مقطع الكابل mm^2	أقصى تيار يتحمله A
1.5	15
2.5	21
4	27
6	35
10	48
16	65
25	85
35	110
50	140
70	175
95	215
120	255
185	325

ملاحظة: هذه القيم لتركيبة خاصة لكابل الشركة الصنعة
وان القيم الموجودة بالجدول السابق ان القيم خصوصية بشكل مبني على اساس
موصل نحاسي بطول لا يتجاوز 40m دون الاعتماد على طول الكابل ونوع الموصل
(نحاس - المنيوم - خليط بين النوعين) وكذلك وجود الكابل في الهواء الطلق
او داخل ماسورة متجاورة مع كابل اخر وشدة الحرارة في الجو وتيار
القصر ومعامل تصحيح معامل الحرارة كل هذه الامور التي تم ذكرها
عند العوامل المؤثرة عن اختيار مقطع الكابل تيار القصر
ومقدار تأثيرها بالزيادة وليس بالنقصان

② خطوات حساب مقطع الكابل الكهربائي المناسب
بداية دون الدخول في تفاصيل صورة الجهد والمعادلات هناك ثلاثة
خطوات رئيسية يمكن استخدامها للاستمرار في المنزلية

① حساب تيار الجهاز الكهربائي التيار (I) حيث القدرة / الجهد الكهربائي
$I = \frac{P}{V}$
وتكون فيه معامل القدرة PF (معامل الاستطاعة)
(0.8 - 1.0)

٥. حساب تيار القاطع الكهربائي $I_{C.B}$: $I_{C.B} = I \times 1,25$ تيار الحمل

ومنها ثم نختار أقرب سعة قاطع متوفرة بالسوق

بشرط الأعلى وليس الأقل

٦. حساب مقطع الكابل الكهربائي يساوي سعة تيار القاطع × بمعامل

كل نوع من الكابل 1,2

$I_{cable} = I_{C.B} \times 1,2$

ومنها نختار مقطع الكابل يتحمل تيار أعلى من القيمة التي ظهرت في

النتيجة ويتم ذلك بالاعتماد على الكاتلوك الخاص بالكابل حتى

الحسابات تناسب الكابلات المستخدمة في المنازل والمباني العامة

والمصانع الكهربية حيث المصانع الكبيرة تحتاج الى حسابات

إضافية مثل نسبة هبوط الجهد وتيار القصر ومعاملات تصحيح

مثال: حمل كهربائي بقدرة 2000W ويعمل على جهد 220V ومعامل القدرة

$\cos\phi = 0,9$

احسب تيار الحمل المناسب ومقطع الكابل المناسب

لهذا الحمل

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi} = \frac{2000}{220 \times 0,9} = 10,10\ A$$

بتقريبال

$I_{C.B} = 10,10 \times 1,25 = 12,5\ A \Rightarrow 16A$

بتقريبال

$I_{cable} = 16 \times 1,2 = 19,2\ A \Rightarrow 2,5\ mm^2$

أقرب مقطع كابل متوفر في السوق هو $2,5 mm^2$

ج.3 محور الإدارة (طابق الإدارة) PV + عاكس + طاقة

كيفية قطع الكابل كهل ثلاثي فاز:

اقرأ الكابل القادم CB المناسب لتغذية حمل ثلاثي الطور مركب مع تكمل Δ ولتا + طاقة 21Kw له معامل + طاقة 0,8 PV علماً بأن درجة حرارة الجو تصل إلى 50° وأن تستخدم كلب معزول معزول بمادة PVC مع الأخذ بعين الاعتبار أن جهد التشغيل 415 V

$$IL = \frac{P(w)}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{21 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 415 \times 0,8} = 36,5\ A$$

كسب تيار القاطع

$$I_{CB} = 36,5 \times 1,25 = 45\ A$$

أقرب قيمة قياسية هي 50A

كسب تيار الكابل

$$I_{cable} = \frac{50}{0,8} = 62,5\ A$$

مساحة مقطع الكابل علماً أن الكابل حراري $16mm^2$

معامل تصحيح الكابل:

