وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني الموصل
قسم التقنيات الكهربائية

التأسيسات الصناعية١

المستوى الثاني الفصل الاول

فرع القوى

للعام الدراسي ٢٠٢٢-٢٠٢٣

اعداد مدرسي المادة

م.م. فراس سعدالدين احمد

م.م. ابراهيم احمد محمد

الخواص الكهربائية للمواد

إن الصفات الكهربائية للمواد يتحكم بها التركيب الذري للمادة، وبما أن المواد تتكون من ذرات ولكل ذرة نواة يدور حولها مجموعة من الإلكترونات السالبة الشحنة في مدارات متعددة. المدار يشبع بعدد معين من الإلكترونات، واعتمادا على الإلكترونات في المدارات الخارجية لذرات المواد، يمكن تصنيف المواد الى:

١- مواد موصلة.
٢- مواد شبه موصلة.
٣- مواد عازلة.

المواد الموصلة وشبه الموصلة تكون مدارات ذراتها الخارجية غير مشبعة بالعدد الكامل من الإلكترونات.
المواد العازلة تكون مدارات ذراتها الخارجية مشبعة بالعدد الكامل من الإلكترونات.

المواد الموصلة: هي المواد التي تكون مقاومتها قليلة جدا لمرور التيار الكهربائي خلالها.

المواد العازلة: هي المواد التي لها مقاومة عالية جداً لمرور التيار الكهربائي خلالها.

كل مادة في الطبيعة لها مقاومة نوعية يرمز لها بالحرف *(ρ)* وتقاس بوحدة *($\Omega . mm^2/m$)* أو *($\mu . \Omega . m$)*.

فمثلا المقاومة النوعية للمواد الموصلة التالية في درجة حرارة *($20^0 C$)* هي:

المادة	المقاومة النوعية
الفضة	**0.0165** *($\mu.\Omega.m$)*
النحاس	**0.0175** *($\mu.\Omega.m$)*
الألمنيوم	**0.029** *($\mu.\Omega.m$)*

حيث تعتبر المواد أعلاه من اهم المواد الفلزية المستخدمة في مجال التوصيلات الكهربائية.

ويعتبر النحاس والألمنيوم من اهم المواد الفلزية المستخدمة في صناعة الأسلاك والكابلات الكهربائية. ومن الجدول أعلاه نلاحظ بان المقاومة النوعية للألمنيوم أكبر من المقاومة النوعية للنحاس بمقدار (65%) من مقاومة النحاس أو (١.٦٥ مرة) بقدر مقاومة النحاس.

حساب مقاومة الموصلات الكهربائية:

يمكن حساب مقاومة الموصلات *(R)* من العلاقة الرياضية التالية:

$$R \propto \frac{L}{A} \qquad \dots (1)$$

حيث أن:

***L* = طول الموصل *(m)*.**

***A* = مساحة مقطع الموصل (*mm^2*).**

نلاحظ انه كلما زاد طول الموصل *(L)* زادت مقاومة الموصل لان المقاومة تتناسب طرديا مع طول الموصل. بينما تقل مقاومة الموصل إذا زادت مساحة مقطعه *(A)* لان المقاومة تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع.

ثابت التناسب في المعادلة (١) هي المقاومة النوعية للمادة المراد إيجاد مقاومتها *(ƒ)*.

$$R = \boldsymbol{f}\,\frac{L}{A} = \frac{\Omega \,.\, mm^2}{m} * \frac{m}{mm^2} = \Omega$$

استبدال موصلات النحاس بموصلات الألمنيوم وبالعكس:

١- إذا كان لدينا سلكين أحدهما نحاس والأخر الألمنيوم لهما نفس الطول ونقس المقاومة الكهربائية، فان مساحة مقطع سلك الألمنيوم تكون أكبر من مساحة سلك النحاس بمقدار (65%) من مساحة مقطع سلك النحاس.

$$A_{Al} = A_{Cu} * 1.65 \qquad or \qquad A_{Cu} = \frac{A_{Al}}{1.65}$$

A_{Al} = مساحة مقطع سلك الألومنيوم.

A_{Cu} = مساحة مقطع سلك النحاس.

٢- إذا كان لدينا سلكين من النحاس والألمنيوم لهما نفس الطول ومساحة المقطع فان المقاومة الكهربائية لسلك الألومنيوم تكون أكبر من المقاومة الكهربائية لسلك النحاس بمقدار *(65%)* من مقاومة سلك النحاس.

$$R_{Al} = R_{Cu} * 1.65 \qquad or \qquad R_{Cu} = \frac{R_{Al}}{1.65}$$

R_{Al} = مقاومة مقطع سلك الألومنيوم.

R_{Cu} = مقاومة مقطع سلك النحاس.

مثال ١:

سلكين من النحاس والألومنيوم لهما نفس الطول ونفس المقاومة الكهربائية، فاذا كانت مساحة مقطع سلك النحاس *(10 mm^2)*، أوجد مساحة مقطع سلك الألومنيوم؟

$$A_{Al} = A_{Cu} * 1.65 = 10 * 1.65 = 16.5\ mm^2$$

أو مساحة مقطع سلك الألومنيوم القياسية هي *(16 mm^2)*.

مثال ٢:

سلكين من النحاس والألومنيوم لهما نفس الطول ومساحة المقطع، وكانت مقاومة سلك الألومنيوم *13 (Ω)*. احسب مقاومة سلك النحاس؟

$$R_{Cu} = \frac{R_{Al}}{1.65} = \frac{13}{1.65} = 7.88\ \Omega$$

مشاكل أسلاك الألومنيوم:

١- من المشاكل التي تعاني منها أسلاك الألومنيوم عند تعريضها للهواء تتكون على محيطها الخارجي طبقة من أوكسيد الألومنيوم، والذي يكون مقاومته عالية مما يسبب مشاكل عند ربط أسلاك الألومنيوم مع بعضها بالجذل، حيث تصبح نقطة الربط ذات توصيل رديء، مما يؤدي الى ارتفاع حرارة نقطة الربط، لذا يجب تنظيف أطراف أسلاك الألومنيوم بالصقل قبل ربطها مع بعضها.

٢- إن توصيل أسلاك الألومنيوم مع أسلاك النحاس يؤدي الى تفاعلات كيمياوية تؤدي الى حدوث ما يسمى بالخلايا الكلفانية والتي تسبب تأكل المواد ومن ثم رخاوة في التوصيل وارتفاع حرارة نقطة الربط، ولمعالجة ظاهرة التأكل يتم طلاء اطراف الأسلاك بالقصدير أو الكروم قبل ربطها مع بعضها.

الأحجام القياسية للموصلات:

يقصد بالأحجام القياسية للموصلات هي مساحة مقطع الموصلات حيث تصنع الموصلات بمساحات مقاطع قياسية وهي كالتالي:

1 - 1.5 - 2.5 – 4 -6 – 10 – 16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 – 300 – 400 – 500 - (mm^2).

تصنع الأسلاك أو قلوب الكابلات الموصلة بطريقتين:

١- موصلات مصمتة *(Solid conductor)*:
وتكون عبارة عن سلك واحد من النحاس أو الألومنيوم معزول بمادة عازلة، وتكون أحجامها صغيرة لا تتجاوز *10 mm^2* أو *16 mm^2* على الأكثر، وتكون مرونتها قليلة.

٢- موصلات مجدولة *(Stranded conductor)*:

وتكون عبارة عن مجموعة أسلاك دائرية صغيرة ملتوية معا على بعضها في طبقات متمركزة، وتكون ذات مرونة عالية وتصنع بجميع الأحجام القياسية، يكون ترتيب الأسلاك بسلك مركزي محاط بطبقات متتالية من أسلاك وكل طبقة تزيد عن سابقتها بمقدار (٦)، أي أن عدد الأسلاك في الطبقة الأولى تكون (٦) وفي الثانية (١٢) وفي الثالثة (١٨) ...

كيفية بيان أحجام الموصلات:

يتم التعرف على حجم الموصلات (مساحة مقطع الموصلات) بعدة طرق منها:

١- عن طريق مساحة المقطع الكلي للموصل، مثل *(10 mm^2 , 25 mm^2)*.
٢- عدد الأسلاك في الموصل وقطر كل سلك مثل *(7/0.85 mm , 19/0.32 mm)*.
٣- مساحة المقطع الكلي مع عدد الأسلاك بدون السلك المركزي، مثل *(50/18 , 35/6)*.

أحجام الكابلات:

يتم بيان أحجام كابلات القوى الكهربائية عن طرية بيان (عدد الموصلات * مساحة مقطع الموصلات) مثل:

$2*10\ mm^2$ **– كابل ثنائي القلوب، وكل موصل مساحة مقطعه** *$10\ mm^2$*.

$3*50\ mm^2$ **– كابل ثلاثي القلوب، وكل موصل مساحة مقطعه** *$50\ mm^2$*.

$4*35\ mm^2$ **– كابل رباعي القلوب، وكل موصل مساحة مقطعه** *$35\ mm^2$*.

$3*95 + 1*50\ mm^2$ **– كابل رباعي القلوب، وفيه ثلاث موصلات مساحة مقطع كل منها** *($95\ mm^2$)* **، والرابع موصل مساحة مقطعه** *$50\ mm^2$* **يستخدم لخط التعادل.**

$3*120 + 70 + 35\ mm^2$ **– كابل خماسي وفيه ثلاث موصلات مساحة كل منها** *$120\ mm^2$*، **والموصل الرابع مساحة مقطعه** *($70\ mm^2$)* **يستخدم لخط التعادل، والموصل الخامس يستخدم للتأريض.**

أشكال الأسلاك في الموصلات الكهربائية:

تصنع الموصلات عادة بشكل دائري في الأحجام الصغيرة، حيث يكون الموصل عبارة عن سلك واحد أو مجموعة أسلاك دائرية صغيرة.

اما في الموصلات ذات الأحجام الكبيرة، يكون الموصل عبارة عن مجموعة اسلاك بيضوية الشكل حيث يتم ضغط الموصلات الدائرية فتصبح بشكل بيضوي وذلك لتقليل الفراغات بين الاسلاك وتسمى موصلات مضغوطة او موصل مُشكل *(compact)*.

