الباب الثامن

الأخطاء وطرق التنسيق على تمييزها

الأخطاء وطرق التنسيق على تمييزها

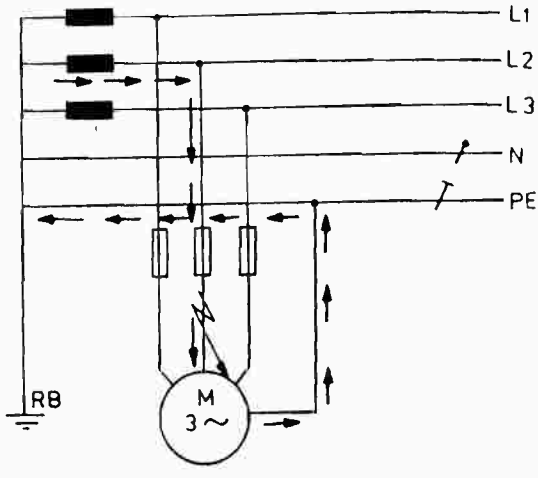
٨ / ١ - مقدمة

يستخدم لفظ خطأ fault عند حدوث قصر بين وجه وآخر، أو وجه والتعادل، أو وجه والأرضى. وفى الحقيقة فإن التأريض لا يمنع الخطأ من حدوثه؛ ولكن يقلل من زمن بقائه، وبالتالى يقلل من زمن تشكل الخطورة.

والجدير بالذكر أن الأخطاء يمكن تقسيمها إلى:

١ - قصر مباشر Direct Short يمكن أن يحدث بين وجه وآخر أو وجه وخط التعادل ويؤدى هذا القصر لإمرار تيار كبير.

٢ - خطأ أرضى Ground Fault ويحدث عند ملامسة أحد الأوجه بالأرض مثل: ملامسة أحد الأوجه لهيكل معدنى مؤرض، ويؤدى خطأ الأرضى لإمرار تيار خطأ يساوى 75% من التيار الناتج عن القصر المباشر. وعند حدوث قصر الأرضى فإن موصلات الوقاية تعمل فى تشكيل مسار سهل للتيار، فيزداد بذلك تيار الخطأ، الأمر الذى يؤدى لتشغل أجهزة الوقاية من زيادة التيار. والشكل (٨-١) يبين خطأ أرضيًا. ويمكن تلخيص الأضرار المترتبة عن الأخطاء بصفة عامة إلى:



الشكل ٨-١

١ - إحداث أضرار كهرومغناطيسية وميكانيكية وحرارية.

فعند مرور التيار الكهربى لحظة

القصر فى الأوجه المختلفة يتولد مجال كهرومغناطيسى قوى، وتتشكل أقطاب شمالية، وأخرى جنوبية بين الأوجة المختلفة، ويحدث بين هذه الأقطاب قوى ميكانيكية إما تنافراً أو تجاذبًا، تماماً كما يحدث مع الأقطاب المغناطيسية؛ الأمر الذى يؤدى لتشوه هذه الموصلات:

٢ – تولد حرارة عالية تؤدى إلى انصهار الموصلات والحرائق.

٨ / ٢ – الوقاية من زيادة التيار

إن مصطلح زيادة التيار Over Current يحمل فى طياته معنيين وهما:

– زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل Over Load

– زيادة التيار الناتج عن القصر Short

أما زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل يحدث عند التحميل الزائد للمحركات الكهربية، فينتج عن ذلك زيادة التيار مرات قليلة عن تيار الحمل الكامل والخطورة من زيادة التيار الناتج عن زيادة الحمل هو انهيار عزل الكابلات؛ نتيجة لارتفاع درجة حرارة الكابلات أو يؤدى إلى تقصير عمر الكابلات.

أما زيادة التيار الناتج عن القصر فينتج من حدوث أحد الأخطاء السالفة الذكر وينتج عن ذلك ارتفاع شدة التيار لعدة مرات تصل أحياناً إلى مئات المرات أو آلاف المرات، وأثناء القصر فإن أجهزة الوقاية يجب أن تفصل بسرعة فائقة قبل أن تؤدى هذه الزيادة المفرطة من شدة التيار إلى ارتفاع درجة حرارة الكابلات، أو إحداث إجهادات ميكانيكية ناتجة عن المجال المغناطيسى الناتج من مرور تيار كبير فى الموصلات المتجاورة.

