الكابلات الكهربائية

د.م ياسر الحسون

تعريف الكابلات وتصنيفها

الكابلات هى وسيلة من وسائل نقل القدرة وتوزيعها من مناطق التوليد إلى مناطق الاستهلاك كما أن الخطوط الهوائية وسيلة أخرى من وسائل نقل القدرة .

تصنيف الكابلات من حيث الجهود المنقولة

١. كابلات الجهد المنخفض حتى ١٠٠٠ فولت

٢. كابلات الجهد المتوسط بعد ١ ك . ف حتى ٦٦ ك.ف

٣. كابلات الجهد العالي بعد ٦٦ ك . ف حتى ١٣٢ ك . ف

٤. كابلات الجهد الفائــق بعد ١٣٢ ك . ف حتى ٥٠٠ ك . ف

تصنيف الكابلات من حيث مادة العزل المستخدمة

١. كابلات معزولة بالورق المشبع بالزيت (كابلات زيتية) .

٢. كابلات معزولة بمادة ال P . V . C (البولي فينيل كلورايد) .

٣. كابلات معزولة بمادة البولي إيثلين المتشابك [X . L . P . E] كروس لينكد بولي إيثلين.

٤. كابلات معزولة بمادة البولى إيثلين [P . E] .

٥. كابلات معزولة بمادة البولي إيثلين المطاطي [E . P . R] .

الكابلات

تركيب الكابل

١. **قلب الكابل(Core):** موصل معدني مقاومته منخفضة (نحاس، المونيوم)

يكون اما مصمت او مجدول ويتوقف مساحة مقطع الكابل مع التيار المار فيه

- **ملاحظة:** استخدام الموصلات فى صورة شعيرات مجدولة يزيد من السعة التيارية للكابلات الكهربائية حيث يفضل التيار الكهربى المرور فى المحيط الخارجى للموصل

٢. **غلاف الموصل (Conductor Shield):** طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة

- لملئ الفراغات بين جدائل الموصل و لتنظيم المجال الكهربي حول الموصل

٣. **العازل الرئيسي (Dielectric):** العزل بين موصلات الكابلات وكلما زاد الجهد زاد سمك العازل

- أشهر الانواع XLPE او PVC ويجب ان يتميز بالخواص التالية:
- شدة عزل كهربية عالية
- مقاومة لدرجة الحرارة العالية
- مقومة للرطوبة
- مرونة ميكانيكية

الكابلات

تابع تركيب الكابل

٤. **غلاف العازل (Insulation Shield):** طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة يعمل على حماية الكابلات من المجالات الكهربية

٥. **الغلاف المعدني او الشبكة النحاسية (Metallic Tape):** شريط معدني يستخدم للحماية الميكانيكية ومنع تسرب الرطوبة للكابل وتسريب تيارات القصر

٦. **المادة المالئة (Filler):** طبقة مطاطية تحيط بقلوب الكابلات الكهربائية

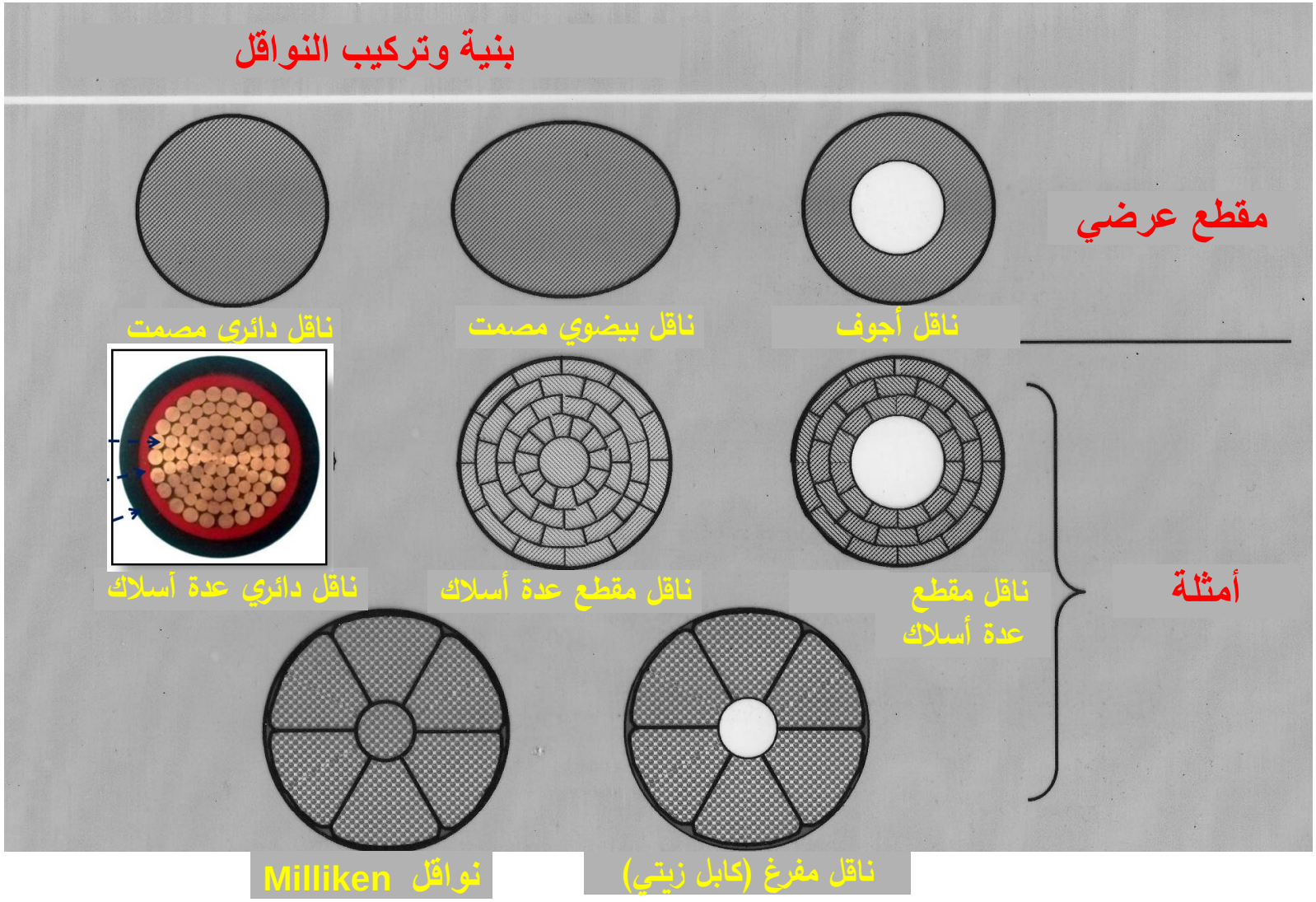
- تعطى له الشكل الدائرى فتمنع تحرك الموصلات داخل الغلاف واحتكاكها ببعضها البعض
- يمنع تسريب الماء والرطوبة الى أجزاء الكابلات الكهربائية الداخلية.

٧. **الغطاء الداخلي (Inner Jacket):** عادة تكون PVC

٨. **درع معدني او التسليح (Armor):** التسليح طبقة معدنية لزيادة الحماية الميكانيكية

٩. **الغطاء الخارجي (Outer Jacket):** حماية الاجزاء المعدنية من التآكل وعادة تكون PVC من كلورايد بولي فينيل

بنية وتركيب النواقل

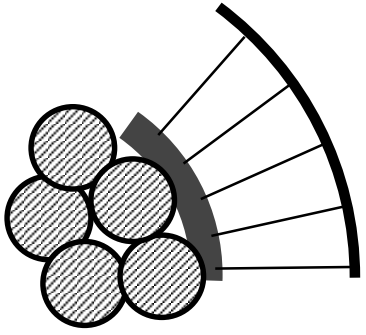


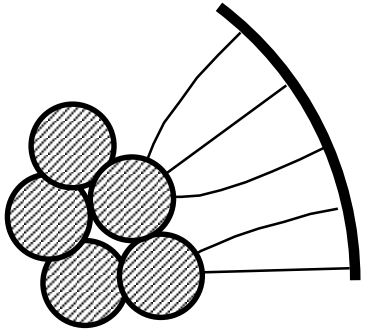
يحدد عدد أسلاك الناقل m بدلالة عدد طبقات الأسلاك n حسب العلاقة:

$$m = 1 + 3 \cdot n \cdot (n + 1)$$

الطبقة الناقلة الداخلية:

يجب التخلص من النتوءات الميكروسكوبية في النواقل، وبالتالي تحسين توزيع الحقل مما يؤدي إلى التخلص من الانفراغات الجزئية. ويجب ألا تقل سماكة هذه الطبقة عن ***0.3 mm*** ، ولا يسمح لهذه الطبقة بالتسرّب إلى داخل اسلاك الناقل،





لذلك يجب استخدام طبقة رقيقة من ورق معدني إذا كانت أقطار الأسلاك كبيرة،

مميزات المادة العازلة:

VPE (2X)	PVC (Y) حتى 6 kV
▪ عامل الضياع صغير. ▪ ثابت العزل صغير وثابت. ▪ درجة الحرارة الحدّية المسموحة 90°C، ودرجة حرارة القصر 250°C. ▪ يحترق بسهولة أكثر.	▪ عامل الضياع كبير. ▪ ثابت العزل كبير ويتعلق بدرجة الحرارة بشكل كبير. ▪ درجة الحرارة الحدّية المسموحة 70°C، ودرجة حرارة القصر تتراوح بين 140°C- 160°C. ▪ صعب الاحتراق لكنه يطلق غاز سام عند الاحتراق.

ملاحظة: عند نفس المقطع للناقل يمكن تحميل الكابل المعزول بـ XLPE بنسبة 10-15% أكثر من الكابل المعزول بـ PVC.

عند اختيار نوع المادة العازلة في الكابلات، لا بد من الأخذ بالحسبان المواصفات الواردة في الجدول التالي:

ميكانيكياً	حرارياً	كيميائياً	كهربائياً
مقاومة الضغط	التحمّل الحراري	امتصاص الماء	المتانة الكهربائية
مقاومة الشد	قابلية الحريق	تحمّل الإجهادات الجوية	مقاومة الطبقة السطحية
مقاومة الانحناء	الناقلية الحرارية	الأثر على طبقة الأوزون	المقاومة الكهربائية النوعية للمادة العازلة
المرونة	عامل التمدّد الحراري	تحمّل الإجهادات الكيميائية	ثابت العازلية
		تأثيره على المواد الأخرى	
		التقادم	
		تشكل فراغات هوائية	

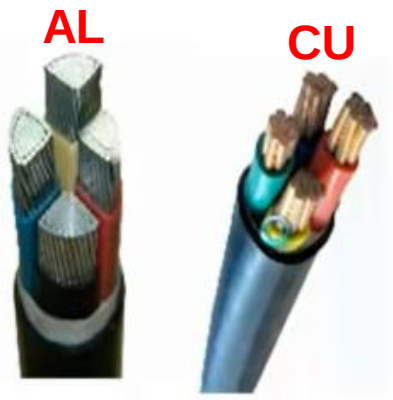
الطبقة الناقلة الخارجية:

وهي طبقة من ورق فحمي، يتم تثبيتها أثناء تثبيت المادة العازلة حيث تلصق بها بشكل جيد وتشكّل القطب الخارجي للناقل. سماكة هذه الطبقة ***0.3 mm***. الغاية من هذه الطبقة منع أسلاك الغلاف المعدني من الضغط على المادة العازلة والتخلّص من النتوءات الموجودة على أسلاك الغلاف، وفي بعض الحالات الخاصة تستخدم طبقة ماصّة للرطوبة فوق هذه الطبقة وخاصة في الكابلات الممددة بأرض رطبة أو في الكابلات البحرية.

