الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

صيانة لوحات التوزيع الكهربية للجهد

مهندس صيانة كهربائية – درجة ثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الادارة العامة للمسار الوظيفي- الإصدار الثانى- ٢٠٢٣

المحتويات

الباب الأول: ٤
مقدمة عامة ٣
أولا:- تصنيف لوحات الجهد المنخفض ٤
ثانيا :- كيفية اختيار موقع الوحة الكهربية : ٦
ثالثا :- بطاقة البيانات التعريفية الخاصة باللوحات :- ٦
رابعاً: التكوين والفواصل الداخلية (FORMS):- ١٢
خامساً: المواصفة الفنية للإختبار اللوحات ١٦
الباب الثانى ١٧
١.الهيكل الخارجي :- ١٧
٢.قضبان التوزيع :- ١٧
٣. العوازل : ٢٢
٤. محولات الجهد و محولات التيار ٢٤
٥. الأسلاك والكابلات ٢٨
٦. القواطع الكهربية (C.B) ٣١
٧. مفاتيح التوصيل والفصل المتكرر- " الكونتاكتور – Contactors " ٦٩
٨. منظومة الوقاية الكهربائية_(Electrical protection system) ٧٩
٩. أجهزة الحماية ..... **Error! Bookmark not defined.**
10. الريلاي/المرحل Relay ٨٧
١١. المؤقت_(Timers) ٨٩
١٢. أجهزة القياس والملحقات ٩٠

مقدمة عامة

إن الطاقة الكهربائية في جميع أشكالها وصورها تمثل الآن عصب الحياة في جميع مجالاتها الصناعية والعامة والمنزلية والزراعية لذلك كان من الضروري توجيه وتوصيل تلك الطاقة إلي مصادر استهلاكها المختلفة.

ويتم ذلك من خلال شبكة ضخمة من الموصلات الأرضية والهوائية وكثير من المعدات الكهربائية التي تعمل على نقل وحفظ وحماية ومتابعة تلك الطاقة خلال تداولها عبر الشبكات الكهربائية من بداية منابعها إلى نهايتها عند الأحمال المستهلكة لها.

وتعتبر اللوحات الكهربائية أحد تلك المعدات الكهربائية الهامة المستخدمة في أي منظومة كهربائية كبيرة أو صغيرة فاللوحات الكهربائية تمثل نقاط تمركز وتوجيه وتنظيم ومتابعة للطاقة الكهربائية لذلك كان لزاما على كل العاملين بمجال الكهرباء بمواقع العمل المختلفة أن يتعاملوا معها بصورة علمية وعملية تساعدهم على التعامل والتشغيل المثالي وإجراء عمليات الإصلاح والصيانة بصورة آمنه لحسن أداء العمل والعاملين عليها.

ولو اقتربنا أكثر داخل مواقع عملنا بالمحطات لوجدنا أن لوحات التوزيع هي الجزء الرئيسي المجمع لنظام التوزيع والتحكم للطاقة بالمحطة وكذلك لأي دوائر كهربائية.

وتنبع أهمية لوحة التوزيع من أنها ضرورية عند أي نقطة توزيع أو فصل وتوصيل في أي نظام كهربي وكذلك فإنها ضرورية عند اختلاف مستويات الجهد واختلاف مستويات الأحمال وأيضا للربط بين محطات المحولات والتوليد والأحمال النهائية ولهذا فإن التطبيقات المختلفة لمتطلبات اللوحة تعتمد بصورة كبيرة على :-

1. موقع اللوحة وطبيعة تركيبها
2. الجهد المقنن
3. المتطلبات المحلية لموقع اللوحة

وبجانب أهمية اللوحات عند مصادر تغذية الشبكات تنبع أيضا أهمية لوحة التوزيع في الأعمال والمشاريع الصناعية والمنشآت الخدمية المستهلكة للطاقة الكهربائية.

الباب الأول:

أساسيات لوحات الجهد المنخفض

أولا:- تصنيف لوحات الجهد المنخفض

تقسم اللوحات من حيث قيمة ونوع الجهد إلى :-

1. **من حيث قيمة الجهد :-**
   أ. لوحات ضغط عالي H.V (٦٦ ك.ف حتى ٢٢٠ ك.ف)
   ب. لوحات ضغط متوسط M.V (من ١ ك.ف حتى أقل من ٦٦ ك.ف)
   ج. لوحات ضغط منخفض L.V (أقل من ١٠٠٠ فولت والشائع ٣٨٠ فولت فأقل)

2. **من حيث نوع الجهد :-**
   أ. لوحات التيار المتغير (A.C)

لوحات التيار المتغير (A.C) تستخدم في تغذية دوائر الإنارة أو التكييف أو القوى المحركة

ب. لوحات التيار المستمر (D.C)

لوحات التيار المستمر (D.C) تستخدم في شحن البطاريات أو لتغذية دوائر التحكم والحماية للوحات الكهربائية وهذا هو المهم بالنسبة لنا داخل المحطات حيث يتميز التيار المستمر (D.C) عن التيار المتغير على تشغيل دوائر التحكم لأجهزة الحماية والفصل والإنذار عند انقطاع المصادر الرئيسية للتيار الكهربي وذلك لضمان عمل الأجهزة بصورة سليمة والجهد المستمر المستخدم لهذه الأغراض متعدد القيم حسب تصميم دوائر التحكم (٢٤ ـ ٤٨ ـ ٦٠) ف

تقسيم اللوحات من حيث الموقع :-

1. **لوحات تركب داخل المبني : Indoor panels**

وهي اللوحات التي تركب داخل مبنى سواء معدني أو خرساني بمعنى أنها محمية من العوامل الجوية مثل الأمطار والأتربة والرطوبة والحرارة والغازات , وبالتالي فالجسم الخارجي للوحة لا يتكلف كثيراً بالنسبة للنوع التالي حيث أن المبنى يعطى جزء كبير من الحماية للوحات ويتم تجهيز وضع اللوحة بالشكل المناسب والوضع الذي لا يتعارض مع حرية الحركة والدخول للمعدات داخل المبنى لذلك يراعى وضع اللوحات بجوار الجدران دون ملاصقة لها حتى يمكن لفرق الصيانة فتحها من الخلف أثناء عمليات الإصلاح والصيانة بسهولة وإدخال معدات الصيانة ويراعى أيضا وضعها بعيداً عن الأبواب الرئيسية والفرعية ومنافذ الهروب وبعيداً عن أماكن المعدات التي تحدث اهتزازات وكذلك أبعادها عن خطوط المياه بأنواعها وتركب اللوحة على قاعدة إسمنتية

مرتفعة عن مستوى أرضية المبنى حماية لها من المياه أثناء عمليات التنظيف ويتم أيضا تجهيز مجارى للكابلات أسفل اللوحات لسهولة توصيل الكابلات الكهربائية بها.

2. **لوحات تركب خارج المبنى : Out door panels**

وهي اللوحات التي تفرض علينا ظروف العمل داخل المحطة وضعها في الأجواء المفتوحة مثل بعض لوحات الإنارة للموقع العام أو لوحات أحواض الترسيب الابتدائي أو الثانوي وكذلك اللوحات المركبة على الكباري داخل تلك الأحواض وغيرها .

لذا فإن هذا النوع من اللوحات يراعى فيه حماية اللوحة ومعداتها الداخلية من العوامل الجوية مثل السابق ذكرها وعليه فيتم تصنيع هذه اللوحات بإحكام شديد وكذلك الدهانات المستخدمة تكون دهانات خاصة تقاوم هذه العوامل الجوية مثل (المقاومة لتسرب الغازات GAS PROOF - المقاومة لتسرب الأتربة DUST PROOF - المقاومة لتسرب المياه WATER PROOF) .

ويتم إدخال الكابلات الكهربائية بأنواعها إلي تلك اللوحات من خلال مواسير معدنية أو بلاستيكية وتحكم فتحات الدخول من أسفل اللوحات من خلال حقنها بالفوم الحراري بعد إمرار الكابلات خلالها وذلك لمنع دخول الزواحف والقوارض إلي داخل اللوحات .

تقسيم اللوحات من حيث طبيعة العمل :-

1. **لوحات توزيع:**

وهي لوحات عمومية الغرض منها استقبال الخطوط الكهربائية الرئيسية بأي عدد وتقوم بتوزيعها على أقسام الموقع (المحطة) , ويتم من خلال هذا النوع من اللوحات عمل المناورات الكهربائية عند تعطل أحد أو بعض الخطوط الكهربائية لضمان استمرار التغذية بالطاقة الكهربائية لجميع أجزاء المحطة.

2. **لوحات تشغيل:**

وهي لوحات الغرض منها هو توصيل الطاقة الكهربائية لتشغيل الأحمال والتحكم فيها لذلك تجهز تلك اللوحات بمكونات كهربائية تناسب كل حمل على حدا وعلى سبيل المثال لا الحصر مثل (لوحات الأوناش - لوحات تشغيل كباري أحواض الرمال والترسيب وغيرها) .

3. **لوحات التحكم :**

هذا النوع من اللوحات يختلف عما سبق من حيث أن هذه اللوحات للتحكم فقط وليست لوحات قوى مثل لوحات التوزيع أو لوحات التشغيل التي تعمل على جهود منخفضة أو متوسطة أو عالية حيث أن الجهد في تلك اللوحات هو جهد التحكم البسيط (٢٢٠ - ٢٤٠ فولت) أي تعمل خلال هذا المجال من الجهود فقط

ووظيفتها هي التحكم في العمليات التشغيلية مثل خطوط الإنتاج أو المولدات بمحطات الطاقة وغيرها .

وهذه اللوحات إما أن تكون في صورة لوحة مستقلة صغيرة أو متوسطة الحجم وإما أن يتم احتواء نظم تحكمها داخل لوحات التشغيل السابق الحديث عنها وبذلك تصبح لوحة التشغيل محملة بنظام القوى (الجهد العالي) ومحتوية على نظام التحكم مما يجعلها معقدة بموصلات التحكم مما يصعب عمليات الصيانة والإصلاح والبحث عن الأعطال .

4. **لوحات المراقبة والتحكم :**

وهي قريبة الشبه بالنظام السابق للوحات التحكم لكن تنقسم إلى :-

أ. **لوحات مراقبة :-**

وهي لوحة توجد في غرفة متابعة عن بعد لمتابعة نظام العمل داخل المحطة لمعرفة الوحدات المتوقفة بسبب عطل حتى يتمكن مراقب أو مهندس التشغيل التعرف على حالة المحطة في أي وقت ويعنى ذلك أنه من خلال تلك اللوحة يمكن التعرف الكامل على وحدات المحطة وحالة تشغيلها.

ب. **لوحة مراقبة وتحكم :-**

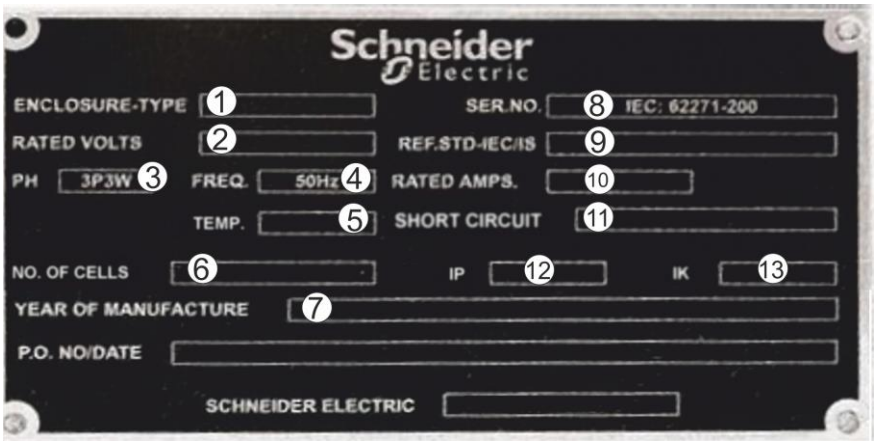
وهذا النوع يشابه ما سبق ولكن في هذا النوع من اللوحات يكون التحكم كامل في جميع وحدات المحطات تشغيلياً وعن بعد وكذلك توافر بيان كامل لحالة كل وحدة من خلال أجهزة القياس مثل (الجهد) ، (شدة التيار) , وغيرها من أجهزة القياس الكهربائية.

ثانيا :- كيفية اختيار موقع اللوحة الكهربية

1. أن تكون لوحة التوزيع قريبة من مركز الأحمال المطلوب تغذيتها .
2. أن تكون مساحة الموقع المراد وضع اللوحة به مناسبة بحيث تسمح بإجراء أعمال التشغيل والصيانة والإحلال والتجديد بسهولة ويسر ودون أية عوائق , خاصة المسافة البينية بين خلفية اللوحة و الجدار .
3. أن تكون بعيدة عن أية مداخل أو مخارج أو منافذ هروب ولا تمر من أسفلها خطوط مياه أو صرف صحي .

ثالثا :- بطاقة البيانات التعريفية الخاصة باللوحات

يجب تزويد كل لوحة ببطاقة بيانات او اكثر، مطبوعة بطريقة تصعب ازالتها ومثبتة في مكان بحيث تكون ظاهرة ومقروءة عند تركيب اللوحة سواء على جسم اللوحة نفسها أو بالموقع في أقرب مكان مناسب بجوار اللوحة .



الرقم	الاسم	الوصف
١	ENCLUSURE TYPE	نوع اللوحة
٢	RATED VOLTS	جهد التشغيل المقنن
٣	PH	عدد خطوط التغذية (L1 – L2 – L3 – N - PE)
٤	FREQ.	التردد
٥	TEMP.	درجة الحرارة
٦	NO. OF CELLS	عدد الخلايا
٧	YEAR OF MANUFACTURE	تاريخ تصنيع اللوحة
٨	SER. NO	الطراز او الرقم المميز، او اى وسيلة اخرى لتمييزها بما يسهل امكانية الحصول على البيانات الخاصة بها من الصانع
٩	REF.STD.IEC/IS	الكود العالمي (مثل IEC 60439-1)
١٠	RATED AMPS.	التيار المقنن
١١	SHORT CIRCUIT	قوة تحمل قصر الدائرة
١٢	IP	درجة الحماية ضد الأجسام الصلبة والسوائل
١٣	IK	درجة الحماية ضد الصدمات الميكانيكية

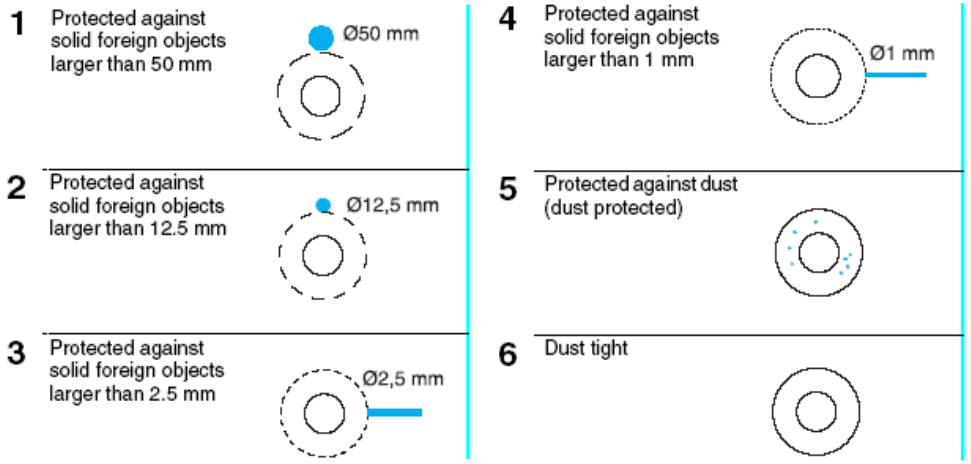
ملحوظة : يعتبر الصانع هو الهيئة التي تأخذ على مسئوليتها اللوحة كاملة.

1. درجة الحماية للوحات التوزيع : (IP&IK)

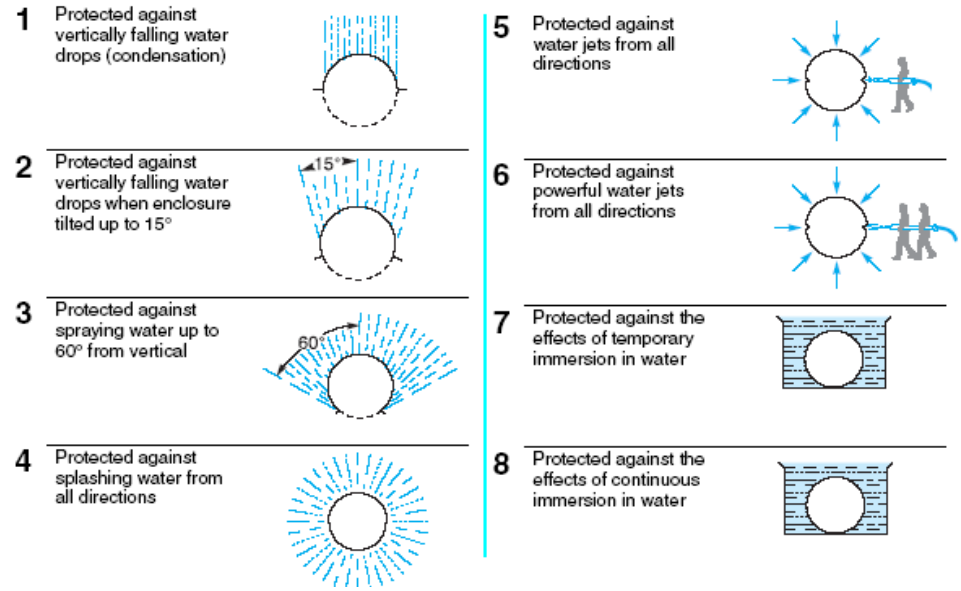
درجة الحماية (IP) : - تُوضح درجة الحماية للحاوية ضد دخول اجسام صلبة غريبة ودخول سوائل (IP-Ingress protection) طبقا للمواصفة القياسية IEC 60529.

- بالنسبة للوحات المستخدمة داخل المباني حيث لا يتطلب الامر حماية من دخول المياة ، فانه يفضل استخدام درجات الحماية المرجعية الاتية : IP00 ، IP2X ، IP3X ، IP4X ، IP5X. , وبالتالي يتم استبدال الرقم الثاني ب "X" لأنه غير محدد , والمهم هنا في هذا النوع من التركيب داخل المباني الرقم الأول فقط "لذا يذكر على حسب الحماية المطلوبة ".
- يجب الا تقل درجة الحمايـة للوحة مغلقة او من امام جهة مغلقة للوحات عن IP2X، بعد التركيب طبقا لتعليمات الصانع.
- بالنسبة للوحات المستخدمة خارج المباني التي ليس لها حماية اضافية فان رقم الخصائص الثاني يجب الايقل عن ٣

ملحوظـة : بالنسبة للتركيب خارج المباني ، فان الحماية الاضافية يمكن ان تكون سقف حماية او ما شابه.



الشكل ١ Degrees of protection against solid foreign objects indicated by the first characteristic numeral



الشكل ٢ Degrees of protection against ingress of water: indicated by the second characteristic numeral

درجة الحماية IK :-

هو قابلية لتحمل الحاوية (Enclosure) ومقاومة الصدمات الميكانيكية الخارجية الواقعة على مساحتها السطحية، ويتم التعبير عنها من خلال مجموعة من الأكواد موضحة بالجداول التالية بحيث تعبر عن قيمة الصدمة الواقعة من ارتفاع (h) .

code IK: protection against mechanical shocks

code IK according to EN 50-102 (new designation)

code IK	shock energy
00	non-protected
01	0,15 joule
02	0,2 joule
03	0,35 joule
04	0,5 joule
05	0,7 joule
06	1 joule
07	2 joules
08	5 joules
09	10 joules
10	20 joules

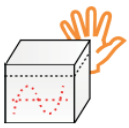
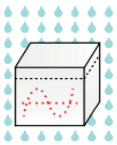
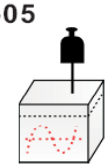
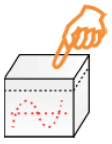
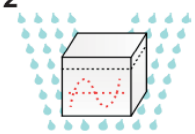
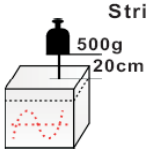
additional letter (in option)
protection of people against access to dangerous parts

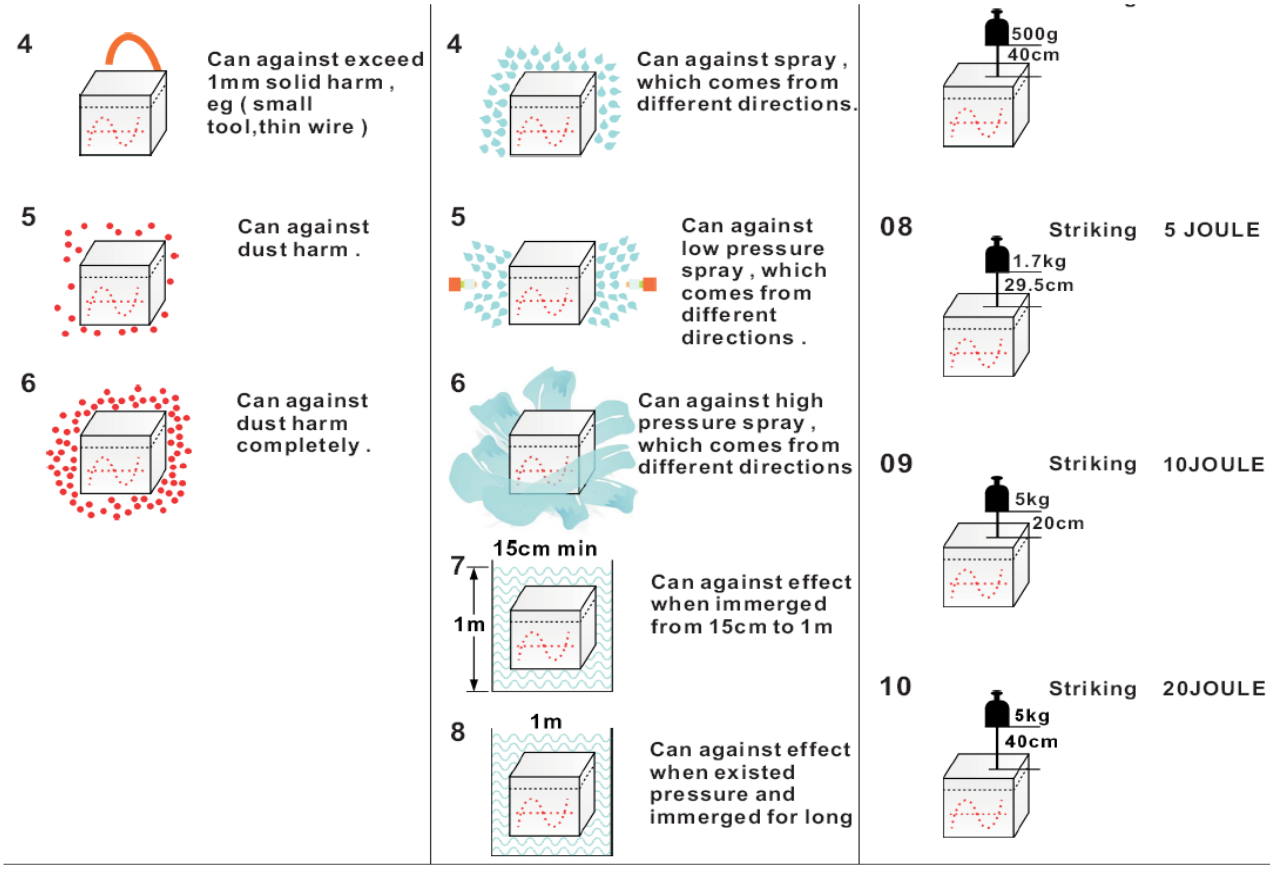
	designation
A	protected against access of the back of the hand
B	protected against access of a finger
C	protected against access of a tool - Ø 2,5 mm
D	protected against access of a tool - Ø 1 mm

additional letter (in option)
specific information on the product

	designation
H	high voltage material
M	movements during water test
S	stationary during water test
W	bad weather

مقارنة بين Ip و IK

Against solid			Against liquid			Against mechanical striking		
IP		Testing	IP		Testing	IK		Testing
0		No protection	0		No protection	00		No protection
1		Can against exceed 50mm solid harm , eg . Suddenly touch with hand	1		Can against perpendicular drop	01-05		Striking 1 JOULE
2		Can against exceed 12mm solid harm , eg . Just like the size of finger	2		Can against directly spray , which under 15° with perpendicularity direction .	06		Striking 1 JOULE
3		Can against exceed 2.5 mm solid harm , eg (small tool , thin wire)	3		Can against spray , which have 60° angle with perpendicularity direction .	07		Striking 2 JOULE



كما يوجد جزء إضافي يختص بدرجة الحماية للأشخاص من دخول الأماكن الخطرة (A,B,C,D) , ويوجد جزء آخر يختص بحالات خاصة إضافية اختيارية على حسب طلب مالك الحاوية (Enclosure) تصميمي (H,M,S,W) و من أهم الإحتياطات اللازمة للتأكيد على أعمال الصيانة للحفاظ على درجة الحماية للوحات (IP) مثل التأكيد ومراجعة وفحص سلامة الجوانات المطاطية الخاصة بالمحيط الخارجي للـ (الأبواب - أجهزة الحماية والقياس) وعدم تلفها .

٢- الرطوبة النسبية للجو المحيط :

الرطوبة :- هي تعبر عن درجة تركيز بخار الماء الموجود في الهواء , إن بخار الماء هو الحالة الغازية للماء وهو غير مرئي للعين البشرية بشكل عام فعندما تكون درجة الحرارة منخفضة والرطوبة النسبية مرتفعة يكون تبخر الماء بطيئًا , عندما تقترب الرطوبة النسبية من ١٠٠% يمكن أن يحدث التكثيف على الأسطح مما يؤدي إلى مشاكل التعفن والتآكل وغيرها من التلف المرتبط بالرطوبة.

- إن بعض العمليات الإنتاجية والتقنية والمعالجات في المصانع والمختبرات والمرافق الأخرى تتطلب الحفاظ على مستويات رطوبة نسبية محددة باستخدام مرطبات الهواء ومزيلات الرطوبة أنظمة التحكم المرتبطة بها

- يتم تصنيف الأجهزة الإلكترونية على أنها تعمل فقط في ظل ظروف رطوبة معينة (على سبيل المثال من ٥% إلى ٩٥%) في الطرف العلوي من النطاق **قد تزيد الرطوبة من موصلية العوازل** المنفذة مما يؤدي إلى حدوث عطل
- هناك اعتبارات تتعلق بالسلامة على سبيل المثال يمكن أن تؤدي الرطوبة العالية إلى تشكيل دائرة قصر أو دائرة تفريغ جزئي للمكونات الكهربائية.
- هناك مواقع ذات رطوبة عالية ودرجات حرارة متباينة تتغير في مدى واسع ، فيجب اتخاذ ترتيبات مناسبة (مثل التهوية / تدفئة داخلية / فتحات صرف ، الخ ....) لمنع التكثفات المُضرة داخل اللوحة .

ويتم تلافى الأضرار الناجمة عن إرتفاع نسبة الرطوبة داخل اللوحات بإستخدام سخانات مناسبة لكل نوع حسب تعليمات الجهات المصنعة

وبالتالي أضرار الرطوبة تتلخص في التالي :-

1. إن المشاكل والأعطال الكهربية باللوحات الكهربية يظهر تأثيرها الأكبر خاصة عند عدم عمل النظافة الداخلية باللوحات في الأوقات المحددة , فيؤدي إلى تواجد الأتربة وخيوط العنكبوت بداخل اللوحات لأنه على سبيل المثال ظاهرة سريان تيار التسرب على الجسم الخارجي للعوازل تعرف بالـ (Creepage) أو سريان تيار التسرب على الخلوص بين أجسام العوازل السبب الرئيسي لها هى الرطوبة مع وجود أتربة ,
2. تحدث توصيل غير سليم (Bad Contact) بملامسات المهمات والأجهزة الكهربية والالكترونية .

٣- الارتفاع في درجة الحرارة :

درجة الحرارة هي مؤشر على كمية الطاقة الحرارية التي يختزنها الجسم كما أنها مؤشر على مدى حركة ذراته وتقاس بوحدات عديدة منها (الكلفن بالنظام القياسي العالمي والسيلزيوس والفهرنهايت بالنظام الأمريكي) . حيث تطبق حدود الارتفاعات في درجة الحرارة المعطاة في الجدول المعطى بالملحقات عندما يكون متوسط درجة حرارة الجو المحيط أقل من او يساوي ٣٥ °س , ويجب عدم تجاوز هذه الحدود عند التحقق منها .ويتم إسخدام وسيلة تهوية مناسبة لتلافى إرتفاع درجات الحرارة العالية والمؤثرة على مكونات اللوحات وخصوصا فى اللوحات التى تعتمد على وسائل بدء الحركة الإلكترونية والتحكم فى السرعة وكذلك لوحات تحسين معامل القدرة

ملحوظة هامة : الارتفاع في درجة حرارة العنصر هو الفرق بين درجة حرارته المقاسة ودرجة حرارة الهواء المحيط به خارج اللوحة.

رابعاً: التكوين والفواصل الداخلية (FORMS)

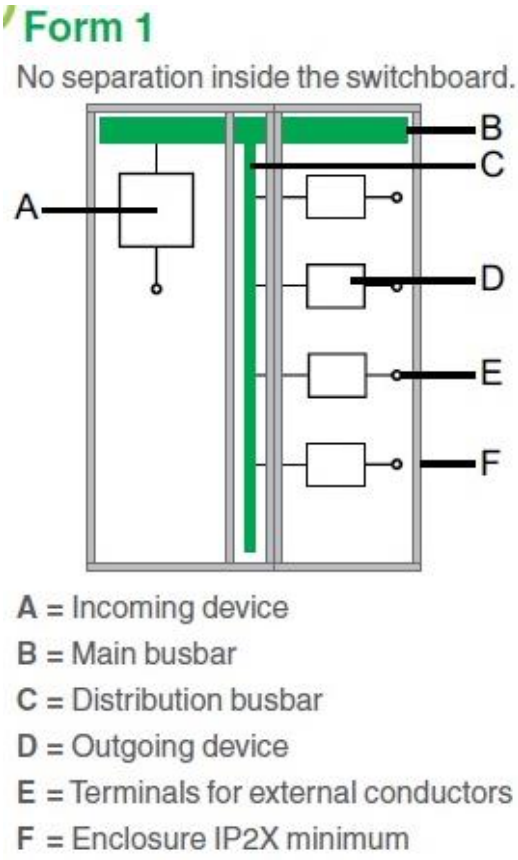
يتنوع التقسيم الداخلي لتوزيع المهمات الكهربية بداخل لوحات التوزيع بواسطة حواجز أو فواصل ,ويمكن تحقيق واحد أو أكثر من الشروط الآتية بتقسيم اللوحة باستخدام حواجز أو فواصل (معدنية أو غير معدنية) إلى أقسام منفصلة أو فراغات محمية مغلقة , حماية من التلامس بأجزاء خطرة خاصة بالوحدات الوظيفية المجاورة ويجب ألا تقل درجة الحماية عن IPXXB الحماية من مرور أجسام صلبة غريبة من وحدة من وحدات اللوحة إلى أخرى مجاورة ويجب ألا تقل درجة الحماية عن IP2X.

