الباب السابع

أجهزة الوقاية الكهربية

obeikandl.com

obeikandl.com

أجهزة الوقاية الكهربية

١/٧ - المصهرات Fuses

تعتبر المصهرات الكهربية هى إحدى عناصر الوقاية الهامة من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل أو القصر، وهى تتميز بمقدرتها العالية فى فصل الدوائر الكهربية عند زيادة التيار، وتتميز أيضاً بصغر المفاقيد الكهربية فيها وخواص التمييز العالية لها Discrimination والتى سنتناولها بالتفصيل فيما بعد.

وفيما يلى أهم المصطلحات الفنية للمصهرات:

١- **التيار المقنن للمصهر Rated current of fuse**: وهو أكبر تيار يمر فى المصهر باستمرار بدون أن يحدث تلف لعنصر المصهر وفيما يلى التيارات المقننة القياسية للمصهرات:

2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	80
80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250

٢- أقصى تيار لقاعدة المصهر ويساوى أكبر تيار مقنن للمصهرات التى تستخدم معها القاعدة، حيث إنه فى العادة يمكن استخدام القاعدة الواحدة لأكثر من مصهر له تيارات مقننة مختلفة.

٣- التردد Frequency (f): وفى حالة غياب هذا التردد فإنه يتراوح ما بين (45: 62HZ).

٤- تيار القصر المتوقع Prospective Current: وهو التيار المتوقع مروره فى المصهر لحظة القصر.

٥- تيار الفصل التقليدى I_f وهو التيار الذى يحدث انصهار للمصهر فى الزمن المحدد والذى يكون أقل من (5S).

٦- تيار عدم الفصل التقليدى I_{nF}: وهو التيار الذى يمكن أن يمر فى المصهر مدة زمنية معينة (1hr) بدون أن يحدث انصهار له.

٧- أقصى سعة للقطع Breaking Capacity: وهى أقصى قيمة لتيار القصر يمكن للمصهر أن يقطعه عند الجهد المقنن.

٨- زمن انقطاع عنصر الإنصهار للمصهر Pre-arcing time: وهو الزمن اللازم لانقطاع عنصر الانصهار عند مرور تيار الفصل التقليدى به.

٩- زمن الشرارة arcing time : وهو الزمن الذى يمر من لحظة انقطاع عنصر الانصهار وبدء الشرارة إلى لحظة اختفاء الشرارة.

١٠- الزمن الكلى Operating time : وهو مجموع زمن انقطاع عنصر الأنصهار وزمن الشرارة.

١١- معامل الانصهار Fusing Factor : هى النسبة بين تيار الفصل التقليدى والتيار المقنن للمصهر.

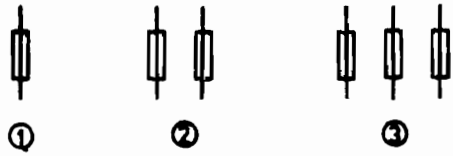
وفيما يلى رموز المصهرات العالمية والألمانية:

حيث إن:

الرمز 1 مصهر قطب واحد.

الرمز 2 مصهر قطبين.

الرمز 3 مصهر ثلاثة أقطاب.



ويمكن تقسيم المصهرات بصفة عامة إلى :

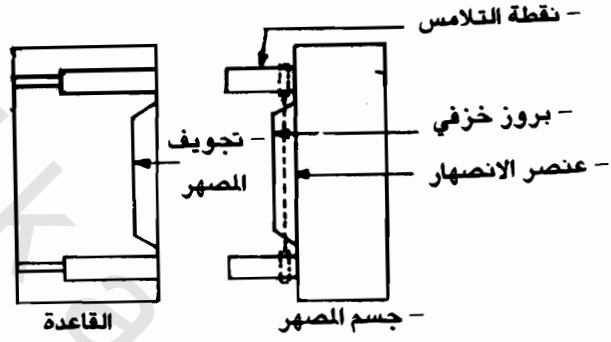
١- مصهرات يعاد تسليكها .

٢- مصهرات خرطوشية Cartiradge Fuses .

٧ / ١ / ١ - المصهرات التى يعاد تسليكها

وهذه المصهرات كانت تستخدم فى الماضى فى المنازل وما زالت تستخدم إلى الآن فى بعض المنازل، حيث يوضع سلك رفيع بين طرفى تلامس المصهر، فإذا انصهر هذا السلك استبدل بآخر ومعامل انصهارها يساوى 2 ، فمثلاً: إذا كان التيار المقنن للمصهر 30A فإن تيار الانصهار المقنن له يساوى 60A تقريباً.

والشكل (٧-١) يعرض قطاعًا لمصهر يعاد تسليكه.



الشكل (٧-١)

وتمتاز هذه المصهرات برخصها وسهولة استبدال عنصر انصهارها بدون أى تكلفة، ويعاب عليها أنها لا توفر الحماية المطلوبة إذا استبدل عنصر انصهارها عند تلفه بآخر أغلظ، كما أن إنصهار عنصر انصهارها قد يتلف المصهر بأكمله نتيجة للشرر الحادث بالإضافة إلى أنها بطيئة.

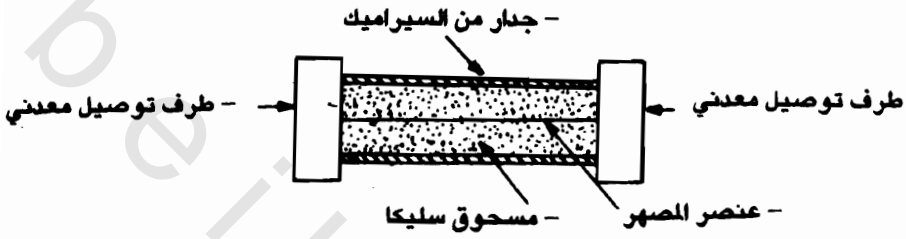
والجدول (٧-١) يبين قطر أسلاك النحاس المستخدمة كعنصر انصهار تبعاً للتيار المقنن.

الجدول (٧-١)

التيار المقنن A	3	5	10	15	20	25	30	45	60	80	100
قطر سلك النحاس mm	0.15	0.2	0.35	0.5	0.6	0.75	0.85	1.25	1.5	1.8	2

٧ / ١ / ٢- المصهرات الخرطوشية

فى هذه المصهرات فإن عنصر الانصهار يكون داخل أنبوبة من الزجاج أو السيراميك وتملى هذه الأنبوبة بمادة مانعة للحريق أو الشرارة مثل: الكوارتز، ويوصل عنصر الانصهار بنقطتى توصيل معدنيتين على أطراف هذه الأنبوبة. والشكل (٧-٢) يعرض قطاعًا فى مصهر خرطوشى بسيط.



الشكل (٧-٢)

وتستخدم المصهرات الخرطوشية فى حماية الأجهزة الكهربية والالكترونية ومآخذ التيار (البرايز)، ولقد تمكنت هذه المصهرات من تغطية جميع عيوب المصهرات التى يعاد تسليكها، ولكن يعاب عليها ارتفاع سعرها حيث يلزم استبدالها بعد كل انصهار.

ويمكن تقسيم هذه المصهرات إلى:

أ - مصهرات اسطوانية Cylinderical type fuses.

ب - مصهرات ريشية Blade type fuses

جـ - مصهرات مسننة Screw type fuses

ويندرج تحت المصهرات المسننة ما يلى:

- مصهرات دايزيد (D) Diazed.

- مصهرات نويزيد (Do) Neozed.

obeikandl.com

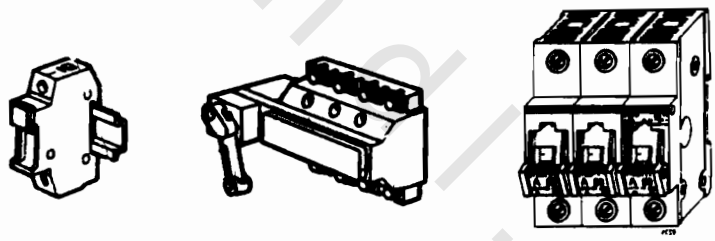
٧ / ١ / ٣- المصهرات الاسطوانية

الشكل (٧-٣) يعرض قطاعًا في أحد المصهرات الاسطوانية.

الشكل (٧-٣)

ويلاحظ أن عنصر الانصهار يحتوى على مقاطع لها مساحة مقطع صغيرة، وبالتالى تكون مقاومتها كبيرة، فعند القصر تكون هذه المقاطع هى أضعف أجزاء عنصر الانصهار، فيحدث الانصهار عند إحداها.

والشكل (٧-٤) يعرض عدة نماذج من حوامل المصهرات الاسطوانية، فالشكل (أ) يعرض حامل مصهر قطب واحد، والشكل (ب) يعرض حامل مصهر أربعة أقطاب بذراع سكينة، والشكل (جـ) يعرض حامل مصهر ثلاثة أقطاب.



الشكل (٧-٤)

وتتواجد هذه المصهرات بمقاسات مختلفة، فمثلا: توفر شركة Legrand الفرنسية ثمانى أحجام كما يلى:

6.3 X 23mm	8.5 X 23 mm	10.3 X 25.8 mm	8.5 X 31.5mm
10.3X31.5mm	10 X 38mm	14 X 5 mm	22 X 58mm

علماً بأن العدد الذى على اليسار يعطى قطر المصهر، والآخر يعطى طول المصهر. ويتراوح التيار المقنن لهذه المصهرات (2:1250A)، وتصل سعة القطع لهذه المصهرات 100KA وهى تستخدم فى حماية الكابلات الرئيسية والمحركات.

٧ / ١ / ٤ - المصهرات الريشية

الشكل (٧-٥) يعرض نموذجًا لأحد المصهرات الريشية التى لها سعات قطع عالية. وهى تتكون من جسم المصهر الخزفى والذى يكون على شكل اسطوانة أو متوازى مستطيلات، ويثبت على طرفى جسم المصهر ريشتان معدنيتان (سلاحان) تمثلان نقطا تلامس المصهر، ويوصل سلاحا المصهر من الداخل بعنصر الانصهار.

وتستخدم هذه المصهرات لحماية الكابلات الرئيسية والمحركات **الشكل (٧ – ٥)** والأحمال الكبيرة.

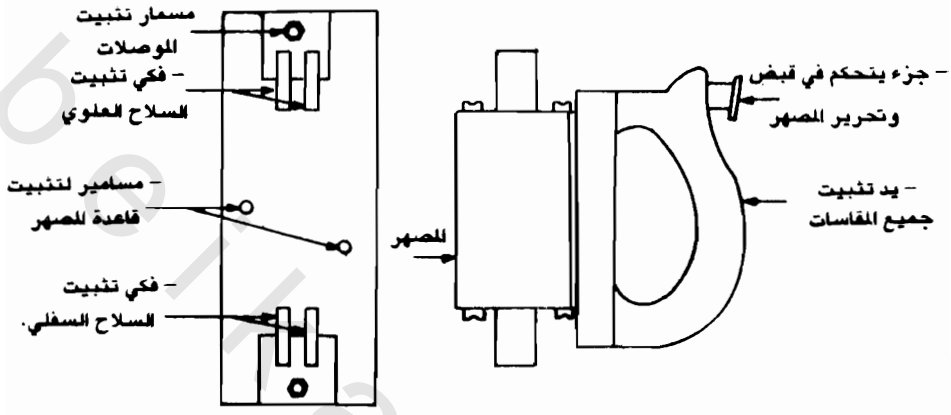
وتتواجد هذه المصهرات بأبعاد مختلفة، فمثلا: شركة Siemens الألمانية توفر ستة أحجام مواصفاتها مبينة بالجدول (٧-٢).

الجدول (٧-٢)

المقاس	تيار القاعدة A	تيار المصهر A	طول المصهر mm	عرض المصهر mm
00	160	6 : 160	120	36
0	160	6 : 160	171	47
1	250	35 : 250	200	59
2	400	80 : 400	225	67
3	630	315 : 630	250	82
4	1250	500 : 1250	320	114

ولتثبيت هذه المصهرات على قاعدتها تستخدم يد تثبيت بالطريقة المبينة بالشكل (٧-٦).

وعادة فإن هذه المصهرات لا يتعامل معها إلا الفنيين المختصين.



الشكل (٧-٦)

٧ / ١ / ٥ - المصهرات المسننة

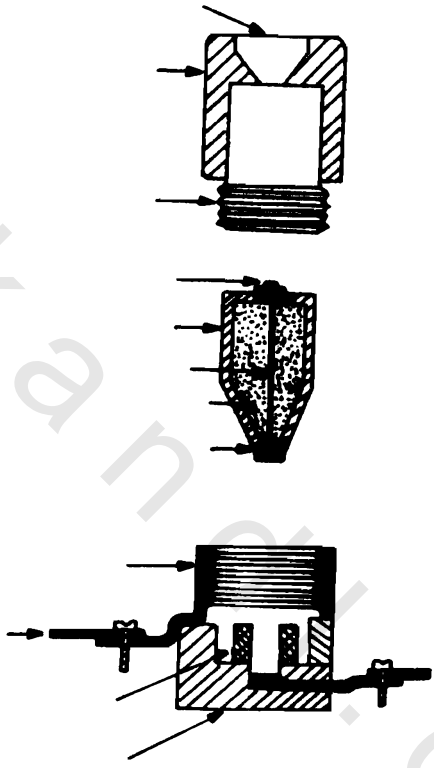
هذه المصهرات تنتجها عادة الشركات الألمانية المصنعة لأجهزة الوقاية الكهربية. وتتواجد هذه المصهرات فى صورتين وهما: مصهرات الدايزيد D ومصهرات النويزيد Do. ويتشابه كلا النوعين لحد كبير فى الشكل وإن كان حجم الأول أكبر من حجم الثانى. ويوجد بهذه المصهرات أعلام ملونة يمكن مشاهدتها أثناء تثبيت المصهر فى قاعدته، وتساعد على معرفة حالة المصهر، ففى حالة تواجد هذه العلم فإن هذا يعنى أن المصهر سليم، وفى حالة خروج هذه العلم من مكانه يعنى هذا أن المصهر يحتاج لاستبدال. وتتميز هذه المصهرات بسهولة التعامل معها؛ فهى لا تحتاج إلى فنيين للتعامل معها كما هو الحال مع المصهرات الريشية، حيث تزود قاعدة كل مصهر حلقة قطرها يعتمد على تيار المصهر وبذلك يصعب تبديل المصهرات المتجاورة معاً فى لوحة التوزيع بالخطأ.

والشكل (٧–٧) يبين تركيب مصهرات الديزيد وهى تتكون من ثلاثة عناصر وهم: غطاء المصهر (أ) وجسم المصهر (ب) وقاعدة المصهر (جـ).

حيث إن :

شباك زجاجى لمعرفة حالة المصهر	1
قاعدة خزفية	2
سن مقلوظ	3
علم ملون	4
جسم خزفى	5
عنصر الانصهار	6
نقطة تلامس	7
قاعدة تثبيت معدنية	8
أطراف توصيل	9
حلقة ملونة قطرها يعتمد على حجم المصهر	10
قاعدة خزفية	11
مادة إطفاء الشرارة	12

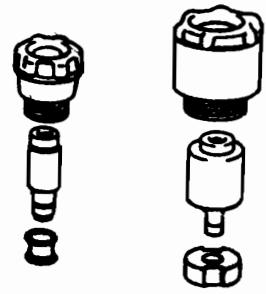
obeikandl.com



الشكل (٧ – ٧)

obeikandl.com

والشكل (٧-٨) يعرض غطاء جسم المصهر والحلقة الملونة المثبتة بقاعدة المصهر والتى تمنع تبديل مصهر مكان آخر لكلٍّ من مصهر دايزيد (أ) ومصهر نويزيد(ب) .