الغلاف المعدني:

مهمته نقل التيارات السعوية وتيارات العطل وخاصة أثناء حدوث قصر مع الأرض. لا توجد في المواصفات العالمية متطلبات محدّدة للغلاف المعدني، ويتم أحياناً تحديد قيمة المقاومة الأومية لهذه الأغلفة إذا كان الغلاف على شكل بند معدني سماكته لا تقل عن ***0.1 mm***، أما إذا كان عبارة عن أسلاك نحاسية فيجب ألا يقل قطرها عن ***0.5 mm*** ، ويلف على الأسلاك أحياناً بند معدني. يساعد هذا الغلاف على تماس الأسلاك مع بعضها البعض، وبالتالي يكون لها نفس الكمون

مواد الناقل:



نحاس ...

- ناقلية عالية ($58\ Sm/mm^2$).
- وزن نوعي ثقيل (الكثافة $8.9\ g/cm^3$).

- السعر مرتفع $76.288\ EUR/km$
  $N2XS(FL)2Y\ 1\times630RM/50\ 64/110kV$
- قطر صغير
- قطر انحناء صغير

ألمنيوم ...

- ناقلية ضعيفة ($35\ Sm/mm^2$).
- وزن نوعي قليل (الكثافة $2.7\ g/cm^3$).

السعر منخفض $49.450\ EUR/km$
$NA2XS(FL)2Y\ 1\times1000RM/50\ 64/110kV$

- قطر كبير.
- قطر انحناء كبير.

❖ على الرغم من ذلك تستخدم نواقل الألمنيوم في كابلات التوتر المتوسط (تحسين توزيع الحقل حيث تكون شدة الحقل الأعظمي أصغر ما يمكن)، وهي أرخص.

❖ من أجل نقل استطاعة محددة يكون المقطع المطلوب من الألمنيوم حوالي ضعفي مقطع الناقل النحاسي.

الكابلات

- تابع تصنيف الكابلات
  - مادة العازل : اشهر الانواع PVC , XLPE

١. PVC (Polyvinyl chloride) : تستخدم في كابلات الجهد المنخفض ويتميز ب:
   - خواص كهربية ممتازة عند الجهود ودرجات الحرارية المنخفضة
   - رخيص الثمن
   - الاطفاء الذاتي للهب
   - لكنه لا يتحمل الانحناءات الحادة مثل المطاط

٢. XLPE (Cross-linked Polyethylene) : تستخدم في كابلات الجهد المتوسط ويتميز ب:
   - مقاومة عالية للرطوبة
   - تحمل درجات الحرارة المرتفعة
   - تحمل تيارات القصر والتحميل الزائد
   - اصلد العوازل وغالبا لا يحتاج لتسليح
   - لكن يجنب تعرضه لانحناءات شديدة

٣. PP (Poly Propylene) و LDPE (Low Density Poly Ethylene) و HDPE (High Density Poly Ethylene)

الكابلات

- **تابع تصنيف الكابلات**
  - **التسليح :**
    ١. **مسلح (Armored) : تستخدم في كابلات الجهد المتوسط والمرتفع:**
       - يمنح الكابل صلابة وقوة ميكانيككية لتحمل الضغط والاوزان الثقيلة
       - اغلى ثمنا
    ٢. **غير مسلح (Non-Armored)**
  - **عدد الموصلات (Cores):**
    - **موصل واحد (Single Core)**
    - **متعدد الموصلات (Multi-Cores)**

- **ملاحظة : في المقاطع الكبيرة غالبا اكبر من ٢٤٠ مم٢ لثقل الوزن وصعوبة التمديد تكون موصل واحد**

تسليح الكابل:

يهدف تسليح كابلات القدرة إلى حمايتها من الانهيار الميكانيكي. ويتم ذلك كما يلي:

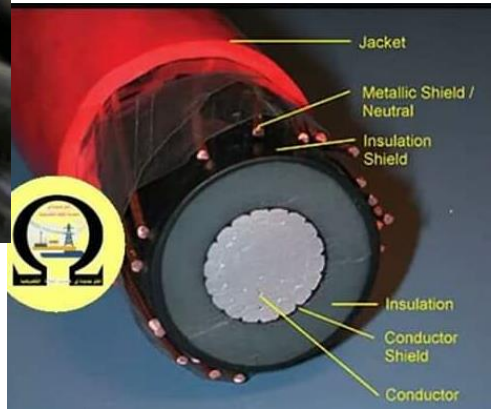
- **شريحتين من الاستيل تغطي الشريحة الثانية ما تتركه الشريحة الأولى، لا تستخدم في الكابلات الهوائية وذلك لانخفاض مقاومتها للشد الطولي.**

S.T.A (Steel Tape Armoured)

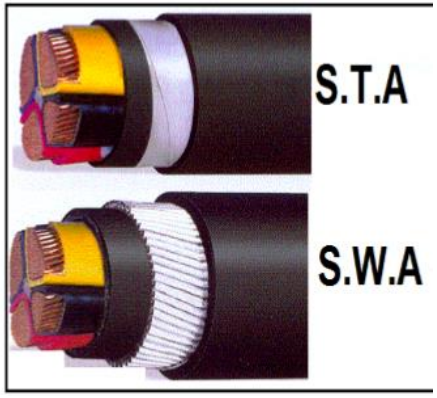
- **ب. أسلاك من الاستيل المغلفن، وذلك في طبقة أو طبقتين.**

S.W.A (Steel Wire Armoured)

- **شرائح أو أسلاك من الألمنيوم.**

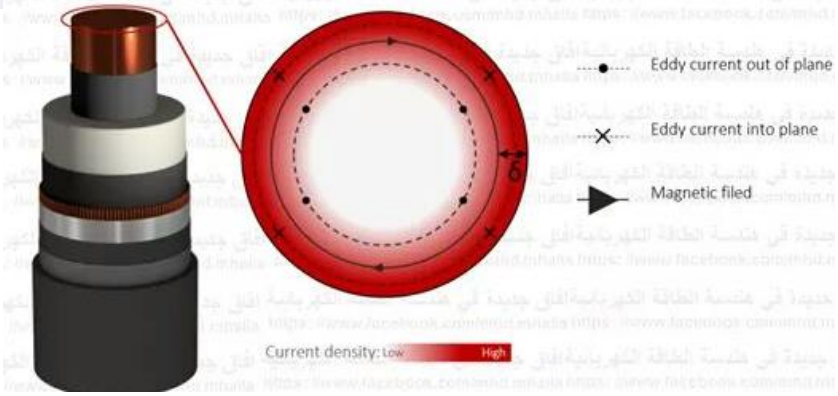


- S.T.A withstands mechanical Stress more than SWA,
- but S.W.A more flexible than S.T.A.



- **مواصفات كابل خط التعادل (Neutral)**
  - يكون غالبا نصف مقطع كابل الفاز لان التيار المار به قريب من الصفر لكن يوجد استثناءات
  - الكابلات الصغيرة (اقل من 35 مم2)
  - الاحمال التي تحتوي على اجهزة power electronics
  - الاجهزة التي بها UPS
  - دوائر الانارة التي تحتوي على لمبات Florescent

- **مشاكل الكابلات:**
  - الفقد في القدرة المنقولة بسبب اما المقاومة او العازل
  - التيارات المتسربة وتعتمد على قيمة الجهد (علاقة طردية)
  - تغير مقاومة الكابل بسبب ظاهرة التأثير السطحي والتجاوري
  - تغير مقاومة الكابل بالحرارة
  - تأثر الكابلات بالرطوبة



الكابلات

- **جداول الكابلات: معظم الجداول تحتوي على المعلومات التالية:**
  - الاسم الخاص بالكيبل في خط الانتاج
  - مقطع الكابل بال مم 2
  - مقاومته في دوائر التيار المستمر والمتردد
  - قيمة اقصى تيار للكابل في الظروف الطبيعية سواء في التربة او المواسير او الهواء
  - قطر الكابل الخارجي
  - وزن الكابل بالكيلوجرام يفيد في تصميم ال CABLE TRAY

- **السعة الامبيرية للكابل :**
  - **وهو يعتمد على طريقة تمديد الكابل (تربة، هواء، مواسير)**
  - **بسبب اختلاف كفاءة التبادل الحراري بين الكابل والجو المحيط**
  - **اذا كان معدل طرد الحرارة اعلى من معدل توليد يزيد التيار المار**

- **طريقة تسمية الكابل:**
  - **تسمى بمساحة المقطع وليس بقيمة التيار بالاضافة الى عدد ال CORES ونوع الموصل ونوع العازل**
- **مثال:**

$3x95+50\ mm^2$ PVC/CU

$(3x95+50)+25\ mm^2$ PVC/CU

تحليل جدول كابلات

Table III: 2 core, 3 core & 4 core copper conductor . PVC Sheathed, Unarmoured (YY) / Armoured (YWY & YFY)* cables - 650 / 1100 Volts.

			Unarmoured			Armoured				In Air		In Ground	
No. of Cores	Nom. Cross Sectional Area Sq. mm.	Class of conductor	Nom. Thickness of PVC Insulation mm.	Approx Overall Db. mm.	Approx Overall Weight Kg. / km.	Nom. Steel Armour Size mm.	Approx. Overall Dia. mm.	Approx Weight Kg. / km.	Conductor Resistance At 20° C Ohm / km	PVC Insulation Amps.	HRPVC Insulation Amps.	PVC Insulation Amps.	HRPVC Insulation Amps.
2	4	1	1.0	13.25	264	1.4	15.2	585	4.61	35	43	41	48
2	4	2	1.0	13.95	292	1.4	15.9	632	4.61	35	43	41	48
2	6	1	1.0	14.25	327	1.4	16.2	682	3.08	45	55	50	58
2	6	2	1.0	15.05	368	1.4	17.0	751	3.08	45	55	50	58
2	10	2	1.0	16.95	524	4 x 0.8	17.7	867	1.83	60	73	70	81
2	16	2	1.0	19.60	747	4 x 0.8	20.2	1102	1.15	78	95	90	105
2	25	2	1.2	23.20	1092	4 x 0.8	23.8	1874	0.727	105	123	115	122
2	35	2	1.2	25.60	1394	4 x 0.8	26.2	1891	0.524	125	147	140	145
3	4	1	1.0	14.05	317	1.4	16.00	659	4.61	30	37	36	42
3	4	2	1.0	14.70	351	1.4	16.65	713	4.61	30	37	36	42
3	6	1	1.0	15.05	401	1.4	17.00	770	3.08	39	48	45	53
3	6	2	1.0	15.90	451	1.4	18.15	860	3.08	39	48	45	53
3	10	2	1.0	17.95	657	4 x 0.8	19.00	1000	1.83	52	63	60	69
3	16	2	1.0	20.75	939	4 x 0.8	21.35	1323	1.15	66	81	77	90
3	25	2	1.2	24.70	1405	4 x 0.8	25.30	1874	0.727	90	106	99	105
3	35	2	1.2	27.20	1810	4 x 0.8	27.80	2336	0.524	110	129	120	125
4	4	1	1.0	15.15	385	1.4	17.10	762	4.61	30	37	39	42
4	4	2	1.0	15.90	430	1.4	18.15	828	4.61	30	37	39	42
4	6	1	1.0	16.70	506	1.4	17.40	878	3.08	39	48	45	53
4	6	2	1.0	17.20	559	4 x 0.8	18.25	901	3.08	39	48	45	53
4	10	2	1.0	20.00	837	4 x 0.8	20.60	1220	1.83	52	63	60	69
4	16	2	1.0	22.70	1180	4 x 0.8	23.35	1621	1.15	66	81	77	90
4	25	2	1.2	27.05	1767	4 x 0.8	27.65	2293	0.727	90	106	99	105
4	35	2	1.2	30.20	2328	4 x 0.8	30.90	2912	0.524	110	129	120	125

* Y = PVC Insulation, W = Steel round wire armour , F = Steel strip armour
Cables with stranded conductors also made on request.
*The size up to 50.0 sqmm core available on request.