قياس احجام الاسلاك:

١- تقاس مساحة مقطع الموصلات بوحدة *(mm^2)*، **في جميع دول العالم تقريبا.**
٢- المقياس الأمريكي للسلك *(AWG)*: حيث تستخدم أداة خاصة لتعيين رقم يدل على مساحة مقطع الموصل، والذي يبدأ من *(20 AWG)* وينتهي برقم *(0000)* وهو اكبر مقطع في المقياس.

٣- المل الدائري ***(Circular mil)***:
وهو وحدة مساحة تساوي مساحة دائرة قطرها مل واحد ***(one mil)***، والمل يساوي *0.001* من البوصة أي *0.0254* ملي متر.

العوازل الكهربائية لكابلات القوى:

من اهم المواد المستعملة لعزل موصلات كابلات القوى هي:

١- عازل الورق المشبع ***Paper Insulation***.
٢- المواد البوليمرية ***Polymeric Insulation materials***.
٣- المطاط ***Rubber Insulation materials***.
٤- الكتان المورنش ***Varnish-cambric Insulation***.
٥- الاسبستوس ***Asbestos Insulation materials***.

عازل الورق المشبع:

يتميز عازل الورق بان له عمر طويل ويتحمل الاجهاد الكهربائي بشكل كبير، يستخدم الورق على شكل شريط ذو طبقتين او ثلاث طبقات، بحيث يتراوح سمك الورق الكلي للعازل ما بين (*0.6 mm* الى *30 mm*) تبعا لجهد الكابل، يمتاز الورق بخواص كهربائية جيدة وهو في حالة الجافة، الا ان طبيعته المسامية تجعله شديد الامتصاص للرطوبة، وللتغلب على هذه المشكلة يغمر الورق بعد تجفيفه بمركب خاص من مشتقات البترول، ويضاف لها مواد راتنجية لزيادة اللزوجة.

العوازل البوليمرية (العوازل البلاستكية):

المواد البوليمرية هي مواد مستخرجة من صناعة البتروكيمياويات، ويطلق اسم البوليمرية على الأنواع المختلفة من لدائن البوليمر والمطاط الصناعي.

تنقسم لدائن البوليمر الى نوعين:

١- اللدائن الحرارية ***(Thermoplastics)***: وهي أنواع من اللدائن تلين بالحرارة وتصلد بالبرودة.
٢- الجوامد الحرارية ***(Thermosets)***: وهي اللدائن التي لا تلين بالحرارة حتى تصل الى درجة حرارة تحللها.

يمكن صناعيا تحويل العديد من اللدائن الحرارية الى جوامد حرارية وذلك باجراء معالجات خاصة عليها تسمى التشابكية *(crosslinking)*.

أهم الدائن الحرارية في صناعة الكابلات:

١- بولي فينايل كلوريد ***Polyvinyl chloride (PVC)***: تتحمل حرارة تصل الى $70^0\ C$.
٢- بولي أثيلين منخفض الكثافة ***Low density polyethylene (LDPE)***: تتحمل حرارة تصل الى $70^0\ C$.

٣- بولي أثيلين مرتفع الكثافة ***High density polyethylene (HDPE)***: تتحمل حرارة تصل الى $80^0\ C$.
٤- بولي بروبيلين ***Polypropylene (PP)***: تتحمل حرارة تصل الى $80^0\ C$.
٥- مطاط الاثيلين بروبيلين ***Ethylene propylene rubber (EPR)***: تتحمل حرارة تصل الى $60^0\ C$.

اهم الجوامد الحرارية:

١- المطاط السيليكوني ***Silicone Rubber (SR)***: تتحمل حرارة تصل الى $150^0\ C$.
٢- مصاط الاثيلين بروبيلين الناشف ***Hard Ethylene Propylene Rubber (HEPR)***: تتحمل حرارة تصل الى $90^0\ C$.
٣- البولي أثيلين التشابكي ***Cross Linked Polyethylene (XLPE)***: تتحمل حرارة تصل الى $90^0\ C$.

المطاط Vulcanized Rubber Insulation (VRI):

وهو عبارة عن مطاط نقي مع الكبريت، تكون مرنة ولها مقاومة ضد الماء اما مقاومتها الميكانيكية فتعتمد على كمية الكبريت المضافة، واعلى درجة حرارة يتحملها العازل $65^0\ C$، ونلاحظ ان الكبريت المضاف يتفاعل مع النحاس في الموصل مسببا أوكسيد النحاس الأسود، لذا فان هذا العازل يستخدم مع موصلات النحاس المطلية بالزنك.

اما المطاط السيليكوني *(SRI)* فانه يتحمل ويقاوم درجات الحرارة الأعلى من $85^0\ C$، لذا فانه يستخدم في المصابيح المعلقة حيث ترتفع درجة الحرارة بداخلها.

الكتان المورنش:

في الواقع عبارة عن نسيج قطني على شكل شريط يُلف لولبياً على الموصل بعد تشبيع جانبيه بمادة الورنيش العازلة.

يمتاز بمرونة عالية أعلى من العوازل الورقية الا أنها اقل من المطاط، وله مقاومة جيدة ضد الرطوبة، لذا فانه يستعمل في بعض الأحيان بدون غلاف خارجي.

الاسبستوس:

مادة عازلة تعتبر من المواد التي لها مقاومة عالية للحرارة، ولا يعمل على جهد أعلى من *(8 kV)* نظراً لضعف خواصه الكهربائية يستخدم كعازل بشكل الياف وتشبع تلك الالياف بمادة مقاومة للحريق.

الغلاف المعدني Metallic Sheathing:

يعتبر الغلاف المعدني ضروري في الكابلات الورقية، حيث يُزود الكابل بحماية ميكانيكية، كما يمنع دخول الماء اليه، ويكون الغلاف المعدني اما من : ١- الرصاص ٢- الألومنيوم.

يتميز الرصاص بسهولة الصنع ومقاومته للتأكل، الا ان خواصه الميكانيكية ضعيفة، مع مرونة عالية.

اما الألومنيوم فهو أقوى من الرصاص ،الا ان عمليات ثني الكابل تكون صعبة، ويتم معالجة مشاكل الألومنيوم باستخدام غلاف الومنيوم معرج.

ويمكن تأريض الكابلات ذات الغلاف المعدني عن طريق الغلاف المعدني.

الحماية الخارجية Over Sheath:

هي طبقة من مادة عازلة لها خواص معينة توضع فوق طبقة التسليح بحيث تكون طبقة الحماية هي أخر طبقة خارجية للكابل لحمايته من البيئة والظروف والمواد المحيطة به.

الحشو Filler:

تستخدم مادة الحشو في الكابلات متعددة القلوب، والهدف منها هو ملئ الفراغات بين الموصلات للحصول على تكوين مصمت دائري الشكل.

المواد المستخدمة في الحشو هي (الجوت، القطن، الاسبستوس، المطاط، والورق).

تركيب الكابلات:

المكونات الرئيسة للكابل:

١- قلب الكابل Core:

موصل معدني مقاومته منخفضة (نحاس او الومنيوم)، ويكون اما مصمت او مجدول، وتعتمد مساحة مقطع الكابل على التيار المار فيه، كلما زادت مساحة المقطع زاد تحمل الكابل للتيار.

ملاحظة: استخدام الموصلات المجدولة يزيد من السعة الامبيرية للكابل الكهربائي حيث ان التيار يفضل المرور في المحيط الخارجي للموصل.

٢- غلاف الموصل Conductor Shield:

طبقة رقيقة منت مادة سبه موصلة توضع حول القلب وذلك لملئ الفراغات بين الجدائل وتنظيم المجال الكهربائي.

٣- العازل الرئيسي Dielectric:

يعمل على عزل قلوب الكابل عن بعضها، وكلما زاد الجهد زاد سمك العازل، ومن اشهر العوازل المستخدمة PVC و XLPE.

٤- الغلاف العازل Insulation Shield:

طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة توضع حول العازل، تعمل على حماية الكابلات من المجلات الكهربائية.

٥- الغلاف المعدني Metallic Tape:

غلاف معدني يستخدم للحماية الميكانيكية ومنع تسرب الماء او الرطوبة وخاصة في الكابلات الورقية، وكذلك يأرض الكابل من خلال الغلاف لتسريب تيارات القصر، ومن اهم الاغلفة المعدنية:

- **الرصاص: سهل الصنع ومقاومته عالية ضد التأكل، الا ان خواصه الميكانيكية ضعيفة.**
- **الألومنيوم: اقوى من الرصاص الا ان عمليات ثني الكابل تكون صعبة، ويتم معالجة ذلك باستخدام غلاف الومنيوم متعرج.**

٦- المادة المالئة Filler:

طبقة مطاطية تحيط بقلوب الكابلات وفائدتها:

- **تعطي له الشكل الدائري وتمنع تحرك الموصلات داخل الغلاف واحتكاكها مع بعضها.**
- **يمنع تسرب الرطوبة والماء الى داخل الكابل.**

٧- الغطاء الداخلي Inner Jacket: ويكون عبارة عن غلاف من ال PVC.

٨- درع معدني أو طبقة التسليح Armor:

عبارة عن غلاف معدني يعمل على زيادة الحماية الميكانيكية للكابل.

٩- الغطاء الخارجي Outer Jacket:

غلاف من مادة ال PVC على الاغلب، يعمل على حماية الكابل من الظروف البيئية والمواد المحيطة به.

ملاحظة:

المكونات أعلاه ليس من الضروري ان تكون جميعها موجودة في تركيب الكابل حيث وجود قسم منها يعتمد على انتاج وجودة الكابل وعلى كلفة الإنتاج وطبيعة الاستخدام.

لذا يمكن وصف اهم مكونات الكابل الكهربائي وخاصة الكابلات الاعتيادية على انها:

١- الموصل ٢- العازل ٣- الحشوة ٤- الغلاف الخارجي.

عوامل اختيار احجام الكابلات الكهربائية:

١- مساحة مقطع الموصل.

٢- درجة الحرارة المحيطة.

