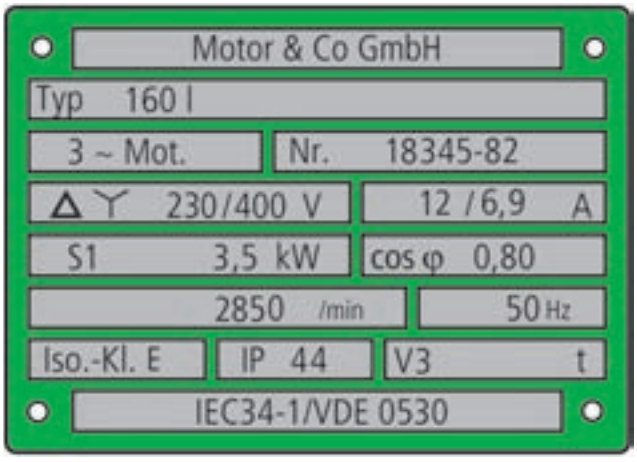
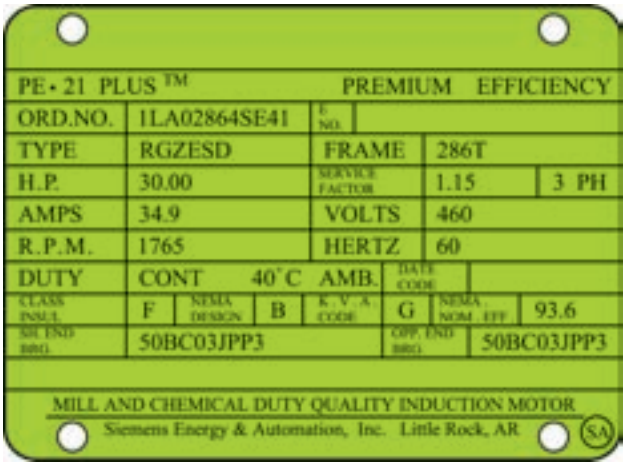
۸ــ آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه فاز، باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه فاز، هم‌چنین اطلاعات نوشته شده در روی آن‌ها متفاوت است. شکل‌های ۵۲ــ۱ دو نمونه پلاک موتور سه فازه را نشان می‌دهد.



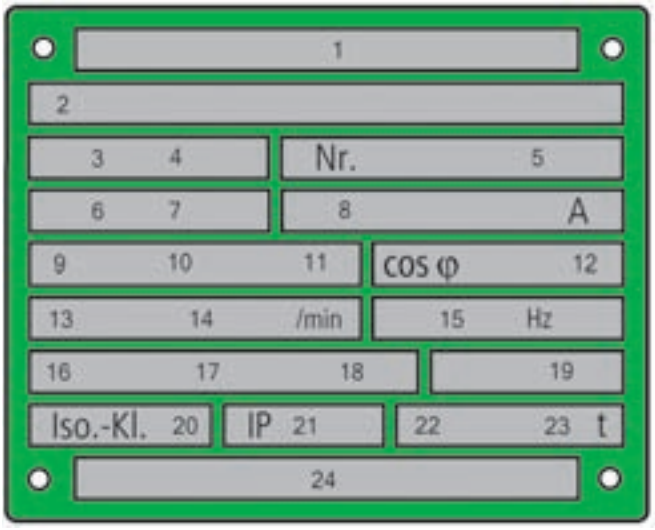
الف



ب

شکل ۵۲ــ۱

اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل ۵۳ــ۱ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه فازه مشاهده می‌شود. در جدول ۳ــ۱ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.