الشكل (٧ – ٨)

والجدول (٧-٣) يبين المقاسات المختلفة ونوع سن القلاووظ وتيار قاعدة المصهر وتيار المصهر لمصهرات الدايزيد ومصهرات النويزيد .

نوع المصهرات	جهد التشغيل	المقاس	السن	تيار القاعدة	تيار المصهر
دايزيد	500V	DII	E27	25	2:25
		DIII	E33	63	35:63
		DIV	R1 $\frac{1}{4}$"	100	80 :100
نويزيد	380V	D01	E14	16	2:16
		D02	E18	63	20 :63
		D03	M30X2	100	80 :100

والجدول (٧-٤) يبين الألوان المختلفة ومدلولاتها بالأمبير لمصهرات الدايزيد والنويزيد .

الجدول (٧-٤)

اللون	وردي	بني	اخضر	احمر	رمادي	أزرق	أصفر	أسود	أبيض	نحاسي	فضي	احمر
التيار A	2	4	6	10	16	20	25	30	50	63	80	100
مقاس مصهرات الدايزيد	DII							DIII			DIV	
مقاس مصهرات النويزيد	D01							D02			D03	

٧ / ١ / ٦- الخواص الكهربية للمصهرات الخرطوشية

يمكن تقسيم المصهرات الخرطوشية بصفة عامة حسب خواص الزمن والتيار لها إلى أربعة أقسام وهم كما يلى :

أ- مصهرات بخواص gL (خواص قديمة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وتستخدم فى حماية الموصلات والكابلات .

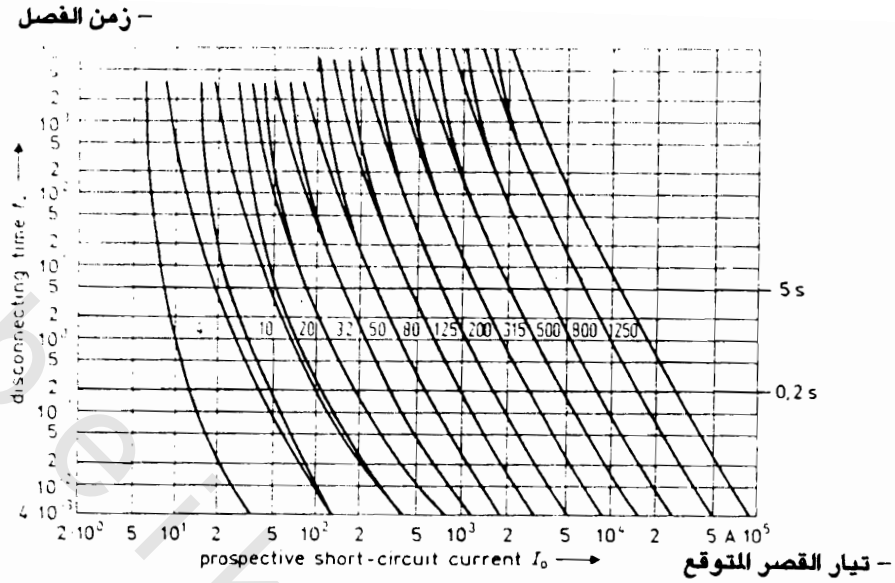
ب- مصهرات بخواص aM (خواص قديمة) وهذه المصهرات توفر حماية جزئية ابتداء من تيار يساوى عدة مرات تيارها المقنن وتستخدم فى حماية المحركات وهى توفر حماية جيدة عند القصر .

جـ- مصهرات بخواص gG (خواص حديثة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وتستخدم فى حماية الكابلات والموصلات ، وكذلك حماية المحركات باختيار المناسب منها الذى يتحمل تيار بدء المحرك .

د- مصهرات بخواص gM (خواص حديثة) وهذه المصهرات توفر حماية كاملة خلال مدى تشغيلها وهى تستخدم لحماية المحركات من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل أو القصر .

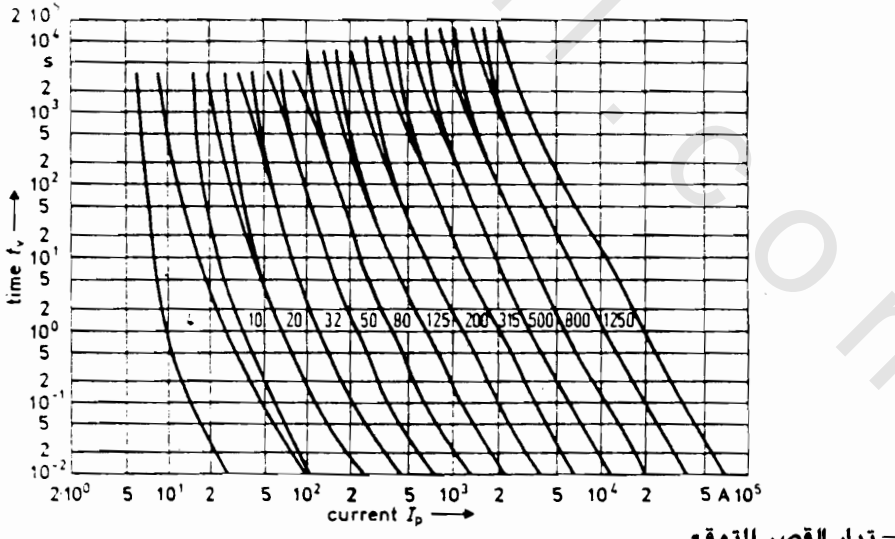
والشكل (٧ - ٩) يعرض خواص gL وهى خواص أنبوبية بمعنى أنه عند أى تيار قصر يوجد قيمتان لزمن الفصل قيمة صغرى وتسمى بزمن الفصل على الساخن، والقيمة العظمى وتسمى بزمن الفصل على البارد .

فعند استخدام مصهر 50A نوع gL وزاد الحمل ليصبح التيار المار 100A فإن زمن فصل هذا المصهر سيتراوح ما بين (50S:700S)، وعندما يكون تيار القصر 500A فإن زمن فصل هذا المصهر سيتراوح ما بين (50mS:3S) .



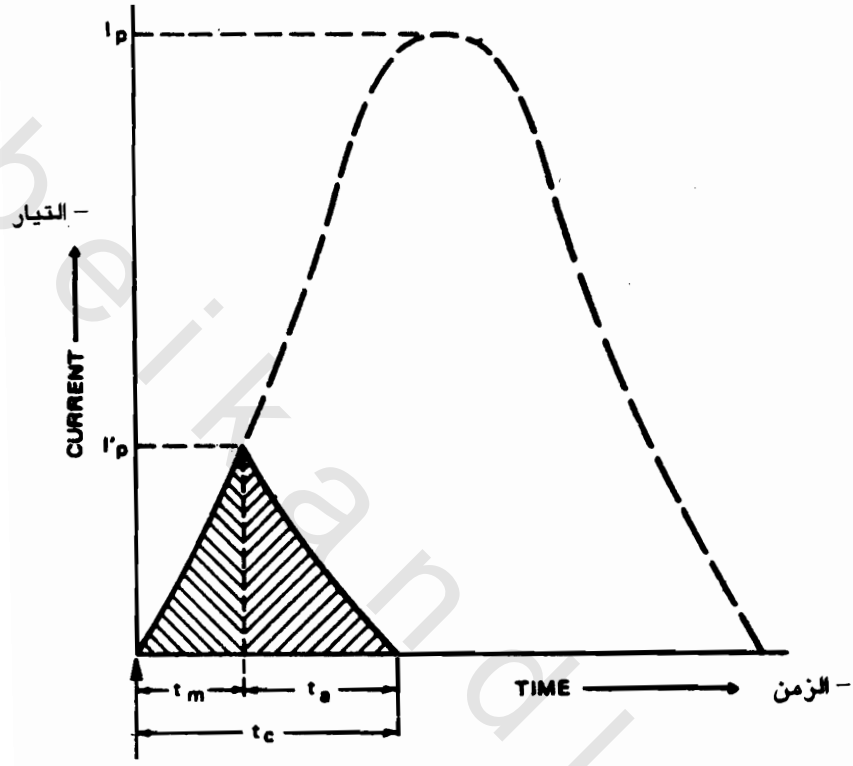
الشكل (٧–٩)

والشكل (٧–١٠) يعرض خواص gG وهى خواص أنبوبية أيضاً، فعند استخدام مصهر 50A نوع gG وزاد الحمل عليه ليصبح 100A فإن زمن الفصل سيتراوح ما بين (100S:1500S)، وعندما يكون تيار القصر 500A فإن زمن الفصل سيتراوح ما بين (30mS:3S).



الشكل (٧–١٠)

والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة للمصهرات تقوم بإنتاج مصهرات لها خاصية تحديد تيار القصر. والشكل (٧-١١) يوضح خاصية تحديد تيار القصر للمصهرات.

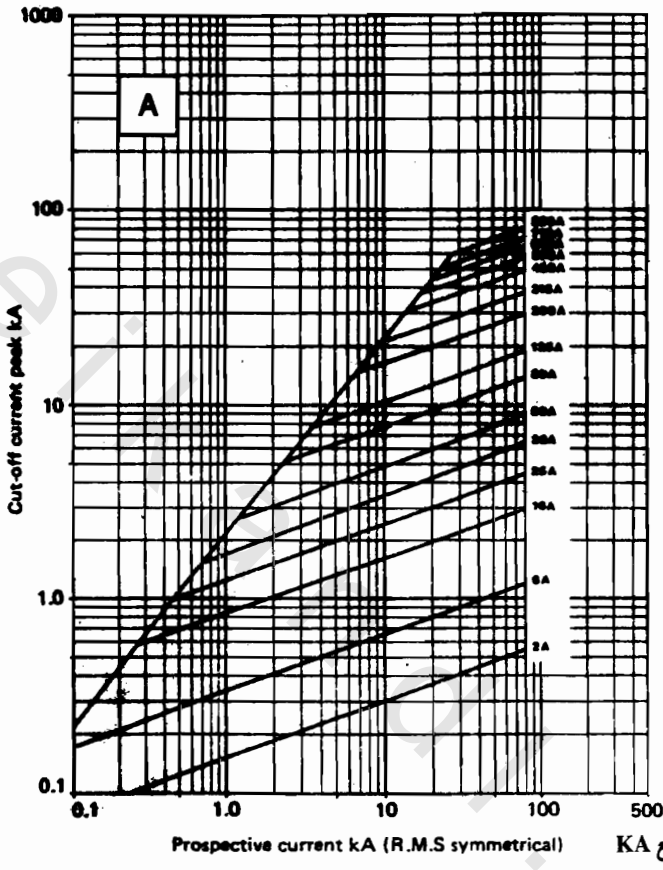


الشكل (٧-١١)

حيث إن:

تيار القصر المتوقع	IP
تيار القصر الذى تم تحديده	$\overline{IP}$
زمن انصهار عنصر الانصهار	tm
زمن القوس الكهربى	ta
الزمن الكلى	tc

والشكل (٧-١٢) يعرض خواص تحديد تيار القصر لمصهرات خرطوشية لها تيار مقنن يتراوح ما بين 2:800A .



الشكل (٧-١٢)

فمثلاً: إذا كان تيار القصر المتوقع هو 20KA مع مصهر 16A فإن تيار القصر المحدد سيساوى 2KA .

٧ / ١ / ٧ - طريقة عرض المعلومات الفنية على المصهرات

توضع المعلومات الفنية التالية على عنصر المصهر:

١ - اسم الشركة المصنعة أو الماركة المسجلة.

٢ - رقم التصنيع أو رقم الكتالوج.

٣ – جهد التشغيل المقنن.

٤ – نوع التيار، مستمر أو متردد.

٥ – التيار المقنن.

٦ – سعة القطع.

٧ – خواص الزمن والتيار.

٨ – نوع المواصفات الفنية التى يخضع لها خواص المصهر عالية IEC أو ألمانية VDE أو إنجليزية BS .. إلخ.

أما المصهرات الصغيرة التى تستخدم مع الدوائر الالكترونية فتكتب قيمة التيار والجهد بالطريقة التالية.

10 أو 500 /10 أو 10A/ 500V

وفيما يلى المعلومات الفنية المكتوبة على مصهر بريش من إنتاج شركة Leqrand الفرنسية.

☐ Legrand

18025

Taile3

aM 500A

500 Vac

IEC 269 - 2

NFC 63- 210

VDE 0636- 22

I_S 100KA

حيث إن :

الشركة المصنعة	Legrand
رقم بكتالوج الشركة المصنعة	18025

obeikandl.com

حجم المصهر 3	Taile 3
خواص المصهر aM	aM
تيار المصهر المقنن 500A	500A
جهد المصهر المقنن 500V مترد	500 Vac
يخضع للمواصفات العالمية IEC	IEC 269-2
يخضع للمواصفات الفرنسية NFC	NFC 63 - 210
يخضع للمواصفات الألمانية VDE	VDE 0636 - 22
أقصى سعة 100KA	I_S 100 KA

٧ / ٢ – قواطع الدائرة المصغرة Miniature circiut breaker

هى وسيلة لتوصيل وفصل الدوائر الكهربية سواء فى الأحوال العادية أو حالات الخطأ، والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية، أما القاطع فيقوم بوصل وفصل الدائرة يدوياً فى الحالات العادية، ويفصل الدائرة أتوماتيكياً عند حدوث أخطاء بالدائرة كقصر أو زيادة حمل.

مميزات قواطع الدائرة المصغرة:

١– زمن الفصل لها قصير جداً عند حدوث قصر فى الدائرة

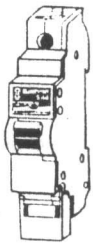
٢– يمكن إعادتها للتشغيل بإعادتها يدوياً لوضع ON بعد إزالة أسباب الخطأ.

٣– يمكن استخدامها كمفتاح رئيسى للدائرة.

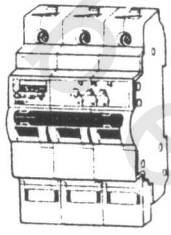
٤– يمكن فصلها يدوياً أثناء عمل الأحمال بدون خوف من حدوث شرارة.

وتصنع هذه القواطع بعدد مختلف من الأقطاب منها ما هو بقطب واحد 1pole، وآخر بقطبين 2Pole ، وآخر بثلاثة أقطاب 3pole ، وآخر بأربعة أقطاب 4pole

والشكل (٧-١٣) يعرض نموذجين لقواطع دائرة مصغرة قطب واحد (الشكل أ)، وثلاثة أقطاب (الشكل ب).



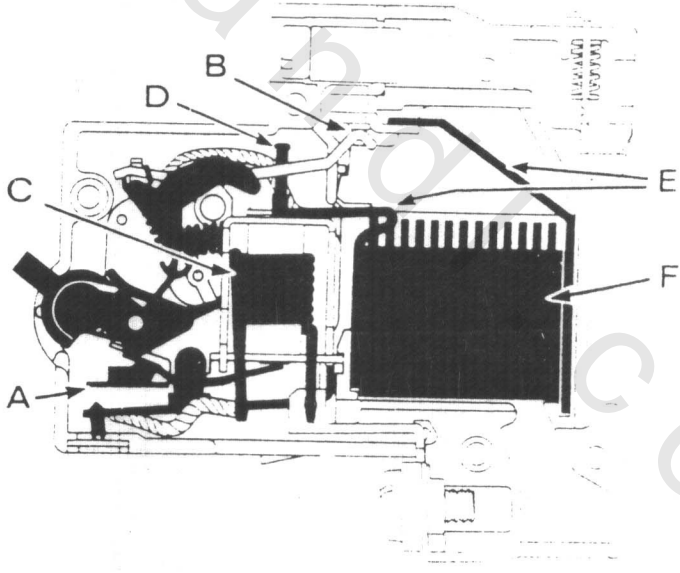
والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة المصغرة تحتوى على عنصر فصل حرارى وعنصر فصل مغناطيسى؛ ولذلك فهى مناسبة للحماية من القصر وزيادة الحمل.