٣- نوع الحماية.

٤- البعد والقرب من الكابلات الأخرى.

٥- هبوط الجهد.

تصنيف الكابلات الكهربائية

١- حسب جهد التشغيل:

كلما زاد الجهد زاد تعقيد تركيب الكابل، وذلك للحصول على درجة عزل عالية، وتصنف الكابلات الى:

- **كابلات جهد منخفض LVC : (1 – 1000 V).**
- **كابلات جهد متوسط MVC : (1 kV – 33 kV).**
- **كابلات جهد مرتفع HVC : (33 kV – 132 kV).**
- **كابلات جهد فوق المرتفع UHVC : (أعلى من 132 kV).**

ملاحظة: يتناسب جهد الكابل طردياً مع سمك العازل.

$$V \propto \textit{سمك العازل}$$

٢- حسب تردد العمل:

تعمل الكابلات على ترددات تتراوح ما بين 50 Hz و 60Hz.

٣- حسب مستوى العزل:

اهم أنواع العوازل المستخدمة في كابلات القوى الكهربائية هما:

- **عازل PVC.**
- **عازل XLPE.**

PVC: يستخدم في الكابلات الجهد المنخفض ويتميز :

a) خواص كهربائية ممتازة عند جهود ودرجات الحرارة المنخفضة.

b) رخيص الثمن.

c) الإطفاء الذاتي للهب.

d) مقاومة عالية للتاكل والتأين ومقاومة عالية ضد الرطوبة والماء.

XLPE: يستخدم في كابلات الجهد المتوسط، وكذلك في الجهد المنخفض ويتميز:

a) مقاومة عالية للرطوبة.

b) تحمل درجات الحرارة المرتفعة.

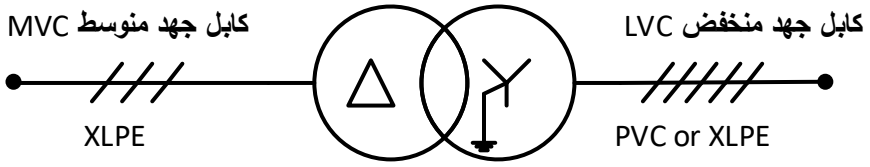
c) تحمل تيارات القصر والتحميل الزائد.

d) اصلد العوازل ولا يحتاج الى تسليح في الغالب.

e) يجب تجنب تعرضه لانحناءات حادة.

ومن حيث تحمل العوازل لدرجات الحرارة:

نوع العازل	PVC	XLPE
درجة الحرارة الطبيعية	$70^0\ C$	$90^0\ C$
اقصى درجة حرارة في حالة القصر S.C	$150^0\ C$	$250^0\ C$



ملاحظة:

- **جميع كابلات الجهد المتوسط MVC تكون ذات عزل من نوع XLPE.**
- **كابلات الجهد المنخفض LVC يكون العزل اما:**

a) PVC : تيارات قليلة.

b) XLPE: تيارات عالية.

علماً بان الغلاف الخارجي للكابل يكون من PVC.

٤- حسب تسليح الكابلات Armored:

يكون تسليح الكابلات بطريقتين:

a) تسليح بشرائط معدنية Steel Tape Armored (STA):

ويتم بشرائط معدنية (نصف على نصف) تلف حول الكابل، ويستخدم في الكابلات الأرضية، ويعطي متانة ميكانيكية عالية لتحمل الغوط والأوزان الثقيلة.

b) تسليح باسلاك معدنية Steel Wire Armored (SWR):

ويتم باستخدام اسلاك معدنية توضع طوليا حول الكابل، وتكون اكثر مرونة من STA.

٥- حسب نوع الموصل Conductor Type:

الموصلات المستخدمة في كابلات القوى تكون:

a) موصلات نحاس (Copper) .Cu.

تكون أعلى موصلية واكثر كلفة واثقل وزناً.

b) موصلات الومنيوم (Aluminum) .Al.

تكون اقل موصلية واقل كلفة واخف وزناً.

٦- حسب عدد القلوب Cores:

a) كابلات أحادية القلب Single Core Cable:

- **يستخدم في المقاطع ذات مساحة مقطع الكبيرة ($240\ mm^2$ فما فوق) لثقل الوزن وصعوبة التمديد.**
- **يستخدم في المساحات السكنية.**
- **يستخدم في كابلات التأريض.**

b) كابلات ثنائية القلوب Two Core Cable:

يستخدم في الجهود المنخفضة الأحادية الطور (خط فعال وخط تعادل L-N) بدون ارضي.

c) كابلات ثلاثية القلوب Three Core Cable:

- **يستخدم في الجهود المنخفضة الأحادية الطور (خط فعال وخط تعادل وخط ارضي L-N-E).**
- **يستخدم في الجهود المتوسطة الثلاثية الطور (R-S-T).**

d) كابلات رباعية القلوب Four Core Cable:

يستخدم في الجهود المنخفضة ثلاثية الطور (R-S-T-N).

مواصفات خط التعادل Neutral Line:

١- تكون مساحة مقطع موصل خط التعادل مساوية لمساحات مقاطع خطوط الاطوار (الخطوط الفعالة) في الحالات التالية:

- **في الكابلات الصغيرة والتي تكون مساحة مقطع موصلاتها اقل من $35\ mm^2$.**
- **الاحمال التي تحتوي على أجهزة الكترونية بسبب الترددات التوافقية الثالثة.**
- **دوائر الإنارة التي تحتوي على مصابيح فلورسنت.**

٢- تكون مساحة مقطع موصل خط التعادل مساوية لنصف مساحة الخطوط الفعالة الثلاثية الأطوار، حيث يكون التيار المار في خط التعادل صغير ولا يستوجب موصل ذات مساحة كبيرة.

السعة الامبيرية للكابل:

السعة الامبيرية تعتمد على مساحة مقطع الموصل وطريقة تمديد الكابل (في الهواء او في التربة او في الانابيب)، وذلك بسبب اختلاف التبادل الحراري بين الكابل والمنطقة المحيطة به.

اذا كان معدل طرد الحرارة اعلى من معدل توليد الحرارة يؤدي الى زيادة كفاءة الكابل وبالعكس، والجدول ادناه يمثل تحمل الكابلات على اعتبار درجة حرارة الهواء $45^0\ C$ **ودرجة حرارة الأرض** $30^0\ C$ **وبعمق** $90\ cm$**.**

مساحة مقطع الموصل (mm^2)	قياس الموصل بعدد الاسلاك والقطر (mm)	اسلاك مفردة داخل انابيب (Ampere)	كابلات ضغط واطئ تحت الأرض (Ampere)	كابلات ضغط واطئ سطحية (Ampere)	كابلات ضغط عالي سطحية (Ampere)
١	7/0.42	8	20	12	-
1.5	7/0.52	10	23	15	-
2.5	7/0.67	14	30	20	-
4	7/0.85	17	39	27	-
6	7/1.04	23	50	34	-
10	7/1.34	31	66	46	-
16	7/1.69	42	87	57	-
25	7/2.12	57	111	81	-
35	7/2.5	71	137	100	73
50	19/1.83	91	162	124	89
70	19/2.16	-	197	152	108
92	19/2.52	-	232	180	130
120	37/2.03	-	272	210	150
150	37/2.27	-	312	241	173
185	37/2.52	-	354	272	190
240	61/2.24	-	487	317	227
300	61/2.5	-	497	360	257

تصميم الكابلات Cable design

يتم تصميم الكابلات اعتمادا على:

١- السعة الامبيرية للكابل.

٢- هبوط الجهد.

٣- مقدار تيارات القصر.

السعة الامبيرية للكابل:

يتم حساب تيار الكابل ومن ثم مساحة مقطع موصلاته بالطرق التالية:

١- يتم حساب تيار الحمل *(I_L)* ومن العلاقة التالية:

$$I_L = (kVA) * 1.5$$

٢- يتم حساب تيار قاطع الدورة من العلاقة التالية:

$$I_{C.B} = I_L * 1.25$$

ملاحظة: يجب ان يكون تيار القاطع IC.B اعلى من تيار الحمل I_L بمقدار 25% حسب المواصفات العالمية، وتسمى بمعامل الأمان (S.F).

٣- يتم حساب تيار الكابل من العلاقة التالية:

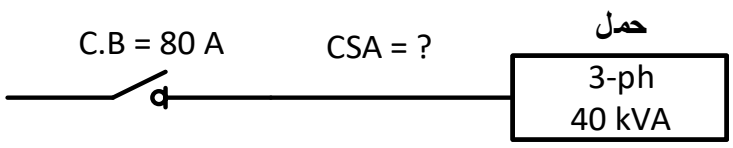
$$I_{cable} = I_{C.B}/(D.F)$$

معامل تصحيح التيار(D.F) Derating factor :

(معامل تصحيح الحمل المقنن)، وهذا يعتمد على درجة حرارة الهواء او درجة الحرارة تحت الأرض، وكذلك على طريقة دفن الكابلات وعمق الدفن بالإضافة الى المقاومة النوعية للتربة.

جدول معامل تصحيح الحمل المقنن في الهواء

درجة حرارة الهواء (C^0)	٢٥°	٣٠°	٣٥°	٤٠°	٤٥°	٥٠°	٥٥°
كابلات ***PVC***	***1.22***	***1.15***	***1.08***	***1***	***0.95***	***0.82***	***0.71***
كابلات ***XLPE***	***1.14***	***1.1***	***1.05***	***1***	***0.9***	***0.89***	***0.84***



$1.5 * kVA = I_L$ $\quad$ $I_L = 40 * 1.5 = 60\ A$

$S.F = I_L = I_{C.B}$ $\quad$ $I_{C.B} = 60 * 1.25 = 75\ A$

يتم اختيار C.B ذات تيار $80\ A$.