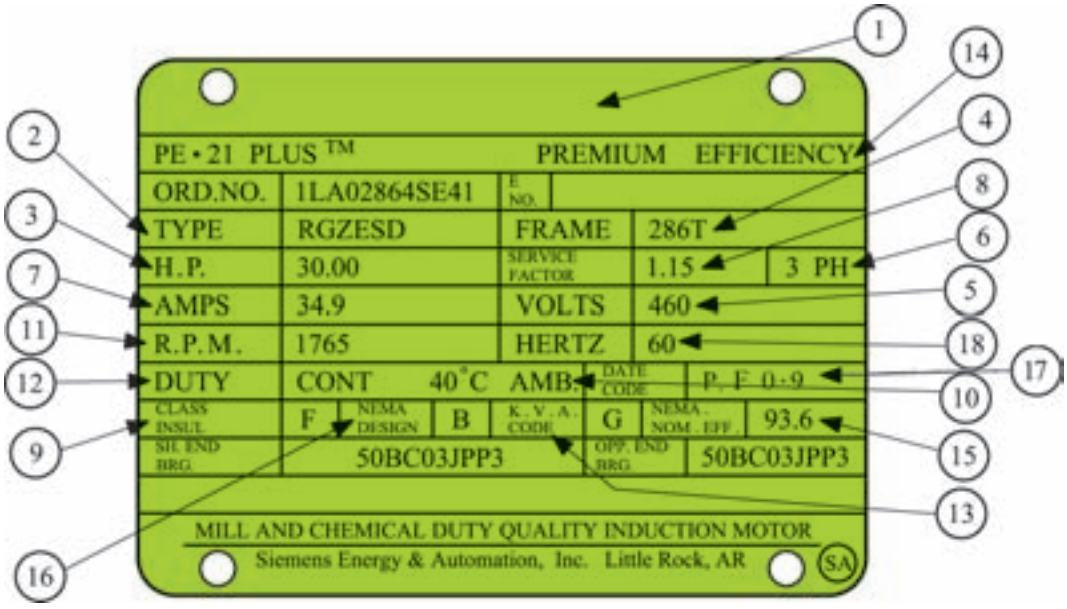


شکل ۵۳ــ۱

جدول ۳ــ۱

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نشانه‌ی کارخانه (نام و آرم)
۲	نشانه‌ی نوع ماشین (تیپ ماشین)
۳	نوع جریان مانند : G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه فاز)
۴	نوع کار (Gen ــ ژنراتور)؛ (Mot ــ موتور)
۵	شماره‌ی تولید ماشین
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به علاوه : علامت | کلاف | مدار I | | 1~ ⊥ | با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی | III | به صورت باز | 3~ Y | ستاره | 3~ به هم وصل شده Δ | مثلث | Y | ستاره با نقطه وسط خارج شده |
۷	ولتاژ نامی
۸	جریان نامی
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها
۱۰	نشانه‌ی واحدها W، kW، VA، kVA موتورها بر حسب (W یا kW) و مولدها برحسب (VA یا kVA)
۱۱	نوع کار (در کار دائمی = S۱) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال : S2 30min
۱۲	ضریب توان نامی $\cos\varphi$. در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانه‌ی u اضافه شود.
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود) : → (راست گرد) ←(چپ گرد)
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت n_{max}؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی n_d توربین؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده n_z ارائه می‌شود.)
۱۵	فرکانس نامی
۱۶	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون | در روتور با حلقه‌ی لغزان | در موتور تکفاز خازنی تحریک کننده یا «Err» | روتور یا «Lfr» | خازن موقت C_A
۱۷	نوع اتصال سیم پیچ روتور | ظرفیت خازن موقت به نام µF
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت) | ولتاژ سکون روتور به V (ولت) | خازن دایم C_B
۱۹	جریان تحریک | جریان روتور | ظرفیت خازن دایم به µF در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از ۱۰A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.
۲۰	گروه مواد عایق کننده (Y,A,E,B,F,H,C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده‌باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (مثلاً F/B)
۲۱	نوع محافظت طبق DIN 40050، مثلاً IP44
۲۲	طرزصحیح نصب موتورحرف AوBوCوD برای نصب افقی VوW برای نصب عمودی همراه عددی مقابل حرف
۲۳	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.
۲۴	توضیحات اضافی، به طور مثال VDE0350/000 مقدار متوسط خنکی با تهویه‌ی هوای آزاد یا خنک‌شدن با آب.

توضیحات مربوطه به نمونه‌ی دیگری از پلاک موتورهای سه‌فازه، که درشکل ۵۴ــ۱ نشان داده شده، در جدول ۴ــ۱ آمده است.



شکل ۵۴ــ۱

جدول ۴ــ۱

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شماره‌ی بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز ــ یک فاز یا سه فاز
۷	مقدار جریان (مقدار آمپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در بار نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۳ــ۱ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری، طبق استاندارد، تعریف شده است که با حروف S_1 تا S_8 نشان داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۵ ــ۱ است[1].

مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S_1 نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه‌ی حرارت پایدار و بی‌وقفه کار می‌کند بدون این که از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

جدول ۵ــ۱ــ انواع کار ماشین‌ها

کار پیوسته S1	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. **مثال :** پمپ فاضلاب.
کار کوتاه مدت S2	زمان کار در مقایسه با وقفه بعد از آن کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به اجراست. زمان های بارگذاری استاندارد : 10 و 30 ,60 ,90دقیقه. **مثال :** موتور محرکه سیرن. (آژیر)
کار موقت S3	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. EDهای استاندارد : 15 ,25 ,40و 60%. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را 10 دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S3 مرحله‌ی راه اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. **مثال** برای S3 : موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S4	در S4 کار شبیه S3 است، با این حال جریان راه اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً : h/ راه اندازی 500، S4 ED 25%. **مثال** برای S4 : موتور محرک برای بالا بر کوچک (روتور قفسه‌ای)
S5	در S5 کار شبیه S4 است، با این حال در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً : h/ راه اندازی 500، جریان معکوس، S4 ED 25% **مثال** برای S5 : موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S6	این نوع کار شبیه نوع کار S3 است. با این حال این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. **اطلاعات مثلاً :** S6 10mn/60min یا بهتر S6 ED 25% 40 min
کار بدون وقفه S7	این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً : h/ راه اندازی 100، ترمز با جریان مستقیم، S7 **مثال :** موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S8	این نوع کارشبیه S7 است، با این حال به جای راه اندازی و ترمز با تغییر دور، به طور مثال از طریق تغییر قطب ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات : S8.300min^{-1}5min/1500min^{-1}10min **کاربرد :** خط تولید خودکار

۱ــ به خاطر سپردن مطالب جدول ۵ــ۱ اجباری نیست.

در ردیف بیست‌ویکم جدول ۳ــ۱، که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود، از دو حروف IP[1] و دو رقم کد استفاده می‌شود. اولین رقم، درجه‌ی ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم، درجه‌ی ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می‌شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول ۶ــ۱، معانی هر یک از رقم‌های اول و دوم بعد از IP را مشاهده می‌کنید. هم‌چنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی، مشابه علائم جدول، استفاده می‌شود. توضیحات هر یک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد.[2]

به عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP44 نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر ۱mm و هم‌چنین در مقابل پاشیده شدن آب، حفاظت شده است.

