرة
 - د) زيادة مقاومة العزل فقط
5. أي من الأنظمة الآتية يُعد نظام التأريض المباشر، وذُكر في المحاضرة بأنه أكثر الأنظمة أماناً ؟
 - أ) TN-C)
 - ب) TN-S)
 - ج) TT)
 - د) IT)
6. في نظام TT ، من يقوم بدور الموصل الرابط بين نقطة العطل ومصدر التغذية ؟
 - أ) الهواء
 - ب) التربة
 - ج) خط التعادل فقط
 - د) غلاف الكابل المعدني
7. ما الجهاز الذي يتطلبه نظاما TT و IT حسب الملاحظة الواردة في المحاضرة لتوفير الحماية والأمان عند المستهلك ؟

- أ) محول القدرة
- ب) قاطع الدائرة الهوائي
- ج) قاطع التسرب الأرضي RCD
- د) مانعة الصواعق

8. في نظام IT ، كيف تكون شبكة التوزيع بالنسبة إلى الأرض؟

- أ) مؤرضة مباشرة عند المصدر
- ب) معزولة عن الأرض أو متصلة بها من خلال وصلة ذات ممانعة عالية
- ج) متصلة بالأرض مباشرة عند المستهلك
- د) متصلة بالأرض بواسطة موصل PEN

9. أين يُستخدم نظام IT وفقاً للمحاضرة؟

- أ) في جميع المنازل فقط
- ب) في شبكات الإنارة العامة فقط
- ج) في الأماكن التي تحتوي على أجهزة ومعدات حساسة وباهظة الثمن، مثل الأجهزة الطبية وغرف المختبرات
- د) في شبكات النقل ذات الجهد العالي فقط

10. أي من الموضوعات الآتية يتناولها الجزء الأخير من المحاضرة؟

- أ) تصميم المحولات
- ب) المعالجة الكيميائية للتربة وقضيب التأريض
- ج) حساب تيارات القصر في المولدات
- د) حماية خطوط النقل من زيادة الجهد

التأريض في نظم التوزيع

1- المقدمة

يعرف التأريض بأنه عمل توصيلة بالكتلة العامة للأرض. ويستخدم التأريض على نطاق واسع في الشبكات الكهربائية من محطة التوليد الكهربائية مروراً بمحطات التحويل وخطوط النقل الكهربائية حتى المستهلك والأجهزة المنزلية.

ويمنع التأريض حدوث المضاعفات الخطيرة للجهد أثناء الاضطرابات داخل الشبكة الكهربائية ويحدث التأريض مساراً ذي مقاومة صغيرة في الأرض للصواعق الكهربائية. ولحماية المباني ومحطات المحولات من الصواعق الكهربائية تستخدم مانعات الصواعق والتي توفر مساراً ذي مقاومة قليلة للأرض وذلك لتفريغ التيارات العالية جداً المصاحبة للصواعق في الأرض.

تعريف:

التأريض :- التوصيل بالكتلة العامة للأرض باستخدام إلكترود أرضي (earthing electrode). ويطلق على أي عنصر داخل المنظومة الكهربائية بأنه مؤرض وذلك عندما يوصل هذا العنصر بالإلكترود الأرضي. ويتم تأريض المعدات الكهربائية مباشرة بالإلكترود الأرضي (solidly grounded) أو خلال مقاومة (resistance grounding) أو معاوقة (impedance grounding).

إلكترود التأريض :- قضيب معدني أو ماسورة معدنية أو مستوى معدني أو أي موصل آخر يدفن أو يوضع داخل الأرض ويستخدم للتأريض.

المقاومة الأرضية :- هي المقاومة الأومية بين نظام الإلكترودات الأرضية والكتلة العامة للأرض.

المقاومة النوعية للأرض :- هي المقاومة النوعية للأرض بـ أوم/سم² لعينة من الأرض.

وصلة الأرضي :- هو الكابل الموصل بين المعدة المراد تأريضها وبين الإلكترود الأرضي.

خط التعادل :- هو الخط الرابع من المصدر أو الشبكة والموصل بنقطة التعادل لملفات الجهد المنخفض للمحول.

