فصل دوم

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۳	—	۳

کابل و کابل کشی

هدف‌های رفتاری: هنرجو باید در پایان این فصل بتواند:

۱ـ تعریف کابل را بیان کند.

۲ـ ساختمان و قسمت‌های مختلف کابل‌ها را شرح دهد .

۳ـ از روی علایم اختصاری، مشخصات کابل‌ها و نوع مصرف آن‌ها را بیان کند .

۴ـ کابل مناسب را برای مصرف کننده‌های فشار ضعیف ، از روی جدول ، انتخاب کند .

مقدمه

امروزه در صنعت برق، بخش عظیمی از توزیع انرژی الکتریکی، به ویژه در فشار ضعیف ، به وسیلهٔ کابل‌ها صورت می گیرد . البته برای انتقال الکتریکی فشار متوسط و قوی نیز در برخی موارد از کابل‌های مخصوص استفاده می‌شود.

کاربرد کابل‌ها در تأسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانجات کابل‌سازی کابل‌ها را در اندازه‌ها و کاربردهای گوناگون و با ساختمان‌های داخلی متفاوت تولید می کنند.

شکل ۱ـ۲ـ نمونه‌هایی از این کابل‌ها را نشان می‌دهد.

البته علاوه بر بخش تولید، استفاده از کابل نیز نیازمند مهارت و تخصص کافی است و اتصال‌های مختلف در کابل کشی فشار ضعیف و فشار قوی نیاز به مهارت و رعایت اصول فنی دارد . در این فصل هنرجویان ضمن شناخت کلی دربارهٔ کابل‌ها، با لوازم و تجهیزات کابل کشی آشنا خواهند شد.

کابل NYCY

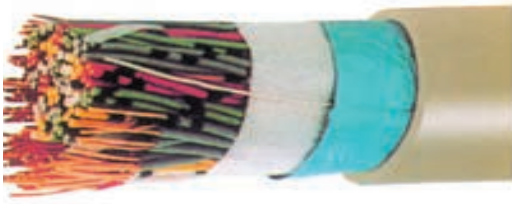
کابل آلومینیومی زره‌دار ۱×۲۴۰ میلی‌متر مربع ۲۰ کیلوولت

کابل افشان تخت

کابل ۱×۱۵۰ میلی‌مترمربع زره‌دار ۶۳ کیلوولت

کابل زمینی $3\frac{1}{2}$ رشتهٔ یک کیلوولت

کابل مسی زره‌دار ۱×۳۰۰ میلی‌متر مربع ۳۳ کیلوولت



کابل مخابراتی MDF

کابل مخابراتی مهاردار هوایی

شکل ۱ــ۲ــ نمونه‌ای از انواع کابل‌ها

۱ ـ تعریف کابل

اصولاً هر نوع هادی، که بتواند جریان برق را از داخل خود عبور دهد و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر و در روی سطح سیم نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، «کابل» نامیده می‌شود.

۲ ـ ساختمان کابل‌ها

به طور کلی کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از کاربرد آن‌هاست.

یعنی نوع کارشان موجب می شود که جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت‌ها موجب تقسیم‌بندی کابل‌ها می‌گردد. ساختمان و اجزای تشکیل‌دهندهٔ کابل‌های مخابراتی کاملاً با کابل‌های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند.

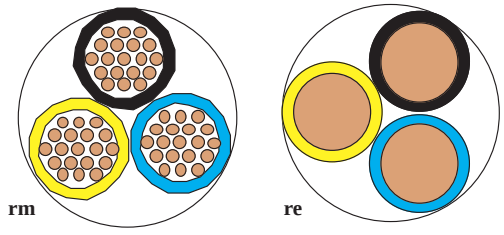
۱ـ۲ـ هادی کابل‌ها

هادی‌ها از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شوند.

سطح مقطع هادی‌ها، با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد، در اندازه‌های گوناگون و شکل‌های متفاوت درست می‌شود.

هادی‌های کابل را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان تقسیم‌بندی نمود. در این‌جا کابل‌ها را از نظر سطح مقطع هادی و تعداد رشته به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

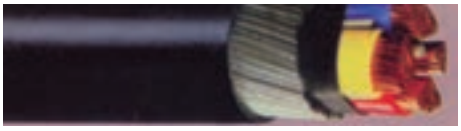
الف) هادی‌ها از نظر تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) مطابق شکل ۲ـ۲ وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های تک رشته از حرف اختصاری (e) و کابل‌های چند رشته از حرف اختصاری (m) استفاده می‌شود.

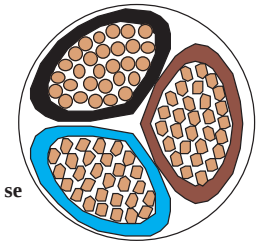


مفتولی =e گرد =r رشته‌ای =m گرد=r

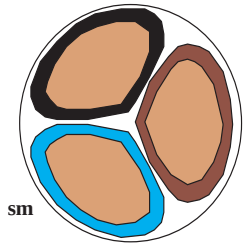
شکل ۲ـ۲

ب) هادی‌ها از نظر شکل سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی (سکتور) مطابق شکل ۳ـ۲ وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های گرد از حرف اختصاری (r) و کابل‌های مثلثی از حرف اختصاری (s) استفاده می‌شود.