جدول ۶ــ۱

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
–	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP0X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Ø 50mm	IP1X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Ø 12mm	IP2X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Ø 2.5mm	IP3X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از Ø 1mm	IP4X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP5X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP6X
ایمنی آب		
–	بدون ایمنی آب	IPX0
–	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX1
–	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (15° نسبت به عمود)	IPX2
۳	ایمنی در مقابل پخش آب	IPX3
۴	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IPX4
۵	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IPX5
۶	ایمنی در مقابل جریان آب	IPX6
۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IPX7
۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IPX8

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

۱ــ International Protection (حفاظت بین المللی)

۲ــ به خاطر سپردن جزئیات جدول ۵ــ۱ ضروری و اجباری نیست.

فصل دوم

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۱۲	۱۶

کابل و کابل‌کشی

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

۱ــ تعریف کابل را بیان کنند.

۲ــ ساختمان و قسمت‌های مختلف کابل‌ها را شرح دهد.

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

۴ــ کابل مناسب را برای مصرف‌کننده‌های فشار ضعیف، از روی جدول، انتخاب کند.

۵ــ روکش کابل‌ها را برای بستن کابل‌شو از روی سیم‌ها جدا کند.

۶ــ کابل‌شوی مناسب را انتخاب، و روی سیم‌پرس، پیچ یا لحیم کند.

۷ــ روش کابل‌کشی در مکان‌های مختلف (ساختمان‌ها، مراکز تجاری و صنعتی، روی ریل‌ها، کانال‌های سیمانی و ...) را شرح دهد.

۸ــ مقررات عمومی و ایمنی در مورد کابل‌ها را شرح دهد.

مقدمه

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

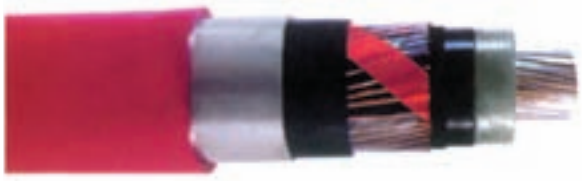
کاربرد کابل‌ها در تأسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانجات کابل‌سازی کابل‌ها را در اندازه‌ها و کاربردهای گوناگون و با ساختمان‌های داخلی متفاوت تولید می‌کنند.

شکل ۱ــ۲ــ 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 کابل‌کشی فشار ضعیف و فشار قوی نیاز به مهارت و رعایت اصول فنی دارد.

در این فصل هنرجویان ضمن شناخت کلی درباره‌ی کابل‌ها، با اصول علمی و عملی کابل‌کشی نیز 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 $3\frac{1}{2}$ رشته‌ی یک کیلوولت

کابل مسی‌زره‌دار ۱×۳۰۰ میلی‌متر مربع ۳۳ کیلوولت

کابل مخابراتی MDF

کابل مخابراتی مهاردار هوایی

شکل ۱ــ۲ــ نمونه‌ای از انواع کابل‌ها

۱ــ 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.

۲ــ 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 تشکیل‌دهنده‌ی کابل‌های مخابراتی کاملاً با کابل‌های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند.

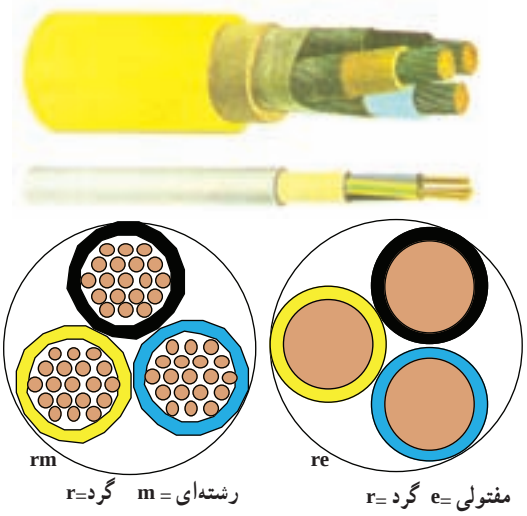
۱ــ۲ــ هادی کابل‌ها

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.

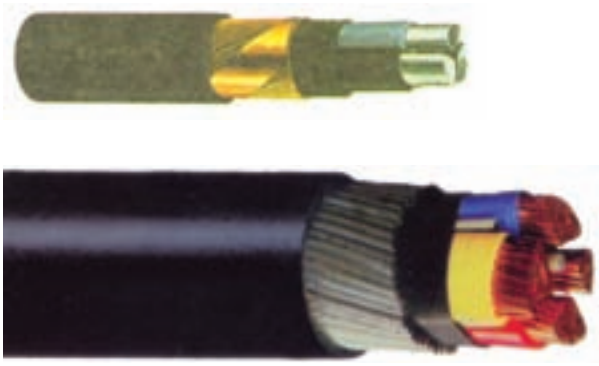
الف ــ هادی‌ها از نظر تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) مطابق شکل ۲ــ۲ وجود دارند. برای مشخص‌کردن هادی‌های تک رشته از حرف اختصاری (e) و کابل‌های چند رشته از حرف اختصاری (m) استفاده می‌شود.

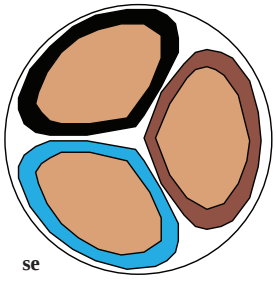


مفتولی =e گرد =r رشته‌ای = m گرد=r

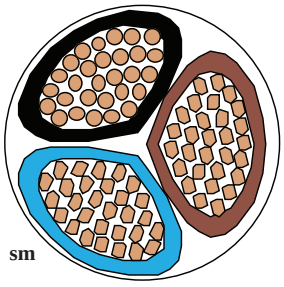
شکل ۲ــ۲

ب ــ هادی‌ها از نظر شکل سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی (سکتور) مطابق شکل ۳ــ۲ 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 ۳ــ۲

۲ــ۲ــ 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 بدنه‌ی 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 پلی‌اتیلن، که به نام XLPE معروف است.