* The above data is indicative and may be revised without prior intimation.

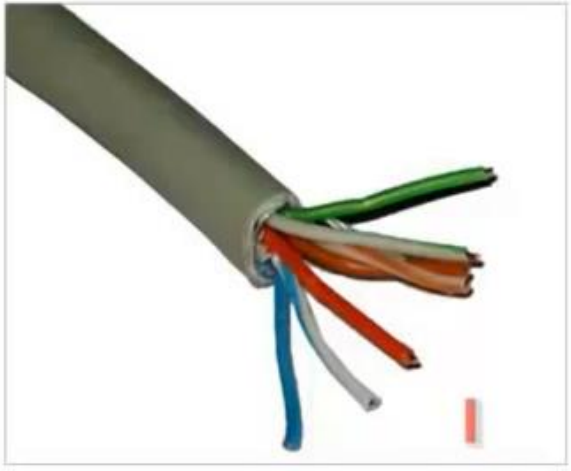
خصائص ومواصفات كابلات رباعية النواة

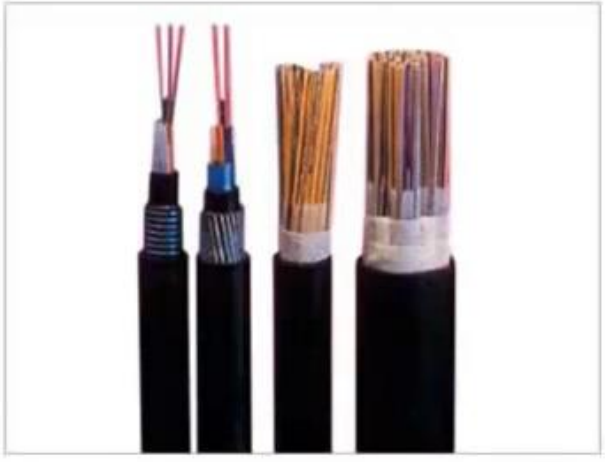
BS 7346-6 120 min
BS 8491 120 min

المقطع الاسمي للكابل mm²	الوزن لكل كيلومتر kg	المقاومة الاومية لكل طور لكل كيلومتربالاوم عند درجة ٢٠ منوية	تيار القصر الاسمي لمدة ثانية واحدة بالكيلو امبير	التيار المسموح بالامبير Free air	هبوط الجهد المتناوب mV/A/m
4 X 10	1200	1.83	1.4	78	4.0
4 X 16	1400	1.15	2.2	99	2.5
4 X 25	2100	0.727	3.6	131	1.65
4 X 35	2600	0.524	5.0	162	1.15
4 X 50	3200	0.387	7.1	197	0.87
4 X 70	4500	0.268	10	251	0.6
4 X 95	5700	0.193	13.6	304	0.45
4 X 120	7300	0.153	17.2	353	0.37
4 X 150	8600	0.124	21.4	406	0.30
4 X 185	10500	0.0991	26.5	463	0.26
4 X 240	13000	0.0754	34.3	546	0.21
4 X 300	15600	0.0601	42.9	628	0.185
4 X 400	20000	0.047	57.2	728	0.165

الكابلات

- **كابلات التحكم:** غالبا نفس تركيب كابلات القوى مع اختلاف الحجم وممكن ان تكون مسلحة او غير مسلحة والعازل يكون PVC او XLPE والموصل ممكن ان يكون نحاس او المونيوم لكن مقطع الكابلات صغيرة (1.5, 2.5,4 mm2) ويكون عدد ال Cores كبير جدا (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,16,18,19,24,27,30,37,44,52,61)





الكابلات

- طرق تمديد الموصلات والكابلات
  - استخدام المواسير بأنواعها (Conduits)
  - استخدام حوامل الكابلات (Cable Tray)
  - الدفن المباشر في الارض

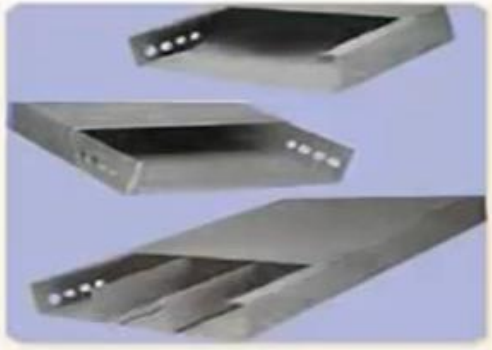
ملاحظة: يتوقف طريقة تمديد الكابلات على نوع وطبيعة المشروع

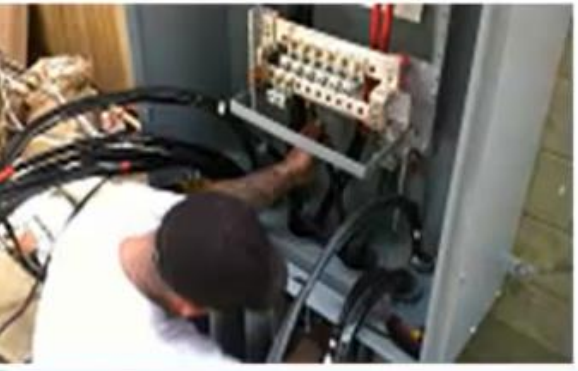
- استخدام المواسير: بلاستيكية (PVC او UPVC) او معدنية او مرنة (Flexible conduit)
  - غالبا تستخدم مواسير بلاستيكية (PVC) ذات سمك 1مم او (UPVC) ذات سمك 2.5مم
  - عدد الموصلات لا تتعدى الحد الاقصى للماسورة
  - قطر الماسورة يجب ان يزيد على الاقل 4 سم عن قطر الموصل لسهولة تمديده وسحبه
  - لا يوضع كابل مفرد (single core) بمفرده داخل ماسورة معدنية لتجنب احتراق الكابل

- يستخدم داخل المباني ال Race Ways وممكن تكون بلاستيك او معدن وتكون فوق الحوائط او تحت الارض
  - يوجد في بعضها Bus Bars داخلية حيث تسمح بتغير مكان الجهاز بسهولة

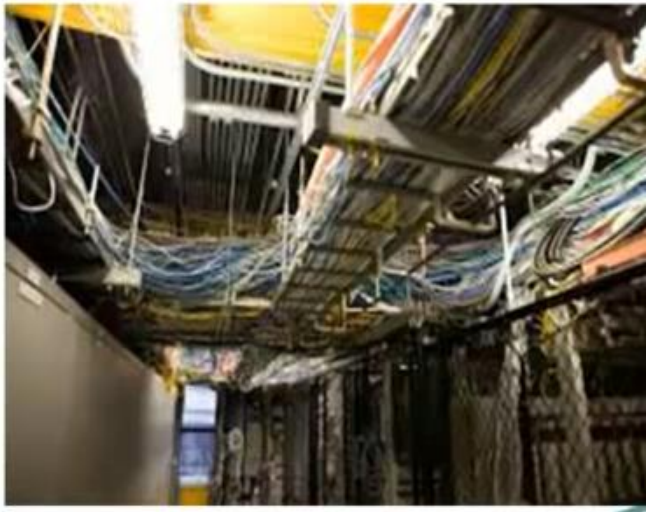
الكابلات

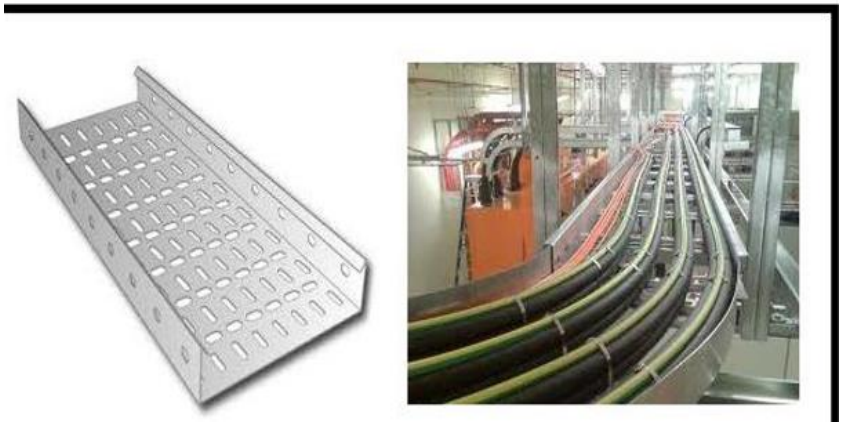
- تمديد الكابلات بالمواسير وال Raceways

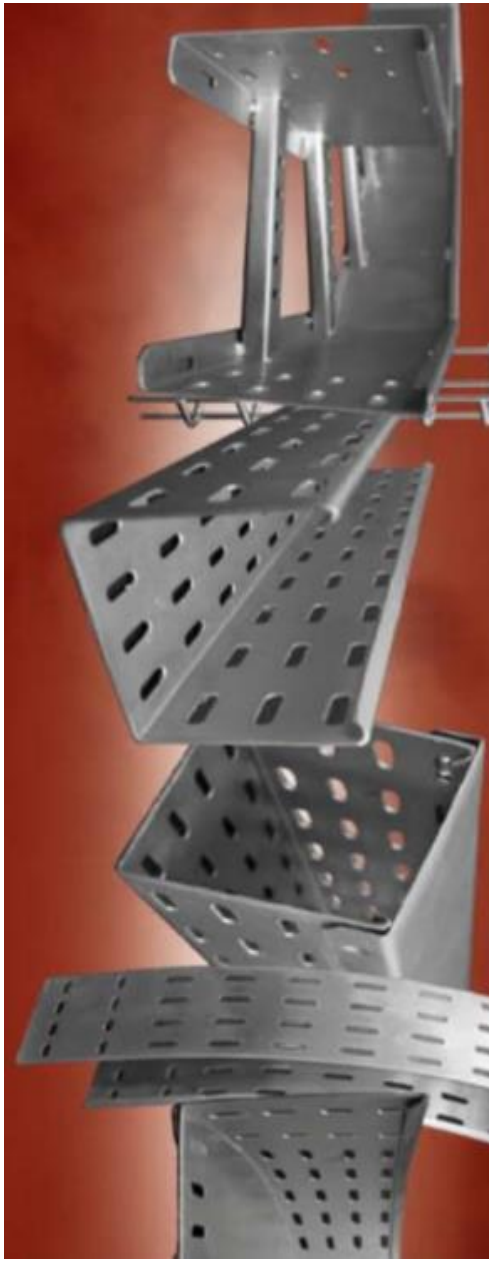




- **استخدام ال Cable Trays**
  - غالبا تستخدم في مشاريع الاحمال العالية مثل المصانع والمستشفيات
  - يجب وضع Fire Barrier (حاجز للحريق) بين كوابل الاحمال العادية واحمال الطوارئ اذا كانا على نفس ال Cable Tray
  - يجب وضع كابلات التحكم والتيار الضعيف على مسافة لا تقل عن 30سم من كابلات القوى لمنع حدوث تداخل مغناطيسي







- يراعى ان تكون حوامل الكابلات من الصاج الأبيض المجلفن و ذات غطاء.
- Standard of cable tray dimension.

