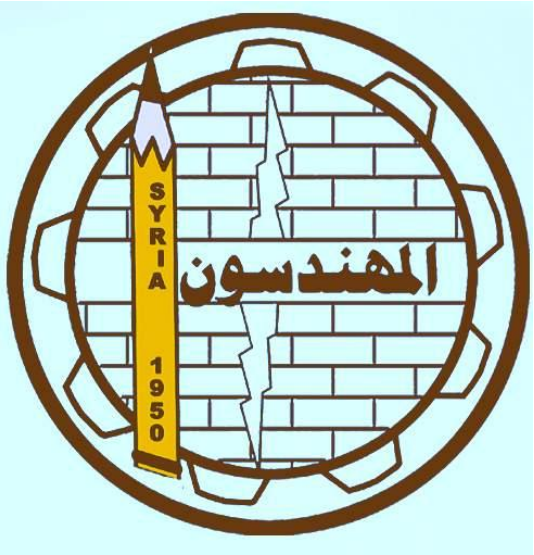


الجمهورية العربية السورية
نقابة المهندسين السوريين
فرع طرطوس
لجنة قسم الكهرباء

الأسس العامة لحساب مقاطع الكابلات وتصميم عيارات القواطع

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين
أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية
جامعة تشرين

يجب أن يتحمل الكابل التيار الكهربائي المار فيه لفترة زمنية طويلة دون أن ترتفع درجة حرارته عن الحدود المسموح بها، أو تتغير مواصفاته، ولحساب هذا التيار نقوم بتحديد التيار الاسمي للناقل.

تيار أحادي الطور إنارة:

$$I_L = \frac{P}{U_{ph} \cdot Cos\varphi}$$

تيار ثلاثي الطور إنارة:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot Cos\varphi}$$

P: مجموع الاستطاعة الفعلية الإجمالية المحملة على الكابل $[W]$.

U_{ph}: توتر الطور $[V]$. $(220\ V)$

U_L: توتر الخط $[V]$. $(380\ V)$

$Cos\varphi$: عامل الاستطاعة ويجب أن يكون بحدود 0.85 أو أكبر.

I_L: تيار الحمولة $[A]$.

وهناك جداول قياسية تعطي مقطع الكابل عند قيمة التيار I_L المحسوبة.

استطاعة حمل التيار للنواقل المعزولة والمصنوعة من النحاس أو الألمنيوم عند درجة حرارة محيطه 25°C.

المقطع الإسمي mm²	استطاعة حمل التيار Amp					
	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
0.75	—	—	13	—	16	—
1	12	—	16	—	20	—
1.5	16	—	20	—	25	—
2.5	21	16	27	21	34	27
4	27	21	36	29	45	35
6	35	27	47	37	57	45
10	48	38	65	51	78	61
16	65	51	87	68	104	82
25	88	69	115	90	137	107
35	110	86	143	112	168	132
50	140	110	178	140	210	165
70	175	—	220	173	260	205
95	210	—	265	210	310	245
120	250	—	310	245	365	285
150	—	—	355	280	415	330
185	—	—	405	320	475	375
240	—	—	480	380	560	440
300	—	—	555	435	645	510
400	—	—	—	—	770	605
500	—	—	—	—	880	690

المجموعة الأولى: نواقل معزولة مفردة ممددة ضمن أنبوب أو قسطل، مثل: *NYA*

المجموعة الثانية: كابلات خفيفة (متعددة القلوب) ، مثل: *NYY – NMH - NLH*

المجموعة الثالثة: النواقل المعزولة المستخدمة في لوحات التوزيع والتحكم.

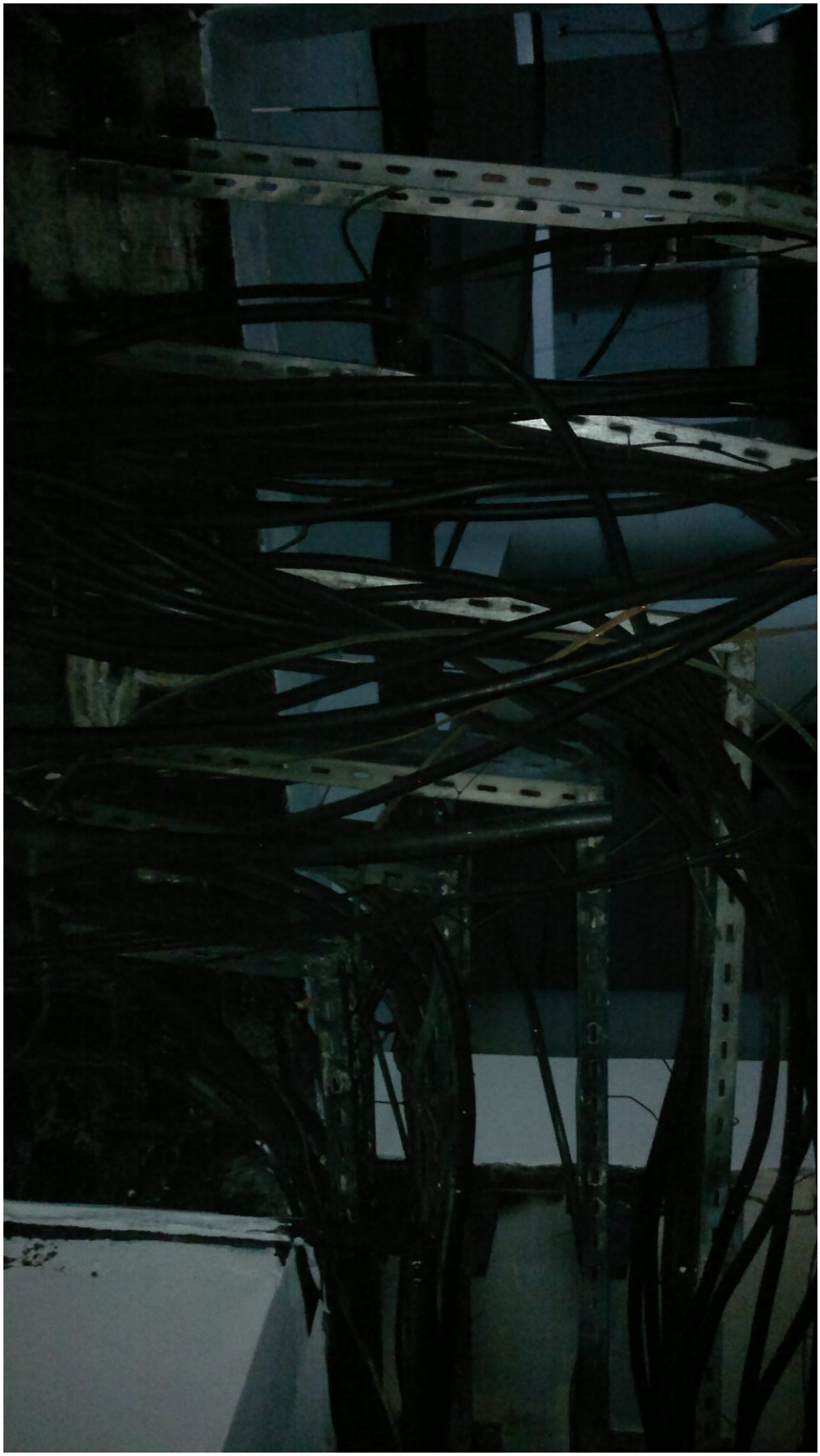
استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