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

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

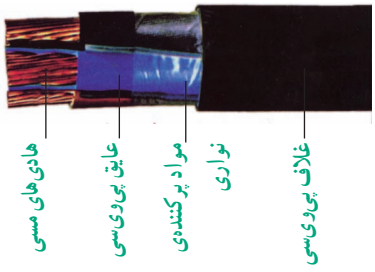
برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم‌های کابل از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند. در جدول ۱ــ۲ رنگ‌بندی عایق سیم‌ها بر اساس استاندارد VDE 0271 آلمان و ۱ــ۶۰۷ مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران[1] نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۱ــ۲

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 همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود	سبز و زرد ــ بقیه‌ی سیم‌ها سیاه و روی همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود

۳ــ۲ــ 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 می‌گردد، 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 دسته‌ی کابل‌های مسلح و کابل‌های غیرمسلح می‌توان تقسیم‌نمود. کابل‌های 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

۳ــ 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 به‌خوبی به محیط اطراف منتقل شود؛ به طوری که درجه‌ی 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 نحوه‌ی 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 ۲ــ۲ــ 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 ۳ــ۲ــ جریان مجاز کابل‌های برق با ولتاژ اسمی ۱KV

سطح مقطع (mm)^2	کابل‌های ۱ سیمه جریان مستقیم		کابل‌های ۲ سیمه (amp)		کابل‌های ۳و۴ 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 شبکه‌ی ایران حداکثر افت ولتاژ مجاز برابر خواهد شد با

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

محاسبه‌ی سطح مقطع کابل‌ها : 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 $\left[\frac{m}{\Omega mm^2}\right]$

مثال ۱ : 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 $\kappa = ۵۶$ و $\%\Delta V = ۲$ محاسبه کنید.

$$A = \frac{۲\times L\times I\times\cos\varphi}{\kappa\times\%\Delta V\times V} = \frac{۲\times۲۰\times۱۵\times۰/۶}{۵۶\times۰/۰۲\times۲۲۰} = \frac{۳۶۰}{۲۴۶/۴}$$
$$= ۱/۴۶ \Rightarrow A = ۱/۵ mm^2$$

مثال ۲ : می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فازه با جریان نامی ۲۰ آمپر و ضریب توان ۰/۷۵، که در فاصله‌ی ۵۰ متری از تابلو قرار دارد، از یک کابل استفاده کنیم. سطح مقطع کابل را محاسبه کنید. $\%\Delta V = ۲$ و $\kappa = ۵۶$

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

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

$$A = \frac{۱/۷۳\times۵۰\times۲۰\times۰/۷۵}{۵۶\times۰/۰۲\times۳۸۰} = \frac{۱۲۹۷/۵}{۴۲۵/۶} = ۳/۰۴$$

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

۴ــ سیم‌های برق

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

۱ــ۴ــ سیم‌های مفتولی

هادی این نوع سیم‌ها از مس استاندارد شده با پوششی از ماده‌ی 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 (شکل ۷ــ۲).

شکل ۷ــ۲ــ سیم‌های مفتولی

۲ــ۴ــ 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

۳ــ۴ــ سیم‌های افشان

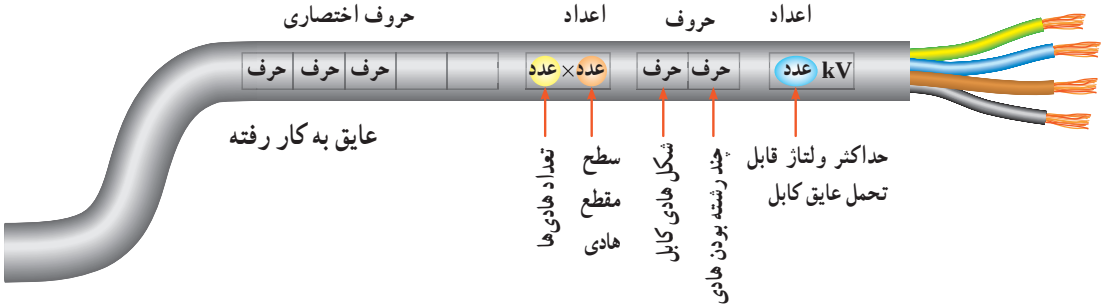
ساختمان این نوع سیم مانند سیم‌های مفتولی و نیمه افشان است. ولتاژ اسمی آن ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم‌های نیمه افشان بیش‌تر است (شکل ۹ــ۲).

شکل ۹ــ۲ــ سیم‌های افشان

۵ــ نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها

بر روی بدنه‌ی کابل‌ها از یک سری حروف، که نشان دهنده‌ی نوع عایق به کار رفته در کابل است و هم‌چنین یک سری اعداد، که نشان دهنده‌ی 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 زمینه‌ی 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 نمونه‌ی آن‌ها اشاره شده است.