تتأثر قيمة التيار الذي يمكن للكابل أن يتحمله بالعديد من المتغيرات

عوامل المتغيرات التي تؤثر في الكابل

1. نوع عزل الكابل (إما PVC أو XLPE)
2. درجة حرارة الجو المحيط
3. طريقة تمديد الكابل هل هو داخل ماسورة أو على جدران الكابلات أو مدفون في الجدران
4. عمق الدفن وتجب أخذ هذه المتغيرات عند تصحيح مقطع الكابلات وفي طريقة التصميم ثم أخذ معامل تصحيح بقيمة تقريبية 0,6

ويمكنك في الكاتالوج للكابلات المصنعة معرفة المعاملات (معاملات التصحيح)

معامل تصحيح درجة حرارة الجو

درجة الحرارة	15	20	25	30	35	40	45	50	55
PVC	1,21	1,151	1,07	1	0,92	0,84	0,75	0,65	0,55
XLPE	1,15	1,1	1,05	1	0,95	0,9	0,84	0,78	0,71

معامل تصحيح درجة حرارة التربة

درجة الحرارة	15	20	25	30	35	40	45	50	55
PVC	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
XLPE	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76	0,71

يمكنه الجدول اعلاه معامل تصحيح درجة الحرارة في حال ان الكابل موضوع داخلياً أو بشكل مرصوص في حالة وضعه تحت الأرض في تربة الكبل سويدي للكابلات وبكل شركة جداول خاصة به.

تعليل ملاحظة: نلاحظ ان تيار الكابل اكبر من تيار القاطع حتى يمكن للقاطع ان يحمي الكابل ، بعضاً قيمة تيار القاطع اكبر من تيار الحمل بنسبة بزيادة حتى لا تتعرض الكابل القاطع عند تشغيل المحرك فتختار دائماً أقرب قيمة قياسية مناسبة لتيار القاطع حتى تكون اعلى من القيمة المحسوبة من القوانين السابقة مثلاً القيمة المحسوبة في 23A أقرب قيمة قياسية 25A ويمكن تجاوزها لخطوط ويمكن اختيار بالرجل على هذا التيار السابق لا يصلح عند اختيار سعة تيار القاطع بل يجب دائماً ان تختار الأقرب مباشرة حتى لا تتأثر فصل القاطع بعد العطل.

هبوط الجهد في الكابلات: مشروع مهم أيضا عند اختيار مقطع الكابل.
كابلات طويلة أو كلما زاد طول الكابل كلما زاد هبوط الجهد والعكس
هبوط الجهد يتناسب طرديا مع طول الكابل وعكسيا مع مقطع الكابل.
يعمل الحسابات اللازمة وزيادة عامل مقطع الكابل والسلك حسب
المسافة والتأكد من ان نسبة هبوط الجهد لا تزيد عن 5% كلما كانت
النسبة أقل كان ذلك أفضل.

خطوات حساب هبوط الجهد:

① حساب تيار الحمل الكهربائي $I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\theta}$

② كمية فيمة هبوط الجهد وذلك بمعلومة فيمة انخفاض الجهد المسموح وقياس
بالـ MV/A/m وتجدها في جداول هبوط الجهد فيمة هبوط الجهد تساوي

$$\text{فيمة هبوط الجهد} = \frac{\text{التيار} \times \text{طول الكابل} \times \text{الانخفاض النسبي}}{1000}$$

فيمة الانخفاض بالنسبة للجهد هو بالـ MV/A/m ويمكن ايجاده من الجدول التالي

مقطع الكابل	PVC/PVC	XLPE/PVC
1,5	20,397	20,341
2,5	12,397	13,197
4	7,721	7,731
6	5,119	5,191
10	3,101	3,094
16	1,275	
25	0,957	1,009
235	0,726	
50	0,525	
70	0,4402	
95	0,334	
120	0,287	
150	0,246	0,254
400	0,146	0,254

