وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني العمارة
قسم التقنيات الكهربائية

الحقيبة التدريسية لمادة

تطبيقات التاسيسات الكهربائية /٢

الصف الاول

تدريسي المادة
م .م فاطمة ياسين عبد الله

الفصل الدراسي الثاني

اسم المادة	لغة التدريس	السنة الاولى/ الفصل الثاني	الساعات الاسبوعية			الوحدات
			ن	ع	م	
تطبيقات التأسيسات الكهربائية Electrical Installation application	العربية		٢	٢	٤	٤

الهدف العام: تعريف الطالب على نظم التأسيسات الكهربائية المختلفة.
الهدف الخاص: سيكون الطالب قادرا على التعرف على المواد الكهربائية ونظم التسليك المستخدمة في المعامل والمنازل وتأسيس ونصب المكائن الكهربائية وطرق السيطرة والحماية للأحمال المختلفة بالتأسيس.

المفردات النظرية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
الأول	**مانعة الصواعق Lighting Rod** – **الصاعقة ، أهمية مانعة الصواعق ، مكونات مانعة الصواعق** – **الأمور المهمة عند تصميم مانعة الصواعق المعدات والهياكل التي يجب حمايتها من الصواعق**
الثاني	**الصدمة الكهربائية** – **تعريفها وأسبابها وعلاقة كمية فرق الجهد والتيار بالصدمة ومسار التيار وشدة التيار المار بالجسم ، زمن مرور التيار، أسباب الصدمة الكهربائية** – **القواعد العامة للسلامة من الصدمة وإجراءات بعد الصدمة** – **العوامل التي يعتمد عليها تأثير التيار الكهربي في الجسم** – **الإجراءات الوقائية التي يمكن اتخاذها للحماية من المخاطر الكهربائية**
الثالث	الحماية من تيار التسرب الرضي – قاطع التيار ضد التسرب الأرضي Earth leakage current circuit breaker – قاطع الجهد ضد التسرب الأرضيEarth leakage voltage circuit breaker – أماكن تركيب قواطع الحماية ضد التسرب الرضي:(ElCB) ، تحديد سعة القاطع حسب الحمل
الرابع	جهاز قياس الطاقة الكهربائية الأحادي الطور والثلاثي الأطوار Single and three phase kwh (meter) – نظرية العمل والربط (التسليك) والتثبيت وكيفية القراءة، تركيب العداد – وسائل الضبط للعداد عند الأخطاء (السرعة – الزحف – التحميل الخفيف) – العداد الذكي – مكوناته وطريقة ربطه وقراءته
الخامس	فحص واختبار التأسيسات الكهربائية المنفذة المنزلية والصناعية – فحص التحقيق عن القطبية ، اختبار مقاومة العزل ، اختبار استمرارية الدائرة الحلقية – كيفية إيجاد الخطأ في الكابلات المغذية للتأسيسات الكهربائية (القطع – التماس – بأنواعه) – تحديد مكان العطل الأرضي في الموصلات باستخدام حلقة موري
السادس	دوائر التنبيه والإنذار – مكونات الدائرة (الأجراس) المفاتيح الضاغطة – كاشفات الحرارة واللهب والدخان،

	المبينات، مصدر التغذية، موصلات وقابلوات التوصيل ومواصفاتها
السابع	أجهزة الإنذار والحماية (المفتوحة – المغلقة) ضد الحريق والسرقة – أنظمة المراقبة الداخلية والخارجية (الكاميرات) ، أنظمة إنذار وكشف الحريق • تطبيقات الإضاءة الليزرية - الإضاءة بالألياف الضوئية • أنظمة الإضاءة بالصوت
الثامن	– نظام الاستدعاء المستخدم في الفنادق والمطاعم والمستشفيات – نظام الاتصال الداخلي - نظام الإشارة في الدوائر والمستشفيات
التاسع	محركات التيار المستمر DC Motors – التركيب – نظرية العمل – التصنيف - تطبيقات محرك التيار المستمر – كيفية التسليك وأمثلة رياضية محلولة
العاشر	محركات التيار المتناوب AC Motors – محرك أحادي الطور (التركيب – نظرية العمل – الأنواع) Single phase induction motor – محرك ثلاثي الطور (التركيب – نظرية العمل – الأنواع Three phase induction motor
الحادي عشر	دوائر القدرة ودوائر السيطرة power circuit and control circuit – المفاتيح المستخدمة في دوائر السيطرة – المفاتيح الضاغطة push button – المفاتيح الدوارة (ON-OFF) (Rev-ON-OFF) مفتاح دوار ستار دلتا (Y-Δ) – دائرة قدرة ودائرة سيطرة لتشغيل محرك أحادي الطور ومحرك ثلاثي الطور
الثاني عشر	– اللواقط الهوائية (المشغلات) Contactor التركيب – نظرية العمل – جهد التشغيل – دوائر السيطرة على عمل اللاقط (Contactor) ، أنواع اللواقط المعلومات المكتوبة على اللاقط هي جهد الملف ، جهد الأقطاب ، تيار أو قدرة الأقطاب وزمن التشغيل – شرح دائرة تشغيل جهاز وفصله (ON-OFF) باستخدام مفتاح ضاغط push button واحد ولاقط
الثالث عشر	– المتابع الحراري ضد زيادة التيار (التركيب – نظرية العمل – ضبط مقنن التيار – الاستخدامات) – **الحماية بنظام زيادة التيار الزمني العكسي Inverse – Time Over current Relaying** - مثال محلول
الرابع عشر	المتابع الوقتي TIMER – أنواعه (ميكانيكي – الكتروني- المبرمج) – نظرية العمل – ضبط الوقت – المتابعات ذات الجهد المنخفض – أنواع المتابع الوقتي من حيث الوظيفة - أنواع المتابع الوقتي من حيث التركيب – تطبيقاته في دوائر التأسيسات الكهربائية
الخامس عشر	**التفتيش والاختبار للتأسيسات الكهربائية Testing and inspection of Installation** – **أجهزة الاختبار** **الاوميتر (مقياس المقاومة) ، منظومة الجرس أو المصابيح بالبطارية ، جهاز الميكر ، جهاز اختبار الأرضي** – **أنواع الاختبار** **اختبار القطبية ، اختبار جودة منظومة الأرضي ، اختبار مقاومة عازل الأسلاك ، اختبار استمرارية الدائرة الخلفية**

الخواص الكهربائيةٌ للمواد

إن الصفات الكهربائيةٌ للمواد تٌحكم بها التركيبٌ الذري للمادة، وبما أن المواد تتكون من ذرات ولكل ذرة نواة تدٌور حولها مجموعة من الإلكترونات السالبة الشحنة فَي مدارات متعددة. المدار مشبع بعدد معينٌ من الإلكترونات، واعتمادا على الإلكترونات في المدارات الخارجيةٌ لذرات المواد، يمكن أن تصنف المواد الى:

1- مواد موصلة.
2- مواد شبه موصلة.
3- مواد عازلة.

المواد الموصلة وشبه الموصلة تكون مدارات ذراتها الخارجيةٌ غيرمشبعة بالعدد الكامل من الإلكترونات. والمواد العازلة تكون مدارات ذراتها الخارجيةٌ مشبعة بالعدد الكامل من الإلكترونات.

المواد الموصلة: هَي المواد التي تكون مقاومتها قليلٌة جدا لمرور التيار الكهربائئي خلالها.

المواد العازلة: هَي المواد التَي لها مقاومة عاليةٌ جداً لمرور التاٌر الكهربائَي خلالها.

كل مادة في الطبيعٌة لها مقاومة نوعيةٌ يرمز لها بالحرف (ρ) وتماس بوحدة ($\Omega \cdot mm^2/m$) أو ($\mu \cdot \Omega \cdot m$).

فمثلا المقاومة النوعيةٌ للمواد الموصلة التاليةٌ فَي درجة حرارة (20^0 C) هي:

المادة	المماومة النوعةٌ
الفضة	**0.0165** $(\mu.\Omega.m)$
النحاس	**0.0175** $(\mu.\Omega.m)$
الألمنوّم	**0.029** $(\mu.\Omega.m)$

حيثٌ تعتبر المواد أعلاه من اهم المواد الفلزيةٌ المستخدمة فَي مجال التوصيلٌات الكهربائيةٌ.

ويعتبر النحاس والألمنيوّم من اهم المواد الفلزيةٌ المستخدمة فَي صناعة الأسلاك والكابلات الكهربائيةٌ.
ومن الجدول أعلاه نلاحظ بان المقاومة النوعيةٌ للألمنيوّم أكبر من المقاومة النوعيةٌ للنحاس بمقدار (65%) من مقاومة النحاس أو (1.65 مرة) بمقدار مقاومة النحاس.

حساب مقاومة الموصلات الكهربائيةٌ:

يمّكن حساب مقاومة الموصلات *(R)* من العلاقة الريٌاضيةٌ التاليةٌ:

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

حيثٌ أن:

***L* = طول الموصل *(m)*.**

***A* = مساحة مقطع العرضي للموصل (*mm^2*).**

نلاحظ انه كلما زاد طول الموصل *(L)* زادت مقاومة الموصل لان المقاومة تتناسب طردياً مع طول الموصل. بينٌما تقل مقاومة الموصل إذا زادت مساحة مقطعه *(A)* لان المقاومة تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع.

ثابت التناسب فٌي المعادلة (1) هٌو المقاومة النوعيةٌ للمادة المراد إيجٌاد مقاومتها *(ρ)*.

$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} * \frac{m}{mm^2} = \Omega$$

استبدال موصلات النحاس بموصلات الألمنيوٌم وبالعكس:

1- إذا كان لدينٌا سلكينٌ أحدهما نحاس والأخر الألمنيوٌم لهما نفس الطول ونفس المقاومة الكهربائيةٌ، فان مساحة مقطع سلك الألمنيوٌم تكون أكبر من مساحة سلك النحاس بمقدار (65%)

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

A_{Al} = مساحة مقطع سلك الألمنيوٌم.

A_{Cu} = مساحة مقطع سلك النحاس.