والجدير بالذكر أن الأحمال التالية يجب استبعادها من جملة الأحمال التى تتعرض لزيادة الحمل مثل:

١ – السخانات الكهربية (سخانات الماء – المواقد الكهربية .. إلخ).

٢ – المحركات الكهربية التى تيار بدءها أقل من التيار المقنن لموصلاتها.

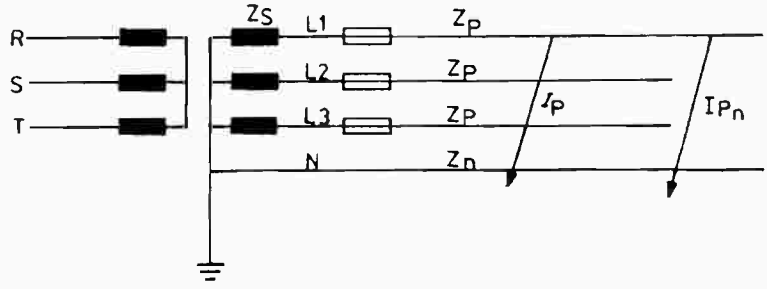
٣ – الأحمال التى يخشى فتح دائرتها مثل:

أ – الملف الثانوى لمحول التيار.

ب – ملف المجال للآلات الدوارة مثل: الآلات التزامنية وآلات التيار المستمر.

٨ / ٣- تيار القصر الأقصى والأدنى

يختلف تيار القصر الأقصى والأدنى تبعاً لعدد أسلاك الكابل، فبالنسبة للنظام ذى الأربعة موصلات والذى يغذى أحمالاً ثلاثية الأوجة وأخرى أحادية الوجه . كما بالشكل (٨-٢).



الشكل (٨-٢)

فإن تيار القصر الأقصى هو الناتج عن القصر الثلاثى ونحصل عليه من المعادلة 8.1.

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_P} \quad \rightarrow \quad 8.1$$

حيث إن:

تيار القصر الأقصى والمار فى أحد الأوجه	I_P
معاوقة المصدر الكهربى	Z_S
معاوقه موصلات أحد الأوجه	Z_P
جهد الوجه للمصدر الكهربى	U

فى حين أن التيار الأدنى هو الناتج عن قصر بين وجه والتعادل ونحصل عليه من المعادلة 8.2.

$$Ipn= \frac{U}{Zs + Zp + Zn} \rightarrow 8.1$$

حيث إن :

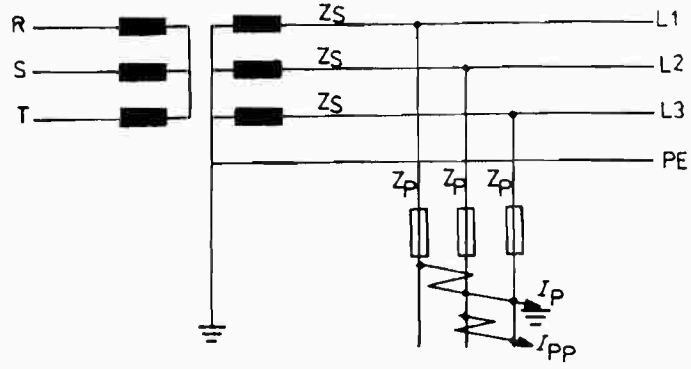
Ipn تيار القصر عند حدوث قصر بين وجه والتعادل

Zn معاوقه خط التعادل

أما فى حالة حدوث قصر ثلاثى عند أحد الاحمال الثلاثية الأوجة فإن تيار القصر نحصل عليه من المعادلة 8.1 . وفى حالة حدوث قصر بين وجهين فإن تيار القصر فى هذه الحالة نحصل عليه من المعادلة 8.3 .

$$IPP= \frac{U}{2(Zs + Zp)} \rightarrow 8.3$$

علماً بأن تيار القصر فى هذه الحالة يمثل تيار القصر الأدنى . والشكل (٨-٣) يعرض أنواع القصر التى تحدث فى الأحمال الثلاثية الوجه .