مفتولی =e مثلثی =s



رشته‌ای =m مثلثی = s

شکل ۳ـ۲

۲ـ۲ـ عایق کابل‌ها

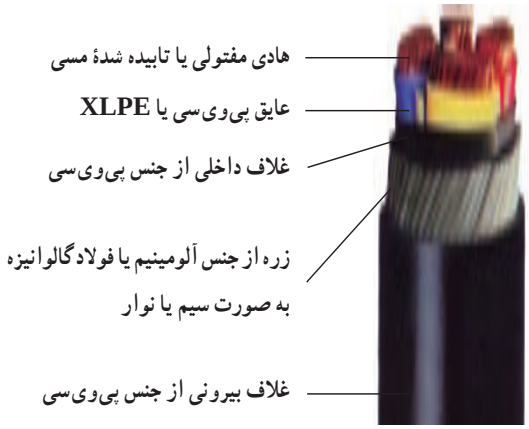
با توجّه به این که کابل‌ها در زیر زمین و یا روی تجهیزات فلزی نصب می‌شوند، نباید هیچ‌گونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد. به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنهٔ عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق‌کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می‌شود، که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیراند :

- کاغذهای آغشته به روغن مخصوص
- مواد لاستیکی
- مواد پی‌وی‌سی (PVC)، که به نام پروتودور معروف است.

● مواد عایق از جنس پلی اتیلن، که به نام XLPE معروف است.

شکل ۴ــ۲، یک نوع کابل با عایق پی‌وی‌سی (PVC) را نشان می‌دهد.

برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم‌های کابل از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند. در جدول ۱ــ۲ رنگ‌بندی عایق سیم‌ها بر اساس استاندارد VDE 0271 آلمان و ۱ــ۶۰۷ مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران[1] نشان داده‌شده‌اند.



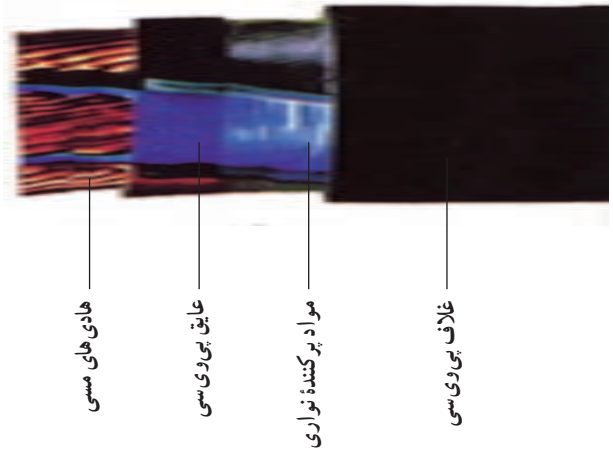
شکل ۴ــ۲ــ کابل با عایق پی‌وی سی به همراه اجزای کابل

جدول ۱ ــ۲

تعداد سیم‌های کابل	رنگ عایق سیم‌های کابل بدون سیم محافظ (سیم ارت)	رنگ عایق سیم‌های کابل با سیم محافظ (سیم ارت)
۱ سیمه	سیاه	ــ
۲ سیمه	سیاه ــ آبی	ــ
۳ سیمه	سیاه ــ آبی ــ قهوه‌ای	سبز و زرد ــ آبی ــ قهوه‌ای
۴ سیمه	سیاه ــ آبی ــ قهوه‌ای ــ سیاه	سبز و زرد ــ آبی ــ قهوه‌ای ــ سیاه
۵ سیمه	سیاه ــ آبی ــ قهوه‌ای ــ سیاه ــ سیاه	سبز و زرد ــ آبی ــ قهوه‌ای ــ سیاه ــ سیاه
۶ سیمه و بالاتر	تمام سیم‌ها سیاه و روی همهٔ آن‌ها شماره زده می‌شود	سبز و زرد ــ بقیهٔ سیم‌ها سیاه و روی همهٔ آن‌ها شماره زده می‌شود

۳ـ۲ـ غلاف کابل

در برخی کابل‌ها از لایه و یا لایه‌هایی در روی کابل استفاده می‌شود که می‌توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کنند و هم‌چنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند. اصطلاحاً به این محافظ «غلاف کابل» یا «زره» می‌گویند. در ساده‌ترین حالت، مطابق شکل ۵ــ۲ کابل دارای یک غلاف از مواد پی‌وی‌سی است که کابل را در مقابل عوامل بیرونی، از جمله نفوذ رطوبت محافظت می‌کند.



شکل ۵ــ۲ــ کابل با غلاف PVC

۱ــ تمامی استانداردهای ملی در رشته برق از سایت مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به نشانی www.isiri.org قابل دانلود است.

حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهای دیگری، مانند نیروی مکانیکی به آن وارد می‌شود ضرورت دارد، با استفاده از زره فولادی و یا زره آلومینیومی که در تمام طول کابل به صورت مفتول و یا ورق تعبیه می گردد، محافظت مکانیکی شود. به عنوان مثال می‌توان از کابل‌کشی برای توزیع انرژی الکتریکی در شهرها، که به صورت دفنی در خاک و در زیر معابر و خیابان‌ها اجرا می‌شود، نام برد. کابل‌های فوق حتماً به غلاف (زره) فولاد گالوانیزه و یا آلومینیومی مجهزند (شکل ۶ــ۲).

کابل‌ها را از نظر کاربرد به دو دستهٔ کابل‌های مسلح و کابل‌های غیرمسلح می‌توان تقسیم‌نمود. کابل های مسلح که برای تحمل ضربه‌ها، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظ‌اند و کابل‌های غیر مسلح که فاقد محافظ‌اند.

شکل ۶ــ۲ــ کابل با غلاف آلومینیومی

۳ـ عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابل‌ها

به طور کلی برای انتخاب یک کابل باید به موارد زیر توجه کرد.