$I_{cable} = I_{C.B}\ /\ D.F$

$D.F = 0.82$

$I_{cable} = 80/0.82 = 97.5\ A$

بعد إيجاد تيار الكابل I_{cable}**، يتم إيجاد مساحة مقطع الكابل من جداول الكابلات، حيث نلاحظ بان الرقم** $97.5\ A$ **واقع بين الرقمين** 81 **و** 100 **في حقل كابلات ضغط واطىء سطحية، فيتم اختيار الرقم الأعلى** (100)**، ثم نلاحظ مساحة مقطع الكابل حيث نرى بان مساحة مقطع الكابل هي** $35\ mm^2$ **(أي كابل** $3*35\ mm^2$ **او** $4*35\ mm^2$**).**

معامل تصحيح عدد الكابلات المتجاورة:

يجب استخدام معامل تصحيح لعدد الكابلات المتجاورة، حيث ان وجود الكابلات جنب بعضها يؤثر على قيمة التيار الذي يتحمله الكابل بسبب الحرارة الناتجة من مرور التيار في الكابلات.

جدول معمل التصحيح للكابلات المتجاورة.

	عدد الكابلات المتجاورة				
	٢	٣	٤-٥	٦-٨	اكثر من ٩
معامل التصحيح لكابلات أفقية	0.85	0.78	0.75	0.72	0.7
معامل التصحيح لكابلات راسية	0.8	0.73	0.7	0.86	0.66

أنواع الكابلات في النظام الإنكليزي:

١- كابلات ذات عازل مطاطي مقسى (V.R.T):

تمتاز بمرونة عالية، ويحاط الكابل من الخارج بنسيج قطني كعازل واقي يستخدم في الاحجام الصغيرة.

٢- كابلات ذات الغلاف المطاطي المتين *(T.R.S)*:

يكون العازل من المطاط القوي (مطاط سيليكوني)، يمتاز بمقاومة عالية ضد الماء، ويمكن استخدامه في الأماكن ذات الرطوبة العالية.

٣- كابلات بولي فينايل كلوريد *(PVC)*:

يكون العازل من البلاستك *PVC*، الا انه يتاثر بدرجات الحرارة الواطئة جداً ودرجات الحرارة الأعلى من $70^{o}\ C$.

٤- كابلات ذات مواد العزل المتعدد *(M.I.M)*:

والذي يكون عبارة عن أنبوب معدني توضع بداخله الموصلات وتملا الأنبوبة بمادة أوكسيد المغنيسيوم العازلة وتكون على شكل مسحوق، ويلف حول الأنبوب سلك معدني لزيادة القوة الميكانيكية، ويغلف من الخارج بعازل *PVC*، وتمتاز بما يلي:

- **غير قابل للاشتعال.**
- **لا يتاثر بالرطوبة او الزيوت.**
- **متانة ميكانيكية عالية.**
- **يتحمل درجات حرارة عالية (اكبر من $80^{o}\ C$).**
- **تحمل عالي للتيار.**

٥- كابلات ورقية ذات غلاف رصاصي *(P.I.L)*:

حيث يتكون الكابل من:

- **موصلات نحاس او الألومنيوم.**
- **يكون العازل ورق مشبع بالزيت يلف حول الموصلات بطبقات.**
- **غلاف من الرصاص لمنع تسريب الماء، ويستخدم كارضي للكابل.**
- **طبقة من الورق المطلي بالقار.**
- **طبقة تسليح على شكل شرائط تلف نصف على نصف حول الكابل.**
- **طبقة خارجية من خيوط الجوت المشبعة بمادة القار.**

طرق مد الكابلات الكهربائية :

يتم مد الكابلات بطرق مختلفة حسب طبيعة الاستخدام والمكان ومن اهم الطرق هي:

١- مد على الأعمدة والجدران:

تستخدم هذه الطريقة في الازقة والاحياء الضيقة، واحيانا في تأسيس المعامل والمنازل.

٢- دفن مباشر في الأرض:

وهي طريقة رخيصة وسهلة التنفيذ، حيث يدفن الكابل على عمود يتراوح ما بين *(70-100 cm)* في الأرض، وتستخدم في المواقع الواقعة خارج المدن على الاغلب كالمعسكرات مثلاً.

٣- مد داخل انابيب بلاستيكية *(PVC)* او الاسبستية:

حيث يتم إمرار الكابل من المصدر الى الحمل داخل أنبوب يدفن تحت الأرض، وتستخدم هذه الطريقة في المنازل والمعامل.

من مميزات هذه الطريقة إمكانية استبدال الكابل في حالة حدوث العطل، وكذلك إمكانية إضافة كابلات أخرى مستقبلا.

٤- مد داخل قنوات أرضية:

تستخدم هذه الطريقة في المعامل الكبيرة حيث يتم وضع التأسيسات الخارجية والداخلية معا في قنوات مشيدة لهذا الغرض.

وتعتبر طريقة مكلفة لاحتياجها الى أعمال مدنية لإنشاء القنوات، حيث يتم بناء جوانب القناة بالطابوق او الأسمنت وتغطى من الأعلى بالواح معدنية سميكة.

٥- مد على حوامل الكابلات *Cable Tray*:

وتكون عبارة عن حوامل معدنية معلقة في السقف او مثبتة على الجدران، وتستخدم في المختبرات والمعامل وغرف المكائن.

٦- مد داخل قنوات الخدمة العامة *Service Shaft*:

ويتم تثبيت الكابلات على جدران القناة بواسطة القفائص وتستخدم في إيصال الكهرباء الى لوحات التوزيع في العمارات السكنية.

مساوئ اختيار مساحة مقطع اصغر من الحد المسموح به:

يتم اختيار احجام الكابلات (مساحة مقطع الموصلات) بحيث تتناسب مع مقدار تيار الحمل، لذا فان اختيار كابلات ذات احجام لا تتناسب مع الحمل يؤدي الى:

١- زيادة المفاقيد في الجهد.

٢- زيادة درجة حرارة الكابل.

٣- تلف العازل.

٤- حدوث قصر بين الموصلات وتلفها.

اعطال الكابلات الكهربائية وطرق تحديدها:

من اهم اعطال المحتملة في الكابل هي:

١- حدوث قطع لبعض الموصلات او لجميع الموصلات.

٢- حدوث تماس او قصر بين الموصلات.

٣- حدوث تماس او قصر بين الموصلات والأرض.

تحدث هذه الأعطال بسبب الإصابة الميكانيكية او تعرض الكابل لضربات قوية او نتيجية لاحتراق العازل بسبب الاختيار الخاطئ للكابل او بسبب وجود مواد كيمياويات او زيوت في التربة.

طرق تحديد نوع العطل في الكابلات:

يتم تحديد نوع العطل باستخدام أجهزة القياس التالية:

١- استخدام جهاز الاوميتر لتحديد القطع في الموصلات.

٢- تسليط فولتية عالية لاحداث شرارة في موقع القطع ومن ثم حرق العازل لتحديد مكان القطع.

٣- استخدام أجهزة كشف الكترونية خاصة.

٤- استخدام جهاز الميكر *magger* لكشف عن حالات التماس او القصر.

طرق تحديد موقع (مكان) الفصل في الكابلات الكهربائية:

١- اختبار موري *Murray loop test*.

٢- اختبار سقوط الجهد *Fall of potential test*.

٣- اختبار السعة *Capacity test*.

يستخدم اختبار موري واختبار سقوط الجهد لغرض تحديد مكان العطل في حالات القصر والتماس الأرضي، بينما يستخدم اختبار السعة لغرض تحديد مكان العطل في حالات القطع.

اختبار موري Murray loop test:

جهاز موري عبارة عن مقاومة متغيرة ذات طرف وسطي منزلق وتكون هذه المقاومة بشكل مسطرة مترية مدرجة بالميليمتر *mm* وطولها متر واحد *1 m* ويرمز لها بالرمز *S*، بالإضافة الى وجود جهاز كلفانوميتر *G*.

لو فرضنا انه لدينا كابل ثنائي طوله *L (m)* واحد موصلاته بحالة جيدة بينما الموصل الاخر حدث له تماس مع الأرض في نقطة تبعد بمقدار *X (m)* من طرف الكابل، فيتم تحديد العطل بالطريقة التالية:

١- ربط اطراف موصلات الكابل بدائرة قصر من احد نهايات الكابل.

٢- ربط اطراف المسطرة المترية *S* من موصلات الكابل من الطرف الاخر.

٣- يتم ربط جهاز الكلفانوميتر مع اطراف المسطرة المترية (على التوازي).

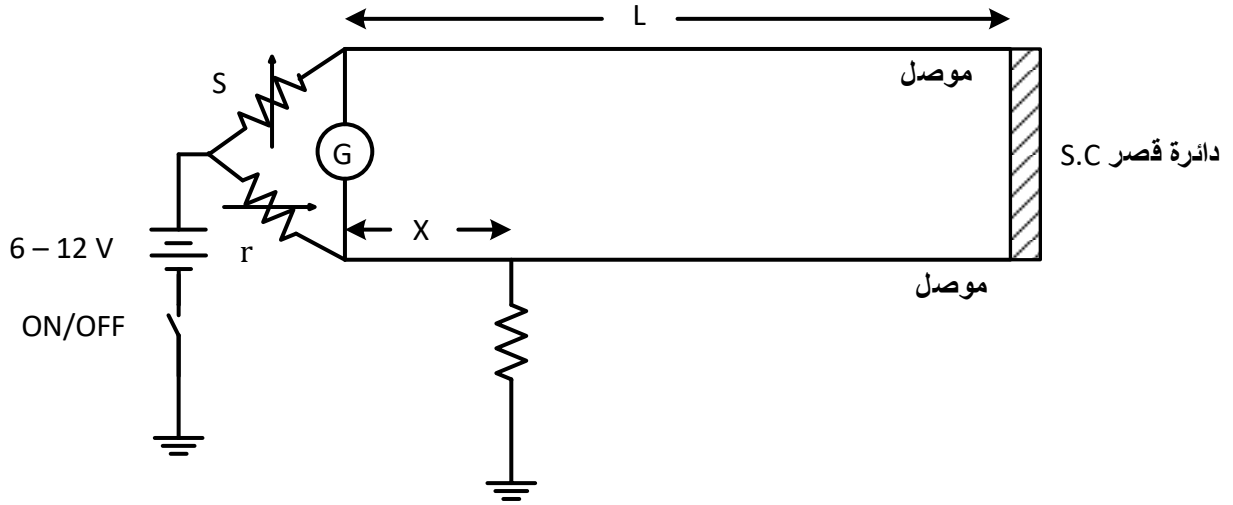
٤- يتم ربط جهاز بطارية *(6 – 12 V)* الى الطرف المنزلق للمسطرة المترية عن طريق الطرف السالب للبطارية من خلال مقاومة متغيرة، والطرف الموجب الى الأرض عن طريق مفتاح *on/off*.