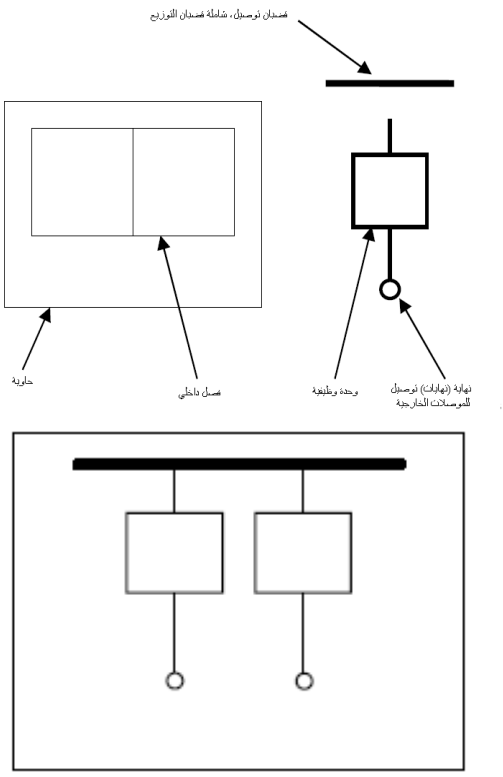
ويكون ذلك على حسب الجدول التالي :-

معايير أساسية	معايير فرعية	شكل
بدون فواصل داخلية		Form1
فصل قضبان التوصيل عن الوحدات الوظيفية	نهايات توصيل لموصلات خارجية غير مفصولة عن قضبان التوصيل	Form 2A
	نهايات توصيل لموصلات خارجية مفصولة عن قضبان التوصيل	Form 2B
فصل قضبان التوصيل عن الوحدات الوظيفية وفصل جميع الوحدات الوظيفية عن بعضها. وفصل نهايات توصيل الموصلات الخارجية عن الوحدات الوظيفية ولكن ليس عن تلك الخاصة بالوحدات الوظيفية الاخرى.	نهايات توصيل لموصلات خارجية غير مفصولة عن قضبان التوصيل	Form 3A
	نهايات توصيل لموصلات خارجية مفصولة عن قضبان التوصيل	Form 3B
فصل قضبان التوصيل عن جميع الوحدات الوظيفية وفصل جميع الوحدات الوظيفية عن بعضها. وفصل نهايات توصيل الموصلات الخارجية المصاحبة لوحدة وظيفية عن تلك التي لاي وحدة وظيفية اخرى وقضبان التوصيل.	نهايات توصيل لموصلات خارجية في نفس الحجرة مثل الوحدة الوظيفية المصاحبة	Form 4A
	نهايات توصيل لموصلات خارجية ليست في نفس الحجرة مثل الوحدات الوظيفية المصاحبة ولكنها في اماكن او مسافات محمية مغلقة مستقلة و منفصلة	Form 4B

أشكال الفواصل الداخلية FORMS

1. **التكوين (FORM 1)** :بدون فواصل داخلية

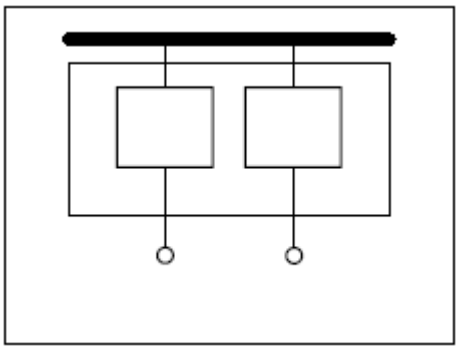




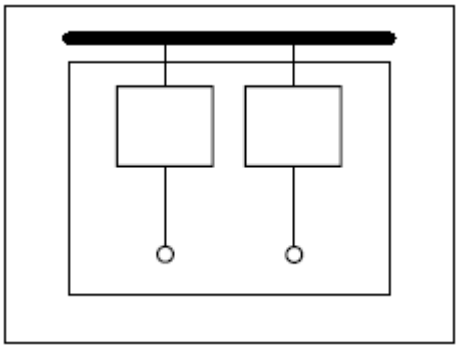
الشكل ٣: تكوين ١ – Formation 1 بدون فصل داخلي

2. **التكوين (FORM 2):** فصل قضبان التوصيل عن الوحدات الوظيفية

Protection of persons against contact with live parts upstream of outgoing devices and, protection against ingress of solid foreign bodies

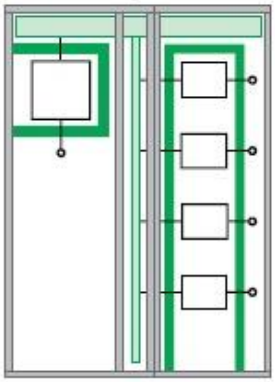


تكوين ٢ب – FORM 2B
نهايات التوصيل مفصولة عن قضبان التوصيل

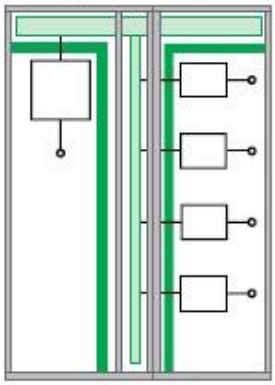


تكوين ٢أ – FORM 2A
نهايات التوصيل غير مفصولة عن قضبان التوصيل

Form 2a: terminals for external conductors are not separated from the busbars.



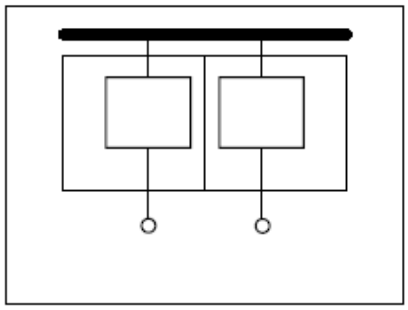
Form 2b: terminals for external conductors are separated from the busbars.



3. التكوين (FORM 3)

فصل قضبان التوصيل عن الوحدات الوظيفية وفصل جميع الوحدات الوظيفية عن بعضها. وفصل نهايات توصيل الموصلات الخارجية عن الوحدات الوظيفية ولكن ليس عن تلك الخاصة بالوحدات الوظيفية الاخرى.

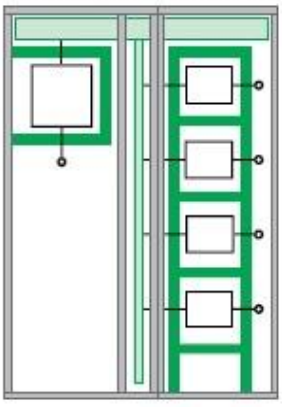
Protection of persons against contact with live parts upstream of outgoing devices and, limitation of the risk of faults between each of the functional units (propagation of electric arcs).

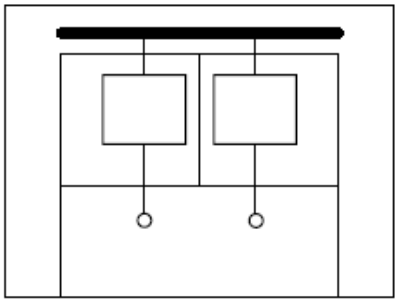


تكوين ٣أ : FORM 3A

نهايات توصيل غير مفصولة عن قضبات التوصيل

Form 3a: terminals for external conductors are not separated from the busbars.

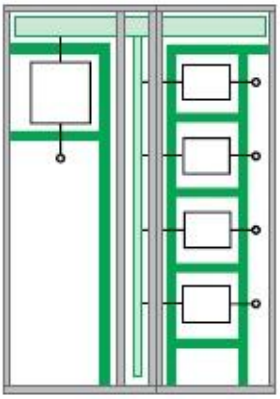




تكوين ٣ب:FORM 3B

نهايات توصيل مفصولة عن قضبات التوصيل

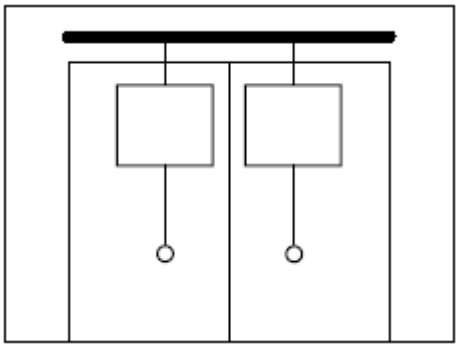
Form 3b: terminals for external conductors are separated from the busbars.



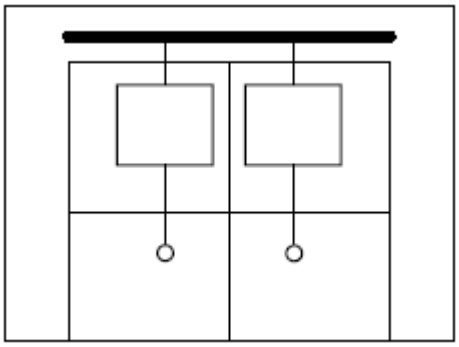
4. تكوين (FORM 4)

فصل قضبان التوصيل عن جميع الوحدات الوظيفية وفصل جميع الوحدات الوظيفية عن بعضها. وفصل نهايات توصيل الموصلات الخارجية المصاحبة لوحدة وظيفية عن تلك التي لاي وحدة وظيفية اخرى وقضبان التوصيل.

Protection of persons against contact with live parts upstream of outgoing devices and, limitation of the risk of faults between each of the functional units (propagation of electric arcs).

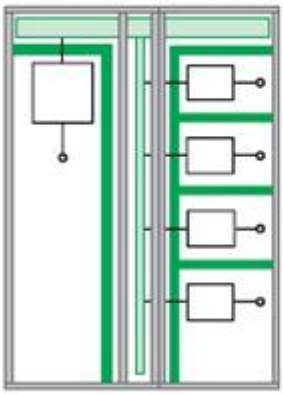


تكوين ٤أ: FORM 4A
نهايات توصيل في نفس غرفة الوحدة الوظيفية المصاحبة

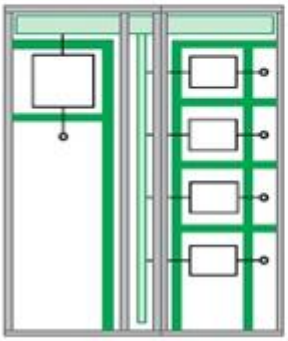


تكوين ٤ب: FORM 4B
نهايات توصيل ليست في نفس غرفة الوحدة الوظيفية المصاحبة

Form 4a: terminals for external conductors are in the same cubicle as the functional unit with which they are associated.



Form 4b: terminals for external conductors are not in the same cubicle as the functional unit with which they are associated, but in protected spaces or individual compartments that are separated and closed.



يجب أن تكون هذه اللوحات على شكل خلية مستقلة أو خلايا كهربية قابلة للتجميع مع بعضها البعض ويكون عدد الخلايا حسب القواطع التي ستركب ضمنها مع مراعاة عملية التوسعات المستقبلية .فالقواطع الكهربية من سعة ٨٠٠ أمبير فما أكثر يجب أن تركب ضمن خلية مستقلة , أما إذا كان القاطع ذو سعة ٦٣٠ أمبير وما دون ذلك يمكن أن يركب مع القواطع الفرعية في نفس الخلية .

خامساً: المواصفة الفنية لأنواع إختبارات اللوحات

1. لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم الجهد المنخفض مختبرة حسب الطراز (TTA) :

(TOTALLY TYPE TESTED) هى لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم الجهد المنخفض متطابقة مع نوع او نظام معين دون انحراف قد يؤثر تاثيرا ملحوظا على ادائها بالنسبة للوحة القياسية المتطابقة مع هذه المواصفة القياسية.

يستخدم الاختصار (TTA) للتعبير عم لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم للجهد المنخفض مختبرة حسب الطراز.

2. لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم للجهد المنخفض مختبرة جزئيا حسب الطراز (PTTA)

(PARTIALLY TYPE TESTED) لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم للجهد المنخفض تحتوي على تجهيزات مختبرة حسب الطراز واخرى غير مختبرة حسب الطراز، بشرط استنتاج اختبارات التجهيزات غير المختبرة حسب الطراز من التجهيزات المختبرة حسب الطراز (مثال: الطرق الحسابية) والتي تتطابق مع الاختبارات المناسبة (انظر جدول ٧).

يستخدم الاختصار (PTTA) للتعبير عن لوحة معدات فصل وتوصيل وتحكم للجهد المنخفض مختبرة جزئيا حسب الطراز.

الباب الثانى

مكونات لوحات التوزيـع

1. الهيكل الخارجي

وهو الحاوية التي تحتوي على جميع المكونات الداخلية للوحة وكانت تصنع قديماً من الخشب و مع مواكبة التطور الصناعي الهائل في صناعة لوحات التوزيع أصبح يصنع من الصاج الفولاذي بسمك يتراوح من (٢ : ٣) مم^{٢} , بأبعاد ومقاسات متنوعة على حسب التصميم وكذلك مساحة الموقع الذي ستركب به اللوحة وتلحم مع بعضها البعض أو تجمع بمسامير ربط ومزودة بأغطية جانبية على جانبي اللوحة والغطاء الخلفي يمكن أن يكون قطعة واحدة أو عدة قطع وتركب الأبواب الأمامية بمفصلات خاصة بحيث تسمح للأبواب بالفتح بزاوية لا تقل عن ١٢٠ درجة على أن تزود (الأبواب - فتحات الأجهزة – فتحات مفاتيح الانضغاط – فتحات مفاتيح الاختيار – فتحات لمبات البيان) بجوانات مطاطية على الإطار الداخلي لتحقيق الحماية المطلوبة من دخول الأجسام الصلبة والسوائل , وتكون اللوحة مفتوحة من الاسفل لسهولة دخول و خروج الكابلات كما تزود اللوحة بقاعدة معدنية على طولها بسمك لا يقل عن ٢ مم وبارتفاع حوالي ١٠ سم عن سطح الأرض , كما يجب تزويد أبواب اللوحات بكوالين حرة الحركة , ومن ثم بعد انتهاء مرحلة التصميم و التصنيع يتم دهان اللوحة بدهان يسمى "دهان إلكتروستاتيك" وذلك لمنع حدوث أي صعق كهربي سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة للأفراد المتواجدين بالموقع (مهندس - فني صيانة - مشغل) .

ومن أهم معاير الإختيار للهيكل الخارجى ما سبق ذكرة عن تكوين اللوحات (Forms) والجزء الخاص ب IP , IK والحماية الكلية أو الجزئية (TTA) أو (PTTA)

2. قضبان التوزيع

ويعرف على أنه موصـل ذو معاوقة منخفضة جدا ويمكن توصيل دوائر كهربائية عديـدة منفصلة به وتمثل قضبان التوزيع أهمية كبيرة بداخل لوحات التوزيع بحيث تكون متطابقة مع المواصفة IEC60439-1 وتكون ذات توصيلية عالية بحيث تحقق متطلبات الارتفاع الحراري وشدة تيار القصر لمدة ثانية واحدة وتصنع قضبان التوزيع من النحاس الالكتروليتي بنسبة نقاء عاليه جدا بمساحة مقطع موضحة بالجدول التالي , كما تحدد سعة قضبان التوزيع على حسب قيمة التيار المقنن للوحة التوزيع في حالة التشغيل العادي وكذلك حسب قيمة تيار القصر من حيث الأثر الحراري والميكانيكي

Busbar Size (mm)			Amp
Quantity	Width	Thickness	
1b	20	10	250
1b	30	10	400
1b	30	10	600
1b	50	10	630
1b	55	10	800
1b	60	10	1000*
1b	70	10	1000
1b	85	10	1250
2b	55	10	1600
2b	70	10	2000
2b	85	10	2500
3b	85	10	3000
3b	100	10	3200
4b	100	10	4000
4b	150	10	5000
5b	150	10	6300

**for MCC only*

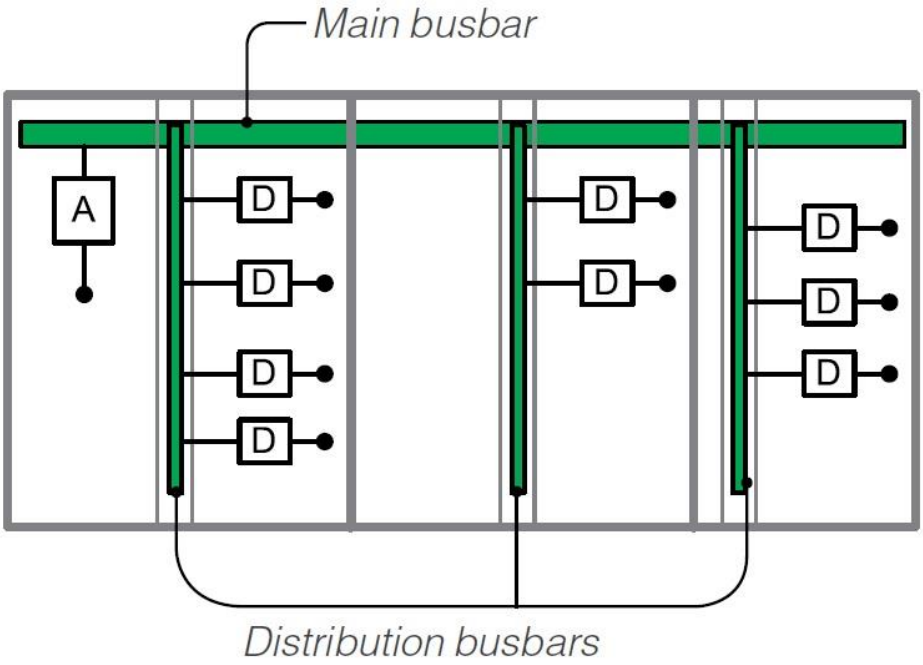
Design BusBars for MCC

- All sizes mentioned in the above table are subject to manufacturer's technical recommendation changes.
- In case of higher ingress protection over IP 43, forced ventilation is recommended.
- In case of ratings of 4000A and higher, forced ventilation is recommended.
- Maximum allowed size for the vertical busbar (VBB) feeding multi branch breakers :

Maximum size for the (VBB) = 3b x 85 x 10

Where: 3b means three blocks.

وعليه فقد اتفق على أنه الكثافة التيارية (Current ampacity) تؤخذ في التصميم لقضبان توزيع أقل من ٣٠٠٠ أمبير بقيمة (١,٥) أمبير/مم^{٢} , ولقضبان توزيع أكبر من أو تساوي ٣٠٠٠ أمبير بقيمة (١) أمبير/مم^{٢}ومن هنا نقوم بتعريف الكثافة التيارية لقضبان التوزيع **وهي مقدار ما يتحمله كل ١ مم^{٢} من شدة تيار** .



A: Incoming device - **D:** Outgoing device

قضيب التوزيع هو مكون كهربي في أنظمة التوزيع الكهربية يستخدم لتجميع التيار من نقاط الدخول لأي نظام كهربي ويقوم بالتوزيع على دوائر الخروج المتعددة , بمعنى آخر لتوصيل القدرة ما بين نقطتي الدخول والخروج .

العوامل التي يتوقف عليها تصميم ومساحة مقطع قضبان التوزيع العمومية :-

1- قيمة التيار المار (In)
2- أقصى تيار قصر مسموح به
3- درجة الحرارة المحيطة باللوحة
4- درجة الحماية (IP) لجسم اللوحة
5- قيمة معامل التشتت (Diversity Factor)
6- التوسعات المستقبلية باللوحة
7- القيود المعرفة لزمن تشغيل ودخول أجهزة الحماية

تحذير هام : يجب مراعاة عدم تقليل مساحة مقطع القضبان لقيم أقل خوفا من حدوث ارتفاع في درجة الحرارة

Type of bars	Rated current In (A)											
	Ambient temperature around the switchboard											
	25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
Cross section/phase	IP ≤ 31	IP > 31	IP ≤ 31	IP > 31	IP ≤ 31	IP > 31	IP ≤ 31	IP > 31	IP ≤ 31	IP > 31	IP ≤ 31	IP ≤ 31
1 bar 50 x 10 mm	1330	1220	1260	1160	1200	1080	1130	1010	1060	940	990	●
1 bar 60 x10 mm	1550	1400	1470	1320	1400	1250	1320	1160	1240	1070	1160	●
1 bar 80 x 10 mm	1990	1800	1890	1700	1800	1600	1700	1500	1600	1390	1500	●
2 bars 50 x 10 mm	2270	2090	2160	1980	2050	1850	1930	1740	1810	1610	1690	●
2 bars 60 x10 mm	2550	2270	2420	2140	2300	2000	2170	1870	2030	1720	1900	●
2 bars 80 x 10 mm	3110	2820	2970	2660	2820	2500	2660	2330	2500	2160	2330	●
2 bars 100 x 10 mm	3650	3280	3490	3100	3300	2900	3130	2720	2950	2510	2750	●

● Connection not possible because of the device's temperature operating restrictions.

Example: To ensure the transportation of a rated current In of 2300 A with an IP < 31 and an ambient temperature of 35°C around the switchboard, you must choose 2 bars with a cross-section of 60 x 10 mm for each phase. This table was calculated for a permissible short-circuit current of 85 kA/1s.

معامل التشتت (Diversity Factor) : يعبر عن دخول أحمال مربوطة على نفس قضيب التوزيع في أوقات متباينة من خلال جمع قيم التيارات المختلفة ليعطى رقم اجمالي يتم ضربه في قيمة معامل التشتت كما هو موضح بالجدول عاليه ليعطي في النهاية قيمة التيار (In) الذي يجب أن يصمم عليه قضيب التوزيع .

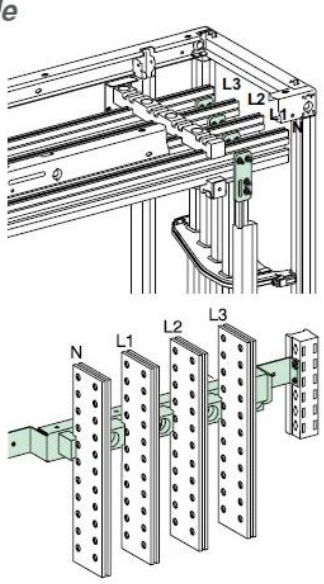
The order of the busbars is usually N, L1, L2 and L3:
- from the front to the rear of the switchboard,
- from the left to the right of the switchboard.

This order is not imposed by the standard. It is recommended for the following reasons:
- safety,
- ease of connection of switchgear,
- easier access to the Neutral bar.

At any event, follow the order recommended in the technical guides.

Whatever the order chosen, the bars must be marked.

Example

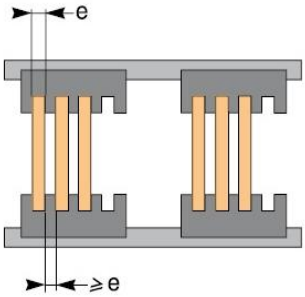


يفضل أن يكون ترتيب تركيب قضبان التوزيع باللوحة من الأعلى إلى الأسفل بمعنى تركيب (L1-L2-L3) بالأعلى , وتركيب (PE - N) بالأسفل لضمان حدوث التشتت الحراري بأسرع وقت على طول قضيب التوزيع أما إذا دعت الحاجة للتركيب بوسط أو أسفل اللوحة لابد من تركيب نظام تهوية قسري باللوحة وكذلك لابد من مراجعة المصنع في ذلك , لضمان سهولة التركيب والأمان والتوصيل , يتم ترتيب قضبان التوزيع عند التركيب سواء من الأمام إلى الخلف أو من اليسار إلى اليمين وذلك لتلك الأسباب ولكن لا توجد أية توصيات في مواصفة قياسية بذلك .

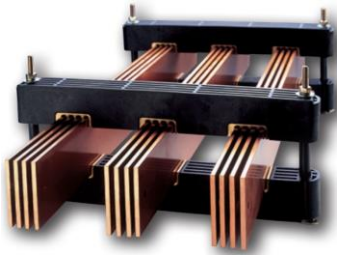
- في حالة تركيب مجموعة من القضبان لكل وجه على حده لابد من ترك مسافة بين كل قضيب وآخر لنفس الوجه على الأقل تساوي سمك القضيب الواحد ,
- يتم تركيب قضبان التوزيع سواء عارية أو معزولة وذلك لتلاشي تأثير مخاطر القصر وذلك من خلال التالي :-

1- مسافات الخلوص
2- مسافات الزحف
3- عدد دعامات التثبيت
4- قواعد تأمين هذه الدعامات

If the installation requires several bars per phase, leave enough space between them (at least the thickness of the bar) to enable optimum ventilation of the busbar.



Depending on systems installation, other technical choices can be implemented. These were tested for validation.



Install the busbars (bare or insulated) in such a way as to eliminate all risk of short-circuits, in particular by complying with:

- clearances,
- creepage distances,
- the number of supports to install,
- the rules for securing these supports.

ولتصحيح الوضع الحراري داخل لوحة التوزيع ، هناك عدة احتمالات تعتمد على تبديد الحرارة بطريقة الحمل :

١- التهوية الطبيعية ٢- التهوية القسرية ٣- تكييف الهواء

Equipotential bonding

ملحوظة : أما بالنسبة لقضبان التوصيل الارضى فمن المتعارف علية أن مساحة مقطع قضيب الأرضى نصف مساحة مقطع قضيب التغذية القدرة.

3. العوازل

المواد العازلة هى مواد غير معدنية ذات مقاومة كبيرة لمرور التيار الكهربي في الظروف العادية وليس بها أي الكترونات حرة وهذه المواد تختلف فيما بينها من حيث مقاومتها لمرور التيار الكهربي فلكل مادة عازلة مقاومة نوعية خاصة بها كما تعتمد قوة العزل على مقاومتها لعوامل كثيرة تفقد هذه المواد قوة العزل مثل الخشب كمادة عازلة تفقد خواصها عندما تمتص الرطوبة .

الخواص الكهربية للمادة العازلـة :-

1- المقاومة الحجمية النوعية :

قدرة المادة على مقاومة سريان التيار الكهربي في كل حجمها وتتراوح قيمتها في المواد العازلة ما بين (١٠١٠ أوم.سم : ٢٠١٠ أوم.سم) .

2- المقاومة السطحية النوعية :

قدرة المادة العازلة على مقاومة سريان تيار التسرب في نطاق سطحها وتقاس بالأوم .

3- المتانة الكهربية :

الجهد الذي يكسر المادة العازلة كهربيا لكل وحدة "مم" من سمك المادة وتسمى عملية الكسر بانهيار المادة العازلة .(المتانة الكهربية = جهد انهيار المادة العازلة / سمك المادة العازلة " ك.ف / مم ")

وتتوقف المتانة الكهربية لأي مادة عازلة على :-

1- سمك الوسط العازل
2- درجة حرارة الوسط العازل
3- حالة الجهد المستخدم (تيار متردد – تيار مستمر)
4- مدى تأثير الجهد على الوسط العازل

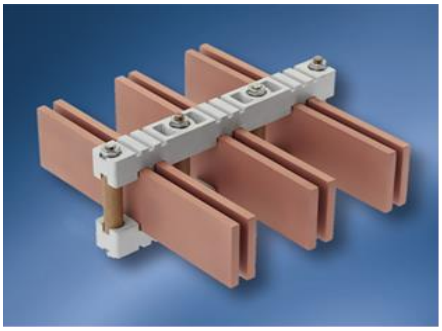
أنواع انهيار المادة العازلة : (مطلوب صور توضيحية)

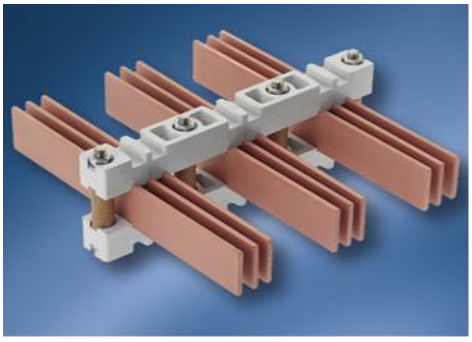
١- انهيار كهربي : نتيجة التأثير المباشر للمجال الكهربي على الأيونات الموجودة في المادة العازلة فتكسب هذه الأيونات سرعة عالية جدا لدرجة أنها تؤين جزيئات المادة العازلة وتحولها إلى أيونات تؤدي لمرور تيار يؤدي لانهيار العزل .

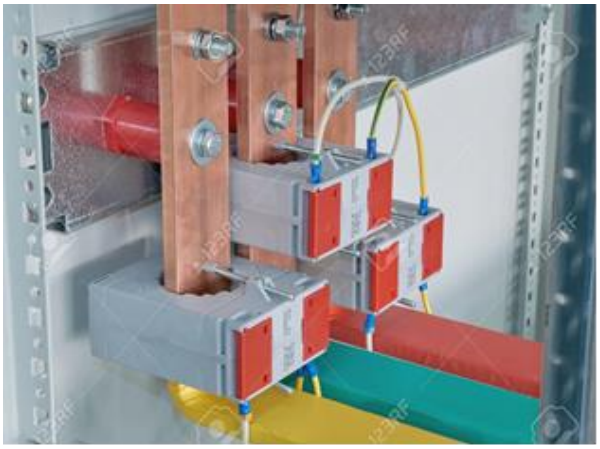
٢- انهيار حراري : عبارة عن تهشم المادة العازلة حيث أن المعامل الحراري للمواد العازلة الصلبة سالبا أي بارتفاع درجة الحرارة تقل مقاومة المواد العازلة الصلبة .

الدعامات Supports :

تستخدم الدعامات لتثبيت القضبان النحاسية وتستخدم أيضا كعازل لا يقل عن العوازل الاساسية من حيث قوة عزله وأيضا كتقسيم جيد بين القضبان النحاسية حتى نضبط المسافة بينها ليتساوى الفاصل بينها بحيث يساوي ١,٨ سم وتكون مستقيمة . والمواصفة العالمية تبين المسافة بين كل دعامة والأخرى تتراوح من ٥٥ سم الى ٧٠ سم حتى لا يحدث تأرجح بين القضبان النحاسية , ومن المواصفات القياسية للعوازل ان تتحمل درجة الحرارة العالية عند مرور تيار كبير







4. محولات الجهد و محولات التيار

Potential or voltage transformer (P.T) or (V.T) – Current transformer

الغرض من محولات الجهد والتيار :

١- تخفيض قيمة الجهد والتيار إلى قيم مناسبة يمكن قياسها بأجهزة القياس أو الوقاية

٢- عزل الدوائر الموجودة في الجانب الثانوي سواء أجهزة (قياس – وقاية) عن الجانب الابتدائي ذي الجهود والتيارات العالية .

٣- استخدام قيم قياسية للجهد / للتيار للأجهزة الموجودة في الجانب الثانوي .

أولا :- محولات الجهد V.T :-

توصل محولات الجهد على التوازي وتقوم محولات الجهد بتخفيض الجهد إلى (١٠٠ - ١١٠) فولت لتغذية :

أجهزة القياس مثل : (العدادات – جهاز قياس المتغيرات الكهربية – جهاز قياس فرق الجهد - الخ)

أجهزة الحماية مثل : جهاز الوقاية من (ارتفاع وانخفاض الجهد - القصر – سقوط وتتابع الأوجه - الخ)

لابد من أن يكون الفقد في الجهد أقل ما يمكن على الجانب الثانوي ويجب أن تكون نقطة التشغيل لها بعيدة قدر الإمكان عن منطقة التشبع للقلب الحديدي , وتعمل محولات الجهد تقريبا عند اللاحمل وتوضع على أطراف الابتدائي الجهد المراد قياسه وعلى أطراف الثانوي جهاز القياس أو جهاز الحماية ونسبة التحويل لها :

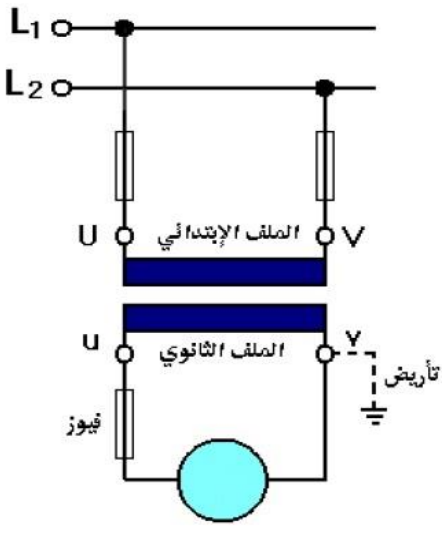
$$K = N1 / N2$$

التركيب :

يتركب من (قلب حديدي – ملف ابتدائي – ملف ثانوي)

حيث يمثل القلب الحديدي الدائرة المغناطيسية

ويمثل الملفين الابتدائي والثانوي بالدائرة الكهربية



جهاز (حماية /

المواصفات الخاصة بمحولات الجهد :

١- الجهد المقنن : على الجانب الابتدائي مثل الجهد (١١) ك.فولت

٢- مستويات الجهد : ويقصد بها الجانب الثانوي (١٢ – ٢٤ – ١٠٠ – ١١٠) فولت

٣- جهد الإنهيار : وهى أقصى قيمة يتحملها المحول بصورة مؤقتة و لحظية وذلك عند الأعطال

٤- نسبة التحويل : **K = N1 /N2**

٥- درجة الدقة : وهى توصف نسبة الخطأ في قراءة محول الجهد من حيث المقدار والزاوية وبالتالي تحدد هل المحول مناسب للاستخدام مع جهاز قياس أم جهاز تحكم وأهم درجات الدقة القياسية لأجهزة القياس

ثانيا :- محولات التيار C.T :-

الغرض من محول التيار تغذية أجهزة القياس أو الحماية بتيار صغير تتناسب قيمته مع التيار الاصلي المار في الدائرة ويفضل دائما أن تكون قيمة التيار في الجانب الثانوي في حدود من (١ – ٥) أمبير في الأحوال الطبيعية من خلال نسب التحويل القياسية التالية : (٥/١٠٠ – ٥/٢٠٠ – ٥/٣٠٠ ..... حتى ١/٣٠٠٠) ويوصل محول التيار على التوالي بالدائرة

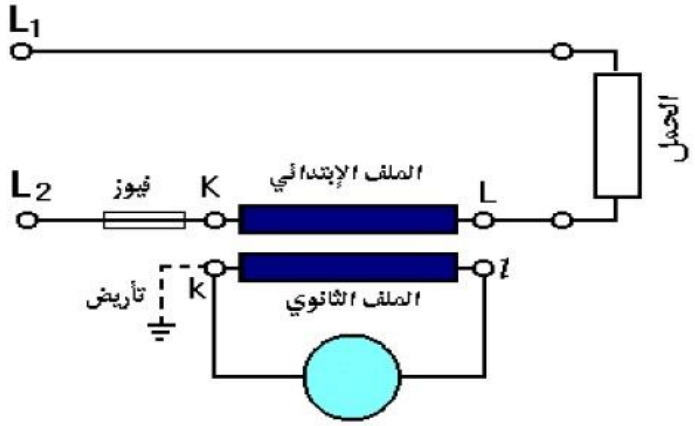
التركيب :

يتركب من (قلب حديدي – ملف ابتدائي – ملف ثانوي)

حيث يمثل القلب الحديدي الدائرة المغناطيسية

ويمثل الملفين الابتدائي والثانوي بالدائرة الكهربية

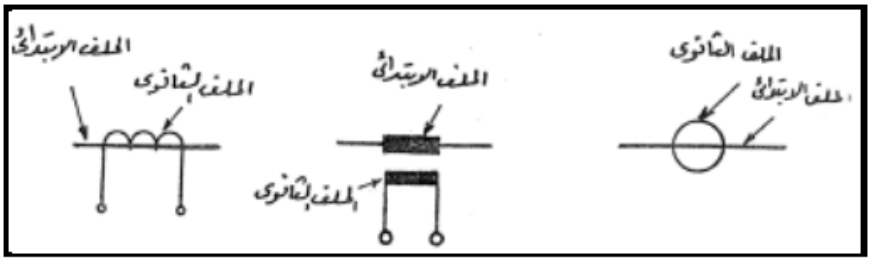
الملف الابتدائي عبارة عن موصل ذو مساحة مقطع كبير وعدد لفات قليل ويتصل بالتوالي في الدائرة والملف الثانوي عبارة موصل ذو مساحة مقطع صغيرة بعدد لفات كبيرو كلما كانت المقاومة والممانعة لمحول التيار أقل ما يمكن كلما كبرت درجة الدقة لمحول التيار .