Width (cm)	Height (cm)	thickness	Cover
5 cm	5 cm	1.25 mm	1.25 mm
10 cm			
15 cm			
20 cm			
25 cm			
30 cm	7.5 cm	1.5 mm	
35 cm			
40 cm	10 cm	2 mm	
50 cm			

الكابلات

- **الدفن المباشر في الارض: يراعى ما يلي**
  - ألا يقل عمق الدفن عن 80 سم لكابلات الجهد المنخفض و 120سم للمتوسط
  - توضع طبقة من الرمل الناعم النقي بسمك 10 سم مع الدك ثم يوضع الكابل
  - يوضع رمل ناعم مرة اخرى من 10 الى 15 سم
  - يوضع بلاط (Concrete B200) ابعادها 20X20X4 سم
  - ردم الرمل المستخرج من الحفر حتى عمق 20 سم من حافة الحفر
  - وضع شريط تحذيري مكتوب عليه كابلات كهربية
  - استكمال الدفن ومن ثم طبقة الاسفلت
  - اذا كان الكابل غير مسلح او معرض لأوزان ثقيلة يوضع داخل ماسورة قبل الدفن
  - عند وضع اكثر من كابل في النفق يجب وضع فاصل حريق بينهم وترك مسافة مناسبة بينهم

Cross section area of pipes

مساحة مقطع الكابل = ٤٠% من مساحة مقطع الماسورة

$$\frac{\pi}{4}d^2 = 0.4\,\frac{\pi}{4}D^2$$

Where

d: Cable diameter. D: Pipe diameter.

ملحوظة هامة:- ممنوع ان نمرر كابلات سنجل داخل مواسير صلب لان هذه المواسير تعمل كأنها [Secondary of current transformer] فيمر بها تيار و تسخن و تحرق الكابل

لذلك يجب وضع الكابل فى :

- ✓ Pipes made from PVC.
- ✓ Trays.
- ✓ On ground.

Underground Cables

طريقة دفن الكابلات:-

فى حالة كابل واحد فقط

١ – نحفر فى الارض حفرة عمقها ٨٠ سم بعرض ٤٠ سم وذلك لكابل الجهد المنخفض او ١٠٠سم وذلك لكابل الجهد المتوسط.

٢- ثم نضع حوالى ١٠ سم رمل ناعم ثم نضغط عليه ليكون Compact

٣ – ثم نضع الكابل فى منتصف الحفرة

٤- ثم نضع عليه الرمل حتى ٢٠ سم من قاع الخفرة

٥- ثم نضع طوب طفلى فوقه بواقع بواقع ٨ طوبه للمتر الطولي او يمكن وضع شبك ممدد.

٦- نضع رمل ناعم من النوع الجيد فى باقى الحفرة

٧- قبل النهاية بحوالى ٣٠ سم نضع شريط تحذيرى ذو اللون البرتقالى.

فى حالة كابلين

١ – نحفر فى الارض حفرة عمقها ٨٠ سم بعرض ٦٠ سم (يزداد العرض بمقدار ٢٠ سم للكابل الاضافي)

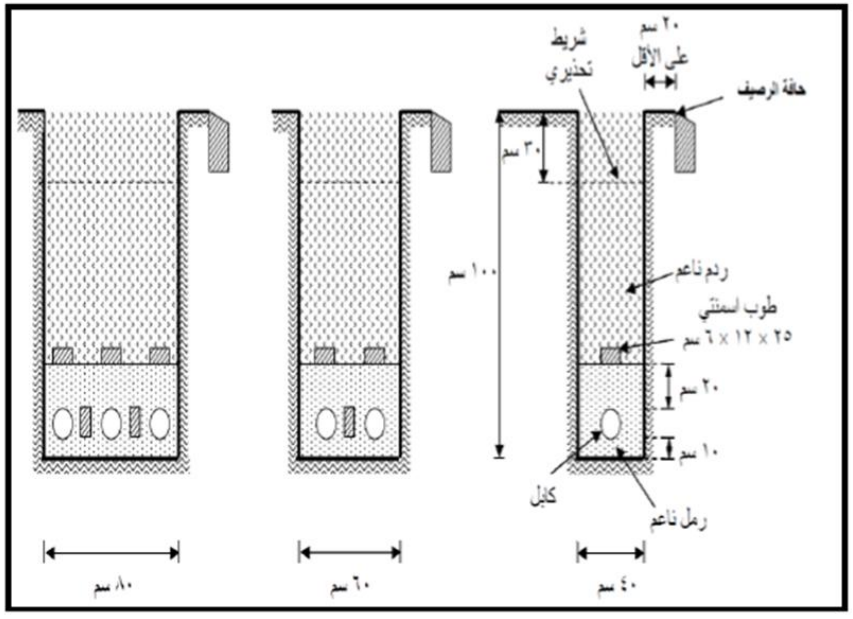
٢- ثم نضع حوالى ١٠ سم رمل ناعم ثم نضغط عليه ليكونCompact

٣- نضع الكابل الاول و الكابل الثانى بحيث تكون المسافة بينهما ٤٠ سم

٤- نضع طوب رأسى بين الكابلات

ثم نكرر مثل باقى الخطوات السابقة فى حالة كابل واحد

مواصفات الحفر لمد كابلات الجهد المتوسط



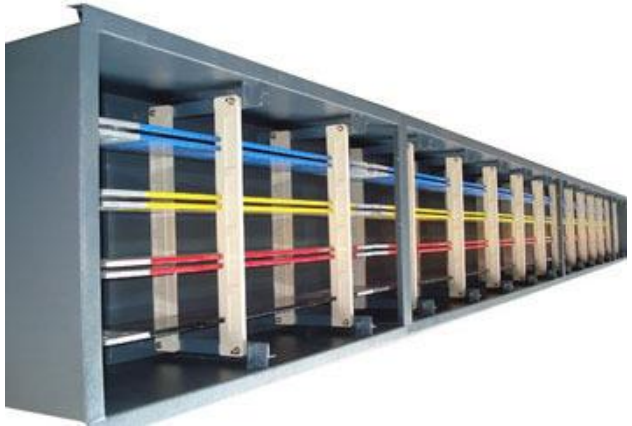
- **Bus Ducts**

المزايا :

- تستخدم غالبا في الابراج العالية والأحمال العالية جدا فهي افضل اقتصاديا وشكليا
- تكون عملية في حال ان تكون الاحمال قابلة للتغير من مكان لآخر
- المساحة التي تحتاجها اقل من الكابلات المكافئة

العيوب:

- وجود عدد من الوصلات والمنحنيات على طول مسارها وتكون هذه الوصلات مصدر كثير من الاعطال



الحمولات المسموحة للقضبان الصفائحية BUS BAR

للنحاس (1.5 A/mm2)
للالمنيوم (1 A/mm2)

الابعاد mm	المقطع mm^2	الوزن kg لكل متر طولي	قضبان مدهونة A	عدد القضبان لكل طور واحد			قضبان غير مدهونة A	عدد القضبان لكل طور واحد		
				▯	▯▯	▯▯▯		▯	▯▯	▯▯▯
5x30	149	0.403	355	605	740		295	525	700	
4X50	199	0.538	456	760	900		375	660	850	
10X40	399	1.08	675	1180	1650		557	1030	1460	
10X60	599	1.62	950	1610	2200		775	1390	1490	
3X40	119	1.25	435	690	725		365	600	690	
5X40	199	1.77	570	950	1140		480	835	1090	
5X50	249	2.22	695	1140	1330		580	995	1260	
10X50	499	4.44	1020	1720	2320		850	1510	2040	

رموز الكابلات:

N كابل حسب النورم.

- نحاس.

A ألمنيوم

Y *PVC*.

2Y *PE*.

2X *XLPE*.

S غلاف معدني.

(FL) غلاف معدني ضد للرطوبة.

Y غلاف خارجي من *PVC*.

2Y غلاف خارجي *PE*.

1. ناقل من النحاس.
2. مادة عازلة *XLPE*.
3. غلاف ناقل.
4. غلاف.
5. بند *Al*.
6. غلاف خارجي *PE*.

N2XS(FL)2Y 64/110kV حسب *DIN VDE 0276-632*

الغلاف الخارجي:

الغلاف من ***PVC (Y)***:

- المتانة الميكانيكية مقبولة.

يمدد في درجة حرارة -5^oC.

لا يحترق بسهولة.

عندما يحترق يطلق غاز سام.

الغلاف من ***PE (2Y)***:

- المتانة الميكانيكية كبيرة.

لا يسمح بتسرّب الرطوبة.

يمدد في درجة حرارة -20^oC.

سهل الاحتراق نسبياً.

يجب ألا تقل سماكة الغلاف الخارجي عن *2.5 mm* ويجب ألا يزيد اختلاف السماكة في أي نقطة عن *0.1mm+15%*

الكابلات

- **مناقشة:**
  - س. اذكر مقاطع الكابلات القياسية
  - ج. حسب ال IEC مساحة المقطع ب مم2

0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1000

- س. ماذا نعني بكابل N2XY 4X150 mm2
- ج. 4X150 mm2 يعني انه كابل متعدد ال cores فهو ثلاث موصلات ل Phases والرابع لNeutral ومساحة مقطع كل منهم يساوي 150 مم٢
- اما N2XY سيتم تفصيله كالآتي:
- الحرف الاول يرمز لنوع الموصل اما N نحاس او A المونيوم
- الحرف التالي يرمز لمادة العازل اما Y يعني PVC او 2X يعني XLPE او 2Yيعني PE -Polyethylene
- الحرف الاخير يرمز لنوع مادة الغلاف الخارجي للمادة اما Y (PVC) او 2Y (PE)

الرمز N2XY يعني ان الكابل من النحاس والمادة العازلة XLPE والغلاف الخارجي PVC

- الكابلات في جدول الكميات (Bill of Quantity)

Item No	Description	Unit	Qyt	Rate $	Total $
1	L.V Cable 3*240+120 mm2 AL, XLPE..	m.	1000		
2	L.V Cable 4*16 mm2 CU, XLPE.	m	250		
3	L.V Cable 1*240 mm2 CU, XLPE.	m	300		
4	UPVC Pipe 6".	m	300		

اختبار التأثير الحراري للكابل

التأثير الحراري للكابلات:

- القيم الموجودة في جداول الكابلات تكون في ظروف قياسية مثلا درجة الحرارة 25م والكابل غير مجاور لاي كابل او ممدد في الهواء
- حيث أن ظروف التنفيذ تختلف عن هذه الظروف القياسية فذلك يؤثر كثيرا في تصميم الكابلات
- لذلك يجب استخدام معاملات التصحيح لظروف التصميم للحصول على المقطع الحقيقي والمناسب للتصميم
- قيم معاملات التصحيح تكون مدرجة في جدوال الكابلات المستخدمة في التصميم وهي خاصة بالشركة المصنعة وتختلف منها لاخرى
- عند استخدام اكثر معامل يكون المعامل الكلي حاصل ضرب جميع المعاملات