2- أنواع نظم التأريض للتركيبات الكهربائية:

تحدد أنواع نظم التأريض طبقاً لطريقة التوصيل بالأرض وأكثر نظم التأريض شيوعاً في التوصيلات ثلاثية الأوجه هي TN و TT و IT . ويشير الحرف الأول من اليسار إلى علاقة توصيل نقطة تعادل مصدر التغذية بالأرض أما الحرف الآخر فيشير إلى العلاقة بين الأجزاء المعرضة للمس في التركيبات الكهربائية وبين الأرض. حرف T الموجود على اليسار يعني التوصيل المباشر لنقطة التعادل بالأرض وحرف I الموجود كذلك على اليسار يعني عزل كل الأجزاء المكهربة عن الأرض مع توصيل نقطة التعادل بالأرض من خلال مقاومة. أما الحروف التي على اليمين فيعني حرف N التوصيل المباشر للأجزاء المعرضة للمس والقابلة للتكهرب إلى النقطة المؤرضة في نظام القوى الكهربائية و حرف T يعني توصيل كل الأجزاء المعرضة للمس والقابلة للتكهرب إلى الأرض مباشرة وهي نقطة مستقلة عن نقطة أرضي القوى. يقسم النظام TN إلى أقسام مختلفة طبقاً للعلاقة بين خط التعادل N وخط التأريض الوقائي PE ويرمز لذلك بحروف لاحقة على النحو التالي:

C : يكون خط التعادل N وخط التأريض الوقائي PE مندمجين في موصل واحد مثل موصل PEN

S : يكون كل من خطي التعادل N والتأريض الوقائي PE منفصلين.

(أ) **نظم التأريض TN** : يحتوي نظام التأريض TN على نقطة واحدة مؤرضة مباشرة على أن يتم

توصيل الأجزاء المعرضة للمس والمكشوفة من التركيبات إلى هذه النقطة بواسطة موصلات وقاية

ويقسم هذا النظام حسب ترتيبات موصل التعادل وموصلات التأريض الوقائي على النحو التالي:

١- نظام TN-S يكون فيه موصل التعادل منفصلاً عن موصلات التأريض الوقائي.

٢- نظام TN-C-S تكون فيه وظائف كل من موصل التعادل وموصلات التأريض الوقائي في

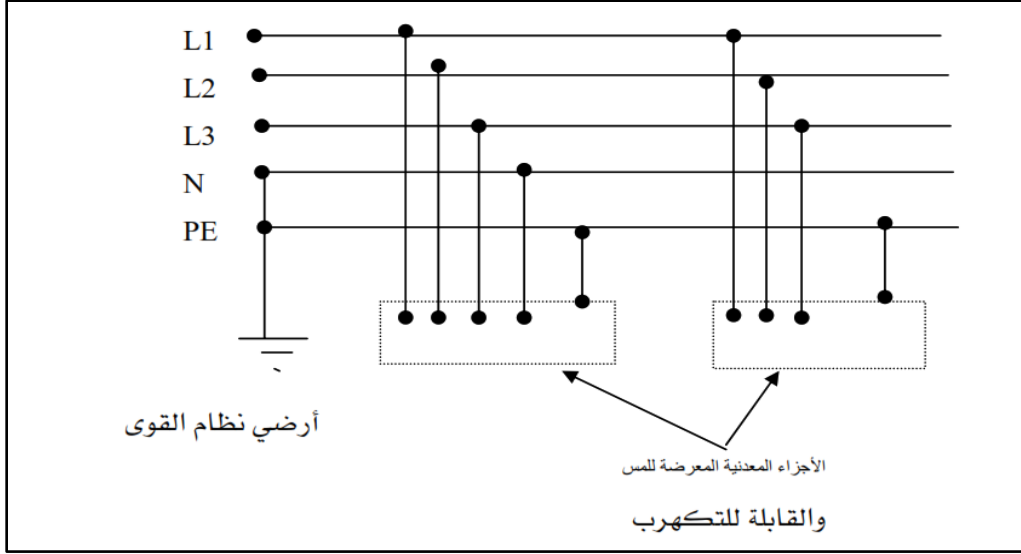
جزء من نظام التوزيع مندمجة في موصل واحد.

٣- نظام TN-C تكون فيه وظائف كل من موصل التعادل وموصلات التأريض الوقائي في كل

النظام مندمجة في موصل واحد.