2- إذا كان لدينٌا سلكينٌ من النحاس والألمنيوٌم لهما نفس الطول ومساحة المقطع فان المقاومة الكهربائيةٌ لسلك الألمنيوٌم تكون أكبر من المقاومة الكهربائيةٌ لسلك النحاس بممدار .*(65%)*

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

R_{Al} = مقاومة مقطع سلك الألمنيوٌم.

R_{Cu} = مقاومة مقطع سلك النحاس.

مثال 1:

سلكينٌ من النحاس والألمنيوّم لهما نفس الطول ونفس المقاومة الكهربائيةٌ، فاذا كانت مساحة مقطع سلك النحاس $(mm^2 10)$**، أوجد مساحة مقطع سلك الألمنيوّم؟**

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

أو مساحة مقطع سلك الألمنيوّم المقاّسةٌ هَي $(16\, mm^2)$**.**

مثال 2:

سلكينٌ من النحاس والألمنيوّم لهما نفس الطول ومساحة المقطع، وكانت مقاومة سلك الألمنيوّم (13Ω)
احسب مقاومة سلك النحاس؟

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

مشاكل أسلاك الألمنيوّم:

1- **من المشاكل التَّي تعاني منها أسلاك الألمنيوّم عند تعرضّها للهواء تتكون على محيطُّها الخارجَي طبقة من أوكسيدٌ الألمنيوّم، والذي تكون مقاومته عاليةٌ مما يسبب مشاكل عند ربط أسلاك الألمنيوّم مع بعضها بالجذل، حيثٌ تصبح نقطة الربط ذات توصيلٌ رديء، مما يؤدي الى ارتفاع حرارة نقطة الربط، لذا يجب تنظيف أطراف أسلاك الألمنيوّم بالصقل قبل ربطها مع بعضها.**
2- **إن توصيلٌ أسلاك الألمنيوّم مع أسلاك النحاس يؤدي الى تفاعلات كيميائية تؤدي الى حدوث ما يسمى بالخلايا المكلفنة والتَّي تسبب تأكل المواد ومن ثم رخاوة فَي التوصيلٌ وارتفاع حرارة نقطة الربط، ولمعالجة ظاهرة التأكل يتم طلاء اطراف الأسلاك بالقصديرٌ أو الكروم قبل ربطها مع بعضها.**

الأحجام المناسبةٌ للموصلات:

يقُّصد بالأحجام المناسبةٌ للموصلات هَي مساحة مقطع الموصلات حيثٌ تصنع الموصلات بمساحات مقاطع اساسيةٌ وهَي كالتالي:

1 - 1.5 - 2.5 – 4 -6 – 10 – 16 – 25 – 35 – 50 – 70 – 95 – 120 – 150 – 185 – 240 – 300 – 400 – 500 - (mm²).

تصنع الأسلاك أو قلوب الكابلات الموصلة بطريقتينٌ:

1- **موصلات مصمتة *(Solid conductor)*:**
وتكون عبارة عن سلك واحد من النحاس أو الألمنيوّم معزول بمادة عازلة، وتكون أحجامها صغيرٌة لا تتجاوز $10\, mm^2$ **أو** $16\, mm^2$ **على الأكثر، وتكون مرونتها قليلة.**
2- **موصلات مجدولة *(Stranded conductor)*:**

وتكون عبارة عن مجموعة أسلاك دائريةٌ صغيرّة ملتويةٌ على بعضها فَي طبقات متمركزة، وتكون ذات مرونة عاليةٌ وتصنع بجميعّ الأحجام المنأسبةٌ، يكون ترتيبّ الأسلاك بسلك مركزي محاط بطبقات متتاليةٌ من أسلاك وكل طبقة تزيدٌ عن سابقتها بمقدار (6)، أي أن عدد الأسلاك فَي الطبقة الأولى تكون (6) وفَي الثانةٌ (12) وفَي الثالثة (18) ...

كيفِّيةٌ التعرف على أحجام الموصلات:

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

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

أحجام الكابلات:

يتم معرفة أحجام كابلات الموصلات الكهربائيةٌ عن طريقة معرفة (عدد الموصلات * مساحة ممطع الموصلات) مثل:

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

*3*50* **– كابل ثلاثَّي القلوب، وكل موصل مساحة مقطعه** *50 mm^2*.

*4*35 mm^2* **– كابل رباعَّي القلوب، وكل موصل مساحة مقطعه** *35 mm^2*.

*3*95 + 1*50 mm^2* **– كابل رباعَّي القلوب، وفيةٌ 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 خماسَّي وفيةٌ ثلاث موصلات مساحة كل منها** *120 mm^2*، **والموصل الرابع مساحة مقطعه** *(70 mm^2)* **يستخدم لخط التعادل، والموصل الخامس يستخدم للتأريضّ.**

أشكال الأسلاك فَي القوى الكهربائيةٌ:

تصنع الموصلات عادة بشكل دائري فَي الأحجام الصغيرّة، حيث يكون الموصل عبارة عن سلك واحد أو مجموعة أسلاك دائريةٌ صغيرّة.

اما فَي الموصلات ذات الأحجام الكبيرّة، يكون الموصل عبارة عن مجموعة اسلاك بيضوية الشكل حيثٌ يتم ضغط الموصلات الدائريةٌ فتصبح بشكل بيضّوي وذلك لتقللّ الفراغات بينّ الاسلاك وتسمى موصلات مضغوطة او موصل مشكل *(compact)*.

قياس احجام الاسلاك

1- **تقاس مساحة مقطع الموصلات بوحدة** *(mm^2)*، **فَي جمعّ دول العالم تقريبيا.**
2- **القيأس الأمريكّيَ للسلك *(AWG)*: حيثٌ تستخدم أداة خاصة لتعيينّ رقم يدل على مساحة مقطع الموصل، والذي يبدأ من *(20 AWG)* وينتهَي برقم *(0000)* وهو اكبر مقطع فَي المقيأس.**

3- الملي الدائري *(Circular mil)*:

وهو وحدة مساحة تساوي مساحة دائرة قطرها مل واحد من *(one mil)*، والملي يساوي *0.001* البوصة أي *0.0254* ملً متر.

العوازل الكهربائيةٌ لكابلات القوى:

من اهم المواد المستعملة لعزل موصلات كابلات القوى هًي:

1. **عازل الورق المشبع *Paper Insulation*.**
2. **المواد البولًمرًية *Polymeric Insulation materials*.**
3. **المطاط *Rubber Insulation materials*.**
4. **الكتان المورنش *Varnish-cambric Insulation*.**
5. **الاسبستوس *Asbestos Insulation materials*.**

عازل الورق المشبع:

يتميز عازل الورق بان له عمر طويلٌ ويتٌحمل الاجهاد الكهربائًي بشكل كبيرٌ، يستٌخدم الورق على شكل شريطٌ ذو طبقتينٌ او ثلاث طبقات، بحيثٌ تتٌراوح سمك الورق الكلي للعازل ما بينٌ (*0.6 mm* الى *30 mm*) تبعا لجهد الكابل، يمتاز الورق بخواص كهربائيةٌ جيدٌة وهو فًي حالتة الجافة، الا ان طبعٌته المساميةٌ تجعلةٌ شديد الامتصاص للرطوبة، وللشوائب على هذه المشكلة يمر الورق بعد تجفيفٌه بمركب خاص من مشتقات البترول، ويضاف لها مواد رائجةٌ لزيادة اللزوجة.

العوازل البولمٌريةٌ (العوازل البلاستيكيةٌ):

المواد البولمٌريةٌ هيً مواد مستخرجة من الصناعات البتروكيمياوية ويطلق اسم البولمٌريةٌ على الأنواع المختلفة من اللدائن البولمٌري والمطاط الصناعًي.

تنقسم لدائن البولمٌر الى نوعينٌ:

1. **اللدائن الحراريةٌ *(Thermoplastics)*: وهيً أنواع من اللدائن تلينٌ بالحرارة وتصلد بالبرودة.**
2. **الجوامد الحراريةٌ *(Thermosets)*: وهًي اللدائن التًي لا تلينٌ بالحرارة حتى تصل الى درجة حرارة تحللها.**

ممٌكن صناعياً تحولٌ العديدٌ من اللدائن الحراريةٌ الى جوامد حراريةٌ وذلك باجراء معالجات خاصة عليهٌا تسمى التشابكٌية *(crosslinking)*.

أهم اللدائن الحراريةٌ فًي صناعة الكابلات:

1. **بولً فنيٌالٌ كلوريدٌ *Polyvinyl chloride (PVC)*: تتحمل حرارة تصل الى *70^0 C*.**
2. **بولًي اثيلٌينٌ منخفض الكثافة *Low density polyethylene (LDPE)*: تتحمل حرارة تصل الى *70^0 C*.**

3- بولَي أثيلِّينٌ مرتفع الكثافة ***(High density polyethylene (HDPE)***: تتحمل حرارة تصل الى $C\ 80^0$.

4- بولَي بروبلِّنٌ ***(Polypropylene (PP)***: تتحمل حرارة تصل الى $C\ 80^0$.

5- مطاط الاثيلِّينٌ بروبلِّنٌ ***(Ethylene propylene rubber (EPR)***: تتحمل حرارة تصل الى $C\ 60^0$.

اهم الجوامد الحرارية:

1- المطاط السيليكُّونَي ***(Silicone Rubber (SR)***: تتحمل حرارة تصل الى $C\ 150^0$.

2- مطاط الاثِّيلِيّن بروبّان الناشئ ***(Hard Ethylene Propylene Rubber (HEPR)***:
تتحمل حرارة تصل الى $C\ 90^0$.

3- البولَي اثيلين التشابكَ ***(Cross Linked Polyethylene (XLPE)***: تتحمل حرارة تصل الى $C\ 90^0$.

المطاط (VRI) Vulcanized Rubber Insulation:

وهو عبارة عن مطاط مع الكبريتٌ، تكون مرنة ولها مقاومة ضد الماء اما مقاومتها الميكّانيكّيةٌ فتعتمد على كميةٌ الكبريتٌ المضافة، واعلى درجة حرارة يتحملها العازل $C\ 65^0$، ونلاحظ ان الكبريتٌ المضاف تُفاعل مع النحاس فَي الموصل مسببا أوكسيدٌ النحاس الأسود، لذا فان هذا العازل يستخدم مع موصلات النحاس المطليةٌ بالزنك.