٥- ضع المفتاح على وضع *on*، وقم بتغير الطرف المنزلق الى ان تصبح قراءة الكلفانوميتر صفر.

٦- اقرأ على المسطرة موضع الطرف المنزلق *r*.

يتم تحديد قيمة *X* من العلاقة التالية :

$$X = \frac{r * 2L}{S}$$



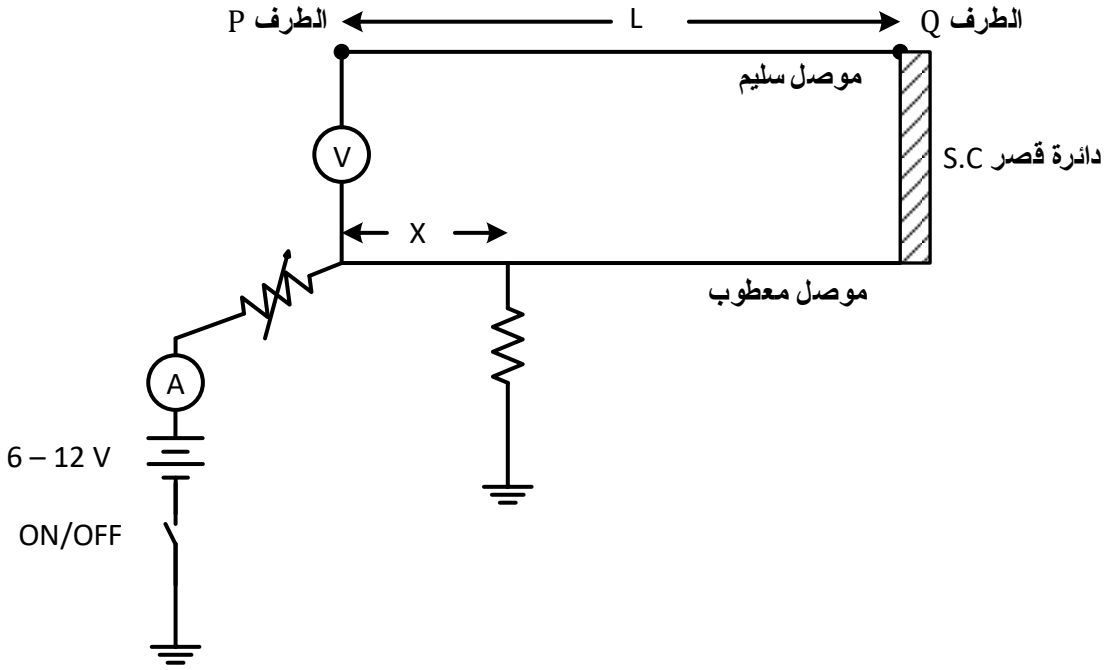
لو فرضنا ان التماس حدث لجميع موصلات الكابل مع الأرض، فان الاختبار في هذه الحالة يتم عن طريق موصل اخر او كابل سليم بنفس مواصفات الكابل المعطوب من حيث الطول ومساحة المقطع.

حيث يتم ربط نهاية الكابل المعطوب مع الموصل السليم بدائرة قصر *S.C* ومن الجهة الأخرى يتم ربط المسطرة المترية مع جهاز الكلفانوميتر على التوازي مع طرف الكابل المعطوب الاخر مع الطرف الاخر للموصل السليم، ويتم اجراء الاختبار بنفس الطريقة السابقة.

اذا لم يتوفر كابل او موصل سليم بنفس مواصفات الكابل المعطوب، يمكن اجراء الاختبار باستخدام أي موصل اخر (يختلف عن الكابل المعطوب من حيث الطول ومساحة المقطع)، ولكن يجب حساب الطول المكافئ في هذه الحالة.

اختبار سقوط الجهد Fall of potential test:

لو فرضنا انه لدينا كابل ثنائي وحدث فيه تماس بين موصلاته ولمعرفة مكان التماس عن طريق اختبار سقوط الجهد يتم عن طريق موصل اخر كما في الشكل التالي:



حيث يتم الاختبار بالشكل التالي:

١- ربط دائرة قصر بين احد الموصلات المقصورة والموصل الاخر السليم.

٢- ربط أجهزة قياس وبطارية كما في الشكل أعلاه، ويتم قياس الجهد والتيار من طرف الكابل الأول (الطرف P)، ولتكن القيم هي V_P و I_P.

٣- يتم إعادة ربط أجهزة القياس من الطرف الاخر (الطرف Q) وتكون دائرة القصر من الطرف P في هذه الحالة.

٤- تقاس قيمة الجهد والتيار من الطرف Q ولتكن V_Q و I_Q.

يتم حساب قيمة X من العلاقة التالية:

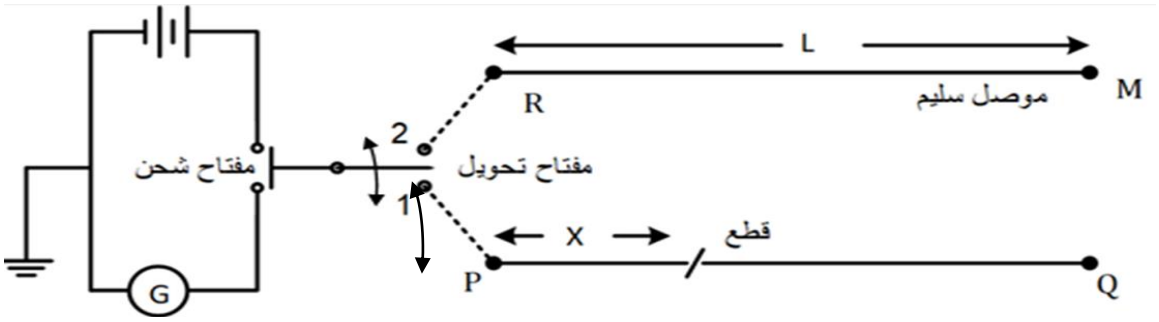
$$X = \frac{(V_P * I_Q) * L}{(V_P * I_Q) + (V_Q * I_P)}$$

اختبار السعة Capacity test:

يستخدم اختبار السعة لتحديد مكان القطع في الموصل، حيث يتم مقارنة شحنة الموصل المقطوع مع شحنة الموصل السليم.

يكون الاختبار كما في الشكل التالي:

لو فرضنا انه لدينا كابل طوله $L\ (m)$ وفيه الموصل $R\,M$ سليم والموصل $P\,Q$ مقطوع.



يتم ربط اطراف الكابل مع مفتاح التحويل (R مع 2) و (P مع 1)، حيث يتم وضع مفتاح التحويل على الوضع 1 ويضغط على مفتاح الشحن حيث يتم شحن الموصل $P\,Q$ لمدو قصيرة $(10\ sec)$ عن طريق البطارية الى النقطة P، ثم يغير وضع مفتاح الشحن، حيث يتم تفريغ الشحنة الى الأرض عن طريق جهاز القياس ويسجل انحراف مؤشر الجهاز (قراءة الجهاز). ولتكن قيمة القراءة (a).

يوضع مفتاح التحويل على الوضع ٢ ، وبضغط مفتاح الشحن حيث يتم في هذه الحالة شحن الموصل $R\ M$ لمدة قصيرة $(10\ sec)$ ثم تفرغ شحنة الموصل الى الأرض ويسجل قراءة جهاز الكلفانوميتر في هذه الحالة، ولتكن قيمة القرأة (b)، فان قيمة X تكون:

$$X = L * \frac{a}{b} \qquad (m)$$

اما اذا كان كلا الموصلين $R\,M$ و $P\,Q$، فيتم إجراء الاختبار من الطرف P والطرف Q، فاذا كانت قراءة الكيلفانوميتر من الطرف P هي (a) ومن الطرف Q هي (b)، فان قيمة X:

$$X = L * \frac{a}{(a+b)} \qquad (m)$$

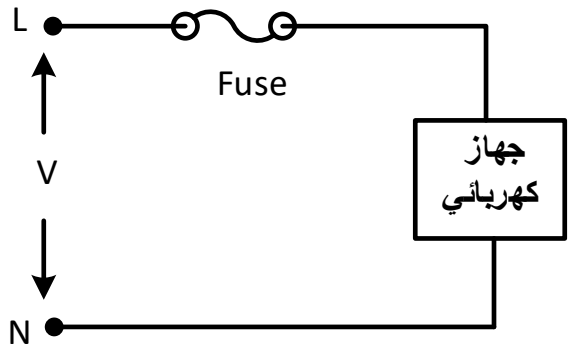
معدات الحماية في التأسيسات الصناعية

تستخدم معدت الحماية لحماية الأجهزة والمحركات الكهربائية من حالات العمل الغير طبيعية، مثل زيادة الحمل، تيارات القصر، تماس ارضي، زيادة او انخفاض جهد المصدر، بالإضافة الى الحماية الطورية.

ومن اهم عناصر الحماية هي المصهرات، قواقع الدورة الكهربائية، والمناولات بانواعها المختلفة.

الفيوزات او المصهرات Fuses:

تعتبر الفيوزات ابسط وسيلة لحماية الأجهزة الكهربائية من تيارات القصر وزيادة الحمل، حيث يتكون الفيوز من سلك معدني ينصهر عندما يتجاوز التيار المار فيه القيمة المحددة لهذا السلك ويقطع الدائرة الكهربائية، ويربط الفيوز بالتوالي مع الأجهزة التي يراد حمايتها، ومبداء عمل الفيوز مبني على التاثير الحراري للتيار المار في عنصر الفيوز.



التيار المقنن للفيوز:

اقصى تيار يتحمله عنصر المصهر لوقت غير محدود دون ان ينصهر العنصر.