الشكل (٨-٣)

وتعتمد درجة حرارة الموصلات أثناء القصر على درجة الحرارة المبدئية للموصلات قبل القصر، وأيضاً على زمن فصل الدائرة . ولكن نظراً لأن درجة الحرارة المبدئية قبل القصر عادة تكون مجهولة؛ لذلك يمكن اعتبار أن درجة حرارة موصلات PVC قبل القصر $70C^0$ ، ودرجة موصلات XLPE قبل القصر $90C^0$ ، وحيث إن درجة الحرارة القصوى التى تتحملها موصلات PVC عند القصر $160C^0$ ، لذا فإن درجة الحرارة المتوسطة لموصلات PVC هى $115C^0$. أما بخصوص درجة الحرارة القصوى التى تتحملها موصلات XLPE هى $250C^0$ لذلك فإن درجة الحرارة المتوسطة لموصلات XLPE هى $170C^0$. وعادة يحسب تيار القصر الأقصى عند درجة حرارة $20C^0$ ، فى

حين يحسب تيار القصر الأدنى عند درجة حرارة $115C^0$ لموصلات PVC ودرجة حرارة $170C^0$ لموصلات XLPE.

وعادة يختار القاطع له سعة قطع قصوى أكبر من تيار القصر الأقصى وله زمن فصل عند تيار القصر الأدنى أقل من أقصى زمن تتحمله الموصلات عند القصر. والجدير بالذكر أن تيار القصر الأدنى قد يؤدى لتلف عزل الموصلات إذا لم يتحقق الشرط السابق.

٨ / ٤ - الجداول المستخدمة فى حسابات القصر

الجدول (٨-١) يعطى قيمة معاوقة مصدر القدرة Z_S عند سعات مختلفة للمحولات وعند جهد تشغيل 200V, 380V.

الجدول (٨-١)

سعه المحول KVA	200V	380V
50	11.59 + j 14.53	41.84 + j 52.46
75	7.31 + j 11.75	26.39 + j42.44
100	5.38 + j 9.21	19.43 + j33.24
150	3.33+ j 6.62	12.04 + j23.91
200	2.46 + j5.05	8.89 + j18.24
300	1.56 + j3.90	5.62 + j14.11
500	0.82 + j2.67	2.98 + j9.66
750	0.53 + j2.10	7.05 + j22.45
1000	0.38 + j1.74	1.382 + j6.31
1500	0.24 + j1.31	0.87 + j4.73
2000	0.18 + j1.00	0.68 + j3.61

والجدول(٨-٢) يعطى قيم مقاومات R ، وممانعات X ، ومعاوقات Z، موصلات النحاس بعزل PVC لكل 1000m طول عند درجة حرارة $20C^\circ$ و $115C^\circ$.

الجدول (٨-٢)

مساحة المقطع	والمعاوقه Z لكل 1000m			والمقاومة R والممانعة X		
	Temperature 20°C			Temperature115°C		
Sq.mm.	R	X	Z	R	X	Z
1.0	18.10	-	18.10	24.978	-	24.978
1.5	12.10	-	12.10	16.698	-	16.698
2.5	7.410	-	7.410	10.226	-	10.226
4.0	4.610	-	4.610	6.362	-	6.362
6.0	3.080	-	3.080	4.250	-	4.250
10	1.830	-	1.830	2.525	-	2.525
16	1.150	-	1.150	1.587	-	1.587
25	0.727	-	0.727	1.003	-	1.003
35	0.524	-	0.524	0.723	-	0.723
50	0.387	0.081	0.395	0.534	0.081	0.540
70	0.268	0.079	0.279	0.370	0.079	0.378
95	0.193	0.077	0.208	0.266	0.077	0.277
120	0.153	0.076	0.171	0.211	0.076	0.224
150	0.124	0.076	0.145	0.171	0.076	0.187
185	0.099	0.076	0.125	0.137	0.076	0.157
240	0.075	0.075	0.106	0.104	0.075	0.128
300	0.060	0.075	0.096	0.083	0.075	0.112

والجدول (٨-٣) يعطى قيم مقاومات R ، وممانعات X، ومعاوقات Z ، موصلات الالومنيوم بعزل PVC عند درجة حرارة 20C° و 115C° لكل 1000m طول.