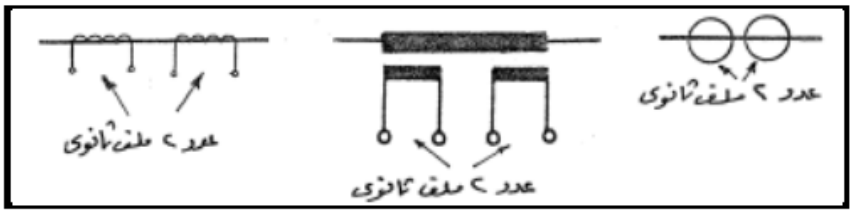
جهاز (حماية / قياس)

طريقة تمثيل محول التيار :

كما ذكنا يتكوم محول التيار من ملف إبتدائى وملف ثانوى وقلب حديدى وبالتالى يمكن تمثيله كما فلى الشكل التالى



يمكن أن يحتوى محول التيار على أكثر من ملف ثانوى كما يبين الشكل التالى محول تيار يحتوى على ملفين ثانويين



لماذا يجب قصر طرفي محول التيار عند عدم اتصالهم بحمل؟

في محول التيار تتحدد قيمة تيار الابتدائي (المار في الكابل أو الخط أو القضبان العمومية...إلخ) حسب ظروف الشبكة ولا دخل لتيار الثانوي في قيمته (على عكس محول الجهد). أي أن تيار الابتدائي مستقل عن ظروف المحول بما فيها ظروف دائرته الثانوية. يقوم معظم تيار الابتدائي بإنتاج الفيض المغناطيسي في قلب المحول الذي يقوم بتوليد قوة دافعة كهربية في ملفات الثانوي. أي أن تيار الابتدائي يمثل (في أغلبه) تيار المغنطة. يقوم تيار الحمل (في الثانوي) بمهمة إنتاج فيض مغناطيسي معاكس لفيض الابتدائي مما يُحد من الفيض المحصل وبالتالي من الجهد على طرفي الملف الثانوي. وفي حالة عدم اتصال دائرة الثانوي لمحول تيار بحمل مع بقائها مفتوحة فإن تيار الثانوي ينعدم، وينعدم معه التأثير المضاد للفيض المغناطيسي الكبير الناتج من تيار الابتدائي ذي القيمة العالية (أو العالية جداً). وحينئذ يرتفع فرق الجهد بين طرفي الثانوي (المفتوحين) إلى مستويات كبيرة جداً قد تصل إلى الحد الذي يسبب مخاطر كبيرة لكل من المحول أو للشخص المتعامل معه أو للمُعدة التي تحتوي المحول أو المجاورة له. كما يتأثر القلب الحديدي للمحول في هذه الحالة بالقيمة العالية جداً للفيض المغناطيسي بما تسببه من تعرضه للتشبع الشديد وكذلك مستويات عالية من الحرارة الناتجة من التيارات الدوامية والتخلف المغناطيسي.

ما هو مصطلح BURDEN ؟؟

كلمة BURDEN وهي مصطلح يعبر عن حمل دوائر القياس والوقاية الموصلة على ثانوي محول التيار. و تقاس ال BURDEN بال Volt Ampere وليس بالأوم ولكنهما متكافئان ويمكن إستنتاج أحدهما بدلالة الآخر فعلى سبيل المثال محول التيار الذى يتحمل burden قدره 12.5 VA وتياره الطبيعى فى الثانوى يساوى 5A يمكنه فى الواقع تحمل توصيل Burden قدره $Z_B = P/I^2 = 12.5/25 = 0.5\ \Omega$

ودائما ما تكتب على ال Name Plate كرقم مثل 15 VAاو 30 VA و دائما ما يذكر بجوارها رقم الAccuracy مثل 5P20 اذا كانت دائرة وقاية او مثلا Cl 0.5 اذا كانت دائرة قياس

وكلما كان جهاز الوقايه يمثل low burden على محول التيار كلما كان ذلك أفضل لأننا لن نحتاج فى هذه الحاله إلى محول ذى قدره عاليه . وهذه إحدى الميزات العديده لأجهزة الوقايه الرقميه لأنها تمثل Low Burden مقارنة بأنواع الأجهزة التقليديه (Electromagnetic or static relays) .

ويوضح الشكل التالى قيمة معاوقة جهاز الوقايه / القياس على إحتمالية تشبع محول التيار ، فكلما زادت مقاومة الجهاز ، كلما زاد الجهد بين أطرافه ، كلما إقترب من نقطة الإنقلاب وهذا يعنى أن محول التيار على وشك أن يتشبع .

ما أهم مواصفات محول التيار ؟

من أهم الكميات التى يجب توصيفها بدقه مع محول التيار ما يلى :

- الحمل Rated Burden هى القدرة بالفولت أمبير التى يمكن تحميلها على محولات التيار أو الجهد بصفة دائمة على أن تظل قيمة الخطأ فى التيار وزاوية الوجه فى الحدود المسموح بها حسب مستوى الدقة للمحولات وهى تقاس بالـ VA ومن أشهر القيم المستخدمه : (2.5 , 5 , 7.5 , 10 , 15 , 30 VA)
- أقصى تيار يتحمله Continous Rated Current : وغالبا يشار إلى أقصى تيار فى الجانب الإبتدائى .
- أقصى تيار فى مده وجيزه Short circuit current & duration time : وغالبا يشار إلى تيار الثانوى وغالبا تكون المده المحسوب عليها أقصى تيار تتراوح بين نصف ثانيه وثلاث ثوانى .
- تيار الثانوى Rated : وغالبا يكون 1 أو 2 أو 5 أمبير . وغالبا إذا زادت المسافه بين محول التيار وبين جهاز الحمايه عن 30 متر فإننا نستخدم تيارا ثانويا يساوى 1A .
- نسبة التحويل Turns ratio : وأقصاها عمليا 3000/1 وهناك بالطبع قيم أصغر من ذلك .
- الـ Class : وتعتبر من أهم وأشهر القيم التى يوصف بها المحول .

ومن أشهر الـ Classes المستخدمه فى الوقايه فقط هى 5p , 10P بالإضافه إلى الـ Class X الذى يستخدم مع أجهزة الوقايه التفاضليه وذلك طبقا للمواصفات البريطانيه BS . وغالبا يستخدم Class 5P مع Instantenous OC relays بينما يستخدم Class 10P مع أجهزة الـ overcurrent من النوع المعروف بـ IDMT . بمعنى أنه كلما كانت الدقه المطلوبه عاليه كلما تميزت الـ Class المستخدمه برقم أصغر ، أما التطبيقات التى لا تحتاج لدقه عاليه فيكتفى فيها بـ Class X

- Accuracy limit Factor ALF : قيمه تعبر عن أقصى تيار يمر فى الجانب الإبتدائى دون أن تتأثر دقة القراءه فى الجانب الثانوى ، بمعنى آخر أقصى تيار يمر فى الإبتدائى قبل أن يتشبع القلب ، ويتشوه تيار الثانوى .

على سبيل المثال لو أن محول تيار له نسبة تحويل 200/1 وكانت قيمة ALF = 5 ، فهذا يعنى أن أقصى قيمه لتيار الإبتدائى دون أن يحدث تشوه فى تيار الثانوى تساوى 1000 = 200*5 .

ومن الصيغ المفيده جدا والتى تعتمد على ALF تلك التى تظهر فى المعادله (2-2) والتى تحدد قيمة أقصى جهد ينشأ بين طرفى الـ CT بدلالة الـ ALF :

$$V_k = \frac{rated\ \ VA}{I_n} \times ALF\ +\ I_n \times R_{CT} \times ALF \qquad [2-2]$$

وهى تعطى قيمه قريبه لقيمة الـ V_k والتى سبق وحسبناها من المعادله (2-1) مع ملاحظة أن المعادله (2-1) كانت بدلالة Bmax وهى بقيمه لا يسهل حسابها أو معرفتها ومن هنا جاءت قيمة هذه المعادله التقريبيه .

5. الأسلاك والكابلات

**** الكابلات:-** هى موصلات تستخدم لنقل الطاقة الكهربية من المصدر للمستخدم حيث المادة الموصلة هى مادة جيدة التوصيل للكهرباء و الحرارة معا وصممت المادة الموصلة لتتحمل شدة التيار المار بها , وتبدأ الكابلات من مقاس (١٠) مم^{٢} حتى (٥٠٠) مم^{٢} , وهناك كابلات (أحادية - ثنائية - ثلاثية - رباعية - تحكم) , وتتكون المادة العازلة بها من طبقات .

**** الأسلاك :-** فهي موصلات تستخدم أيضاً لنقل الطاقة الكهربية من المصدر للمستخدم ولكن في نطاق محدود تبدأ من أسلاك اللف بأقطار صغيرة جدا من (0.5 دوزيم حتى مقاس 8 مم^{٢}) , حيث (١) مم = (١٠) دوزيم.

وهناك اسلاك خاصة بلف المحركات معزولة بالورنيش وهناك أسلاك خاصة بالتمديدات الكهربية وأخرى بدوائر التحكم معزولة بمادة البولي فينيل كلوريد (PVC) أو مشتقاتها بمساحات مقطع وأشكال متعددة .

****خواص المواد الموصلة :-**

النحاس : معدن ثقيل الوزن النوعي له ٨,٩٤ جم/سم^{٣} , ودرجة انصهاره ١٠٨٣° , يسهل تشكيله بالحدادة والدرفلة والسحب ويمكن تشغيله بالقطع ولحامه ويستخدم في الكابلات والأسلاك وملفات المحركات .

الألمونيوم : معدن خفيف الوزن النوعي له ٣,٧ جم/سم^{٣} , ودرجة انصهاره ٦٦٠° , يسهل تشكيله بالحدادة والدرفلة والسحب ويمكن تشغيله بالقطع والصب ولحامه ويستخدم في الكابلات والخطوط الهوائية لخفة وزنه ولأنه أقل ثمنا من النحاس.

الملحقات الخاصة بالكابلات :

(الترامل – الأكواس – الوصلات بأنواعها)

الترامل و الأكواس والسرافيل (Cable lugs - Tube butt connector) :

وتستخدم الترامل والأكواس لعمل وصلة نهاية كابل أو سلك بحيث من خلالها يتم الربط بإحكام بين المصدر والحمل لتتم عملية نقل الطاقة الكهربية أو نقل إشارات التحكم , وتصنع من نفس المادة الموصلة للسلك أو الكابل (نحاس - ألومنيوم) وهناك نوع آخر منها يصنع بحيث يكون من ناحية نحاس و من الجهة المقابلة من الألومنيوم وتسمى في هذه الحالة (Bimetal) , أما التي تستخدم لعمل وصلة اتصال مستقيمة وليس عند الأطراف تسمى (سرفيل) أو

(Tube butt connector) , وتصنع الملحقات بعالية بحيث تكون بنفس مقاس الكابل .

إن من أهم بؤر الأعطال داخل لوحات التوزيع الكهربية هى أطراف التوصيل للمهمات الكهربية المربوطة سواء على قضبان التوزيع أو الكابلات أو الأسلاك من حيث :

١- عدم إحكام الربط منذ البداية للمهمات .

٢- حدوث تفكك في التربيط للمهمات بشكل يتناسب مع قدرة الحمل الموصل وبمرور الوقت نتيجة التعرض

للإجهادات الكهربية والميكانيكية.

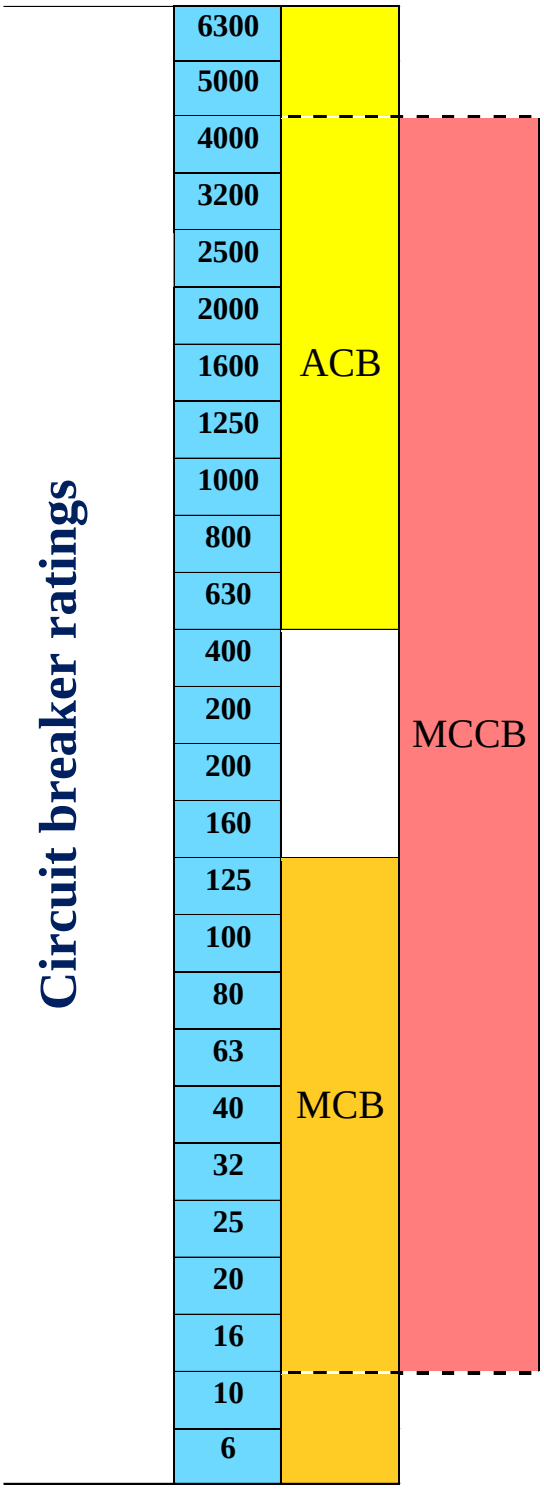
٣- في حالة عمل صيانة لأطراف التوصيل لكابل الدخول لأحد القواطع الكهربية استبدال نهايات أطراف التوصيل بنهايات مصنوعة من مادة غير مادة أطراف التوصيل .

مثال : أكوس نحاس تالف يستبدل بأكوس ألومنيوم ويركب على كابل نحاس .

6. القواطع الكهربية (C.B)

التعريف :-

يعرف القاطع الكهربي على أنه مفتاح كهربي يستخدم لتنظيم عمليات الفصل والتوصيل بين الدوائر الكهربية والحماية والعزل فهى من حيث المبدأ مثل السكاكين الكهربية ولكن الفرق في وجود وسيلة للحماية مزوده بها .



الأنــواع :-

تنقسم القواطع الكهربيـة إلـى :

(قاطع منمنم – قاطع مقولب – قاطع هوائي – قاطع زيتي – قاطع مفرغ – قاطع سادس فلوريد الكبريت)

1- **M**iniature **C**ircuit **B**reaker **MCB**

2- **M**olded **C**ase **C**ircuit **B**reaker **MCCB**

3- **A**ir **C**ircuit **B**reaker **ACB**

4- **O**il **C**ircuit **B**reaker **OCB**

5- **V**acuum **C**ircuit **B**reaker **VCB**

6- **SF_6 C**ircuit **B**reaker **SF_6**

C.B

Specification of circuit Breaker:-

(1) Operating voltage of C.B
(2) Rated current of C.B(Ir or In) Amp.
(3) Instantaneous short circuit current (Ic.s) KA
(4) Rated breaking capacity (Ic.u) KA
(5) Types of C.B
(6) Types of poles.
(7) Earth leakage C.B

١- جهد التشغيل للقاطع Ue

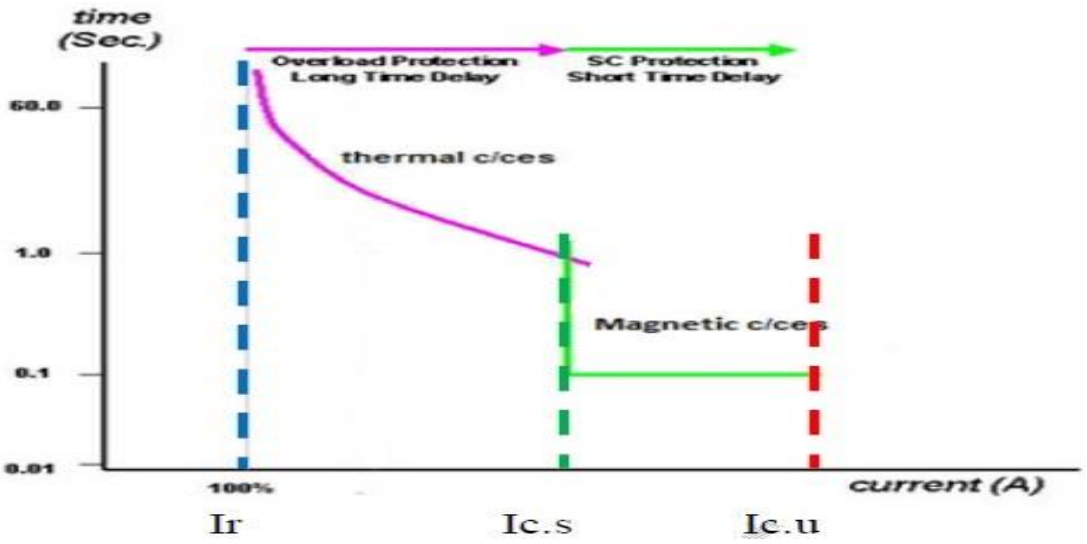
٢- التيار المقنن للقاطع Ir or In

٣- قيمة تيار القصر اللحظي مقدرا Ics - (KA) – تمثل قيمة تيار الخطأ الفعلية بالموقع

٤- قيمة الاستطاعة للقاطع مقدرة Icu - (KA) – تمثل قيمة تيار الخطأ في ظروف خاصة بالمُصنّع "معمليا"
وهو أقصى تيار قصر يتحمله القاطع دون أن يتلف

٥- نوع القاطع

٦- عدد الأوجه



- I_{rated} : Depending on KVA of load.

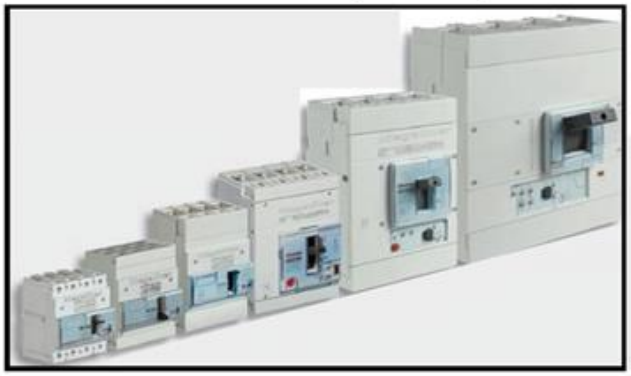
- $I_{s.c}$ & $I_{c.u}$: Depending on size of impedance Z (Cables – Busbar - Transformer).

Operating voltage of C.B

Low voltage	*Medium voltage*	*High voltage*
(1V – 1KV)	*(1KV – 66KV)*	*(66KV – 500KV)*
1 ϕ– 220 3 ϕ– 380 V	11 KV, 22KV 6.6KV,3.3 KV	132KV, 220KV 500KV
MCB – MCCB - ACB	SF6 - Vacuum	Oil - SF6

Low voltage C.B

Moulded Case C.B (16~4000A)



Miniature C.B (6~125 A)

Air C.B (630 ~ 6300A)

So, how to select the suitable type?

The answer is where the **location of C.B** in the network.

A.C.B	A.C.B M.C.C.B	M.C.C.B	M.C.C.B M.C.B	M.C.B

6300A 4000A 630A 125A 16A 6A

(1) If C.B Ir = 6 A or 16 A M.C.B

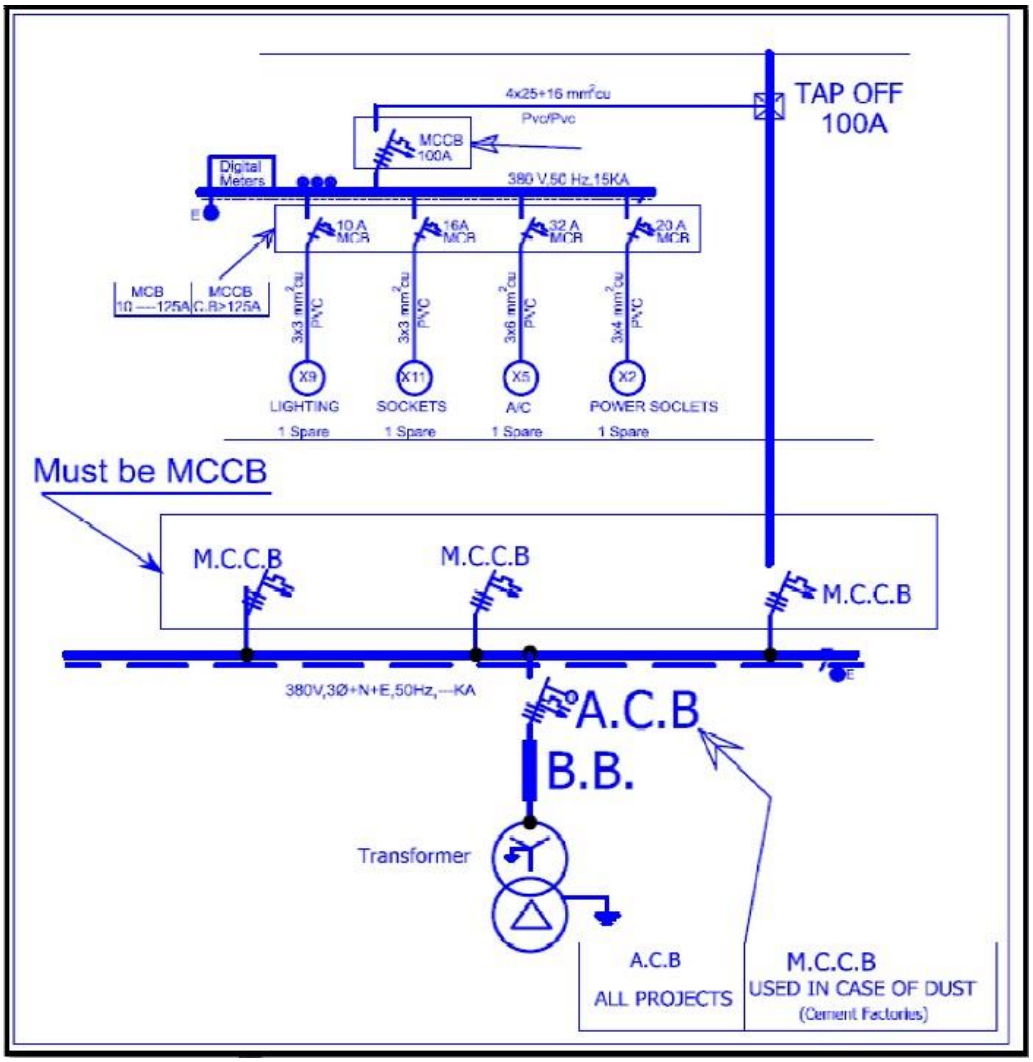
(2) If C.B 125 A < Ir < 630 A M.C.C.B

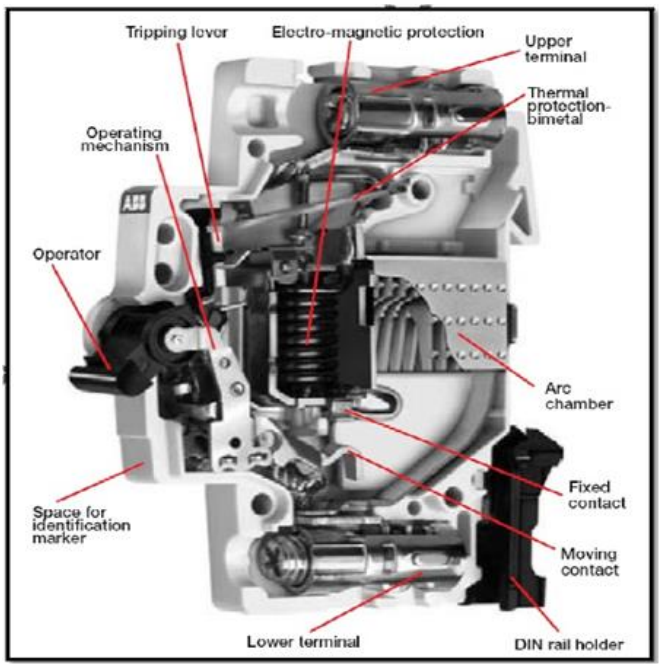
(3) If C.B 4000 A < Ir < 6300 A A.C.B

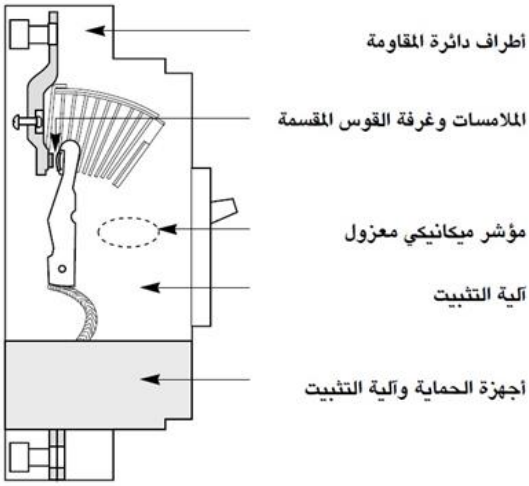
(4) If C.B 16 A ≤ Ir ≤ 125 A may be M.C.B *or* M.C.C.B

(5) If C.B 630 A ≤ Ir ≤ 4000 A may be M.C.C.B *or* A.C. B

وهذا التوزيع الموضح قابل للتغيير سواء بسعات أقل أو أكبر على حسب تطور البحث العلمي في تكنولوجيا التصنيع والمواصفات الفنية للقواطع من خلال علم دراسة المعادن (Metallurgy) , وعلى حسب الشركات المصنعة للقواطع الكهربية .







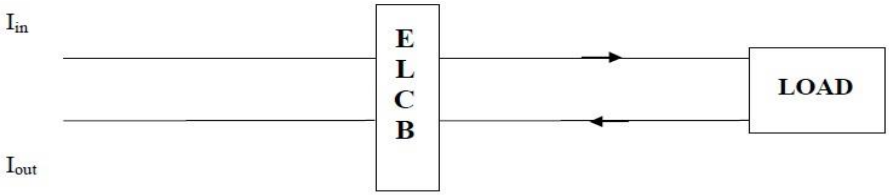
الشكل : الأجزاء الأساسية لقاطع الدائرة

(3) 3 Phase - 3 Pole C.B

(4) 3 Phase - 4 Pole C.B

Earth leakage C.B

1 ϕ ELCB 3 ϕ ELCB



$I_{in} = I_{out}$ ⟶ Normal Operation

$I_{in} \neq I_{out}$ ⟶ Earth Leakage

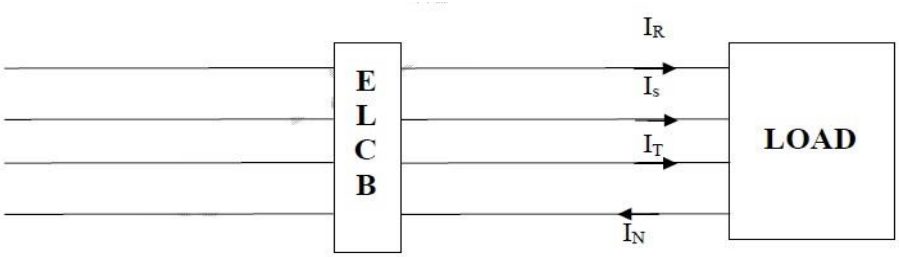
So,

$I_{in} = I_o + I_{Leakage}$

$$I_{Leakage} = I_{in} - I_{out}$$

In case of three phase system the ELCB compare the difference between the three line phase and the neutral with the adjusted setting value.

في النظام الثلاثي الاوجه يقوم القاطع (ELCB) بحساب المحصلة للمجموع الجبري للتيارات بالنظام الثلاثي الأوجه فإذا أدت إلى مرور تيار محصل بطرف التعادل ذو قيمة أكبر من أو تساوي القيمة المضبوط عليها القاطع يقوم القاطع بالفصل , وهناك أنواع تستخدم لحماية الأفراد وأخرى تستخدم لحماية الآلات على حسب قيمة التيار المحصل المار .



$I_R + I_S + I_T = I_N = Zero$ ⟶ Normal Operation

$I_R + I_S + I_T = I_N = Value$ *But* $I_R + I_S + I_T + I_N = Zero$ ⟶ Unbalance

$I_R + I_S + I_T = I_N + I_{Leakage}$ **or** $I_R + I_S + I_T + I_N = I_{Leakage}$ ⟶ Earth Leakage

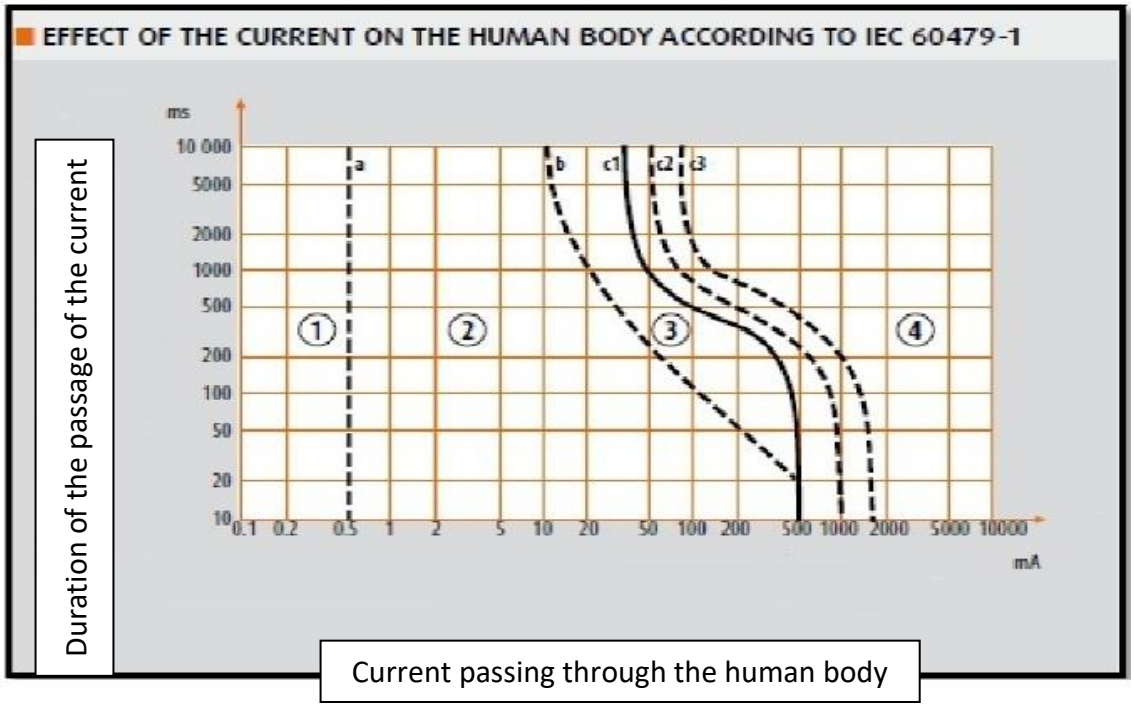
Operating Principle:-

For single phase system the ELCB compare the difference between the life and neutral phases with the adjusted setting value

Main function of ELCB

(1) To protect Human, we select $I_{setting} = I_{in} - I_{out} = 30$ mA

(2) To protect machines, we select $I_{setting} = 300$ mA



Current passing through the human body

Zone 1: No reaction to the passage of the current.

Zone 2: Generally no physiologically dangerous effect.

Zone 3: Generally no organ damage possibility at muscle contraction and breathing difficulties; reversible effects in the formation and conduction of impulses to the heart, including ventricular fibrillation, which increase with the current intensity and time.

Zone 4: In addition to the effects described for zone 3, the possibility of ventricular fibrillation can increase of more than 50% physiologically effect, such as cardiac respiratory arrest and severe burning, can occur.

C2 : probability 5%

C3 : Probability > 50%

المنطقة الأولى : لا يوجد رد فعل على مرور التيار

المنطقة الثانية : عموما لا يوجد تأثير خطير من الناحية الفسيولوجية

المنطقة الثالثة : بشكل عام لا يوجد احتمال لتلف الأعضاء في تقلص العضلات وصعوبات التنفس ؛ تأثيرات قابلة للعكس في تكوين وتوصيل النبضات إلى القلب ، بما في ذلك الرجفان البطيني ، والتي تزداد مع شدة التيار وزمنه

المنطقة الرابعة : بالإضافة إلى التأثيرات الموصوفة للمنطقة ٣ ، يمكن أن تزيد احتمالية حدوث الرجفان البطيني بنسبة تزيد عن ٥٠٪ من التأثير الفسيولوجي ، مثل توقف التنفس القلبي والحرق الشديد

بعض التعريفات الهامة عن التيارات بالقاطع المنمنم :

١- In - التيار المقنن.