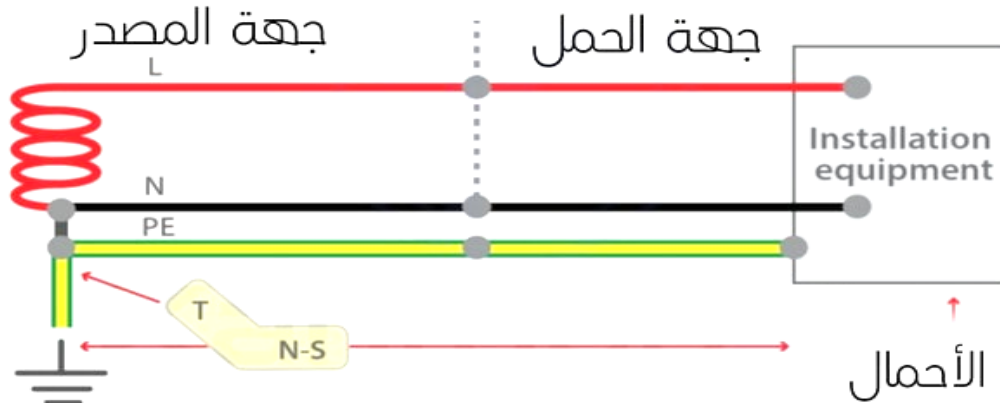
2-1 نظام التأريض TN-S

في هذا النظام توجد نقطة تأريض واحدة عند المصدر. وكما هو واضح من اسمه، فلدينا تأريض خاص بالمصدر (الحرف الأول من اليسار T)، ولدينا أيضاً خط تأريض للمستهلك منفصل تماماً Separate عن خط المحايد Neutral طوال المسافة من المصدر وحتى المستهلك، لكنهما يلتقيان عند المصدر فقط كما في الشكل رقم 1.