اما المطاط السلِّيكُّونيَ ***(SRI)*** فانه يتحمل ويقاوم درجات الحرارة الأعلى من $C\ 85^0$، لذا فانه يستخدم فَي المصابيحٌ المعلقة حيثٌ ترتفع درجة الحرارة بداخلها.

الكتان المورنش:

فَي الواقع عبارة عن نسيجٌ قطنَي على شكل شريطٌ يلف لولبياً على الموصل بعد تشبيع جانبيةٌ بمادة الورنيشٌ العازلة.

يمتاز بمرونة عاليةٌ أعلى من العوازل الورقيةٌ الا أنها اقل من المطاط، وله مقاومة جيدّة ضد الرطوبة، لذا فانه يستعمل فَي بعض الأحيانٌ بدون غطاء خارجَي.

الاسبستوس:

مادة عازلة تعتبر من المواد التَّي لها مقاومة عاليةٌ للحرارة، ولا يعمل على جهد أعلى من $(8\ kV)$ نظراً لضعف خواصه الكهربائيةٌ يستخدم كعازل بشكل الأٌ وتشبع تلك الالأٌ بمادة مقاومة للحرارة.

الغلاف المعدني Metallic Sheathing:

يعتبر الغلاف المعدنَي ضروري فَي الكابلات الارضية، حيثٌ يزود الكابل بحمايةٌ ميكّانيكّيةٌ، كما يمنع دخول الماء اليةٌ، ويكون الغلاف المعدنَي اما من : 1- الرصاص 2- الألمنيوّم.

يتّميزٌ الرصاص بسهولة الصنع ومقااومته للتأكل، الا ان خواصه الميكّانيكيّةٌ ضعيفّة، مع مرونة عاليةٌ.

اما الألمنيوّم فهو أقوى من الرصاص ،الا ان عمليات ثنَ الكابل تكون صعبة، وتتّم معالجة الألمنيوّم باستخدام غلاف المنيوّم معرج.

ومّمكن تأريضّ الكابلات ذات الغلاف المعدنَي عن طريق الغلاف المعدنَي.

الحمايةٌ الخارجيةٌ Over Sheath:

هَي طبقة من مادة عازلة لها خواص معينّة توضع فوق طبقة التسليحّ بحيثٌ تكون طبقة الحمايةٌ هَي أخر طبقة خارجيةٌ للكابل لحمايتّه من البيئّة والظروف والمواد المحيطّة به.

الحشو Filler:

تستخدم مادة الحشو فَي الكابلات متعددة القلوب، والهدف منها هو ملئ الفراغات بينّ الموصلات للحصول على تكونّ مصمت دائري الشكل.

المواد المستخدمة فَي الحشو هَي (الجوت، القطن، الاسبستوس، المطاط، والورق).

تركيبّ الكابلات:

المكونات الرئيسّية للكابل:

1- **قلب الكابل Core:**

موصل معدنَي مقاومته منخفضة (نحاس او المنيوّم)، ويكون اما مصمت او مجدول، وتعتمد مساحة مقطع الكابل على التيار المار فيهٌ، كلما زادت مساحة المقطع زاد تحمل الكابل لتيار.

ملاحظة: استخدام الموصلات المجدولة تزيد من السعة الامبيرّيةٌ للكابل الكهربائَي حيثٌ ان التيار يفضل المرور فَي المحيطٌ الخارجَي للموصل.

2- **غلاف الموصل Conductor Shield:**

طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة توضع حول القلب وذلك لملئ الفراغات بينّ الجدائل وتنظيمّ المجال الكهربائَي.

3- **العازل الرئيسي Dielectric:**

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

4- **الغلاف العازل Insulation Shield:**

طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة توضع حول العازل، تعمل على حمايةٌ الكابلات من المجالات الكهربائيةٌ.

5- **الغلاف المعدني Metallic Tape:**

غلاف معدنَي يستخدم للحمايةٌ الميكّانيكّيةٌ ومنع تسرب الماء او الرطوبة وخاصة فَي الكابلات الارضية، وكذلك أُرض الكابل من خلال الغلاف لتسربّ تيارات القصر، ومن اهم الاغلفة المعدنيةٌ:

- الرصاص: سهل الصنع ومقاومته عاليةٌ ضد التأكل، الا ان خواصه الميكّانيكّيةٌ ضعيفّة.
- الألمنيوّم: اقوى من الرصاص الا ان عمليات ثنَي الكابل تكون صعبة، وتُتم معالجة ذلك باستخدام غلاف المنيوّم متعرج.

6- المادة المالئة Filler:

طبقة مطاطيةٌ تحيطٌ بقلوب الكابلات وفائدتها:

- تعطَي له الشكل الدائري وتمنع تحرك الموصلات داخل الغلاف واحتكاكها مع بعضها.
- مُنع تسرب الرطوبة والماء الى داخل الكابل.

7- الغطاء الداخلي Inner Jacket: ويكّون عبارة عن غلاف من ال PVC.

8 -درع معدنَي أو طبقة التسليحٌ Armor:

عبارة عن غلاف معدنَي يعمل على زيأدة الحمايةٌ الميكّانيكيّةٌللكابل.

9- الغطاء الخارجَي Outer Jacket:

غلاف من مادة ال PVC على الاغلب، يعمل على حمايةٌ الكابل من الظروف البيئيّةٌ والمواد المحيطّة به.

ملاحظة:

المكونات أعلاه ليسّ من الضروري ان تكون جميعها موجودة فَي تريكبّ الكابل حيثٌ وجود قسم منها يعتمد على انتاج وجودة الكابل وعلى كلفة الإنتاج وطبعّة الاستخدام.

لذا مّمكن وصف اهم مكونات الكابل الكهربائَي وخاصة الكابلات الاعتيأديةٌ على انها:

1- الموصل 2- العازل 3- الحشوة 4- الغلاف الخارجَي.

عوامل اختيأر احجام الكابلات الكهربائيةٌ:

1- مساحة ممطع الموصل.

2- درجة الحرارة المحيطّة.

3- نوع الحمايةٌ.

4- البعد والقرب من الكابلات الأخرى.

5- هبوط الجهد.

تصنيف الكابلات الكهربائيةٌ

1- حسب جهد التشغيلٌ:

كلما زاد الجهد زاد تعمدٌ تركيبٌ الكابل، وذلك للحصول على درجة عزل عاليةٌ، 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.

سمك العازل $\propto$

2- حسب تردد العمل:

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

3- حسب مستوى العزل:

اهم أنواع العوازل المستخدمة فًي كابلات القوى الكهربائيةٌ هما:

- **عازل PVC.**
- **عازل XLPE.**

PVC: يستخدم فًي الكابلات الجهد المنخفض ويتٌميزٌ :

a) خواص كهربائيةٌ ممتازة عند جهود ودرجات الحرارة المنخفضة.

b) رخصٌ الثمن.

c) الإطفاء الذاتًي للهب.

d) مقاومة عاليةٌ للتاكل والتأينٌ ومقاومة عاليةٌ ضد الرطوبة والماء.

XLPE: يستخدم فًي كابلات الجهد المتوسط، وكذلك فًي الجهد المنخفض ويتٌميزٌ:

a) مقاومة عاليةٌ للرطوبة.

b) تحمل درجات الحرارة المرتفعة.

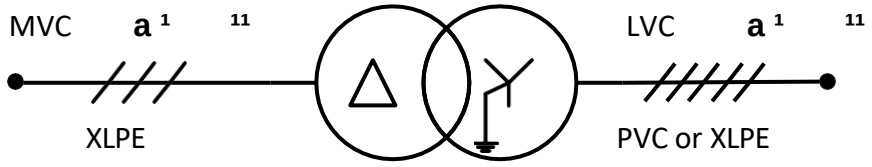
c) تحمل تيارات المصر والتحملٌ الزائد.

d) اصلد العوازل ولا يحتاج الى تسليحٌ فَي الغالب.

e) يجب تجنب تعرضه لانحناءات حادة.

ومن حثيٌ تحمل العوازل لدرجات الحرارة:

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



ملاحظة:

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

a) PVC : تيارات قليلة.

b) XLPE: تيارات عاليةٌ.

علماً بان الغلاف الخارجَي للكابل يكون من PVC.

4- حسب تسلحيٌ الكابلات Armored:

يكون تسليحٌ الكابلات بطريقّتينٌ:

a) تسلّيح بشرائط معدنّية (Steel Tape Armored (STA:

وتّتم بشرائط معدنيةٌ (نصف على نصف) تلف حول الكابل، ويسّتخدم فَي الكابلات الأرضيةٌ، وتعطي متانة ميكّانيكّيةٌ عاليةٌ لتحمل الضغوط والأوزان الثقيلّة.

b) تسلّيح باسلاك معدنيّة (Steel Wire Armored (SWR:

وتتّم باستخدام اسلاك معدنيةٌ توضع طولاً حول الكابل، وتكون اكثر مرونة من STA.

5- حسب نوع الموصل Conductor Type:

الموصلات المستخدمة فَ كابلات القوى تكون:

a) موصلات نحاس (Copper) .Cu.

تكون أعلى موصليةٌ واكثر كلفة واثقل وزناً.

b) موصلات المنيوّم (Aluminum) .Al.

تكون اقل موصليةٌ واقل كلفة واخف وزناً.

6- حسب عدد القلوب Cores:

a) كابلات أحاديّة القلب Single Core Cable:

- **تستخدم فَي المقاطع ذات مساحة مقطع الكبيرّة الوزن ($240\ mm^2$ فما فوق) لثمل وصعوبة التمددّ.**
- **تستخدم فَي المساحات السكنيةٌ.**
- **تستخدم فَي كابلات التأريضّ.**

b) كابلات ثنائيةٌ القلوب Two Core Cable:

تستخدم فَي الجهود المنخفضة الأحاديةٌ الطور (خط فعال وخط تعادل L-N) بدون ارضَي.

c) كابلات ثلاثيةٌ القلوب Three Core Cable:

- **تستخدم فيَ الجهود المنخفضة الأحاديةٌ الطور (خط فعال وخط تعادل وخط ارضَي L-N-E).**
- **تستخدم فَي الجهود المتوسطة الثلاثيةٌ الطور (R-S-T).**

d) كابلات رباعيةٌ القلوب Four Core Cable:

تستخدم فَ الجهود المنخفضة ثلاثيةٌ الطور (R-S-T-N).