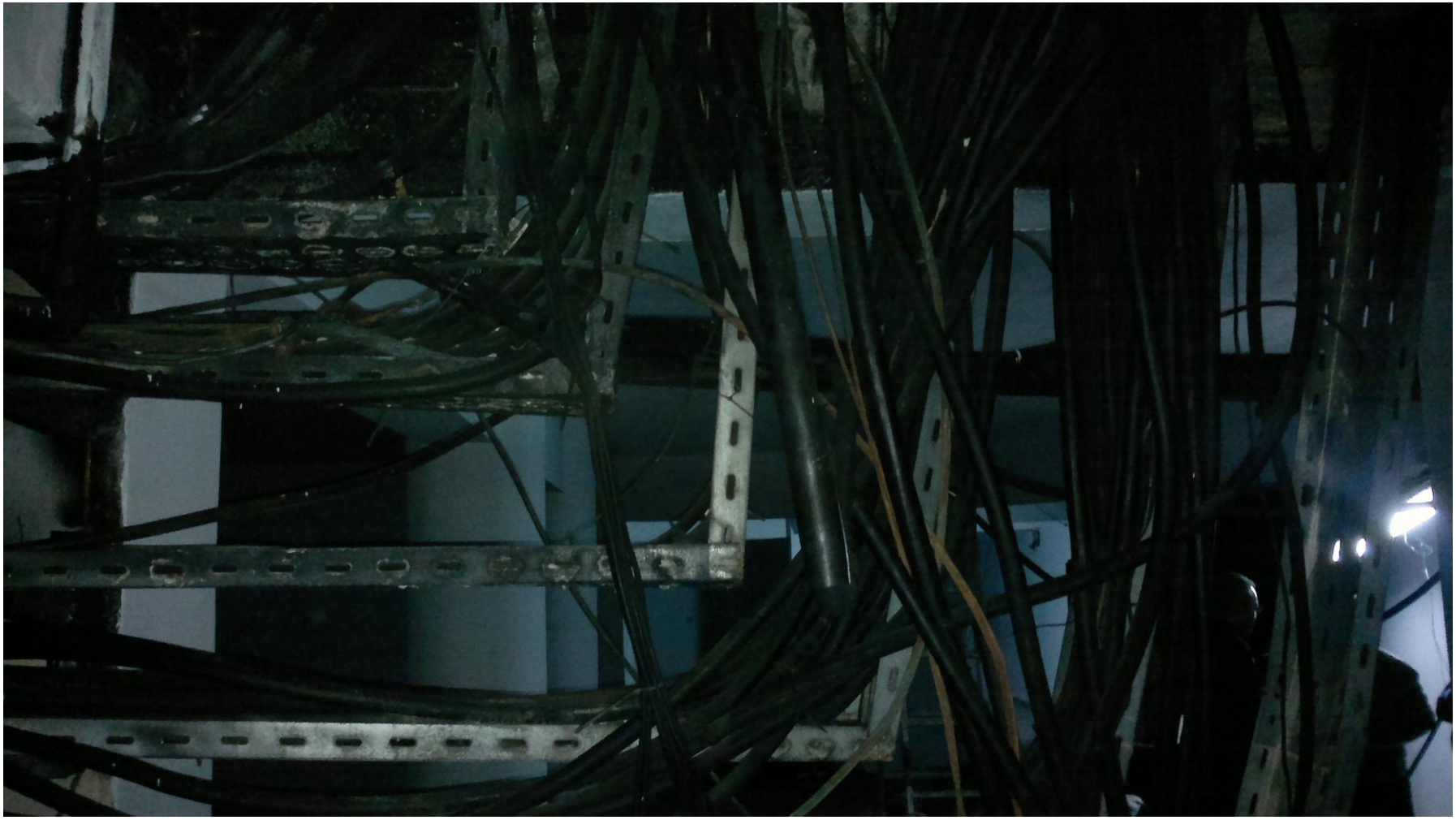
المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm²	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	161
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	323
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	104
50	141	124	145	122	146	128
70	174	158	178	153	179	158
95	209	190	214	187	213	189
120	239	220	243	215	243	218
150	267	252	274	246	272	250
185	303	289	310	283	307	288
240	358	339	361	335	356	345
300	406	377	408	384	402	394
400	468	444	468	450	464	448

الدارات ثلاثية الأطوار

ويتعلق تحميل الكابلات المغذية للوحات بعدة عوامل:

- طريقة التمديد (أرضية أو هوائية على حامل كابلات).
- درجة الحرارة المحيطة.
- نوع الكابل.
- طريقة توضع هذه الكابلات أثناء التمديد بين اللوحات.

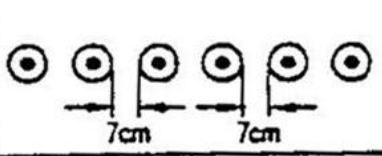
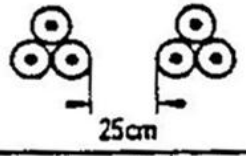
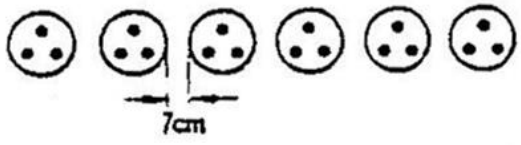




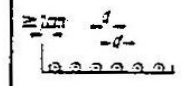
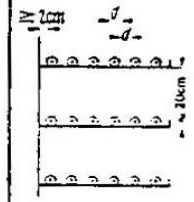
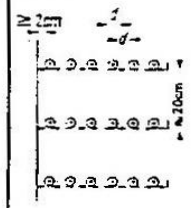
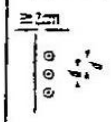
عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات حسب حرارة الوسط المحيط

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	75	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار لمجموعة كابلات ممددة في الأرض حسب نسبة (عامل) التحميل

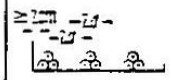
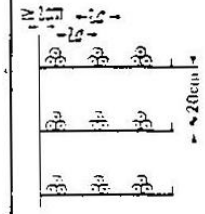
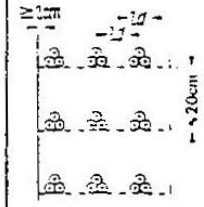
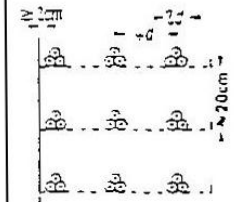
عدد الكابلات أو المجموعات	كابلات أحادية					
						
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·92	0·85	1·00	0·93	0·87
2	0·87	0·78	0·71	0·89	0·82	0·75
3	0·78	0·69	0·62	0·81	0·74	0·67
4	0·74	0·65	0·58	0·77	0·70	0·64
5	0·70	0·61	0·55	0·73	0·67	0·60
6	0·68	0·60	0·53	0·71	0·65	0·59
8	0·65	0·57	0·51	0·68	0·62	0·56
10	0·63	0·55	0·49	0·65	0·60	0·54
	كابلات ثلاثية الطور 					
	كابلات PVC 0.6/1 KV			كابلات PVC 6/10 KV		
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·93	0·87	1·00	0·96	0·91
2	0·85	0·77	0·71	0·89	0·82	0·76
3	0·75	0·67	0·61	0·80	0·72	0·66
4	0·70	0·62	0·56	0·75	0·67	0·61
5	0·65	0·58	0·52	0·71	0·63	0·57
6	0·63	0·55	0·50	0·68	0·60	0·55
8	0·58	0·52	0·46	0·64	0·56	0·51
10	0·56	0·49	0·44	0·61	0·54	0·48

A : الكابلات الأحادية (المجموعات)ممدّدة جنباً إلى جنب.

بعد الكابل عن الجدار ≥ 2 سم والمسافة بين الكابلات لا تقل عن قطرها "d"	عدد المجموعات الثلاثية		
	1	2	3
ممددة جنباً لجنب على الأرضية			
	0·92	0·89	0·88
الكابلات ممددة جنباً لجنب على صواني دون ثقوب			
عدد الرفوف			
 1	0·92	0·89	0·88
2	0·87	0·84	0·83
3	0·84	0·82	0·81
6	0·82	0·80	0·79
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف مثقبة			
عدد الرفوف			
 1	1	0·97	0·96
2	0·97	0·94	0·93
3	0·96	0·93	0·92
6	0·94	0·91	0·90
الكابلات ممددة على الحائط			
 – دون تماس مع الحائط	0·94	0·91	0·89
– بتماس مع الحائط	0·89	0·86	0·84

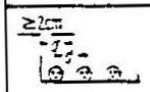
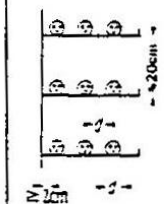
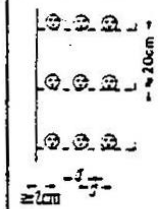
عوامل التصحيح لاستطاعة للكابلات الأحادية التي تعمل بنظام عمل ثلاثي الطور حسب طريقة تمديدها وعددها

B : المجموعات الثلاثية ممددة بشكل مثلث.