٢- Icw - تيار التحمل الحراري الذي يتحملة القاطع لفترة زمنية يحددها الصانع .

٣- Ir - تيار الفصل الحراري (الفصل نتيجة حمل زائد).

٤- Im - تيار الفصل المغناطيسي (الفصل نتيجة حدوث قصر).

٥- Ics - تيار القصر التشغيلي للقاطع وهو نسبة مئوية من"Icu" .

٦- Icu - التيار الأقصى لقطع القصر ويجب اختبار القاطع بعدها.

نوع المعدة:

يختلف منحنى الحماية المستخدم حسب نوع المعدة وفى التالي بيان لذلك:

المنحنى"B" : يختار لوقاية المولدات والأشخاص والكابلات الطويلة

Im= "3 : 5" IN

المنحنى"C" : يختار لوقاية الكابلات المغذية لأحمال اعتيادية

Im= "5 : 10" In

المنحنى"D, K" : يختار لوقاية الكابلات المغذية لأحمال ذات تيار التعشيق العالي (محولات الجهد المنخفض والمحركات)

Im= "10 : 14" In

المنحنى "MA" : يختار لوقاية بادئات حركة المحركات الكهربية

Im= 12.5 In

المواصفات الفنية للقاطع المنمنم : Miniature circuit breaker MCB

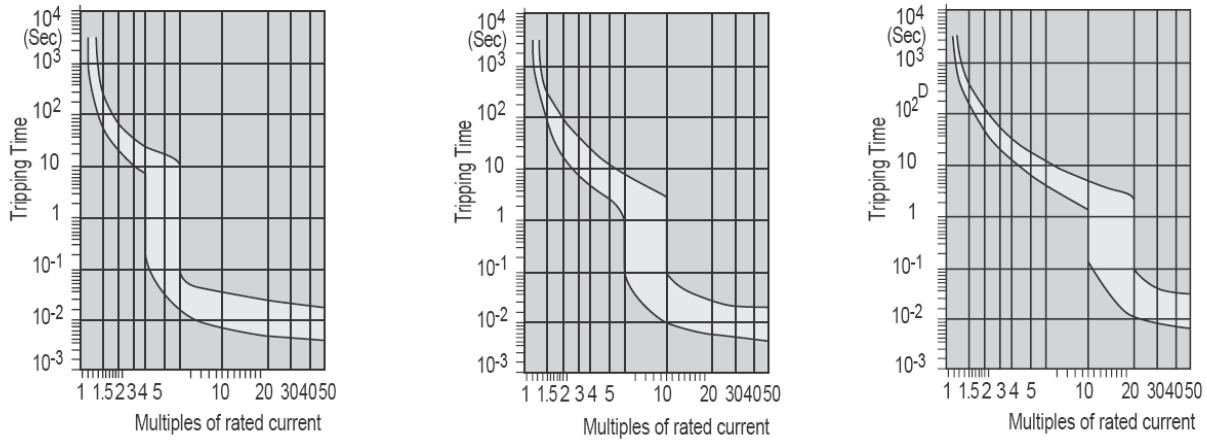
- يجب أن يحتوي القاطع على حمايتين حرارية و مغناطيسية مصنعة ومقبولة من قبل الأنظمة العالمية IEC/EN 60898 , VDE 0641 .
- درجة الحرارة : - ٥ حتى +٤٠ درجة مئوية.
- تكون هذه القواطع بتجاوب مغناطيسي (B , C , D) وذلك على حسب نوع الحمل المراد توصيله بالقاطع .
- العمر الميكانيكي للقواطع : ١٥٠٠٠ عملية
- العمر الكهربي للقواطع : أكبر من ٤٠٠٠ عملية } **يعبران عن العمر الافتراضي للقاطع**
- اختبار الجهد النبضي : ٤٠٠٠ فولت .
- جهد العزل : ٦٩٠/٤٠٠ فولت على حسب النظام وجه واحد أو ثلاثة أوجه .
- درجة التلوث : من الدرجة الثالثة وتستخدم لأغراض صناعية.
- جهد التشغيل : ٤٠٠/٢٣٠ فولت على حسب النظام وجه واحد أو ثلاثة أوجه .
- تيار القصر : ١٠ كيلو أمبير - 10 KA وفق نظام IEC/EN 60898 .
- تغذية القواطع : من الأعلى أو الأسفل.
- تتم تغذية القواطع ضن اللوحات عبر بارات شك (مسبق الصنع) خاصة لتغذية القواطع MCB .

منحنيات الفصل في القاطع MCB تنقسم إلى ثلاث فئات (B , C , D) :

- Miniature Circuit Breakers (MCB) تعنى حرفيا القواطع المنمنمة وتستخدم في الحد من تيار القصر وتوزيع الطاقة في لوحات التوزيع النهائية Final Distribution Boards كما تستخدم في الحماية من تيارات التسريب الأرضي وزيادة التيار. ويتضح من ترجمتها صغر حجمها مقارنة بالقواطع المستخدمة في لوحات التوزيع العمومية مثلا (MCCB).
- تكون مكبوسة لا يمكن فتحها وتتراوح قيم التيار المقنن لها Rated Values بين 125 A : 6 على اختلاف المصنعين لها وتتحمل سعة تيار Short Circuit Capacity لا يجب أن تقل عن 10 KA .
- طبقا لمواصفات وزارة الكهرباء يتم استخدام قاطع بقوة ١٠ أمبير لحماية دوائر الإضاءة على ألا يزيد حمل الدائرة عن ٢٠٠٠ فولت أمبير (١٦٠٠ وات عند معامل قدرة ٠,٨) مع استخدام كابل مقاس ١,٥ مم^{٢}.
  أما في حالة المآخذ فيستخدم قاطع ١٦/١٥ أمبير لعدد مأخذين ١٣ أمبير وكابل مقاس ٢,٥مم^{٢}.
- لنفس Rated MCB Value يكون هناك أكثر من فئة أشهرها ثلاثة لكل منها استخدام منفصل أو بمعنى آخر لكل منها الحمل المناسب لها وهذه الفئات هي B , C , D curves والتي يوضحها المخطط التالي طبقا للمواصفات القياسية العالمية IEC Standard.

TRIPPING CHARACTERISTICS (IEC 898-1995)

Time/Current Characteristic Curve for B,C, & D Types.



من الشكل السابق يمكن تقسيم مناطق عمل الفئات الثلاث إلى أربعة مناطق على النحو التالي:

1. المنطقة I

وهي المنطقة الميتة وتتراوح بين 113% : 0% ونلاحظ أن أيا من الفئات الثلاث لن يعمل خلالها أي أن القاطع لن يعمل قبل وصول الحمل لـ 113% من قيمة التيار المقننة.

2. المنطقة II

وهي منطقة الحماية الحرارية Thermal Protection والمعنية بالفصل في حالات زيادة الحمل Over load وتبدأ من 113% وتنتهي ببداية عمل الفصل المغناطيسي باختلاف نوع الفئة كما هو موضح في الشكل السابق.

3. المنطقة III

وهي منطقة الحماية المغناطيسية Magnetic Protection والمعنية بالفصل في حالات قصر التيار short circuit (التيارات العالية) وتختلف باختلاف نوع الفئة على النحو التالي:

1. حدود التشغيل للفصل المغناطيسي للفئة B يتراوح بين ٣ إلى ٥ أضعاف التيار المقنن وهو ما يتناسب مع أحمال المقاومة Resistive loads كأحمال السخانات ولمبات التنجستين وغيرهما من الأحمال المشابهة.
2. حدود التشغيل للفصل المغناطيسي للفئة C يتراوح بين ٥ إلى ١٠ أضعاف التيار المقنن وهو ما يتناسب مع الأحمال الحثية Inductive Loads مثل أحمال المحركات والمكيفات ولمبات الفلورسنت.
3. حدود التشغيل للفصل المغناطيسي للفئة D يتراوح بين ١٠ إلى ٢٠ أضعاف التيار المقنن وهو ما يتناسب مع الأحمال ذات المحاثة العالية Highly Inductive Loads مثل أحمال المحولات.

4. المنطقة IV

وهي منطقة الفصل اللحظي Instantaneous Protection والمعنية بالفصل في حالات قصر التيار highly short circuit (التيارات العالية جدا) وتبدأ من نهاية منطقة الفصل المغناطيسي وتنتهي بأقصى سعة مصمم عليها القاطع .

5. انهيار القاطع

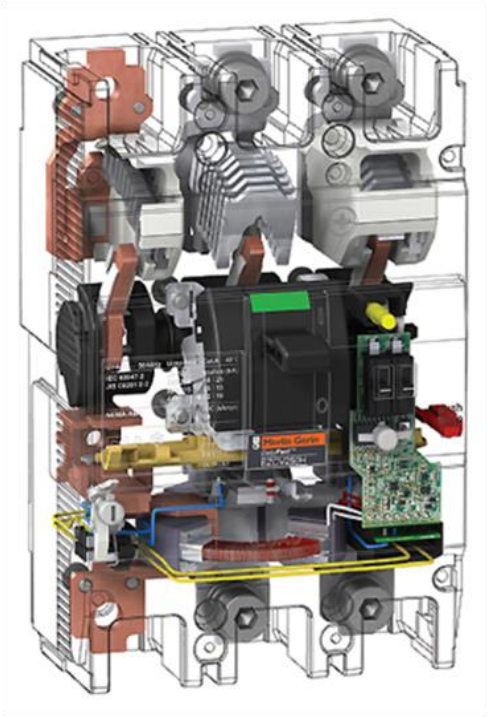
ويحدث ذلك في حالة مرور تيارات أعلى من قيمة سعة القطع التصميمية.

ويوضح الشكل التالي كيفية التعرف على نوع الفئة وبيانات القاطع الأخرى مع أنواع الأحمال المتوقعة لكل فئة وذلك لإحدى الشركات الرائدة في هذا المجال.

نقاط يجب الإشارة إليها :

1. الفئة الواحدة تحتوي على منحنيين لاعتبارات تتعلق بإمكانيات التصنيع في جميع المصانع وعليه يكون المنحنين وسيلة للتعرف على مدى الفصل للقاطع بحيث لا يقل عن القيمة الدنيا ولا يزيد عن القيمة الأعلى ولكن لا يمكن تحديد وقت الفصل بدقة أكبر من ذلك المدى.
٢. ومن ثم يجوز استخدام قواطع بسعات مختلفة في نفس اللوحة ولا يجوز التعامل مع سعة القاطع في نفس اللوحة سواء النهائية أو الرئيسية بمنطق الترقي الواجب عند التعامل مع تيار وزمن القاطع .
٣. أما التنسيق بين القواطع فيكون لزمن وتيار الفصل للقاطع (وليس لسعة القاطع) بحيث يكون زمن وتيار الفصل اقل ناحية الحمل وأكبر ناحية المصدر فمن الطبيعي عند حدوث عطل في حمل ما فمن المفروض أن يفصل القاطع الخاص بها فقط في لوحة التوزيع النهائية وبسرعة حتى لا يفصل القاطع في اللوحة الرئيسية والذي بفصله يتم فصل اللوحة النهائية بالكامل.

القاطع المقولب M.C.C.B :- حيث تختص المواصفة العالمية (IEC 947-2) بالمواصفات الخاصة بالقواطع الكهربية وهو القاطع المطبوخ ويتضح التركيب من خلال الشكل التالي :

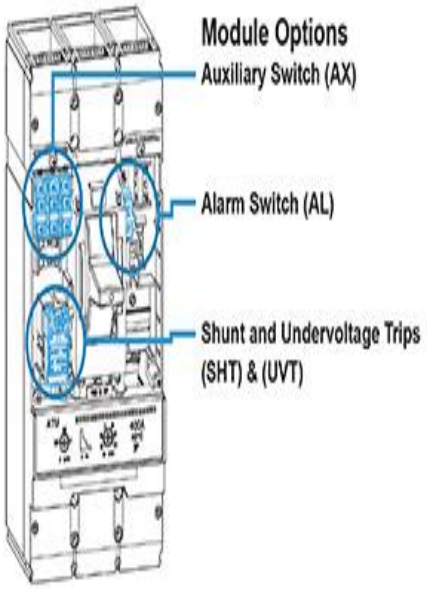


Electronic

Toroid

250 – 3P

مكونات دائرة التحكم بالقواطع الكهربائية للجهد المنخفض



Under Voltage Release coil هو ملف يتم تركيبه داخل القاطع حيث يسمح بتوصيل القاطع في حالة وصول اشارة كهربية على اطراف الملف .	
Shunt trip coil ملف الفصل هو ملف يتم تركيبه داخل القاطع للقيام بفصل القاطع الكهربى فى حالة وصول اشارة كهربية على اطراف الملف .	
Motor-mechanism ماتور شحن ملف فصل القاطع يقوم ماتور الشحن بشحن (الملف) حتى يمكن القاطع من القيام بالفصل السريع	
Auxiliary Switchالنقط المساعدة للقواطع هى نقطة N.O و N.C يتم تركيبها داخل القواطع لتحديد وضع تشغيل القاطع سواء كان متصل او غير متصل	

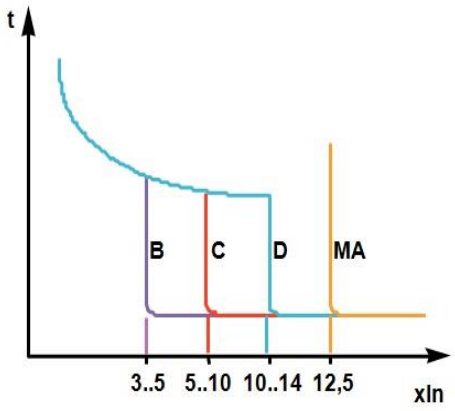
- القاطع من الفئة Cat A وهى التي تركب عند الأحمال واستطاعة الفصل لها لحظية بالمقارنة مع القاطع من الفئة Cat B , الفصل في هذه الحالة بطريقة (Energy selectivity).
- القاطع من الفئة Cat B , حيث استطاعة الفصل لها في زمن أكبر بالمقارنة مع القاطع من الفئة Cat A , الفصل في هذه الحالة بطريقة (Time selectivity).

- Number of poles عـدد أقطاب التوصيل
- Cascading الحد من قيمة التيار للقاطع الفرعي
- Continuity of service : استمرارية الخدمـة
  - ❑ Selectivity الإنتقـاء
  - ❑ Withdrawability القابليـة للسحب
- Trip unit (TM Or Electronic) وحدة الفصل و الحماية (إلكترونية أو حرارية مغناطيسية)
- Accessories & Interlocking الملحقـات و الحماية من التداخـل
- Mechanical & electrical endurance عدد العمليات الميكانيكية والكهربيـة (العمر الإفتراضي)
- Network monitoring (Communication) إمكانية المراقبة و الإتصال

- What is meaning of " Ics = Icu or Ics = 100% Icu "?

The circuit breaker carries out three successive disconnections of the Ics current (0 – 3 min – CO – 3 min – CO).

وهى استطاعة القاطع على الفصل على خطأ " تيار قصر (ك.أمبير)" ثلاث مرات متتالية يفصل بينهما ثلاث دقائق دون أن يتلف ويجب اختبار القاطع بعدها.



B curve
Tripping: 3 to 5 In (IEC 60898);
protection of generators, persons, long cables;
no current peaks

C curve
Tripping: 5 to 10 In (IEC 60898);
circuit protection (lighting, power outlets)
general applications

D &K curve
Tripping: 10 to 14 In (IEC 60947.2);
protection of circuits with high current inrush;
transformers, motors

Z curve
Tripping: 2.4 to 3.6 In (IEC 60947.2);
protection of electronics

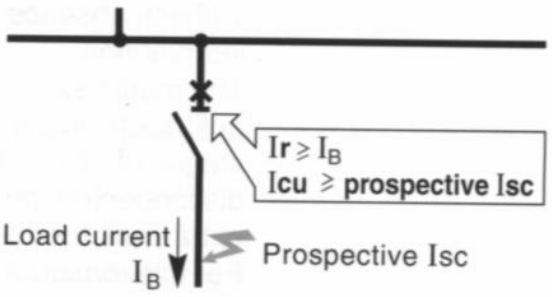
MA curve
Tripping: 12 In (IEC 60947.2);
protection of motor starters and specific applications
(no thermal overload protection).

M.C.C.B Specifications :

- Nominal current (Up to 4000 Ampere)
- High level of short circuit current (Up to 150 KA)
- Frequent operation
- Continuity of service :
  - Selectivity
  - Withdrawability
- Interlocking & Network monitoring
- Up to 630A Category A **- This clause is too important**
  Above 630 Category B

How to choose a breaker ?

- **1- Basic Criteria :** المعايير الأساسية



- Rating (U , I)
- Breaking capacity
- Number of poles (Neutral distribution system)
- IEC Standard
- Type of Load to be protected :- (Generator , Motor , Direct current ,……ect.)

- **2 - " Continuity of service " Criteria :** معايير استمرارية الخدمة
  - Selectivity
  - Withdrawability
  - Maintainability
- **3 - " Performing " Criteria :** معايير الأداء
  - Cascading (limitation of current)
  - Reverse feeding without reduction in performance

- **4 - " Comfort " Criteria :** معايير الراحة
  - Simple to install , easy to work with .
  - Field installable accessories
  - work monitoring and communication

Low voltage coordination techniques

Optimising LV electrical distribution

through 3 actions at the Protection Plan Level

تقنيات تنسيق الجهد المنخفض

تحسين التوزيع الكهربائي للجهد المنخفض

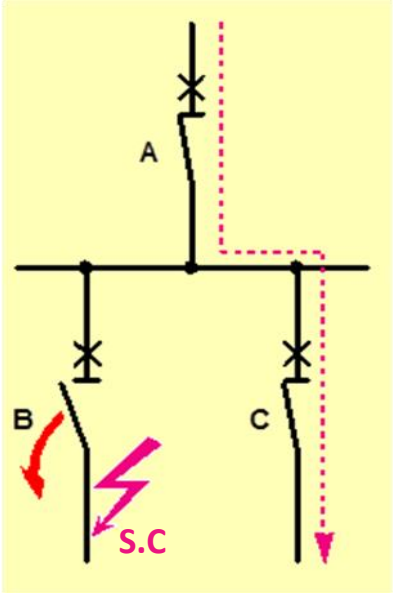
من خلال ٣ إجراءات على مستوى خطة الحماية

1 - **Discrimination** to guarantee continuity of supply	١ - "الانتقائية" لضمان استمرارية العمل
2 - **Limitation** to reduce constraints	٢ - "التحديد" لتقليل القيود
3 - **Cascading** to optimize performances	٣ - "التتابع " لتحسين الأداء

Co-ordination of protection devices :

1- Discrimination :

- **Levels of Discrimination**
  - Total discrimination
  - Partial discrimination
  - No discrimination
- **4 Types of Discrimination**
  - Current
  - Time
  - Energy
  - Logic



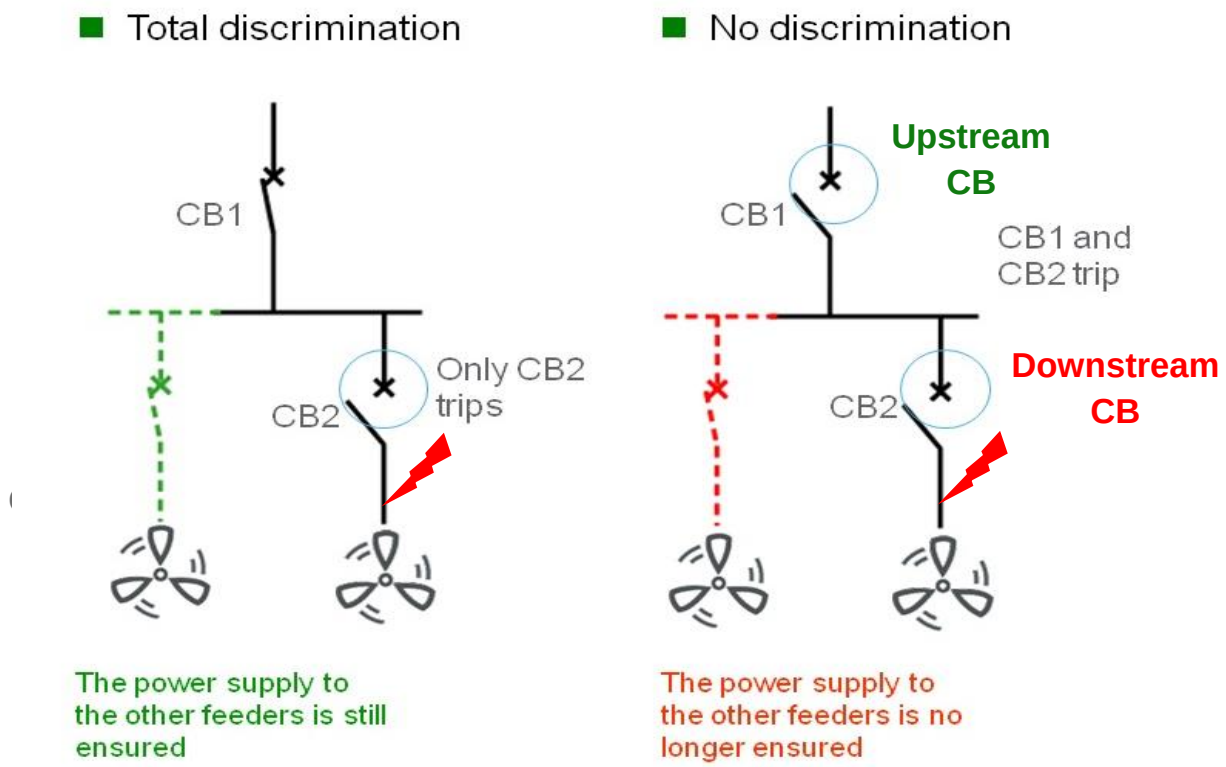
- هناك ثلاثة مستويات من التمييز أو الانتقائية :

١- التمييز الكامل ٢- التمييز الجزئي ٣- بدون تمييز

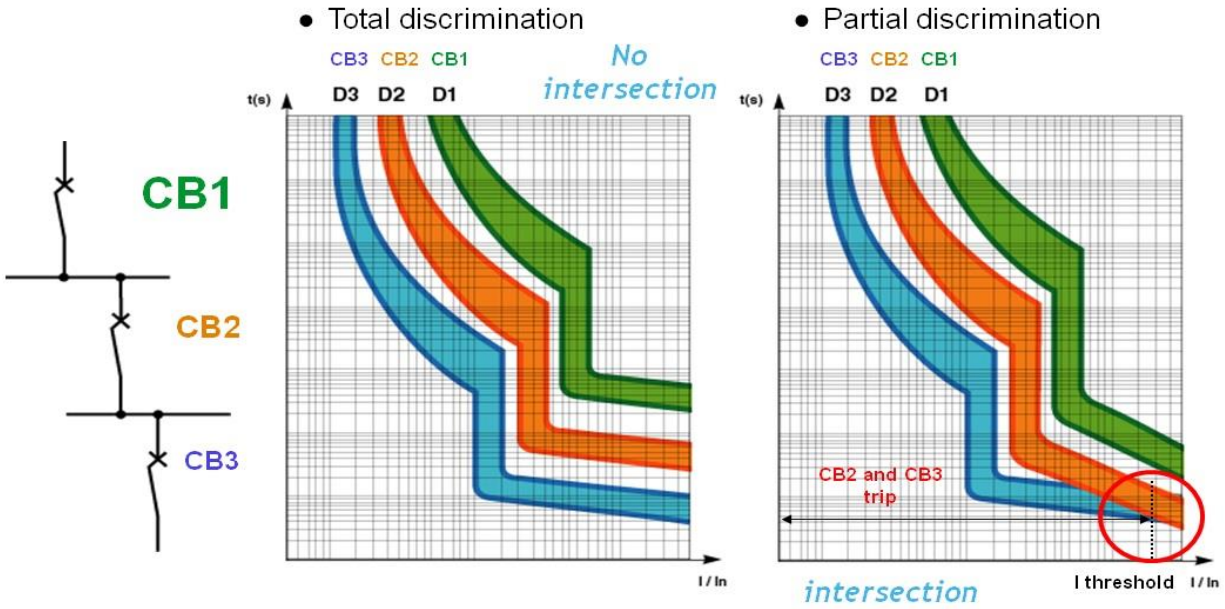
- كما يوجد أربعة أنواع من التمييز أو الانتقائية :

١- بالتيار ٢- بالوقت ٣- بالطاقة ٤- بالمنطق

1- Current Discrimination: (التمييز أو الفصل بالتيار)

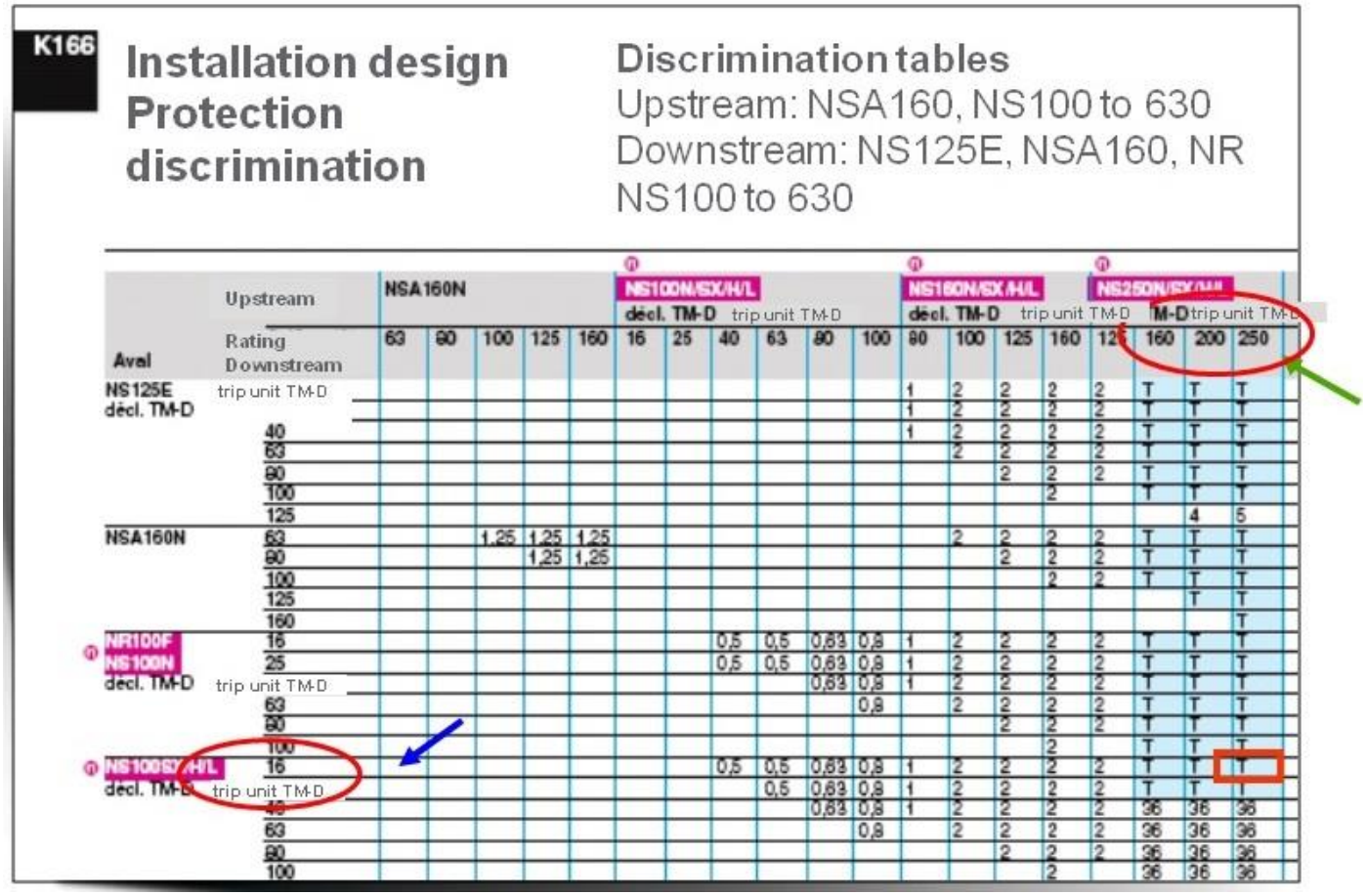


- يتضح هنا معنى التمييز من خلال وجود توافق بين القاطع الرئيسي (Up stream) والفرعي (Down stream) حيث عند حدوث عطل أو خطأ بالشكل المبين يكون القاطع ($C.B_2$) هو المسئول الأول عن الفصل وعزل تلك المنطقة تماما عن العمل وتظل باقي الأحمال بالخدمة ومن هنا تتحقق استمرارية الخدمة , أما بالشكل الثاني حدث فقد حدث فصل للخطأ وعزل كامل لمنطقة العمل وبالتالي لم تتحقق استمرارية الخدمة نظرا لعدم التوافق بين القواطع , حيث تستخدم هذه الطريقة في حالة بعد المسافة بين القواطع وبعضها أو اللوحات وبعضها من خلال كابلات مركبة.



- ومن خلال الشكل السابق يمثل العلاقة بين التيار والزمن لثلاثة قواطع ($C.B_1 - C.B_2 - C.B_3$) ويتضح من الشكل الأول وجود تمييز كامل لعدم وجود منطقة تقاطع بين القواطع الثلاثة , والشكل المجاور له يوجد منطقة تقاطع بين القاطع الثاني والثالث ($C.B_2$ and $C.B_3$) وبالتالي يوجد تمييز جزئي لهذا الشكل و لايوجد تمييز كامل .

- Discrimination tables



- هذا الجدول يمثل العلاقة بين مجموعة من القواطع الكهربية لإحدى الشركات العالمية في المجال حيث يمثل العامود الأفقي القواطع الرئيسية (Up stream) ويمثل العامود الرأسي القواطع الفرعية (Down stream) وبتمثيل خط أفقى وخط رأسي يتقاطعان في مستطيل فيدل الرقم المكتوب داخل المستطيل على وجود تمييز كامل أم جزئي أم عدم وجود تمييز كما هو المثال الموضح فالحرف المكتوب داخل المستطيل (T) وهذا معناه وجود تمييز كامل (Totally discrimination) والعلاقة بالجدول بين قاطع رئيسي ذو سعة (250 A) وقاطع فرعي ذو سعة (16 A) وبالتالي يتضح لنا هنا أن هناك نوعان من الانتقائية أو التمييز :-

1- Total selectivity : "Service of continuity"

Overcurrent selectivity where, in the presence of two protection devices against overcurrent in series, the load side protection device **carries out the protection** without making the other device.

النوع الأول: عبارة عن انتقائية التيار الزائد حيث ، في ظل وجود اثنين قاطع حماية ضد التيار الزائد متصلين بالتوالي

يقوم القاطع القريب من الحمل او الفرعي **بالفصل** دون قيام القاطع القريب من المصدر بالفصل ومن هنا

تتحقق استمرارية التشغيل .

2- Partial selectivity :

Overcurrent selectivity where, in the presence of two protection devices against overcurrent in series, the load-side protection device carries out the protection up to a given **level of overcurrent**, without making the other device trip.

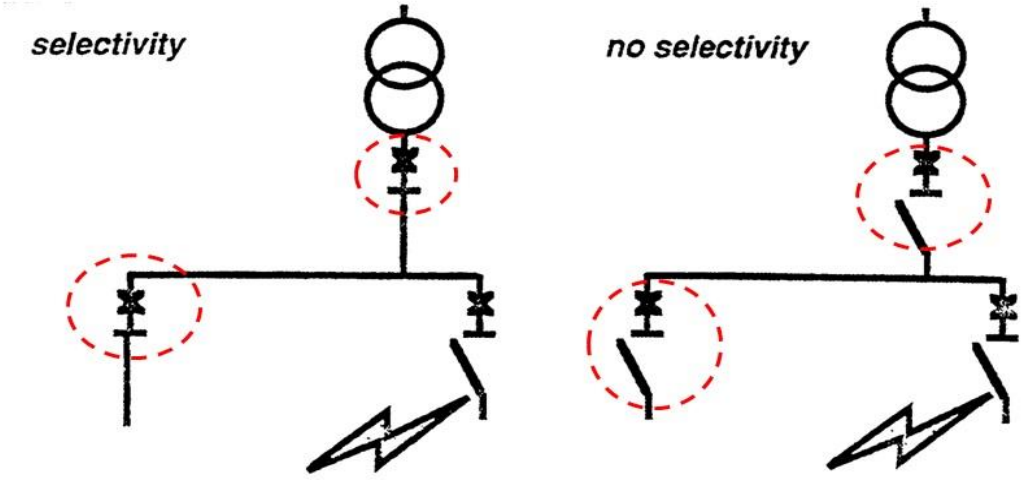
النوع الثاني: عبارة عن انتقائية التيار الزائد حيث ، في ظل وجود اثنين قاطع حماية ضد التيار الزائد متصلين بالتوالي

يقوم القاطع القريب من الحمل او الفرعي **بالفصل حتى قيم معينة للتيار** دون قيام القاطع القريب من

المصدر بالفصل .