/ /

تحديد هبوط الجهد المسموح بها في مواصفات الكابلات الكهربائية لعوازل PVC و XLPE

② حساب نسبة هبوط الجهد: تحديد هبوط الجهد ويجب ان لا تزيد نسبة هبوط الجهد عن 5% للتيار المتردد 100 في حال تجاوز نسبة هبوط الجهد عن النسبة المسموحة ترفع مساحة مقطع الكبل والخطوة الثالثة والثانية

مثال محرك كهربائي 30KW ثلاثي الفاز يعمل على جهد 380V وعامل القدرة PF 0.85 المسافة بين الحمل والمحرك 200m علماً ان مواصل الكابل المراد تحديده من النحاس نوع العزل PVC

$$I_L = \frac{P = 30 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} = 57A$$

$$I_{C.B} = 57 \times 1.25 = 80A$$

$$I_{cable} = 80 \times 1.25 = 85A$$

أقرب كابل $25mm^2$

هبوط الجهد = $\frac{\text{التيار} \times \text{طول الكبل} \times \text{الأقصى}}{1000}$

$$\frac{0.957 \times 200 \times 857}{1000} = 10.9$$

نسبة هبوط الجهد = $\frac{10.9}{380} \times 100 = 2.8\%$ < نسبة الهبوط بالنسبة للجهد

هذا الكبل مناسب

مثال: محرك كهربائي 3ph مواصفاته التالية

① استطاعة المحرك 10 kW ② جهد تغذية 380v

③ عامل الاستطاعة 0,85 ④ المسافة بين المصدر والمحرك 150m

⑤ نوع العوازل PVC ⑥ نوع التحميل على المحرك

احسب تيار المحرك الكهربائي وقياس حبوط الجهد واختر مقطع الكابل

الحل

$$I_C = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 19,047\ A$$

$$I_C \cdot B = 19,047 \times 1,25$$

$$I_C = \frac{\quad}{0,7}$$

أقرب مقطع كبل $2,5\ mm^2$ حامل تيار كبل وحبوط الجهد والتحقق

$$V_d = \frac{19,047 \times 150 \times 12,392}{1000} = 35,418$$

$$\frac{35,418}{100 \times 380} = 9,3 \times 10^{-4}$$ نسبة حبوط الجهد

هذا الكبل غير مناسب

أو خلاف

الطريقة حبوط الجهد المسموح بها 1,9 V أقل من 5%

في الفقد المسموح به نسبة الفقد عند اختيار كبل نحو

علينا اختيار كابل مساحة مقطعه كبار

$$V_d = \frac{19,04 \times 150 \times 5,192}{1000} = 15,183$$

نسبة حبوط الجهد

$$V_X = \frac{15,183}{380 \times 100} = \frac{V_d}{U \times 100} = 3,99\%$$

الكابل الذي مقطعه $4\ mm^2$ مناسب

تماماً لك تشغيل المحرك الكهربائي الثلاثي الفاز وحبوط الجهد

أكثر من 1,9 أقل من 5%

/ /

نظرق طرق تمديد الموصلات والكابلات

يتم ذلك بإستخدام

1. استخدام المواسير بأنواعها conduits
2. استخدام حوامل الكابلات cable Tray
3. الدفن المباشر في الأرض

ملاحظة: يتوقف طريقة تمديد نوع الكابلات على نوع وكيفية المزوع

1. استخدام المواسير بأنواعها: البلاستيكية PVC معدنية URC مرنة Flexible

أ. مرنة: غالباً تستخدم مواسير بلاستيكية Pvc ذات سمك 1mm أو URC ذات سماكة 2.5mm

2. عدد الموصلات لا تتعدى الحد الأقصى للماسورة

3. قطر الماسورة يجب ان لا يزيد عن الأقل 4cm عن قطر الموصل لسهولة تمديده وسحبه

4. الموضع كابل مفرد Singel core داخل ماسورة معدنية بجانب الجدران الكابل ويستخدم داخل المباني Race ways مجاري مائية يمكن تركيبها بلاستيك أو معدن تركيبها تزين الحوائط أرضيات أكثر الموصلات في وضعها Bas Bars قضبان الحاملات واضحة حيث تسمح بتغيير مكان الجهاز بسهولة