بعد الكابل عن الجدار ≤ 2 سم والمسافة بين المجموعات ≤ 2d	عدد المجموعات الثلاثية		
	1	2	3
الكابلات ممددة جنباً لجنب على الأرضية			
	0·95	0·90	0·88
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف غير مثقبة			
	عدد الرفوف		
	1	0·95	0·90	0·88
	2	0·90	0·85	0·83
	3	0·88	0·83	0·81
	6	0·86	0·81	0·79
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف مثقبة				
	عدد الرفوف			
	1	1	0·98	0·96
	2	1	0·95	0·93
	3	1	0·94	0·92
	6	1	0·93	0·90
الكابلات ممددة بحيث لا يحتاج الأمر لعوامل تصحيح				
	عند كون المسافة بين المجموعات كما هو موضح فلا يحتاج الأمر عوامل تصحيح مهما كانت عدد المجموعات والرفوف.			

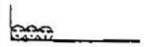
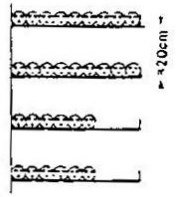
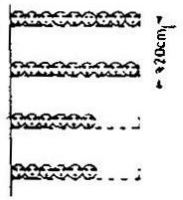
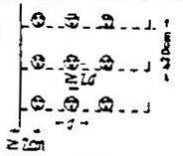
عوامل التصحيح لاستطاعة للكابلات الأحادية التي تعمل بنظام عمل ثلاثي الطور حسب طريقة تمديدها وعددها

A : الكابلات متباعدة.

بعد الكابل عن الجدار ≥ 2 سم والمسافة بين الكابلات ≥ d (قطر الكابل)	عدد الكابلات				
	1	2	3	6	9
الكابلات ممددة جنباً لجنب على الأرضية					
	0·95	0·90	0·88	0·85	0·84
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف غير مثقبة					
 عدد الرفوف					
1	0·95	0·90	0·88	0·85	0·84
2	0·90	0·85	0·83	0·81	0·80
3	0·88	0·83	0·81	0·79	0·78
6	0·86	0·81	0·79	0·77	0·76
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف مثقبة					
 عدد الرفوف					
1	1	0·98	0·96	0·93	0·92
2	1	0·95	0·93	0·90	0·89
3	1	0·94	0·92	0·89	0·88
6	1	0·93	0·90	0·87	0·86
الكابلات ممددة على الحائط					
	1	0·93	0·90	0·87	0·86
الكابلات ممددة بحيث لا يحتاج الأمر إلى عوامل تصحيح					
عندما تكون المسافة عن الحائط ≥ 2 سم والمسافة بين الكابلات ≥ 2d فلا حاجة إلى عوامل تخفيض مهما كان عدد الكابلات.					

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للكابلات ثلاثية الطور حسب طريقة تمديدها وعددها

B : الكابلات متلاصقة .

الكابلات ملتصقة بالحائط ومتراصة فيما بينها.	عدد الكابلات				
	1	2	3	6	9
الكابلات ممددة جنباً لجنب على الأرضية					
	0·90	0·84	0·80	0·75	0·73
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف غير مثقبة					
عدد الرفوف					
 1	0·95	0·84	0·80	0·75	0·73
2	0·95	0·80	0·76	0·71	0·69
3	0·95	0·78	0·74	0·70	0·68
6	0·95	0·76	0·72	0·68	0·66
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف مثقبة					
عدد الرفوف					
 1	0·95	0·84	0·80	0·75	0·73
2	0·95	0·80	0·76	0·71	0·69
3	0·95	0·78	0·74	0·70	0·68
6	0·95	0·76	0·72	0·68	0·66
الكابلات ممددة على الحائط					
	0·95	0·78	0·73	0·68	0·66
الكابلات ممددة بحيث لا يحتاج الأمر إلى عوامل تصحيح					
 عندما تكون الكابلات والمسافات كما هو موضح فلا يحتاج الأمر عوامل تصحيح مهما كان عدد الكابلات.					

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للكابلات ثلاثية الطور حسب طريقة تمديدها وعددها

يجب ألا يتجاوز هبوط التوتر على الناقل المغذي حداً معيناً وعادة يسمح بهبوط توتر نسبي بين لوحة التوزيع والحمل مقداره 3 % بالنسبة لأحمال الإنارة، و 5 % بالنسبة لأحمال القوى ولحساب هبوط التوتر على كابل ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot Cos\varphi + X \cdot I \cdot Sin\varphi + j(X \cdot I \cdot Cos\varphi + R \cdot I \cdot Sin\varphi)$$

وفي حالات التوتر المنخفض والمقاطع الصغيرة يمكن أن نكتفي بالعلاقة التالية في الدارات الأحادية الطور:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot Cos\varphi ...$$

ويكون هبوط التوتر النسبي للأحمال الأحادية الطور:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{ph}} * 100\%$$

في الدارات الثلاثية الأطوار:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (R \cdot I \cdot Cos\varphi + X \cdot I \cdot Sin\varphi) + j\sqrt{3} \cdot (X \cdot I \cdot Cos\varphi + R \cdot I \cdot Sin\varphi)$$

وفي هذه الحالة يمكن أن نكتفي بالعلاقة التالية:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I \cdot Cos\varphi$$

ويكون هبوط التوتر النسبي للأحمال الثلاثية:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_L} * 100\%$$

ويتم حساب المقاومة الأومية R من العلاقة:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

حيث:

ρ : المقاومة النوعية لمعدن الكابل وتساوي للنحاس

$$\frac{1}{57} = 0.0175[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}]$$

l: الطول المعتبر للكابل $[m]$.

S: مقطع الكابل المختار على أساس التحميل الحراري $[m^2]$.

يمكن في الدارات الثلاثية الأطوار حساب هبوط الجهد من العلاقة:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot f(q)$$

حيث:

I_L: تيار الحمولة $[A]$.

l: طول الكابل (طول الدارة) $[m]$.

$f(q)$: مقاومة $1\ km$ من طول الكابل $[\Omega/km]$، وتعطى من الجداول حسب $\cos\varphi$.

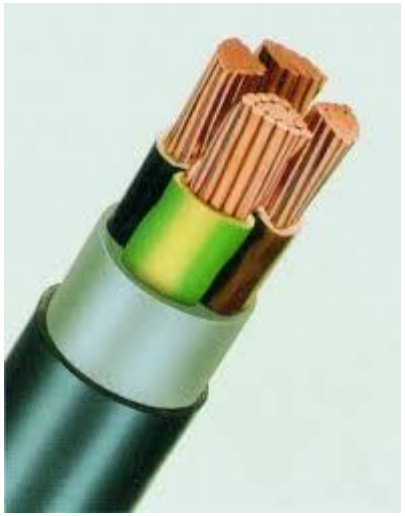
عدد النواقل X المقطع	مقاومة التيار المستمر عند 70 °c	المقاومة الفعالة عند 70 °c	المفاعلة	الممانعة حسب عامل الاستطاعة				
				$R_{\sim}\cos\varphi + X_L \sin\varphi$				
				$\cos\varphi =$ 0·95	0·9	0·8	0·7	0·6
mm²	Ω/km	$R_{\sim}$ Ω/km	X_L Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4 × 1·5 re	14·47	14·47	0·115	13·8	13·1	11·65	10·2	8·77
4 × 2·5 re	8·71	8·71	0·110	8·31	7·89	7·03	6·18	5·31
4 × 4 re	5·45	5·45	0·107	5·21	4·95	4·42	3·89	3·36
4 × 6 re	3·62	3·62	0·100	3·47	3·30	2·96	2·61	2·25
4 × 10 re	2·16	2·16	0·094	2·08	1·99	1·78	1·58	1·37
4 × 16 re	1·36	1·36	0·090	1·32	1·26	1·14	1·02	0·888
4 × 25 re	0·863	0·863	0·086	0·847	0·814	0·742	0·666	0·587
4 × 35 sm	0·627	0·627	0·083	0·622	0·60	0·55	0·498	0·443
4 × 35 re	1·055	1·055	0·083	1·03	0·986	0·894	0·8	0·699
4 × 50 sm	0·463	0·463	0·083	0·466	0·453	0·42	0·38	0·344
4 × 50 se	0·772	0·772	0·083	0·76	0·731	0·667	0·6	0·53
4 × 70 sm	0·321	0·321	0·082	0·331	0·326	0·306	0·283	0·258
4 × 70 se	0·534	0·534	0·082	0·533	0·516	0·476	0·432	0·386
4 × 95 sm	0·231	0·232	0·082	0·246	0·245	0·235	0·221	0·205
4 × 95 se	0·386	0·386	0·082	0·392	0·383	0·358	0·33	0·3
4 × 120 sm	0·183	0·184	0·080	0·2	0·2	0·195	0·186	0·174
4 × 120 se	0·305	0·305	0·080	0·315	0·309	0·292	0·271	0·247
4 × 150 sm	0·149	0·150	0·080	0·168	0·17	0·168	0·162	0·154
4 × 150 se	0·248	0·249	0·080	0·266	0·259	0·247	0·231	0·213
4 × 185 sm	0·118	0·1202	0·080	0·139	0·143	0·144	0·141	0·136
4 × 185 se	0·197	0·198	0·080	0·213	0·213	0·206	0·196	0·183
4 × 240 sm	0·0901	0·0922	0·079	0·112	0·117	0·121	0·121	0·119
4 × 300 sm	0·0718	0·0745	0·079	0·0954	0·101	0·107	0·109	0·108