Current Discrimination (Selectivity)

- Any fault at the network , must be immediately cleared *ONLY* by the device installed upstream of the fault.
- **Discrimination (Selectivity) = Continuity of service**

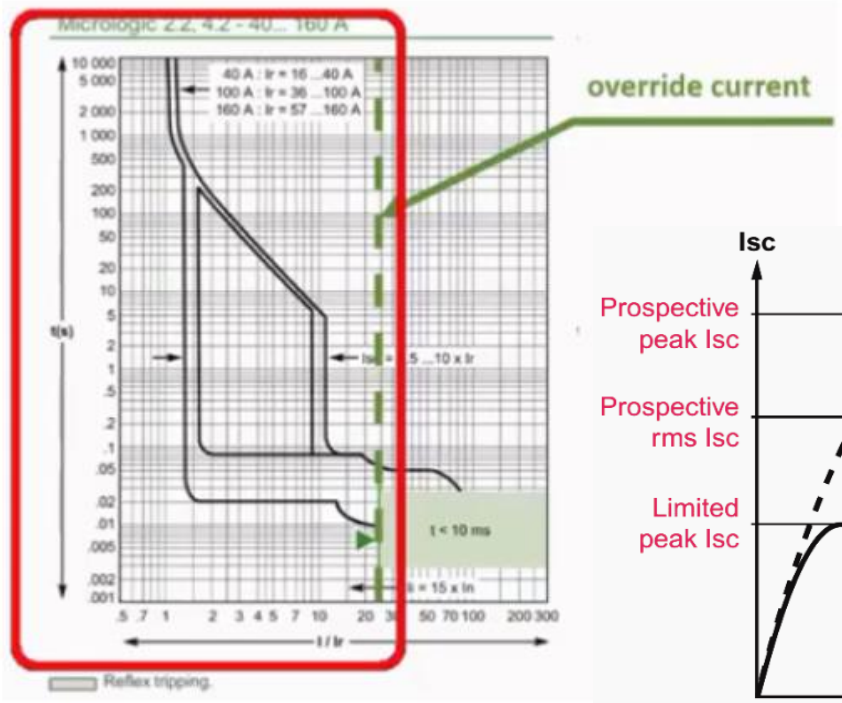


2- Time Discrimination: (التمييز أو الفصل بالزمن)

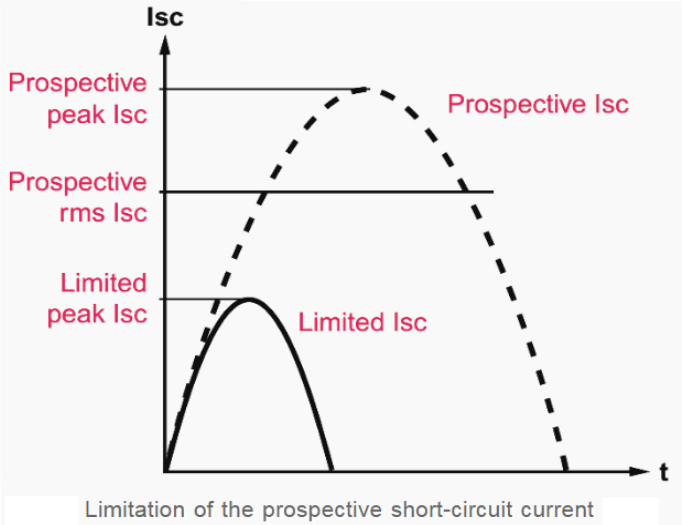
وتتشابه هذه الطريقة للتمييز مع الطريقة السابقة إلا أنه الفرق الوحيد أن هذه الطريقة تستعمل في حالة وجود قواطع في نفس اللوحة أي لا توجد مسافة كبيرة بين القواطع أو اللوحات وبالتالي قيم ($I_{s.c}$) للقواطع تكون قريبة من بعض فنلجأ هنا للتميز من خلال الوقت حيث يكون القاطع الرئيسي الأقرب للمصدر ذو زمن فصل أكبر من القاطع الفرعي والقاطع الفرعي القريب من الحمل ذو زمن فصل أقل من القاطع الرئيسي وعموما وبشكل عام القواطع التي يتم التحكم في زمن الفصل لها تكون من الفئة (Category B) .

3- Energy Discrimination: (التمييز أو الفصل بالطاقة)

على جانب آخر في حالة أنه القيمة الفعلية لتيار القصر لم تتخطى القيمة العظمى لتيار القصر بمنحنيات الفصل (Tripping curves) يتم استخدام تقنية الانتقائية سواء (بالتيار أو بالزمن) أما في هذه الطريقة من الانتقائية أن تتم عملية الفصل والحماية من تيار القصر وذلك من خلال (Reflex tripping) بمعنى أنه قيمة تيار القصر في هذه الحالة قد تخطت القيمة القصوى المسموح بها وحدث (Overriding current) وبالتي أصبح الفصل والحماية من خلال منحنيات التيار أو منحنيات التأخير الزمني غير متاح لأن قيمة التيار قد تخطت مرحلة منحنيات الفصل (Tripping curves) , ونتيجة لقيمة تيار القصر الكبيرة جدا والخارجة عن الحدود تتولد (Mechanical repulsion energy) طاقة تنافر ميكانيكية عالية جدا مما ينتج عنها ظهور قوس كهربي وانبعاث طاقة حرارية هائلة أثناء حركة أطراف التوصيل للقاطع إلى وضع (TRIP) مما يؤدي لظهور مقاومة عاليه جدا لعملية الفصل تؤدي إلى خفض قيمة تيار القصر إلى القيمة الموضحة بالمنحنى الموضح وبالتالي يحدث فصل وعزل لتيار القصر وبكده نكون خفضنا التكاليف بدلا من شراء قاطع بتيار قصر كبير واستخدام خاصية الفصل (بالتيار أو بالزمن)

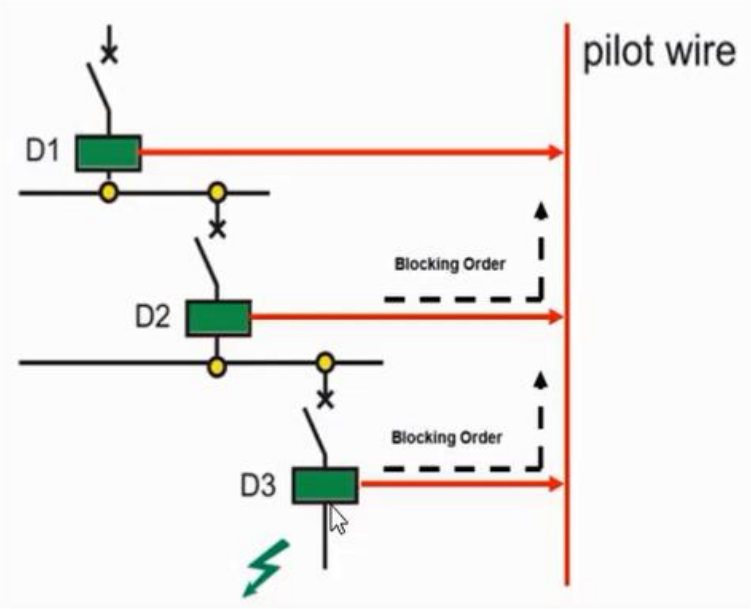


Energy discrimination



Limitation of the prospective short-circuit current

٤: Logic or Zone Discrimination- التمييز أو الفصل بالمنطق)



Logic discrimination

حيث تستخدم هذه التقنية وحدة الفصل من النوع (Electronic trip unit release) حيث تقوم على مبدأ أن يقوم القاطع (Down stream) بإرسال إشارة (Block) في زمن صغير جدا إلى القاطع (Up stream) ويقوم هو بفصل تيار القصر أو تيار العطل ليستمر التوصيل إلى الأحمال الأخرى وتم عزل منطقة العطل فقط .

2- Limitation :

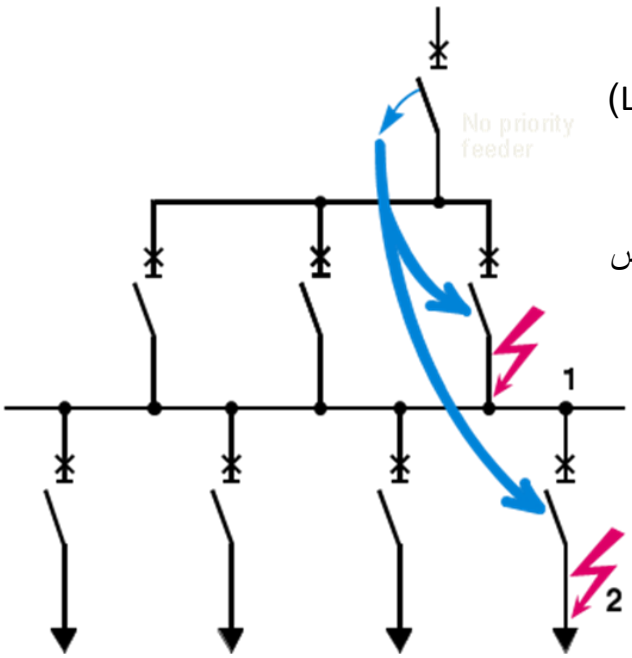
- Technique that allow for the harmful effects of short-circuit currents to be diminished
- **Limitation** reduces effects of the following type :
  - **Electromagnetic** : Reduction in EMC disturbances
  - **Mechanical** : Reduction of deformation and/or breaks
  - **Thermal** : Rise in the life span of trunking

التحديد :- فهي تقنية بتسمح بتقليل الآثار الضارة لتيارات القصر ,

- فهي تحد من التشويش أو اضطرابات التوافق الكهرومغناطيسي على أجهزة القياس .
- وتحد من التشوه الميكانيكي أو الكسر في قضبان التوزيع .
- تزيد من العمر الافتراضي للتوصيلات أو الكابلات .

3- Cascading :

- The limiting upstream circuit-breaker helps the downstream circuit-breakers to open
- Technique that allows for the cost of LV electrical distribution to be optimised



التتابع :-

- يساعد القاطع الرئيسي (Limiting upstream C.B)

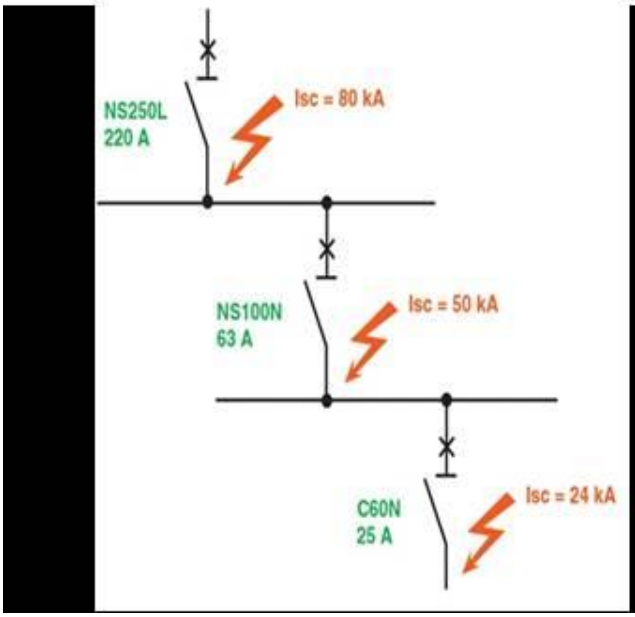
القاطع الفرعي (Downstream C.B)على الفتح

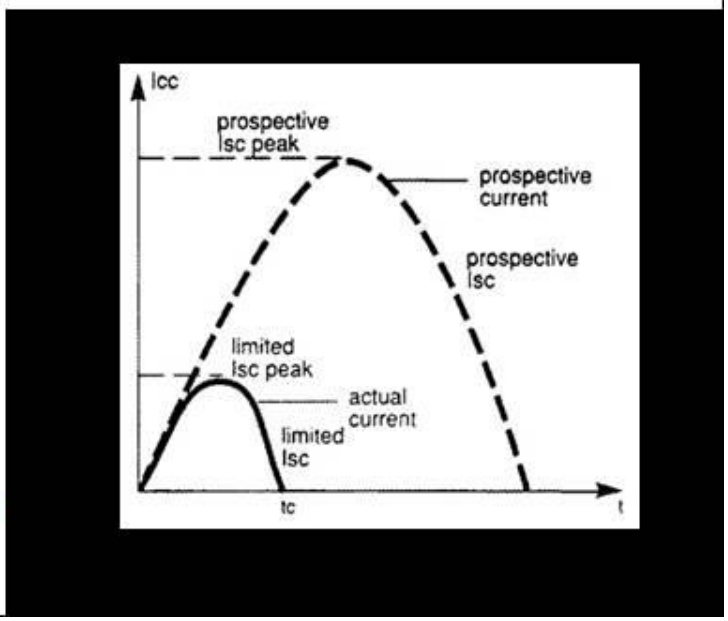
- تقنية بتسمح بتقليل تكلفة التوزيع على الجهد المنخفض

Cascading

- Cascading is the use of current limiting capacity of the circuit breaker to permit installation of lower rated and therefore lower cost down stream the breaker.
- Cascading advantages :-
  - Reduce C.B cost
  - Reduce mechanical effect (Bas bars)
  - Reduce thermal effects (Cables)
  - Reduce electromagnetic effect (Measuring devices)

Cascading = Reduction of the installation cost





- خاصية التتابع :-

تستخدم تقنية تحديد السعة التيارية لمنظومة التوزيع فيما بين القواطع : (Upstream , Downstream C.B C.B)

والمقصود بالسعة التيارية (KA) قيمة تيار القصر , وبالتالي هناك مميزات لتلك التقنية :

١- تقليل التكلفة من خلال اختيار سعات تيارية أقل لـ (Downstream C.B) .

٢- تقليل التأثير الميكانيكي على قضبان التوزيع .

٣- تقليل التأثير الحراري على الكابلات .

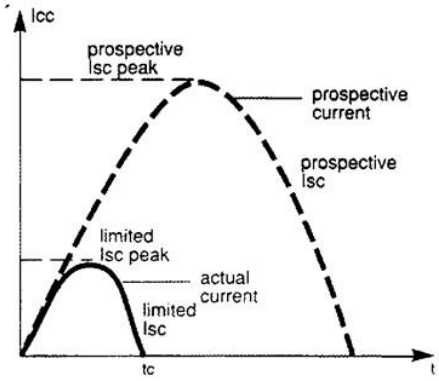
٤- تقليل التأثير الكهرومغناطيسي بين (دوائر القوى و أجهزة القياس) .

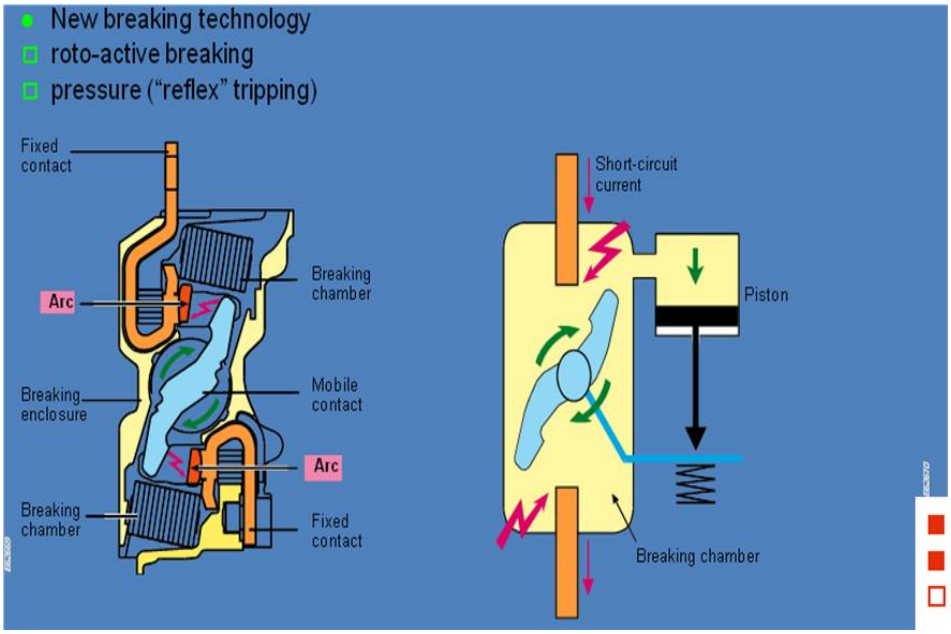
Current Limitation:

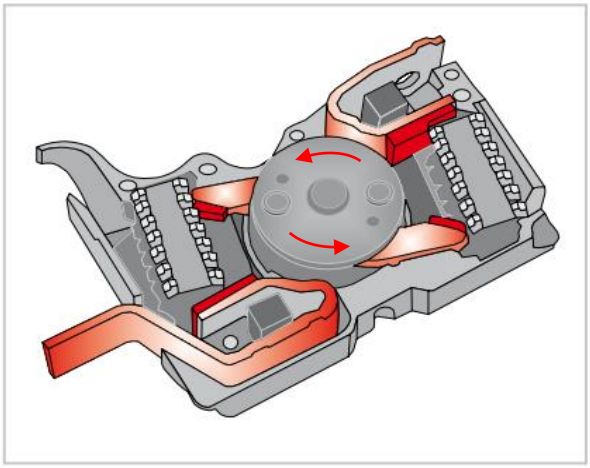
- **The aim :**
  - To limit the fault current crossing downstream the breaker
- **Advantage :**

To reduce :

- Electromagnetic effects (Measurements)
- Mechanical stresses (Bas bars)
- Thermal effects (Conductors)







MCCB's revolutionary design is equipped with **dual contacts placed in a rotary configuration or roto active breaking** that enables the device to provide the highest available interruption ratings in the smallest possible size. When the breaker reacts it does so with more than twice the speed and force of conventional breakers, thus providing excellent current limitation. This results in low peak current and energy values in the circuit and leads to lower electro-dynamic forces and thermal stress values in

the protected electrical conductors, downstream protection devices and equipment.

يعد تصميم الملامسات المزدوجة للقواطع من النوع : "MCCB" ثورة جديدة في عالم تصميم القواطع الكهربية حيث صممت نقاط الفصل والتوصيل بطريقة مزدوجة و في تكوين دائري بحيث يمكّن الجهاز من توفير أعلى معدلات الانقطاع المتاحة في أصغر حجم ممكن , عندما يتفاعل القاطع فإنه يفعل ذلك بأكثر من ضعف سرعة وقوة القواطع التقليدية ، مما يوفر حدًا ممتازًا للتيار , ينتج عن ذلك قيم منخفضة للتيار والطاقة في الدائرة ويؤدي إلى انخفاض القوى الكهروديناميكية وقيم الإجهاد الحراري في الموصلات الكهربائية المحمية وأجهزة ومعدات الحماية القريبة من الأحمال (Downstream).

Current limitation with new technology (Roto active or Dual contacts rotary configuration)

للتغلب على مشكلة قيم التيار العالية أثناء " الفصل - التوصيل - القصر " تم استحداث تكنولوجيا للقواطع المقولبة (MCCB) بحيث تكون ذات نقاط فصل وتوصيل دائرية مزدوجة (Dual contacts rotary configuration) أو (Roto Active with mobile contacts) أو ما يعادل تلك التكنولوجيات من تكنولوجيا التقسيم والحد من قيمة التيار أثناء " الفصل - التوصيل - القصر " حيث تعد هذه التكنولوجيات لأكبر شركتين في تصنيع القواطع الكهربائية على مستوى العالم .

مزايا تحديد التيار

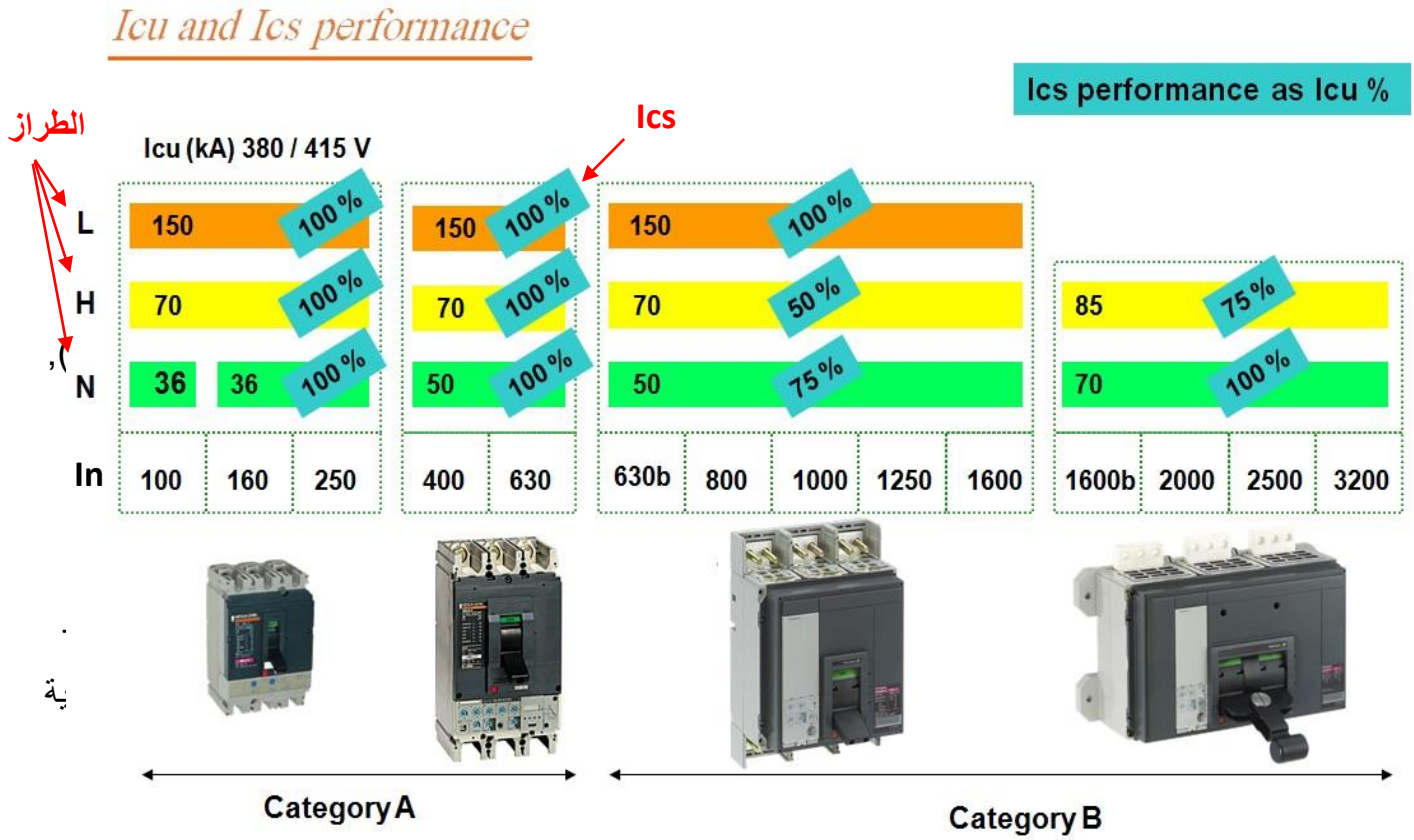
استخدام قواطع الدائرة محددة التيار تعرض مزايا عديدة:

- صيانة أسهل لشبكة التركيبات : قواطع الدائرة محددة التيار تضعف بقوة تأثير التوافقيات المرتبطة بتيارات قصر الدائرة.
- تقليل التأثيرات الحرارية: الموصلات (وعزلها) تقل حرارتها بشدة ولهذا السبب يزداد عمر الكابل .
- تقليل التأثيرات الميكانيكية: القوى نتيجة التنافر الكهرومغناطيسي تكون صغيرة مع تقليل مخاطر التشوه والتمزق المحتمل واحتراق زائد للملامسات إلخ.
- تقليل تأثير التداخل الكهرومغناطيسي : تقليل تأثير القوى على أجهزة القياس والدوائر ونظم الاتصالات

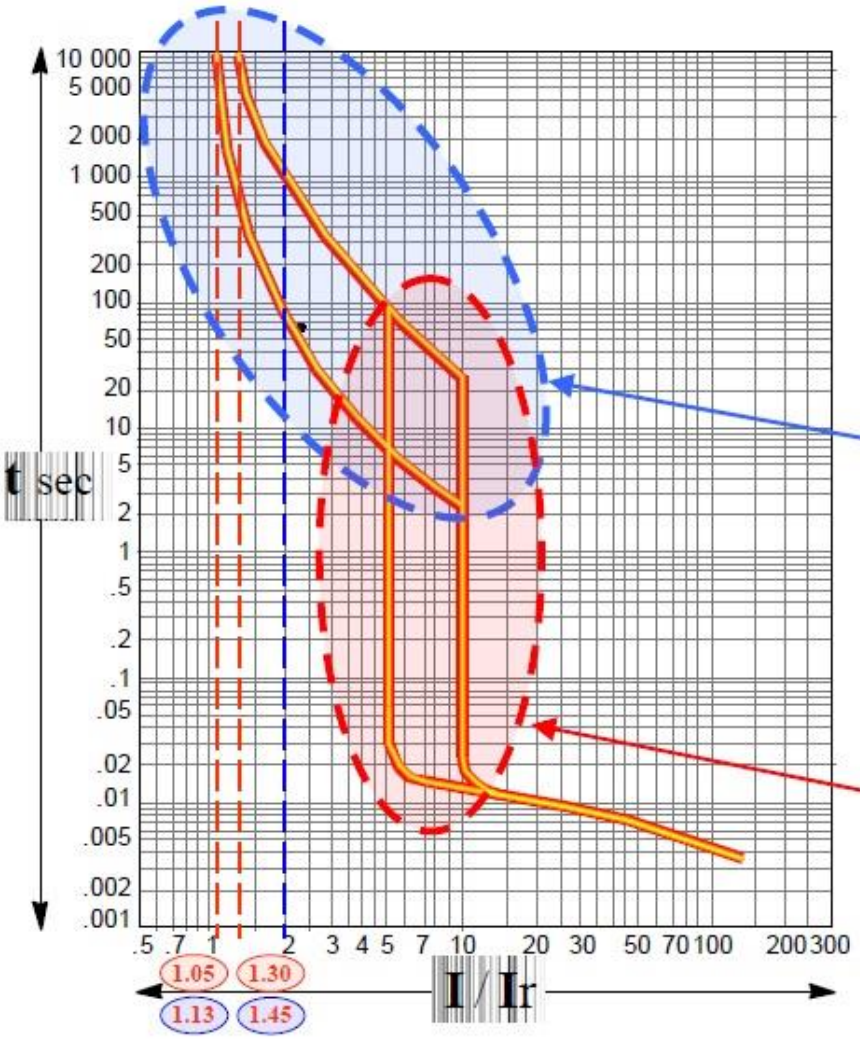
إلخ. قواطع الدائرة هذه تساهم تجاه تحسين إستثمار الآتي:

- الكابلات والأسلاك .
- نظم مجاري الكابلات سابقة الصنع.
- أجهزة الوصل والفصل ، ولهذا السبب تقلل التصلد بالتركيبات.

مثال توضيحي لأحد المنتجات المتاحة بالأسواق :-



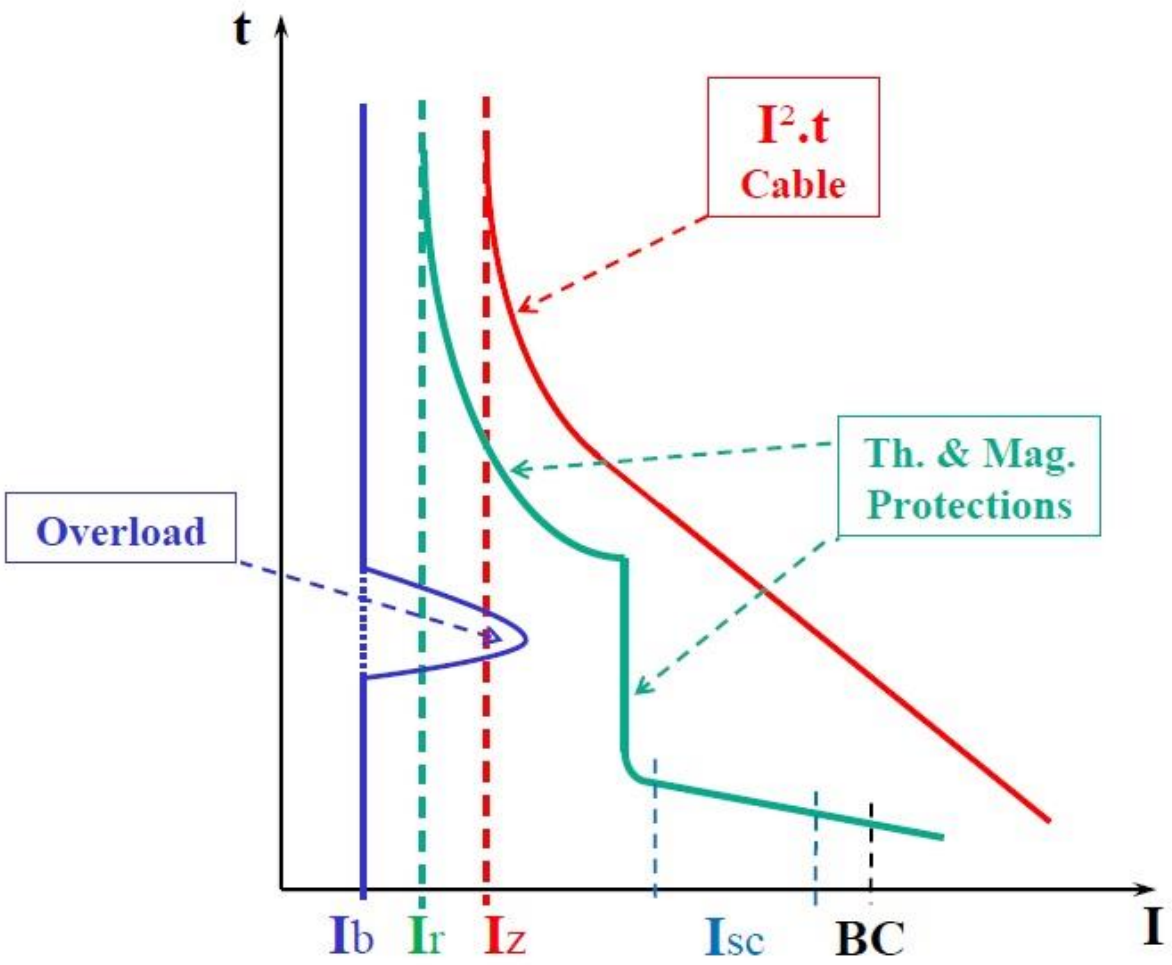
منحنى الفصل :



الحماية الحرارية

الحماية المغناطيسية

ويتضح من منحنى الفصل :- أنه يمثل العلاقة بين مجموعة من التيارات كدالة في الزمن , ويتضح بالأعلى منطقة تسمى منطقة الحماية أو الفصل الحراري وذلك عندما يتخطى التيار المقنن قيمته المقننة ويحدث ذلك في زمن معين على حسب القيمة المضبوط عليها ويكون القاطع هو المسئول الأول والأخير عن فصل ذلك التيار , أما المنطقة الأخرى تسمى منطقة الحماية أو الفصل المغناطيسي وذلك في حالة حدوث قصر بالدائرة ويكون الفصل في هذه الحالة إما لحظي أو بزمن تأخير على حسب المكان المركب به القاطع وهل هو المسئول الاول غن فصل وعزل منطقة العطل أم لا .



Where :

BC : Breaking capacity Icu (Max)

Isc : Prospective short circuit current

Ib : Current of load

Ir : Current of thermal protection unit to C.B

Iz : Current through in cable

ومن هنا تتنوع وحدات الحماية وتنقسم إلى ثلاثة أنواع :-

١- وحدة حماية عادية (TM) (thermomagnetic trip unit).

٢- وحدة حماية الكترونية (electronic trip unit).

٣- وحدة حماية منطقية (micrologic trip unit).

القاطع الهوائي A.C.B :- حيث تختص المواصفة العالمية (IEC 947-2) بالمواصفات الخاصة بالقواطع الكهربية وهو القاطع الهوائي ويتضح التركيب من خلال الشكل التالي :

Air circuit breaker :

- High current up to 6300A.
- High level of short circuit current.
- High Endurance (Life time).
- Wide range of accessories.
- Withdrawability.
- Ease of operation , maintenance and adding accessories.
- Interlocking and network monitoring.
- Category B circuit breakers.

What are the differences between an ACB and MCCB ?

In terms of :

- location in the LV network
- performances
- installation
- maintenance
- technical

How to discriminate between A.C.B & M.C.C.B :

Features	ACB	MCCB
Electrical Endurance	higher	lower
Motor	all ranges can be motorized	can be motorized up to 1600A
Icw	higher	lower
Maintenance of contacts	possible	NA
150 KA	possible	NA for all ranges
Ics	most of ranges higher	most of ranges lower
Mech Interlock by cables of 2 out of 3	possible	NA
Withdrawability	for all ranges	up to 1600 A

المواصفات الخاصة بالقواطع الهوائية لأحد الشركات المتخصصة كنموذج للدراسة :

تتميز القواطع الهوائية بالميزات التالية :

- مصممة ومصنعة ومختبرة وفق النظام العالمي " 2 ; IEC 60947-1 " .
- معدة لتحمل درجة تلوث " 4 " حسب النظام العالمي " IEC 60664-1 " .
- عدد الأقطاب " ثلاثية - 3 Poles " أو " رباعية - 4 Poles " .
- توتر العزل : " Ui = 1000/1250V " .
- توتر النبضي : " Uimp = 12kV " .
- توتر العمل الاسمي : " Ue = 690/1150V " .
- يحقق القاطع ميزة العزل " Suitibility for Insulation " تبعاً للأنظمة المذكورة أعلاه .
- التيارات الاسمية " In " محققة عند درجة حرارة محيطية مقدارها " 50°C + " .
- نوعية الاستخدام " Utilisation Category " : " B " .
- النوع " Fixed " أو Drawout .