مواصفات خط التعادل Neutral Line:

1- تكون مساحة مقطع موصل خط التعادل مساويةٌ لمساحات مقاطع خطوط الاطوار (الخطوط الفعالة) فَي الحالات التاليةٌ:

- **فيَ الكابلات الصغيرّة والتَي تكون مساحة مقطع موصلاتها اقل من $35\ mm^2$.**
- **الاحمال التَي تحتوي على أجهزة الكترونيةٌ بسبب الترددات التوافقيةٌ الثلاثة.**
- **دوائر الإنارة التَي تحتوي على مصابيحٌ فلورسنت.**

2- تكون مساحة مقطع موصل خط التعادل مساويةٌ لنصف مساحة الخطوط الفعالة الثلاثةٌ الأطوار، حيثٌ يكون التيار المار فًي خط التعادل صغير ولا يستوجب موصل ذات مساحة كبيرّة.

السعة الامبيرّيةٌ للكابل:

السعة الامبيرّيةٌ تعتمد على مساحة مقطع الموصل وطريقًة تمديدٌ الكابل (فًي الهواء او فًي التربة او فًي الانابيبّ)، وذلك بسبب اختلاف التبادل الحراري بينٌ الكابل والمنطقة المحيطًة به.

اذا كان معدل طرد الحرارة اعلى من معدل تولدٌ الحرارة يؤدي الى زيادًة 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 سطحيةٌ (Ampere)	كابلات ضغط عالًي سطحيةٌ (Ampere)
1	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

تصميمٌ الكابلات Cable design

تُم تصميمٌ الكابلات اعتمادا على:

1- السعة الامبيرّيةٌ للكابل.

2- هبوط الجهد.

3- مقدار تيارات القصر.

السعة الامبيرّيةٌ للكابل:

تُم حساب تيار الكالبل ومن ثم مساحة مقطع موصلاته بالطرق التاليةٌ:

1- تُم حساب تيار الحمل (I_L) ومن العلاقة التاليةٌ:

$$I_L = (kVA) * 1.5$$

2- تُم حساب تيار قاطع الدورة من العلاقة التاليةٌ:

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

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

3- تُم حساب تيار الكابل من العلاقة التاليةٌ:

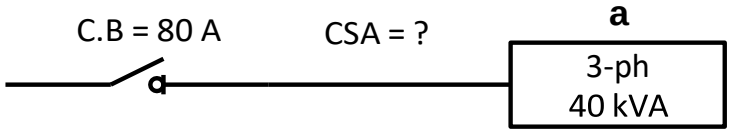
$$I_{cable} = I_{C.B}/(D.F)$$

معامل تصحّيح التيار(D.F) Derating factor :

(معامل تصحيحٌ الحمل المقنن)، وهذا يعتمد على درجة حرارة الهواء او درجة الحرارة تحت الأرض، وكذلك على طريقّة دفن الكابلات وعمق الدفن بالإضافة الى المقاومة النوعيةٌ للتربة. جدول معامل

تصحيحٌ الحمل المقنن فَي الهواء

درجة حرارة الهواء (C^0)	25^2	32^2	35^2	42^2	45^2	52^2	55^2
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



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

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

تُم 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 إيجّاد مساحة مقطع الكابل من جداول الكابلات، حيثُ نلاحظ بان الرقم *97.5 A* واقع بينٌ الرقمينٌ *81* و *100* فَي حمل كابلات ضغط واطىء سطحيةٌ، فتُم اختيار الرقم الأعلى *(100)*، ثم نلاحظ مساحة مقطع الكابل حيثُ نرى بان مساحة مقطع الكابل هيً *35 mm^2* (أي كابل *3*35 mm^2* او *4*35 mm^2*).

معامل تصحيحٌ عدد الكابلات المتجاورة:

يجب استخدام معامل تصحيحٌ لعدد الكابلات المتجاورة، حيثُ ان وجود الكابلات جنب بعضها يـؤثر على قيمّة التيار الذي تُحمله الكابل بسبب الحرارة الناتجة من مرور التيار فَي الكابلات.

جدول معمل التصحيحٌ للكابلات المتجاورة.

	عدد الكابلات المتجاورة				
	2	3	5-4	6-1	اكثر من 9
معامل التصحيحٌ لكابلات أفقيةٌ		***0.78***	***0.75***	***0.72***	***0.7***
معامل التصحيحٌ لكابلات راسيةٌ		***0.73***	***0.7***	***0.86***	***0.66***

أنواع الكابلات فَي النظام الإنكيلزّي:

1- كابلات ذات عازل مطاطً مقسى *(V.R.T)*:

تمتاز بمرونة عاليةٌ، ويحّاط الكابل من الخارج بنسيجٌ قطنَي كعازل ولا يستّخدم فَي الكيبلات الصغيرة الاحجام .

2- كابلات ذات الغلاف المطاطَ المقتنٌ *(T.R.S)*:

يكون العازل من المطاط القوي (مطاط سيليّكّونَي)، يمتاز بمقاومة عاليةٌ ضد الماء، وممّكن استخدامه فَي الأماكن ذات الرطوبة العاليةٌ.

3- كابلات بولَي فينّولٌ كلوريدٌ *(PVC)*:

يكون العازل من البلاستك الأعلى *PVC*، الا انه يتأثر بدرجات الحرارة الواطئة جداً ودرجات الحرارة من $70^0\ C$.

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

والذي يكون عبارة عن أنبوب معدنَي توضع بداخله الموصلات وتملا الأنبوبة بمادة أوكسيدٌ المغنيسّيوّم العازلة وتكون على شكل مسحوق، ولّف حول الأنبوب سلك معدنَي لزيادّة القوة الميكّانيكّيةٌ، ويغلف من الخارج بعازل *PVC*، وتمتاز بما يلي:

- **كِبرٌ لابل للاشتعال.**
- **لا تّاثر بالرطوبة او الزيوّت.**
- **متانة ميكّانيكّيةٌ عاليةٌ.**
- **تّحمل درجات حرارة عاليةٌ (اكبر من $80^0\ C$).**
- **تحمل عالَي للتيار.**

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

يتّكون الكابل من:

- **موصلات نحاس او الألمنيوّم.**
- **يكون العازل ورق مشبع بالزيتٌ يلف حول الموصلات بطبقات.**
- **غلاف من الرصاص لمنع تسربٌ الماء، ويستخدم كارضَي للكابل.**
- **طبقة من الورق المطلَي بالقار.**
- **طبقة تسليحٌ على شكل شرائط تلف نصف على نصف حول الكابل.**
- **طبقة خارجيةٌ من خيوّط الجوت المشبعة بمادة القار.**

طرق مد الكابلات الكهربائيةٌ :

يتم مد الكابلات بطرق مختلفة حسب طبيعّة الاستخدام والمكان ومن اهم الطرق هيً:

1- مد على الأعمدة والجدران:

تستخدم هذه الطريقة فَي الازقة والاحياًء الضيقة، واحياًنا فَي تأسيسّ المعامل والمنازل.

2- دفن مباشر فَي الأرض:

وهَي طريقة رخيصّة وسهلة التنفيذٌ، حيثٌ دّفن الكابل على عمود تتراوح ما بينٌ *(70-100 cm)* فَ الأرض، وتستخدم فَي المواقع الواقعة خارج المدن على الاغلب كالمعسكرات مثلًا.

3- مد داخل انابيبٌ بلاستيكّيةٌ *(PVC)* او الاسبستوس:

وذلك بامرارالكابل من المصدر الى الحمل داخل أنبوب دّفن تحت الأرض

، وتستخدم هذه الطريقة فَي المنازل والمعامل.

من مميزّات هذه الطريقة إمكانيةٌ استبدال الكابل فَي حالة حدوث العطل، وكذلك إمكانيةٌ إضافة كابلات أخرى مستقبلا.

4- مد داخل قنوات أرضيةٌ:

تستخدم هذه الطريقة فَي المعامل الكبرّة حيثٌ يتم وضع التأسيسّات الخارجيةٌ والداخليةٌ معا فَي قنوات معدة لهذا الغرض

وتعتبر طريقة مكلفة لاحتياًجها الى أعمال مدنية لإنشاء القنوات، حيثٌ تّم بناء جوانب القناة بالطابوق او الأسمنت وتغطى من الأعلى بالواح معدنيةٌ سميكّة.

5- مد على حوامل الكابلات *Cable Tray*:

وتكون عبارة عن حوامل معدينةٌ معلقة فَي الهواء او مثبتة على الجدران، وتستخدم فَي المختبرات والمعامل وغرف المكائن.

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

وتّيم تثبتٌ الكابلات على جدران القناة بواسطة المفائص وتستخدم فَي إيصّال الكهرباء الى لوحات التوزيعٌ فَي العمارات السكنيةٌ.

مساوئ اختيار مساحة مقطع اصغر من الحد المسموح به:

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

1- زيأّدة المفاقيد فَ الجهد. -

2 زيأّدة درجة حرارة الكابل.

3- تلف العازل.

4- حدوث قصر بينٌ الموصلات وتلفها.

اعطال الكابلات الكهربائيةٌ وطرق تحيددّها:

من اهم اعطال المحتملة فَي الكابل هيَ:

1- **حدوث قطع لبعض الموصلات او لجميعٌ الموصلات.**

2- **حدوث تماس او قصر بينٌ الموصلات.**

3- **حدوث تماس اوقصر بينٌ الموصلات والأرض.**

تحدث هذه الأعطال بسبب الإصابة الميكٌانيكٌيةٌ او تعرض الكابل لضربات قويةٌ اونتيجٌةٌ الاختيار الخاطئ للكابل او بسبب وجود مواد كيميائية او زيوّت فَي التربة.