اختبار التأثير الحراري للكابل

- **معامل التصحيح (De-rating factor): يعتمد على:**
  - **درجة الحرارة: الجو او التربة حسب مكان تمديد الكابل**
  - **عمق الدفن**
  - **الحرارة النوعية للتربة**
  - **تجاور الكابلات: سواء فوق حاملات الكابلات او تحت الارض**

اختبار التأثير الحراري للكابل

درجة حرارة الجو

Table 15 : Rating factors for other ambient air temperatures

Air Temparature	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
Cable Type								
PVC Insulated	1.18	1.15	1.08	1.00	0.90	0.82	0.70	0.59
XLPE Insulated	1.12	1.10	1.055	1.00	0.96	0.90	0.835	0.78

D.F(Ta)

اختبار التأثير الحراري للكابل

- **درجة الحرارة الارض**

Table 3 : Rating factors for ground temperature variation

Ground Temparature / Cable Type	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
PVC Insulated	1.18	1.15	1.1	1.04	1	0.95	0.88	0.83	0.77
XLPE Insulated	1.16	1.13	1.09	1.03	1	0.95	0.89	0.84	0.79

D.F(Te)

اختبار التأثير الحراري للكابل

الحرارة النوعية للتربة

Table 5 : Rating factors for variation in thermal resistivity of soil (average values)

Size of Cables mm²	Soil Thermal Resistivity (°C.m/W)						
	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	Single Core Cables						
Upto 150	1.16	1.12	1.07	0.91	0.81	0.73	0.66
From 185 to 300	1.17	1.12	1.07	0.91	0.80	0.73	0.66
From 400 to 1000	1.17	1.12	1.07	0.91	0.80	0.73	0.66
	Multi Core Cables						
Upto16	1.12	1.08	1.05	0.93	0.84	0.77	0.72
From 25 to 150	1.14	1.10	1.06	0.92	0.82	0.75	0.69
From 185 to 500	1.15	1.10	1.07	0.92	0.81	0.74	0.67

D.F(Ts)

اختبار التأثير الحراري للكابل

تجاور الكابلات

Table 7 : Group rating factors for multicore cables in horizontal formation

Number of Cables in Group					
	Cable to Cable Clearance A				
	Touching	0.15m	0.30m	0.45m	0.60
2	0.81	0.87	0.91	0.93	0.95
3	0.70	0.78	0.84	0.88	0.90
4	0.63	0.74	0.81	0.86	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.84	0.87
6	0.55	0.68	0.77	0.83	0.87

D.F(TG)

اختبار التأثير الحراري للكابل

مثال1 :

١ - ما هو اقصى تيار يتحمله كابل PVC مقطعه $3X95mm^2$ اذا كانت درجة حرارة الجو 50 م

٢- وإذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها 50م على عمق 80سم بجوار 3 كابلات.

الحل:

اقصى تيار يتحمله هذا الكابل حسب الجدول في الظروف القياسية هو 201 A

أولا: في حالة الجو

معامل التصحيح في حالة درجة حرارة الجو 50 م يساوي 0. 82

اقصى تيار يتحمله هذا الكابل في هذه الحرارة = 0.82 X 201 = 165 امبير

اختبار التأثير الحراري للكابل

في ظروف مثالية ٢٥ درجة

and four core cable with copper conductor, PVC 70°C insulated and PVC sheathed

Conductor	Conductor Resistance		In Ground			In Air		
			Unarmoured		Armoured	Unarmoured		Armoured
Cross Sectional Area mm²	DC at 20°C Maximum ohm/km	AC at 70°C Approx ohm/km	Direct Laid Approx Amps	Laid in Duct Approx Amps	Direct Laid Approx Amps	Free Approx Amps	In pipes Method C Approx Amps	Free Approx Amps
1.5	12.1	14.5	21	18	-	16	14	-
2.5	7.41	8.87	27	23	-	22	19	-
4	4.61	5.52	36	30	36	29	24	29
6	3.08	3.69	45	37	45	37	31	37
10	1.83	2.19	60	50	60	50	41	51
16	1.15	1.38	78	65	78	66	54	66
25	0.727	0.870	100	83	100	87	70	88
35	0.524	0.628	125	101	124	106	84	109
50	0.387	0.464	149	121	147	130	102	133
70	0.268	0.323	183	148	180	163	126	167
95	0.193	0.232	219	178	215	201	154	204

اختبار التأثير الحراري للكابل

معامل حرارة الجو

مثال1 :

١ - ما هو اقصى تيار يتحمله كابل PVC مقطعه $3X95mm^2$ اذا كانت درجة حرارة الجو 50 م

٢ - وإذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها 50م على عمق 80سم بجوار 3 كابلات.

Table 15 : Rating factors for other ambient air temperatures

Air Temparature	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
Cable Type								
PVC Insulated	1.18	1.15	1.08	1.00	0.90	0.82	0.70	0.59
XLPE Insulated	1.12	1.10	1.055	1.00	0.96	0.90	0.835	0.78

اختبار التأثير الحراري للكابل

تابع مثال1 :

٢- وإذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها 50°م على عمق 80سم بجوار 3 كابلات.

الحل:

ثانيا: في حالة الدفن في الأرض

- اقصى تيار يتحمله هذا الكابل حسب الجدول في الظروف القياسية هو 201
- معامل التصحيح في تربة 50° م يساوي 0.83
- معامل التصحيح لعمق دفن 80سم يساوي 0.98

اختبار التأثير الحراري للكابل

معامل عمق الدفن

تابع مثال1:

Table 11 : Rating factors of depth of laying (to center of duct or trefoil group of du

Depth of Laying (m)	Single Core	Multi Core
0.50	1.00	1.00
0.60	0.98	0.99
0.80	0.95	0.98
1.00	0.93	0.96
1.25	0.91	0.95
1.50	0.89	0.94
1.75	0.88	0.94
2.00	0.87	0.93
2.50	0.86	0.92
3.00 or more	0.85	0.91

اختبار التأثير الحراري للكابل

تابع مثال1:

٢- وإذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها 50°م على عمق 80سم بجوار 3 كابلات.

الحل:

ثانيا:في حالة الدفن في الأرض

- اقصى تيار يتحمله هذا الكابل حسب الجدول في الظروف القياسية هو 201
- معامل التصحيح في تربة 50° م يساوي 0.83
- معامل التصحيح لعمق دفن 80م يساوي 0.98
- معامل التصحيح لتجاور 4 كابلات افقيا (بفرض انهم متلامسين) يساوي 0.63

اختبار التأثير الحراري للكابل

معامل التجاور

تابع مثال1:

Table 7 : Group rating factors for multicore cables in horizontal formation

Number of Cables in Group	Spacing				
	Cable to Cable Clearance A				
	Touching	0.15m	0.30m	0.45m	0.60
2	0.81	0.87	0.91	0.93	0.95
3	0.70	0.78	0.84	0.88	0.90
4	0.63	0.74	0.81	0.86	0.89
5	0.59	0.70	0.78	0.84	0.87
6	0.55	0.68	0.77	0.83	0.87

اختبار التأثير الحراري للكابل

تابع مثال1 :

٢- وإذا كان مدفون في تربة درجة حرارتها 50°م على عمق 80سم بجوار 3 كابلات.

الحل:

ثانيا:في حالة الدفن في الأرض

- اقصى تيار يتحمله هذا الكابل حسب الجدول في الظروف القياسية هو 201
- معامل التصحيح في تربة 50° م يساوي 0.83
- معامل التصحيح لعمق دفن 80م يساوي 0.98
- معامل التصحيح لتجاور 4 كابلات افقيا (بفرض انهم متلامسين) يساوي 0.63

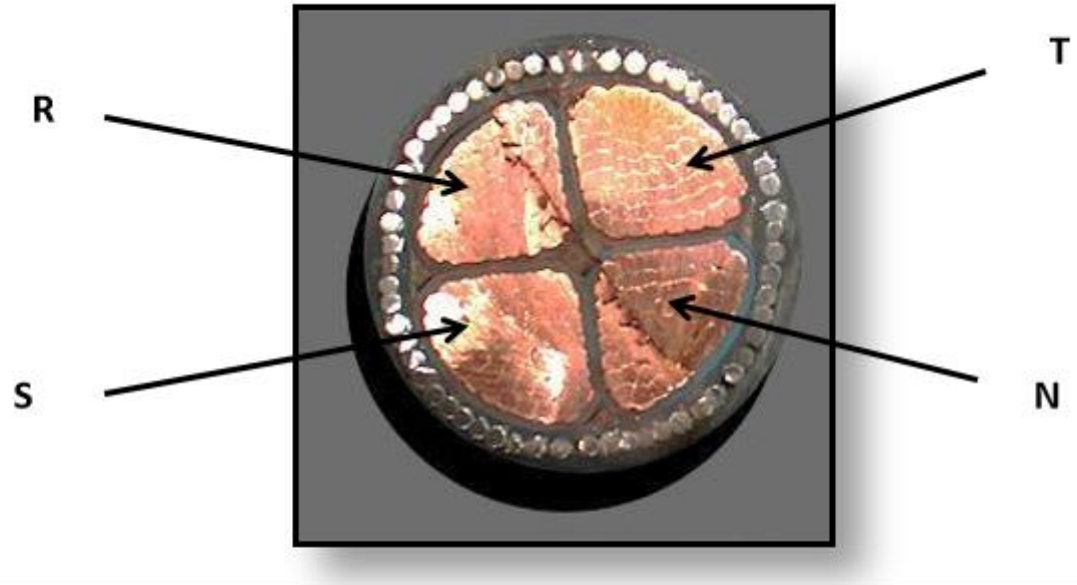
اقصى تيار يتحمله هذا الكابل في هذه الظروف = 0.83 X0.98X 0.63X 201 =
103 امبير

$$I_{cable} = I_{max} . (DF_{Ta} . DF_{Te} . DF_{Ts} . DF_{TG})$$

التيار الفعلي — التيار المثالي — معاملات التصحيح

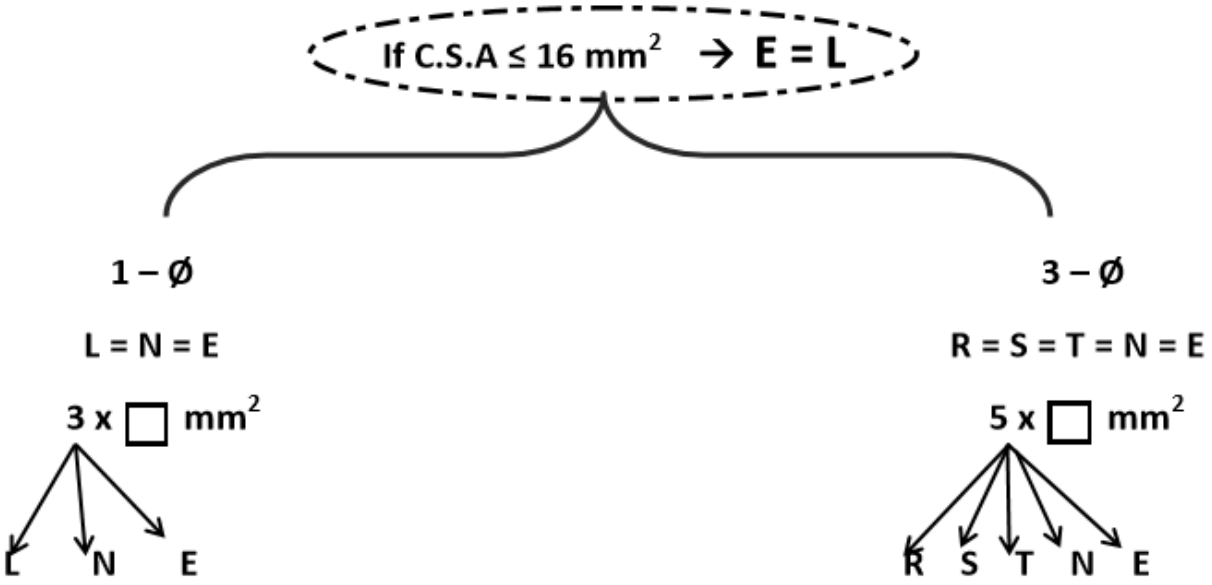
كيفية اختيار مقطع كبل الحيادي

For Neutral Cable:-



IF	C.S.A <=35mm^2	C.S.A > 35mm^2
ACCORDING TO CODE	C.S.A (N) = C.S.A (L)	C.S.A (N) = 1/2 C.S.A (L)