A

نظام TN-S



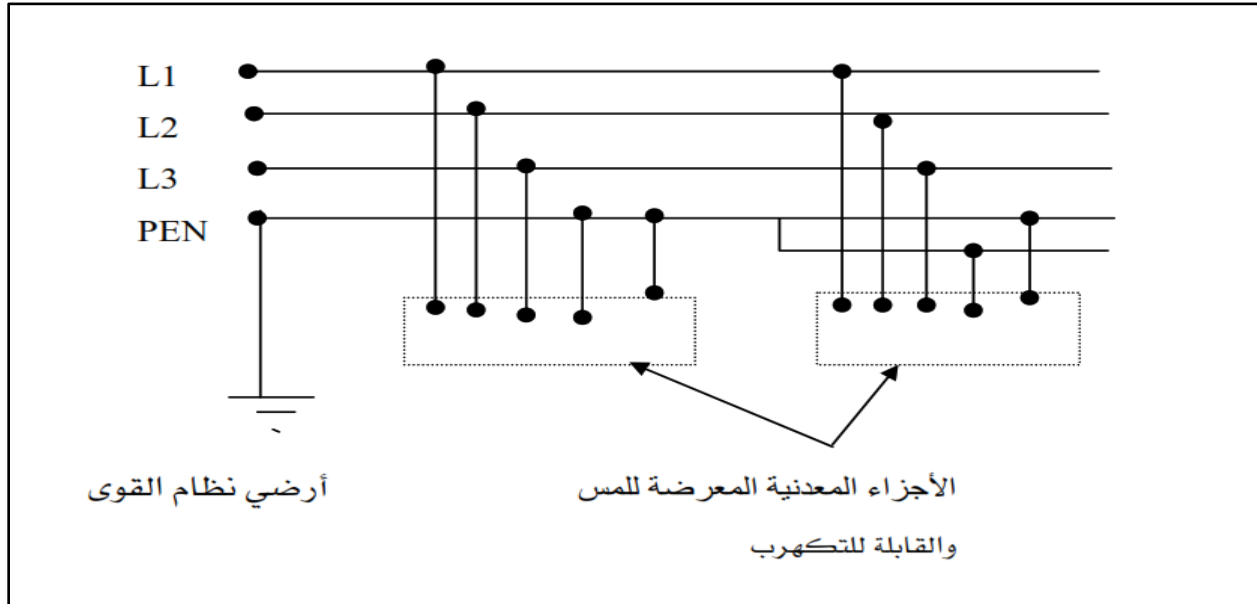
B

شكل رقم (1) A & B نظام تاريض TN-S

ومن الجدير بالذكر أنه لا يوجد دائماً كابل خاص بخط الأرضي يمد بجوار كابل ال Power على طول المسافة من المصدر وحتى المستهلك فهذا غير عملي، ولكن يستخدم غلاف الحماية المعدني للكابل Cable Sheath لربط نقطة التأسيس عند المستهلك بنقطة التأسيس. يتميز نظام TN-S بتكلفته المنخفضة وبتأمين مسار من مكان المستهلك حتى مصدر التغذية لتيار العطل الأرضي الحادث عند المستهلك. لكن يعيبه وجود شبكة أرضية واحدة للجهد المنخفض والمتوسط. وأي عطل في شبكة الجهد المتوسط يمكن أن يتسبب في رفع الجهد عند المستهلك لقيم خطيرة، كما أن حدوث أي قطع في الحماية المعدنية للكابل في أي نقطة على طول المسافة من المصدر وحتى المستهلك يعني أن أجهزة المستهلك صارت غير مؤرضة.

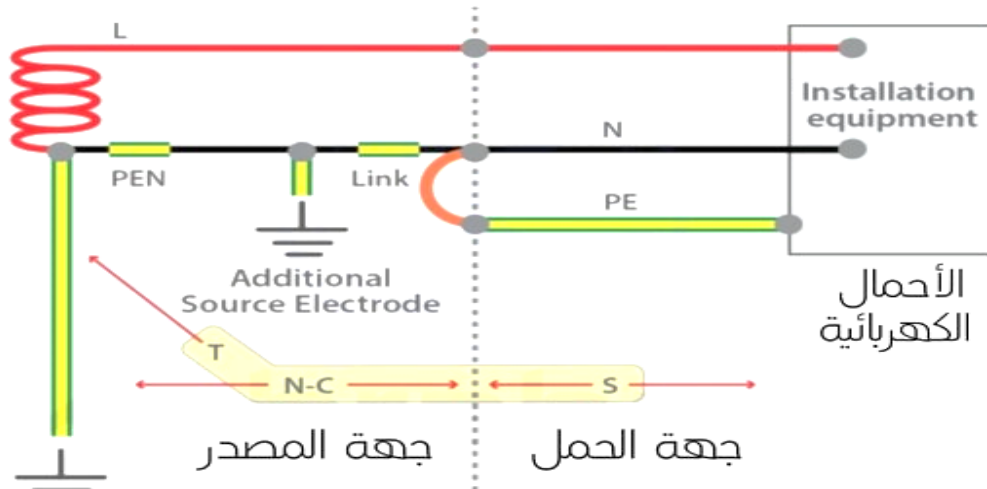
2-2 نظام TN-C-S

نظام TN-C-S هذا النوع يجمع بين النظامين السابقين حيث أن خط الوقاية والتعادل مجتمعان في خط PEN (يحصل عادة في المسافة بين المحطة الفرعية حتى مدخل البناية) ويتم فصلها عند مدخل البناية التي تحتوي الأحوال إلى خطين مستقلين (خط الوقاية وخط التعادل).