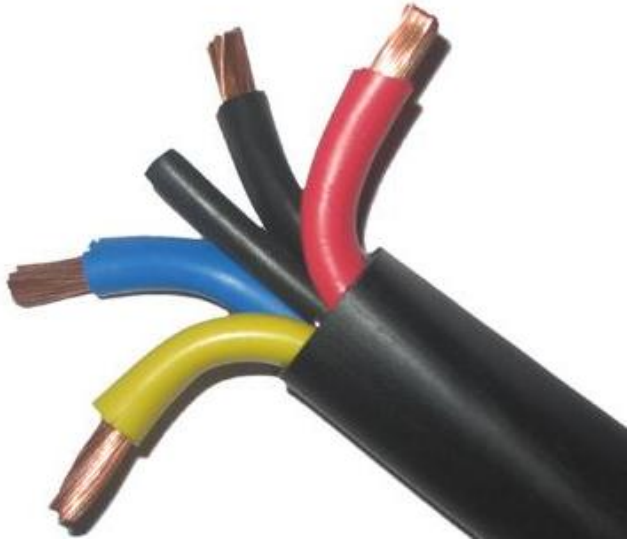
المقاومة والمفاعلة والممانعة لكابلات القدرة الثلاثية والرباعية المصنوعة من النحاس مثل (*NYY*، *NYCY* ، ...) ذات التوتر حتى *1 KV* حسب مقطع الكابل وعامل استطاعة الحمل .

re : **المقطع دائري مصمت (سلك واحد).**

se : **المقطع قطاعي مصمت (سلك واحد).**

sm : **المقطع قطاعي مجدول (أسلاك مجدولة).**





re : المقطع
دائري مصمت
(سلك واحد).

se : المقطع
قطاعي مصمت
(سلك واحد).

sm : المقطع
قطاعي مجدول
(أسلاك مجدولة).

بعد حساب هبوط التوتر حسب المقطع المختار بالفقرة السابقة يمكن إقرار المقطع المختار أو الانتقال إلى المقطع الأكبر، وإعادة الحساب من أجل هبوط التوتر على المقطع الجديد.

تصميم كابلات المحركات

(المصاعد مثلاً)

عند تصميم كابلات المحركات (المصاعد مثلاً) يجب مراعاة ألا تؤدي تيارات الإقلاع المتكررة والمتلاحقة إلى:

- زيادة سخونة الكابل عن الحدود المسموحة.
- زيادة هبوط الجهد عن الحدود المسموحة بحيث يؤثر على إمكانية إقلاع المحرك.

لتحقيق ذلك يتم تحديد مقطع الكابل المغذي لمحرك المصعد على أساس تيار التصميم I_d وليس على أساس التيار الاسمي للمحرك. ويوصى ألا يقل تيار التصميم عن 0.75 من تيار الإقلاع للمحرك I_{st} عند حمولته الاسمية، أي:

$$I_d \geq 0.75 \cdot I_{St}$$

$$I_d \geq 0.75 \cdot (3.5-4) I_n$$

$$I_d \geq (2.6-3) \cdot I_n$$

تصميم عيارات قواطع الحماية

يتم تصميم عيارات القواطع اعتماداً على المقطع التصميمي للكابلات والنواقل، وبالتالي التصميم الصحيح لمقطع الناقل سيرافقه تصميماً صحيحاً لعيار قاطع الحماية، والتصميم الخاطئ سينجم عنه خطأ في عيار القاطع، وهذا أمر سيئ.

يتم تصميم عيار القاطع من الجدول التالي:

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25°C.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

تطبيقات عملية

تطبيق عملي1:

لوحة كهربائية استطاعتها $17.5\ [kW]$ تغذي بواسطة كابل ممدد في الهواء طوله $15\ m$، فإذا علمت أن عامل الاستطاعة $Cos\varphi = 0.85$، وأن درجة حرارة الوسط تبلغ $40\ ^oC$، ونسبة تحميل الكابل هي 100%، ويأخذ تطور مستقبلي $25\ \%$. المطلوب صمم مقطع الكابل المناسب لتغذية هذه اللوحة.

الحل :

نقوم بحساب المقطع وفقاً لما يلي:

1. التحميل الحراري:

يُحسب I_L عند عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 0.85$

$$I_L = \frac{17.5\times10^3}{\sqrt{3}\times380\times0.85} = 31.2\ A$$

وبأخذ نسبة تطور مستقبلي 25% **للحمل يكون لدينا:**

$$I = 1.25\times I_L = 1.25\times31.2 = 39\,A$$

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	التوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm²	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	—
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	161
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	323
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	—
35	118	102	122	101	123	104
50	141	124	145	122	146	128
70	174	158	178	153	179	158
95	209	190	214	187	213	189
120	239	220	243	215	243	218
150	267	252	274	246	272	250
185	303	289	310	283	307	288
240	358	339	361	335	356	339
300	406	377	408	384	402	389
400	468	444	468	450	464	448

دارات ثلاثية الأطوار

ومن الجدول يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار، حيث نجد:

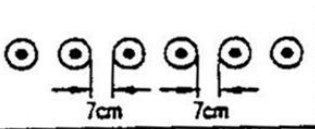
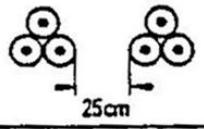
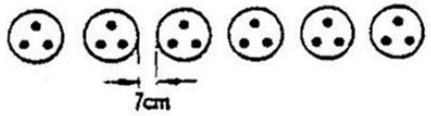
$S=6\ mm^2$

تياره $43\ A$

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات حسب درجة حرارة الوسط المحيط.

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	76	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار لمجموعة كابلات ممددة في الأرض حسب نسبة (عامل) التحميل.

عدد الكابلات أو المجموعات	كابلات أحادية  			 		
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·92	0·85	1·00	0·93	0·87
2	0·87	0·78	0·71	0·89	0·82	0·75
3	0·78	0·69	0·62	0·81	0·74	0·67
4	0·74	0·65	0·58	0·77	0·70	0·64
5	0·70	0·61	0·55	0·73	0·67	0·60
6	0·68	0·60	0·53	0·71	0·65	0·59
8	0·65	0·57	0·51	0·68	0·62	0·56
10	0·63	0·55	0·49	0·65	0·60	0·54
	كابلات ثلاثية الطور  					
	كابلات PVC 0.6/1 KV			كابلات PVC 6/10 KV		
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·93	0·87	1·00	0·96	0·91
2	0·85	0·77	0·71	0·89	0·82	0·76
3	0·75	0·67	0·61	0·80	0·72	0·66
4	0·70	0·62	0·56	0·75	0·67	0·61
5	0·65	0·58	0·52	0·71	0·63	0·57
6	0·63	0·55	0·50	0·68	0·60	0·55
8	0·58	0·52	0·46	0·64	0·56	0·51
10	0·56	0·49	0·44	0·61	0·54	0·48

وباعتبار درجة حرارة المحيط $40\,^{o}C$ يكون عامل تصحيح درجة الحرارة $K1=0.82$ وبالأخذ بالحسبان تجاور الكابلات (ثلاث كابلات مثلاً) يكون عامل التصحيح $K2=0.61$ بالتالي يتم حساب قيمة التيار الحقيقي الذي يجب أن يحسب على أساسه مقطع الكابل بطريقتين:

الطريقة الأولى:

$$I = 0.82 \times 0.61 \times 43 = 21.5\,A < 39\,A$$

نختار المقطع الأعلى $S=10\ mm^2$ تياره $60\ A$

$$I = 0.82 \times 0.61 \times 60 = 30\,A < 39\,A$$

نختار المقطع الأعلى $S=16\ mm^2$ تياره $80\ A$

$$I = 0.82 \times 0.61 \times 80 = 40\,A > 39\,A$$

إذا: المقطع المناسب لهذا التيار هو $S=16\ mm^2$

وباعتبار درجة حرارة المحيط $40\,^{o}C$ يكون عامل تصحيح درجة الحرارة $K1=0.82$ وبالأخذ بالحسبان تجاور الكابلات (ثلاث كابلات مثلاً) يكون عامل التصحيح $K2=0.61$ بالتالي يتم حساب قيمة التيار الحقيقي الذي يجب أن يحسب على أساسه مقطع الكابل بطريقتين:

الطريقة الثانية:

$$I = \frac{39}{0.82 \times 0.61} \approx 78\,[A]$$

وبالتالي من الجدول نجد أن أقرب قيمة للتيار الناتج هو القيمة $80\ A$ والمقطع المقابل لهذه القيمة هو $S=16\ mm^2$.

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm²	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	161
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	323
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	—
35	118	102	122	101	123	104
50	141	124	145	122	146	128
70	174	158	178	153	179	158
95	209	190	214	187	213	189
120	239	220	243	215	243	218
150	267	252	274	246	272	250
185	303	289	310	283	307	288
240	358	339	361	335	356	339
300	406	377	408	384	402	389
400	468	444	468	450	464	448

دارات ثلاثية الأطوار

2. التحقق من هبوط التوتر:

نحسب هبوط الجهد على الكابل ، ويجب ألا يتعدى قيمة 3 % من مركز التحويل وحتى اللوحة، حيث يؤخذ هبوط الجهد من العلاقة :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot f(q)$$

l = 15 m ***S=16 mm²***

عدد النواقل X المقطع	مقاومة التيار المستمر عند 70 °c	المقاومة الفعالة عند 70 °c	المفاعلة	الممانعة حسب عامل الاستطاعة				
				$R_{\sim}\cos\varphi + X_L \sin\varphi$				
				$\cos\varphi =$ 0·95	0·9	0·8	0·7	0·6
mm²	Ω/km	$R_{\sim}$ Ω/km	X_L Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4 × 1·5 re	14·47	14·47	0·115	13·8	13·1	11·65	10·2	8·77
4 × 2·5 re	8·71	8·71	0·110	8·31	7·89	7·03	6·18	5·31
4 × 4 re	5·45	5·45	0·107	5·21	4·95	4·42	3·89	3·36
4 × 6 re	3·62	3·62	0·100	3·47	3·30	2·96	2·61	2·25
4 × 10 re	2·16	2·16	0·094	2·08	1·99	1·78	1·58	1·37
4 × 16 re	1·36	1·36	0·090	1·32	1·26	1·14	1·02	0·888
4 × 25 re	0·863	0·863	0·086	0·847	0·814	0·742	0·666	0·587
4 × 35 sm	0·627	0·627	0·083	0·622	0·60	0·55	0·498	0·443
4 × 35 re	1·055	1·055	0·083	1·03	0·986	0·894	0·8	0·699
4 × 50 sm	0·463	0·463	0·083	0·466	0·453	0·42	0·38	0·344
4 × 50 se	0·772	0·772	0·083	0·76	0·731	0·667	0·6	0·53
4 × 70 sm	0·321	0·321	0·082	0·331	0·326	0·306	0·283	0·258
4 × 70 se	0·534	0·534	0·082	0·533	0·516	0·476	0·432	0·386
4 × 95 sm	0·231	0·232	0·082	0·246	0·245	0·235	0·221	0·205
4 × 95 se	0·386	0·386	0·082	0·392	0·383	0·358	0·33	0·3
4 × 120 sm	0·183	0·184	0·080	0·2	0·2	0·195	0·186	0·174
4 × 120 se	0·305	0·305	0·080	0·315	0·309	0·292	0·271	0·247
4 × 150 sm	0·149	0·150	0·080	0·168	0·17	0·168	0·162	0·154
4 × 150 se	0·248	0·249	0·080	0·266	0·259	0·247	0·231	0·213
4 × 185 sm	0·118	0·1202	0·080	0·139	0·143	0·144	0·141	0·136
4 × 185 se	0·197	0·198	0·080	0·213	0·213	0·206	0·196	0·183
4 × 240 sm	0·0901	0·0922	0·079	0·112	0·117	0·121	0·121	0·119
4 × 300 sm	0·0718	0·0745	0·079	0·0954	0·101	0·107	0·109	0·108

المقاومة والمفاعلة والممانعة لكابلات القدرة الثلاثية والرباعية المصنوعة من النحاس مثل (*NYY*، *NYCY* ، ...) ذات التوتر حتى *1 KV* حسب مقطع الكابل وعامل استطاعة الحمل .

re : المقطع دائري مصمت (سلك واحد).

se : المقطع قطاعي مصمت (سلك واحد).

sm : المقطع قطاعي مجدول (أسلاك مجدولة).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 39 \cdot \frac{15}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot 1.14 = 0.29\% < 3\%$$

إذاً: المقطع المناسب للكابل هو $S=16\ mm^2$ وفق معياري تحمل التيار، وهبوط الجهد.

تصميم القاطع

من الفقرة السابقة وجدنا أن المقطع الذي يحقق شرط حمل التيار وشرط هبوط التوتر هو المقطع $S=16\ mm^2$. وحسب الجدول التالي نجد ان هذا المقطع يستطيع حمل تيار مقداره $87\ A$ عند درجة حرارة 25^oC.

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25°C.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

بالعودة لعوامل التصحيح المستخدمة في تصميم مقطع الكابل نجد أن الكابل يمكنه في الشروط العملية حمل تيار مقداره:

$$87 \times 0.82 \times 0.61 = 43.5\,A$$

من الجدول السابق نجد أن أقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عيار $50\,A$

تطبيق عملي2:

حساب مقطع كابل التغذية الرئيسية للوحة توزيع رئيسية تغذى مباشرة من مركز التحويل، بفرض أن اطوار الكابل مفردة وممددة بشكل مثلث متساوي الأضلاع، وأن الاستطاعة الاجمالية للوحة تساوي 128 KW, وأن استطاعة مركز التحويل هي 200 KVA، وأن درجة حرارة الوسط المحيط هي 30 °C، ونسبة تحميل الكابل هي 85%. طول الكابل 50 m .

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{200 \times 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 290\,A$$

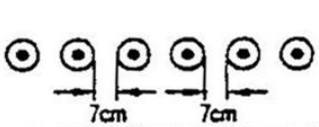
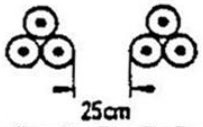
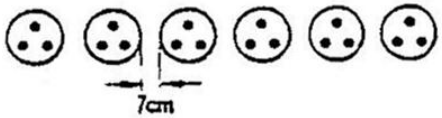
استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	163
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	322
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	
50	141	124	145	122	146	
70	174	158	178	153	179	
95	209	190	214	187	213	
120	239	220	243	215	243	
150	267	252	274	246	272	
185	303	289	310	283	307	
240	358	339	361	335	356	
300	406	377	408	384	402	
400	468	444	468	450	464	

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات حسب درجة حرارة الوسط المحيط.

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	75	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار لمجموعة كابلات ممددة في الأرض حسب نسبة (عامل) التحميل.