الجدول (٨-٣)

مساحة المقطع	والمعاوقه Z لكل 1000m			والمقاومة R والممانعة X		
	Temperature 20°C			Temperature115°C		
Sq.mm.	R	X	Z	R	X	Z
16	1.910	-	1.910	2.636	-	2.636
25	1.200	-	1.200	1.656	-	1.656
35	0.868	-	0.868	1.198	-	1.198
50	0.641	0.082	0.646	0.885	0.082	0.889
70	0.443	0.079	0.450	0.611	0.079	0.616
95	0.320	0.078	0.329	0.442	0.078	0.449
120	0.253	0.077	0.264	0.349	0.077	0.357
150	0.206	0.077	0.220	0.284	0.077	0.294
185	0.164	0.077	0.181	0.226	0.077	0.239
240	0.125	0.076	0.146	0.173	0.076	0.189
300	0.100	0.076	0.126	0.138	0.076	0.158

والجدول (٨-٤) يعطى قيم مقاومات R ، وممانعات X، ومعاوقات Z ، موصلات النحاس والألومنيوم بعزل XLPE عند درجة حرارة 20C° و 170C° .

الجدول (٨-٤)

مساحة القطع	للمقاومة R والممانعة X والمعاوقة Z لكل 1000m					
	Temperature 20°C			Temperature 170°C		
Sq.mm.	R	X	Z	R	X	Z
	موصلات نحاس					
50	0.387	0.076	0.394	0.619	0.076	0.624
70	0.268	0.075	0.278	0.429	0.075	0.435
95	0.193	0.073	0.206	0.309	0.073	0.317
120	0.153	0.072	0.169	0.245	0.072	0.255
150	0.124	0.073	0.144	0.198	0.073	0.211
185	0.099	0.073	0.123	0.158	0.073	0.174
240	0.075	0.072	0.104	0.120	0.072	0.140
300	0.060	0.072	0.094	0.096	0.072	0.120
	موصلات ألومنيوم					
50	0.641	0.077	0.646	1.026	0.077	1.028
70	0.443	0.075	0.449	0.709	0.075	0.713
95	0.320	0.073	0.328	0.512	0.073	0.517
120	0.253	0.073	0.263	0.405	0.073	0.411
150	0.206	0.074	0.219	0.330	0.074	0.338
180	0.164	0.074	0.180	0.262	0.074	0.273
240	0.125	0.073	0.145	0.200	0.073	0.213
300	0.100	0.072	0.123	0.160	0.072	0.175

مثال :

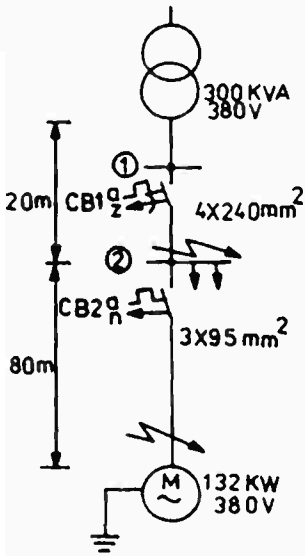
المطلوب تعيين سعة القطع لكلٍّ من القاطع CB_2, CB_1 للنظام المبين بالشكل (٨-٤). علماً بأن الموصلات المستخدمة من النحاس.

الإجابة :

من الجدول (٨-١). فإن معاوقة المصدر الذى سعته 300KVA ، وجهد تشغيله 380V بالملى أوم هو :

$$Zs = 5.65 + J14.11 \ (m.\Omega)$$

$$Zs = 0.00565 + J\ 0.0\ 141 \ (\Omega)$$



الشكل (٨-٤)

ومن الجدول (٨-٢) فإن معاوقه الموصلات التى مساحة مقطعها $240mm^2$ بعزل PVC عند درجة $20C^\circ$ وطولها 20m هو :

$$Z_{P1} = \frac{20}{1000}(0.075 + j0.075)\ (\Omega)$$

$$Z_{P1} = 0.0015 + j0.0015\ \ (\Omega)$$

وبالتالى فإن :