- تتوفر هذه القواطع بـ " قياسين " لتغطية كافة التيارات الاسمية " In " المطلوبة ، وهي :
  - القياس الأول " 1 " : " 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000A " .
  - القياس الثاني " 2 " : " 4000, 5000, 6300A " .
  - كافة التيارات الاسمية محققة عند درجة حرارة محيطية مقدارها " 50°C + " .
- استطاعات القطع الأعظمية " Ultimat Breaking Capacity - Icu " : يوجد عدة نماذج تغطي كافة استطاعات القطع المطلوبة ، وهي :
  - " 1 " " kA rms " : " N1 : 42, H1 : 65, H2 : 100, H3 : 150, L1 : 150, H10 : 50 " .
  - " 2 " " kA rms " : " H1 : 100, H2 : 150 " .

  إن استطاعات القطع المذكورة محققة عند التوتر " 220/415/440V - 50/60Hz " .
- استطاعة القطع في الخدمة " Breaking Capacity in Service - Ics " : تساوي لكافة القيم المذكورة أعلاه " Ics = 100 % Icu " .

- تيار التحمل الحراري " Icw - Rated Short-Time Withstand Current " :
  - القياس " 1 " :
    - لمدة " 1 sec " " kA rms " :

"N1 : 42, H1 : 65, H2 : 85, H3 : 65, L1 : 30, H10 : 50 "

    - لمدة " 3 sec " " kA rms " :

"N1 : 22, H1 : 36, H2 : 50, H3 : 65, L1 : 30, H10 : 50 "

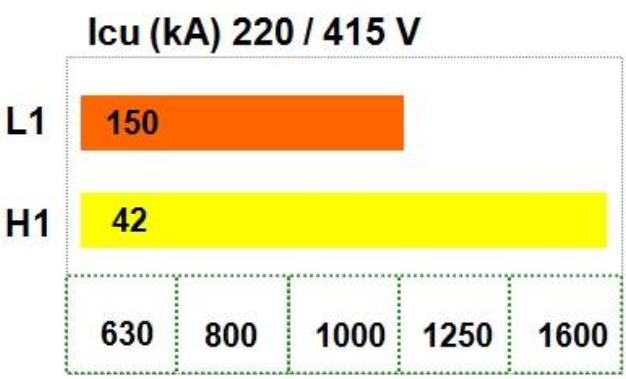
  - القياس " 2 " :
    - لمدة " 1 sec " " kA rms " :

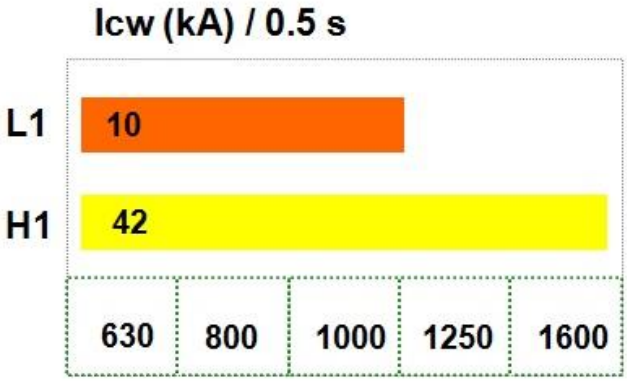
" H1 : 100, H2 : 100 "

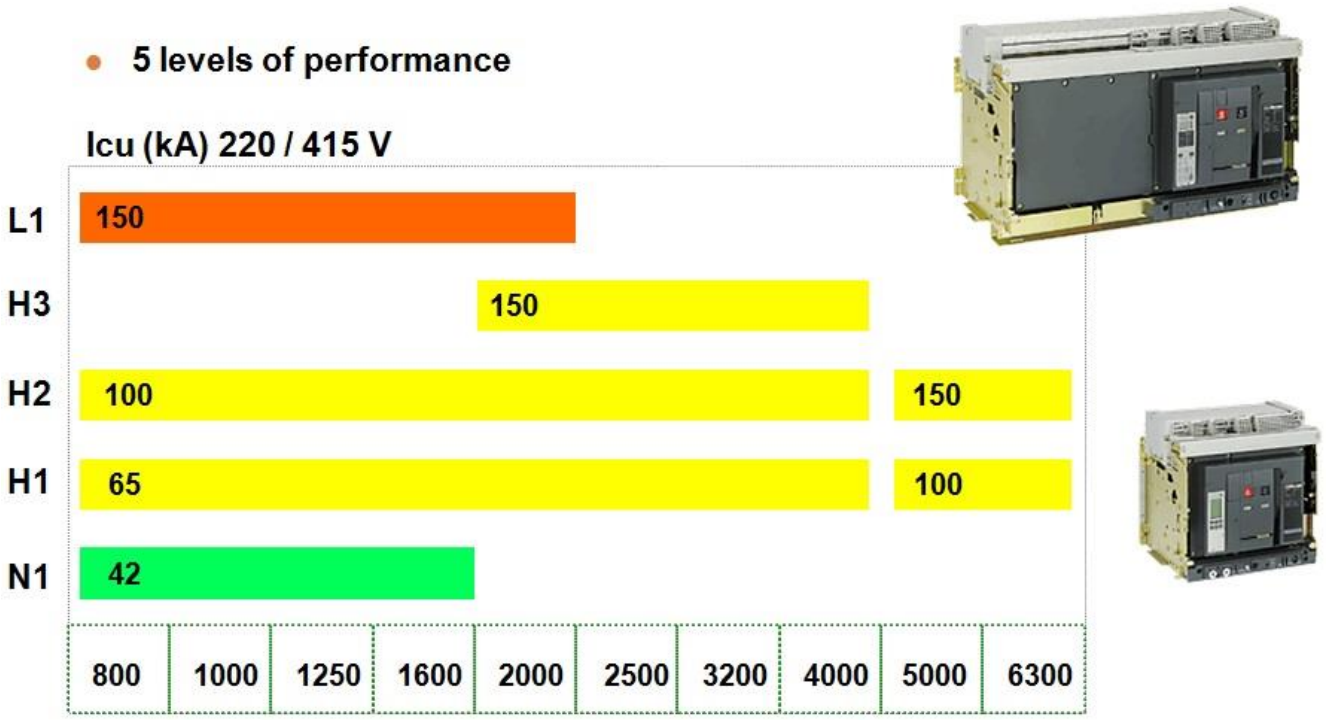
    - لمدة " 3 sec " " kA rms " :

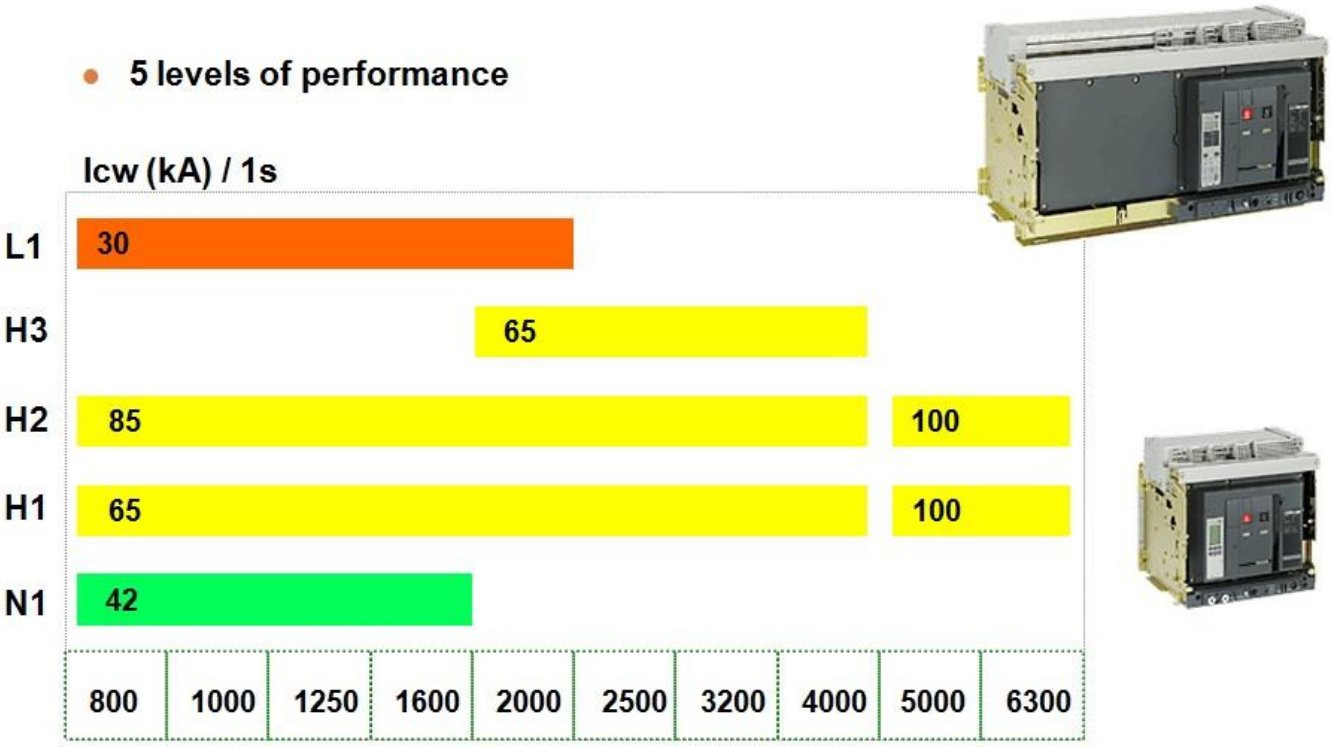
" H1 : 100, H2 : 100 "

- **2 levels of performance for each**









فكما ذكرنا سابقاً من تعريف Icw , بأنه تيار التحمل الحراري بزمن يحدده الصانع كما هو موضح بالشكل عاليه

● مواصفات القواطع الهوائية

- تصنع وتختبر حسب النظام العالمي " IEC 947-2 "
- التيارات الاسمية : " 800; 1000; 1200; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300 A "
- منها " H10 ; H1 ; H2 ; H3 ; N1 ; L1 " تبعاً لقيمة استطاعة القطع .
- عدد الأقطاب : " 3 Ph ; 3 Ph + N " ، حيث يمكن أن يكون القطب الحيادي مع أو بدون حماية وذو قيمة تيار مساوية لنصف قيمة تيار الطور أو لقيمة تيار الطور أو أكبر من قيمة تيار الطور .
- مزودة بوحدات **حماية الكترونية قابلة للعيار** الحراري والمغناطيسي نموذج " .... Micrologic " مع أو بدون امكانية قياس : التيارات ، التوترات والتيارات والاستطاعات ، التوافقيات .
- استطاعات القطع : " 150 kA ; 85 ; 65 ; 50 ; 42 "
- تبعاً لنوع وحدة الحماية فإنها تؤمن " الحماية التفاضلية أو الحماية من الأعطال الأرضية " وتكون قابلة للعيار مع تأخير زمني قابل للعيار .
- يمكن أن يضاف لهذه القواطع متممات مثل : تماسات مساعدة ، تماس عطل ، وشائع فصل عن بعد ، وشائع هبوط توتر ، محركات كهربائية ، وصلات ميكانيكية ثنائية أو ثلاثية .

● تتميز وحدات الحماية من عائلة " ... Micrologic " بالميزات التالية :

- " Protection " : تأمين حماية الشبكة الكهربائية .
- " Metering " : قياس عناصر الشبكة الكهربائية .
- " Management " : مراقبة الشبكة والتحكم بعمليات الفصل .
- " Continuity " : تأمين إنتقائية الفصل مما يضمن استمرارية الخدمة .

● تحوي هذه الوحدات على قسمين مستقلين للمعالجة ، الأول خاص بالحمايات ، والثاني خاص بالقياسات ، وبالتالي فإن تعطل القسم الخاص بالقياسات لا يؤثر مطلقاً على أداء الحمايات .

● تحوي كافة الوحدات على واجهتها الأمامية على " LED's " للدلالة على :

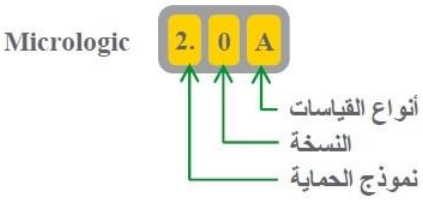
- نوع العطل الذي أدى لفصل القاطع " Ir , Isd , Ig " .
- للدلالة على عطل داخلي " Ap " .
- إنذار بزيادة الحمولة " Overload Alarm " .

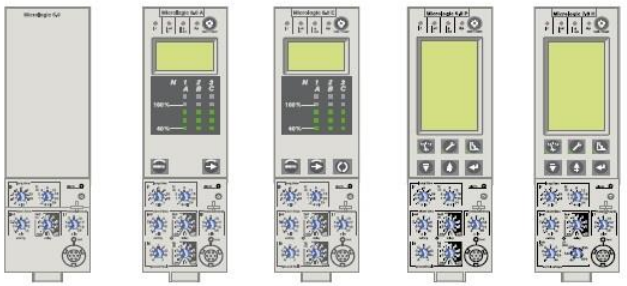
وحدات الحمـايـة :

- لتأمين الحمايات المطلوبة يضـاف عادة للقواطع الهوائية " ACB " وحدات حماية الكترونية من عائلة " **Micrologic** " .
- يوجد لهذا النوع من وحدات الحماية عدة نماذج تبعـاً للحمايات المطلوبة بالإضـافة لبعض الوظائف الأخرى ، وتصنف هذه النمائج بإضافة " رقمان و حرف " ، وهي التالية :
  - الرقم الأول " **2 , 5 , 6 , 7** " : للدلالة على نوع الحمايات .
  - الرقم الثاني " **0** " للدلالة على رقم النسخة " Version " .
  - الأحرف " **A , P , H** " : للدلالة على نوع القياسات وبعض الميزات الأخرى .

مـثـال " **Micrologic 5.0A** "

وحدات الحمـايـة : عائلة " Micrologic ... "

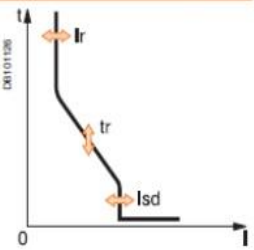




القياسات / أنواع حمايات التيار	Without	A	E	P	H
2: حمايات التوزيع " L , I "	2.0	2.0 A	2.0 E		
5: حمايات التوزيع ، الإنتقائية " L, S, I "	5.0	5.0 A	5.0 E	5.0 P	5.0 H
6: حمايات التوزيع ، الإنتقائية ، العطل الأرضي " L, S, I, G "		6.0 A	6.0 E	6.0 P	6.0 H
7: حمايات التوزيع ، الإنتقائية ، التسرب الأرضي " L, S, I, V "		7.0 A		7.0 P	7.0 H

وحدات الحماية Micrologic 2.0 A

Protection			Micrologic 2.0 A								
Long time											
Current setting (A)	Ir = In x ...		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	0.98	1
Tripping between 1.05 and 1.20 x Ir			Other ranges or disable by changing long-time rating plug								
Time setting		tr (s)	0.5	1	2	4	8	12	16	20	24
Time delay (s)	Accuracy: 0 to -30 %	1.5 x Ir	12.5	25	50	100	200	300	400	500	600
	Accuracy: 0 to -20 %	6 x Ir	0.7(1)	1	2	4	8	12	16	20	24
	Accuracy: 0 to -20 %	7.2 x Ir	0.7(2)	0.69	1.38	2.7	5.5	8.3	11	13.8	16.6
Thermal memory			20 minutes before and after tripping								
(1) 0 to -40 % - (2) 0 to -60 %											
Instantaneous											
Pick-up (A)	Isd = Ir x ...		1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10
Accuracy: ±10 %											
Time delay			Max resettable time: 20 ms Max break time: 80 ms								



وحدات الحمـايـة : " Micrologic 2.0A "

- الحمايات : يؤمن هذا النموذج الحمايات التالية :
  - حماية حرارية " Long time " قابلة للعيار " 1 In … 0.4 = Ir " على تسع وضعيات ، هي التالية " 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 0.95, 0.98, 1 " .
  - تأخير زمني للحماية الحرارية " Time delay " قابل للعيار على تسع وضعيات ، هي التالية " 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24 sec " وعند القيمة " 6xIr " .
  - حماية مغناطيسية " Short time " قابلة للعيار " 10 Ir … 1.5 = Isd " على تسع وضعيات ، هي التالية " 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10 " .
  - عندما يكون القاطع ذو أربعة أقطاب " 3P+N " ، فإن حماية الخط الحيادي تؤمن بواسطة مفتاح ذو ثلاث وضعيات هي " 4P 4d , 4P 3d + N/2 , 4P 3d " .
- القياسـات : يؤمن هذا النموذج القياسـات التالية :
  - قياس وإظهار قيم تيارات الأطوار الثلاثة وتيار الحيادي " I1, I2, I3, IN " على الشاشة ، كما يدل هذا النموذج على قيمة التيار بالنسبة المئوية بواسطة " Bargraph - LED's " للأطوار الثلاثة .
  - لا حاجة لمصدر تغذية خارجي إذا كانت قيمة التيار المار " I > 20 % In " .
- الإتصال " Communication " : لمعرفة : التعيير ، القياسات ، وأسباب الفصل .

معايرة الحمايات :

قبل القيام بمعايرة وحدة الحماية فإنه يتوجب تحديد القيم التالية :

- القيمة المطلوبة للحماية الحرارية .
- القيمة المطلوبة للحماية المغناطيسية .
- القيمة المطلوبة للحماية من العطل الأرضي (إن وجدت) .
- القيمة المطلوبة للحماية من التسرب الأرضي (إن وجدت) .

بعدها ، وتبعاً للقيمة المرجعية لكل حماية ، يتم حساب القيمة المتوجب وضع المعيّرة عليها ، ثم يتم ضبط المعيّرات على تلك القيم .

- حيث أن هذه الحمايات " الكترونية " فإنه **يجب وضع المؤشر حكماً على الرقم المطلوب** ، أي لا يجوز وضع المؤشر بين رقمين متجاورين .

معايرة الحمايات : مـثــال

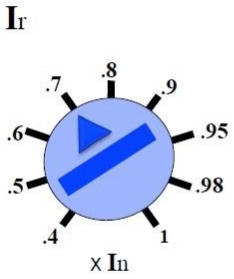
- بفرض وجود قاطع " **NW40-H1-3P** " مجهز بوحدة حماية الكترونية من النموذج " **Micrologic 5.0A** " ، والمطلوب تعييره على القيم التالية :
  - الحماية الحرارية " 2850 A "
  - تأخير زمني للحماية الحرارية " 100 sec " عند زيادة حمولة بنسبة " 50% ≈ "
  - الحماية المغناطيسية " 17300 A "
  - تأخير زمني للحماية المغناطيسية " 100 msec "
  - الحماية الآنية " 26000 A "
- بالعودة للنشرة الفنية لوحدة الحماية المذكورة ، نجد أن القيم المرجعية لهذه الحمايات هي التالية :
  - الحماية الحراريـــة : " ... x In "
  - الحماية المغناطيسية : " ... x Ir "
  - الحماية الآنـيـــــة : " ... x In "

- بعد معرفة القيم المرجعية ، يتم حساب القيم المتوجب تعييرها للحصول على العيارات المطلوبة كما يلي :
  - عيار الحماية الحراريـــة : " **0.71** = 4000 ÷ 2850 " ، أي يتم تعيير الحماية على " **0.7** "
  - عيار الحماية المغناطيسية : " **6.07** = 2850 ÷ 17300 " ، أي يتم تعيير الحماية على " **6** "
  - عيار الحماية الآنـيـــــة : " **6.26** = 4000 ÷ 25000 " ، أي يتم تعيير الحماية على " **6** "

بعد ضبط العيارات على القيم المحسوبة ، فإننا نحصل على قيم العيارات التالية :

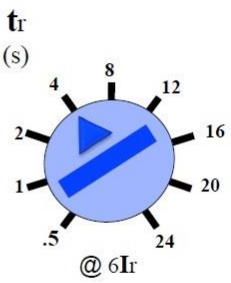
- الحماية الحراريـــة : " **2800** A = 0.7 x 4000 "
  - لتعيير التاخير الزمني للحماية الحرارية ، وبالعودة للنشرة الفنية لوحدة الحماية فإنه يتم ضبط " tr " على " **4** " والتي تكافئ تأخير زمني " 100 sec " عند القمية " 1.5xIr "
- الحماية المغناطيسية : " **16800** A = 6 x 2800 "
  - لتعيير التأخير الزمني للحماية المغناطيسية ، وبالعودة للنشرة الفنية لوحدة الحماية فإنه يتم ضبط " tsd " على " **0.1** " ، أي " 100 msec " (مع أو بدون تفعيل الحماية " I^2t ")
- الحماية الآنـيـــــة : " **24000** A = 6 x 4000 "

معايرة الحماية الحرارية – Long time



Ir = 0.7 x 4000

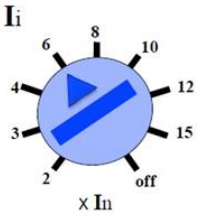
Ir = 2800 A



tr = 4 (@ 6Ir)

tr = 100 sec (@ 1.5Ir)

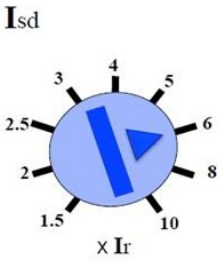
معايرة الحماية اللحظية - Instantaneous



Ii = 6 x 4000

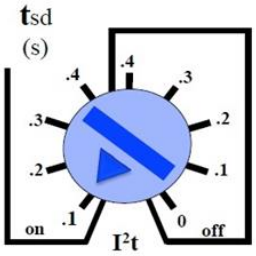
Ii = 24000 A

معايرة الحماية المغناطيسية – Short time



Isd = 6 x 2800

Isd = 16800 A



tsd = 0.1

tsd = 100 msec

معايرة الحمايات :

- **تبعاً لـ "عدد أقطاب القاطع الآلي ، نموذج وحدة الحماية ، نوع نظام التأريض" ، فإنه يتوجب تحديد كافة القيم قبل إجراء المعايرة ، وهي التالية :**
  - قيمة الحماية الحرارية " Ir " .
  - قيمة التأخير الزمني للحماية الحرارية " tr " (إن وجدت) .
  - قيمة الحماية المغناطيسية " Isd " .
  - قيمة التأخير الزمني للحماية المغناطيسية " tsd " (إن وجدت) .
  - قيمة الحماية الآنية " Ii " .
  - قيمة الحماية من الأعطال الأرضية " Ig " .
  - قيمة التأخير الزمني للحماية من الأعطال الأرضية " tg " (إن وجدت) .
  - قيمة الحماية من أعطال التسرب الأرضي " IΔn ".
  - قيمة التأخير الزمني للحماية من أعطال التسرب الأرضي " Δt " (إن وجدت) .
  - قيمة الحماية للخط الحيادي (إذا كان القاطع رباعي الأقطاب) .

7. مفاتيح التوصيل والفصل المتكرر- " الكونتاكتور – Contactors "

التعريف :هو مفتاح كهرومغناطيسي يستخدم لعمليات التوصيل والفصل المتكررة للأحمال ولا يحتوي على وسيلة حماية.

contactor:

a mechanical switching device having only one position of rest, operated otherwise than by hand, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions including overload conditions.

المكونـات :

١- أطراف رئيسية (ثابتة – متحركة) – Main contacts (Fixed - Movable)

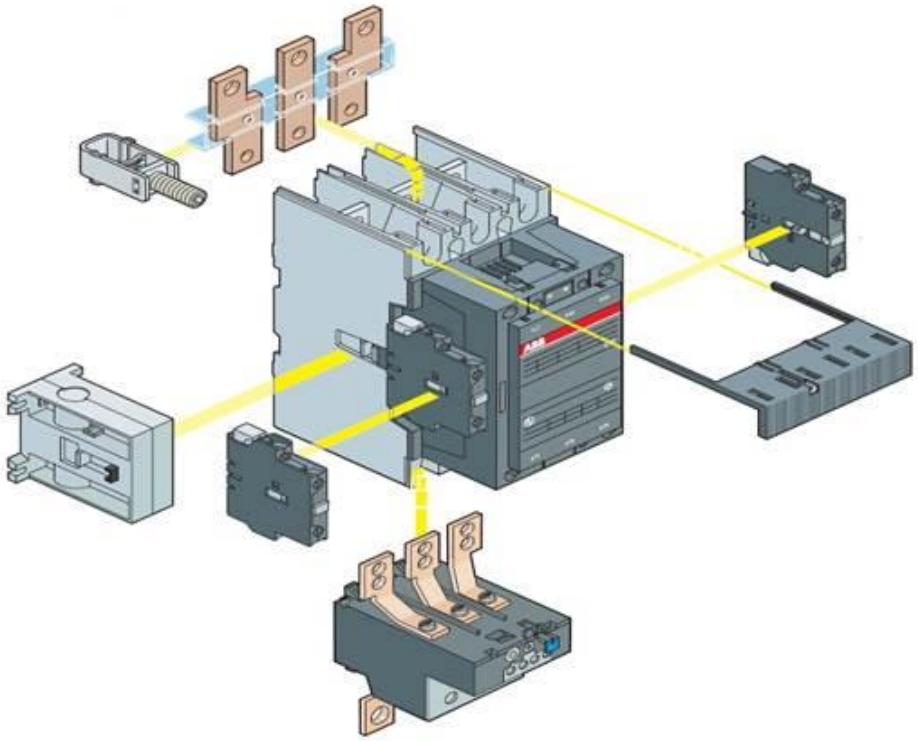
٢- القلب الحديدي Iron core – Armature

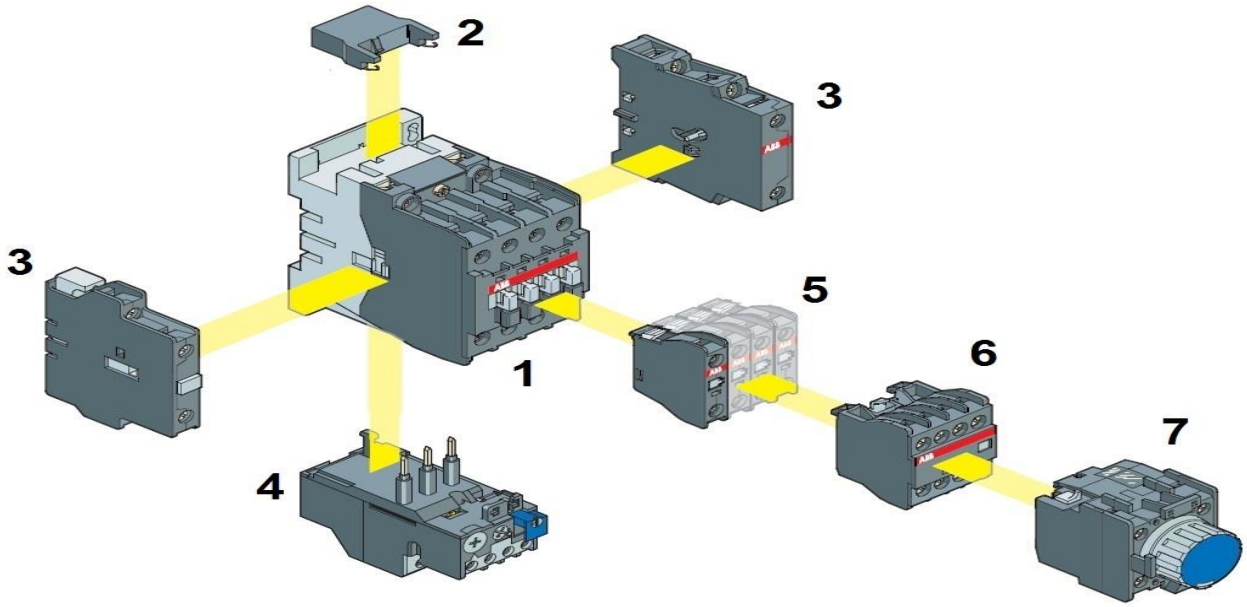
٣- الملف - Coil

٤- نقاط مساعدة (مفتوحة – مغلقة) – Auxiliary contacts (Normally open – Normally close)

Contactor and there Accessories:

4 الشكل





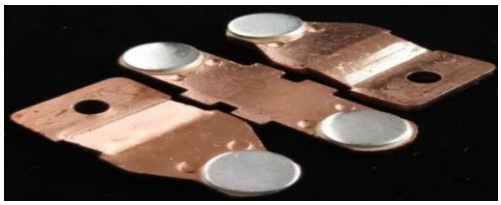
1. Contactor
2. Surge suppressor
3. Side auxiliary contacts
4. Over current relay
5. Front single pole auxiliary contacts
6. Front four pole auxiliary contacts
7. Pneumatic timer

- الأطراف الرئيسية للتوصيل : أطراف الدخول (T1 – T3 – T5) – أطراف الخروج (T2 – T4 – T6)

النقاط المساعدة : إما نقاط ثابتة تركب على جانبي الكونتاكتور , أو نقاط متحركة تركب على الجهة الأمامية للكونتاكتور (Normally open NO – Normally close NC) ويوجد منها نوعان (Single pole

Multi poles –) كما يمكن أن يركب على النقاط المساعدة الأمامية مؤقت زمني من النوع الهوائي (Pneumatic timer) .

- وفيما يلي بعض أشكال الأطراف:

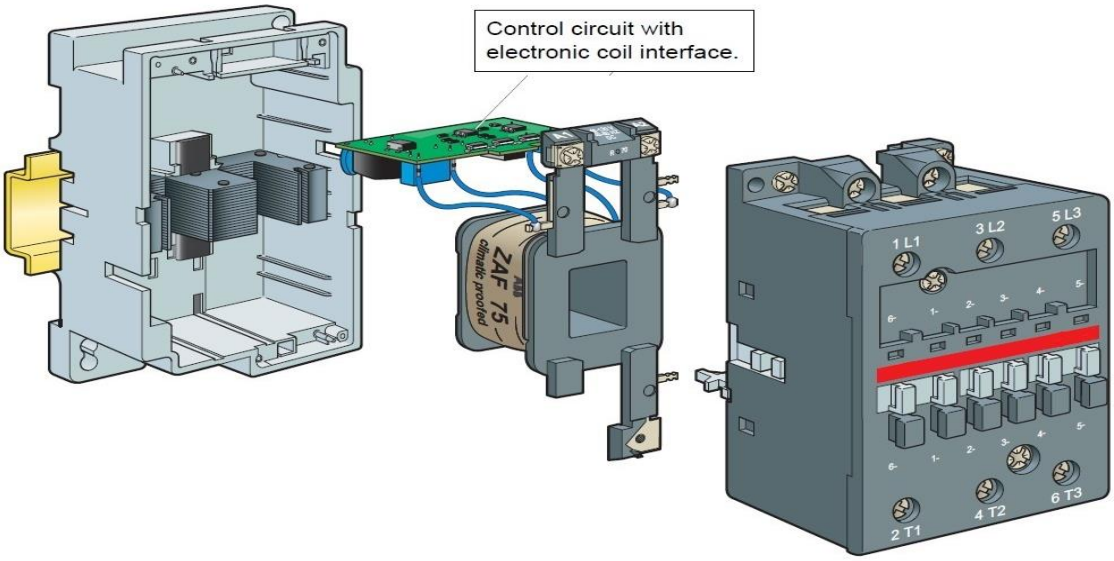


- القلب الحديدي : ويصنع من رقائق من الصلب السليكوني وينقسم إلى جزء ثابت و الآخر متحرك حيث يثبت على الجزء الثابت "الملف الكهربي" ويثبت على الجزء المتحرك أطراف التوصيل المتحركة.

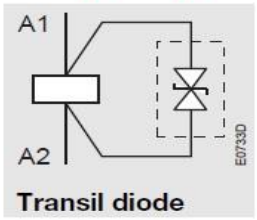
- الملف الكهربي : ويصنع من النحاس الأحمر بعدد لفات ومساحة مقطع بحيث تكون قوة الجذب المغناطيسية الناشئة عن تسليط جهد على أطراف الملف قادرة على التغلب على قوة دفع الزنبرك بحيث يتم التلامس الجيد بين الأطراف الثابتة والمتحركة حتى يمر التيار المقنن للحمل وفي حالة فقد الجهد من على أطراف الملف تتغلب قوة دفع الزنبرك على قوة الجذب المغناطيسية ويحصل التباعد بين الأطراف الثابتة والمتحركة لينقطع مرور التيار المقنن للحمل ,ويكون الجهد المطبق على الملف إما (Ac or Dc) بقيم مختلفة (٢٤ – ١١٠ – ٢٢٠) فولت , وبالتالي يتوقف اختيار الملف على حسب نوعية وقيمة الجهد المتواجد بالموقع المراد تركيب الكونتاكتور به .

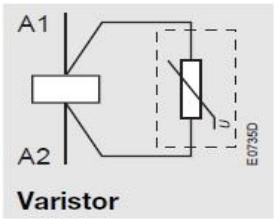
- الزنبرك أو الياي : يتواجد بين الأطراف الثابتة والمتحركة ووظيفته فصل الأطراف الثابتة عن الأطراف المتحركة في لحظة فقد الملف للقوى المغناطيسية من خلال فقد الجهد من على أطرافه .