عدد الكابلات أو المجموعات	كابلات أحادية					
						
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·92	0·85	1·00	0·93	0·87
2	0·87	0·78	0·71	0·89	0·82	0·75
3	0·78	0·69	0·62	0·81	0·74	0·67
4	0·74	0·65	0·58	0·77	0·70	0·64
5	0·70	0·61	0·55	0·73	0·67	0·60
6	0·68	0·60	0·53	0·71	0·65	0·59
8	0·65	0·57	0·51	0·68	0·62	0·56
10	0·63	0·55	0·49	0·65	0·60	0·54
	كابلات ثلاثية الطور					
						
	كابلات PVC 0.6/1 KV			كابلات PVC 6/10 KV		
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·93	0·87	1·00	0·96	0·91
2	0·85	0·77	0·71	0·89	0·82	0·76
3	0·75	0·67	0·61	0·80	0·72	0·66
4	0·70	0·62	0·56	0·75	0·67	0·61
5	0·65	0·58	0·52	0·71	0·63	0·57
6	0·63	0·55	0·50	0·68	0·60	0·55
8	0·58	0·52	0·46	0·64	0·56	0·51
10	0·56	0·49	0·44	0·61	0·54	0·48

ومن الجدول يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار، حيث نجد

$S=120\ mm^2$ تياره $310\ A$

$$310\times0.94\times0.93=271<290\ A$$

ننتقل للمقطع التالي:

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	163
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	323
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	
50	141	124	145	122	146	
70	174	158	178	153	179	
95	209	190	214	187	213	
120	239	220	243	215	243	
150	267	252	274	246	272	
185	303	289	310	283	307	
240	358	339	361	335	356	
300	406	377	408	384	402	
400	468	444	468	450	464	

348 A تياره S=150 mm²

$$348 \times 0.94 \times 0.93 = 304 A$$

نحسب هبوط الجهد على الكابل، ويجب ألا يتعدى قيمة 3 % من مركز التحويل وحتى اللوحة، حيث يؤخذ هبوط الجهد من العلاقة :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot f(q)$$

$$l = 50 \text{ m}$$

عدد النواقل X المقطع	مقاومة التيار المستمر عند 70 °c	المقاومة الفعالة عند 70 °c	المفاعلة	الممانعة حسب عامل الاستطاعة				
				$R_{\sim}\cos\varphi + X_L \sin\varphi$				
		$R_{\sim}$	X_L	cos φ = 0·95	0·9	0·8	0·7	0·6
mm²	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4 × 1·5 re	14·47	14·47	0·115	13·8	13·1	11·65	10·2	8·77
4 × 2·5 re	8·71	8·71	0·110	8·31	7·89	7·03	6·18	5·31
4 × 4 re	5·45	5·45	0·107	5·21	4·95	4·42	3·89	3·36
4 × 6 re	3·62	3·62	0·100	3·47	3·30	2·96	2·61	2·25
4 × 10 re	2·16	2·16	0·094	2·08	1·99	1·78	1·58	1·37
4 × 16 re	1·36	1·36	0·090	1·32	1·26	1·14	1·02	0·888
4 × 25 re	0·863	0·863	0·086	0·847	0·814	0·742	0·666	0·587
4 × 35 sm	0·627	0·627	0·083	0·622	0·60	0·55	0·498	0·443
4 × 35 re	1·055	1·055	0·083	1·03	0·986	0·894	0·8	0·699
4 × 50 sm	0·463	0·463	0·083	0·466	0·453	0·42	0·38	0·344
4 × 50 se	0·772	0·772	0·083	0·76	0·731	0·667	0·6	0·53
4 × 70 sm	0·321	0·321	0·082	0·331	0·326	0·306	0·283	0·258
4 × 70 se	0·534	0·534	0·082	0·533	0·516	0·476	0·432	0·386
4 × 95 sm	0·231	0·232	0·082	0·246	0·245	0·235	0·221	0·205
4 × 95 se	0·386	0·386	0·082	0·392	0·383	0·358	0·33	0·3
4 × 120 sm	0·183	0·184	0·080	0·2	0·2	0·195	0·186	0·174
4 × 120 se	0·305	0·305	0·080	0·315	0·309	0·292	0·271	0·247
4 × 150 sm	0·149	0·150	0·080	0·168	0·17	0·168	0·162	0·154
4 × 150 se	0·248	0·249	0·080	0·266	0·259	0·247	0·231	0·213
4 × 185 sm	0·118	0·1202	0·080	0·139	0·143	0·144	0·141	0·136
4 × 185 se	0·197	0·198	0·080	0·213	0·213	0·206	0·196	0·183
4 × 240 sm	0·0901	0·0922	0·079	0·112	0·117	0·121	0·121	0·119
4 × 300 sm	0·0718	0·0745	0·079	0·0954	0·101	0·107	0·109	0·108

المقاومة والمفاعلة والممانعة لكابلات القدرة الثلاثية والرباعية المصنوعة من النحاس مثل (*NYY*، *NYCY*، ...) ذات التوتر حتى *1 KV* حسب مقطع الكابل وعامل استطاعة الحمل .

re : المقطع دائري مصمت (سلك واحد).

se : المقطع قطاعي مصمت (سلك واحد).

sm : المقطع قطاعي مجدول (أسلاك مجدولة).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 290 \cdot \frac{50}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot 0.168 = 1.05\% < 3\%$$

إذاً: المقطع المناسب للكابل هو $S=150\ mm^2$ وفق معياري تحمل التيار، وهبوط الجهد.

تصميم القاطع

من الفقرة السابقة وجدنا أن المقطع الذي يحقق شرط حمل التيار وشرط هبوط التوتر هو المقطع $S=150\ mm^2$. وحسب الجدول التالي نجد ان هذا المقطع يستطيع حمل تيار مقداره $355\ A$ عند درجة حرارة 25^oC.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25^oC.

بالعودة لعوامل التصحيح المستخدمة في تصميم مقطع الكابل نجد أن الكابل يمكنه في الشروط العملية حمل تيار مقداره:

$$355 \times 0.94 \times 0.93 = 310\ A$$

من الجدول السابق نجد أن أقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عيار $300\ A$

تطبيق عملي3:

لوحة توزيع فرعية استطاعتها $30\ kW$.
عامل الاستطاعة $Cos\ \varphi = 0.8$ تغذي بواسطة كابل طوله $15\ m$ ممدد على حاملة كابلات جنب إلى جنب مع أكثر من 6 كابلات، درجة حرارة الوسط $40\ ^oC$.
صمم مقطع هذا الكابل.

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{30 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 57\ A$$

طريقة التمديد ضمن حاملات كابلات تحوي أكثر من 6 كابلات (في الهواء).

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	—
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
400	591	560	587	565	584	
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	
50	141	124	145	122	146	
70	174	158	178	153	179	
95	209	190	214	187	213	
120	239	220	243	215	243	
150	267	252	274	246	272	
185	303	289	310	283	307	
240	358	339	361	335	356	
300	406	377	408	384	402	
400	468	444	468	450	464	

حسب الجدول التيار الأقرب للقيمة الناتجة هي $60\ A$ وبالتالي المقطع المقابل لها هو:

$60\ A$ تياره $S=4\times10\ mm^2$

نختار عوامل التصحيح المناسب لما هو وارد في نص التطبيق

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات حسب درجة حرارة الوسط المحيط.

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	75	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

B : الكابلات متلاصقة .

الكابلات ملتصقة بالحائط ومتراصة فيما بينها.	عدد الكابلات				
	1	2	3	6	9
الكابلات ممددة جنباً لجنب على الأرضية					
	0·90	0·84	0·80	0·75	0·73
الكابلات ممددة جنباً لجنب على رفوف غير مثقبة					
عدد الرفوف					
1	0·95	0·84	0·80	0·75	0·73
2	0·95	0·80	0·76	0·71	0·69
3	0·95	0·78	0·74	0·70	0·68
6	0·95	0·76	0·72	0·68	0·66

الكابلات ممددة جنباً لجنب على الأرضية					
	0·90	0·84	0·80	0·75	0·73

	0·95	0·78	0·73	0·68	0·66
الكابلات ممددة بحيث لا يحتاج الأمر إلى عوامل تصحيح					
عندما تكون الكابلات والمسافات كما هو موضح فلا يحتاج الأمر عوامل تصحيح مهما كان عدد الكابلات.					