For Earthing Cable:-



If C.S.A =25 mm² OR C.S.A =35 mm² → E = 16 mm²

If C.S.A =25 mm² OR C.S.A =35 mm² → E = 16 mm²

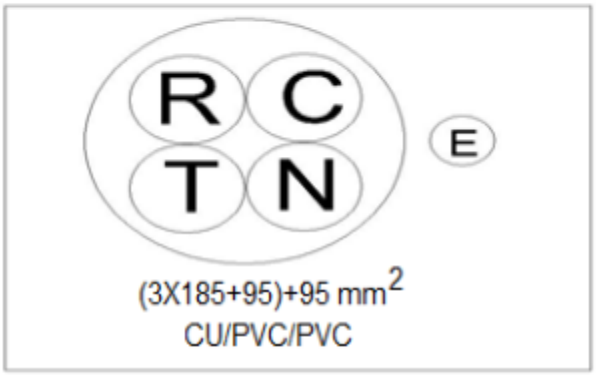
If C.S.A >35 mm² → E = ½ L

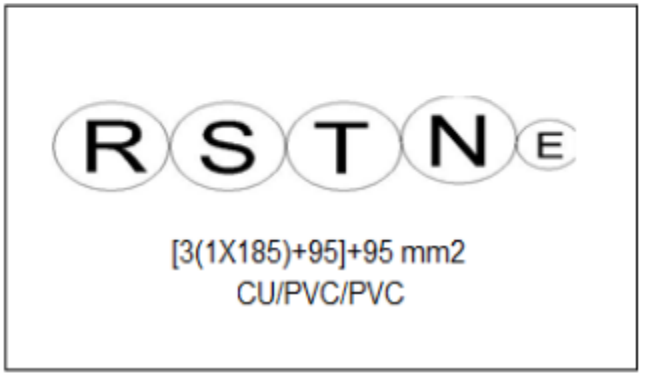
For three phase only E = ½ L

Ex:-

(3x 70 + 35)+35 & (3 x 240 + 120) +120 & (3 x 95 + 50) + 50

يتم معرفة اذا كان الكابل Single core or Multi core عن طريق توصيف كتابة الكابل



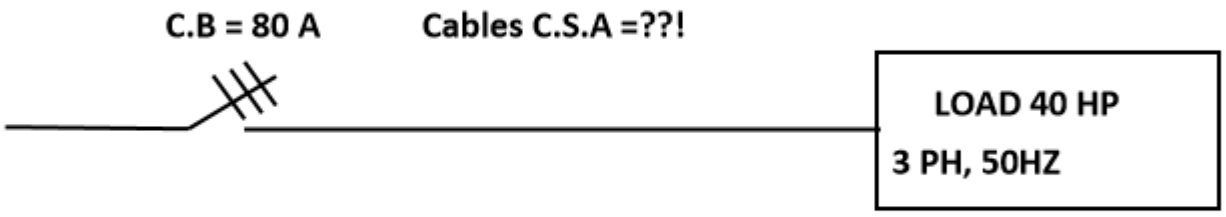


Cable Design

Cables are designed according to:

- Current carry capacity or thermal rating.
- Voltage drop.
- Short circuit level.

[1] Current Carry Capacity:-



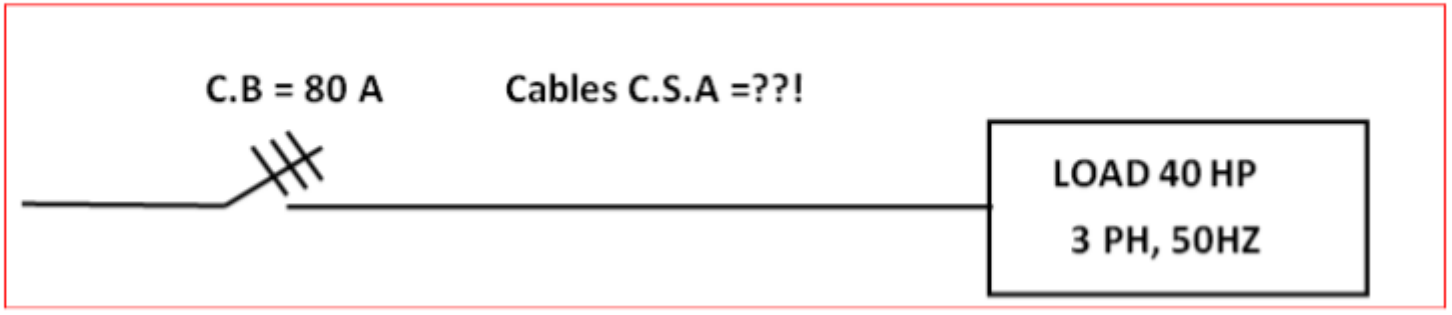
I_{rated} = 40 x 1.5 = 60 Amp as HP = KVA

$I_{C.B}$ = 60 x 1.25 = 75 Amp → C.B = 80 Amp

$$I_{cable} = \frac{C.B}{Derating\ Factor}$$

Derating Factor (D.F) = D.F(Ta) . D.F(Te). D.F(Ts). D.F(T_G)

Ex:-



$$I_{cable} = \frac{C.B}{D.F}$$

Temp = 50°c → PVC → $D.F_T = 0.82$

Single cable → $D.F_G = 1$

$$I_{cable} = \frac{80}{0.82} = 97 \text{ Amp}$$

From Elsewedy Catalogue: chose **Cu/PVC/PVC (4 X 25) + 16 mm²**

Multicore Cables, with Stranded Copper Conductors PVC Insulated and PVC Sheathed

Description

- Multicore cables of stranded Copper conductors are insulated with PVC compound rated 70°C, assembled together, covered with overall jacket of PVC compound.
- Cables are produced according to IEC 60502 or BS 6346.

Application

- For outdoor and indoor installations in damp and wet locations.

Product - Code	Nominal Cross Sectional Area	Max. Conductor Resistance		Current Rating			Approx. Overall Diameter	Approx. Weight
		DC at 20 °C	AC at 70 °C	Laid Direct in Ground	Laid in Ducts	Laid in Free Air		
	mm^2	Ω/km	Ω/km	A	A	A	mm	kg/km
Four Core Cables								
CP1-T104-U04	1.5 rm	12.1000	14.6000	21	18	18	11.4	180
CP1-T104-U06	2.5 rm	7.4100	8.8700	27	23	22	12.4	230
CP1-T104-U08	4 rm	4.6100	5.5400	35	30	31	14.8	335
CP1-T104-U09	6 rm	3.0800	3.6900	45	36	39	16.0	425
CP1-T104-U10	10 rm	1.8300	2.1900	60	48	53	17.9	635
CP1-T104-U11	16 rm	1.1500	1.3900	75	60	72	20.3	880
CP1-T104-U12	25 rm	0.7270	0.8700	100	80	94	23.9	1295
CP1-T104-U13	35 rm	0.5240	0.6280	120	95	110	26.6	1700
CP1-T104-U14	50 sm	0.3870	0.4640	145	115	138	29.3	2225
CP1-T104-U15	70 sm	0.2680	0.3220	175	145	171	32.9	3065
CP1-T104-U16	95 sm	0.1930	0.2320	210	165	209	37.8	4175
CP1-T104-U17	120 sm	0.1530	0.1850	240	195	242	41.2	5205

مثال ٢

مطلوب تصميم لوحة كهرباء لتغذية عدد ثلاثة مواتير قدرة الواحد ٣٠ حصان وكذلك عدد ٢ موتور قدرة الواحد ٢٠ حصان مع العلم ان الكابلات كلها على حامل كابلات واحد .

- 30 HP & No. =3

I_{rated} =30 X1.5=45A $I_{C.B}$ = 45 x 1.25 = 56 Amp → C.B = 63 Amp

$$I_{cable} = \frac{C.B}{D.F}$$ Temp = 50°c → PVC → $D.F_T$= 0.82 → $D.F_{G\cdot NO}$= 1

$$I_{cable} = \frac{63}{0.82} = 77 \text{ Amp}$$ على اساس ان يوجد مسافات بين الكابلات على الحامل

Egytech - code	Nominal cross sectional area	Max. Conductor resistance		Current rating			Approx. overall diameter	Approx. weight
		DC at 20 °C	AC at 70 °C	Laid direct in ground	Laid in ducts	Laid in free air		
	mm^2	Ω/km	Ω/km	A	A	A	mm	kg/km
				Four core cables				
CP1-T104-U04	1.5 rm	12.1000	14.600	21	18	18	11.4	180
CP1-T104-U06	2.5 rm	7.4100	8.870	27	23	22	12.4	230
CP1-T104-U08	4 rm	4.6100	5.540	35	30	31	14.8	335
CP1-T104-U09	6 rm	3.0800	3.690	45	36	39	16.0	425
CP1-T104-U10	10 rm	1.8300	2.190	60	48	53	18.5	650
CP1-T104-U11	16 rm	1.1500	1.390	75	60	72	20.9	910
CP1-T104-U12	25 rm	0.7270	0.870	100	80	94	25.0	1360
CP1-T104-U13	35 sm	0.5240	0.628	120	95	110	25.1	1650
CP1-T104-U14	50 sm	0.3870	0.464	145	115	138	29.3	2225

From El-sewedy Catalogue: chose Cu/PVC/PVC 4 X 16 + 16 mm2

➢ 20 HP & No. =2

I_{rated} =20 X1.5=30A $I_{C.B}$ = 30 x 1.25 = 37.5 Amp → C.B = 40 Amp

$$I_{cable} = \frac{C.B}{D.F}$$ Temp = 50°c → PVC → $D.F_T$= 0.82 → $D.F_{G.NO}$= 1

$$I_{cable} = \frac{40}{0.82} = 50 \text{ Amp}$$

على اساس ان يوجد مسافات بين الكابلات على الحامل

Egytech - code	Nominal cross sectional area	Max. Conductor resistance		Current rating			Approx. overall diameter	Approx. weight
		DC at 20 °C	AC at 70 °C	Laid direct in ground	Laid in ducts	Laid in free air		
	mm²	Ω/km	Ω/km	A	A	A	mm	kg/km
				Four core cables				
CP1-T104-U04	1.5 rm	12.1000	14.600	21	18	18	11.4	180
CP1-T104-U06	2.5 rm	7.4100	8.870	27	23	22	12.4	230
CP1-T104-U08	4 rm	4.6100	5.540	35	30	31	14.8	335
CP1-T104-U09	6 rm	3.0800	3.690	45	36	39	16.0	425
CP1-T104-U10	10 rm	1.8300	2.190	60	48	53	18.5	650
CP1-T104-U11	16 rm	1.1500	1.390	75	60	72	20.9	910
CP1-T104-U12	25 rm	0.7270	0.870	100	80	94	25.0	1360
CP1-T104-U13	35 sm	0.5240	0.628	120	95	110	25.1	1650
CP1-T104-U14	50 sm	0.3870	0.464	145	115	138	29.3	2225
CP1-T104-U15	70 sm	0.2680	0.322	175	145	171	32.9	3065