علماً بأن القصر ينتج عن إتصال مباشر بين وجهين أو أكثر أو وجه وخط التعادل ووجه وخط الوقاية. أما زيادة الحمل فينتج من زيادة الحمل على أحمال المحركات. وعادة فإن تيار الدائرة يزداد عدة مرات عند القصر تصل إلى 100 مرة، فى حين يزداد تيار الدائرة بحد أقصى مرتين من التيار المقنن عند زيادة الحمل.

الشكل (٧-١٣)

والشكل (٧-١٤) يعرض قطاعًا داخليًا فى قاطع دائرة مصغر من شركة (MEM Ltd).



الشكل (٧-١٤)

حيث إن:

عنصر الفصل الحرارى A

B نقاط التلامس

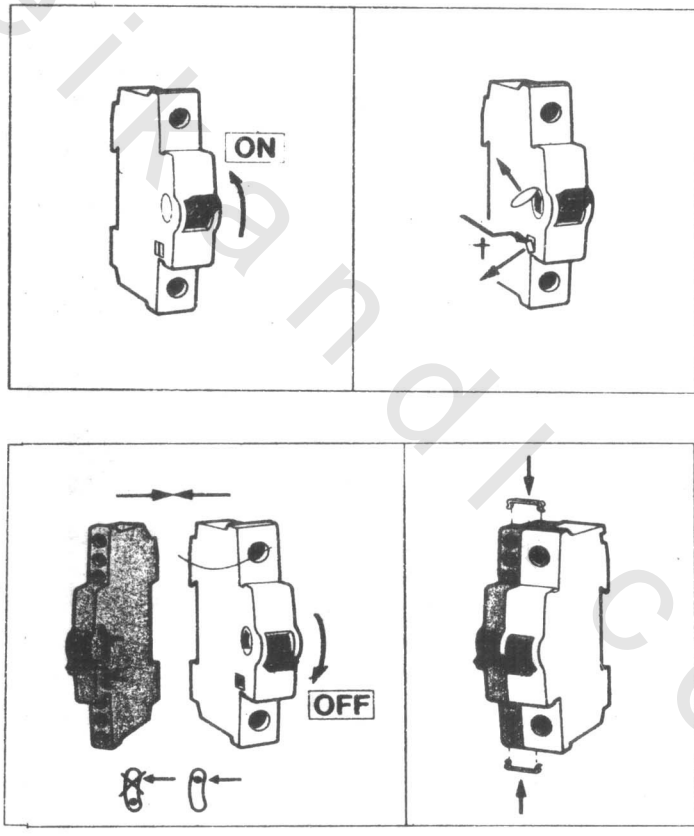
C عنصر الفصل المغناطيسى

D خابور فتح ريش التلامس لعنصر الفصل المغناطيسى

E مسارات الشرارة

F غرفة إطفاء الشرارة

والجدير بالذكر أنه يمكن إضافة ريش مساعدة لقواطع الدائرة المصغرة يمكن استخدامها فى دوائر التحكم. والشكل (٧-١٥) يبين خطوات إضافة ريش إضافية لقاطع دائرة قطب واحد.



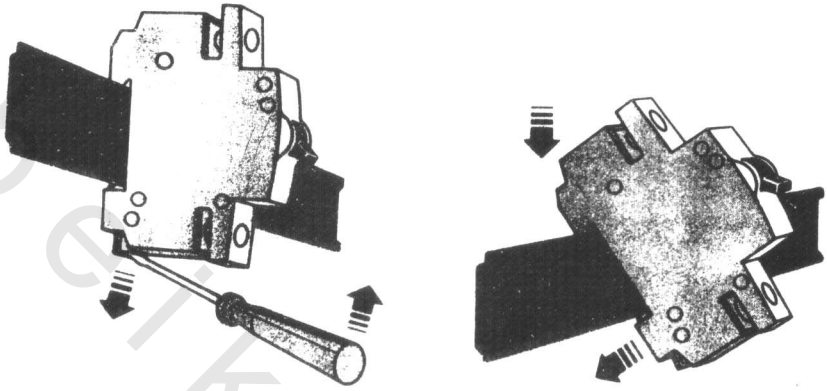
الشكل (٧-١٥)

حيث يوضع القاطع أولاً على وضع ON، ثم يكسر غطاء الفتحة الجانبية للقاطع،

obeikandl.com

ثم يعاد لوضع off، ويدفع فيه وحدة الريش الإضافية وهى على وضع off أيضاً، وبعد ذلك يتم الربط بينهما بواسطة قامطة يايية Spring Clamp .

والشكل (٧-١٦) يوضح طريقة تثبيت قاطع دائرة مصغر على قضيب أوميجا.



الشكل (٧-١٦)

وفيما يلى رمز قاطع قطب واحد .1 POL، وآخر قطبين .2 POL، وآخر ثلاثة أقطاب .3POL، ورمز وحدة ريش إضافية بريشة مفتوحة NO، أخرى مغلقة NC بالرموز الألمانية.

٧ / ٢ / ١ - الخواص الكهربية لقواطع الدائرة المصغرة

يمكن تقسيم قواطع الدائرة المصغرة MCB'S تبعاً لخواصها الخاضعة للمواصفات العالمية IEC الخاصة بالإصدار 1987 إلى :

١- قواطع دائرة لها خواص B (حديثة) وتقابل خواص L (قديمة) .

٢- قواطع دائرة لها خواص C (حديثة) وتقابل خواص U (قديمة)

٣- قواطع دائرة لها خواص D (حديثة) .

والجدير بالذكر أن الشركات الكبرى العالمية المنتجة لقواطع الدائرة المصغرة تنتج أنواعًا مختلفة من هذه القواطع بعضها يتطابق مع الخواص القياسية العالمية، والآخر يتطابق مع المواصفات المحلية لبعض الدول .

فمثلاً : معظم الشركات الألمانية تنتج قواطع لها الخواص التالية :

B, C,L,G,U,K

والجدول (٧-٥) يعرض المواصفات الفنية لقواطع دائرة مصغرة لها الخواص التالية :

B,C,D,L,G,K,U

الجدول (٧-٥)

المواصفات القياسية	الخواص	التيار المقنن A	الفصل الحراري		الزمن	الفصل المغناطيسي		الزمن
			التيار الأصغر	التيار الأكبر		التيار الأصغر	التيار الأكبر	
اللجنة الفنية الألمانية VDE واللجنة الفنية العالمية IEC	B	6-63	1.13In	1.45In	> 1h <1h	3In	5In	>0.1S <0.1S
	C	6-63	1.13In	1.45In	> 1h <1h	5In	10In	>0.1S <0.1S
اللجنة الفنية الألمانية VDE	L	6-10	1.5In	1.9In	> 1h <1h	3.6In	5.25In	>0.1S <0.1S
		16- 25A	1.4In	1.75In	> 1h <1h	3.6In	4.9In	>0.1S <0.1S
		32- 63	1.3In	1.6In	> 1h <1h	3.12In	4.55In	>0.1S <0.1S
	G	0.5 - 63	1.05In	1.35In	> 1h <1h	7 In	10In	>0.2S <0.2S

تابع الجدول (٧ - ٥)

المواصفات القياسية	الخواص	التيار المقنن	الفصل الحراري		الزمن	الفصل المغناطيسي		الزمن
			التيار الأصغر	التيار الأكبر		التيار الأصغر	التيار الأكبر	
اللجنة الدولية لشهادات المطابقة للمعدات الكهربية CEE	U	0.5-10	1.5In	1.9In	> 1h <1h	5.25In	12In	>0.1S <0.1S
		12-15	1.4In	1.75In	>1h <1h	4.9In	11.2In	>0.1S <0.1S
		32-63	1.3In	1.6In	>1h <1h	4.5 In	10.4In	>0.1S <0.1S
	K		1.05In	1.2 In	>1h <1h	7 In	10In	>0.1S <0.1S
اللجنة الفنية العالمية IEC	D	6-63	1.13In	1.45In	>1h <1h	10In	50In	>0.1S <0.1S

والجدير بالذكر أن اختلاف خواص MCB'S تتيح الفرصة للاختيار المناسب منها تبعاً للخواص الكهربية للحمل فمثلاً: تستخدم القواطع التى لها خواص L,B فى وقاية المواصلات والكابلات، فى حين تستخدم القواطع التى لها خواص C,U,G,K لوقاية الأحمال التى لها تيار بدء كبير مثل: المحركات- المصابيح المتوهجة - المصابيح الفلورسنت - مصابيح الصوديوم - المحولات .. إلخ.

أما القواطع التى لها خواص D فتستخدم لوقاية الأحمال التى لها تيارات بدء كبيرة جداً، حيث يتضح من الجدول السابق أن زمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 1.13 من التيار المقنن هو أكبر من 1 ساعة (1h) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 1.45 من التيار المقنن هو أصغر من 1 ساعة (1h) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 10In هو أكبر من 0.1 ثانية (0.1S) ، وزمن الفصل عندما يكون تيار التشغيل 50In هو أصغر من 0.1 ثانية (0.1S).

وتختار قواطع الدائرة المصغرة تبعاً للتيار المقنن للحمل ومساحة مقطع الموصلات

ونوع الحمل (محرك – مصباح – سخان .. إلخ) وتيار البدء للحمل وتيار القصر الأقصى المتوقع وذلك لمعرفة سعة القطع المطلوبة للقاطع. وسوف نتناول طريقة حساب تيار القصر فى الباب التاسع علماً بأنه يمكن استخدم الجدول (٥–١) فى معرفة التيار المقنن لقواطع الدائرة المستخدمة فى حماية الكابلات.

٧ / ٢ / ٢– عرض المعلومات الفنية على قواطع الدائرة المصغرة

توضع المعلومات الفنية التالية على جسم قاطع الدائرة المصغر MCB.

١– الشركة المصنعة أو الماركة المسجلة.

٢– رقم التصنيع أو رقم الكتالوج.

٣– الجهد المقنن.

٤– تيار التشغيل بدون كتابة الحرف A الدال على أمبير فى حالة خواص B,C,D . على سبيل المثال B16 أى خواص B وتيار 16A.

٥– التردد إذا كان القاطع يعمل على تردد واحد.

٦– أقصى سعة قطع.

٧– مخطط التوصيل إذا كان على غير المتآلف عليه.

٨– درجة حرارة التشغيل إذا كانت مختلفة عن $30C^0$.

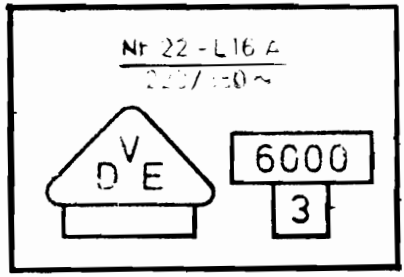
وإذا كان حجم القاطع صغيراً فإن المعلومات رقم (٤,٣,٢,١) توضع على جانب أو خلف القاطع، أما المعلومة رقم ٧ فتوضع داخل علبه القاطع .

والشكل (٧–١٧) يعرض المعلومات الفنية المعروضة على قاطع دائرة مصغر من إنتاج شركة Siemens الألمانية.

حيث إن :

القيمة الحجمية وتساوى تيار عدم الفصل الطبيعى Nr. 22

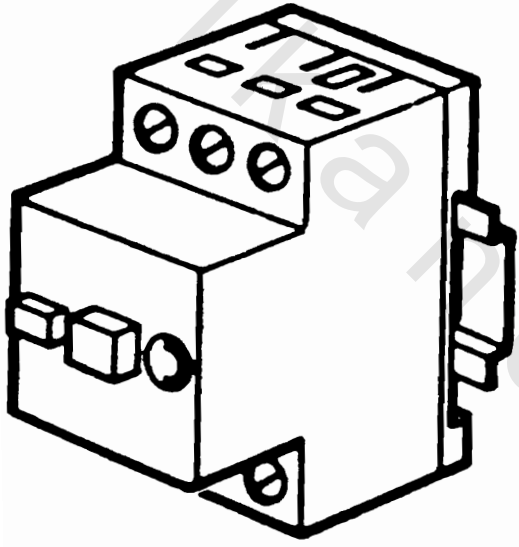
obeikandl.com



الشكل (٧-١٧)

خواص الزمن والتيار	L
التيار المقنن للقاطع(In)	16
جهد التشغيل المقنن	220/380V
يخضع للمواصفات الألمانية VDE	D V E
سعة القطع بالأمبير	6000
قسم تحديد التيار	3

٧ / ٣- قواطع المحركات المصغرة Motor MCB'S

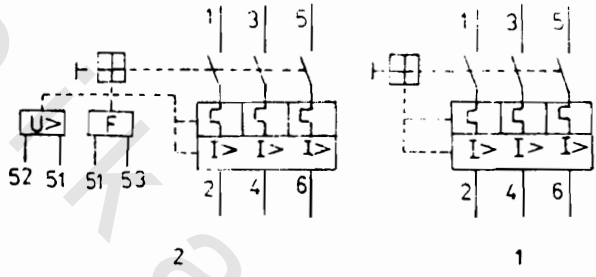


الشكل (٧-١٨)

تنتمى قواطع المحركات المصغرة لعائلة القواطع المصغرة، وتتميز هذه القواطع بأنها تكون مزودة بوسيلة لمعايرة تيار التشغيل بالإضافة إلى وسيلة للوصل والفصل اليدوى، كما أنها تكون مزودة بإمكانية إضافة ريش إضافية لها. والشكل (٧-١٨) يعرض صورة لقاطع محركات مصغر. وتزود هذه القواطع بمفتاحين انضغاطين، أحدهما أحمر (O)، والآخر أسود (I).

ولوضع القاطع على وضع ON يجب الضغط على المفتاح الأسود للداخل، وعند حدوث خطأ يؤدى لفصل القاطع فإن المفتاح الأسود سيخرج للخارج، ولإعادة تشغيل القاطع يجب الانتظار لحين يبرد العنصر الحرارى للقاطع ثم إعادة الضغط على المفتاح الأسود. أما إذا لزم فصل المفتاح ووضعه على وضع off يدوياً يجب الضغط على المفتاح الأحمر للداخل.

وتزود هذه القواطع بوسيلة لضبط تيار التشغيل I على قيمة تساوى In (0.6:1) حيث إن In هو التيار المقنن للقاطع. ويحدث فصل مغناطيسى لهذه القواطع عندما يكون التيار المار فى الدائرة مساوياً I(10:12) ، ويمكن إضافة عنصر فصل للقاطع عند انخفاض الجهد under voltage trip وكذلك عنصر فصل توازى Shunt trip . وفيما يلى رمز قاطع المحركات المصغر (الرمز 1) ، ورمز قاطع مصغر مثبت عليه عنصر فصل عند انخفاض الجهد >U، وعنصر فصل توازى F.



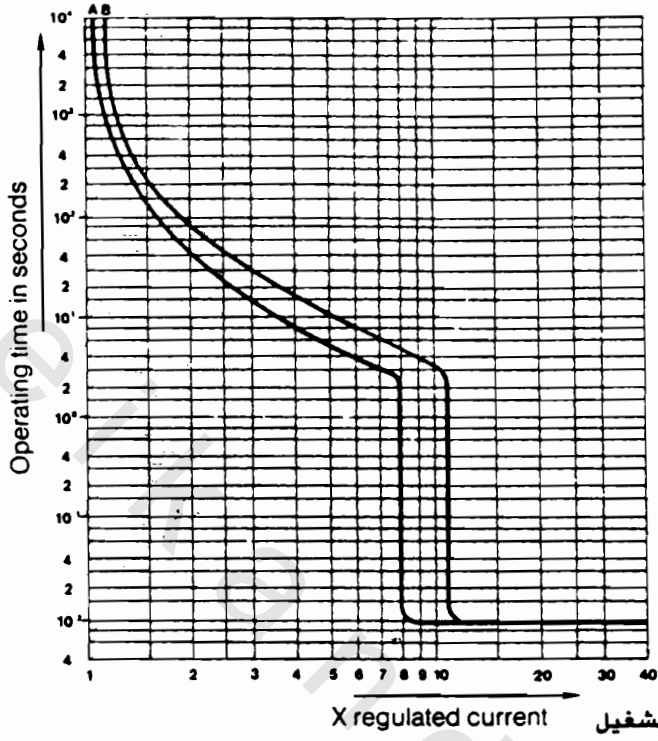
حيث يتم توصيل طرفى عنصر الفصل عند انخفاض الجهد بمصدر الجهد، فعند انقطاع التيار الكهربى أو انخفاض الجهد يقوم هذا العنصر بفصل القاطع.