طرق تحديد نوع العطل فَي الكابلات:

يتم تحديد نوع العطل باستخدام أجهزة القياس التاليةٌ:

1- **استخدام جهاز الاوميتٌر لتحديد القطع فَي الموصلات.**

2- **تسليطٌ فولتيةٌ عاليةٌ لاحداث شرارة فَي موقع القطع ومن ثم حرق العازل لتحديد مكان القطع.**

3- **استخدام أجهزة كشف الكترونيةٌ خاصة.**

4- **استخدام جهاز الميكٌر *magger* للكشف عن حالات التماس او القصر.**

طرق تحديد موقع (مكان) الفصل فَي الكابلات الكهربائيةٌ:

1- **اختبار موري *Murray loop test*.**

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

3- **اختبار السعة *Capacity test*.**

يستٌخدم اختبار موري واختبار سقوط الجهد لغرض تحديد مكان العطل فَي حالات القصر والتماس الأرضَي، بينٌما ستٌخدم اختبار السعة لغرض تحديد مكان العطل فَي حالات االقطع.

اختبار موري Murray loop test:

جهاز موري عبارة عن مقاومة متغيرٌة ذات طرف وسطٌي منزلق وتكون هذه المقاومة بشكل مسطرة متريةٌ مدرجة بالملٌمٌتر *mm* وطولها متر واحد *1 m* ورٌمز لها بالرمز *S*، بالإضافة الى وجود جهاز كلفانومتٌر *G*.

لو فرضنا انه لدينٌا كابل ثنائيَ طوله *L (m)* واحد موصلاته بحالة جيدّة بينٌما الموصل الاخر حدث له تماس مع الأرض فَي نقطة تبعد بمقدار *X (m)* من طرف الكابل، فتٌم تحديد العطل بالطريقة التاليةٌ:

1- **ربط اطراف موصلات الكابل بدائرة قصر من احد نهايات الكابل.**

2- **ربط اطراف المسطرة المتريةٌ *S* من موصلات الكابل من الطرف الاخر.**

3- تُم ربط جهاز الكلفانومتُر مع اطراف المسطرة المتريةٌ (على التوازي).

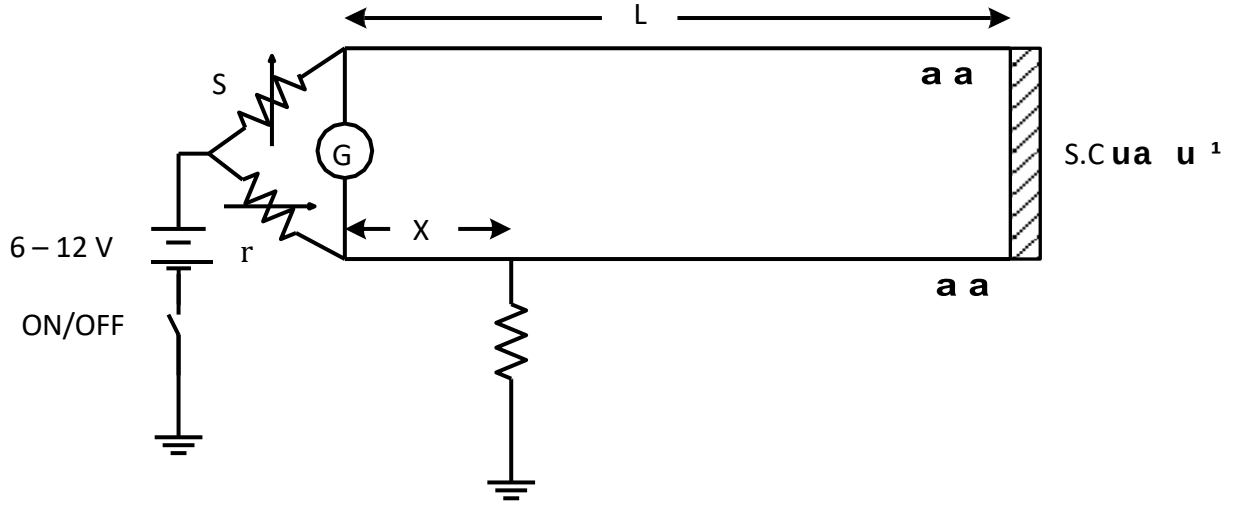
4- تُم ربط جهاز بطاريةٌ *(6 – 12 V)* الى الطرف المنزلق للمسطرة المتريةٌ عن طريق الطرف السالب للبطاريةٌ من خلال مقاومة متغيرة، والطرف الموجب الى الأرض عن طريق مفتاح *on/off*.

5- ضع المفتاح على وضع *on*، وقم بتدوير الطرف المنزلق الى ان تصبح قراءة الكلفانومتُر صفر.

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

تُم تحددٌ قيمة *X* من العلاقة التاليةٌ :

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



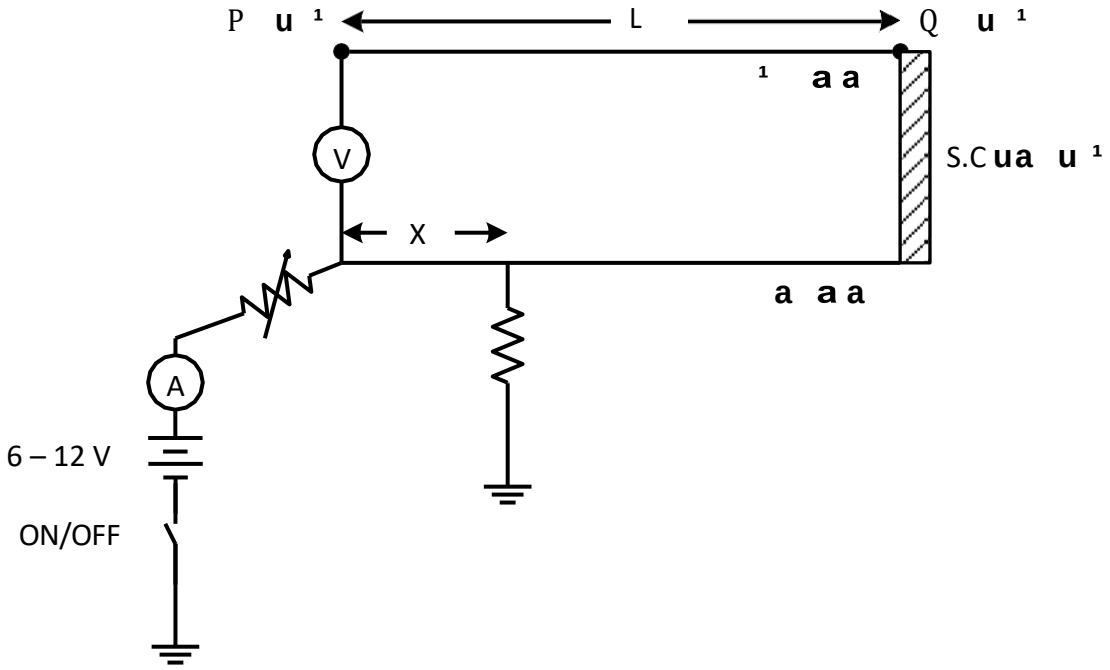
لو فرضنا ان التماس حدث لجميعٌ موصلات الكابل مع الأرض، فان الاختبار فَي هذه الحالة تُم عن طريق موصل اخر او كابل سليمٌ بنفس مواصفات الكابل المعطوب من حيثٌ الطول ومساحة المقطع.

حيثٌ تُم ربط نهايةٌ الكابل المعطوب مع الموصل السليم بدائرة قصر *S.C* ومن الجهة الأخرى تُم ربط المسطرة المتريةٌ مع جهاز الكلفانومتُر على التوازي مع طرف الكابل المعطوب الاخر مع الطرف الاخر للموصل السليمٌ، وتُم اجراء الاختبار بنفس الطريقة السابقة.

اذا لم يتوفر كابل او موصل سليمٌ بنفس مواصفات الكابل المعطوب، ممّكن اجراء الاختبار باستخدام أي موصل اخر (يختلف عن الكابل المعطوب من حيثٌ الطول ومساحة المقطع)، ولكن يجب حساب الطول المكافئ فَي هذه الحالة.

اختبار سقوط الجهد Fall of potential test:

لو فرضنا انه لدينًا كابل ثنائيً وحدث فهٌ تماس بينٌ موصلاته ولمعرفة مكان التماس عن طريق اختبار سقوط الجهد يتٌم عن طريق موصل اخر كما فَي الشكل التاليً:



حيثٌ تٌم الاختبار بالشكل التالَي:

1- **ربط دائرة قصر بينٌ احد الموصلات المقصورة والموصل الاخر السليمٌ.**
2- **ربط أجهزة قياس وبطاريةٌ كما فَي الشكل أعلاه، وتٌم قياس الجهد والتيارمن طرف الكابل الأول (الطرف P)، ولتكن القيمةً V_P و I_P.**
3- **تٌم إعادة ربط أجهزة القياس من الطرف الاخر (الطرف Q) وتكون دائرة القصر من الطرف P فَي هذه الحالة.**

4- قياس قيمة الجهد والتيلر من الطرف Q ولتكن V_Q و I_Q.

تُم حساب قيمة X من العلالة التاليةٌ:

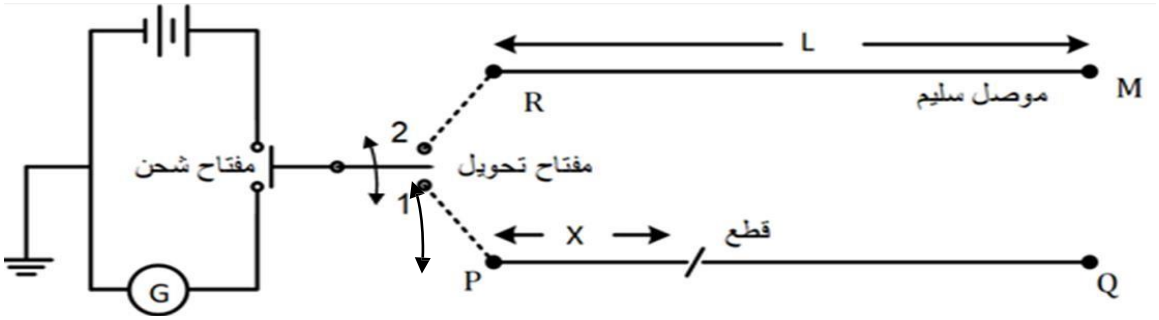
$$X = \frac{(V_P * I_Q) * L}{(V_P * I_Q) + (V_Q * I_P)}$$

اختبار السعة Capacity test:

يستخدم اختبار السعة لتحيدد مكان القطع فَي الموصل، حيثٌ تُم مقارنة شحنة الموصل المقطوع مع شحنة الموصل السليم.