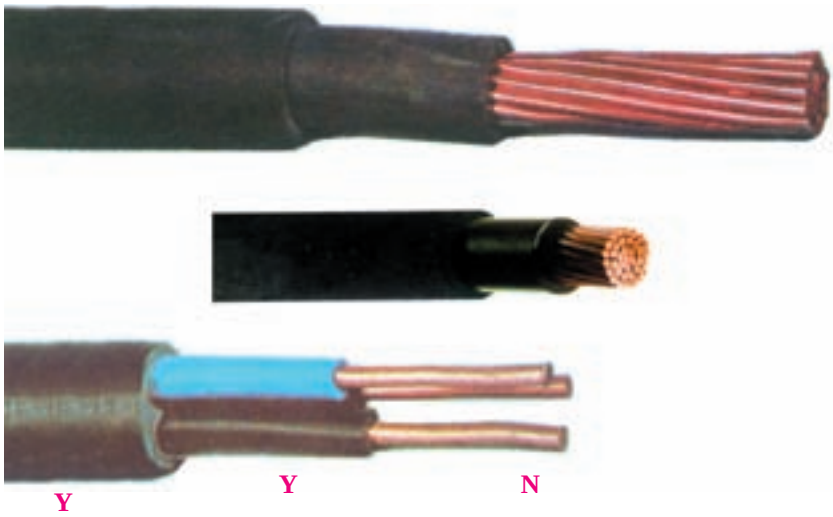
جدول ۴ــ۲

حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل‌های 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 ضربه‌ی مکانیکی نباشد، با ولتاژ اسمی کابل ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

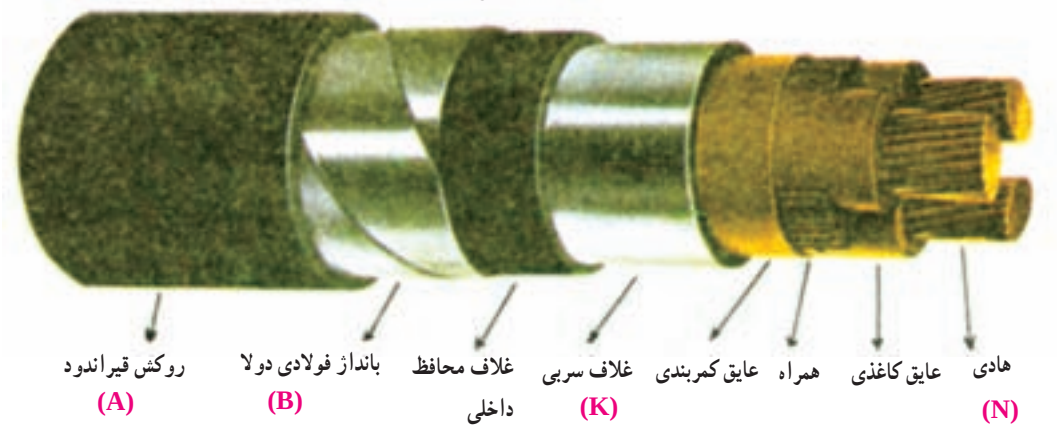
ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نرم شده، که به وسیله‌ی پی.وی.سی. عایق و غلاف می‌شوند، تشکیل شده است. مقطع هادی این نوع کابل‌ها گرد یا سه گوش است. سیم‌های عایق شده، پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده‌ی پرکننده، قرار می‌گیرند. به دور کابل‌های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده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

۶ــ 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 :

۱ــ۶ــ 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

۲ــ۶ــ پرس‌های کابل‌شو

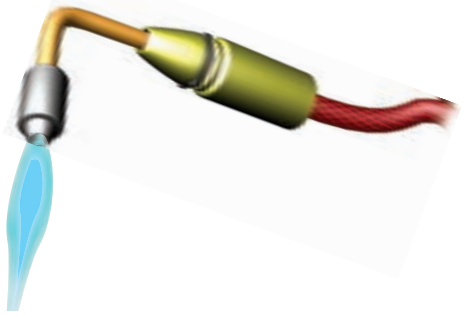
برای پرس سر سیم‌های فلزی به سرهادی‌ها از پرس دستی استفاده می‌شود. شکل ۱۳ــ۲، نمونه ای از پرس دستی را، به همراه انواع کابل‌شوهای پرس شده، نشان می‌دهد.

شکل ۱۳ــ۲ــ پرس دستی

۳ــ۶ــ هویه‌ی دستی چکشی، سر پیک گاز، چراغ کوره‌ای

جهت لحیم‌کاری کابل‌شوها از هویه‌ی دستی چکشی و سر پیک گاز و یا چراغ‌کوره‌ای استفاده می‌شود (شکل ۱۴ــ۲).

الف ــ چراغ کوره‌ای



ب ــ سرپیک گاز

ج ــ هویه‌ی چکشی

شکل ۱۴ــ۲ــ انواع وسایل حرارتی برای لحیم‌کاری

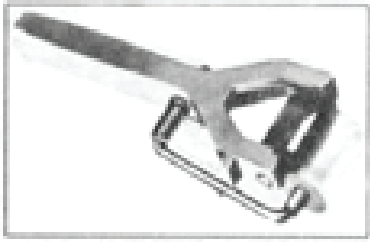
۴ــ۶ــ قیچی کابل‌بری هیدرولیکی

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

۵ــ۶ــ وسیله‌ی 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. فاصله‌ی بین غلتک و تیغه قابل تنظیم است. بنابراین، امکان لخت‌کردن همه‌گونه کابلی (با ضخامت عایق‌های مختلف)، وجود دارد (شکل ۱۶ــ۲).