فى حين أنه عند توصيل أطراف عنصر فصل التوازى بمصدر الجهد يقوم هذا العنصر بفصل القاطع.

ولا تختلف الخواص الكهربية لقواطع المحركات المصغرة عن الخواص الكهربية لقواطع الدائرة عدا أن الأولى قابلة للمعايرة.

والشكل (٧-١٩) يعرض خواص الزمن والتيار لقواطع المحركات المصغرة المنتجة فى شركة Legrand الفرنسية.

A = Min. curve
B = Max. curve



الشكل (٧-١٩)

والجدول (٧-٦) يعرض دليل اختيار قواطع المحركات المصغرة المنتجة فى شركة Leqrand الفرنسية والتى لها سعة قطع 6000A عند جهد 380V.

الجدول (٧-٦)

التيار المقنن In (A)	0.16	0.25	0.4	0.63	4.0	1.6
تيار المعايرة للقاطع Ir (A)	0.1-0.16	0.16-0.25	0.25- 0.4	0.4-0.63	0.63-1	1-1.6
التيار المقنن In (A)	2.5	4	6	10	16	20
تيار المعايرة للقاطع Ir (A)	1.6-2.5	2.5-4	4-6	6.3-10	10-16	16-20

مثال: المطلوب اختيار قاطع المحركات المناسب وتحديد تيار المعايرة له والخاص بمحرك استنتاجى ثلاثى الأوجه قدرته 10kw ويعمل عند جهد 380V ومعامل قدرته 0.8.

الإجابة:

يمكن تعيين تيار تشغيل المحرك من المعادلة

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}\, V \cos\phi}$$

$$= \frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 19A$$

ومن الجدول (٧-٦) يمكن اختيار قاطع تياره المقنن In=20A ، وتيار معايرته يتراوح ما بين Ir=16:20A، ويتم ضبط هذا القاطع على Ir=19A ، فإذا أصبح تيار الحمل يساوى 2Ir، فإن زمن الفصل من الشكل (٧-١٩) يساوى (40:100S) ، فى حين أنه إذا أصبح تيار الحمل مساوياً 8Ir فإن زمن الفصل المعين من الشكل (٧-١٩) سيساوى (10mS:2S).

٧ / ٤ - قواطع الجهد المنخفض LVCB'S

تعمل قواطع الجهد على توفير الوقاية من زيادة الحمل وكذلك القصر والتسرب الأرضى وانخفاض الجهد وذلك لأحمال الجهد المنخفض.

ويمكن تقسيم هذه القواطع تبعاً لتركيبها إلى:

١- قواطع الدائرة المقولبة Moulded Case Circuit Breakers : وتكون هذه القواطع متكاملة ومغلفة بغلاف بلاستيكى. وعادة فإن هذه القواطع غير قابلة للفك ولا يمكن صيانتها واستبدال ريش تلامسها عند التلف بل تستبدل كلياً، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 4000A ، وسعة قطعها تصل إلى

170KA . علماً بأن هذه القيم تتغير يوماً بعد يوم نتيجة للتطور التكنلوجى فى صناعة هذه القواطع .

٢- قواطع الدائرة المفتوحة Open- type Circuit Breakers : وتتكون هذه القواطع من مجموعة من الموديولات Modules يمكن استبدالها فى أى وقت، كما أن هذه القواطع معدة لصيانتها وتغيير ريش تلامسها، وتصل التيارات المقننة لهذه القواطع إلى 5000A وسعة قطعها إلى 250KA . علماً بأن هذه القيم قابلة للتغير مع التطور التكنلوجى.

ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض من حيث طريقة فصلها إلى :

١- قواطع تفصل عند تيار يساوى الصفر. Current - Zero Interruption

حيث تقوم بإطفاء شرارة الفصل عند مرور التيار بالصفر فى النصف الثانى للموجة وتسمى هذه القواطع بقواطع غير محددة للتيار.

٢- قواطع تحدد التيار وتقوم هذه القواطع بقطع التيار أثناء تزايده فى النصف الأول للموجة قبل أن يصل إلى القيمة العظمى ويمكن تحقيق ذلك بعدة طرق وهم كما يلى :

أ - يكون القاطع له مقاومة كبيرة لعنصر الفصل الحرارى والمغناطيسى تعمل على تحديد تيار القصر لقيم يمكن التحكم فيها وفصلها بالقاطع .

ب - يكون للقاطع زمن فصل صغير جداً.

والشكل (٧-٢٠) يوضح الفرق بين عمل القواطع غير المحددة للتيار والتى تفصل التيار عند المرور بالصفر، والقواطع التى تحدد تيار القصر.

حيث إن :

تيار القصر الأقصى المتوقع	Is
تيار القصر المحدد باستخدام قاطع محدد للتيار	Id

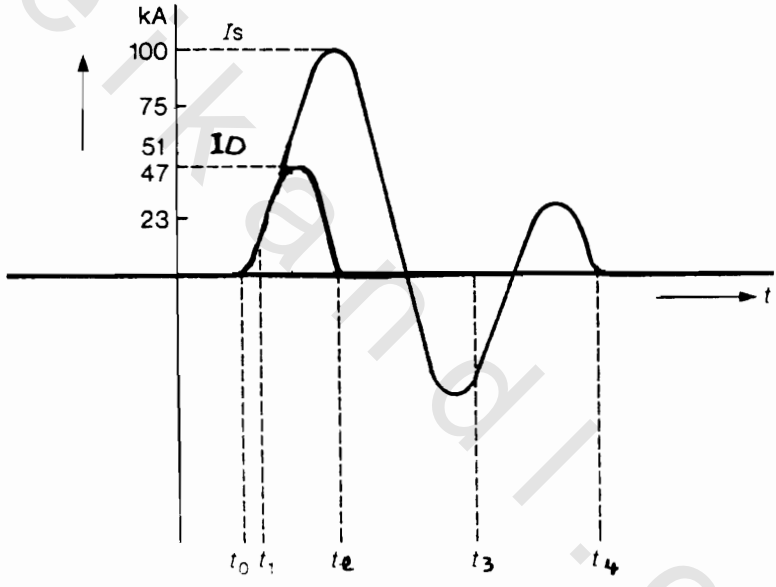
لحظة حدوث القصر to

لحظة فتح أقطاب القاطع المحدد للتيار t1

لحظة قطع التيار تماماً عند استخدام قاطع محدد للتيار t2

لحظة فتح أقطاب القاطع غير المحدد للتيار t3

لحظة قطع التيار تماماً عند استخدام قاطع غير محدد للتيار t4



الشكل (٧-٢٠)

وتحتوى هذه القواطع بصفة عامة على نظام فصل عند زيادة التيار يتكون من :

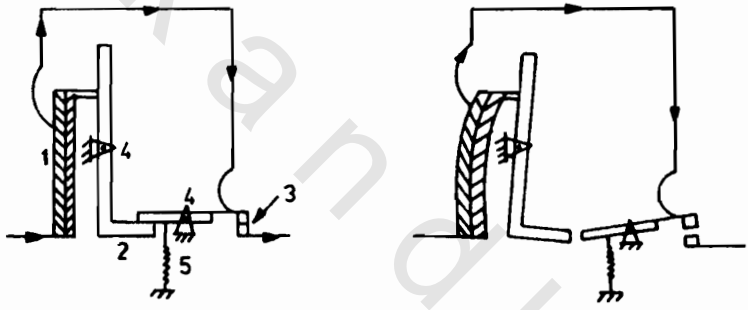
- عنصر فصل حرارى بطىء Thermal realease
- عنصر فصل مغناطيسى يعمل لحظياً Instantaneous Magnetic release
- عنصر فصل مغناطيسيى بتأخير زمنى قصير Short delay Magnetic realse

obeikandl.com

أولاً: نظام الفصل الحرارى

يعمل هذا النظام على وقاية الدائرة من التيارات الناتجة عن زيادة الأحمال، وهو يتكون من شريحة ثنائية المعدن مكونة من معدنين لهما معامل تمدد حرارى مختلف، وعند مرور تيار أكبر من تيار الحمل المقنن تنثنى هذه الشريحة فيحدث فصل للقاطع ويختلف زمن الانثناء الكامل لهذه الشريحة والمسبب لفصل القاطع باختلاف التيار المار، فكلما زاد التيار المار قل هذا الزمن والعكس بالعكس.

والشكل (٧-٢١) يبين طريقة عمل نظام الفصل الحرارى، فالشكل (أ) لنظام فصل حرارى فى الوضع الطبيعى، والشكل (ب) لنظام الفصل الحرارى لحظة مرور تيار كبير.



أ ب

الشكل (٧-٢١)

حيث إن:

شريحة ثنائية المعدن	1
سقاطة	2
نقاط التلامس	3

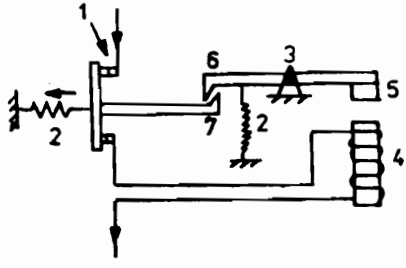
محور ارتكاز	4
ياى	5

ثانياً: عنصر الفصل المغناطيسى

ويعمل هذا العنصر على توفير الوقاية من تيارات القصر، ويتكون من ملف كهربى له قلب حديدى يعمل كرافعة لآلة الفصل المغناطيسى، فعندما يزداد التيار المار فى الملف الكهربى ليصل إلى حد معين يتحرك القلب الحديدى ليجذب آلية الفصل مسبباً فصل القاطع فى زمن يتراوح ما بين (10:30mS) وذلك فى حالة عناصر الفصل المغناطيسية الفورية. ويمكن إدخال مؤقت زمنى الكترونى فى القاطع لإحداث تأخير زمنى قصير عند الفصل المغناطيسى. والشكل (٧-٢٢) يبين تركيب عنصر الفصل المغناطيسى بصورة مبسطة.

حيث إن:

نقط التلامس للقاطع	1
ياى	2
مفصل	3
الملف الكهربى والقلب المغناطيسى	4
رافعة	5
سقاطة	6



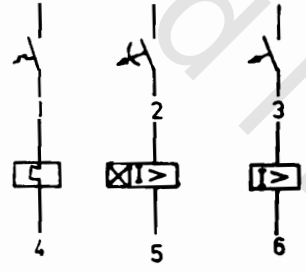
الشكل (٧-٢٢)

والجدول (٧-٧) يبين الرموز المستخدمة مع قواطع الجهد المنخفض.

الجدول (٧-٧)

الرموز الألمانية		خواص الفصل عند زيادة التيار	الرمز الحرفى	وظيفة القاطع
الرمز الصندوقى	رمز الدائرة			
4	1	تأخير زمنى يتناسب عكسياً مع تيار الحمل	a	وقاية من زيادة التيار
5	2	تأخير زمنى عند القصر يمكن معايرته.	z	وقاية من القصر بتأخير زمنى
6	3	فصل لحظى عند القصر	n	وقاية من القصر

وفيما يلى الرموز المستخدمة فى الجدول (٧-٧)



ويمكن تقسيم قواطع الجهد المنخفض تبعًا لنظام التشغيل إلى:

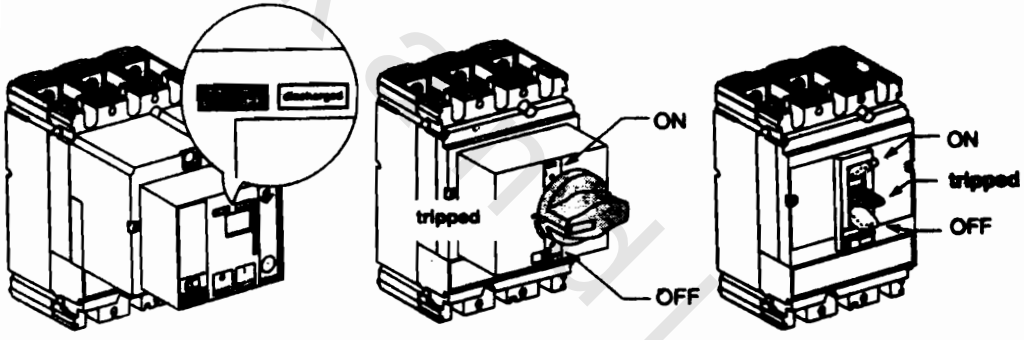
١ - قواطع تعمل بنظام يدوى للغلق والفتح بدون وحدة تخزين للطاقة مثل: القواطع المقولبة العادية حيث تزود بذراع تشغيل قلابة Toggle، أو بذراع تشغيل دوارة Rotary.

٢ - قواطع مزودة بذراع يدوية لشحن ياى الغلق، حيث يتم شحن ياى الغلق بتحريك الذراع حركة ترددية وبعد شحن الياى والضغط على ضاغط الغلق

Close يغلق القاطع وعادة تزود هذه القواطع بنظام ربط ميكانيكى لمنع تشغيل ضاغط الفتح Open، والغلق Close فى لحظة واحدة.

٣ – قواطع بنظام شحن يدوى وكهربى لياى الغلق يعمل على شحن ياى الغلق كهربيًا بواسطة ملف أو ملفين كهربيين، ويعمل على شحن ياى الغلق يدويًا بواسطة ذراع يدوى كالنوع السابق. وتوجد أنواع من هذه القواطع تستخدم محرك كهربى فى الشحن الكهربى لياى الغلق.

والشكل (٧–٢٣) يعرض ثلاثة أنواع من القواطع المقولبة المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية. فالشكل (أ) لقطاع بذراع تشغيل قلاب Toggle، والشكل (ب) لقاطع بذراع تشغيل دوارة Rotary، والشكل (جـ) لقاطع يعمل بمحرك.



الشكل (٧–٢٣)

وتتواجد قواطع الجهد المنخفض إما ثابتة، أو يمكن سحبها.

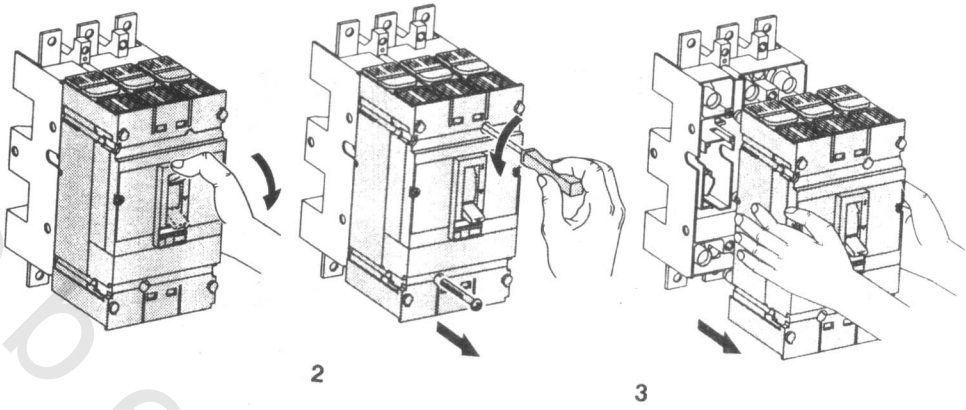
والشكل (٧– ٢٤) يبين مراحل فك القواطع المقولبة الثابتة وهى كالآتى:

1 يوضع ذراع التشغيل على وضع O.