يكون الاختبار كما فَي الشكل التالَي:

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



تُم ربط اطراف الكابل مع مفتاح التحويلٌ (R مع 2) و (P مع 1)، حيثٌ تُم وضع مفتاح التحويلٌ على الوضع 1 وضّغط على مفتاح الشحن حيثٌ تُم شحن الموصل $P\ Q$ لمدة قصيرّة $(10\ sec)$ عن طريق البطاريةٌ الى النقطة P، ثم غير وضع مفتاح الشحن، حيثٌ تُم تفريغ الشحنة الى الأرض عن طريق جهاز المقياٌس وسّجل انحراف مؤشر الجهاز (قراءة الجهاز). ولتكن قيمّة القراءة (a).

وّضع مفتاح التحويلٌ على الوضع 2، وبضغط مفتاح الشحن حيثٌ يتم فَي هذه الحالة شحن الموصل $R\ M$ لمدة قصيرّة $(10\ sec)$ ثم تفرغ شحنة الموصل الى الأرض وسّجل قراءة جهاز الكلفانومتٌر فَي هذه الحالة، ولتكن قيمّة القرأءة (b)، فان قيمّة X تكون:

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

اما اذا كان كلا الموصلنٌ $R\ M$ و $P\ Q$، فتٌم إجراء الاختبار من الطرف P والطرف Q، فاذا كانت قراءة الكلٌفانومتٌر من الطرف P هَي (a) ومن الطرف Q هَي (b)، فان قيمّة X:

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

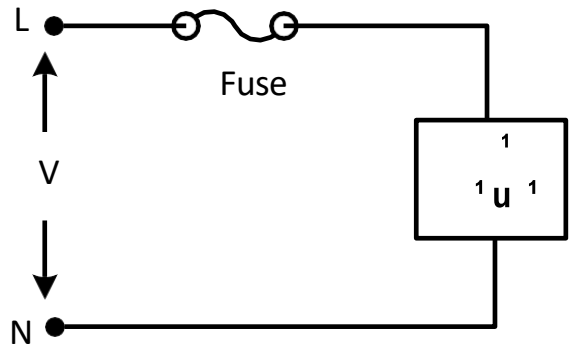
معدات الحمايةٌ فًي التأسيسًات الصناعيةٌ

تستخدم معدات الحمايةٌ لحمايةٌ الأجهزة والمحركات الكهربائيةٌ من حالات العمل الغيرٌ طبيعيّةٌ، مثل زيادًة الحمل، تيارات القصر، تماس ارضًي، زيادًة او انخفاض جهد المصدر، بالإضافة الى الحمايةٌ الطوريةٌ.

ومن اهم عناصر الحمايةٌ هًي المصهرات، قواطع الدورة الكهربائيةٌ، والمبادلات بانواعها المختلفة. الفيوّزات او

المصهرات Fuses:

تعتبر الفيوّزات ابسط وسيلًة لحمايةٌ الأجهزة الكهربائيةٌ من تيارًات القصر وزيادًة الحمل، حيثٌ تٌكون الفيوّز من سلك معدنًي يـنـصـهـر عندما يـتـجـاوز التيارٌ المار فيهٌ القيمّة المحددة لهذا السلك قٌطع الدائرة الكهربائيةٌ، ويرّبط الفيوّز بالتوالًي مع الأجهزة التًي يـرادٌ حمايتٌها، ومبدأ عمل الفيوّز مبنًي على التاثير الحراري للتيار المار فًي عنصر الفيوّز.



التيار المقنن للفيوّز:

اقصى تيار يتحملـه عنصر المصهر لوقت غيرٌ محدود دون ان ينصهر العنصر.

تيار الانصهار:

هو التيار الذي يؤّدي الى انصهار عنصر المصهر.

عنصر المصهر:

هو ذلك الجزء من الفيوّز صّمم لينٌصهر ويقٌطع الدائرة عندما يمر خلاله تيار اعلى من التيار المقنن.

يشابه الفيوّز فًي وظيفٌته لقاطع الدورة (C.B)، حيثٌ انه يحمي الدوائر الكهربائيةٌ من الأعطال، لكنه يختلف عن القاطع بما يلًيَ:

1- الفيوّزات ارخص سعرا من جميعٌ قواطع الدورة.

2- الفيوّزات اسرع من القواطع فَي الفصل.

3- يتم تغيير الفيوّز بعد كل عطل، اما قواطع الدورة لا تبدل الا اذا مر فيها تيار أعلى من تيار القصر المصمم له واحترق.

عوامل اختيار الفيوّزات:

1- الجهد المقنن.

2- التيار المقنن.

3- طبعيّة الاستخدام.

أنواع الفيوّزات المستخدمة فَي الحمايةٌ:

1- الفيوّزات القابلة للتسليك (شبه مغلق Semi-enclosed fuse).

2- الفيوّزات الانبوبيةٌ (الخرطوشية (Cartidge fuse (C.F).

3- الفيوّزات ذات سعة القطع العاليةٌ High Rupture Capacity (H.R.C).

4- فُيوزات نوع aM-type fuses (aM).

الفيوّزات القابلة للتسلينك (R.F):

يتكون عنصر المصهر من سلك نحاسَي وتيار انصهار السلك يعتمد على طول السلك ومساحة مقطعه، ويسّتخدم فَي الجهود الواطئة.

المحاسن:

1- رخيصٌ الثمن.

2- سهولة استبدال عنصر المصهر فَي حالة انصهاره.

المساوى او العيوّب:

1- تاكسد عنصر المصهر بسبب الحرارة والرطوبة.

2- سهولة استبدال عنصر بعنصر اخر ذو مواصفات مختلفة.

3- لا يسّتخدم لحمايةٌ المحركات الكهربائيةٌ.

الفيوّزات الانبوبيةٌ (C.F):

تُتكون من أسطوانة خزفيةٌ وبداخلها عنصر المصهر، والاسطوانة مملوءة بالرمل السيلّكّونَي الذي يسّاعد على إطفاء القوس الكهربائَي الناتج من انصهار العنصر. وتغطَي بعض مساوئ المصهرات القابلة للتسلينك وهو تاكسد عنصر المصهر، وتستخدم فَي دوائر الجهد الواطئ.

المحاسن:

1- إمكانيةٌ استبدال عنصر الفيوّز.

2- عنصر المصهر غير قابل للتاكسد.

3- سرعة إطفاء القوس الكهربائَي بسبب وجود الرمل السيلُكّونَي.

المساوئ او العيوب:

لا تستخدم فَي حمايةٌ المحركات الكهربائيةٌ.

الفيوّزات ذات سعة القطع العاليةٌ (H.R.C):

تتكون من أسطوانة او مكعب من الخزف الجيدٌ وبداخلها عنصر الفيوّز والذي يّكون عبارة عن سلك رفيع من الفضة الخالص، وتمتلئ الأسطوانة بالرمل السيلُكّونَي، ويتحمل هذا النوع تيارات قصر عاليةٌ ويكّون فَي الغالب مزود بمبينٌ للعطل.

تستخدم فَي حمايةٌ محولات القدرة الكهربائيةٌ من تيارات القصر العاليةٌ.

فيوّزات (aM):

تتكون من أسطوانة او مكعب من الخزف وبداخلها عنصر الفيوّز مع وجود الرمل السيلُكّونَي وفَي الغالب تحتوي على مبينٌ للعطل وتستخدم فَي الاحمال الصناعيةٌ (مثل المحركات الكهربائيةٌ والمحولات الكهربائيةٌ) لحمايّتّها من دوائر القصر (S.C).

القيم القيأّسيةٌ لتيارات الفيوّزات:

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

حساب التيار المقنن للفيوّز:

1- تّتم اولًا حساب تيار الحمل (IL).

2- تّم حساب تيار الفيوّز (IF) من العلاقة:

$$I_F = 1.25 * I_L$$

3- اذا لم يكن (IF) المحسوب من المعادلة أعلاه ضمن القيمّ القيأّسيةٌ يتم اختيار فيوّز ذا قيمّة قيأّسيةٌ اعلى من المحسوبة.

قواطع الدورة الكهربائيةٌ (Circuit Breaker (C.B:

تعتبر اهم أجهزة الحمايةٌ فَي المنظومة الكهربائيةٌ. الغرض منها هو السيطّرة على القدرة الكهربائيةٌ وقطعها بصورة آاليةٌ فَي حالة مرور تيار عالَي او تيار قصر، وممّكن إعادة القاطع الى العمل بعد زوال العطل

يختلف القاطع عن الفيوّز فَي عدم الحاجة الى تبديلُه فَي حالة حدوث العطل. يعمل القاطع كمصهر و كمفتاح فَي نفس الوقت.