۱ــ جریان مورد نیاز بار و میزان تحمل کابل در برابر جریان عبوری

۲ــ ولتاژ نامی (ولتاژ نامی مورد استفاده با ولتاژ نامی قابل تحمل کابل برابر یا کم‌تر باشد)

۳ــ افت ولتاژ مجاز

۴ــ حفاظت مدار

۵ــ بار اتصال کوتاه مجاز

۶ــ شرایط محیطی (دمای محیط، میزان فشار و کشش وارد بر کابل، رطوبت محیط و اثرات خوردگی محل نصب کابل)

از بین عوامل فوق جهت تعیین سطح مقطع کابل باید به جریان مورد نیاز مصرف کننده و میزان تحمل کابل در برابر عبور جریان و افت ولتاژ مجاز، توجه خاص داشته باشیم.

I ــ جریان مجاز

جریان مجاز عبوری از کابل‌ها به گونه‌ای تعیین می‌شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی‌های آن به خوبی به محیط اطراف منتقل شود؛ به طوری که درجهٔ حرارت عایق در سطح هادی کابل‌های پی.وی.سی از ۷۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر نشود. میزان تحمل جریان کابل به شرایط محیطی آن، که در هوای آزاد و یا محیطی بسته باشد، بستگی دارد. هر چه میزان جریان عبوری از کابل بیشتر باشد، حرارت ایجاد شده در فضای اطراف آن زیادتر خواهد بود و باید در نحوهٔ قرار گرفتن کابل‌ها در کنار هم به آن توجه کرد.

جداول ۱ــ۲، میزان تحمل جریان کابل را (با سطح مقطع‌های مختلف در شرایط گوناگون) نشان می‌دهد.

جدول ۲ ــ۲ــ قابلیت بار مجاز سیم‌های مسی عایق‌دار و سطح مقطع‌های مربوط

سطح مقطع	گروه اول : یک یا چند سیم عایق‌دار نوع NYA یا استاندارد ایران ۰۱ (۶۰۷)		گروه دوم : کابل‌های رشته‌ای مانند NYM یا استاندارد ایران ۱۰ (۶۰۷)		گروه سوم : سیم‌های مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع	
	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵

جدول ۳ــ۲، جریان مجاز کابل‌های برق را، با توجه به رشته سیم‌های آن، نشان می‌دهد.
قرارگیری در خاک و یا هوای آزاد و هم‌چنین با توجه به تعداد

جدول ۳ ــ ۲ــ جریان مجاز کابل‌های برق با ولتاژ اسمی ۱KV

سطح مقطع $(mm)^2$	کابل‌های ۱ سیمه جریان مستقیم (amp)		کابل‌های ۲ سیمه (amp)		کابل‌های ۳ و ۴ سیمه (amp)		سه تا کابل یک سیمه سه فاز (amp)			
							طرز قرار گرفتن کابل‌ها		طرز قرار گرفتن کابل‌ها	
	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد
۱/۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	–	–	–	–
۲/۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	–	–	–	–
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	–	–	–	–
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۸	۴۴	–	–	–	–
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰	–	–	–	–
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	–	–	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	–	–	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۴۵	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	–	–	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	–	–	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰

II ــ افت ولتاژ در کابل

در انتخاب کابل، علاوه بر جریان مجاز عبوری، طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین کننده‌ای به شمار می‌آید. در مصرف کننده‌های موتوری سه فازه افت ولتاژ نباید از ۳ درصد ولتاژ نامی تجاوز کند. یعنی در شبکهٔ ایران حداکثر افت ولتاژ مجاز برابر خواهد شد با

$$\Delta V = \%\Delta V \times V = \%۳ \times ۳۸۰ = ۱۱/۴V$$

محاسبهٔ سطح مقطع کابل ها : با توجه به تعداد مصرف‌کننده‌ها و نوع آن‌ها، می‌توانیم از تابلو اصلی، چندین انشعاب یا مسیر مجزا در نظر بگیریم و سر راه هر یک فیوز مناسبی قرار دهیم. لذا، برای هر مسیر و با توجه به توان مصرفی آن مسیر، می‌توانیم سطح مقطع کابل مورد نظر را محاسبه کنیم. گفتنی است در انتخاب سطح مقطع استاندارد، همیشه باید مقطعی را انتخاب کنیم که از مقدار محاسبه شده بیش‌تر یا مساوی با آن باشد.

برای مصارف تک فازه :

$$A = \frac{۲ \times L \times I \times \cos\varphi}{\kappa \times \%\Delta V \times V}$$

برای مصرف کننده‌های سه فازه :

$$A = \frac{\sqrt{۳}.L \times I \times \cos\varphi}{\kappa \times \%\Delta V.V_L}$$

که در فرمول‌های فوق :

A = سطح مقطع کابل [برحسب mm^2]

I = جریان مصرف کننده [برحسب آمپر] (جریان خط در مصرف کننده‌های سه فاز)

L = طول کابل [برحسب متر]

V_L= ولتاژ خط [برحسب ولت]

$\%\Delta V$ = درصد افت ولتاژ

κ = قابلیت هدایت مخصوص کابل بر حسب $\left[\frac{m}{\Omega mm^2}\right]$

مثال۱: سطح مقطع کابل مصرف کننده تک‌فاز ۲۲۰ ولتی که فاصله‌اش از تابلو ۲۰ متر است و جریان ۱۵ آمپر را با ضریب قدرت ۰/۶ پس فاز دریافت می‌کند، در صورتی که $\kappa = 56$ و $\%\Delta V = 2$ محاسبه کنید.