2 فك مسامير التثبيت.

3 اجذب القاطع أفقيًا للخارج.

علمًا بأن خطوات التجميع هى عكس خطوات الفك.



الشكل (٧-٢٤)

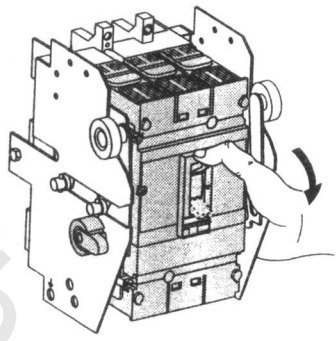
والشكل (٧-٢٥) يبين مراحل فك القواطع المقولبة التى يمكن سحبها والمصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية وهى كالآتى:

1 يوضع ذراع التشغيل على وضع O.

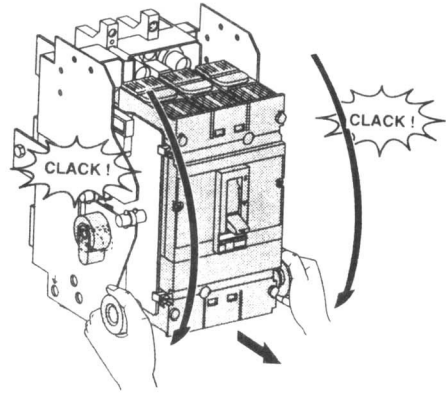
2 أدر ذراعى الأحكام.

3 اسحب ذراعى السحب لأسفل فى آن واحد حتى يصدر صوت فرقعة من ذراعى الإحكام، علماً بأن خطوات التجميع عكس خطوات الفك.

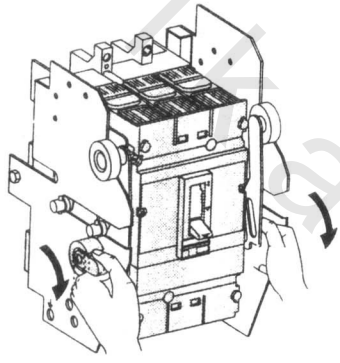
obeikandl.com



1



3



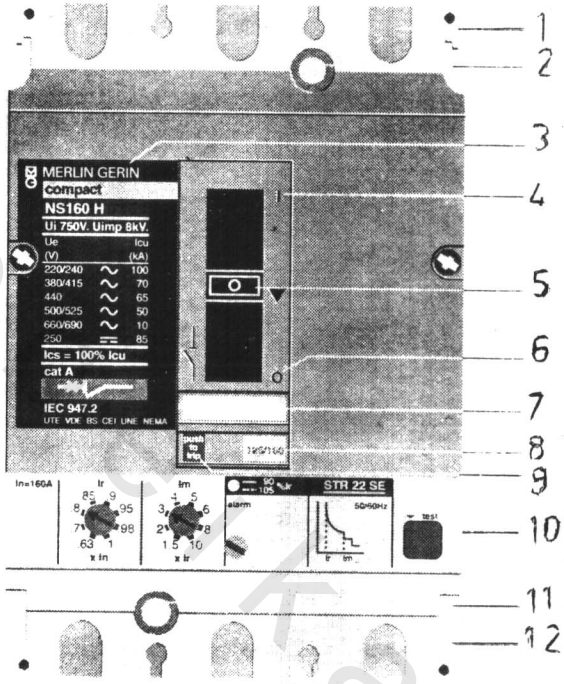
2 -

الشكل (٧-٢٥)

والشكل (٧-٢٦) يعرض محتويات وجه قاطع مقولب يعمل بذراع تشغيل قلابة من إنتاج شركة Merlin Gerin

حيث إن:

نقاط توصيل خرج القاطع	1
فتحات تثبيت القاطع	2,11
لوحة بيانات القاطع	3
علامة تحديد وضع التشغيل I	4



الشكل (٧-٢٦)

5 ذراع تشغيل يدوية

علامة تحديد

6 وضع الفصل O

7 كان لكتابه بيانات خاصة

8 التيار المقنن لوحدة الفصل

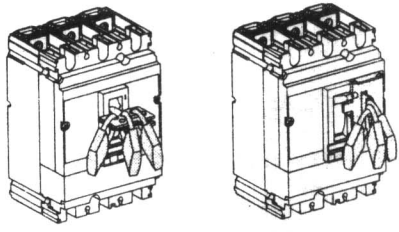
9 ضاغط الفصل

10 ضاغط الاختبار

12 نقاط توصيل دخل القاطع

ويلاحظ أن للقاطع ثلاثة أوضاع؛ وضع التشغيل I ويكون ذراع التشغيل لأعلى، ووضع الفصل O ويكون ذراع التشغيل لأسفل، ووضع الفصل عند الخطأ Tripped ويكون ذراع تشغيل القاطع فى موضع متوسط بين الوضعين السابقين. ولإعادة القاطع بعد الفصل عند الخطأ لوضع التشغيل I يجب تحريك ذراع التشغيل لوضع الفصل O، ثم إعادة ذراع التشغيل بعد ذلك لوضع التشغيل I.

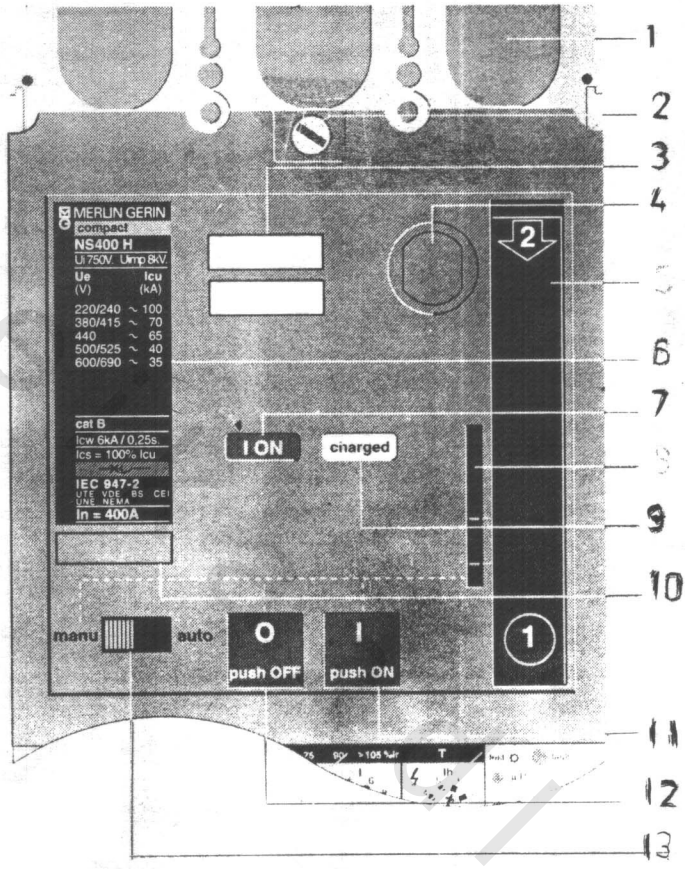
وعادة تزود هذه القواطع بوسيلة لتثبيت قفل يدوى لمنع الأشخاص غير المسموح لهم بتغيير وضع القاطع. والشكل (٧-٢٧) يعرض طرق تثبيت أقفال يدوية للقواطع المقولبة ذات ذراع التشغيل القلابة المصنعة بشركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٢٧)

والشكل (٧-٢٨) يعرض محتويات وجه قاطع مقولب يعمل بمحرك من إنتاج

شركة Merlin Gerin الفرنسية .



الشكل (٧-٢٨)

حيث إن :

نقاط توصيل خرج القاطع	1	مكان وضع قفل يدوى لمنع إمكانية تغيير وضع القاطع	8
وسيلة ربط الموديلات الإضافية	2	مبين حالة شحن الياى	9
مكان لكتابة بيانات خاصة	3	عداد لعد مرات الفصل	10
مكان قفل القاطع بمفتاح قفل فى وضع الفصل	4	ضاغط الغلق	11
ذراع الشحن	5	ضاغط الفتح	12

لوحة بيانات	6	مكان اختيار طريقة تشغيل	13
مبين حالة التشغيل للقاطع فتح	7	القاطع يدوى / أتوماتيكى	

o أو غلق I

وفيما يلى دورتى التشغيل اليدوية والأتوماتيكية لهذا القاطع.

١- دورة تشغيل القاطع عند اختيار التشغيل اليدوى:

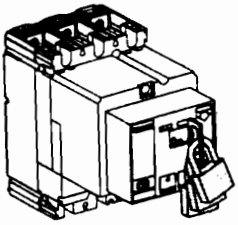
عندما يكون القاطع على وضع OFF، ويای القاطع مشحون Charged يكون القاطع جاهزًا للغلق ON بمجرد الضغط على ضاغط الغلق، ويصبح يای القاطع غير مشحون discharged. وعند حدوث فصل متعمد بالضغط على ضاغط الفتح أو فصل نتيجة لخطأ بالدائرة يتحول القاطع لوضع OFF ويظل يای القاطع غير مشحون حتى يتم شحنه بواسطة ذراع الشحن اليدوية بتحريكها حركة ترددية 9 مرات، وفى هذا الحالة يصبح القاطع جاهزًا للغلق بمجرد الضغط على ضاغط الغلق وتتكرر دورة التشغيل وهكذا.

٢- دورة تشغيل القاطع عند اختيار التشغيل الأتوماتيكى:

فعندما يكون القاطع على وضع OFF، ويای القاطع مشحون Charged وبمجرد وصول نبضة تشغيل أتوماتيكية يتحول القاطع ON ويصبح يای القاطع غير مشحون discharged وعند حدوث فصل للقاطع متعمد وذلك بالضغط على ضاغط الفصل، أو فصل أتوماتيكى عند حدوث خطأ فإن الياى سوف يشحن تلقائيًا، وبمجرد تمام عملية الشحن تصل نبضة تشغيل أتوماتيكية وتتكرر دورة التشغيل بمجرد وصول نبضة تشغيل كهربية.

علمًا بأن نبضة التشغيل الكهربية يمكن التحكم فيها من غرف التحكم من بعد بواسطة المشغلين وهذا لا يجعل هناك حاجة لذهاب المشغل لمكان القاطع. وعادة تزود القواطع المقولبة ذات المحرك بوسيلة لتثبيت قفل يدوى لمنع الأشخاص غير المسموح لهم بتغيير وضع القاطع خصوصًا أثناء أعمال الصيانة، حيث يوضع القاطع على وضع OFF ويستخدم قفل لمنع تغيير وضع القاطع. والشكل (٧-٢٩) يعرض طريقة تثبيت أقفال يدوية لقاطع مقولب يعمل بمحرك من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.

٧/ ٤ / ١ - الخواص الكهربية لقواطع الجهد المنخفض



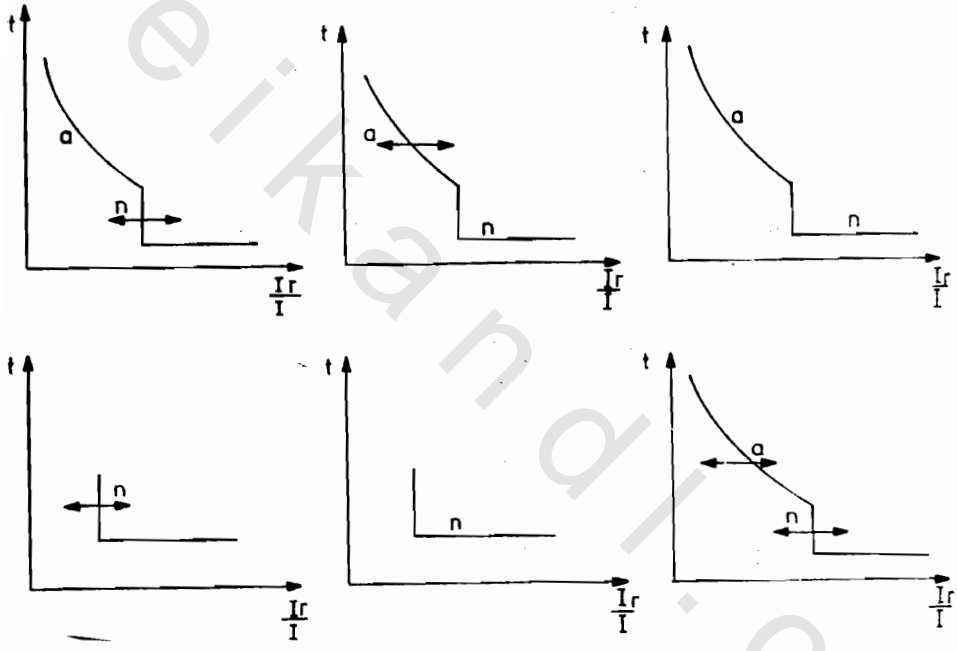
الشكل (٧-٢٩)

الشكل (٧-٣٠) يعرض خواص الزمن والتيار المختلفة لقواطع الجهد المنخفض المزودة بعناصر الفصل الحرارية والمغناطيسية.

حيث إن:

a تعنى تأخير زمنى عكسى عند زيادة الحمل.

n تعنى فصل فورى عند القصر.



الشكل (٧-٣٠)

ويلاحظ من الشكل (أ) أن خواص التأخير الزمنى العكسى عند زيادة الحمل a وكذلك خواص الفصل الفورى عند القصر n ثابتة، وتمثل هذه الخواص خواص القواطع المقولبة المستخدمة فى أنظمة التوزيع. أما فى الشكل (ب) فإن الخواص a قابلة للمعايرة والخواص n ثابتة، وهذه الخواص لقواطع المحركات وكذلك قواطع أنظمة التوزيع. وفى الشكل (جـ) فإن خواص a ثابتة وخواص n قابلة للمعايرة تبعاً لتيار القصر المطلوب أن يفصل عنده القاطع. وهذه الخواص لقواطع التوزيع ذى

السعات الكبيرة.

وفى الشكل (د) فإن كلا من الخواص a,n قابلة للمعايرة، وهى تمثل خواص قواطع المحركات وقواطع أنظمة التوزيع. وفى الشكل (هـ) فإنه لا يوجد خواص a فى حين أن خواص n ثابتة، وهى تمثل خواص قواطع العزل. وفى الشكل (و) فإنه لا يوجد خواص a فى حين أن خواص n قابلة للمعايرة وهى خواص قواطع البدء.

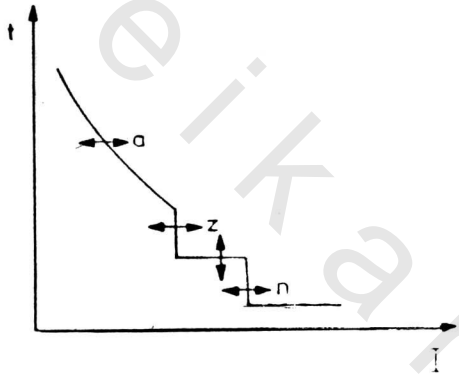
والجدول (٧-٨) يعرض خواص القواطع المقولبة MCCB'S المنتجة بشركة Leqrand الفرنسية والتى تخضع للمواصفات القياسية العالمية IEC.