تركيبٌ القاطع الكهربائيً:

1. **الملامسات الثابتة: تصنع من مادة ذات موصليةٌ عاليةٌ.**
2. **الملامسات المتحركة: وتصنع من مادة ذات موصيلةٌ عاليةٌ، وتعمل على التوصيل المباشر بنٌ المصدر الكهربائًي والحمل اثناء العمل.**
3. **الجزء الميكّانيكّيً: قلب حديدّي وّضع حوله ملف مغناطيسي، وظيفّته التحكم بحركة الملامسات المتحركة.**
4. **الجزء الكهربائًي: عبارة عن محرك كهربائًي او ملف مغناطيسي، وظيفّته إعطاء أوامر الفصل للجزء المكيّانيكّيً.**
5. **العازل بنيٌ الأقطاب: حاجز مّنع حدوث التماس بسبب الشرارة الكهربائًية ونوع العازل يعتمد على شدة التيار خلال القاطع.**

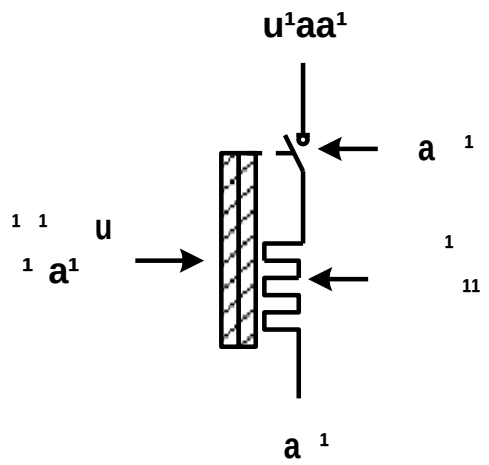
ملاحظة:

يجب ان تكون حركة التلامسات سريعّة جدا اثناء الفصل والتوصيلٌ لنقللٌ زمن تعرض التلامسات للشرارة الناتجة من غلق او فتح التلامسات لان الحرارة التَي تولدها الشرارة ستعرض التلامسات للتلف.

أنواع قواطع الدورة الكهربائيةٌ اعتمادا على مبدأ العمل:

1. **قواطع دورة ذات الفصل الحراري Thermal over load:**

تعتمد فَي عملها على التاثيرٌ الحراري للتبارات، يحّتوي القاطع على عناصر حراريةٌ ثنائيةٌ المعدن تربط على التوالًي مع خطوط التغذيةٌ، تيار الحمل يمر خلال العناصر الحراريةٌ، وعندما يزّداد التيار عن حد معينٌ بسبب زيادّة الحمل او حدوث قصر تسخن العناصر الحراريةٌ وتنحنًي باتجاه معينٌ، هذا الانحناء يكّون بسبب التمدد الحراري والذي يؤدي الى دفع عتلة صغيرّة تعمل على تشغيلٌ ميكّانيكّيةٌ الفصل للقاطع عندما يكون على وضع التشغيلٌ ON.

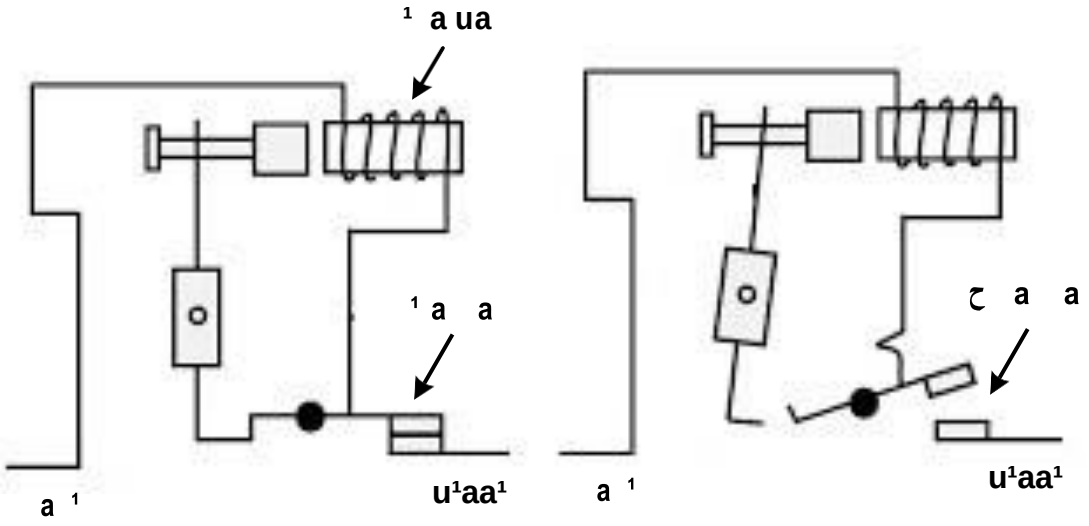


تستخدم قواطع الدورة ذات الفصل الحراري لحمايةٌ الأجهزة (المحركات) من زيادّة التيار بسبب زيادّة الحمل او انخفاض الجهد او حدوث قصر، وتُتم معايرّة القاطع على التيار المطلوب للمحرك.

2- قواطع دورة ذات فصل مغناطيسّي Magnetic Protection:

تعتمد فَي عملها على التاثيرّ المغناطيسّي للتيارات، حيثُ تُتكون من قلب حديدّي وّضع حوله ملف من سلك سميك وعدد قليلٌ من اللفات. يمر خلال هذا الملف تيار الحمل، مما يؤّدي الى مغنطة القلب الحيدّي الذي يعمل على جذب عتلة صغيرّة بقوة عندما تُغلب قوة الجذب المغناطيسّ على
قوة النابض الذي يسيطر على العتلة الصغيرة والتَّي تعمل على تشغيل ميكّانيكّية الفصل للقاطع
عندما يكون فَي وضع التشغيل ON.

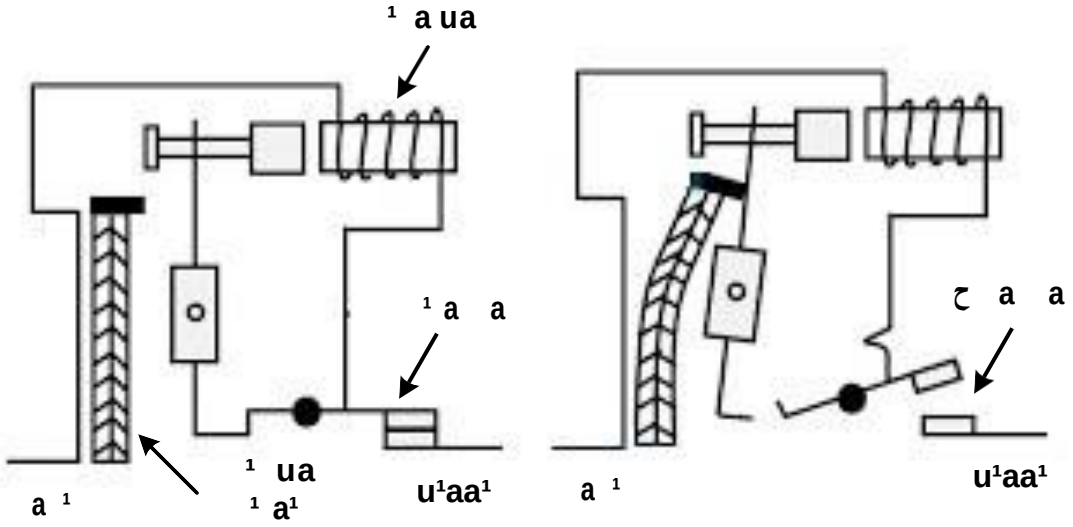
ويستخدم لحمايةٌ الأجهزة من زيادّة الحمل او القصر (S.C).



(a) (b)

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

فَي هذا النوع من القواطع يوجد نظامً فصل حراري من زيادًة الحمل ومغناطيسي من دوائر القصر، وتّم معايرة نظاًم الفصل عن طريق منظمات موجودة على واجهة القاطع.



مواصفات القواطع الكهربائيةٌ:

1- التيار المقنن Rated current (I_r):

اقصى قيمة للتيار يمر خلال القاطع باستمرار دون ان يؤّدي مروره الى فصل القاطع، وله قيم مقاسةٌ (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)

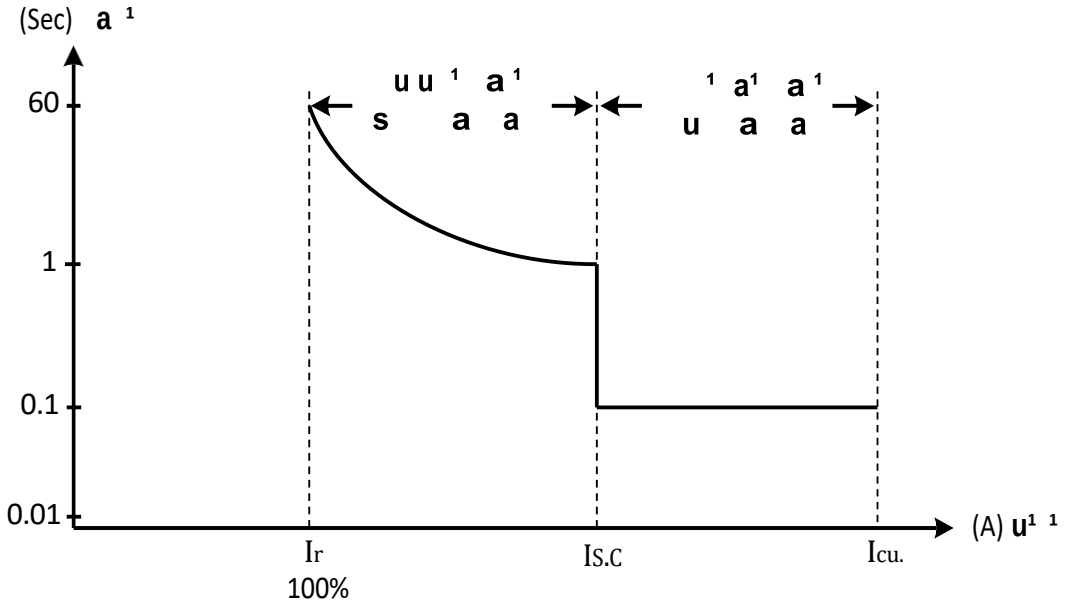
2- تيار القصر ($I_{S.C}$) Shprt circuit current :

اقصى قيمة للتيار يمكن ان يتحمله القاطع دون ان يحترق، وله قيم عاليةٌ جداً، وزمنها قصيرٌ جداً لثواني معدودة.

واشهر القيمٌ المقاّسةٌ (kA) :

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

مخطط عمل لواطع الدورة في دوائر الجهد المنخفض :



Ir = التيار المقنن للقاطع.