$$A = \frac{2 \times L \times I \times \cos\varphi}{\kappa \times \%\Delta V \times V} = \frac{2 \times 20 \times 15 \times 0/6}{56 \times 0/02 \times 220} = \frac{360}{246/4}$$
$$= 1/46 \Rightarrow A = 1/5 mm^2$$

مثال۲ : می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فازه با جریان نامی ۲۰ آمپر و ضریب توان ۰/۷۵، که در فاصلهٔ ۵۰ متری از تابلو قرار دارد، از یک کابل استفاده کنیم. سطح مقطع کابل را محاسبه کنید. $\%\Delta V = 2$ و $\kappa = 56$

$$A = \frac{\sqrt{3}.L \times I \times \cos\varphi}{\kappa \times \%\Delta V.V_L}$$

حل: چون شبکهٔ برق سه فاز کشورمان ولتاژ خط آن ۳۸۰ ولت است بنابراین، V_L=۳۸۰ را قرار می‌دهیم.

$$A = \frac{1/73 \times 50 \times 20 \times 0/75}{56 \times 0/02 \times 380} = \frac{1297/5}{425/6} = 3/04$$

چون سطح مقطع به‌دست آمده جزو کابل‌های استاندارد نیست. بنابراین، اولین شمارهٔ کابلی را، که مقطع آن بیش‌تر از مقدار محاسبه شده است، انتخاب می‌کنیم. در این مسئله، کابل نمرهٔ ۴ خواهد بود بنابراین، نوع کابل NYY۴×۴ انتخاب می‌شود، که در جدول (۴ــ۴) سطح مقطع سیم‌های استاندارد آمده است.

۴ـ سیم‌های برق

عمده‌ترین انواع سیم‌های عایق‌دار مورد استفاده در تأسیسات برقی و کارهای ساختمانی را می‌توان برابر استاندارد (VDE) به سه دستهٔ کلی زیر تقسیم نمود.

۱ـ۴ـ سیم‌های مفتولی

هادی این نوع سیم‌ها از مس استاندارد شده با پوششی از مادهٔ پی.وی.سی است. ولتاژ اسمی سیم، ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و برای جریان‌های مختلف، با سطح مقطع‌های ۱/۵ تا ۲۴۰ mm^2، ساخته می‌شود.

برای مصرف در تابلوهای برق و تأسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاط خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم در داخل دیوار، به طور مستقیم، مجاز نیست (شکل۷ــ۲).

شکل ۷ــ۲ــ سیم‌های مفتولی

۲ـ۴ـ سیم‌های نیمه افشان

ساختمان این سیم مشابه سیم‌های مفتولی است. ولتاژ اسمی این سیم ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و زمینه‌های کاربردی آن مشابه سیم‌های مفتولی است (شکل ۸ ــ۲). فقط در مواردی که نیاز به انعطاف بیشتری نسبت به سیم‌های مفتولی است، از این سیم استفاده می‌شود.

شکل ۸ ــ۲ــ سیم نیمه‌افشان

۳ـ۴ـ سیم‌های افشان

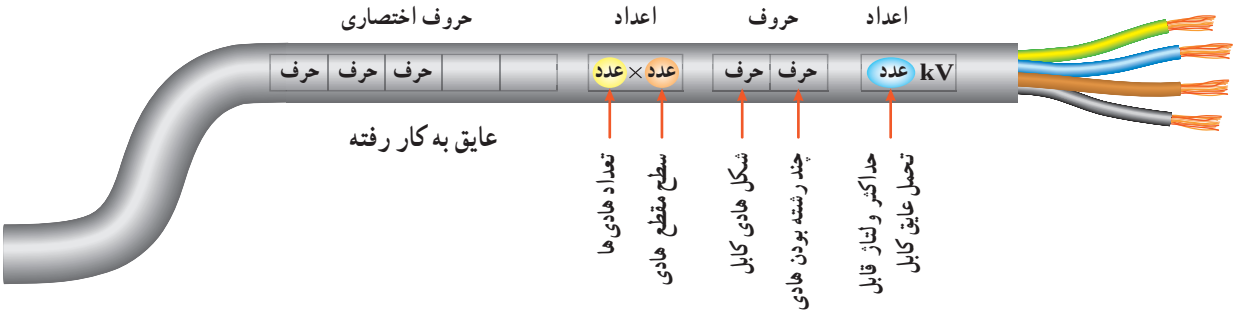
ساختمان این نوع سیم مانند سیم‌های مفتولی و نیمه افشان است. ولتاژ اسمی آن ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم‌های نیمه افشان بیش‌تر است (شکل ۹ــ۲).

شکل ۹ــ۲ــ سیم‌های افشان

۵ـ نحوهٔ استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها

بر روی بدنهٔ کابل‌ها از یک سری حروف، که نشان دهندهٔ نوع عایق به کار رفته در کابل است و هم‌چنین یک سری اعداد، که نشان دهندهٔ تعداد رشته و سطح مقطع هر رشته است (به همراه حروف اختصاری تعداد رشته و سطح مقطع، در کنار ولتاژ قابل تحمل عایق کابل)، استفاده می‌شود. از این اطلاعات برای تشخیص زمینهٔ کاربرد کابل‌ها می‌توان استفاده کرد.

با توجه به توضیحات فوق، ساختار کلی نوشتن اطلاعات روی کابل‌ها را به صورت زیر، می‌توان بیان کرد :



برای بیان جنس هادی و عایق به کار رفته در کابل‌ها و همچنین برای توضیحات بیشتر، از حروف اختصاری استفاده می‌شود. در جدول ۴ــ۲ به چند نمونهٔ آن‌ها اشاره شده است.