- استخدام كابل حوامل الكابلات: غالباً تستخدم في مشاريع الأعمال العالية مثل المصانع والمستشفيات وتجب وضع Fire Ballir حاجز مريق بين كوابل الأعمال العادية وأعمال الطوارئ إذا كان على نفس الكابل

- تجب وضع كابلات تحكم والتيار الضعيف على مسافة لا تقل عن 30cm من كابلات القوى لمنع حدوث تداخل مغناطيسي

- الدفن المباشر في الأرض: مراعى ما يلي

1. لا يقل عمق الدفن عن 60cm لكابلات الجهد المنخفض و 120cm لكابلات الجهد المتوسط

٥. توضع طبقة من الرمل الناعم بسمك 5cm ويوضع فوقها الكابل.
٦. يوضع رمل ناعم مرة أخرى فوق الكابل بـ 10-15cm
٧. يوضع بلاط البلاط بعادها 20x20x4 سماكة
٨. ردم الرمل المستخرج من الخرطة عمق 20cm من حافة الخندق
٩. وضع شريط تحذيري مكتوب عليه تابلات كهربائية
١٠. استكمال الدفن وبعد ثم طبقة الأسفلت
١١. إذا كان الكابل غير مسلح (مدرع) أو معرض لأوزان ثقيلة يوضع داخل ماسورة قبل الدفن
١٢. عند وضع أكثر من كابل في الدفن أو الخرطة تجب ترك مسافات معينة بينها وترك مسافة مناسبة بينها.

في حالة كابلين:

١. تحفر في الأرض خندق عمقها 80cm العرض 60cm يزداد العرض بمقدار 20cm في حال كابل إضافي
٢. نضع حوالي 10cm رمل ناعم ثم نضغط عليه ليكون متساوي
٣. نضع الكابل الأول ثم الثاني بحيث تكون المسافة بينهما 40cm
٤. نضع طوب رفيع بين الكابلات ثم نكرر باقي الخطوات السابقة.

في حال استخدام كابل واحد

Bas ducts: مواسير حافلات

المزايا: تستخدم غالبًا في الأبراج العالية والأحمال العالية جدًا، هي أفضل وأقتصادياً وأرخص.

١. هي عملية في حال أن تكون الأحمال قابلة للتغير من مكان إلى آخر
٢. المساحة التي تشغلها أقل من الكابلات المكافئة

العيوب

١. وجود عدد من الوصلات والتشعبات مع طول مسارها وتكرارها عند الوصلات وحدوث كثير من الأعطال

رموز الكابلات

N: كابل نحاسي ، A: كابل ألمنيوم ، Y: عازل PVC

2Y: عازل PE ، 2X: عازل XLPE

S: غلاف معدني ، FL: غلاف معدني ضد الرطوبة

Y: غلاف خارجي من PVC ، 2Y: غلاف خارجي من PE

مثال يعني كابل N_2XY $4 \times 150\ mm^2$

N: كابل نحاسي

2X: عازل داخلي XLPE

Y: عازل خارجي PVC

4 × 150: 3 نواقل + 1 نحاس بقطع $150\ mm^2$

مثال على تأثير درجة الحرارة

① ما هو أقصى تيار يتحمله كابل عازله PVC مقطعه $3 \times 95\ mm^2$ إذا كانت درجة الحرارة المحيطة $50°$

② إذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها $50°$ على عمق 60cm بجوار 3 كابلات

الحل: جدول اختيار التيار المار في الجدول في الكتب الفنية درجة $50°$ (201 A)

تأثير التربة (0,83) من جدول معامل تصحيح

معامل تأثير العمق (0,98)

معامل تأثير الكابلات (0,63) فيكون أقصى تيار يتحمله هذا الكابل في هذه الظروف المذكورة مع العلم