الجدول (٧ - ٨)

الرمز	حدود معايرة تيار الأوجه(A) I	حدود معايرة تيار خط التعادل (A)	حدود تيار الفصل المغناطيسى للأوجه (A)	حدود الفصل المغناطيسى لخط التعادل (A)	سعة القطع عند 380V (KA)
DPX 63	45:63	-	630	-	25
DPX 100	70:100	-	1000	-	
DPX 125	90:125	-	1250	-	
DPX 160	100:160	-	6000	-	
DPX 250	160:250	-	875:2500	-	35
DPX 320	250:320	-	1600:3200	-	
DPX 400	320-400	-	2000-4000		
DPX 500	400:500	-	2500:5000		50
DPX 630	500:630	-	3150:6300		
DPX 800	630:800		4000:8000		
DPX 250	160:250	100:160	875:2500	560:1600	30
DPX 320	250:320	160:200	1600:3200	1000:2000	
DPX 400	320:400	200:250	2000:4000	1250:2500	

وتوفر شركة Legrand موديولات تسرب يمكن تثبيتها مع هذه القواطع فى أحد جانبيها أو أسفلها وتزود هذه الموديولات بوسيلة لضبط تيار التسرب لتأخذ أحد القيم التالية 30 mA, 300 mA, 1 A, 3 A ، وهذه الموديولات مزودة بضاغط اختيار وضاغط تحرير.

ولقد قامت الشركات المصنعة لقواطع الجهد المنخفض بإنتاج قواطع مزودة بوحدة فصل الكترونية بدلاً من وحدة الفصل الحرارية المغناطيسية. والشكل (٧-٣١) يعرض خواص الزمن والتيار لهذه القواطع. ويلاحظ من منحنى خواص الزمن والتيار أنه يتكون من ثلاثة منحنيات:



الشكل (٧-٣١)

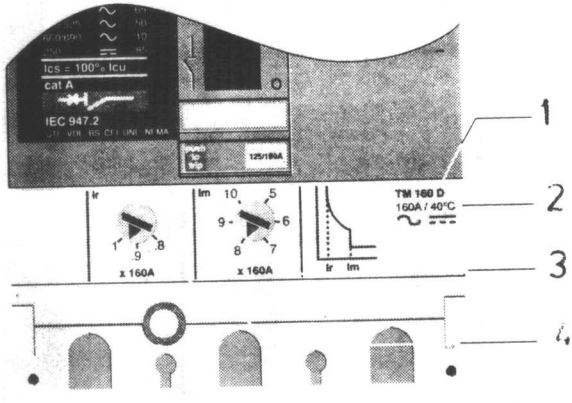
a منحنى الفصل المتأخر عند زيادة الحمل

z منحنى الفصل المتأخر عند القصر

n منحنى الفصل الفورى عند القصر

٧ / ٤ / ٢ - معايرة القواطع ذات عناصر الفصل الحرارية والمغناطيسية

الشكل (٧-٣٢) يعرض أماكن المعايرة فى قواطع مقولبة مزودة بوحدة فصل حرارية ومغناطيسية من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٣٢)

حيث إن:

رمز كودى للشركة لوحدة الفصل 1

التيار المقنن In 2 ودرجة الحرارة

القصوى لوحدة 3 الفصل مكان معايرة التيار المغناطيسى Im

مكان معايرة التيار الحرارى Ir 4

حيث يضبط تيار الفصل الحرارى Ir عند قيمة تتراوح ما بين (0.8:1In) فمثلاً :

عند ضبط تيار الفصل الحرارى Ir عند 0.9 فإن :

$$Ir = 160 \times 0.9 = 144\ A$$

فعند زيادة تيار الحمل عن 144A فإن القاطع سوف يفصل فى زمن يتراوح ما بين 3 ثوانى إلى ساعتين تبعًا لقيمة تيار الحمل .

أما تيار الفصل المغناطيسى Im فيضبط عند قيم تتراوح ما بين 5:10 مرات من تيار القاطع المقنن In .

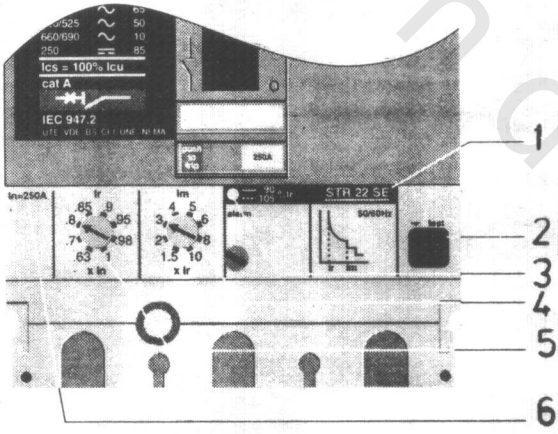
ولنفرض أنه تم ضبط التيار المغناطيسى Im عند 8 هذا يعنى أن :

$$Im = 8 \times 160 = 1280\ A$$

وفى هذه الحالة فإن القاطع سيفصل لحظيًا عند تعدى تيار القصر 1280 A .

٧ / ٤ / ٣ - معايرة القواطع ذات عناصر الفصل الالكترونية

الشكل (٧ -٣٣) يعرض أماكن المعايرة فى قواطع مقولبة مزودة بمكانين للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية .



الشكل (٧-٣٢)

حيث إن :

رمز كودى لوحدة الفصل 1

ضاغط اختبار 2

لمبة بيان الإنذار المبكر 3

مكان معايرة تيار الفصل عند القصر 4

مكان معايرة تيار الفصل عند زيادة الحمل 5

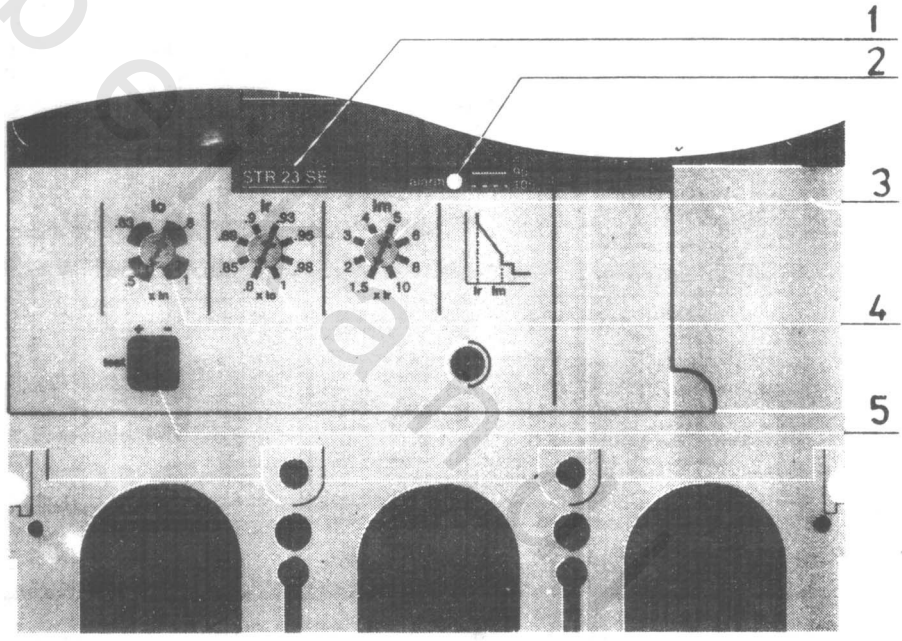
التيار المقنن لوحدة الفصل الالكترونية In 6 .

والجدير بالذكر أن لمبة الإنذار تضىء عند وصول تيار الحمل إلى Ir 0.9 بضوء ثابت، وتضىء عند وصول تيار الحمل Ir 1.05 بضوء متقطع، ويتم معايرة تيار

الفصل عند زياة الحمل Ir عند قيم تتراوح ما بين In (0.63:1) ، فى حين يتم معايرة تيار الفصل عند قيم تتراوح ما بين Ir (1.5:10).

فعند تعدى تيار الحمل التيار Ir يفصل القاطع فى زمن يتراوح ما بين 3 ثوانى إلى ساعتين، وعند تعدى تيار الحمل التيار Im يفصل القاطع لحظيًا.

والشكل (٧-٣٤) يعرض أماكن المعايرة لقاطع مقولب مزود بوحدة فصل الكترونية بثلاثة أماكن للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٣٤)

حيث إن:

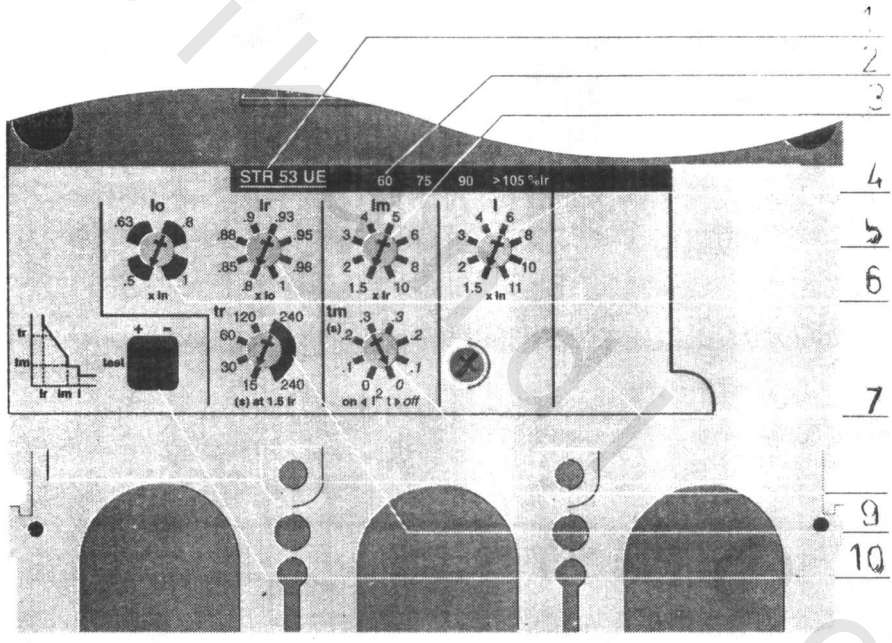
رمز كودى لوحدة الفصل	1
لمبة بيان الإنذار المبكر	2
مكان ضبط تيار الفصل اللحظى Im	3
مكان ضبط تيار الفصل الطويل Ir	4
مكان اختبار القاطع	5

ويتم ضبط تيار الأساس Io عند قيم تتراوح ما بين (0.63:1) من التيار المقنن للقاطع.

ويتم ضبط تيار الفصل الطويل عند زيادة الحمل Ir عند قيم تتراوح ما بين Io (0.8:1) .

ويتم ضبط تيار الفصل اللحظى عند القصر Im عند قيم تتراوح ما بين Ir (1.5:10).

والشكل (٧-٣٥) يعرض أماكن المعايرة لقاطع مقولب مزود بستة أماكن للمعايرة من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.



الشكل (٧-٣٥)

حيث إن:

رمز كودى لوحدة الفصل	1
أربع لمبات بيان للإنذار المبكر	2
تيار الفصل فى زمن قصير Im	3

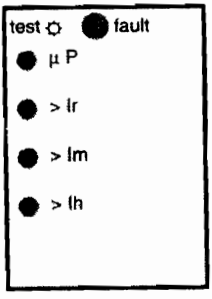
تيار الفصل اللحظى I	4
مجرى يوضع فيها موديول تحديد نوع الخطأ	5
تيار الفصل فى زمن طويل Ir	6
مجرى يوضع فيها موديول تسرب أرضى	7
زمن التأخير القصير tm	8
زمن التأخير الطويل	9
مكان اختبار القاطع	10

وفى هذا القاطع يمكن معايرة زمن الفصل عند زيادة الحمل t_r بالثانية والمقابل تيار حمل يساوى (1.5 Ir).

وكذلك يمكن معايرة زمن الفصل القصير عند وصول التيار إلى قيمة Im.

أما تيار الفصل الفورى I فهو يمثل قيمة التيار الذى عنده يحدث فصل فورى للقاطع.

والشكل (٧ – ٣٦) يعرض موديول تحديد نوع الخطأ من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية. وتزود هذه الوحدة بضاغط اختبار Test وأربع لمبات بيان وهم كما يلى:



الشكل (٧–٣٦)

لمبة بيان وجود مشكلة بالميكروبروسيسور μP.

لمبة بيان زيادة تيار الحمل Ir >.

لمبة بيان حدوث قصر أدى للفصل بعد زمن قصير أو الفصل اللحظى Im>.

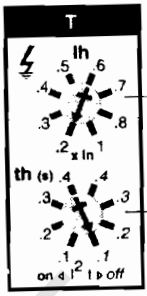
لمبة بيان حدوث تسرب أرضى Ih >.

والشكل (٧–٣٧) يعرض موديول التسرب الأرضى من إنتاج شركة Merlin Gerin الفرنسية.

حيث إن:

مكان ضبط تيار التسرب Ih	1

مكان ضبط زمن الفصل بالثانية th 2



والجدير بالذكر أن شركة Merlin Gerin الفرنسية توفر جهاز لاختبار وحدة فصل القاطع، وكذلك جهاز لاختبار المعايرة وذلك لقياس زمن الفصل الطويل عند Ir 1.5 وزمن الفصل اللحظى عند Ir 15، وزمن الفصل عند حدوث تسرب أرضى مقداره In 0.8.

الشكل (٧-٣٧)

٧ / ٤ / ٤ - اختيار قواطع الجهد المنخفض

توجد عدة نقاط تؤخذ فى الاعتبار عند اختبار قواطع الجهد المنخفض وهى كالآتى:

١- حساب التيار المقنن للقاطع In والذى يعتمد على تيار الحمل أو مساحة مقطع الكابلات.

٢- حساب سعة القطع القصوى Breaking Capacity وذلك بحساب تيار القصر الأقصى وسوف نتعرض لذلك فى الفقرة (٨ / ٣).

٣- معرفة تيار البدء وزمن البدء للأحمال التى لها تيار بدء كبير مثل: المحركات.

٤- تحديد نوع القاطع المطلوب تبعًا لنوعية التثبيت.

٥- تحقيق الانتقائية مع القواطع الأخرى فى الدائرة وسوف نتناول ذلك فى الفقرة (٨ / ٥).

٦- تحديد درجة حرارة الوسط المحيط.

٧- تحديد نوعية نظام التشغيل فى القاطع.

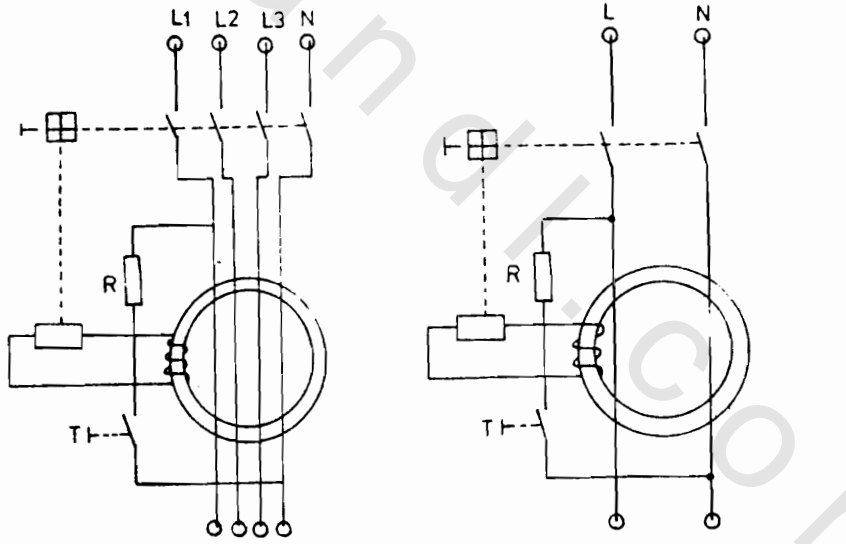
والجدير بالذكر أن الشركات المصنعة توفر عادة دليل لاختيار القواطع من منظور ظروف تشغيل القاطع ونوع الحمل وتيار التشغيل المقنن وسعة القطع القصوى مع تحقيق الانتقائية الأمر الذى يوفر على المستخدم الكثير من الحسابات المعقدة.