$$Z_S + Z_{P1} = (0.00565 + 0.0015) + j\,(0.0141 + 0.0015)$$

$$Z_S + Z_{P1} = 0.00715 + j0.0155\ (\Omega)$$

وبالتالى فإن سعة القطع لقاطع الحماية C_{B1} يجب أن تكون اكبر من

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_{P1}}$$

$$= \frac{220}{\sqrt{(0.00715)^2 + (0.0155)^2}} = \underline{12903\ A}$$

ومن الجدول (٨-٢) فإن معاوقه الموصلات التى مساحة مقطعها $95mm^2$ بعزل PVC عند درجة $20^\circ C$ وطولها 80m هو :

$$Z_{P2} = \frac{80}{1000}\ (0.320 + j\,0.073)$$

$$Z_{P2} = 0.0256 + j0.00584 \qquad \Omega$$

وبالتالى فإن :

$$Z_S + Z_{P1} + Z_{P2} = (0.00565 + 0.0015 + 0.0256) +$$

$$j(0.0141 + 0.0015 + 0.00584)$$

$Z_S+Z_{P1}+Z_{P2}= 0.0327 + J0.0214\ (\Omega)$

وبالتالى فإن :

سعة القطع لقاطع الحماية C_{B2} يجب أن تكون أكبر من

$$I_P = \frac{U}{Z_S + Z_{P1} + Z_{P2}}$$

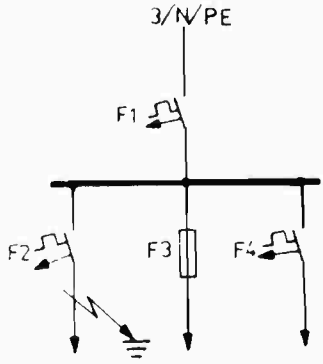
$$= \frac{220}{\sqrt{(0.0327)^2 + (0.0214)^2}} = 5627A$$

٨ / ٥ - التنسيق على تمييز الأخطاء

Discrimination of over current Protection

كل منشأة يجب تجزئتها إلى مجموعة من الدوائر من أجل تجنب المخاطر عند حدوث الأخطاء، فبالنسبة للدوائر المرتبطة معاً فيجب التأكد من التنسيق بين أجهزة الحماية لهذه الدوائر للوصول إلى تمييز الأخطاء عند حدوثها.

ولتوضيح الهدف من التنسيق على تمييز الأخطاء سنأخذ المثال الموضح بالشكل (٨-٥) . حيث يتم وقاية الخط الرئيسى بواسطة F_1 ، ويتم وقاية المغذى 1 بالقاطع F_2 ، والمغذى 2 بالمصهر F_3 ، والمغذى 3 بالقاطع F_4 ، وعند حدوث قصر على المغذى 1 مثلاً يجب أن يفصل هذا المغذى بواسطة F_2 من أجل استمرارية الخدمة لباقى المغذيات، ويعمل القاطع F_1 على توفير الوقاية الخلفية بحيث إنه إذا لم يفصل F_2 فى هذه الحالة لوجود مشكلة فنية ما يفصل القاطع F_1 وهذا بالفعل لا يحدث إلا نادراً وبذلك نكون قد حققنا مبدأ التنسيق على تمييز الأخطاء. وعادة تقوم الشركات المصنعة لأجهزة الوقاية بتوفير مجموعة من الجداول لإمكانية اختيار القواطع والمصهرات التى يوجد بينها تمييز زمنى



الشكل (٨-٥)

ضد تيار القصر. وفيما يلى أهم جداول التمييز التى توفرها الشركات المصنعة.

١ – تمييز بين المصهرات كوقاية رئيسية Up Stream وقواطع الدائرة المصغرة كوقاية فرعية Down Stream.

٢ – تمييز بين المصهرات كوقاية رئيسية وفرعية.

٣ – تمييز بين القواطع كوقاية رئيسية وفرعية.

٤ – تمييز بين القواطع كوقاية رئيسية والمصهرات كوقاية فرعية.