Ic.s = تيار القصر للقاطع.

Ic.u = اقصى تيار قصر للقاطع.

مميزّات قواطع الدورة الكهربائيةّ المستخدمة في الجهد الواطئ:

1- زمن فصل قصير جداً عند حدوث العطل.

2- تفتح جميعّ الأقطاب عند حدوث العطل.

3- ممّكن اعادتها الى العمل بعد زوال العطل.

4- مّمكن استخدامها كمفتاح سيطّرة للدائرة (مفتاح رئيسي).

5- يعطّي ببان واضح بأن الدائرة قد قطعت.

تصنيف قواطع الدورة الكهربائيةٌ المستخدمة فَي الجهد الواطئ

تصنف قواطع الدورة الهوائيةٌ المستخدمة فَي الجهد الواطئ الى ثلاث أنواع رئيسّيةٌ:

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

تصنع قواطع MCB بعدة اقطاب حثٌ وٌجد (1 و 2 و 3 و 4) اقطاب مع سعة قطع تصل الى (10 kA)، وتيار مقنن يتٌراوح من (125 A – 10) بقيم قياسيةٌ، كما في الجدول رلم 1.

وتستخدم في حماية دوائر الإضاءة والتوزيع الثانوي ودوائر السيطٌرة.

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

تصنع قواطع MCCB بثلاثة او أربعة اقطاب مع وجود دٌه مشتركة واحد لعمل القاطع، مع سعة قطع عاليةٌ تصل الى (50 kA) وتيار مقنن تتٌراوح بين (1600 A – 16)، كما في الجدول رقم 1

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

3- قواطع الدورة الهوائيةٌ Air C.B (ACB) :

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

جهد العمل لقواطع الدورة الكهربائيةٌ:

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

SF6 – زيتOil

عامل الأمان Safety factor **:**

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

كيفّية اختيار نوع وتيار قاطع الدورة:

1- تّم حساب التيار المقنن للحمل (I_L) **من العلاقات التالية:**

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

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

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

2- يتم حساب تيار القاطع من العلاقة التاليةٌ :

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

IC.B = تأّر الماطع، S.F = معامل الأمان.

3- اذا لم يكن تيار القاطع من القيم القياسية للقواطع فيتم اختيار القيمة القياسيةٌ من الجدول رقم 1 وكذلك نوع القاطع.

تيار المقنن لمقواطع الدورة \ الجهد المنخفض																								
12	16	22	25	32	42	52	63	12	122	125	162	222	252	422	632	122	1222	1252	1622	2222	2522	3222	4222	5222	6322	C.B A
MCB															ACB										
	MCCB																								

جدول رقم 1.

تصنيف قواطع الدورة الكهربائيةٌ المستخدمة في الجهد المتوسط والعالي:

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

1- قواطع الدورة الزيتية Oil C.B **:**

حيثٌ يستّخدم الزيت كوسط لإزالة القوس الكهربائي.

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

حيث يستخدم الهواء المضغوط ضغطا عالياً لإزالة القوس الكهربائي.

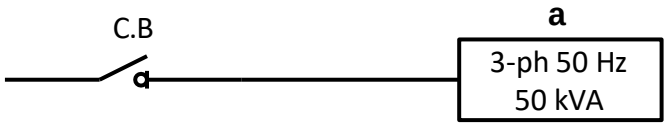
3- قواطع الدورة ذات سادس فلوريد الكبريت Sulpher Hexa Fluorid C.B (SF6) **: حيث**

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

4- 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 1 لا يوجد قاطع دورة بتيار 94 A **، ولكن يوجد (**08 **و** 088**) فيتم اختيار قاطع دورة: (**ICB = 100**) ويكون اما** MCB **او** MCCB**.**

مثال 2: 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 القياسيةٌ : $250 \longleftarrow 262.5 \longrightarrow 400$

فنختار قاطع دورة (250 A) **لانه قريب من** (058) **ويكون** MCCB**.**

مثال 3: احسب تيار القاطع والقاطع المناسب لحمل ثلاثي الاطوار قدرته (160 kVA) **:**

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

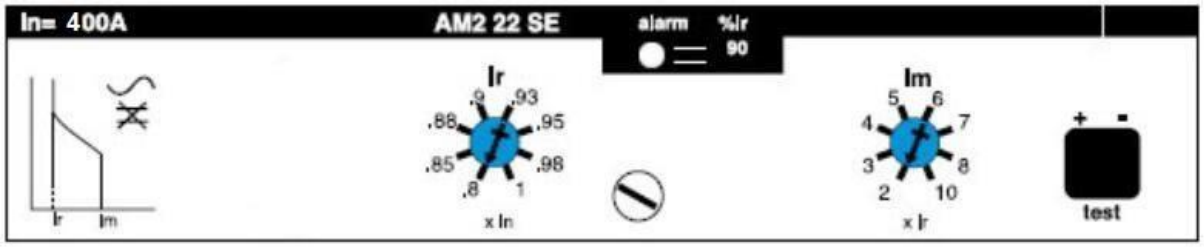
$I_{C.B} = S.F * I_L = 1.25 * 240 = 300\ A$

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

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 المغناطيسيةٌ.



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 بعدةٌ قيم فعند وضع المؤشر I_r على الرقم (0.7) فان I_r

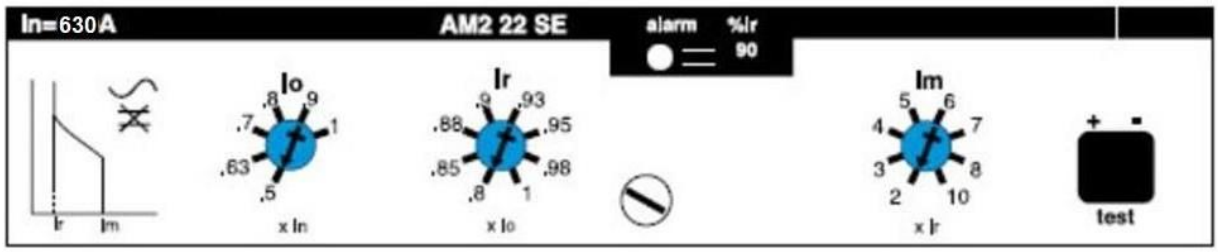
$$I_r = 0.7 * I_n = 0.7 * 400 = 280\ A$$

حيثُ يمكن تنظّيم الفصل الحراري I_r من (160 – 400 A).

ويمكن تنظيم تيار الفصل المغناطيسي I_m بعدة قيم، فعند وضع المؤشر I_m على الرقم 0 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 التدريج وظيفّته انه يعطي مساحة اكبر لاختيار قيمة تيار الفصل الحراري I_r، فعلى سبيل المثال التيار التشغلي المقنن لقاطع هو ($I_n = 630\ A$)، يمكن تنظيم التيار I_r من: (255 – 630 A).



مثال : $I_n = 630\ A$

I_o	.5	.63	.7	.8	.9	**1**

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

I_r	.8	.85	.88	.9	.93	.95	.98	0

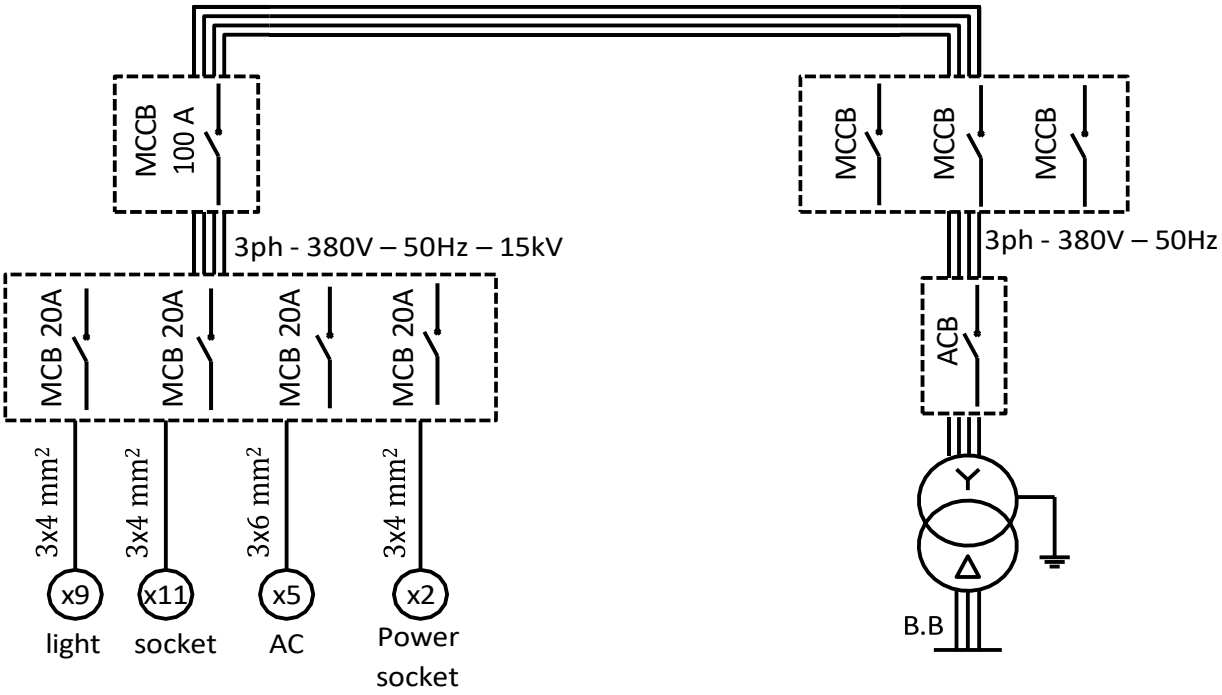
$I_r = 0.9 * I_o = 0.9 * 504 = 454\ A$

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 كيفّيةٌ اختيار نوع قاطع الدورة \ الجهد الواطئ



حيثٌ نرى كيفّيةٌ استخدام القواطع ومكان كل قاطع في المخطط، وفيه كلما زاد تيار القاطع زاد زمن الفصل، ويكون زمن الفصل للمواطع كما يلي:

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

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

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