٧-٥ قواطع التسرب الأرضى (ELCB's)

يوجد لهذه القواطع عدة مسميات مثل: أجهزة التيار المتخلف (Rcd's)، ومقطعات العطل الأرضى (GFI'S)، وقواطع التسرب الأرضى (ELCB'S). وتستخدم هذه القواطع لفصل الدائرة بمجرد تسرب تيار صغير للأرضى قد يصل إلى 6 mA لبعض قواطع التسرب الأرضى، علمًا بأن تيار التسرب قد يكون ناتجًا عن ملامسة الإنسان لأحد الخطوط الكهربية، وحيث إن هذا التيارصغير ولا يكفى لفصل قواطع الحماية من زيادة التيار أو المصهرات الأمر الذى يلزم استخدام هذا النوع من القواطع.

والجدير بالذكر أن تيار التسرب الأرضى قد يؤدى إلى حدوث انفجارات وحرائق فى الأماكن الخطرة والتى تحتوى على أبخرة قابلة للاشتعال أو الانفجار.

والشكل (٧-٣٨) يعرض الدائرة الداخلية لقاطع تسرب أرضى بقطبين (الشكل أ) وبأربعة أقطاب (الشكل ب).



الشكل (٧-٣٥)

فقاطع التسرب الأرضى ذو القطبين يتكون من ريشتين متصلتين بموصلين يمران داخل محول تيار صفرى Zero current transformer، ويوصل ملف محول التيار بريلاى الفصل الذى يتحكم فى فتح ريش القاطع عند حدوث تسرب أرضى،

ويوصل الموصل N مع الموصل L من خلال مقاومة R ، وكذلك ضاغط اختبار T، فعند الوضع الطبيعى يتم الضغط على ضاغط تشغيل آلة الوصل S لقاطع التسرب فتغلق ريش القاطع، وفى الوضع الطبيعى فإن التيار المار فى الوجه L للحمل يساوى التيار الراجع فى خط التعادل N من الحمل، وبالتالى فإن تيار التسرب I_Δ يساوى:

$$I_\Delta = I_L - I_N > 0$$

وعند حدوث تسرب لبعض التيار الراجع إلى أرضى المنشأة فإن $I_L > I_N$ وبالتالى فإن

$$I_\Delta = I_L - I_N > 0$$

وعندما يكون تيار التسرب I_Δ أكبر من أو يساوى تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$ والذى يساوى عادة 30 mA فإن قاطع التسرب سوف يفصل ريشه ويمكن اختيار هذا القاطع بالضغط على الضاغط T حيث يصبح:

$$I_\Delta = I_L$$

وتختار المقاومة R بحيث يكون تيار التسرب أكبر من تيار التسرب المقنن للقاطع $I_{\Delta N}$ فيقوم القاطع بفصل الدائرة.

أما قاطع التسرب الأرضى ذو الأربعة أقطاب فهو لا يختلف فى تركيبه عن قاطع التسرب ذو القطبين إلا فى عدد الأقطاب وفى حالة الأحمال الثلاثية الأوجه فإن:

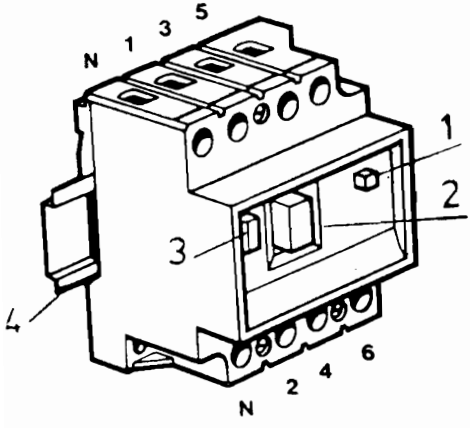
$$I_\Delta = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 0$$

وعند حدوث تسرب فإن:

$$I_\Delta = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} > 0$$

وعندما يكون تيار التسرب I_Δ أكبر من تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$ يعمل القاطع.

ويوجد من هذه القواطع أنواع تثبت بمسامير، وأخرى تثبت على قضبان أوميجا. والشكل (٧-٣٩) يعرض نموذجًا لقاطع تسرب أرضى أربعة أقطاب مثبت على قضيب أوميجا.



الشكل (٧-٣٩)

حيث إن :

ضاغط اختبار القاطع	1
مفتاح التشغيل بالانضغاط	2
ضاغط تحرير القاطع	3
قضيب أوميجا	4

والجدير بالذكر أنه عند الضغط على المفتاح الانضغاطى 2 يتحول القاطع لحالة الفصل، وعند الضغط على ضاغط اختبار القاطع 1 أو ضاغط الاختبار 3يخرج المفتاح 2 للخارج ويتحول القاطع لحالة القطع. علمًا بأنه توجد أنواع مزودة بعلم لونه أخضر عندما يكون القاطع فى حالة وصل ولونه أحمر عندما يكون القاطع فى حالة فصل.

٧ / ٧ / ١ - المصطلحات الفنية المستخدمة مع قواطع التسرب الأرضى

١- التيار المقنن In : هو التيار الذى يصمم القاطع على حملة بدون أى خطورة على ريشه. وفيما يلى التيارات المقننة القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية IEC.

6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40A
50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A	200A

٢- تيار التسرب المقنن $I_{\Delta N}$: وهو أقل تيار تسرب يحدث فصل للقاطع. وفيما يلى تيارات التسرب المقننة القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية IEC.

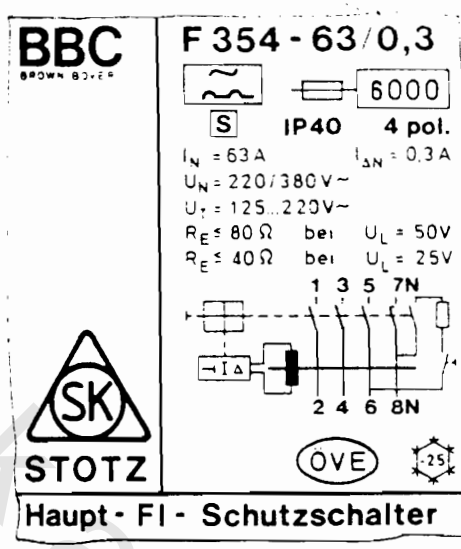
6 mA	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA
500 mA	1 A	3 A	5 A	10 A

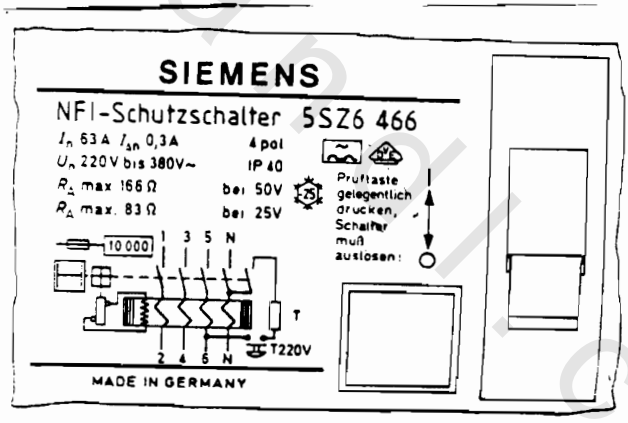
٣- تيار التسرب غير المسبب للتشغيل ويساوى $0.5\ I_{\Delta N}$.

٤- جهد التشغيل U_n. وفيما يلى جهود التشغيل القياسية لقواطع التسرب تبعًا للمواصفات العالمية القياسية.

100 V	110 V	120 V	200 V	220 V	230 V
240 V	380 V	415 V	440 V		

والشكل (٧-٤٠) يعرض المعلومات الفنية المعروضة على قاطعى تسرب من صناعة شركة BBC وشركة Siemens الألمانية.





الشكل (٧-٤٠)

محتويات الشكل (أ):

رقم الكتالوج F354 - 63/ 0.3

شركة براون بوفيرى BBC

درجة الوقاية IP 40

التيار المقنن $I_N = 63A$

الجهد المقنن $U_N = 220/380V$

تيارالتسرب المقنن $I_{\Delta N} = 0.3\ A$

عدد الأقطاب أربعة 4 Pol.

يستخدم مع دوائر التوحيد والتيار المتردد

جهد التلامس $U_L = 50\ V$ عندما تكون مقاومة التأريض $R_E \leq 80\ \Omega$

جهد التلامس $U_L = 25\ V$ عندما تكون مقاومة التأريض $R_E \leq 40\ \Omega$

تيار القصر الأقصى الذى يتحمله القاطع 6000 A

محتويات الشكل (ب):

رقم خاص بالشركة المصنعة	5 SZ 6466
الشركة المصنعة	Siemens
التيار المقنن	$I_n = 63\ A$
تيارالتسرب المقنن	$I_{\Delta N} = 0.3\ A$
الجهد المقنن 220 V/380 V	$U_n = 220\ V/\ 380\ V$

مقاومة الأرضى القصوى $R_A Max = 166\ \Omega$ تقابل جهد تلامس 50 V

مقاومة الأرض القصوى $R_A Max = 87\Omega$ تقابل جهد تلامس 25 V

تيار القصر الذى يتحمله القاطع 6000 A

أربعة أقطاب	4 Pol.
درجة الوقاية	IP40

يعمل فى دوائر التوحيد ودوائر التيار المتردد

تخضع للمواصفات القياسية الألمانية VDE

٧ / ٥ / ٢ - أنواع قواطع التسرب الأرضى

يوجد نوعان من قواطع التسرب الأرضى وهما كما يلى:

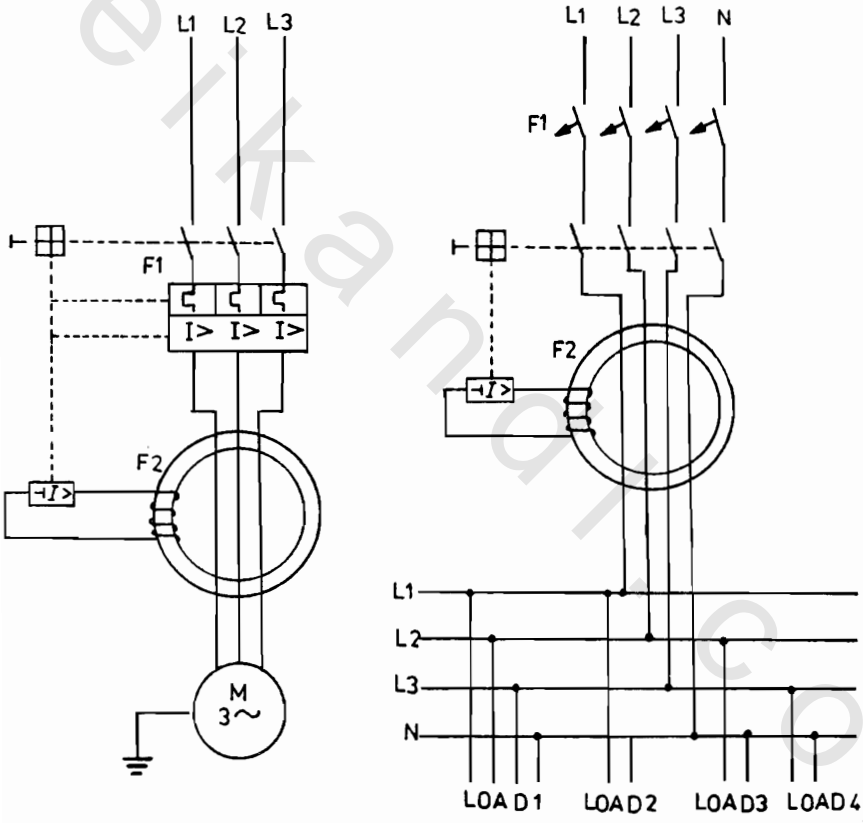
١- قواطع تسرب منفردة: وهى تعمل فقط على فصل الدائرة عند حدوث تسرب أرضى بتيار قيمته أكبر من تيار التسرب المقنن لها؛ ولكنها غير قادرة على

obeikandl.com

حماية الدائرة من زيادة الحمل ولا القصر، كما أنها غير قادرة على حماية نفسها، لذلك فهى تحتاج لقواطع مصغرة أو مقولبة لوقايتها.

٢- قواطع شاملة وهذه القواطع هى قواطع دائرة تعمل على وقاية الدائرة من زيادة الحمل والقصر والتسرب الأرضى.

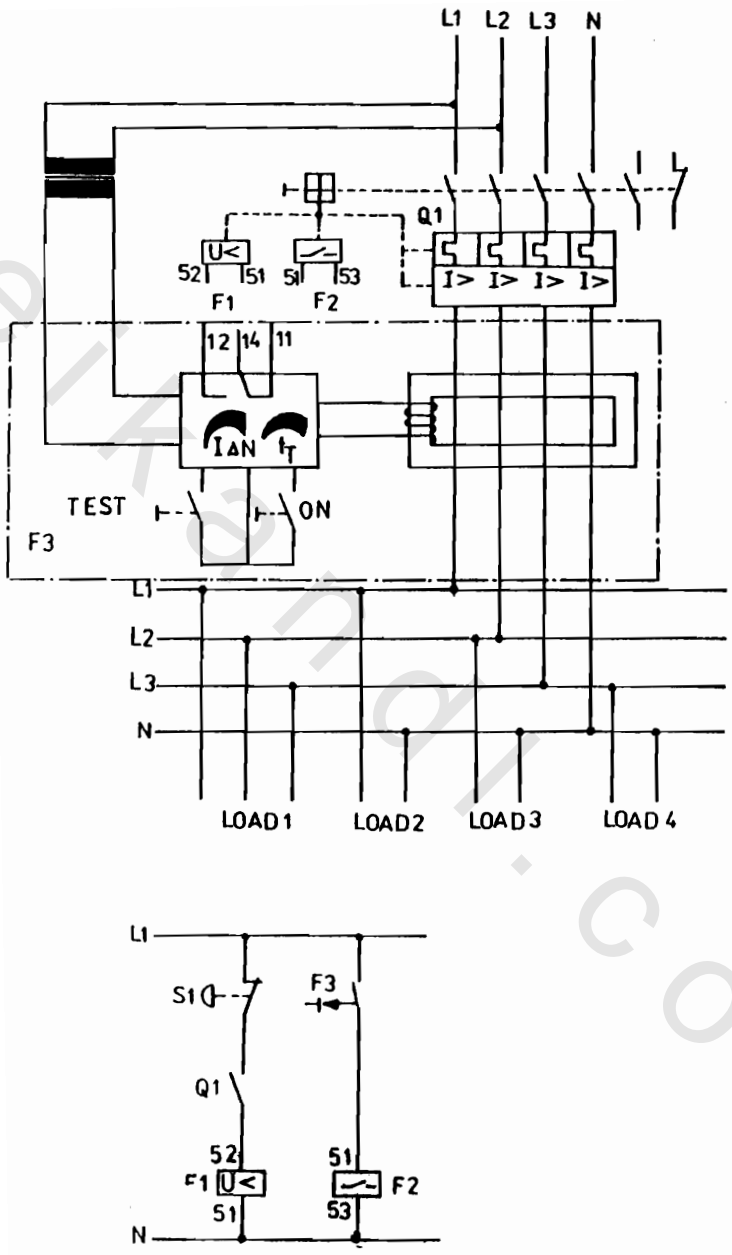
والشكل (٧-٤١) يوضح طريقة استخدام قاطع دائرة وقاطع تسرب أرضى لتغذية أربعة أحمال الشكل (أ) وطريقة استخدام قاطع شامل ثلاثة أقطاب لتوفير الوقاية المطلوبة لمحرك كهربى ثلاثى الوجه من زيادة الحمل والقصر والتسرب (الشكل ب).



الشكل (٧- ٤١)

وتوجد ريلاهات تسرب Earth leakage relays تكون على شكل موديول يثبت مع قواطع الدائرة المقولبة، أو المفتوحة ويرافق هذه الريلاهات محول تيار صفرى ZCT.