تيار الانصهار:

هو تيار الذي يؤدي الى انصهار عنصر المصهر.

عنصر المصهر:

هو ذلك الجزء من الفيوز يصمم لينصهر ويقطع الدائرة عندما يمر خلاله تيار اعلى من التيار المقنن.

يشابه الفيوز في وظيفته قاطاع الدورة (C.B)، حيث انه يحمي الدوائر الدوائر الكهربائية من الأعطال، لكنه يختلف عن القاطع بما يلي:

١- الفيوزات ارخص سعرا من جميع قواطع الدورة.

٢- الفيوزات اسرع من القواطع في الفصل.

٣- يتم تغيير الفيوز بعد كل عطل، اما قواطع الدورة لا يبدل الا اذا مر فيه تيار اعلى من تيار القصر المصمم له واحترق.

عوامل اختيار الفيوزات:

١- الجهد المقنن.

٢- التيار المقنن.

٣- طبيعة الاستخدام.

أنواع الفيوزات المستخدمة في الحماية:

١- الفيوزات القابلة للتسليك (شبه مغلق Semi-enclosed fuse).

٢- الفيوزات الانبوبية (الخرطوشة Cartidge fuse (C.F).

٣- الفيوزات ذات سعة القطع العالية High Rupture Capacity (H.R.C.

٤- فيوزات نوع aM-type fuses (aM.

الفيوزات القابلة للتسليك (R.F):

يتكون عنصر المصهر من سلك نحاسي وتيار انصهار السلك يعتمد على طول السلك ومساحة مقطعه، ويستخدم في الجهود الواطئة.

المحاسن:

١- رخيص الثمن.

٢- سهولة استبدال عنصر المصهر في حالة انصهاره.

المساوى او العيوب:

١- تاكسد عنصر المصهر بسبب الحرارة والرطوبة.

٢- سهولة استبدال عنصر بعنصر اخر ذو مواصفات مختلفة.

٣- لا يستخدم لحماية المحركات الكهربائية.

الفيوزات الانبوبية (C.F):

يتكون من أسطوانة خزفية وبداخلها عنصر المصهر، والاسطوانة مملوءة بالرمل السيليكوني الذي يساعد على إطفاء القوس الكهربائي الناتج من انصهار العنصر. وتغطي بعض مساوئ المصهرات القابلة للتسليك وهو تاكسد عنصر المصهر، وتستخدم في دوائر الجهد الواطئ.

المحاسن:

١- إمكانية استبدال عنصر الفيوز.

٢- عنصر المصهر غير قابل للتاكسد.

٣- سرعة إطفاء القوس الكهربائي بسبب وجود الرمل السيليكوني.

المساوئ او العيوب:

لا تستخدم في حماية المحركات الكهربائية.

الفيوزات ذات سعة القطع العالية (H.R.C):

تتكون من أسطوانة او مكعب من الخزف الجيد وبداخلها عنصر الفيوز والذي يتكون عبارة عن سلك رفيع او رقيق من الفضة الخالص، وتمتلئ الأسطوانة بالرمل السيليكوني، يتحمل هذا النوع تيارات قصر عالية ويكون في الغالب مزود بمبين للعطل.

تستخدم في حماية محولات القدرة الكهربائية من تيارات القصر العالية.

فيوزات (aM):

تتكون من أسطوانة او مكعب من الخزف وبداخلها عنصر الفيوز مع وجود الرمل السيليكوني وفي الغالب تحتوي على مبين للعطل وتستخدم في الاحمال الصناعية (مثل المحركات الكهربائية والمحولات الكهربائية) لحمايتها من دوائر القصر (S.C).

القيم القياسية لتيارات الفيوزات:

10 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 320 – 400 – 630 – 800 – 1000 – 1250 A

حساب التيار المقنن للفيوز:

١- يتم اولاً حساب تيار الحمل (IL).

٢- يتم حساب تيار الفيوز (IF) من العلاقة:

$$I_F = 1.25 * I_L$$

٣- اذا لم يكن (IF) المحسوب من المعادلة أعلاه ضمن القيم القياسية يتم اختيار فيوز ذا قيمة قياسية اعلى من المحسوبة.

قواطع الدورة الكهربائية Circuit Breaker (C.B):

تعتبر اهم أجهزة الحماية في المنظومة الكهربائية، الغرض منها هو السيطرة على القدرة الكهربائية وقطعها بصورة آالية في حالة مرور تيار عالي او تيار قصر، ويمكن إعادة القاطع الى العمل بعد زوال العطل.

يختلف القاطع عن الفيوز في عدم الحاجة الى تبديله في حالة حدوث العطل، يعمل القاطع كمصهر و كمفتاح في نفس الوقت.

تركيب القاطع الكهربائي:

١- الملامسات الثابتة: تصنع من مادة ذات موصلية عالية.

٢- الملامسات المتحركة: وتصنع من مادة ذات موصلية عالية، وتعمل على الوصل المباشر بين المصدر الكهربائي والحمل اثناء العمل.

٣- الجزء الميكانيكي: قلب حديدي يوضع حوله ملف مغناطيسي، وظيفته التحكم بحركة الملامسات المتحركة.

٤- الجزء الكهربائي: عبارة عن محرك كهربائي او ملف مغناطيسي، وظيفته إعطاء أوامر الفصل للجزء الميكانيكي.

٥- العازل بين الأقطاب: حاجز يمنع حدوث التماس بسبب الشرار الكهربائي ونوع العازل يعتمد على شدة التيار خلال القاطع.

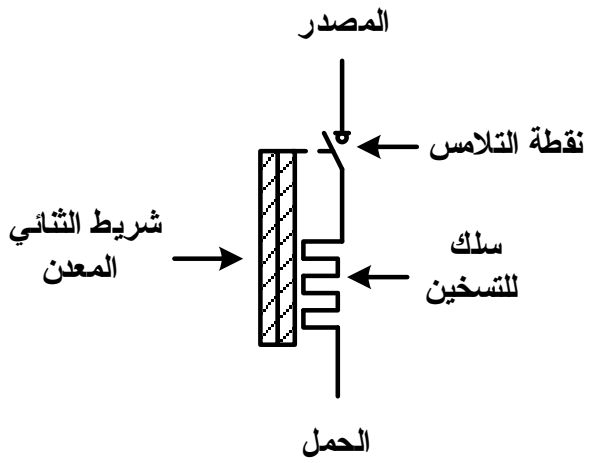
ملاحظة:

يجب ان تكون حركة التلامسات سريعة جدا اثناء الفصل والتوصيل لتقليل زمن تعرض التلامسات للشرارة الناتجة من غلق او فتح التلامسات لان الحرارة التي تولدها الشرارة ستعرض التلامسات للتلف.

أنواع قواطع الدورة الكهربائية اعتمادا على مبداء العمل:

١- قواطع دورة ذات الفصل الحراري Thermal over load:

تعتمد في عملها على التاثير الحراري للتيارات، يحتوي القاطع على عناصر حرارية ثنائية المعدن تربط على التوالي مع خطوط التغذية، تيار الحمل يمر خلال العناصر الحرارية، وعندما يزداد التيار عن حد معين بسبب زيادة الحمل او حدوث قصر تسخن العناصر الحرارية وتنحني باتجاه معين، هذا الانحناء يكون بسبب التمدد الحراري والذي يؤدي الى دفع عتلة صغيرة تعمل على تشغيل ميكانيكية الفصل للقاطع عندما يكون على وضع التشغيل ON.

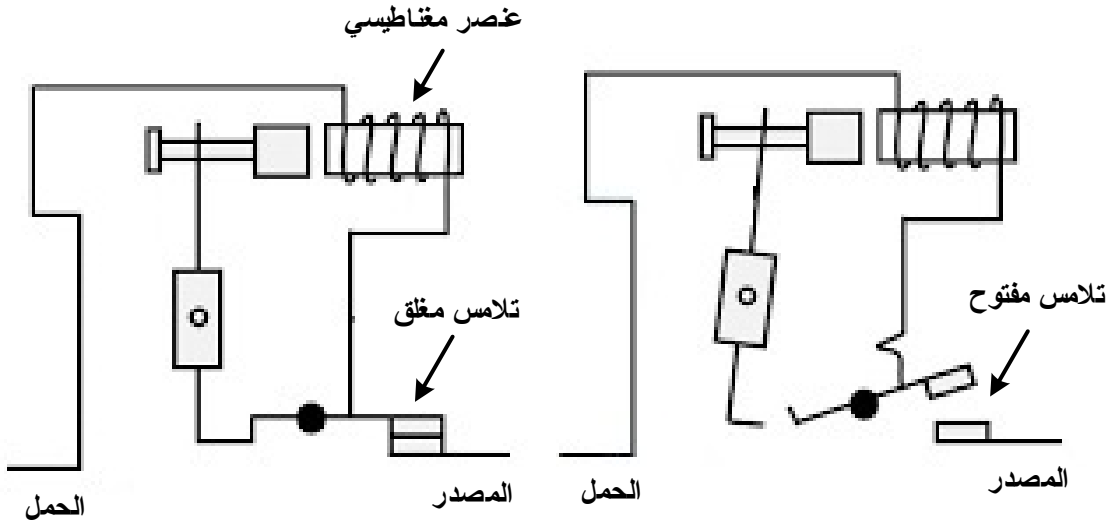


تستخدم قواطع الدورة ذات الفصل الحراري لحماية الأجهزة (المحركات) من زيادة التيار بسبب زيادة الحمل او انخفاض الجهد او حدوث قصر، ويتم معايرة القاطع على التيار المطلوب للمحرك.

٢- قواطع دورة ذات فصل مغناطيسي Magnetic Protection:

تعتمد في عملها على التاثير المغناطيسي للتيارات، حيث يتكون من قلب حديدي يوضع حوله ملف من سلك سميك وعدد قليل من اللفات يمر خلال هذا الملف تيار الحمل، مما يؤدي الى مغنطة القلب الحديدي الذي يعمل على جذب عتلة صغيرة بقوة عندما يتغلب قوة الجذب المغناطيسي على قوة النابض الذي يسيطر على العتلة الصغيرة والتي تعمل على تشغيل ميكانيكة الفصل للقاطع عندما يكون في وضع التشغيل ON.