$201 \times 0,98 \times 0,83 \times 0,63 \approx 123A$

/ /

محددات الكوابل: يقدر أداء الكابل مجموعة من العوامل التي يجب أن تحدد بدقة للتحكم في الكابل، إذا قابل الكابل مناسب للمهمة المجمع استخدامه وهذه العوامل تشمل مقدار الفقد في القدرة

1. الفقد في القدرة 2. الحادث في الكبل 3. محيط في الجسم الكابل
4. تيار الكابل

وحساب أداء الكابل يلزم حساب المعادلات التالية لـ:

1. مقاومة الناقل (الموصل) 2. مقاومة العزل
3. الحاثة (الملف) 4. السعة (المكثف)

1. مقاومة الموصل: يعتمد مقدار مقاومة الموصل R على نوع مادة الموصل مماثلة بالمقاومة النوعية للمادة أو المعروفة في الموصل

ρ: وتقاس Ω/m

A: مساحة مقطعه تقاس m^2

L: طوله وتقاس m

وتحسب المقاومة باستخدام العلاقة التالية

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

وتتغير مقاومة المادة بتغير درجة الحرارة ولذلك لا يكون ثابتاً بتعريف مقاومة المادة ما درجة حرارة التي قيست عندها هذه المقاومة ولذلك اصطلح على اعتبار درجة الحرارة قيمة قياسية لتعريف مقاومة المواد المختلفة وإذا أردنا حساب المقاومة عند درجة أخرى تكاثر الحال في الكابلات حيث تعمل الكابلات عند درجة حرارة $70°$ إلى $90°$ وتجري تصحيح قيمة المقاومة باستخدام العلاقة التالية

$$R_{20} = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

حيث t درجة الحرارة المراد القياس المقاومة عندها

R_{20} المقاومة المحسوبة عند درجة حرارة 20

$$R_t = R_{20}(1 + \alpha_{20}(t - 20))$$

α_{20}: هو المعامل الحراري للمقاومة عند $20°$

الجدول التالي يوضح المقاومية والمعامل الحراري للمقاومية لبعض المواد المستخدمة في صناعة الكابلات

المعدن	الموصلية النسبية %	المقاومية عند درجة الحرارة 20°C	المعامل الحراري للمقاومية عند درجة 20
النحاس الأحمر	100	$1,724 \times 10^{-8}$	0,0039
النحاس الأصفر	97	$1,777 \times 10^{-8}$	0,0039
النحاس المقصدر	96-95	$(1,741 - 1,814) \times 10^{-8}$	0,0039
الألمنيوم	61	$2,803 \times 10^{-8}$	0,0040
الصلب الكربي	12	$13,80 \times 10^{-8}$	0,0045
الرصاص	8	$21,4 \times 10^{-8}$	0,0046

س/ بالإضافة الى زيادة مقاومية موصلات الكابلات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة فهناك زيادة أخرى في مقاومية الكابلات المستخدمة في دوائر تيار متردد (متناوب) نتيجة لظاهرتين هما (التأثير السطحي والتأثير المجاور)

ج/ نتيجة التأثير السطحي يتجه التيار للمرور في الجزء الخارجي للموصل بعيداً عن مركز الناقل

ج/ المساحة القريبة من مركز الموصل مما يقلل من المساحة الفعلية للموصل

اما اذا قل المساحة للناقل نتيجة لتواجد موصلات الكابلات قريبة من بعضها البعض يتجه التيار من كل موصل للتيار في الجانب البعيد عن الموصل الآخر مما يقلل من المساحة الفعلية للموصل وتأثير هذه العوامل يظهر في صورة جداول تحدد مقدار الزيادة في المقاومية عند ترددات مختلفة أو أوضاع تركيب الكابلات

مثال: احسب مقاومية الموصل لكابل تيار مستمر طوله (1,5 Km) ومساحة مقطع موصله المصنوع من النحاس الأحمر 185 mm² اذا كانت حرارة الموصل هي 90°

الحل =

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$\rho_{20} = 1,724 \times 10^{-8}$ المقاومة النوعية للنحاس