شکل ۱۶ــ۲ــ وسیله‌ی روکش برداری کابل

۶ــ۶ــ بست کابل

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

ــ اندازه‌ی قطر خارجی کابل

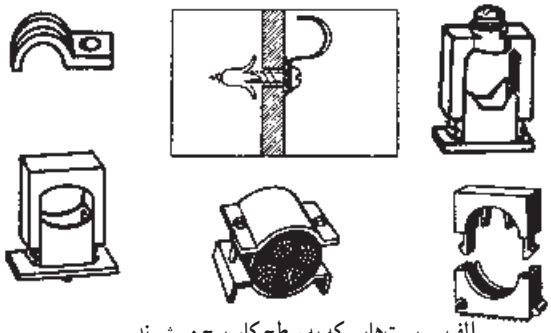
ــ نوع کابل‌کشی با توجه به عوامل مکانیکی، حرارتی و شیمیایی اثرگذار روی کابل

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

ــ امکان بستن ساده‌ی کابل

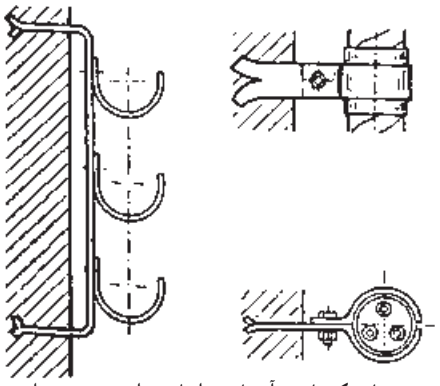
ــقیمت مناسب نصب

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 ــ بست‌هایی که به سطح کار پیچ می‌شوند.

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



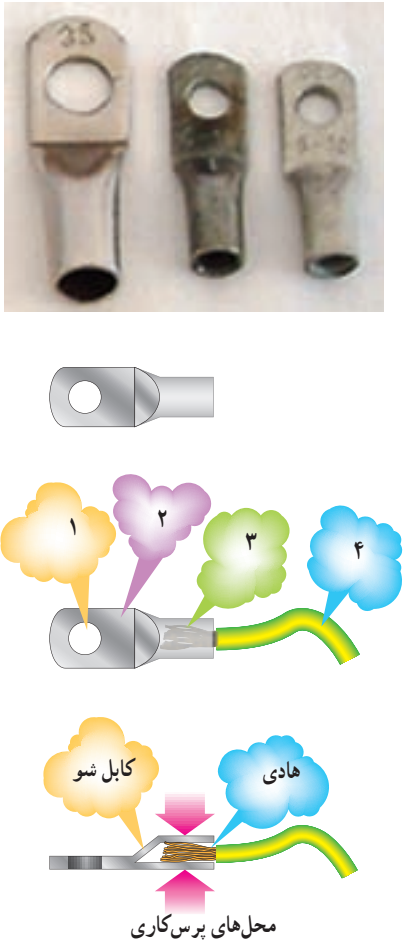
ج ــ بست‌هایی که پایه‌ی آن‌ها در داخل دیوار نصب شده است.

شکل ۱۷ــ۲ــ انواع بست کابل

۷ــ۶ــ 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

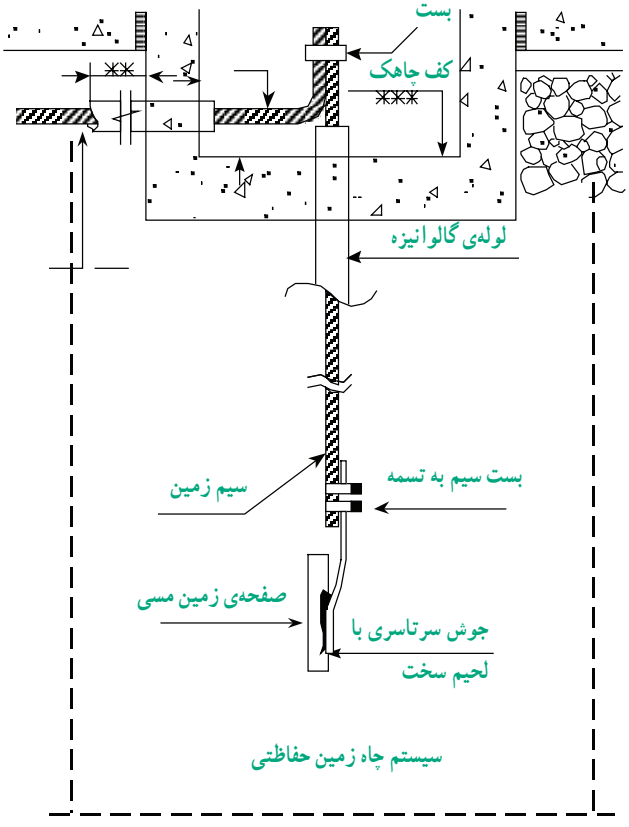
ــ برای اتصال کابل‌های افشان (از مقطع یک میلی‌متر مربع به بالا و کابل‌های مفتولی از ۱۰ میلی‌متر مربع به بالا)، باید از کابل‌شو استفاده شود.

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 وسیله‌ی حرارتی از سر پیک‌های جوش‌کاری استفاده می‌شود.

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



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

روش روکش‌برداری کابل : برای درآوردن عایق روی کابل، ابتدا در محیط کابل و در محل موردنظر به وسیله‌ی 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 به‌وسیله‌ی 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.

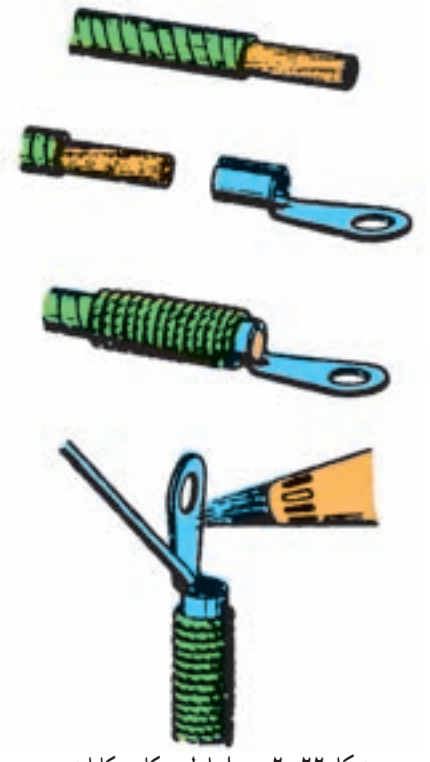
مراحل اتصال کابل‌شو به وسیله‌ی لحیم‌کاری

● عایق سر کابل را به اندازه‌ی لازم (به اندازه‌ی طول حلقه‌ی کابل‌شو + حدود پنج میلی‌متر) جدا کنید و سر کابل را تمیز کنید (شکل ۲۲ــ۲ــ الف).