A

نظام TN-C-S

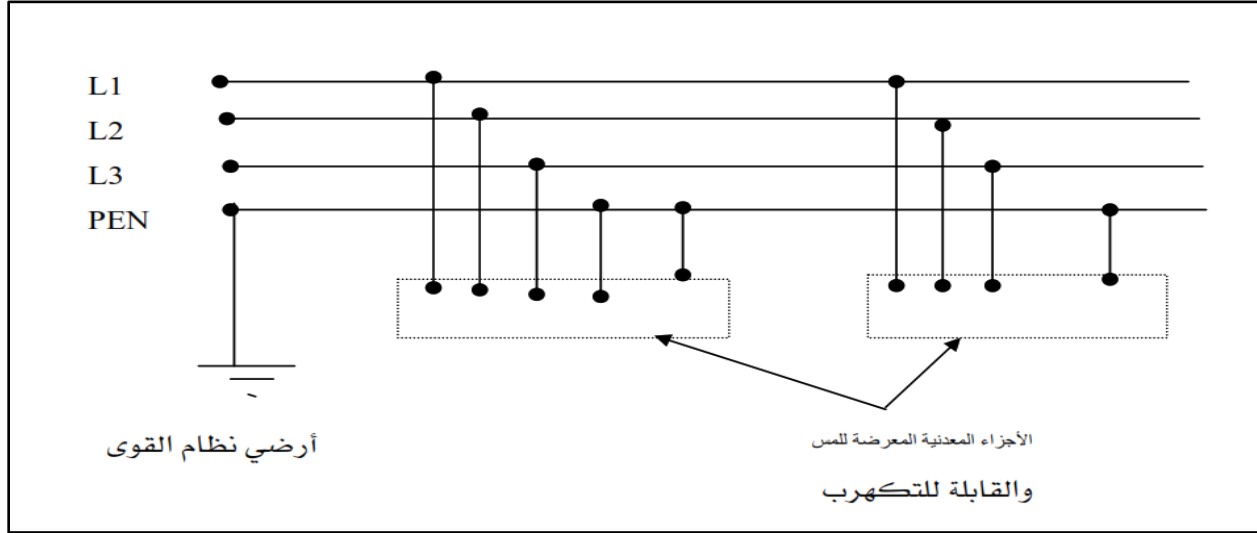


B

شكل رقم (2) A&B نظام تاريض TN-C-S

3-2 نظام TN-C

في نظام TN-C يجتمع خط التعادل (N) والوقاية (PE) معًا في خط واحد يسمى بخط (PEN)، كما يتضح من الشكل، حيث يُستخدم الخط المحايد للمصدر كخط أرضي في جهة المستهلك لتأريض أجسام التركيبات الكهربائية، ويكون خط المحايد مؤرض عند المصدر.



A

نظام TN-C



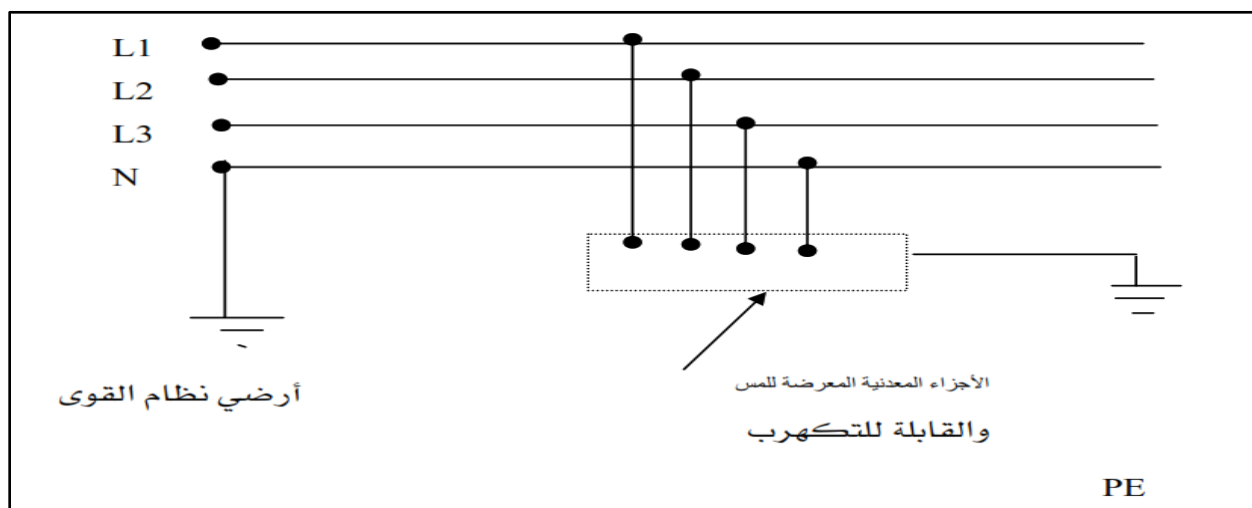
B

شكل رقم (3) نظام A&B TN-C

يتميز نظام TN-C بأنه اقتصادي جدًا فهناك موصل واحد مشترك بين خط التعادل وخط الأرضي لكن يعيبه أن حدوث أي قطع لهذا الخط المشترك في أي نقطة على طول المسافة سيرفع جهد الأجسام المعدنية عند المستهلك إلى قيم خطيرة لاسيما إذا كانت الاحمال غير متزنة.