$R_{20} = 0,0034$ المقاومة النوعية للنحاس المخمر

$$R_{20} = \frac{1,724 \times 10^{-8} \times 1500}{185 \times 10^{-8}} = 0,13978 \ \Omega/m$$

حساب المقاومة عند درجة الحرارة R_{90}

$$Rt = R_{20}(1 + \alpha_{20}(t - 20))$$

$$R_{90} = 0,13978(1 + 0,0039(90 - 20)) = 0,177940 \ \Omega$$

حساب سعة الكابل:

تنشأ السعة بصفة عامة بين أي موصلين يفصلهما عازل وهذا الوضع يشابه الوضع داخل الكابل بين الموصل الأساسي والغلاف المعدني والسعة في الكابل أكثر تأثيراً منها في أي عنصر من عناصر منظومة القوى الأخرى لذلك هي من أهم المعاملات التي يجب حسابها للكبل

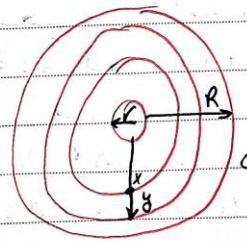
السعة هي النسبة بين الشحنة والجهد $C = \frac{Q}{V}$ ولذلك سنبدأ بفرض أن الشحنة على كل من الموصل والكابل هي الشحنة Q ونستخدم خواص المجال الكهروستاتيكي لتوصل الجهد بدلالة Q ومن ثم نحسب السعة

نحسب المسافة بين مقطع كابل أحادي القلب

نفرض قطر الداخل R للغلاف هي R

نفرض قطر الموصل r وإذا اعتبرنا نقطة داخل العازل تبعد مسافة x عن مركز الكابل فإن

وجود الشحنة Q على الموصل تنشأ فيها كهربائي عند هذه النقطة D تعطى بالعلاقة التالية



$$D = \frac{q}{2\pi x} \quad / \quad E = \frac{D}{\varepsilon}$$

شدة الحقل الكهربائي عند نقطة ما

ثابت السماحية العامة

ابسلون

نعوضها في المعادلة $= \frac{q}{2\pi x \varepsilon}$

ويمكن حساب فرق الجهد بين الموصل والغلاف المعدني كما يلي:

$$V = \int_R^r -E\,dx = \int_R^r \frac{q}{2\pi x \varepsilon}$$

$$\frac{q}{2\pi\varepsilon} \ln\frac{R}{r} \Rightarrow C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{q}{2\pi\varepsilon}\ln\frac{R}{r}}$$

حقظ ثابت

$$\frac{2\pi\varepsilon}{\ln\frac{R}{r}} \Rightarrow C = \frac{2\pi\varepsilon}{\ln\frac{R}{r}} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_r - \varepsilon_0 \Rightarrow \frac{\varepsilon_r}{36\pi \times 10^{-9}} \quad (2)$$

ε_r: معامل السماحية النسبية لمادة العزل المستخدم في الكابل

نعوض (2) في (1)

$$C = \frac{2\pi \times \frac{\varepsilon_r}{36\pi}}{\ln\frac{R_r}{r} \times 10^{-9}} \Rightarrow C = \frac{\varepsilon_r}{10^{-9} \times 18 \ln\frac{R_r}{r}}$$

تانيا: احسب شدة المجال الكهربائي

$$E_{max} = \frac{V_0}{r \cdot \ln\frac{R}{r}} \quad / \quad E_{min} = \frac{V_0}{R \cdot \ln\frac{R}{r}}$$

تانيا: تيار الشارج في الكابل

$$I_c = \omega \cdot C \cdot V$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow \text{نجد } f = 50\ Hz$$

احسب السعة لكل كيلومتر لكبل وحيد القلب اذا كان نصف الموصل $r = 3cm$ والقطر الداخلي للغلاف المعدني $R = 15cm$ ومعامل السماحية النسبية $\varepsilon_r = 3$ والكابل يعمل عند جهد فعال متناوب $132\ KV$ وتردد $60\ Hz$ احسب اكبر قيمة واكبر قيمة للمجال الكهربائي داخل الكابل