From El-sewedy Catalogue: chose Cu/PVC/PVC 4 X 10 + 10 mm2

➢ **main cable and circuit breaker**

$$I_{\text{main circuit breaker}} = 1.25 \times I_{\text{largest}} + D.F\left(\sum I_{\text{rated except largest}}\right)$$

$$I_{\text{main circuit breaker}} = 1.25 \times 45 + (45+45+30+30) = 206A$$

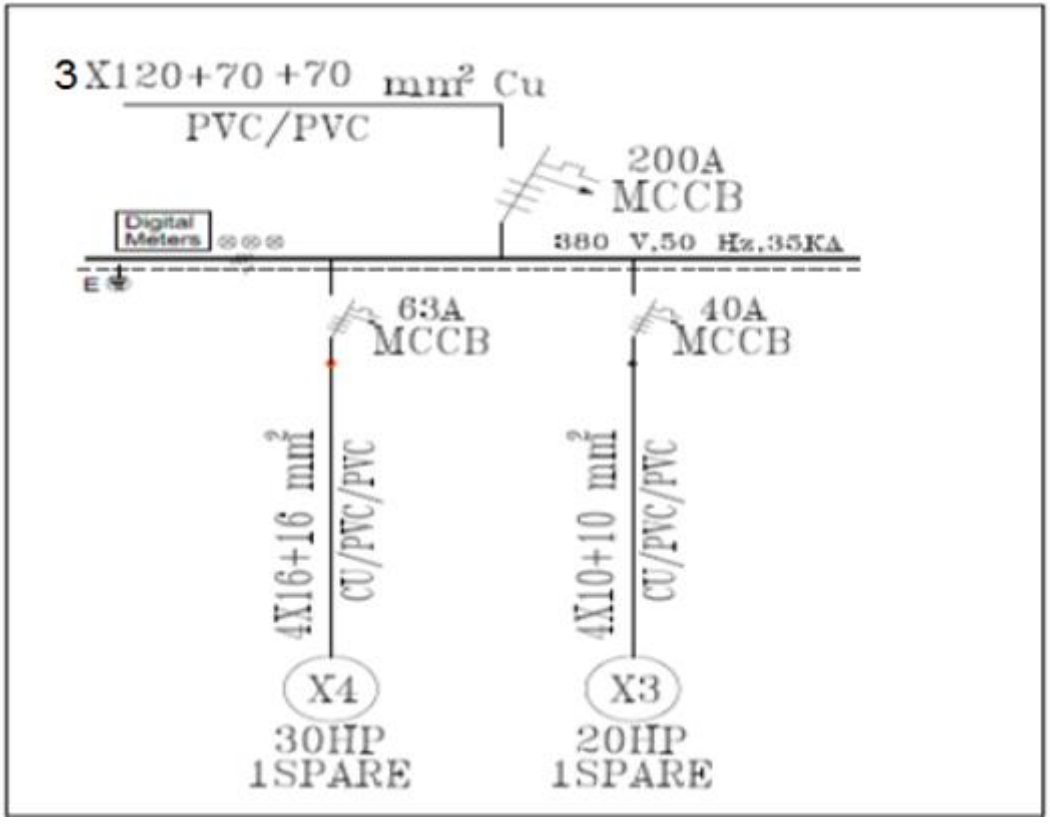
C.B = 200 Amp

$$I_{cable} = \frac{C.B}{D.F}$$

Temp = 50°c → PVC → $D.F_T = 0.82$

Single cable → $D.F_G = 1$

$$I_{cable} = \frac{200}{0.82} = 250 \text{ Amp}$$

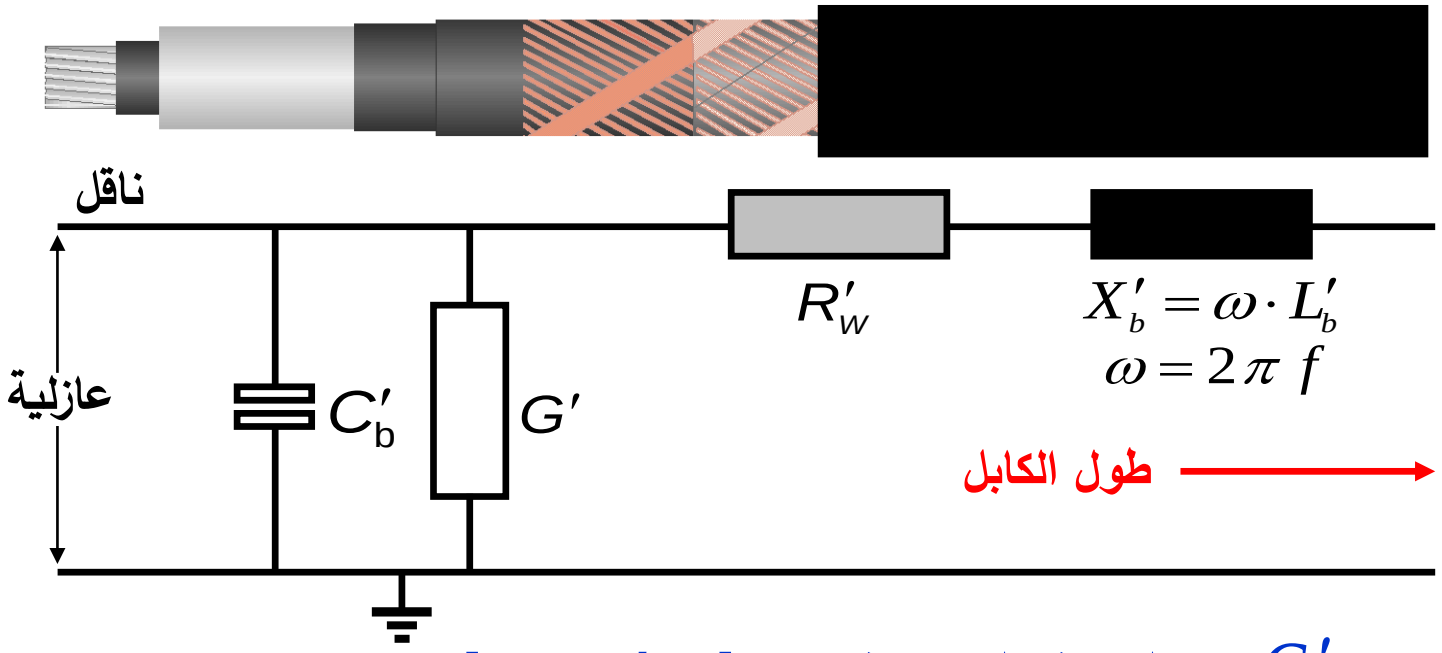


From Elsewedy Catalogue: chose

Cu/PVC/PVC (3 X 120 + 70)+70 mm2

الخواص الكهربائية للكابلات:

الدارة المكافئة للكابل:



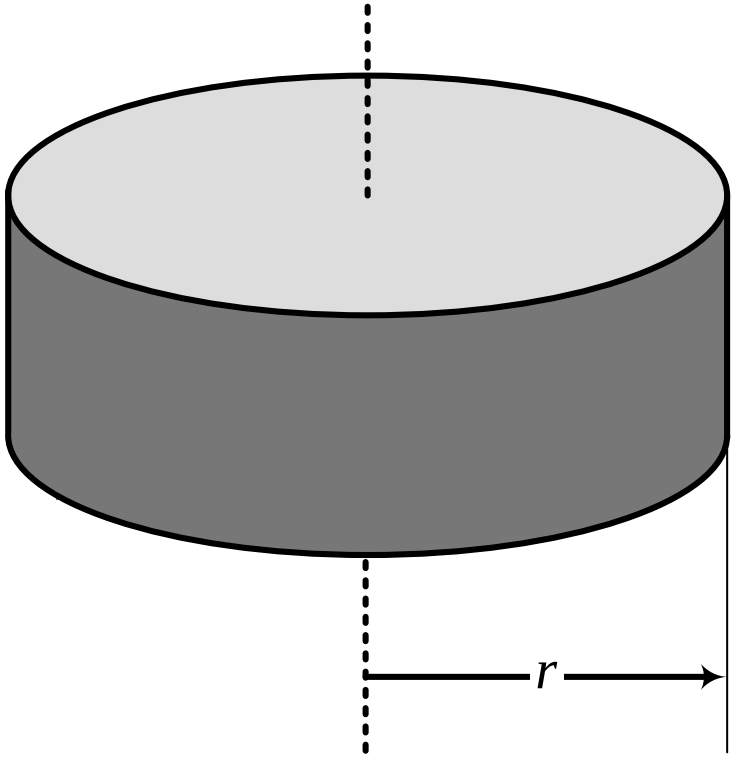
C'_b = السعة المكافئة، $[\mu F / km]$

G' = ناقلية المادة العازلة، $[\Omega \cdot km]$

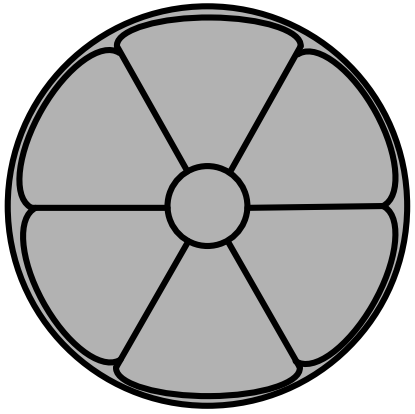
R'_W = المقاومة الأومية للناقل، $[\Omega / km]$