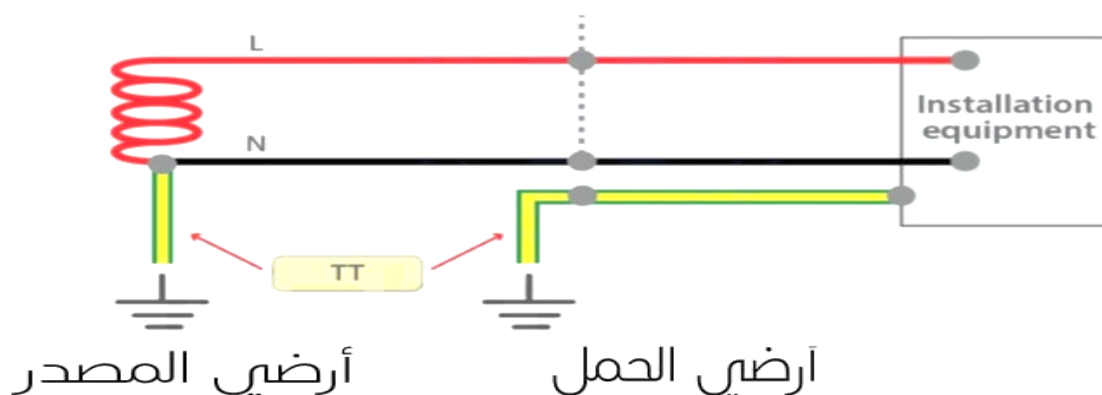
4-2 نظام TT

النظام TT هو أكثر الأنظمة أمانًا، ويسمى نظام التأريض المباشر، فهناك فصل تام بين نقطة التأريض عند المصدر وبين تأريض المستهلك.