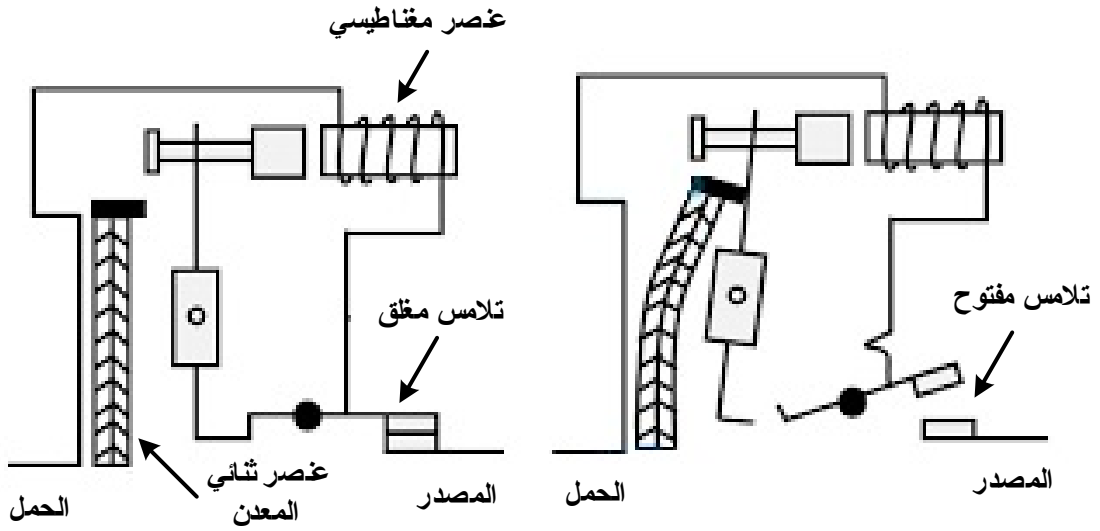
ويستخدم لحماية الأجهزة من زيادة الحمل او القصر (S.C).



(a) (b)

٣- قواطع دورة ذات الفصل الحراري المغناطيسي .Thermal magnetic C. B:

في هذا النوع من القواطع يوجد نظامي فصل، حراري من زيادة الحمل ومغناطيسي من دوائر القصر، ويتم معايرة نظامي الفصل عن طريق منظمات موجودة على واجهة القاطع.



مواصفات القواطع الكهربائية:

١- التيار المقنن Rated current (I_r):

اقصى قيمة للتيار يمر خلال القاطع باستمرار دون ان يؤدي مروره الى فصل القاطع، وهي قيم قياسية (A):

6 – 10 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 400 – 630 – 800 – 1000 – 1250 – 1600 – 2000 – 2500 – 3200 – 4000 – 5000 – 6300 (A)

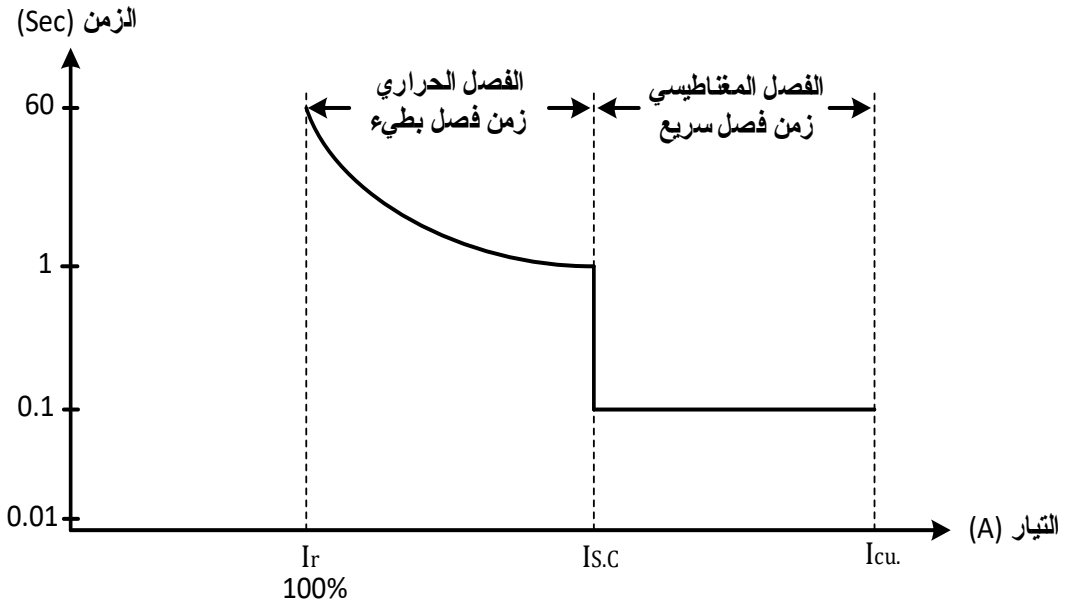
٢- تيار القصر ($I_{S.C}$) Shprt circuit current :

اقصى قيمة للتيار يمكن ان يتحمله القاطع دورن ان يحترق، وهي قيم عالية جداً، وزمنها قصير جداً لثوان معدودة.

واشهر القيم القياسية (kA) :

3 – 6 – 10 – 15 – 22 – 35 – 50 – 75 – 80 – 100 (kA)

مخطط عمل قواطع الدورة في دوائر الجهد المنخفض :



Ir = التيار المقنن للقاطع.

IC.S = تيار القصر للقاطع.

IC.U = اقصى تيار قصر للقاطع.

مميزات قواطع الدورة الكهربائية المستخدمة في الجهد الواطئ:

١- زمن فصل قصير جداً عند حدوث العطل.

٢- تفتح جميع الأقطاب عند حدوث العطل.

٣- يمكن اعادتها الى العمل بعد زوال العطل.

٤- يمكن استخدامها كمفتاح سيطرة للدائرة (مفتاح رئيسي).

٥- يعطي بيان واضح بأن الدائرة قد قطعت.

تصنيف قواطع الدورة الكهربائية المستخدمة في الجهد الواطئ

تصنف قواطع الدورة الهوائية المستخدمة في الجهد الواطئ الى ثلاث أنواع رئيسية:

١- قواطع الدورة المنمنمة Miniature C.B (MCB) :

تصنع قواطع MCB بعدة اقطاب حيث يوجد (١ و ٢ و ٣ و ٤) اقطاب مع سعة قطع تصل الى (10 kA)، وتيار مقنن يتراوح من (A 125 – 10) بقيم قياسية، كما في الجدول رقم ١.

وتستخدم في حماية دوائر الإضاءة والتوزيع الثانوي ودوائر السيطرة.

٢- قواطع الدورة المصبوبة Moulded case C.B (MCCB) :

تصنع قواطع MCCB بثلاثة او أربعة اقطاب مع وجود يده مشتركة واحد لعمل القاطع، مع سعة قطع عالية تصل الى (50 kA) وتيار مقنن يتراوح بين (A 1600 – 16)، كما في الجدول رقم ١.

وتستخدم في دوائر الحماية للمحركات والمحولات الثانوية، منظومة توزيع الانارة والمفاتيح السعوية.

٣- قواطع الدورة الهوائية Air C.B (ACB) :

تصنع قواطع (ACB) بتيار مقنن يتراوح (A 6300 – 630) مع سعة قطع عالية تصل الى (100 kA) وتعمل في دوائر الجهد المنخفض.

جهد العمل لقواطع الدورة الكهربائية:

- **جهد منخفض : (احادي الطور** (1-ph / 220 V) **او ثلاثي الطور** (3-ph / 380 V) **)**
  - MCB , MCCB , ACB
- **جهد متوسط : (ثلاثي الطور** (3-ph / 3.3 kV – 6.6 kV – 11 kV – 22 kV)
  - **مفرغ** SF6 – Vacuum
- **جهد عالي : (ثلاثي الطور** (3-ph / 132 kV – 220 kV – 500 kV)

Oil **زيتي** – SF6

عامل الأمان Safety factor **:**

- E.C (25% Overload) **(يستخدم في الفيوزات وقواطع الدورة)**
- IEC (20% Overload)
- NEC (10% Overload)

كيفية اختيار نوع وتيار قاطع الدورة:

١- يتم حساب التيار المقنن للحمل (I_L) من العلاقات التالية:

في الدوائر ذات الاحمال الثلاثية الطور $I_L = 1.5 * S\ (kVA)$

IL = تيار الحمل، S = القدرة الظاهرية للحمل بوحدة (kVA)**.**

في دوائر ذات الاحمال الأحادية الطور $I = 4.5 * S\ (kVA)$

٢- يتم حساب تيار القاطع من العلاقة التالية :

$$IC.B = S.F * IL = 1.25 * IL$$

IC.B = تيار القاطع، S.F = معامل الأمان.

٣- اذا لم يكن تيار القاطع من القيم القياسية للقواطع فيتم اختيار القيمة القياسية من الجدول رقم ١ وكذلك نوع القاطع.

تيار المقنن لقواطع الدورة \ الجهد المنخفض																							
C.B A	٢٣٠٠	٥٠٠٠	٤٠٠٠	٣٢٠٠	٢٥٠٠	٢٠٠٠	١٦٠٠	١٢٥٠	١٠٠٠	٨٠٠	٦٣٠	٥٠٠	٤٠٠	٣١٥	٢٥٠	٢٠٠	١٦٠	١٢٥	١٠٠	٨٠	٦٣	٥٠	٤٠	٣٢	٢٥	٢٠	١٦	١٠
	ACB										MCB																	
	MCCB																											

جدول رقم ١.

تصنيف قواطع الدورة الكهربائية المستخدمة في الجهد المتوسط والعالي:

تصنف قواطع الدورة المستخدمة في الجهد المتوسط والعالي حسب نوع الوسط المستخدمة في إزالة القوس الكهربائي وهي:

١- قواطع الدورة الزيتية Oil C.B **:**

حيث يستخدم الزيت كوسط لإزالة القوس الكهربائي.