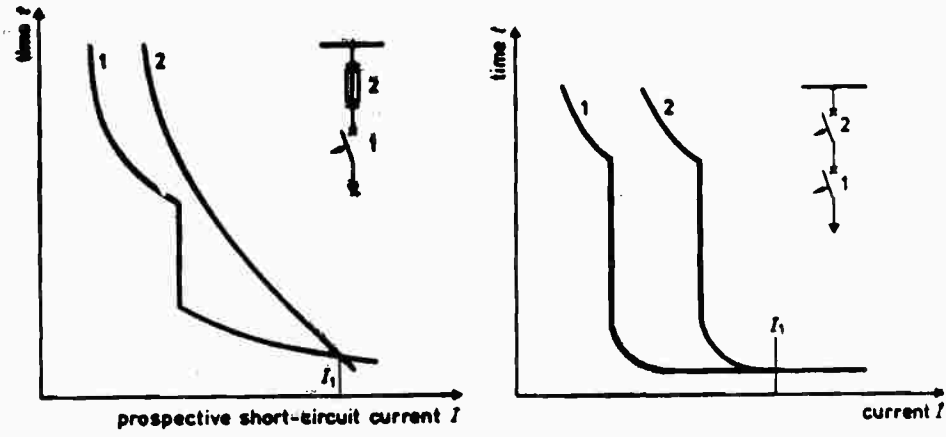
والجدول (٨–٥) هو جدول التمييز بين مصهرين خرطوشيين من إنتاج شركة Leqrand الفرنسية، بحيث إن المصهر الرئيسى له خواص gL والمصهرات الفرعية لها خواص gL أو aM.

الجدول (٨–٥)

المصهر الرئيسي gL	المصهرات الفرعية			
	aM		gl	
	500V	220V	500V	220V
4	1	1	1	1
6	2	2	2	2
8	2	2	2	2
10	2	2	4	4
12	2	4	6	6
16	4	6	10	10
20	6	8	12	12
25	8	10	16	16
32	10	12	20	20
36	12	12	20	25
40	12	16	20	25
50	16	20	25	32
63	20	25	32	40
80	25	32	40	50
100	36	40	50	63
125	40	50	63	80
160	63	80	80	100
200	80	100	125	125
250	125	125	160	160
315	125	160	160	200
400	160	200	250	315
500	200	250	315	400
630	250	315	400	400
800	315	400	400	400
1000	400	500	400	500
1250	500	630	500	630

٨ / ٥ / ١ - التنسيق على تمييز زيادة الأحمال

لا يوجد مشكلة فى التنسيق على تمييز زيادة الأحمال للدوائر المختلفة. فاختلاف التيار المقنن لأجهزة الحماية يجعل عملية التنسيق متحققة، وهذا يتضح من الشكل (٨-٦).

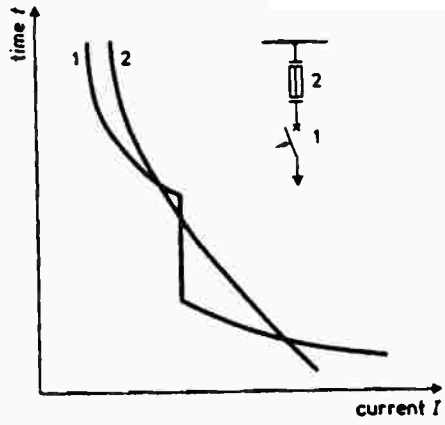


ب أ

الشكل (٨-٦)

ويلاحظ أن التيار I_1 هو أقصى حد تيارى للتمييز بعده لا يتحقق التمييز.

والشكل (٨-٧) يوضح عدم تحقق التمييز عند زيادة الأحمال عند توصيل قاطع ومصهر على التوالى، حيث يلاحظ وجود تداخل بين خواص القاطع 1 والمصهر 2، الأمر الذى يؤدى إلى فصل القاطع قبل المصهر فى بعض الحالات.



الشكل (٨-٧)

٨ / ٥ / ٢- التنسيق على تمييز القصر

إن التنسيق على تمييز القصر يحتاج إلى مزيد من العناية لأن تيار القصر قد يكون عدة مئات من الأمبير أو عدة آلاف من الأمبير وتوجد عدة طرق متبعة لتمييز تيار القصر وهم كما يلى :

١- التمييز التيارى Current Discrimination .

٢- التمييز الزمنى Time Discrimination .

٣- الربط بين القواطع Zone Selective Inter Lock .