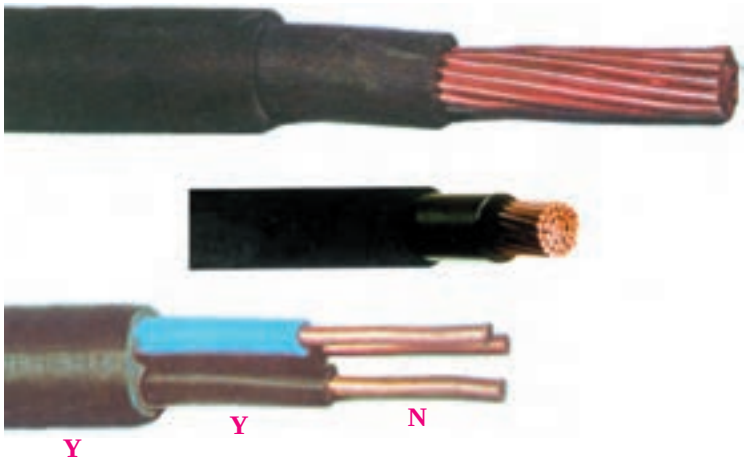
جدول ۴ ــ ۲

حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل های نُرم شده با هادی مسی براساس استاندارد VDE
Y (اولین Y در ردیف حروف)	عایق پروتودور
Y (دومین Y در ردیف حروف)	روپوش پروتودور
NA (اولین حروف)	کابل‌های نُرم شده با نوع هادی از جنس آلومینیوم
A (دومین حرف)	غلاف خارجی دوبل
B	کابل مسلح با نوار فلزی (بانداژ فولادی)
K	غلاف سربی

مثال۱: کابل‌های زمینی (NYY)

این نوع کابل‌های برق، برای کابل‌کشی در زیرزمین، در آب، در کانال و محل‌هایی که احتمال ضربهٔ مکانیکی نباشد، با ولتاژ اسمی کابل ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

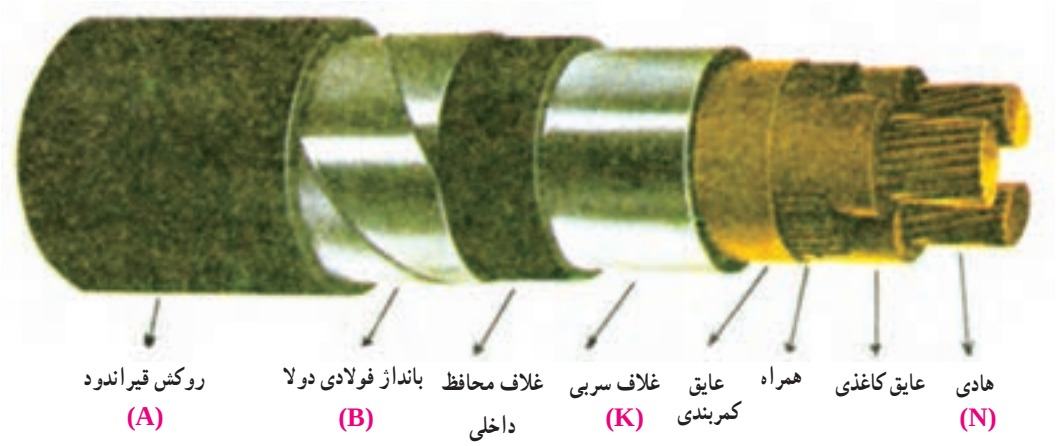
ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نرم شده، که به وسیلهٔ پی. وی. سی. عایق و غلاف می‌شوند، تشکیل شده است. مقطع هادی این نوع کابل‌ها گرد یا سه گوش است. سیم‌های عایق شده، پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل مادهٔ پرکننده، قرار می‌گیرند. به دور کابل‌های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود. شکل ۱۰ــ۲، سه نوع از این کابل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ۲ــ NYY

مثال۲: کابل NKBA ۳×۳۵ sm۶/۱۰kV

برای ولتاژ ۶/۱۰kV با غلاف سربی، پوشش حفاظتی داخلی، نوار حفاظتی فولادی، و غلاف خارجی پروتودور به رنگ مشکی و برای ولتاژهای بالاتر به رنگ قرمز است. در ولتاژ پایین برای نصب داخل ساختمان‌ها و در کانال‌هایی که، در برابر آتش‌سوزی و سائیدگی حفاظت لازم دارند، به کار برده می‌شوند. همچنین برای دفن کردن در زمینی، که در آن مواد شیمیایی یا الکترولیتی وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۱ــ۲).