٢- قواطع الدورة الهوائية (بدفع الهواء) Air Blast C.B **:**

حيث يستخدم الهواء المضغوط ضغطا عاليا لإزالة القوس الكهربائي.

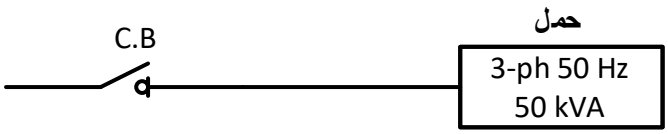
٣- قواطع الدورة ذات سادس فلوريد الكبريت Sulpher Hexa Fluorid C.B (SF6) **:**

حيث يستخدم غاز SF6 **كوسط لإزالة القوس الكهربائي.**

٤- قواطع الدورة المفرغة Vacuum C.B **:**

حيث يستخدم الفراغ كوسط لإزالة القوس الكهربائي.

مثال : احسب تيار القاطع والقاطع المناسب للحمل ادناه؟



$I_L = 1.5 * 5\ (kVA) = 1.5 * 50 = 75\ A$

$I_{C.B} = S.F * I_L = 1.25 * 75 = 94\ A$

من الجدول رقم ١ لا يوجد قاطع دورة بتيار 94 A **، ولكن يوجد (٨٠ و ١٠٠) فيتم اختيار قاطع دورة: (**ICB = 100**) ويكون اما** MCB **او** MCCB**.**

مثال ٢ : احسب تيار القاطع المناسب للحمل ادناه :

الحمل ثلاثي الطور قدرته 140 kVA **؟**

$I_L = 1.5 * S\ (kVA) = 1.5 * 140 = 210\ A$

$I_{C.B} = S.F * I_L = 1.25 * 210 = 262.5\ A$

من القيم القياسية : $250 \longleftarrow 262.5 \longrightarrow 400$

فنختار قاطع دورة (250 A) **لانه قريب من** (٢٥٠) **ويكون** MCCB**.**

مثال ٣: احسب تيار القاطع والقاطع المناسب لحمل ثلاثي الاطوار قدرته (160 kVA) **:**

$I_L = 1.5 * S = 1.5 * 160 = 240\ A$

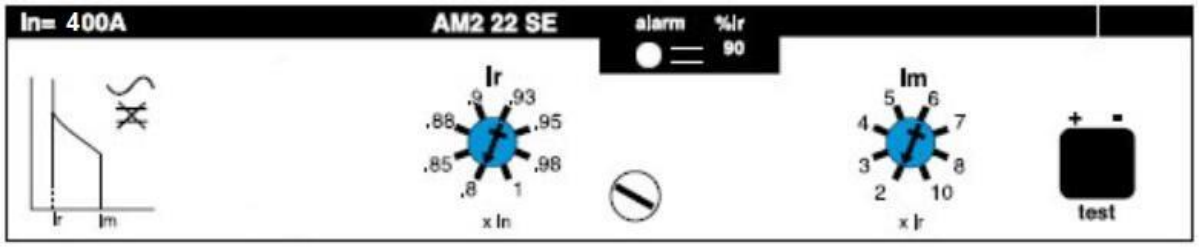
$I_{C.B} = S.F * I_L = 1.25 * 240 = 300\ A$

من القيم القياسية : $250 \longleftarrow 300 \longrightarrow 400$

نختار قاطع دورة MCCB **قابل للتنظيم ذو تيار** (400 A) **حيث يتم وضع مؤشرا لتيار المقنن** (I_r) **على الرقم** 0.75 **فيكون تيار القاطع** ($I_{C.B} = 400 * 0.75 = 300\ A$).

قواطع الدورة القابلة للتنظيم Adjustable C.B**:**

قواطع الدورة القابلة للتنظيم يستخدم فيها منظمات لتيار الحماية الحرارية وتيار الحماية المغناطيسية.



شكل يبين منظمات قواطع الدورة

I_n = اقصى تيار.

I_r = تيار الفصل الحراري (في حالة زيادة الحمل).

I_m = تيار الفصل المغناطيسي (في حالة القصر).

فمثلا قاطع دورة 400 A **يعني ان I_n =** 400 A

يمكن تنظيم تيار الفصل الحراري I_r بعدة قيم فعند وضع المؤشر I_r على الرقم (0.7**) فان I_r**

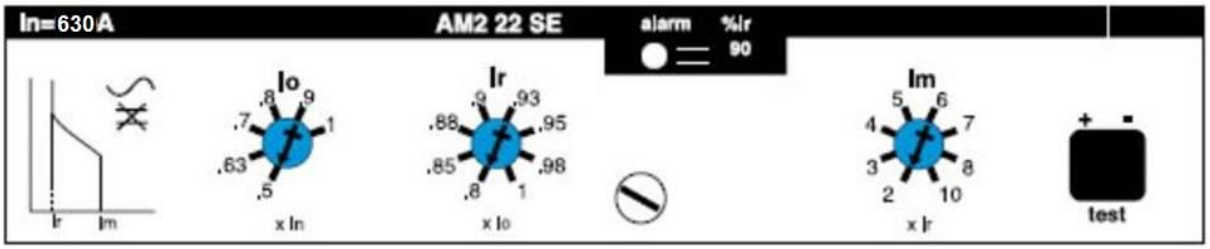
$$I_r = 0.7 * I_n = 0.7 * 400 = 280\ A$$

حيث يمكن تنظيم الفصل الحراري I_r من (400 A – 160**).**

ويمكن تنظيم تيار الفصل المغناطيسي I_m بعدة قيم، فعند وضع المؤشر I_m على الرقم ٨ مثلا فان قيمة I_m:

$$I_m = 8 * I_r = 8 * 280 = 2240\ A = 2.24\ kA$$

بعض القواطع تحتوي على تدريج ثالث يرمز له I_o وهذا التدرج وظيفته انه يعطي مساحة اكبر لاختيار قيمة تيار الفصل الحراري I_r، فعلى سبيل المثال التيار التشغيلي المقنن لقاطع هو ($I_n = 630\ A$)، يمكن تنظيم التيار I_r من: (630 A – 255**).**



مثال : $I_n = 630\ A$

I_o	.5	.63	.7	.8	.9	١

$$I_o = 0.8 * I_n = 0.8 * 630 = 504\ A$$

I_r	.8	.85	.88	.9	.93	.95	.98	١

$I_r = 0.9 * I_o = 0.9 * 504 = 454\ A$

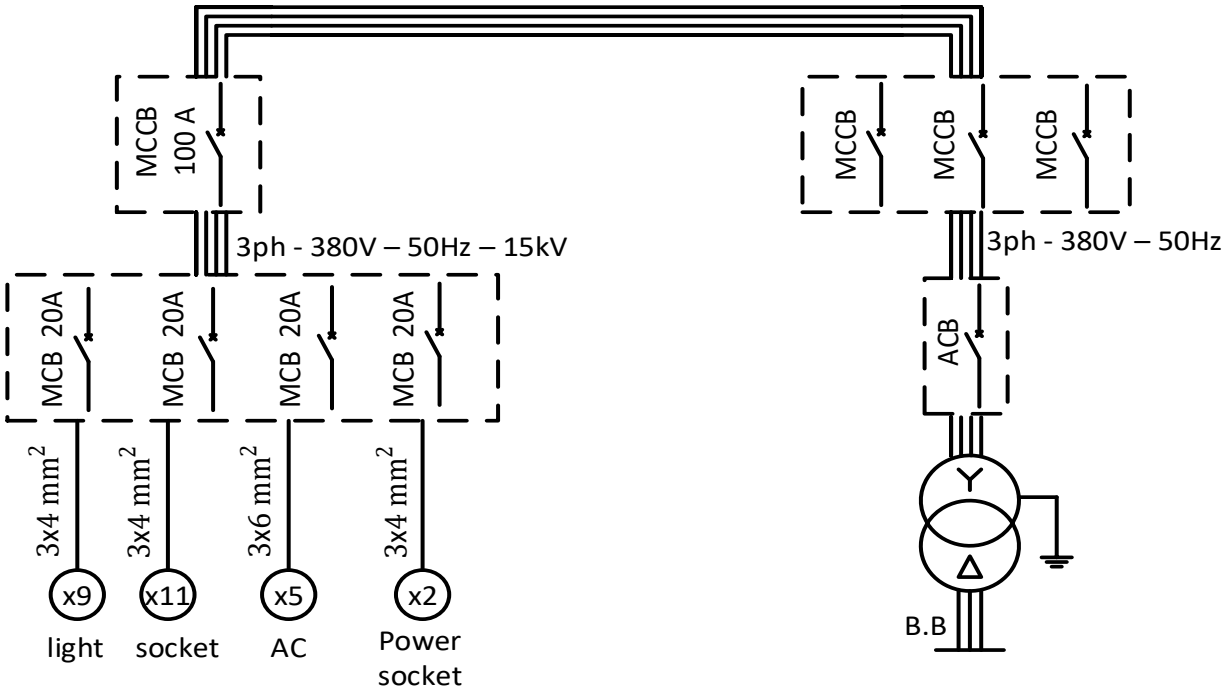
I_m	2	3	4	5	6	8	10

$I_m = 5 * I_r = 5 * 454 = 2270\ A = 2.27\ kA$

فعند وضع الموشر I_o **على** 0.8 **والموشر** I_r **على** 0.9 **يصبح تيار الفصل الحراري** 454 A **.**

وعند وضع المؤشر I_m **على** 5 **يصبح تيار الفصل المغناطيسي** 2.27 kA **.**

مخطط كيفية اختيار نوع قاطع الدورة \ الجهد الواطئ



حيث نرى كيفية استخدام القواطع ومكان كل قاطع في المخطط، وفيه كلما زاد تيار القاطع زاد زمن الفصل، ويكون زمن الفصل للقواطع كما يلي:

MCB - **زمن الفصل** $\longrightarrow$ *3 msec*

MCCB - **زمن الفصل** $\longrightarrow$ *9 msec*

ACB - **زمن الفصل** $\longrightarrow$ *30 msec*