نضرب قيمة تيار المقطع المختار من الجدول بعوامل التصحيح:

$$60 \times 0.73 \times 0.82 = 35.9 < 57\ A$$

نختار المقطع الأعلى

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	161
70	226	202	230	197	230	204
10	75	60				
16	99	80				
25	128	106	126	105	133	114
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	
50	141	124	145	122	146	
70	174	158	178	153	179	
95	209	190	214	187	213	
120	239	220	243	215	243	
150	267	252	274	246	272	
185	303	289	310	283	307	
240	358	339	361	335	356	
300	406	377	408	384	402	
400	468	444	468	450	464	

المقطع الأعلى هو $S=16\ mm^2$ تياره $80\ A$

$$80\times0.73\times0.82=47.8<57\ A$$

نختار المقطع الأعلى

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	التوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	161
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
10	75	60		—	—	—
16	99	80		—	—	
25	128	106	126	105	133	114
25	99	83	—	—	—	
35	118	102	122	101	123	
50	141	124	145	122	146	
70	174	158	178	153	179	
95	209	190	214	187	213	
120	239	220	243	215	243	
150	267	252	274	246	272	
185	303	289	310	283	307	
240	358	339	361	335	356	
300	406	377	408	384	402	
400	468	444	468	450	464	

المقطع الأعلى هو $S=25\ mm^2$ تياره $80\ A$

$$106\times0.73\times0.82=63.4>57A$$

إذا: المقطع المناسب لهذا التيار هو $S=4\times25\ mm^2$

نحسب هبوط الجهد على الكابل، ويجب ألا يتعدى قيمة 3 % من مركز التحويل وحتى اللوحة، حيث يؤخذ هبوط الجهد من العلاقة :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot f(q)$$

$$l = 15 \text{ m}$$

عدد النواقل X المقطع	مقاومة التيار المستمر عند 70 °c	المقاومة الفعالة عند 70 °c	المفاعلة	الممانعة حسب عامل الاستطاعة				
				$R_{\sim} \cos\varphi + X_L \sin\varphi$				
				cos φ =				
		$R_{\sim}$	X_L	0·95	0·9	0·8	0·7	0·6
mm²	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4 × 1·5 re	14·47	14·47	0·115	13·8	13·1	11·65	10·2	8·77
4 × 2·5 re	8·71	8·71	0·110	8·31	7·89	7·03	6·18	5·31
4 × 4 re	5·45	5·45	0·107	5·21	4·95	4·42	3·89	3·36
4 × 6 re	3·62	3·62	0·100	3·47	3·30	2·96	2·61	2·25
4 × 10 re	2·16	2·16	0·094	2·08	1·99	1·78	1·58	1·37
4 × 16 re	1·36	1·36	0·090	1·32	1·26	1·14	1·02	0·888
4 × 25 re	0·863	0·863	0·086	0·847	0·814	0·742	0·666	0·587
4 × 35 sm	0·627	0·627	0·083	0·622	0·60	0·55	0·498	0·443
4 × 35 re	1·055	1·055	0·083	1·03	0·986	0·894	0·8	0·699
4 × 50 sm	0·463	0·463	0·083	0·466	0·453	0·42	0·38	0·344
4 × 50 se	0·772	0·772	0·083	0·76	0·731	0·667	0·6	0·53
4 × 70 sm	0·321	0·321	0·082	0·331	0·326	0·306	0·283	0·258
4 × 70 se	0·534	0·534	0·082	0·533	0·516	0·476	0·432	0·386
4 × 95 sm	0·231	0·232	0·082	0·246	0·245	0·235	0·221	0·205
4 × 95 se	0·386	0·386	0·082	0·392	0·383	0·358	0·33	0·3
4 × 120 sm	0·183	0·184	0·080	0·2	0·2	0·195	0·186	0·174
4 × 120 se	0·305	0·305	0·080	0·315	0·309	0·292	0·271	0·247
4 × 150 sm	0·149	0·150	0·080	0·168	0·17	0·168	0·162	0·154
4 × 150 se	0·248	0·249	0·080	0·266	0·259	0·247	0·231	0·213
4 × 185 sm	0·118	0·1202	0·080	0·139	0·143	0·144	0·141	0·136
4 × 185 se	0·197	0·198	0·080	0·213	0·213	0·206	0·196	0·183
4 × 240 sm	0·0901	0·0922	0·079	0·112	0·117	0·121	0·121	0·119
4 × 300 sm	0·0718	0·0745	0·079	0·0954	0·101	0·107	0·109	0·108

المقاومة والمفاعلة والممانعة لكابلات القدرة الثلاثية والرباعية المصنوعة من النحاس مثل (*NYY*، *NYCY* ، ...) **ذات التوتر حتى** *1 KV* **حسب مقطع الكابل وعامل استطاعة الحمل .**

re : **المقطع دائري مصمت (سلك واحد).**

se : **المقطع قطاعي مصمت (سلك واحد).**

sm : **المقطع قطاعي مجدول (أسلاك مجدولة).**

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 57 \cdot \frac{15}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot 0.742 = 0.27\% < 3\%$$

إذاً: المقطع المناسب للكابل هو $S = 4 \times 25\ mm^2$ وفق معياري تحمل التيار، وهبوط الجهد.

تصميم القاطع

من الفقرة السابقة وجدنا أن المقطع الذي يحقق شرط حمل التيار وشرط هبوط التوتر هو المقطع $S=25\ mm^2$. وحسب الجدول التالي نجد ان هذا المقطع يستطيع حمل تيار مقداره $115\ A$ عند درجة حرارة 25^oC.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25^oC.

بالعودة لعوامل التصحيح المستخدمة في تصميم مقطع الكابل نجد أن الكابل يمكنه في الشروط العملية حمل تيار مقداره:

$$115 \times 0.73 \times 0.82 = 68.8A$$

من الجدول السابق نجد أن أقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عيار *63 A*

تطبيق عملي4:

شقة سكنية استطاعتها $6\ [KW]$ نريد تغذيتها عبر عداد أحادي الطور بأسلاك NYY. عامل الاستطاعة $\cos\varphi = 0.85$

علماً أن عامل تصحيح درجة الحرارة 0.82 وعامل التجاور 0.73، وأن طول الكابل يبلغ $20\ m$.

نقوم بحساب المقطع وفقاً لما يلي:

التحميل الحراري:

يُحسب I_L عند عامل الاستطاعة $Cos\ \varphi = 0.85$

$$I_L = \frac{6 \times 10^3}{220 \times 0.85} = 32\ A$$

استطاعة حمل التيار للنواقل المعزولة والمصنوعة من النحاس أو الألمنيوم عند درجة حرارة محيطه $25^{o}C$.

المقطع الإسمي	استطاعة حمل التيار Amp					
	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
mm^2	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
0.75	—	—	13	—	16	—
1	12	—	16	—	20	—
1.5	16	—	20	—	25	—
2.5	21	16	27	21	34	27
4	27	21	36	29	45	35
6	35	27	47	37	57	45
10	48	38	65	51	78	61
16	65	51	87	68	104	82
25	88	69	115	90	137	107
35	110	86	143	112	168	132
50	140	110	178	140	210	165
70	175	—	220	173	260	205
95	210	—	265	210	310	245
120	250	—	310	245	365	285
150	—	—	355	280	415	330
185	—	—	405	320	475	375
240	—	—	480	380	560	440
300	—	—	555	435	645	510
400	—	—	—	—	770	605
500	—	—	—	—	880	690

ومن الجدول يتم تحديد المقطع المناسب المقابل للتيار، حيث نجد:

$$S=4\ mm^2$$

تياره $36\ A$

وفق عوامل التصحيح نجد:

$$I = 0.82 \times 0.73 \times 36 = 21.5\,A < 32\,A$$

نختار المقطع الأعلى $S=6\ mm^2$ تياره $47\ A$

$$I = 0.82 \times 0.73 \times 47 = 28\,A < 32\,A$$

نختار المقطع الأعلى $S=10\ mm^2$ تياره $65\ A$

$$I = 0.82 \times 0.73 \times 65 = 39\,A < 32\,A$$

إذا: المقطع المناسب لهذا التيار هو $NYY - S=10\ mm^2$

نحسب هبوط الجهد على الكابل، ويجب ألا يتعدى قيمة *3 %*، حيث يؤخذ هبوط الجهد من العلاقة :

$$\Delta U = R \cdot I_L \cdot Cos\varphi$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{1}{57} \times \frac{20}{10} = 0.035\Omega$$

$$\Delta U = 0.035 \times 32 \times 0.85 = 0.952 \ \ [Volt]$$

ويكون هبوط التوتر النسبي:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{ph}} \times 100\% = \frac{0.952}{220} \times 100 = 0.43\% < 3\%$$

تصميم القاطع

من الفقرة السابقة وجدنا أن المقطع الذي يحقق شرط حمل التيار وشرط هبوط التوتر هو المقطع $S=10\ mm^2$. وحسب الجدول التالي نجد ان هذا المقطع يستطيع حمل تيار مقداره $48\ A$ عند درجة حرارة 25^oC.