شکل ۱۱ــ۲ــ کابل NKBA

۶ـ لوازم و تجهیزات کابل کشی

برای اجرای عملیات مختلف بر روی کابل‌ها، به لوازم و تجهیزاتی نیاز است که در زیر به شرح آن‌ها می‌پردازیم :

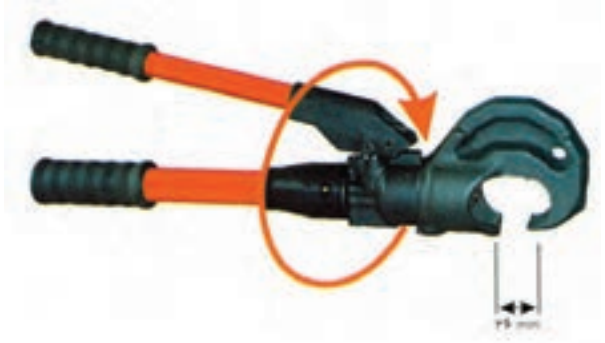
۱ـ۶ـ قیچی کابل‌بُری

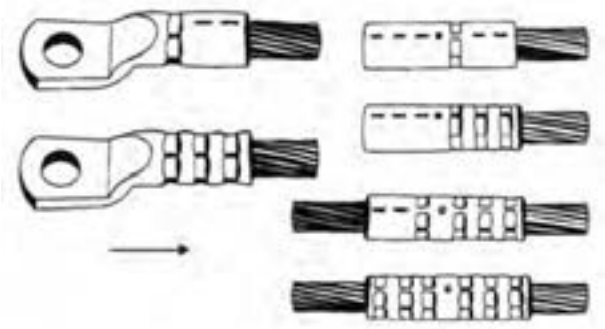
برای بریدن کابل‌ها و هادی‌های مسی و آلومینیومی با قطر کم از قیچی کابل‌بری دستی، و برای قطرهای بیش‌تر، از قیچی‌های هیدرولیکی، پنوماتیکی و یا الکترومکانیکی استفاده می‌شود. در شکل ۱۲ــ۲، نمونه‌هایی از قیچی کابل‌بری دستی نشان داده شده است.

شکل ۱۲ــ۲ــ نمونه‌هایی از قیچی کابل‌بری دستی

۲ـ۶ـ پرس‌های کابل‌شو

برای پرس سر سیم‌های فلزی به سرهادی‌ها از پرس دستی استفاده می‌شود. شکل ۱۳ــ۲، نمونه ای از پرس دستی را، به همراه انواع کابل‌شوهای پرس شده، نشان می‌دهد.





شکل ۱۳ــ۲ــ پرس دستی

۳ـ۶ـ هویهٔ دستی چکشی ، سر پیک گاز ، چراغ کوره‌ای

جهت لحیم‌کاری کابل‌شوها از هویهٔ دستی چکشی و سر پیک گاز و یا چراغ کوره‌ای استفاده می‌شود (شکل ۱۴ــ۲).

ج) هویهٔ چکشی　　ب) سرپیک گاز　　الف) چراغ کوره‌ای

شکل ۱۴ــ۲ــ انواع وسایل حرارتی برای لحیم‌کاری

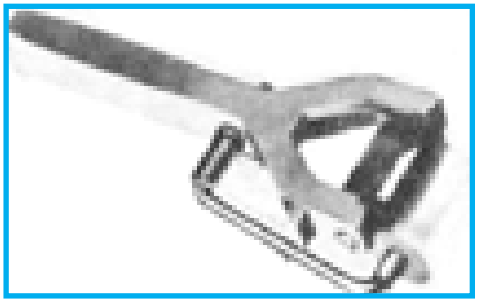
۴ـ۶ـ قیچی کابل‌بری هیدرولیکی

قیچی کابل‌بری هیدرولیکی دستی، که قابل تنظیم برای قطرهای مختلف از کابل‌هایی با هادی مسی و آلومینیومی است و بیش‌تر برای کابل‌های با قطر زیاد، که نمی‌توان با قیچی‌های کابل‌بر ساده برش داد، کاربرد دارد (شکل ۱۵ــ۲).

شکل ۱۵ــ۲

۵ـ۶ـ وسیلهٔ روکش‌برداری کابل

این وسیله دارای دستگیره‌ای است که یک تیغ برش و یک غلتک روی آن قرار دارد. هنگام روکش‌برداری کابل، غلتک در پشت کابل قرار می‌گیرد، و با کشیدن آن روی کابل عایق روی آن برداشته می‌شود. فاصلهٔ بین غلتک و تیغه قابل تنظیم است. بنابراین، امکان لخت کردن همه‌گونه کابلی (با ضخامت عایق‌های مختلف)، وجود دارد (شکل ۱۶ــ۲).



شکل ۱۶ــ۲ــ وسیلهٔ روکش برداری کابل

۶ـ۶ـ بست کابل

در کابل‌کشی‌های روی دیوار از بست کابل استفاده می‌شود. برای انتخاب بست‌های مختلف لازم است نکات زیر رعایت شود :

ــ اندازهٔ قطر خارجی کابل

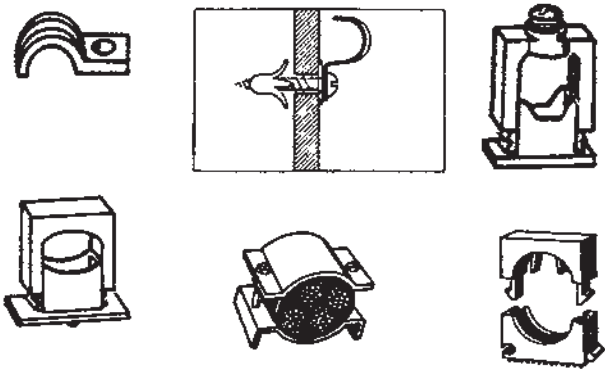
ــ نوع کابل‌کشی با توجه به عوامل مکانیکی، حرارتی و شیمیایی اثرگذار روی کابل