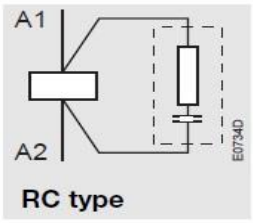
Transient voltage suppressor

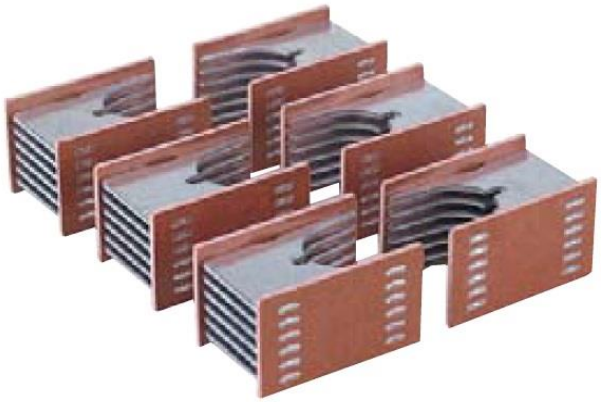


Wiring Diagrams









Arc Chutes

■ النقاط المساعدة Auxiliary contacts

للنقاط المساعدة العديد من الوظائف حيث تستخدم النقطة المساعدة من النوع (المفصول عادة N/O) غالبا لتأكيد وجود التغذية الكهربية لملفات الكونتاكتور .

كما تستخدم النقاد المساعدة لتحقيق التحكم التتابعى و التشابك (الربط) الكهربى و وظائف الإشارة .

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من النقاط المساعدة:

■ نقاط توصيل مساعدة لحظية مفصولة (مفتوحة الأقطاب) عادة N/O :

تفصل (تفتح أقطاب) هذه النقاط المساعدة عندما يقطع التيار عن الكونتاكتور الكهرومغناطيسى و تعشق (تغلق أقطابها) عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسى بالتيار الكهربى .

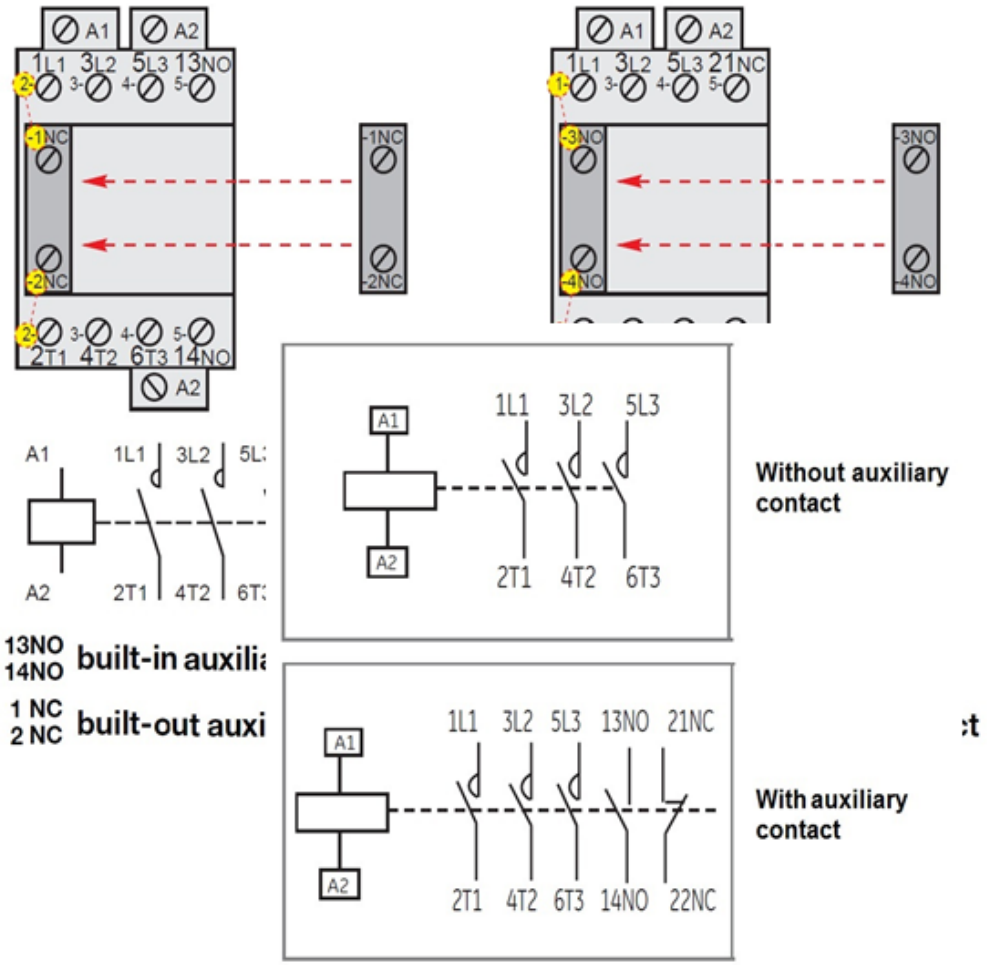
■ نقاط توصيل مساعدة لحظية معشقة (مغلقة الأقطاب) عادة N/C :

تعشق (تغلق أقطاب) هذه النقاط المساعدة عندما يقطع التيار عن الكونتاكتور الكهرومغناطيسى وتفصل (تفتح أقطابها) عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسى بالتيار الكهربى .

■ نقاط توصيل مساعدة لحظية تحويلية C/O :

تحتوى هذه النقاط المساعدة على نقطة توصيل N/O و نقطة توصيل N/C يعملان بالنظام المعرف لكل منهما أعلاه . لهذه النقاط المساعدة التحويلية ثلاثة أنواع من الأطراف (أى أن لها طرف مشترك) .

إضافة إلى ذلك تجهز الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية بنقاط مساعدة زمنية (عادة من النوع C/O) التى تتبدل حالتها إما عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسى أو فصل التيار عنه ولكن بعد مرور فترة زمنية . و غالباً ما يمكن ضبط فترة التأخير الزمنية بواسطة مستخدم الكونتاكتور الكهرومغناطيسى .



المواصفات الفنية للكونتاكتور :-

- جهد التشغيل للأطراف الرئيسية_(Rated operational voltage : Ue)
- الجهد الذي يتحمله العزل_(Rated insulation voltage : Ui)
- التيار الحراري وهو أقصى تيار يتحمله الكونتاكتور في ظروف تشغيل "الهواء الخارجي"_ (Conventional free air thermal current)
- التردد المقنن بالهرتز_(Rated frequency "F" : Hz)
- تيار التشغيل المقنن ويتوقف على نوع الحمل_(Rated operational current : Ie)
- استطاعة الكونتاكتور على التوصيل_ (Making capacity)
- استطاعة الكونتاكتور على الفصل_(Breaking capacity)
- نوع وقيمة جهد الملف_(The type and value of the coil voltage)
- عدد العمليات الميكانيكية_(Mechanical endurance)
- عدد العمليات الكهربية_(Electrical endurance)

العائلات الخاصة بالكونتكاتورات:

تعتمد أهمية كل من العوامل السابقة على التطبيق. وفيما يلى بعض أمثلة التطبيق المختلفة :

(أ) التحكم فى حمل ممثل بمقاومة أومية **AC-1** :

تعد نظم التدفئة والتسخين تطبيقات نمطية للتحكم فى أحمال أومية . تقع هذه النظم فى مجال استخدام الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-1 المخصصة عادة لأحمال بعدد قليل من تكرار دورات التشغيل فى الساعة.

(ب) التحكم فى محرك تأثيرى بحلقات تزلج **AC-2 (Slip ring motor)**:

يستخدم فى هذه التطبيقات كونتاكتورات كهرومغناطيسية من النوع AC-2 (التى تسمح ببدء الحركة والتعشيق بدائرة العضو الدوار أو العضو الثابت و الضبط دقيق المراحل للمحركات التأثيرية بحلقات تزلج).

(جـ) التحكم فى محرك تأثيرى ذى قفص سنجابى **AC-3 / AC-4 (Squirrel cage motor)** :

يستخدم فى هذه التطبيقات إما الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-3 (التى تقطع تيار الحمل الكامل FLC للمحرك) و إما الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-4 (التى تقطع تيار خنق العضو الدوار) . فى هذه الحالة ، لا يتحدد التأثير الحرارى على الكونتاكتور الكهرومغناطيسى بتيار التشغيل المستمر للحمل ولكنه يعتمد على خواص بدء الحركة للمحرك أو فرملته وعدد مرات تكرار عمليات بدء/إيقاف الحمل فى الساعة . و عليه فإن أهم عاملان لإختيار هذا الكونتاكتور الكهرومغناطيسى هما نوعية إستخدام التطبيق و عدد مرات تكرار دورة التشغيل .

(د) التحكم فى أحمال تأثيرية **Reactive loads**

ذات تيارات إندفاع عالية عند توصيلها على مصدر التغذية :

تتمثل هذه الأحمال التأثيرية فى الملفات الإبتدائية للمحولات ودوائر تحسين معامل القدرة (المكثفات) . يجب أن تكون سعة التعشيق (Making capacity) للكونتاكتور الكهرومغناطيسى قادرة على إستيعاب تيارات الإندفاع هذه دون حدوث إرتداد غير مسموح به للأقطاب الرئيسية بالكونتاكتور الكهرومغناطيسى و بدون حدوث المخاطر المصاحبة مثل إلتحام الأقطاب .

و عليه فإن سعة التعشيق (Making capacity) تصبح أهم عوامل إختيار الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية فى هذه التطبيقات .

تعتمد أهمية كل من العوامل السابقة على التطبيق. وفيما يلى بعض أمثلة التطبيق المختلفة :

(أ) التحكم فى حمل ممثل بمقاومة أومية **AC-1** :

تعد نظم التدفئة والتسخين تطبيقات نمطية للتحكم فى أحمال أومية .

تقع هذه النظم فى مجال استخدام الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-1 المخصصة عادة لأحمال بعدد قليل من تكرار دورات التشغيل فى الساعة.

(ب) التحكم فى محرك تأثيرى بحلقات تزلج **AC-2 (Slip ring motor)**:

يستخدم فى هذه التطبيقات كونتاكتورات كهرومغناطيسية من النوع AC-2 (التى تسمح ببدء الحركة والتعشيق بدائرة العضو الدوار أو العضو الثابت و الضبط دقيق المراحل للمحركات التأثيرية بحلقات تزلج).

أمثلة وتطبيقات لكيفية اختيار الكونتاكتور:

3-pole Contactors

Motors	IEC			A9 AL9	A12 AL12	A16 AL16	A26 AL26	A30 AL30	A40 AL40	A50 AE50	A63 AE63	A75 AE75	A95 AE95	A110 AE110	A145 AF145	A185 AF185	A210 AF210	A260 AF260	A300 AF300	AF400	AF460	AF580	AF750	AF1350	AF1650
AC-3	Power rating	θ ≤ 55 °C, 400 V	kW	4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	140	160	200	250	315	400	475	560
AC-3	Rated operational current	θ ≤ 55 °C, 400 V	A	9	12	17	26	32	37	50	65	75	96	110	145	185	210	260	305	400	460	580	750	860	1050
		θ ≤ 55 °C, 415 V	A	9	12	17	26	32	37	50	65	75	96	110	145	185	210	260	300	400	460	580	750	860	1050
		θ ≤ 55 °C, 690 V	A	7	9	10	17*	21*	25*	35	43	46	65	82	120	170	210	220	280	350	400	500	650	800	950
	IEC																								
AC-1	Rated operational current	θ ≤ 40 °C, 690 V	A	25	27	30	45	55	60	100	115	125	145	160	250	275	350	400	500	600	700	800	1050	1350	1650
		θ ≤ 55 °C, 690 V	A	22	25	27	40	55	60	85	95	105	135	145	230	250	300	350	400	500	600	700	875	1150	1450
		θ ≤ 70 °C, 690 V	A	18	20	23	32	39	42	70	80	85	115	130	180	180	240	290	325	400	480	580	720	1000	1270
• With conductor cross-sectional area			mm²	2.5	4	4	6	10	16	35	50	50	50	70	120	150	185	240	300	2 x 185	2 x 240	2x240	bar / mm 2x50x8	bar / mm 2//100x5	bar / mm 3//100x5
• Rated operational voltage			V	690						1000							690					1000			

Contactors Technical Data

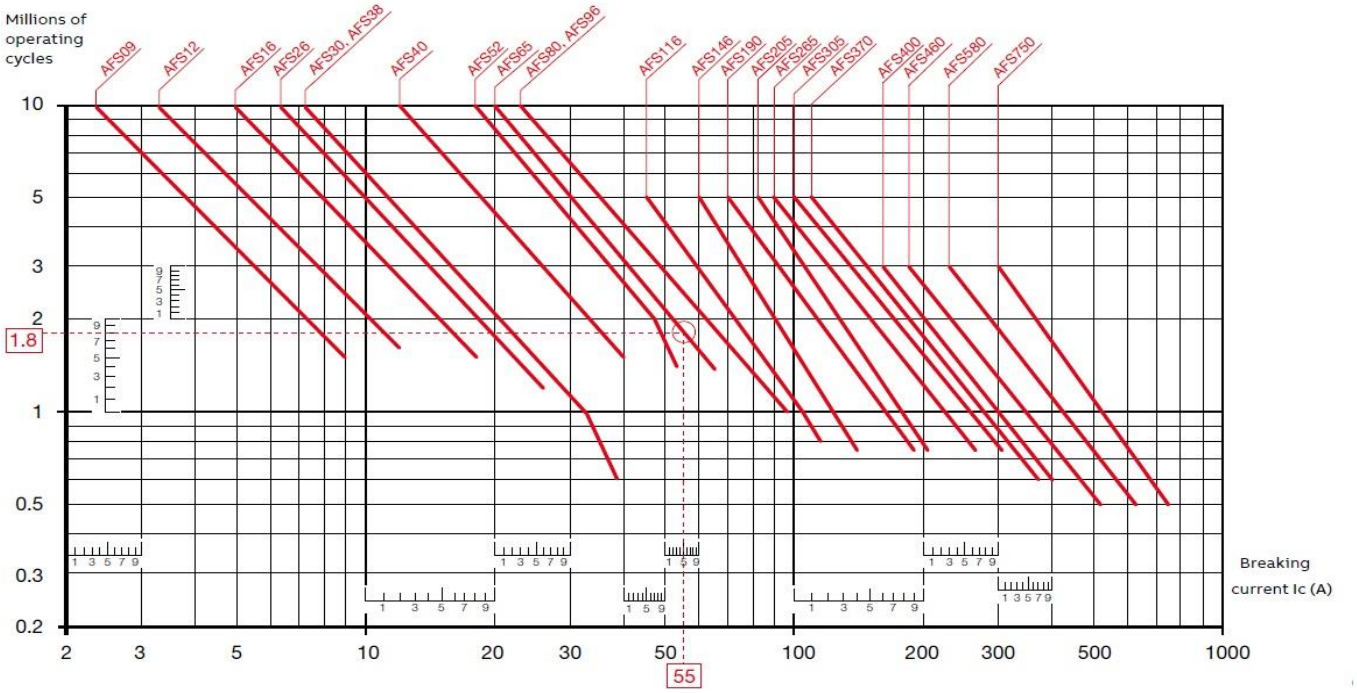
Main Pole - Utilization Characteristics acc. to IEC

Contactor types: A...		9	12	16	26	30	40	45	50	63	75	95	110
Rated operational voltage U_e max.	V	690						1000 (690 for AF... contactors)				1000	
Rated frequency limits	Hz	25 ... 400											
Conventional free-air thermal current I_{th} acc. to IEC 60947-4-1, open contactors, θ ≤ 40 °C	A	26	28	30	45	65	65	100	100	125	125	145	160
with conductor cross-sectional area	mm²	4	4	4	6	16	16	35	35	50	50	50	70
Rated operational current I_e / AC-1													
for air temperature close to contactor U_e max. 690 V - 50/60 Hz θ ≤ 40 °C	A	**25**	**27**	**30**	**45**	**55**	**60**	**70**	**100**	**115**	**125**	**145**	**160**
θ ≤ 55 °C	A	22	25	27	40	55	60	60	85	95	105	135	145
θ ≤ 70 °C (3)	A	18	20	23	32	39	42	50	70	80	85	115	130
with conductor cross-sectional area	mm²	2.5	4	4	6	10	16	25	35	50	50	50	70
Utilization category AC-3 for air temperature close to contactor ≤ 55 °C													
Max. rated operational current I_e AC-3 (1)													
3-phase motors 220-230-240 V	A	9	12	17	26	33	40	40	53	65	75	96	110
380-400 V	A	9	12	17	26	32	37	37	50	65	75	96	110
415 V	A	9	12	17	26	32	37	37	50	65	75	96	110
440 V	A	9	12	16	26	32	37	37	45	65	70	93	100
Rated making capacity AC-3		10 x I_e AC-3 acc. to IEC 60947-4-1											
Rated breaking capacity AC-3		8 x I_e AC-3 acc. to IEC 60947-4-1											
Mechanical durability – millions of operating cycles		10 (5 for AE... and TAE... contactors)											

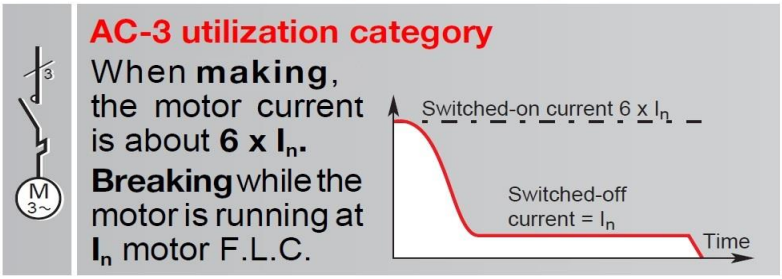
Example:

Motor power 30 kW for AC-3 - Ue = 400 V and Ie = 55 A
utilization – Electrical durability required = 1.8 million operating cycles.

For AC-3: Ic = Ie. Select the AFS65 contactor at intersection "○"
(55 A / 1.8 million operating cycles) on the curves (AC-3 - Ue ≤ 440 V).



Switching of 3-phase Cage Motors



3-pole contactors for safety applications

Electrical durability

Electrical durability for AC-3 utilization category - Ue ≤ 440 V.

Switching cage motors: starting and switching off running motors.

The breaking current Ic for AC-3 is equal to the rated operational current Ie

(Ie = motor full load current).

Ambient temperature and maximum electrical switching frequency: see "Technical data".

Contactors for Capacitor Switching

The insertion of damping resistors protects the contactor and the capacitor from the highest inrush currents.

Technical Data

Short-circuit protection type fuses sized 1.5 ... 1.8 I_n of the capacitor

Electrical durability AC-6b – operating cycles at $U_e \leq 440$ V 250 000

الكونتاكتورات الخاصة بلوحات المكثفات

8. منظومة الوقاية والحماية الكهربائية (Electrical protection system)

هو فرع من فروع الهندسة الكهربائية التي تتناول حماية شبكات الطاقة الكهربائية (شبكات النقل ، شبكات التوزيع) من الأعطال من خلال عزل الأجزاء المعطوبة من الشبكة الكهربائية , الهدف من نظم الحماية هو الحفاظ على نظم مستقرة من خلال عزل الجزء المعطوب (المتعطل) فقط عن طريق أجهزة الحماية الكهربائية ، بحيث تؤمن استمرارية التيار في الأجزاء الأخرى من الشبكة الكهربائية وبالتالي , يجب تطبيق خطط الحماية على نهج عملي وعلمي لإزالة أعطال النظم بالشكل الصحيح .

و من التعريف السابق بعاليه يتضح أن هناك أنواع عديدة من الخطأ بالمنظومة الكهربية فعلى سبيل المثال :-

1- زيادة التيار عن الحد المقنن (Over load current)
2- حدوث قصر أو تلامس مما يؤدي إلى ارتفاع كبير جدا في قيمة التيار (Short circuit current)
3- (ارتفاع / انخفاض / عدم وجود) الجهد المسلط (Terminal voltage)
4- حدوث اختلاف في تتابع الأوجه يؤدي إلى :-
   a. عكس دوران في الأحمال الدوارة
   b. حدوث فقد أو توقف في عدادات قياس استهلاك الكهرباء
5- عمل أجهزة الحماية بشكل خاطئ نتيجة لوجود تداخلات كهرومغناطيسية (Electromagnetic interference) من أجهزة مجاورة لها .

أولا : القاطع الحرارى Thermal Overload

التعريف بالقاطع الحرارى Overload:

هو عبارة عن أداة تستخدم لحماية الموتور من ارتفاع شدة التيار الكهربي عن التيار المقنن له حيث يحتوى على ثلاث ملفات حرارية توصل بالتوالي مع المحرك ويوجد به تدريج يتم ضبطه على تيار الحمل الكامل للموتور.

يضبط على تيار الحمل الكامل حتى إذا حدث خلل بالـ System سواء زاد الحمل عن المقنن له أو سقوط فازة على أخرى وبالتالي زاد التيار عن المقنن يبدأ عمل القاطع الحرارى ويحمى الموتور من هذا التيار الذى قد يسبب في إتلافه إذا مر به لمدة زمنية.

نظرية عمل القاطع الحرارى Overload:

عند ارتفاع شدة تيار المحرك لأى سبب ترتفع درجة حرارة الملفات الحرارية المتصلة بالتوالي مع ملفات الموتور مما يؤدى إلى تمددها ويؤدى هذا التمدد إلى تحريك جزء من الفبر داخله.

تحريك هذا الجزء يؤدى إلى فصل نقطة تلامس داخل هذا القاطع وبما أن هذه النقطة متصلة بالتوالي مع بوبينة الكونتاكتور في الدائرة بالتالي تقطع التيار الكهربي عنه هو الأخر فيفصل هو الأخر.

أنواعه من حيث التركيب:

- قاطع حرارى يمكن إيصاله مع الكونتاكتور بواسطة الأسلاك كما بالشكل التالي

قاطع حرارى يتم إيصاله بالكونتاكتور عن طريق أسلاك

- قاطع حرارى يمكن إيصاله مباشراً مع الكونتاكتور كما بالشكل التالي

ويوصل عن طريق القضبان أعلاه بالكونتاكتور مباشراً ويلاحظ هنا أن الكونتاكتور والقاطع الحرارى يكونوا من نفس الطراز لسهولة التركيب كما بالشكل التالي

من الأشكال السابقة نجد أن:

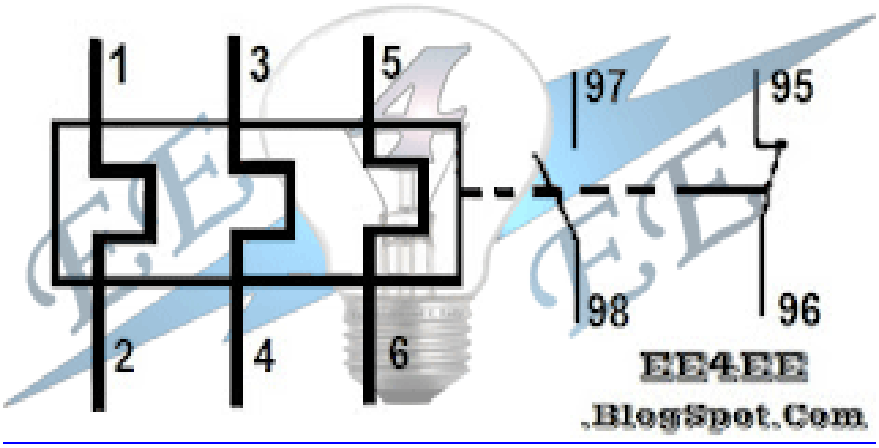
يلاحظ وجود تدريج للأمبير باللون الأصفر وفيه يتم ضبط O.L على القيمة المراد منه عندها فصل الموتور عن التيار الكهربي.

يلاحظ مفتاح باللون اللبني به تدريجين تدريج A وتدريج H وتدريج A هنا معناه أنه يفصل ويوصل أوتوماتيكياً وتدريج H معناه أن ضبط توصيله يكون يدوياً

===> يفضل ضبط القاطع على الوضع اليدوي H لماذا؟!!!

حتى يتم معرفة سبب العطل ويتم علاجه لأنه لو تم ضبطه أوتوماتيكياً نجد أنه يفصل وعندما تبرد الملفات الحرارية يوصل مرة أخرى حتى ولو لم يتم إصلاح العطل وهذا قد يسبب أضرار كبيرة على المحرك نتيجة عد تحمله للفصل والتوصيل المتكررنقاطه الرئيسية من أعلى إما القضبان الموصلة مباشراً بالكونتاكتور أو النقاط

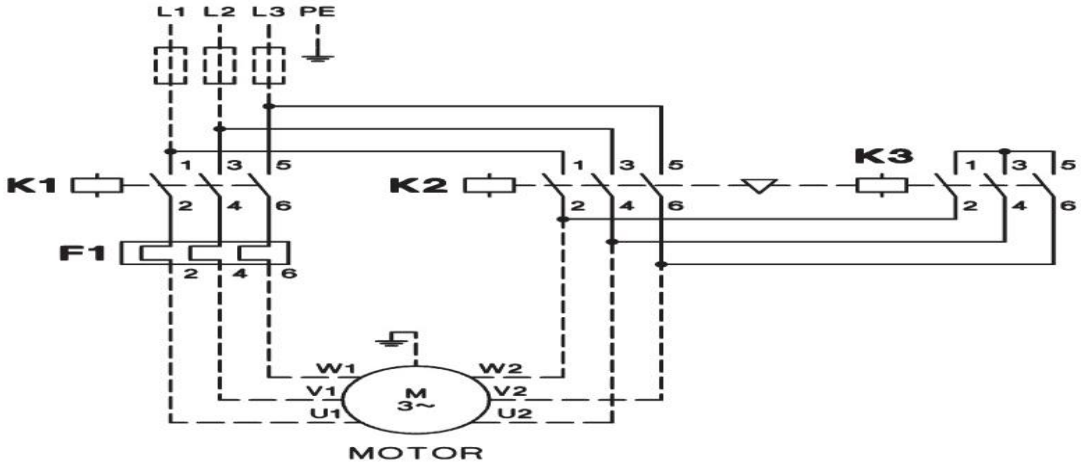
U وV وW أو ١ و٣ و٥ للقاطع المستقل ومن الأسفل نقاط T1 وT2 وT3 أو ٢ و٤ و٦ وهذه النقاط الرئيسية كلها توصل بدائرة القوى.أما النقاط المساعدة فالنقط المفتوحة تكون ٩٧-٩٨ والنقاط المغلقة تكون ٩٥-٩٦ وهي التي توصل بدائرة التحكم.وقد تكون نقطة ٩٥ مشتركة وتكون مع ٩٦ مغلقة ومع ٩٧ مفتوحة شكل توضيحي للنقاط

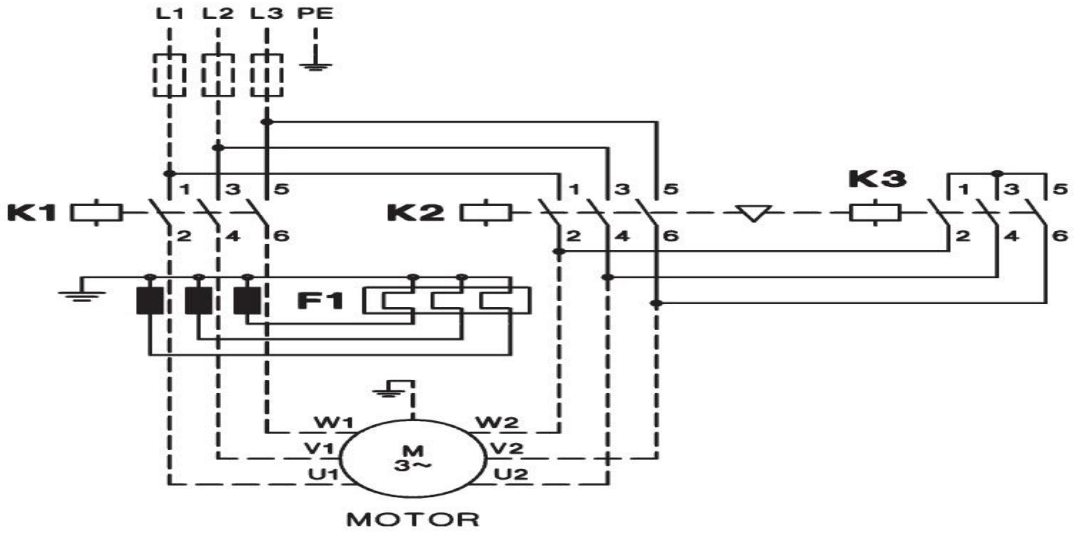


ثانيا: الاوفرلود الاليكترونى Electronic Overload

هو جهازحماية اكثر دقة من الاوفرلود الحرارى وهو عبارة عن أداة تستخدم لحماية الموتور من ارتفاع شدة التيار الكهربي عن التيار المقنن له حيث يحتوى على اثنين او ثلاث محولات تيار داخلية يمر من خلالها كابل المحرك ويقوم بتحويل قيم التيار الى قيم صغيره يتم مقارنتها بما تم ضبطه بواسطة دائرة الكترونية ويوجد به ثلاث تدريجات يتم ضبطها على - تيار ضبط زيادة الحمل الكامل للموتور - زمن الفصل (O-time) - زمن بدء التشغيل (D-time) .

- يتم تغذية الجهاز بالجهد المطلوب بالنقط A1وA2 أما النقاط المساعدة فالنقط المفتوحة98, 97 تكون هي التي توصل بدائرة التحكم.


L1 L2 L3 PE
K1
K2
K3
F1
W1
V1
U1
W2
V2
U2
M
3~
MOTOR


L1 L2 L3 PE
K1
K2
K3
F1
W1
V1
U1
W2
V2
U2
M
3~
MOTOR

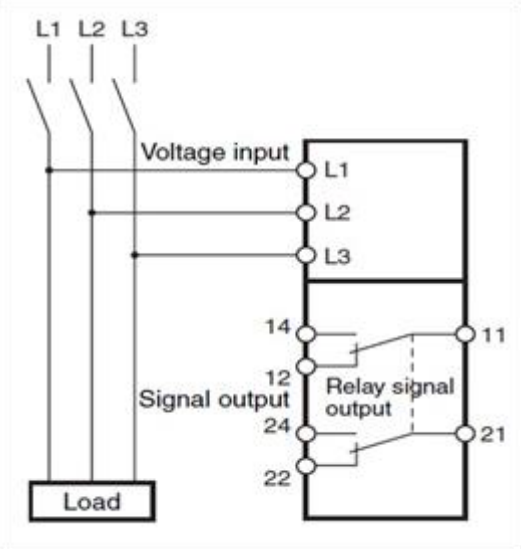
ثالثا: جهاز الحماية ضد ارتفاع وانخفاض الجهد وانعكاس الأوجه

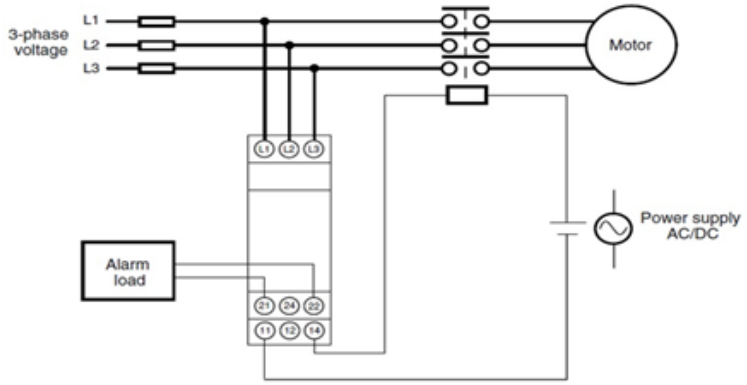
- يستخدم جهاز Under and over Voltage Relay للحماية من الزيادة والنقصان فى قيمة الجهد وذلك يتم من خلال تبديل نقاطه و نجد ان الجهاز يستخدم فى دوائر (MOTORS , ATS) .

طريقة تشغيل الجهاز

- أعلى الجهاز نقاط لتوصيل الأوجه الثلاثة L1 - L2 - L3 ولتوصيل Neutral
- أسفل الجهاز نقاط التحكم ويختلف عددها من موديل لآخر.
- لمبة ON : بيان تدل على انتظام قيمه الجهد وعمل الدائرة بشكل طبيعى.
- لمبة UV : بيان لانخفاض الجهد حسب قيمه الجهد التى تم ضبطها.
- لمبة OV : بيان لزيادة قيمه الجهد عن القيمه التى تم ضبطها.
- أول مؤشر : يتم استخدامه فى تحديد نسبه نقصان الجهد والتى عندها يتم تبديل نقاطه وتكون المعايرة كنسبه من الجهد المقنن.
- ثانى مؤشر : لتحديد نسبه الزيادة فى الجهد والتى عندها يتم تبديل نقاطه وكذلك تكون نسبه من الجهد المقنن.
- ثالث مؤشر : يستخدم فى تحديد زمن التأخير والذى اذا استمر هبوط او زيادة الجهد خلاله سيتم تبديل النقاط وهذا المؤشر فى غاية الأهمية حيث لا يتم فصله فى حالة التغير اللحظى في قيمة الجهد.