L'_b = تحريضية للناقل، $[mH / km]$

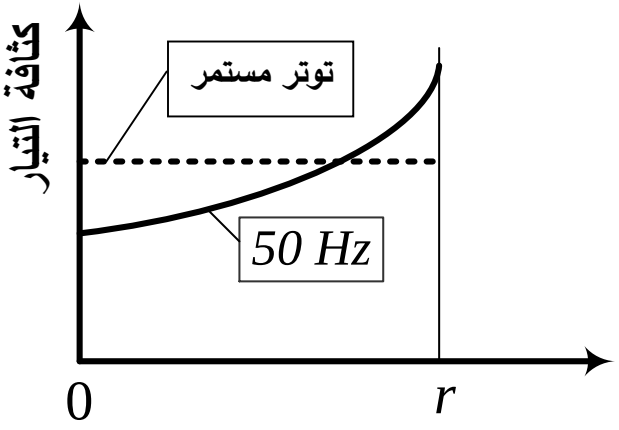
توزيع كثافة التيار على مقطع الناقل



الناقل

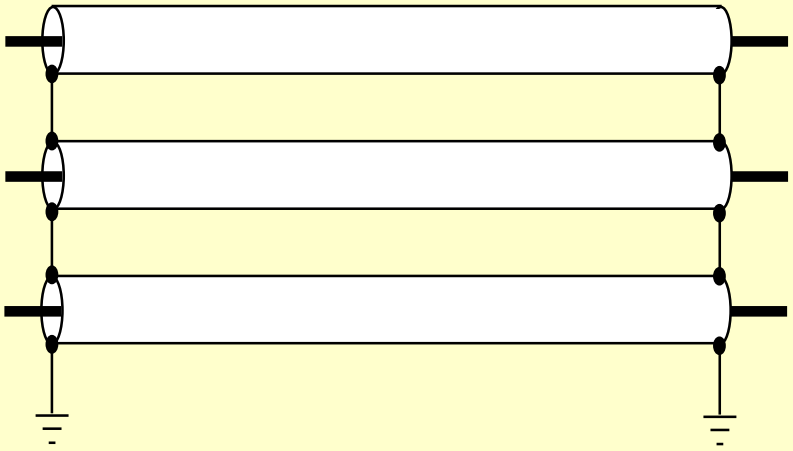


نواقل *Milliken*



استثمار المقطع

حالات تأريض الغلاف المعدني للكابلات المفردة



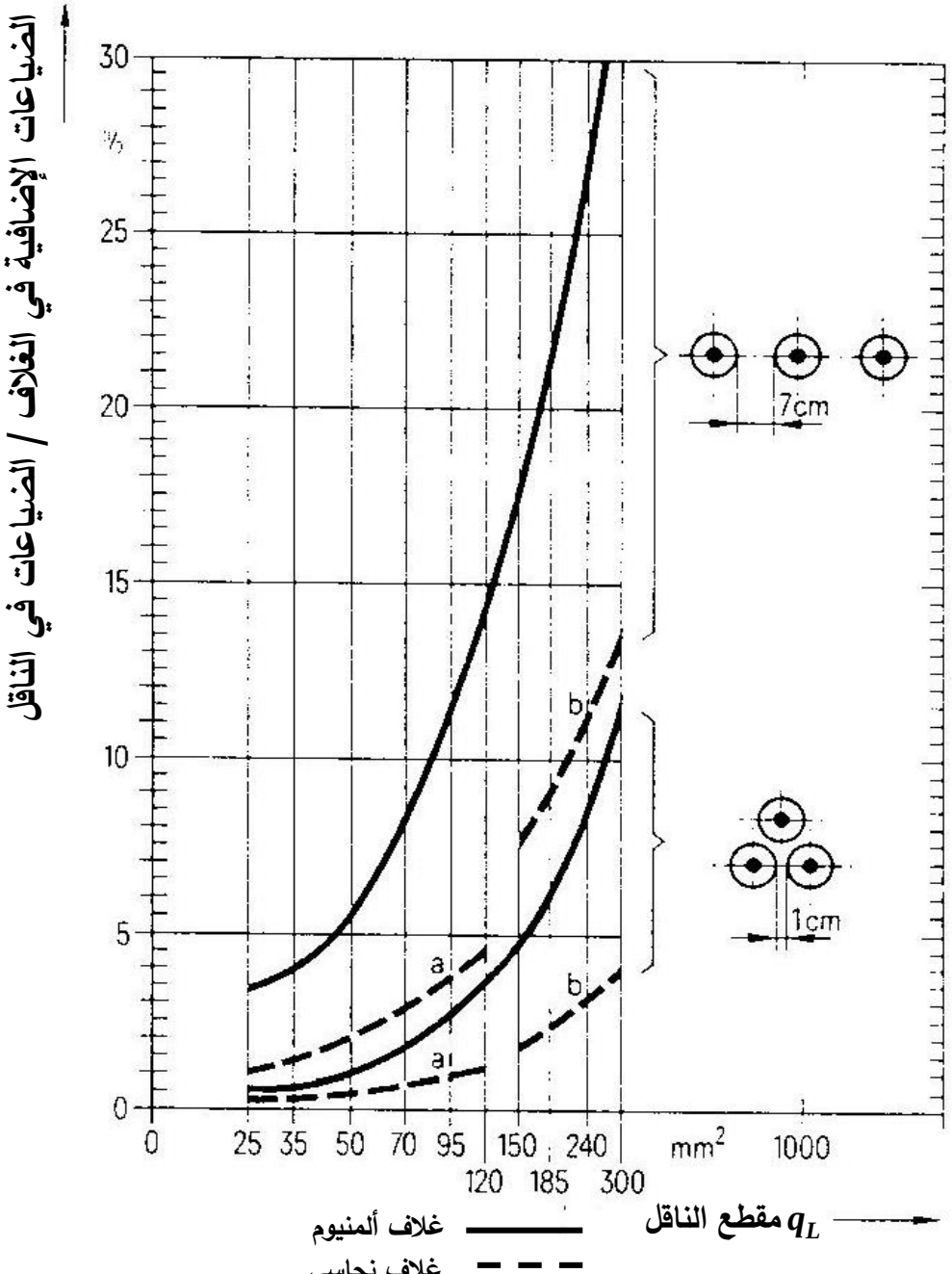
١. تأريض الغلاف من الجهتين

المحاسن ...

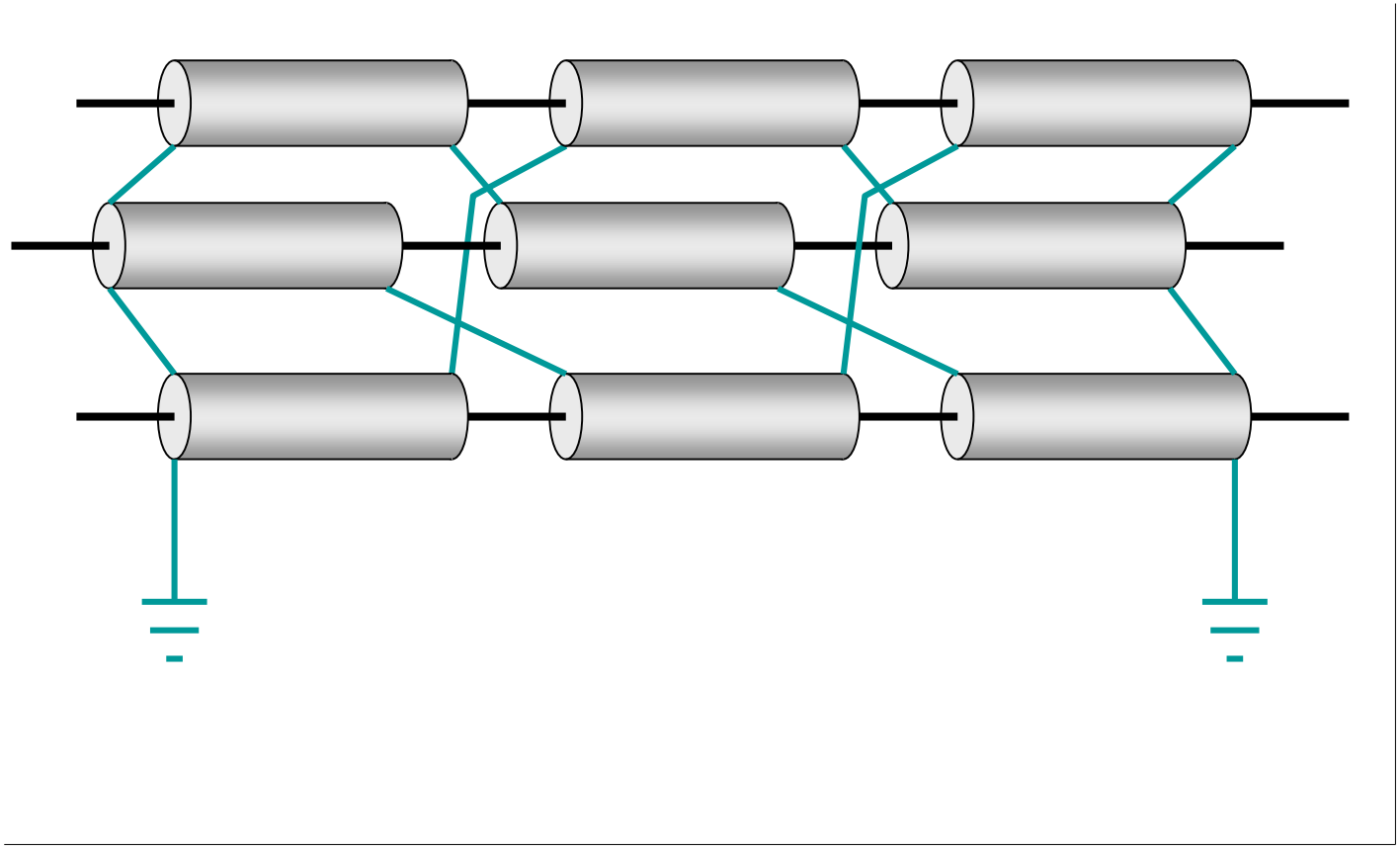
* **لا يوجد توتر تماس في نهاية الكابل.**
* **بسيط وكلفة قليلة.**

المساوئ ...

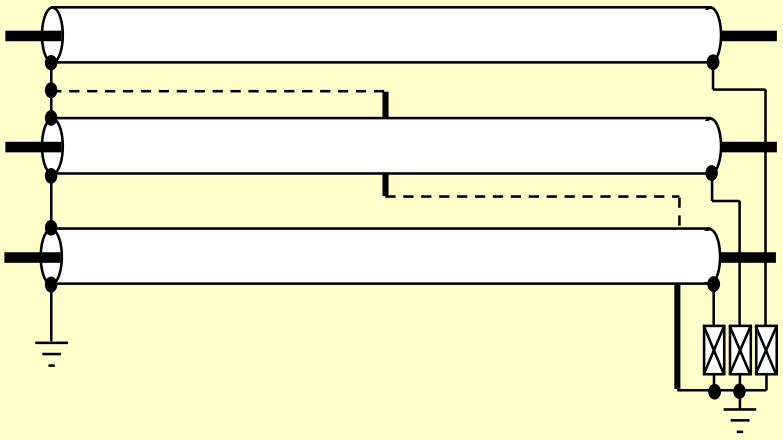
* **تيارات دائرية في الغلاف.**
* **ضياعات إضافية في الغلاف وبالتالي تيار حمولة أقل.**
* **تقليل قيمة عامل تخفيض الغلاف المعدني للتشويش الخارجي.**


الضياعات الإضافية في الغلاف / الضياعات في الناقل
%
30
25
20
15
10
5
0
0
25 35 50 70 95 150 240
120 185 300
mm²
1000
مقطع الناقل q_L
a
b
a
b
7cm
1cm
غلاف ألمنيوم
غلاف نحاسي

٢. التأريض التصالبي للغلاف المعدني



٣. تأريض الغلاف من جهة واحدة



المحاسن ...

* لا تتشكل حلقات مغلقة.
* لا تسري تيارات دائرية في الغلاف.
* ضياعات قليلة في الغلاف وبالتالي تيار حمولة كبير.

المساوئ ...

* تتحرض توترات كبيرة في نهاية الغلاف المفتوحة.
* لا بد من استخدام مفرغات توتر في نهاية الغلاف غير المؤرض.
* تمديد ناقل تأريض إضافي.
* كلفة كبيرة.

المواصفات العالمية في مجال الكابلات

عدة أجزاء-IEC 60287: حساب تيار الحمولة في الكابلات

IEC 60228: نواقل الكابلات

IEC 60502-1: عناصر كابلات التوتر المنخفض

IEC 60502-2: عناصر كابلات التوتر المتوسط

IEC 60540: اختبارات العازلية

اختبارات الكابلات :
IEC 60840 XLPE حتى U_m=170 kV
IEC 62067 XLPE حتى U_m=550 kV