أولاً : التمييز التيارى

الشكل (٨-٨) يبين دائرة شعاعية تحتوى على قاطعين، القاطع CB_1 لحماية المغذى الرئيسى والذى تياره الطبيعى 600A وتيار قصره 10KA، والقاطع CB_2 لحماية مغذى فرعى تياره الطبيعى 60A وتياره عند القصر 6KA ولذلك يمكن إستخدام قاطعين كليهما له خواص an ، ويختار القاطع CB_1 له تيار مقنن 630A ويضبط هذا القاطع بالطريقة التالية :

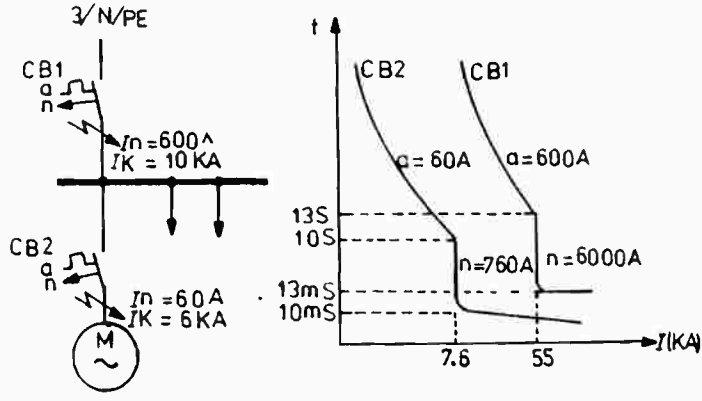
$Ir = 600\ A$ $Im = 6000\ A$

وتكون أقصى سعة قطع للقاطع CB_1 أكبر من 10KA . فى حين أن القاطع CB_2

يختار له تيار مقنن 63A ويضبط هذا القاطع بالطريقة التالية.

Ir = 60A Im = 760A

وتكون أقصى سعة للقاطع CB1 أكبر من 6KA.



الشكل (٨-٨)

ثانياً: التمييز الزمني

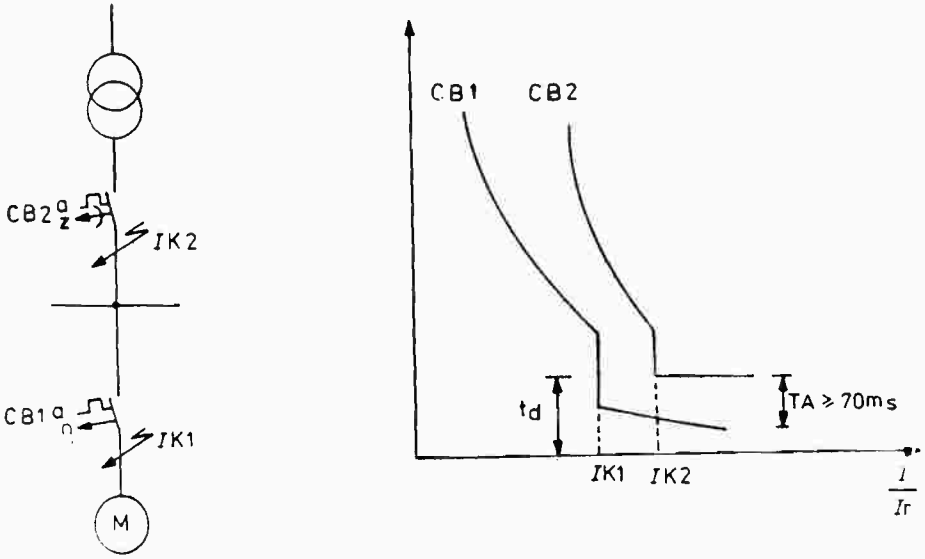
الشكل (٨-٩) يعرض دائرة تحتوى على قاطعين بينها تمييز زمنى.

حيث إن:

تأخير زمنى عكسى عند زيادة الحمل	a
تأخير زمنى عند القصر	Z
فصل لحظى عند القصر	n

ويمكن عمل تمييز زمنى بين القاطعين CB_1, CB_2 باختيار القاطع CB_1 يفصل لحظياً وله خواص زمنية عكسية a وخواص فصل لحظية عند القصر n.

أما القاطع CB_2 يكون له خواص زمنية عكسية a وخواص فصل بتأخير عند القصر Z. ويضبط القاطع CB_2 على زمن تأخير td مساوياً 150mS، فيكون هامش الزمن $T_A \geq 70mS$. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على التمييز الزمنى المطلوب.