التوصيل :



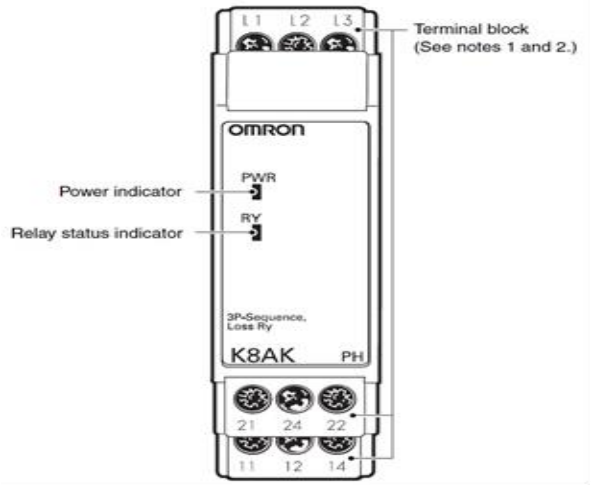


حيث يتم توصيل الثلاثة أوجه بالمكان الخاص بهم بالجهاز وأيضا يتم توصيل طرف التعادل ثم يتم توصيل النقطه المفتوحة NO بالتوالى مع ملف الكونتاكتور الخاص بالتشغيل للحمل .

كيفية عمل الجهاز :

عند تشغيل الجهاز يتم تحويل النقطه المفتوحة الى نقطه مغلقه كتغير النقاط المساعده من وضعيتها وعند ذلك يتم تشغيل المحرك , فعند حدوث انخفاض للجهد او ارتفاعه عن نسبه معينه و لوقت معين ليس تغير لحظى يقوم الجهاز بتبديل نقاطه مره اخرى من NC الى NO ويتم فصل الحمل فى ذلك الوقت وفى حاله انتظام الجهد مره اخرى يتم قفل النقطه المفتوحة ليتم التوصيل الى الحمل ويتم رجوع سريان التيار مره اخرى.

Three-phase Phase-sequence Phase-loss Relay Using Voltage Detection Method



رابعا: أجهزة الحماية الحرارية Thermal Protection Relay

يوجد انواع اخرى مخصصة للتعامل مع درجات الحرارة (المقاومات الحرارية) مثل:

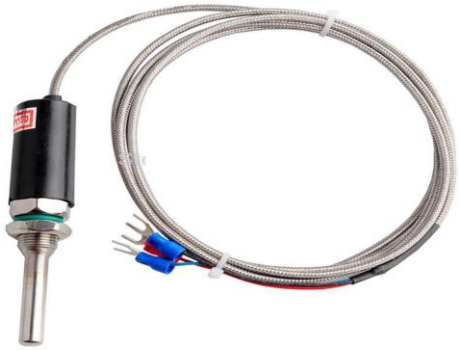
Positive Temperature Coefficient (PTC

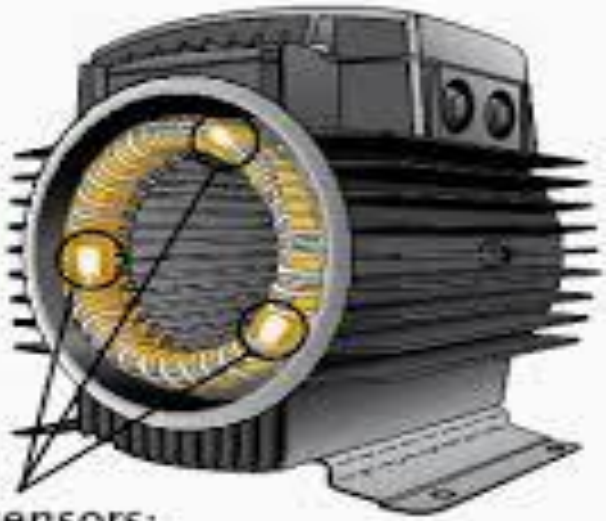
Negative Temperature Coefficient (NTC)

والذى يستخدم لبيان درجة حرارة ملفات المحركات الكهربية والمضخات الغاطسة ويتم توصيلة بمرحل / ريلاى خاص به ثم توصيلة بدائرة التحكم لفصل الحمل عند درجات حرارة معينة

.بالاضافة الى PT100 المستخدم فى بيان درجة حرارة (مثل درجة حرارة رلمان بلى المضخات)

وتعد من المكونات الكهربية التى تستخدم فى دوائر الحماية لكافة المحركات و الطلمبات بكافة انواعها.



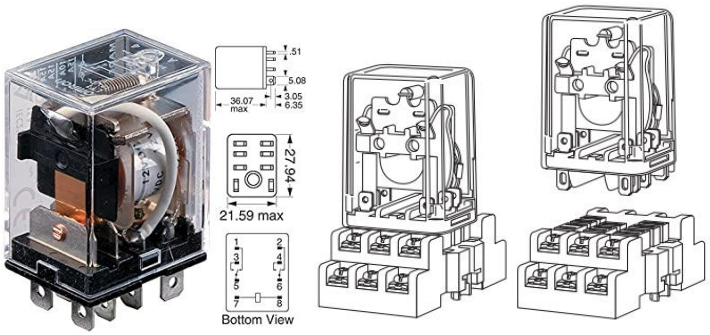


9. الريلاي/المرحل Relay

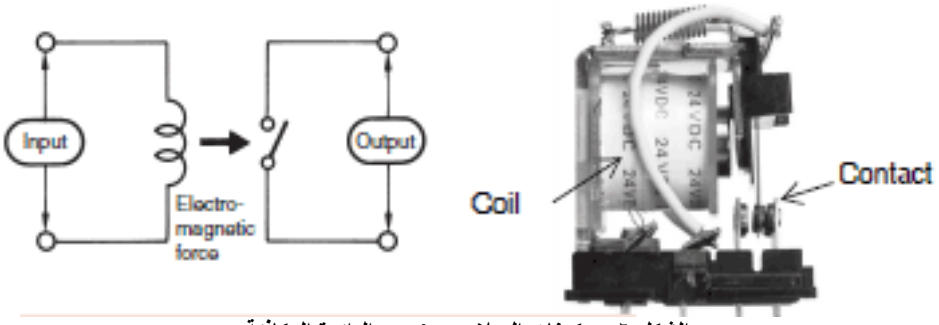
هو عبارة عن عنصر ميكانيكي /كهربي يتكون من مفتاح ميكانيكي يمكن التحكم به كهربياً من خلال تطبيق جهد على الملف الموجود بداخله . عند تواجد الإشارة الكهربية على أطراف الملف الكهربى (Coil) الداخلى للريلاي فإنه يتحول إلى مغناطيس يجذب الاطراف المرنة لنقاط التلامس وتحويل حالتها من مفتوحة الي مغلقة أو العكس

A relay is an electrically operated switch. It consists of a set of input terminals for a . single or multiple control signals, and a set of operating contact terminals.

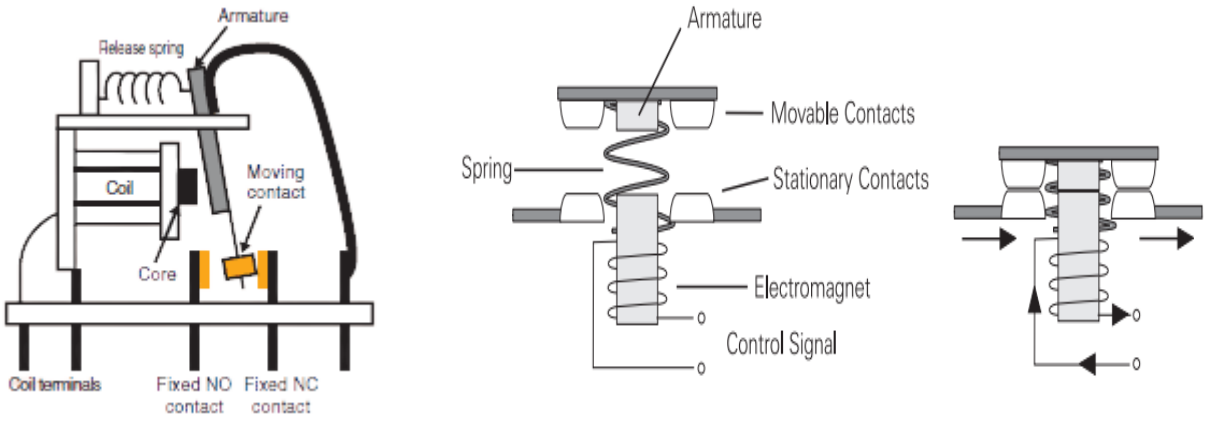
An electromechanical relay is an electrical switch that is typically operated by using electromagnetism to operate a mechanical switching mechanism.



الشكل ٥ : شكل الريلاي Relay



الشكل ٦ : مكونات الريلاي Relay والدائرة المكافئة



الشكل ٧:الشكل الداخلي للريلاي Coil & Contacts

مبدأ عمل المرحل :

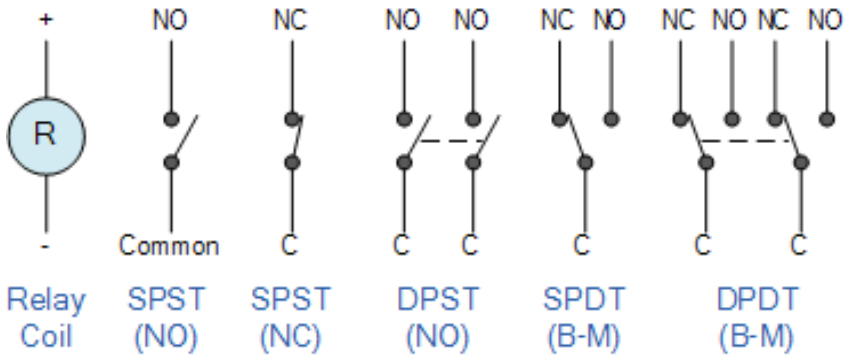
يعتمد المرحل في عمله على ملف يقوم بجذب التلامسات المتحركة لتفصل أو ليصل التيار فيها .

ويتكون المرحل مبدئيًا من ملف يقوم بتطبيق قوة على التلامسات المتحركة أثناء تغذيته.

ويمكن أن يحتوي المرحل على مفتاح واحد أو عدة مفاتيح تكون إما مغلقة عادة أو مفتوحة عادة وتصمم هذه القاطعات أخذا بعين الاعتبار قيمة التيار القصوى المطلوبة وكذلك فرق الجهد الأقصى الذي يجب أن يتحمله ولأنه يحوي أجزاء حركية يأخذ المرحل مدة زمنية لفتح وغلق الدائرة أو القاطع Electromechanical Relay Construction:

كيف يتم تحديد وشراء الريلاي Relay

- تحديد جهد تشغيل ملف الريلاي (على سبيل المثال ... 110V , 24V , 220V متردد أو مستمر حسب دائرة التحكم)
- تحديد عدد الاطراف ويكون (٣*عدد النقط)+ ٢ على سبيل المثال عند الاحتياج إلى عدد ٣ نقاط (Contacts) يكون عدد اطراف الريلاي المطلوب (عدد النقاط ٣ * ٣) + اطراف الملف ٢= ١١ طرف تكون النقطة عبارة عن ٣ اطراف (طرف COM , طرف NO , طرف NC)
- التيار/الامبير اللى تتحملها النقطة مثل ٨ امبير أو ١٠ امبير
- طريقة التثبيت والحجم المناسب



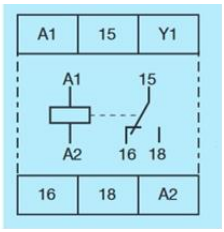
10.المؤقت (Timers)

تعتبر المؤقتات الزمنية من أهم المكونات الموجودة بالدوائر الكهربائية والوظيفة الأساسية لها التحكم في زمن تشغيل للأحمال ويوجد أنواع عديدة منها المؤقت (الميكانيكي – الهوائي – الإلكتروني – الرقمي) , وينتشر بكثرة النوع الإلكتروني في المحطات والمواقع حيث ينقسم إلى نوعين رئيسيين :

1- مؤقت التوصيل المتأخر – On delay timer

2- مؤقت الفصل المتأخر – Off delay timer

Mechanical



ElectronicTimer

Digital

(On delay timer) حيث يسمى مؤقت التوصيل المتأخر وذلك لأنه يتأخر توصيله للخرج عن وصول الإشارة إليه بقيمة الزمن المضبوط عليه .

(Off delay timer) حيث يسمى مؤقت الفصل المتأخر وذلك لأنه يعطى الخرج مباشرة بمجرد وصول الإشارة إليه ويبقى كذلك كلما ظلت الإشارة عليه فإذا انقطعت الإشارة فإنه يقوم باحتساب الزمن المضبوط عليه ثم يفصل الخرج وهذا النوع يحتاج تغذية مستقلة عن إشارة الدخل وذلك لأنه يستمر في العمل بعد زوال هذه الإشارة .

1 Indication of operational states
U: green LED – Control supply voltage applied
R: red LED - Output relay energized

2 Rotary switch for the preselection of the time range

3 Rotary switch for the fine adjustment of the time delay

4 Rotary switch for the selection of the timing function
ON-Delay: ⊠, triggering via control supply voltage
OFF-Delay: ▬, triggering via control input A1-Y1
Pulse former: 1⎍⊠, triggering via control input A1-Y1
Impulse-ON: 1⎍⊠ and control input A1-Y1 jumpered
Flasher starting with ON: ⎍ and control input A1-Y1 open
Flasher starting with OFF: ⎍ and control input A1-Y1 jumpered

11.أجهزة القياس والملحقات

Measurement instruments and accessories

1- Ammeter 2- Voltmeter 3- Multi meter

4- Signal lamps 5- Selector switches

وتتنوع أجهزة القياس من حيث تكنولوجيا التصنيع إلى أجهزة قياس (تناظرية - رقمية) فمنها ما يقيس شدة التيار الكهربائي بالأمبير ويسمى "أميتر" و منها ما يقيس فرق الجهد الكهربي بالفولت ويسمى "فولتميتر" , ومنها ما هو متعدد القياسات في جهاز واحد بحيث يقيس الكميات الكهربائية التالية :

(V – A – Hz – KVA – KW – KWH – KVAr – KVArh – Cos Φ – THD)

ومن الشيء المهم جدا أن تكون نسبة الخطأ في القياسات بتلك الأجهزة تكون أقل ما يمكن حتى تكون الدقة أكبر ما يمكن وبالتالي مما يزيد الإعتمادية و الوثوقية في تلك القراءات لتحويلها لبيانات يمكن الاعتماد عليها بعد ذلك في تحليل مؤشرات الآداء بالمحطات وذلك " لأن كل ما يقاس يدار" والعكس صحيح .

وكذلك تعد الملحقات الخاصة بلوحات التوزيع الكهربائية "Accessories" من الأشياء الهامة جدا في الشكل النهائي للوحات التوزيع الكهربائية "Finish" , وكذلك يجب الاهتمام بكل التفاصيل الخاصة بها من حيث المقاس ومادة الصنع الخاصة بها ويتحدد ذلك من خلال معرفة تركيب لوحة التوزيع سيكون "Indoor" أو "Outdoor" , وكذلك الترتيب من حيث وضع أجهزة القياس والملحقات على الوجه الخارجي للوحة التوزيع وكذلك طريقة التركيب ودرجة الإحكام حتى لا يحدث فقد في قيمة "IP" الخاصة بجسم لوحات التوزيع من حيث دخول الأجسام الصلبة والسوائل .

Analogue Voltmeter

Analogue Ammeter

Digital Multimeter

Digital Voltmeter

Digital Ammeter

3 positions
Selector switch

7 positions
Selector switch

Off pushbutton

On pushbutton

Lamp

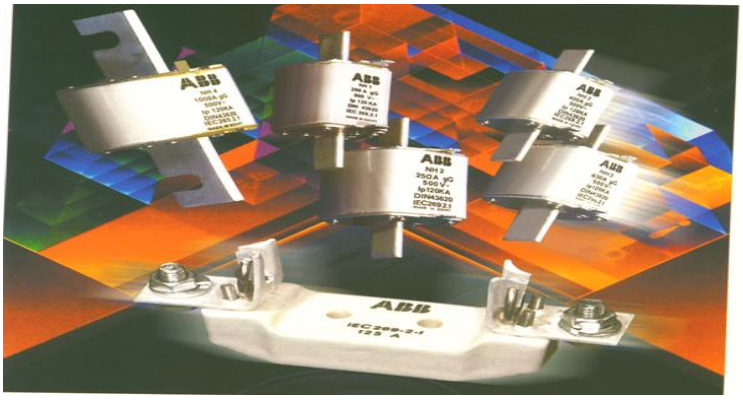
12. طرق تتبع واصلاح الاعطال للوحات الجهد المنخفض

- **بؤر الأعطال TROUBLE SPOTS**

ليس من الممكن تحديد جميع بؤر الأعطال ولكن سنذكر البؤر التي تحدث بها الأعطال بصفة متكررة:

- **١. الفيوزات Fuses**

- يجب أن تكون هي البؤرة الأولى التي يتم فحصها وإن كان في الغالب يتم تجاهلها.
- إحدى مشاكل هذه البؤرة أن تكون قاعدة الفيوز غير محكمة الربط والتثبيت والتوصيل (Loose) بسبب اهتزازات المعدة.
- وفي هذه الحالة فإن الحل الدائم هو عزل وحماية لوحة التحكم من الاهتزازات. والحل المؤقت يكون بضبط قاعدة الفيوز وتربيطها بحيث تلامس بشدة وإحكام طرفي توصيل الفيوز أو تغيير قاعدة الفيوز إن لم يمكن إحكام توصيلها وتلامسها.



شكل يوضح فيوز بالقاعدة

- مشكلة أخرى يمكن أن تحدث في هذه البؤرة وهي انفجار الفيوز (blowing) ومن المعروف أن الفيوز لن ينفجر إلا بسبب حدوث دائرة قصر (short circuit) أو تلامس مع الأرض (grounding) في دائرة التحكم.
- ومن الممكن أن نحاول مرة أو أثنين تجربة تغيير الفيوز بأخر بنفس قيمة التيار والجهد لأنه في بعض الأحيان يكون العطل ذو طبيعة انتقالية. ويمكن أن يزول من نفسه فإذا استمر الفيوز في الانفجار فيجب

البحث عن سبب العطل. ولو كانت دائرة التحكم كبيرة جدا فإنه من الأفضل أن يكون هناك فيوزات كونترول فرعية (sub control fuse) للقطاعات المختلفة من دائرة التحكم وفي هذه الحالة فإن الموضع الذى به عطل يسهل عزله أو فصله عن بقية دائرة التحكم.

- **٢. نقاط التوصيل الغير محكمة Loose Connections**

دوائر التحكم كما تراها على الرسم لا تعطى صورة حقيقية لتعقيدها فعمليا دوائر التحكم تحتوى على أسلاك توصيل بين ثلاث مواضع:

أ. لوحة التحكم.
ب. لوحة التشغيل.
ج. المعدة أو الألة

- **٢.متممات التحكم (control relay)**

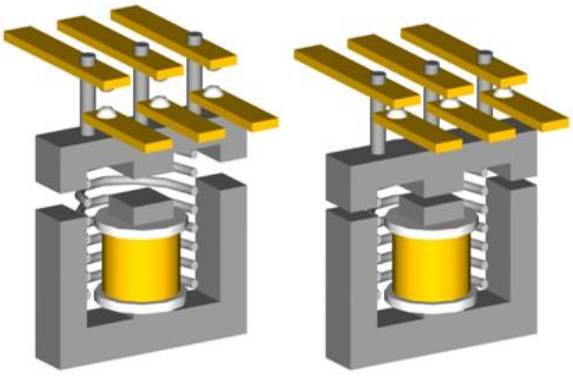
تكون بداخل لوحة التحكم وأدوات التشغيل مثل أزرار التشغيل ولمبات البيان تكون على لوحة التشغيل بينما مفاتيح نهاية المشوار ومفاتيح الضغط والعوامات تكون راكبة على الماكينة.

وأسلاك الكونترول تتوزع من لوحة التحكم إلى لوحة المشغل والماكينة بواسطة روزيتات وفي الآلات الحديثة هناك المئات من نقط التوصيل بداخل دائرة التحكم ونقط التوصيل تلك تكون عند أطراف نقط تلامس المتممات وعند أطراف الملفات والروزيتات وأطراف وسائل البيان وأطراف وسائل الحس ونقط التوصيل تلك جميعها هي الأماكن المحتملة لوجود نقط التوصيل الغير محكمة.

- **٣. نقاط توصيل خاطئة Faulty Contacts**

- هذه المشكلة تحدث في المكونات مثل بادئ حركة المحركات (motor starter)، الكونتاكتورات، الريليهات، مفاتيح التشغيل، وأنواع مختلفة من المفاتيح.
- المشكلة الأكثر شيوعا تحدث مع نقاط التوصيل المغلقة (Normally Closed Contact) فعلى الرغم من الملاحظة البصرية تبين أن نقاط التوصيل هذه موصلة (متصلة) لكن فعليا قد تكون غير موصلة للتيار نتيجة وجود أوساخ عليها أو تكون طبقة من أكسيد النحاس عليها وكلاهما يمثل عازلا.
- سبب أخر قد يكون ضغط سوسته غير كافي.
- طبقة أكسيد النحاس التي تتكون على نقطة التوصيل يمكن تنظيفها بسحب أو تمرير قطعة من الورق الخشن المقوى بين نقطتي التلامس.
- ولا يجب أبدا استخدام مبرد أو صنفرة لتنظيف نقط التلامس لأن معظم نقاط التوصيل المستخدمة حاليا يتم تغطية نقط تلامسها بطبقة من الفضة فلو تم صنفرة نقطة التلامس سيتم تدمير طبقة الفضة تلك.

- ولو تآكلت نقاط التلامس أو امتلأت بالتجاويف يجب تغييرها فورا.



كيف تعمل نقاط التلامس الرئيسيه للكونتاكتور

- **٤. ترقيم وتعليم غير صحيح للأسلاك Incorrect Wire Marking**

تظهر هذه المشكلة عادة في المراحل الأولى من توصيل وتجميع لوحة الكونترول أو في حالة تجميع من بداية تشغيل المعدة كما يمكن حدوثه خلال الصيانة الوقائية أو خلال أي تغيير يتم في دائرة التحكم. وهذا الخطأ من الصعب العثور عليه لأن الكابلات والأسلاك التي تمر من لوحة الكونترول إلى المعدة ربما تتعدى ال (٢٠ موصل) وإحدى المشاكل الشائعة هو عدم إعادة ترتيب أرقام الأسلاك أو الكابلات وكذلك خلال توصيل الموصلات على الروزيتات والخطأ في توصيل الموصل بفتحة روزيتة غير الفتحة المطلوبة.

- **٥. المشاكل المركبة Combination Problems**

من الممكن أن تكون المشكلة في منطقة واحدة أو في عدة مناطق معا فإذا حدث ذلك فيجب أن نبدأ بفحص الدائرة الكهربية لأن فحص دائرة كهربية يكون أسرع من فحص نظام ميكانيكي.

مثال:

- إحدى المشاكل المركبة الشائعة هو فصل محرك نتيجة زيادة الحمل فإن المحرك يمكن أن يفصل نتيجة حمل ميكانيكي زائد أو نتيجة أداء خاطئ من متمم الحماية ضد زيادة الحمل لوظيفته أو لمشكلة بالمحرك نفسه ومن الممكن حدوث مشكلتين في نفس الوقت.
- فمتمم الحماية ضد زيادة الحمل (over load relay) يمكن أن يفصل بالخطأ نتيجة الحرارة الناتجة عن وصلة باور غير محكمة. كما أن المحرك يمكن أن يسحب تيار أعلى من اللازم نتيجة وجود كرسي دوران (بلية) (bearing) تالف.
- فإذا حدث فصل للمحرك نتيجة زيادة الحمل يجب أن نفصل المحرك عن الحمل الميكانيكي ويجب بداية إجراء الفحص الكهربي (electrical check).

- **٦. الجهد المنخفض Low Voltage**

لو انخفض جهد النظام فإن المتممات (relay) والكونتاكتورات والتأيمرات (timers) يبدأ في الفصل (getting de-energized) وتبدآ دائرة التحكم في عدم أداء وظيفتها كما ينبغي وتبدأ المحركات في الفصل لأنها تسحب تيار من المصدر أعلى من الطبيعي.

وجهد النظام يمكن أن ينخفض نتيجة التحميل الزائد عن الحد أو مقاس الموصلات والكابلات الأصغر من اللازم.

والسبب الشائع لهذه المشكلة هو إضافة معدات جديدة بدون فحص سعات كابلات مصادر القدرة والمحول ومدى قدرتها على استيعاب الأحمال الجديدة وتغذيتها.

فالجهد المنخفض سيؤدى إلى توليد حرارة منخفضة في الأفران وكمثال فإن الجهد إذا انخفض إلى نصف الجهد المصمم عليه عنصر التسخين فإن الحرارة الناتجة (heat out put) سوف تقل إلى الربع.

- **٧. التلامس مع الأرضي Grounding**

يمكن أن يكون لدينا نوعين من مصدر الكونترول (control supply)

- أحدهما يكون الطرف المتعادل الخاص به (neutral) متصل بالأرضي (grounding)
- والنوع الأخر يكون الطرف المتعادل الخاص به غير متصل بالأرضي وكلاهما لديه مميزاته

- ففي النوع الأول أحد طرفي مصدر الكونترول من محول الكونترول (control transformer) يتم توصيله بالأرضي والطرف الثاني من مصدر الكونترول يتم حمايته بواسطة فيوز أو (miniature circuit breaker) وميزة هذه الطريقة أنه من السهل فحص المصدر عند أي نقطة. كما أنه يمكن فحصه بالقياس مع الأرضي وفي هذه الطريقة عندما يحدث خطأ فإن الفيوز ينفجر وتتوقف المعدة حتى نجد العطل ونعالجه.
- وفي النوع الثاني حيث ال (Neutral) غير متصل بالأرضي (ungrounded) فيتم تفضيله في عنابر الإنتاج الكبيرة.
- وفي هذا النوع فإن دائرة التحكم تستمر في العمل حتى لو حدث تلامس مع الأرضي فهذه الطريقة لها ميزة أن الإنتاج سوف يستمر ولن يتوقف بمجرد حدوث تلامس أرضى واحد مما يسمح بوقت للبحث عن العطل وإزالته وإصلاحه وفي هذا النوع من مصدر الكونترول (control supply) لابد من وجود نوع ما من البيان يوضح حدوث تلامس مع الأرضي وهذا البيان عبارة عن لمبتين بيان لتوضيح أي من خطى مصدر الكونترول هو ما تلامس مع الأرضي كما هو موضح بدائرة التحكم بالشكل.

- **دائرة تحكم تحتوى لمبات تبين التلامس مع الأرضي**

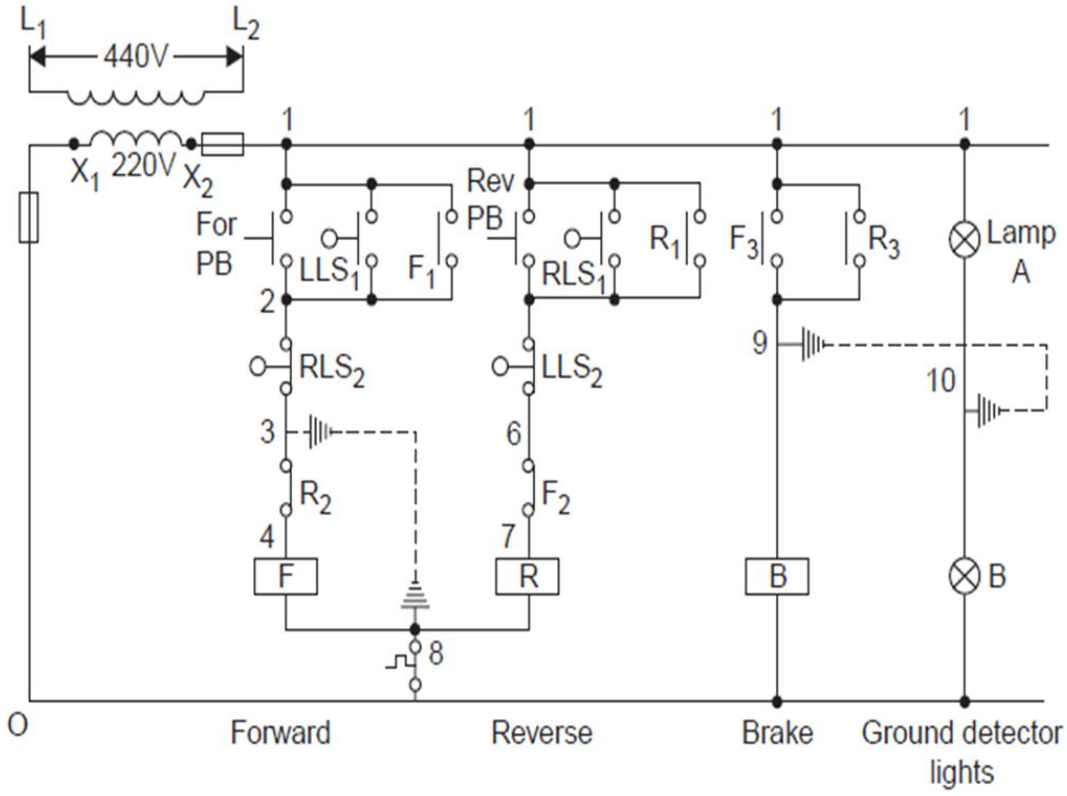


Fig. 10.2 Control circuit having ground detector lights

- ففي دائرة التحكم تلك فإن لمبتي بيان التلامس مع الأرضي هما (A) & (B) والسلك رقم ١٠ بين اللمبة (A) & (B) هو مؤرض (متصل بالأرضي) (solidly grounded).
- وعندما لا يكون أي من الخطيين (1) & (0) متلامس مع الأرضي فإن كلا اللمبتين (A) & (B) يضئ بنصف إضاءته الكاملة لأنهما يمثلان لمبتين ٢٢٠ فولت متصلتان على التوالي على مصدر ٢٢٠ فولت.
- وإذا ما حدث تلامس مع الأرضي في دائرة الكونترول فإن إحدى اللمبتين ستطفأ بينما تضيء الأخرى بإضاءتها الكاملة واللمبة التي ستنطفئ ستشير إلى أن ناحية مصدر الكونترول المجاورة لها (1) أ& (0) هي التي تلامست مع الأرضي.
- إذا ما حدث تلامس مع الأرضي عند السلك رقم ٣ وكذلك في نفس اللحظة عند السلك رقم ٨ فإن فيوز الكونترول سوف ينفجر نتيجة حدوث (short circuit) على الأطراف الثانوية لمحول الكونترول (control transformer).
- والميزة مع النوع الثاني حيث مصدر الكونترول غير متصل بالأرضي وانه حتى إذا لامست أي نقطة من دائرة الكونترول الأرضي فإن ذلك لن يسبب عطل فوري ولن تتوقف دائرة التحكم مما يتيح استمرار

تشغيل الماكينة والإنتاج بدون انقطاع حيث يمكن البحث عن نقطة التلامس مع الأرضي وإصلاحها في الأوقات المخصصة للصيانة.

- **٨. الأعطال اللحظية Momentary Faults**

أحيانا تحدث الأعطال والمشاكل ولكنها لا تستمر لوقت طويل ويكون من الصعب تحديد هذا العطل اللحظي.

- ومشغل الماكينة يجب أن يلاحظ الماكينة بدقة في أي مرحلة من دورة عمل دائرة الكونترول يحدث هذا العطل وبعد تحديد الجزء من دائرة الكونترول المعنى بهذه المرحلة ليتم فحصه ومراجعته.
- وإذا كان الخطأ أو العطل يحدث بصفة عشوائية خلال دورة عمل دائرة الكونترول فإن مكونات دائرة الكونترول المتعلقة يجب فحصها.
- التوصيل الغير المحكم أو الموصل المكسور داخل الغلاف العازل للسلك أو الكابل قد يكون أحد أهم أسباب الأعطال اللحظية.
- وفي بعض الأحيان يكون الأداء الغير صحيح لأحد مكونات يمكن تغييره بأخر جديد وإذا كانت الماكينة جديدة فربما يكون الخطأ موجود أصلا في دائرة التحكم نتيجة التوصيل الخاطئ.

- **٩. الصيانة الرديئة Poor Maintenance**

إذا لم يكن هناك صيانة دورية للمعدة فإن معدل حدوث الأعطال سوف يزيد والصيانة الدورية بالضرورة تتضمن تنظيف المعدة ولوحة التحكم وباب لوحة التحكم.

كما يجب الاحتفاظ بكارت صيانة المعدة (history card) يتضمن بيانات الصيانة الدورية الوقائية والأعطال والإصلاحات التي تمت للمعدة خلال عمرها.

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ, ومشاركة السادة:

مهندس/ أشرف لمعي توفيق	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ السيد رجب شتيا	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ أيمن النقيب	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ خالد سيد أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ طارق ابراهيم	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ علي عبد الرحمن	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ علي عبد المقصود	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ محمد رزق صالح	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ مصطفي سبيع	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ وحيد أمين أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ يحيى عبد الجواد	**شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**

- **تم تحديث الإصدارالثانى بمشاركة السادة :-**

مهندس/ خالد سيد أحمد	**شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى**
مهندس / ريمون لطفى زاخر	**شركة الصرف الصحي بالقاهرة**
مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية**
مهندس/ محمد عطية يوسف	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
مهندس/ محمد محمد الشبراوى	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
مهندس/ محمد صالح فتحى	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
مهندس/ هانى رمضان فتوح	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
مهندس/ عادل عزت عبد الجيد	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببنى سويف**

تمت أعمال التنسيق والإخراج الفني لهذا الإصدار بواسطة كلا من :

الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
الكيميائى/ محمود جمعه	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**