والشكل (٧-٤٢) يعرض دائرة القدرة والتحكم لتغذية عدة أحمال ثلاثية الأوجه وأحادية الوجه، باستخدام قاطع دائرة أربعة أقطاب للوقاية من القصر وزيادة الحمل، وهذا القاطع مزود بوحدة فصل عند انخفاض الجهد F_1 ووحدة فصل توازى F_2 وريلاى تسرب أرضى F_3. فعند غلق القاطع بالوسيلة اليدوية المعدة لذلك تغلق الريشة المفتوحة للقاطع والموصلة مع وحدة الفصل عند انحفاض الجهد F_1 ؛ وعند حدوث قصر أو زيادة فى الحمل؛ يفصل القاطع ذاتيًا فى الوقت المصمم عليه هذا القاطع، وعند حدوث انخفاض فى الجهد يحدث فصل ذاتى للقاطع بواسطة وحدة الفصل عند انخفاض الجهد F_1 وعند حدوث تسرب أرضى يقوم ريلاى التسرب F_3 بغلق ريشته المفتوحة وتقوم وحدة الفصل بالتوازى F_2 بفصل القاطع Q_1 عند الضغط على ضاغط الطوارئ S_1 . ويلاحظ أن ريلاى التسرب مزود بوسيلة لمعايرة تيار التسرب $I_{\Delta N}$ وزمن الفصل t_T.


L1
L2
L3
N
Q1
U<
52
51
54
53
F1
F2
I> I> I> I>
12
14
11
IΔN
tT
TEST
ON
F3
L1
L2
L3
N
LOAD1
LOAD2
LOAD3
LOAD 4
L1
S1
F3
Q1
52
51
F1
U<
F2
51
53
N

الشكل (٧-٤٢)

٧ / ٥ / ٣- اختيار قواطع التسرب الأرضى

هناك عدة عناصر تؤخذ فى الاعتبار لاختيار قاطع التسرب الأرضى وهم كما يلى:

١- الغرض من الحماية:

أ- إذا كان القاطع سيستخدم مع دائرة تحتوى على قاطع دائرة أو مصهرات يستخدم قاطع تسرب أرضى منفرد.

ب- إذا كان القاطع سيستخدم لحماية دائرة كهربية من زيادة الحمل والقصر والتسرب يستخدم قاطع وقاية شامل.

جـ- إذا كان بالدائرة قاطع دائرة مزود بإمكانية لإضافة ريلاى تسرب أرضى للعمل معه فيفضل استخدام ريلاى تسرب أرضى.

٢- اختيار عدد الأقطاب وهو يعتمد على نوع الحمل، ففى حالة الأحمال الأحادية الوجه يستخدم قاطع تسرب قطبين، وفى حالة الأحمال الثلاثية الوجه يستخدم قاطع تسرب ثلاثة أقطاب، وإذا كان الحمل عبارة عن مجموعة من الأحمال الأحادية الوجه والثلاثية الوجه يستخدم قاطع تسرب أربعة أقطاب.

٣- يختار التيار المقنن In لقاطع التسرب الأرضى مساويًا مرة وربع من تيار الحمل.

٤- يجب أن يكون قاطع التسرب الأرضى له سعة انهيار أعلى من أقصى تيار قصر متوقع بحيث يتحمل تيار القصر الأقصى المتوقع لفترة زمنية أكبر من زمن فصل القاطع المسئول.

٥- يجب التحقق من الانتقائية Selectivity عند وجود عدة ELCB'S فى الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية (ارجع للباب الثامن).

والجدول (٧-٩) يبين قيم التيارات المقننة لمصهرات gl المستخدمة لتوفير حماية خلفية لقواطع التسرب الأرضى والمقترح من شركة Siemens الألمانية.

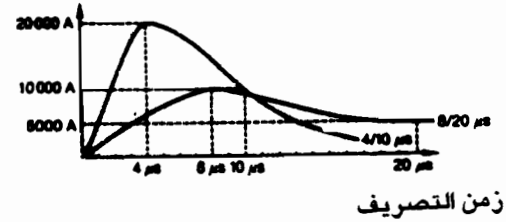
الجدول (٧ - ٩)

التيار المقنن لقاطع التسرب الارضى In (A)	16	25	40	40	63	125	160
التيار المقنن لمصهرات الدايزيد بخواص gl (A)	50	63	63	63	80	-	-
التيار المقنن لمصهرات النويزيد بخواص gl (A)	63	80	80	80	100	-	-
التيار المقنن للمصهرات الرئيسية بخواص gl (A)	63	80	80	80	100	125	160

٧ / ٦ - محددات موجات الجهد المفاجئة Surge Arrestors

تستخدم هذه المحددات مع الأجهزة الكهربية الحساسة لارتفاع الجهد الناتج عن أسباب خارجية مثل: الصواعق أو أسباب داخلية مثل: الوصل والفصل للأحمال الكهربية مثل أجهزة الكومبيوتر وأجهزة التلفزيون وأجهزة التبريد. وتقوم شركة Legrand الفرنسية بعرض محدد موجات مفاجئة Voltoge Surge Protector له المواصفات الفنية التالية:

يعمل عند تردد مساوى 50:60 HZ ، ويعمل على تصريف موجات الجهد المفاجئة للأرضى بتيار تصريف قيمته 10000 A لموجة زمنها 8:20 µS وبتيار تصريف قيمته 20000 A لموجة زمنها 4:10 µS وتصل زمن استجابتها 25nS، ويكون جهد الأرضى لحظة تصريف تيار 1mA مساوياً 400 V فى حين يكون جهد الأرضى أقل من 700 V عند تصريف تيار (40A) ويصل جهد الأرضى إلى أقل من 1200 V عند تصريف تيار 2500 A والشكل (٧-٤٣) يعرض خواص محددات

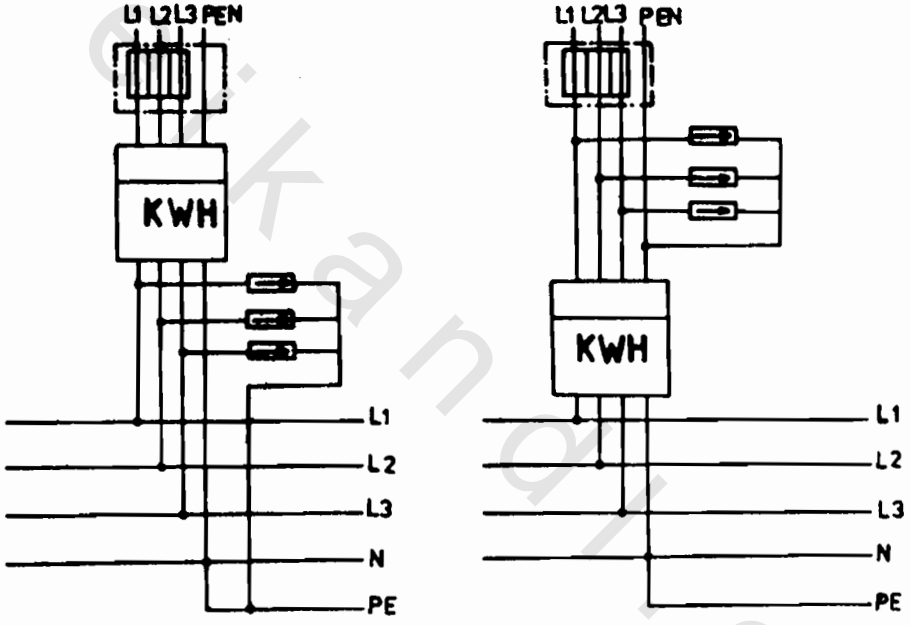


الشكل (٧-٤٣)

موجات الجهد المفاجئة.

والشكل (٧-٤٤) يعرض مخطط توصيل محددات الموجات المفاجئة مع نظام TN (الشكل أ) ومخطط توصيل محددات الموجات المفاجئة مع نظام TT (الشكل ب) حيث يستخدم فى كلتا الحالتين ثلاث محددات موجات مفاجئة.

والجدير بالذكر أن وضع محددات الموجات المفاجئة قبل العداد يلزمه موافقة من شركة الكهرباء.

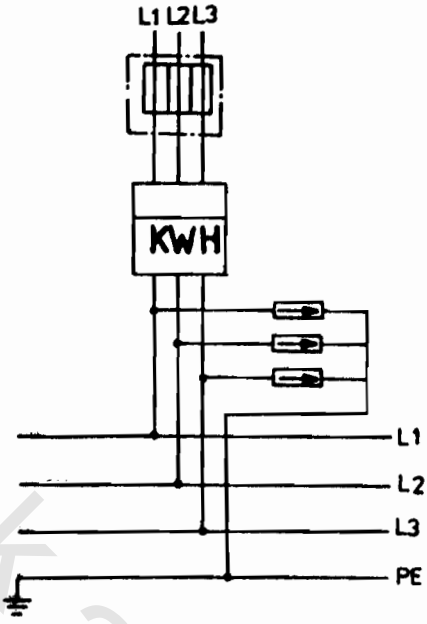


الشكل (٧-٤٤)

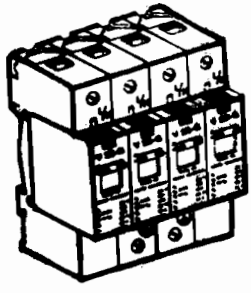
والشكل (٧-٤٥) يعرض مخطط توصيل محدد الموجات المفاجئة مع نظام IT.

والجدير بالذكر أنه فى كثير من الأحيان يستخدم أربعة محددات جهد مع نظام TT. حيث يخصص محدد موجات مفاجئة لخط التعادل N.

وفى حالة استخدام قاطع تسرب أرضى ينصح بوضع محددات الموجات المفاجئة بعد قاطع التسرب الأرضى من جهة الأحمال.



الشكل (٧-٤٥)



الشكل (٧-٤٦)

والشكل (٧ - ٦) يعرض نموذجًا لمحددات موجات مفاجئة أربعة أقطاب من انتاج شركة Better mann الألمانية ويجدر القول بأن محددات الموجات المفاجئة تثبت على قضبان أو ميجا بنفس الطريقة المتبعة لتثبيت قواطع الدائرة المصغرة كما هو مبين بالشكل (٧-١٦).

وعادة تختار مساحة مقطع موصلات محددات الموجات المفاجئة تبعًا لمساحة مقطع الأوجه المختلفة والجدول (٧-١٠) يعطى مساحة مقطع موصلات محددات الموجات المفاجئة تبعًا لمساحة مقطع الأوجه المختلفة

الجدول (٧-١٠)

مساحة مقطع موصلات الأوجه mm^2	≤ 35	50	≥ 70
مساحة مقطع موصلات المحددات mm^2	10	16	25

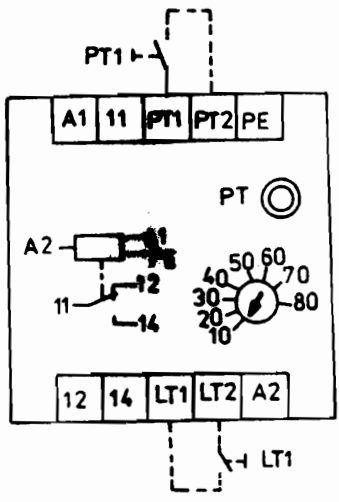
obeikandl.com

٧ / ٧- أجهزة مراقبة العزل Insulation monitoring devices

تستخدم هذه الأجهزة فى مراقبة حدوث خطأ أرضى فى أنظمة IT ، وهى تعطى إنذاراً صوتيًا وضوئيًا بمجرد انخفاض المقاومة بين أحد الأوجه وأرضى الحمل عن 15kΩ كحد أدنى. ومع بعض الأحمال مثل: الغرف الطبية تضبط أجهزة مراقبة التسرب الأرضى لإعطاء إنذاراً عند انخفاض المقاومة بين أحد الأوجه وأرض الحمل عن 50KΩ .

وهناك نوعان من أجهزة مراقبة التسرب الأرضى: الأولى أحادية الوجه والثانية ثلاثية الوجه. وهذه الأجهزة لا تحتاج عادة لصيانة ويجب تثبيتها فى أماكن جافة حتى لا تتعرض إلى غازات مسببة للتآكل والصدأ. وتحتوى هذه الأجهزة عادة على ثنائى مشع أخضر لبيان حالة التشغيل الطبيعى، وثنائى مشع أصفر لبيان حالة التسرب الأرضى، وتكون مزودة بجرس رنان لإعطاء صوت عند حدوث تسرب أرضى وأيضًا تحتوى على ضاغط إسكات للجهاز Silence عند صدور صوت إنذار صوتى من الجرس الرنان.

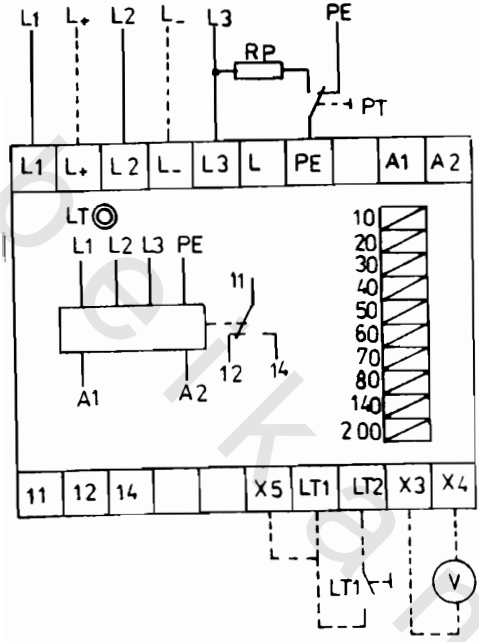
والشكل (٧-٤٧) يعرض مخططًا لوجه جهاز مراقبة عزل وجه واحد من انتاج DOLD الألمانية. وهذا الجهاز مزود بإمكانية لتغيير مقاومة العزل للجهاز من 80 :10 KΩ ، وبمجرد توصيل أطراف الجهاز A_1, A_2 بأطراف المصدر الأحادى الوجه L,N يتغير وضع ريش الجهاز فتغلق الريشة 14-11 وتفتح الريشة 12-11. وفى حالة حدوث انهيار للعزل نتيجة لوجود قصر أول مع الأرضى فإن ريش الجهاز ستعود لحالتها الطبيعية ويصدر جرس رنان من الجهاز لبيان حالة انهيار العزل، ويمكن تحرير الجهاز بالضاغط LT المتصل خارجيًا بالأطراف LT_1, LT_2. وكذلك يمكن اختبار الجهاز بواسطة الضاغط PT الموجود على وجه الجهاز أو



الشكل (٧-٤٧)

بواسطة الضاغط الخارجى PT الموصل خارجيًا بالأطراف PT_1, PT_2.

والشكل (٧ – ٤٨) يعرض مخطط وجه جهاز مراقبة عزل ثلاثى الأوجه من صناعة شركة DOLD الألمانية.



الشكل (٧–٤٨)

ويستخدم هذا الجهاز فى دوائر التيار المتردد أو المستمر ففى حالة استخدامه فى دوائر التيار المتردد توصل الأطراف L_1, L_2, L_3 مع أوجه المصدر الثلاثة، وتوصل الأطراف A_1, A_2 بجهد 220 V تياراً متردداً ومقاومة عزل هذا الجهاز 50 kΩ وهى ثابتة من قبل المصنع. ويوجد سلسلة من الثنائيات المشعة على وجه الجهاز تعطى القيمة الفعلية لمقاومة عزل الدائرة، ويزود هذا الجهاز بضاغط تحرير للجهاز LT داخلى، ويمكن توصيل ضاغط LT خارجى لأغراض التحكم من بعد.

وأيضًا يوصل ضاغط اختبار خارجى PT كما هو مبين بالشكل نفسه.

obeikandl.com