ــ نوع کابل‌کشی از نظر قابل دید (روی دیوار) و یا غیرقابل دید (زیر سقف کاذب) بودن

ــ امکان بستن سادهٔ کابل

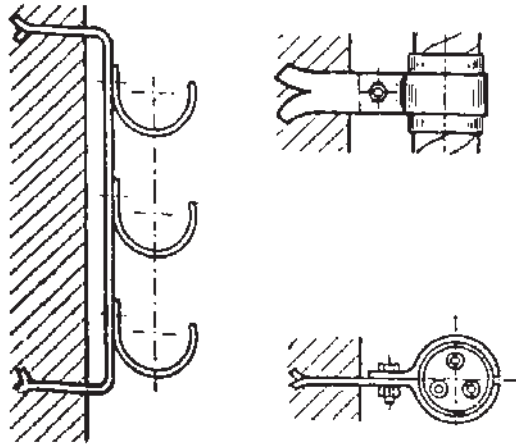
ــ قیمت مناسب نصب

بست‌ها توسط میخ‌های فولادی یا پیچ به روی دیوار محکم و سپس کابل روی آن‌ها بسته می‌شود. انواع بست‌ها در شکل‌های ۱۷ــ۲ نشان داده شده است.



الف) بست‌هایی که به سطح کار پیچ می‌شوند.

ب) بست‌هایی که روی پیچ کار گذاشته شده داخل دیوار سوار می‌شوند.



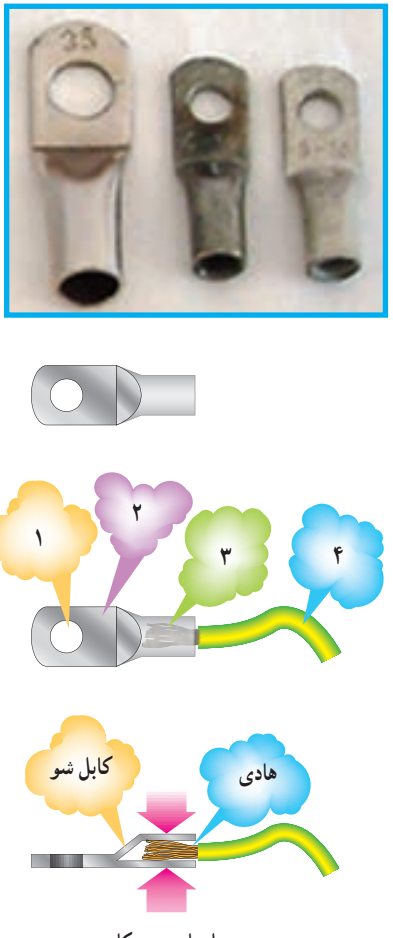
ج) بست‌هایی که پایهٔ آن‌ها در داخل دیوار نصب شده است.

شکل ۱۷ــ۲ــ انواع بست کابل

۷ـ۶ـ کابل‌شوها (سرسیم‌ها)

برای اتصالات جداشدنی سیم‌ها، از فیش یا سر سیم‌های مخصوص استفاده می‌کنند. سر سیم‌ها، با توجه به سطح مقطع سیم، در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود و با لحیم‌کاری یا توسط دستگاه پرس مخصوص، به هادی محکم می‌شوند.

ــ کابل‌شوها را در انواع مختلف پرسی، لحیمی، پیچی و منگنه‌ای می‌سازند. برای به‌دست آوردن اتصال صددرصد و قابل اطمینان، اغلب کابل‌شوها را به هادی‌های کابل، لحیم یا پرس می‌کنند (شکل ۱۸ــ۲).



شکل ۱۸ــ۲ــ ترتیب پرس شدن کابل‌شو

مفهوم اعداد روی شکل ۱۸ــ۲ عبارت است از :

۱ــ سوراخ کابل‌شو (محل قرارگرفتن پیچ)

۲ــ قسمت پهن کابل‌شو

۳ــ سوکت (محل قرارگرفتن سیم)

۴ــ عایق سیم

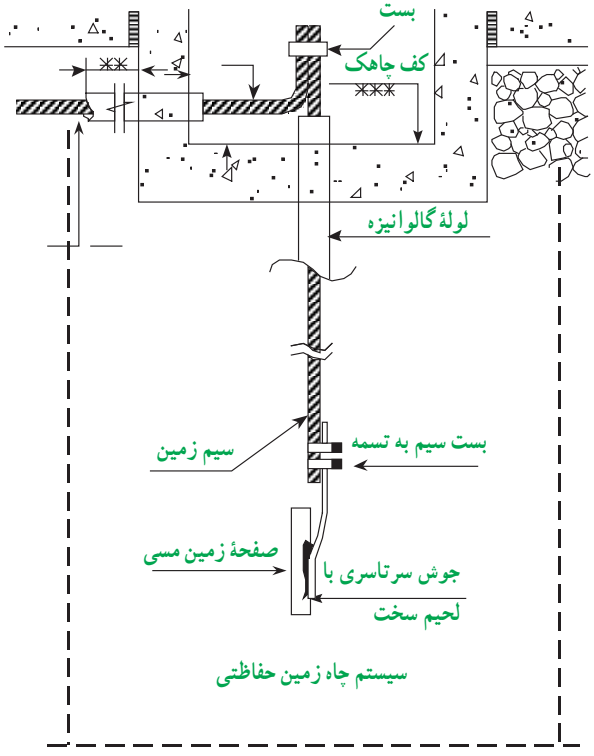
ــ برای اتصال کابل‌های افشان (از مقطع یک میلی‌متر مربع به بالا و کابل‌های مفتولی از ۱۰ میلی‌متر مربع به بالا)، باید از کابل‌شو استفاده شود.

کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلی‌متر مربع و کم‌تر را می‌توان مستقیماً با ایجاد سوکتی به دستگاه مربوطه متصل نمود.