A

نظام TT



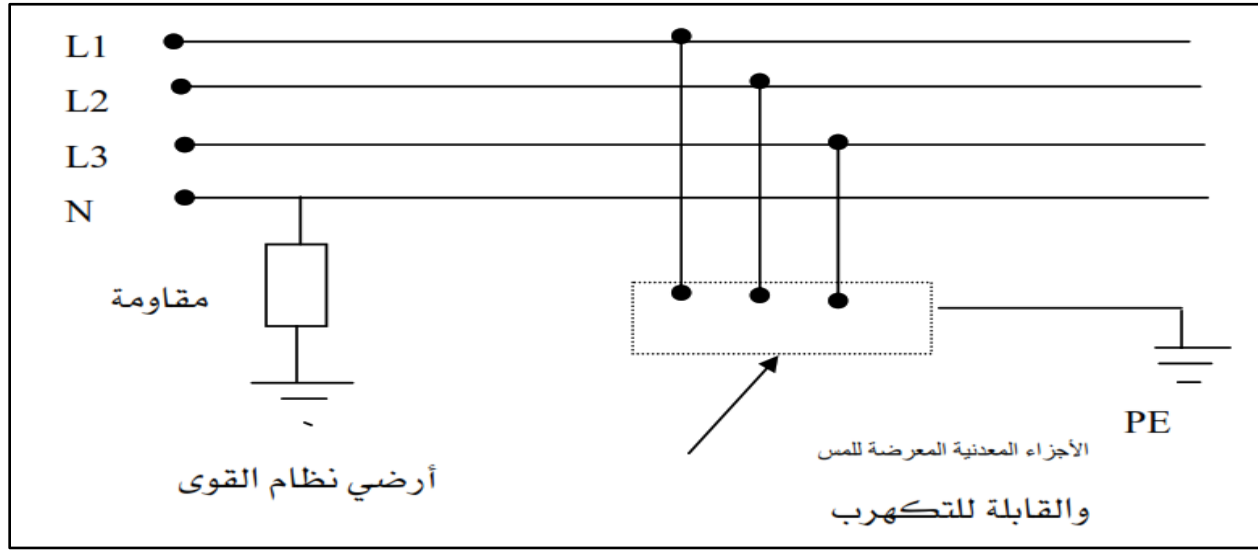
B

شكل رقم (4) A&B نظام TT

وتقوم الأرض بدور الموصل الرابط بين نقطة العطل ومصدر التغذية حيث يعود تيار العطل خلالها، وبالتالي المستهلك أصبح بعيداً عن مشاكل الشبكة العامة وكذلك مشاكل المستهلكين الآخرين. لكن هذا يستلزم أن يقوم المستهلك بعمل شبكة الأرضي الخاصة به، ومن ثم فهو أكثر تكلفة، إضافة إلى تركيب جهاز للوقاية ضد التسريب الأرضي.

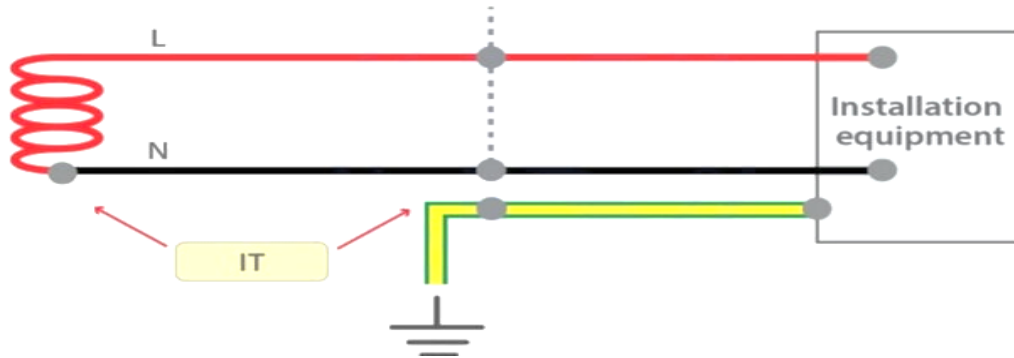
5-2 نظام IT

في هذا النظام تكون شبكة التوزيع معزولة نهائياً عن الأرض، أو تتصل بالأرض من خلال وصلة ذات ممانعة عالية، أما الحمل فيتم توصيله بالأرض من خلال وصلة تأريض مستقلة كما هو موضح في الشكل.



A

نظام IT



B

شكل رقم (5) نظام A&B IT

ويستخدم هذا النظام في الأماكن التي تحتوي على أجهزة ومعدات حساسة وباهظة الثمن مثل الأجهزة الطبية وغرف المختبرات حيث يؤدي حدوث خلل في العازلية في هذه الأماكن إلى خسائر اقتصادية كبيرة، وقد يستخدم محول عزل إضافي لزيادة الحماية والأمان.

ملاحظة : نظام TT و T يتطلب استخدام قواطع التسرب الأرضي RCD لتوفير الحماية والأمان في جهة المستهلك.

3- خصائص التربة :

العوامل الآتية تؤثر تأثيراً مباشراً على المقاومة الأرضية للإلكترود الأرضي أو نظم الإلكترودات الأرضية:

- ١- مكونات التربة الأرضية
- ٢- درجة حرارة التربة
- ٣- نسبة الرطوبة في التربة
- ٤- حجم وشكل وعدد الإلكترودات الأرضية والمسافة بينهما.
- ٥- عمق الدفن للإلكترود



شكل رقم (6) يوضح عمل شبكة ارضي بداخل التربة

4- مكونات التربة الأرضية :

مكونات التربة الأرضية تعطي انطباعاً جيداً عن القيمة التقريبية للمقاومة النوعية المتوقعة. ويبين الجدول التالي العلاقة بين مكونات التربة والمقاومة النوعية.