الشكل (٨-٩)

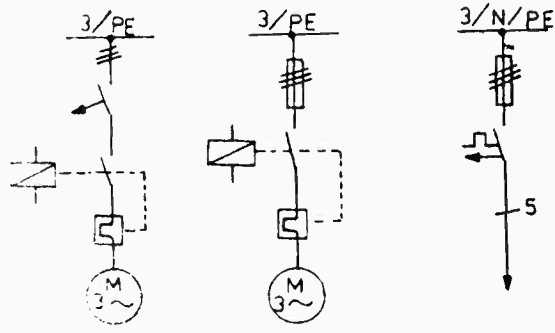
٨ / ٥ / ٣- الجمع بين أجهزة الوقاية المختلفة

الشكل (٨-١٠) يبين حالات الجمع بين أجهزة الوقاية المختلفة حيث :

- يتم الجمع بين المصهرات والقواطع إذا كان تيار القصر المتوقع أكبر من تيار القصر المقنن والدائم الذى يقدر القاطع قطعه فى هذه الحالة يفضل استخدام مصهر له سعة قطع عالية لحماية القاطع (الشكل أ) .

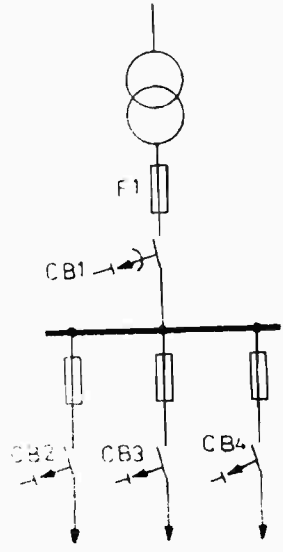
- يتم الجمع بين المصهرات والكونتاكتورات والمتممات الحرارية حيث يقوم المصهر بتوفير الحماية من القصر لحماية كلٌ من الكونتاكتور والمتمم الحرارى والكابل. ويقوم الكونتاكتور بالتحكم فى وصل وفصل التيار الكهربى للأحمال، ويقوم المتمم الحرارى بحماية المحرك من زيادة الحمل، (الشكل ب) .

- يتم الجمع بين قاطع له خواص فصل لحظية عند القصر n مع كونتاكتور مع متمم حرارى، حيث يوفر القاطع الحماية للكونتاكتور والمتمم الحرارى والكابل من القصر، ويقوم الكونتاكتور بالتحكم فى الوصل والفصل ويقوم المتمم الحرارى بتوفير الحماية المحرك من زيادة الحمل (الشكل جـ) .



الشكل ٨-١٠

٨ / ٥ / ٤- التنسيق على تمييز التسرب الأرضى



الشكل (٨-١١)

يمكن التنسيق بين قواطع التسرب الأرضى المستخدمة فى وقاية الدوائر الكهربية وذلك بالتحكم فى زمن الفصل لها. وعادة تزود قواطع التسرب الأرضى ذات تيارات التشغيل الأكبر من 63A بوسيلة لضبط زمن التأخير. والشكل (٨-١١) يعرض أحد أنظمة التوزيع حيث تستخدم قاطع تسرب أرضى CB1 له خواص فصل بتأخير ويمكن معايرة زمن فصله، ويستخدم لتوفير وقاية رئيسية لنظام التوزيع المبين من التسرب الأرضى. ويستخدم ثلاثة قواطع تسرب أرضى CB_2, CB_3, CB_4 لتوفير الوقاية المطلوبة للمغذيات الفرعية. والجدول (٨-٦) يبين تيارات التسرب المقننة لكلٍّ من قواطع التسرب الرئيسية والفرعية وكذلك التيارات المقننة لكلٍّ من قواطع التسرب الرئيسية والفرعية تبعاً لتوصيات شركة Siemens الألمانية.

الجدول (٨-٦)

قاطع تسرب رئيسي		قاطع التسرب الفرعي التيار المقنن	
التيار المقنن In (A)	تيار التسرب $I_{\Delta N}$ (A)	In (A)	تيار التسرب $I_{\Delta N}$ (A)
125,160	0.3	25, 40, 63, 125	0.03
125,160	0.5	25, 40, 63, 125	0.03
		25, 40, 63, 125	0.3
125,160	1	25, 40, 63, 125	0.03
224		25, 40, 63, 125, 160	0.3
		25, 40, 63, 125, 160	0.5