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25°C.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

بالعودة لعوامل التصحيح المستخدمة في تصميم مقطع الكابل نجد أن الكابل يمكنه في الشروط العملية حمل تيار مقداره:

$$48 \times 0.82 \times 0.73 = 28.7A$$

من الجدول السابق نجد أن أقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عيار $25\ A$

حساب مقطع كابل التغذية لمصعد يتسع لثمانية ركاب وبسرعة اسمية $0.6\ m/s$. طول الكابل $l=40\ m$، عامل الاستطاعة $\cos\varphi=0.8$، درجة حرارة الوسط المحيط $40^{o}C$.

من هذا الجدول نلاحظ أن المحرك المناسب هو محرك ثلاثي الطور استطاعته 7 KVA

الاستطاعة الدائمة (A) واستطاعة الذروة (B) لمحركات المصاعد حسب نوع المصعد وسرعته وحمولته الاسمية

السرعة m/s	عدد الركاب	4	8	10	13	16	20	26	نوع محرك المصعد
	الحمولة الاسمية	300	[illegible]0	750	1000	1200	1500	2000	
		الاستطاعة الاسمية لمحرك المصعد KVA							
0.6	A		7	9	12	15	18	24	ثلاثي الطور
	B	16	25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
1.0	A	6	12	14	19	30	30	40	تيار مستمر
	B	21	42	50	67	85	85	105	
1.3	A	8	16	20	30	30	40	50	مع مسننات تعشيق
	B	28	56	65	85	85	105	130	
1.5	A	9	20	30	30	40	40	60	
	B	32	65	85	85	105	105	145	
1.8	A	15	30	30	30	50	50	60	
	B	45	85	85	85	130	130	145	
2.0	A	15	30	30	40	50	60	75	
	B	45	85	85	105	130	145	190	
2.5	A	17	35	35	45	55	60	75	بدون مسننات تعشيق
	B	45	85	85	105	130	145	190	
3	A	35	35	45	55	60	60	60	
	B	85	85	105	130	145	145	145	

التيار الاسمي للمحرك

$$I_n = \frac{S[VA]}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{7 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 10.6\,A$$

تيار التصميم

$$I_d \geq (2.6 - 3) \cdot I_n = 3 \times 10.6 = 31.8\ A$$

المقطع حسب استطاعة حمل التيار

استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية.

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	—
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
300	518	481	518	487	512	[illegible]
400	591	560	587	565	584	[illegible]
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	—
35	118	102	122	101	123	[illegible]
50	141	124	145	122	146	[illegible]
70	174	158	178	153	179	[illegible]
95	209	190	214	187	213	[illegible]
120	239	220	243	215	243	[illegible]
150	267	252	274	246	272	[illegible]
185	303	289	310	283	307	[illegible]
240	358	339	361	335	356	[illegible]
300	406	377	408	384	402	[illegible]
400	468	444	468	450	464	[illegible]

4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	—
10	75	60	—	—	—	—

المقطع الذي يتحمل هذا التيار حسب الجدول $s=4\ mm^2$ تياره $I=34\ A$

عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات حسب درجة حرارة الوسط المحيط.

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	75	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

$$34 \times 0.82 = 27\ A < 31.8\ A$$

ننتقل للمقطع الأعلى حسب الجدول

تياره $I=43\ A$ $s=6\ mm^2$

$$43 \times 0.82 = 35.26\ A > 31.8\ A$$

هذا المقطع مناسب حسب معيار حمل التيار.

المقطع حسب معيار هبوط الجهد

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{400} \cdot f(q)$$

$$l = 40 \text{ m}$$

عدد النواقل X المقطع	مقاومة التيار المستمر عند 70 °c	المقاومة الفعالة عند 70 °c	المفاعلة	الممانعة حسب عامل الاستطاعة				
				$R_{\sim}\cos\varphi + X_L \sin\varphi$				
				$\cos\varphi =$ 0·95	0·9	0·8	0·7	0·6
mm^2	Ω/km	$R_{\sim}$ Ω/km	X_L Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4 × 1·5 re	14·47	14·47	0·115	13·8	13·1	11·65	10·2	8·77
4 × 2·5 re	8·71	8·71	0·110	8·31	7·89	7·03	6·18	5·31
4 × 4 re	5·45	5·45	0·107	5·21	4·95	4·42	3·89	3·36
4 × 6 re	3·62	3·62	0·100	3·47	3·30	2·96	2·61	2·25
4 × 10 re	2·16	2·16	0·094	2·08	1·99	1·78	1·58	1·37
4 × 16 re	1·36	1·36	0·090	1·32	1·26	1·14	1·02	0·888
4 × 25 re	0·863	0·863	0·086	0·847	0·814	0·742	0·666	0·587
4 × 35 sm	0·627	0·627	0·083	0·622	0·60	0·55	0·498	0·443
4 × 35 re	1·055	1·055	0·083	1·03	0·986	0·894	0·8	0·699
4 × 50 sm	0·463	0·463	0·083	0·466	0·453	0·42	0·38	0·344
4 × 50 se	0·772	0·772	0·083	0·76	0·731	0·667	0·6	0·53
4 × 70 sm	0·321	0·321	0·082	0·331	0·326	0·306	0·283	0·258
4 × 70 se	0·534	0·534	0·082	0·533	0·516	0·476	0·432	0·386
4 × 95 sm	0·231	0·232	0·082	0·246	0·245	0·235	0·221	0·205
4 × 95 se	0·386	0·386	0·082	0·392	0·383	0·358	0·33	0·3
4 × 120 sm	0·183	0·184	0·080	0·2	0·2	0·195	0·186	0·174
4 × 120 se	0·305	0·305	0·080	0·315	0·309	0·292	0·271	0·247
4 × 150 sm	0·149	0·150	0·080	0·168	0·17	0·168	0·162	0·154
4 × 150 se	0·248	0·249	0·080	0·266	0·259	0·247	0·231	0·213
4 × 185 sm	0·118	0·1202	0·080	0·139	0·143	0·144	0·141	0·136
4 × 185 se	0·197	0·198	0·080	0·213	0·213	0·206	0·196	0·183
4 × 240 sm	0·0901	0·0922	0·079	0·112	0·117	0·121	0·121	0·119
4 × 300 sm	0·0718	0·0745	0·079	0·0954	0·101	0·107	0·109	0·108

المقاومة والمفاعلة والممانعة لكابلات القدرة الثلاثية والرباعية المصنوعة من النحاس مثل (*NYY*، *NYCY*، ...) ذات التوتر حتى *1 KV* حسب مقطع الكابل وعامل استطاعة الحمل .

re : **المقطع دائري مصمت (سلك واحد).**

se : **المقطع قطاعي مصمت (سلك واحد).**

sm : **المقطع قطاعي مجدول (أسلاك مجدولة).**

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 31.8 \cdot \frac{40}{1000} \cdot \frac{100}{380} \cdot 2.96 = 1.6\% < 3\%$$

إذاً: **المقطع المناسب للكابل هو $S=4\times6\ mm^2$ وفق معياري تحمل التيار، وهبوط الجهد.**

تصميم القاطع

من الفقرة السابقة وجدنا أن المقطع الذي يحقق شرط حمل التيار وشرط هبوط التوتر هو المقطع $S=6\ mm^2$. وحسب الجدول التالي نجد ان هذا المقطع يستطيع حمل تيار مقداره $47\ A$ عند درجة حرارة 25^oC.

المقطع الإسمي	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة	استطاعة حمل التيار	عيار الفاصمة
mm^2	A	A	A	A	A	A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35[b]
4	27	25	36	35[b]	45	50
6	35	35[b]	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (Cu) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عن درجة حرارة محيطه 25^oC.

بالعودة لعوامل التصحيح المستخدمة في تصميم مقطع الكابل نجد أن الكابل يمكنه في الشروط العملية حمل تيار مقداره:

$$47 \times 0.82 = 38\,A$$

من الجدول السابق نجد أن أقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عيار $35\,A$