المقاومة النوعية (أوم.متر)	مكونات التربة
40-150	التربة الطينية
Above 200	الصلصال
250-500	التربة الرملية
Above 1000	الأرض الصخرية

5- تأثير درجة حرارة ورطوبة التربة :

المقاومة النوعية (أوم.متر)	درجة الحرارة
72	20
99	10
138	صفر (ماء)
300	صفر (جليد)
790	-5
3300	-15

وكذلك يبين الجدول أدناه العلاقة بين نسبة الرطوبة في التربة مع المقاومة النوعية للرمل المبلل

المقاومة النوعية (أوم. متر)	نسبة الرطوبة (%) بالوزن
10 ⁶ x10	Zero
1500	2.5
430	5
185	10
105	15
63	20
42	30

6- المعالجة الكيميائية للتربة :

عندما يكون من المستبعد الحصول على القيمة المطلوبة للمقاومة الأرضية طبيعياً (بوجود تربة رملية جافاً أو صخرية) فإنه من الممكن الحصول على القيمة المطلوبة وذلك بمعالجة التربة كيميائياً. ويمكن تقليل قيمة المقاومة الأرضية إلى درجة كبيرة قد تصل إلى ٩٠% وذلك باستخدام المعالجة الكيميائية للتربة ويمكن ذلك بإضافة الأملاح مثل:

- كبريتات الماغنسيوم
- كبريتات النحاس
- الكربون أو الفحم
- إضافة برادة الحديد

7- قضيب (عمود) التأسيس

قضيب التأسيس واحد من أبسط وأقل أنواع إلكترونيات التأسيس تكلفة اقتصادياً والمستخدم بكثرة في عمليات التأسيس للشبكات الكهربائية. يمكن حساب المقاومة الأرضية لقضبان التأسيس لو تم تبسيطه إلى قطع ناقص (Ellipsoid) كامل الدوران طول محوره الأكبر يساوي ضعف طول قضيب التأسيس L وطول محوره الأصغر يساوي قطر قضيب التأسيس d

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

إذا اعتبر القضيب على أنه أسطوانة الشكل بنهاية نصف كروية فالعلاقة التحليلية للمقاومة الأرضية R تأخذ الشكل :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L}{d}$$

ولو اعتبر قضيب التأسيس على أنه يحمل تياراً منتظماً على طول القضيب فتصبح المعادلة كما يلي:

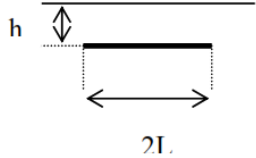
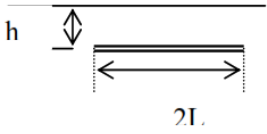
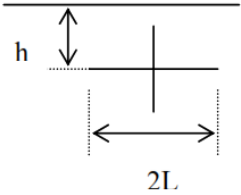
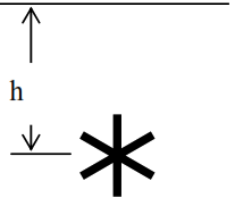
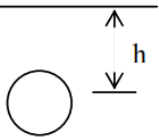
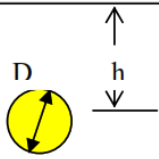
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right]$$



شكل رقم (7) عمود التأريض

الجدول الاتي يوضح

$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right]$	إلكترود أرضي	
$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right] + \frac{\rho}{2\pi S} \left\{ 1 - \frac{L^2}{3S^2} \right\}$ $R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\ln\frac{32L^2}{ds} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} \right]$	إلكترودان أرضيان (S>L) (S<L)	

$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\frac{16L^2}{dh} - 2 + \frac{h}{L} - \frac{h^2}{4L^2} \right)$	سلك أفقي	
$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\ln \frac{8L^2}{ah} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} - 1 + \frac{h}{L} - \frac{h^2}{4L^2} \right]$	شريحة أفقية (سمك a والعرض b)	
$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{4L^2}{dh} + 2.9 - 2.14 \frac{h}{L} + 2.6 \frac{h^2}{L^2} \right)$	أربع نقاط على هيئة نجمة	
$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{4L^2}{dh} + 6.85 - 6.26 \frac{h}{L} + 7 \frac{h^2}{L^2} \right)$	ست نقاط على هيئة نجمة	
$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{16D^2}{dh}$	حلقة سلكية قطرها D	
$R = \frac{\rho}{4D} + \frac{\rho}{8\pi h} \left(1 - 0.036 \frac{D^2}{h^2} \right)$	لوح معدني دائري موضوع أفقياً	
$R = \frac{\rho}{4D} + \frac{\rho}{8\pi h} \left(1 + 0.018 \frac{D^2}{h^2} \right)$	لوح معدني دائري موضوع رأسياً	