● سرِ کابل را، که عایق آن برداشته شده است، در کابل‌شو داخل نمایید (شکل ۲۲ــ۲ ــ ب).

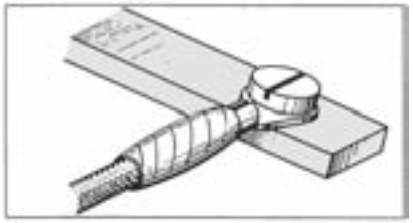
● دنباله‌ی عایق سر کابل را، با پیچاندن نخ‌نسوز، از خطر سوختن محافظت کنید (شکل ۲۲ــ۲ــ ج).

● کابل‌را با کابل‌شو به طور عمودی نگه دارید. محل لحیم‌کاری را روغن لحیم بزنید. برای لحیم‌کاری، دنباله‌ی کابل‌شو را که بالای محل لحیم‌کاری قرار دارد، به وسیله‌ی چراغ کوره‌ای و یا سر پیک گازی، گرم کنید. با گذاشتن لحیم بر روی آن سعی کنید که لحیم به داخل کابل‌شو نفوذ کند (شکل ۲۲ــ۲ــ د).



شکل ۲۲ــ۲ــ مراحل لحیم‌کاری کابل‌شو

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 ۲۳ــ۲).



شکل ۲۳ــ۲ــ عایق‌کاری و قراردادن کابل‌شو زیر پیچ

ــ طریقه‌ی 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 نحوه‌ی 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. فاصله‌ی بین بست‌های بالا و پایین باید در هر دو طرف یک‌سان باشد. به علاوه پس از اتصال، باید یک فشار اتصال کافی (حداقل یک کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) بین دو قسمت بست به وجود آید (شکل ۲۴ــ۲).

شکل ۲۴ــ۲ــ الف

شکل ۲۴ــ۲ــ ب

کار عملی ۱

هدف : بریدن، لخت‌کردن و اتصال کابل‌شو به کابل‌های فشار ضعیف به روش لحیمی و پرسی

وسایل و مواد مورد نیاز :

وسایل و مواد	تعداد
ــ قیچی کابل‌بُر یا کمان اره و تیغ اره	۱ عدد
ــ سوهان تخت	۱ عدد
ــ چاقوی کابل‌بری	۱ عدد
ــ لحیم و روغن لحیم	به مقدار کافی
ــ چراغ کوره‌ای یا سر پیک گازی	۱ عدد
ــ کابل شوی لحیمی نمره‌ی ۱۶	۴ عدد
ــ کابل	۶۰ سانتی‌متر
ــ نخ‌نسوز	به مقدار کافی
ــ متر	۱ عدد
ــ کابل تک رشته با سطح مقطع $16mm^2$	۲۰ سانتی‌متر
ــ پرس دستی کابل‌شو	۱ دستگاه

نکات ایمنی :

ــ مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند (شکل ۲۵ــ۲).

ــ در صورت استفاده از شعله برای لحیم‌کاری مواظب باشید تا افراد و تجهیزات از آسیب مصون باشند.

شکل ۲۵ــ۲ــ طریقه‌ی صحیح روکش‌برداری کابل

الف ــ روش لحیمی

مراحل کار

۱ــ یک کابل پروتودور NYCWY ۰/۶/۱kV به طول لازم (حدود ۶۰ سانتی‌متر) انتخاب کنید.

۲ــ روکش اصلی کابل را به طول لازم حدود ۲۵ سانتی‌متر با چاقوی کابل‌بری بردارید. مواظب باشید که روکش سیم‌ها زخمی نشود.

۳ــ عایق سر سیم‌هارا به طول لازم جدا کنید (طول سوراخ کابل‌شو حدود پنج میلی‌متر).

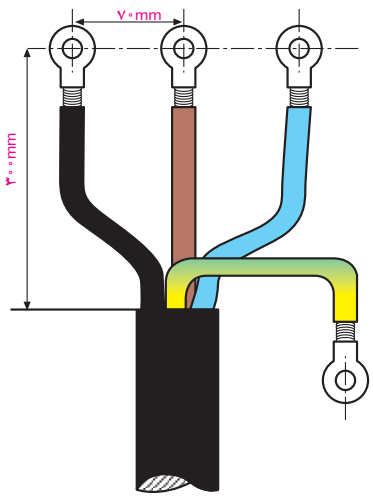
۴ــ سرسیم‌هایی را که عایق آن‌ها برداشته شده است، در کابل‌شو داخل نمایید. به طوری که حدود ۲ میلی‌متر از قسمت انتهایی سوراخ کابل‌شو پایین‌تر قرار گیرد.

۵ــ دنباله‌ی عایق سر سیم‌ها را با پیچاندن نخ نسوز، از خطر سوختن روکش سیم محافظت کنید.

۶ــ کابل را همراه با کابل‌شوهای مربوط به طور عمودی نگه‌دارید.

۷ــ بالای محل لحیم‌کاری کابل‌شو را با چراغ کوره‌ای یا سرپیک گازی گرم کنید و لحیم را جلوی سوراخ کابل‌شو قرار دهید تا لحیم به داخل کابل‌شو نفوذ کند.