ــ در مواردی برای اتصال هادی‌ها به یکدیگر از لحیم سخت استفاده می‌شود.

لحیم‌کاری سخت نوعی اتصال جدا نشدنی است. این نوع لحیم‌کاری با لحیم‌کاری نرم تفاوت دارد، به طوری که به جای قلع از الکترود برنجی، به جای روغن از روان‌ساز پودری و به عنوان وسیلهٔ حرارتی از سر پیک‌های جوش‌کاری استفاده می‌شود.

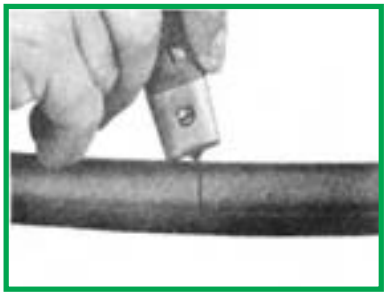
گاهی به این نوع لحیم‌کاری به غلط جوش برنج گفته می‌شود. شکل ۱۹ــ۱۲ اتصال سیم زمین به صفحهٔ مسی را، که به وسیلهٔ لحیم‌کاری سخت صورت می‌گیرد، نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ۲ــ لحیم‌کاری سخت در اتصال سیم مسی به صفحهٔ مسی چاه زمین حفاظتی

روش روکش‌برداری کابل : برای درآوردن عایق روی کابل، ابتدا در محیط کابل و در محل موردنظر به وسیلهٔ چاقو و یا شیار درآر محیطی شیار دایره‌ای ایجاد می‌کنیم (شکل ۲۰ــ۲). سپس در امتداد طول کابل با چاقو و یا ابزار مخصوص برش کابل، خط برش ایجاد و عایق را جدا می‌کنیم (شکل ۲۱ــ۲).

شکل ۲۰ــ۲ــ برش کابل



شکل ۲۱ــ۲ــ عایق برداری

نکات ایمنی

در هنگام روکش‌برداری کابل نباید چاقو را به سمت خود بگیرید زیرا، هنگام بریدن روکش کابل، ممکن است چاقو از سطح کابل جدا شود و سینه یا دست شما را مجروح سازد. ضمناً مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند.

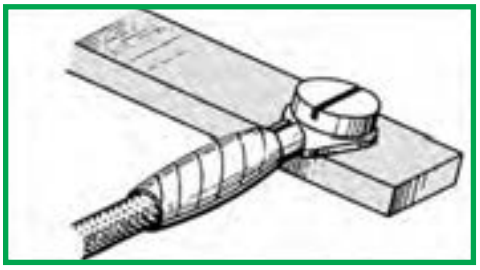
اتصال کابل‌شو به کابل : برای اتصال کابل به دیگر تجهیزات الکتریکی، از کابل‌شو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل‌شوها ممکن است پیچی، پرسی یا قابل لحیم‌کاری باشند. در مقاطع بزرگ، اتصال کابل‌شو به کابل به‌وسیلهٔ لحیم‌کاری و اغلب با شعله صورت می‌گیرد. در صورت استفاده از شعله برای لحیم‌کاری باید توجّه نمود که عایق و روکش بیرونی کابل در اثر

حرارت آسیب نبیند.

مراحل اتصال کابل‌شو به وسیلهٔ لحیم کاری

- عایق سر کابل را به اندازهٔ لازم (به اندازهٔ طول حلقهٔ کابل‌شو + حدود پنج میلی‌متر) جدا کنید و سر کابل را تمیز کنید.
- سرِ کابل را، که عایق آن برداشته شده است، در کابل‌شو داخل نمایید.
- دنبالهٔ عایق سر کابل را، با پیچاندن نخ‌نسوز، از خطر سوختن محافظت کنید.
- کابل‌را با کابل‌شو به طور عمودی نگه دارید. محل لحیم‌کاری را روغن لحیم بزنید. برای لحیم‌کاری، دنبالهٔ کابل‌شو را که بالای محل لحیم‌کاری قرار دارد، به وسیلهٔ چراغ کوره‌ای و یا سر پیک گازی، گرم کنید. با گذاشتن لحیم بر روی آن سعی کنید که لحیم به داخل کابل‌شو نفوذ کند.

نخ‌نسوز را باز کنید و روی محل لحیم‌کاری را با نوار عایق بپوشانید و کابل‌شو را با سر تخت آن و بدون هیچ واسطه‌ای روی محل اتصال زیر پیچ محکم کنید (شکل ۲۲ــ۲).



شکل ۲۲ــ۲ــ عایق‌کاری و قراردادن کابل‌شو زیر پیچ

ــ طریقهٔ اتصال کابل‌شوی پیچی به کابل : کابل‌شوهای پیچی برای مقاطع بزرگ یک لا تا ۱۲۰ میلی‌متر مربع، و سیم‌های چند لا تا ۱۵۰ میلی‌متر مربع مورد استفاده دارند و نحوهٔ اتصال آن‌ها به کابل به ترتیب زیر است :

- کابل‌شوی انتخابی باید با قطر سیم هادی متناسب باشد و صحیح انتخاب شود.
- پیچ‌ها یک‌نواخت محکم شوند و سیم نباید در این حال تغییر شکل دهد. فاصلهٔ بین بست‌های بالا و پایین باید در هر دو طرف یک‌سان باشد. به‌علاوه پس از اتصال، باید یک فشار اتصال کافی (حداقل یک کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) بین دو قسمت بست به وجود آید (شکل ۲۳ــ۲).

شکل ۲۳ــ۲ــ الف

شکل ۲۳ــ۲ــ ب