۸ــ سیم زمین را نیز از داخل کابل بیرون آورید و مطابق شکل ۲۶ــ۲ کابل‌شو را به آن لحیم کنید.



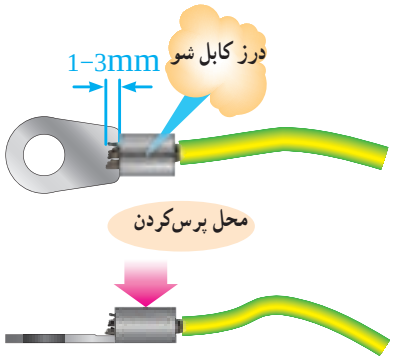
شکل ۲۶ــ۲ــ اتصال کابل‌شو به کابل

ب ــ روش پرسی

۱ــ سرسیم‌روکش‌دار نمره‌ی ۱۶ را با چاقوی کابل‌بری (یا سیم‌لخت‌کن) لخت کنید، به طوری که قسمت لخت شده به اندازه‌ی سوراخ کابل‌شو به اضافه‌ی ۵ میلی‌متر باشد.

۲ــ سر سیم لخت شده را در سوراخ کابل‌شو داخل نمایید، به طوری که سر سیم یک تا ۳ میلی‌متر از سوراخ کابل‌شو بیرون آید و با عایق سیم نیز، حدود سه میلی‌متر (از انتهای کابل‌شو) فاصله داشته باشد.

۳ــ با پرس دستی، کابل شو را به سیم پرس کنید (شکل ۲۷ــ۲).



شکل ۲۷ــ۲ــ اتصال کابل‌شو پرسی به کابل

۷ــ اصول کلی‌ای که در نصب کابل‌ها باید رعایت کرد

۱ــ حداقل فاصله‌ی بین کابل‌های موازی هم ولتاژ، به اندازه‌ی قطر کابل ضخیم‌تر مجاور در نظر گرفته شود و در صورتی که ولتاژ کابل‌های موازی متفاوت بود حداقل فاصله‌ی بین دو کابل مجاور باید ۳۰cm باشد.

۲ــ در مواردی که کابل از داخل تجهیزات فلزی و لبه‌دار و تیز عبور می‌کند و ممکن است کابل را دچار خراشیدگی نماید، باید با استفاده از بوشن و یا وسایل دیگر کابل را حفاظت نمود.

۳ــ در موقع نصب یا کشیدن کابل، بهتر است تنش یا کشش بر روی هادی‌های کابل و هم‌چنین بر روی پوشش خارجی کابل وارد نشود.

۴ــ در مواردی که کابل در معرض تغییرات درجه‌ی حرارت قرار دارد، باید پیش‌بینی‌های لازم برای عایق‌بندی حرارتی آن صورت گیرد.

۵ــ کابل‌هایی که به تأسیسات قابل حمل و متحرک نصب می‌شوند باید در نقطه‌ی اتصال به دستگاه کاملاً بسته و محکم شود، به طوری که هیچ نیرویی به ترمینال‌های برقِ متصل به کابل وارد نشود.

۶ــ در زمان نصب کابل، باید شعاع خمش را، متناسب با تعداد رشته، سیم و عایق به کار رفته در آن، در نظر گرفت.

۷ــ در مواردی که یک کابل با کابلی دیگر و یا با لوله‌های گاز، آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله‌ی محافظ، با قطر متناسب با قطر کابل و طول حداقل یک متر، استفاده نمود و کابل را از داخل آن عبور داد.

۸ــ کلیه‌ی کابل‌های داخل و خارج ساختمان‌ها (تجاری ــ مسکونی ــ صنعتی) باید یک تکه باشند و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود.

۹ــ کابل‌ها باید در برابر تابش مستقیم نور آفتاب، دارای نوعی حفاظ باشند.

۱۰ــ چنان‌چه کابل‌ها به موازات هم کشیده شده باشند، کابل‌های فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل‌های فشار ضعیف قرار گیرند.

۱۱ــ اتصال الکتریکی کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌ها یا ماشین‌ها (تسمه‌ی مسی) باید با وسایل مناسب نوع کابل صورت گیرد.

۱۲ــ در کابل‌های فشار ضعیف، با توجه به سطح مقطع آن‌ها باید از ترمینال‌های پیچی یا کابل‌شو استفاده شود. کابل‌شوها باید از نوعی باشند که حداقل دارای دو پیچ باشد و یا آن‌ها را به کمک پرس بتوان اتصال داد.

۱۳ــ شعاع خمش کابل‌ها نباید از مقادیر زیر کم‌تر باشد.

الف ــ در کابل‌های دارای **روپوش فلزی** (کابل‌های زره‌دار یا با غلاف سربی یا هم مرکز) :

$$r=۹(D+d)$$

ب ــ در کابل‌های **بدون روپوش فلزی** (کابل‌های پلاستیکی) :

$$r=۸(D+d)$$

r = شعاع خمش کابل

D = قطر خارجی کابل

d = قطر هادی بزرگ‌ترین رشته‌ی کابل

A = سطح مقطع هادی

تذکر : در مورد هادی‌های با سطح مقطع مثلثی (سکتور)، قطر هادی معادل از رابطه‌ی $d = ۱/۳\sqrt{A}$ محاسبه می‌شود.

در این‌جا به صورت خاص به بررسی نکاتی چند در مورد نحوه‌ی کابل‌کشی در محل‌های زیر می‌پردازیم.

۸ ــ نصب کابل روی دیوار و سقف

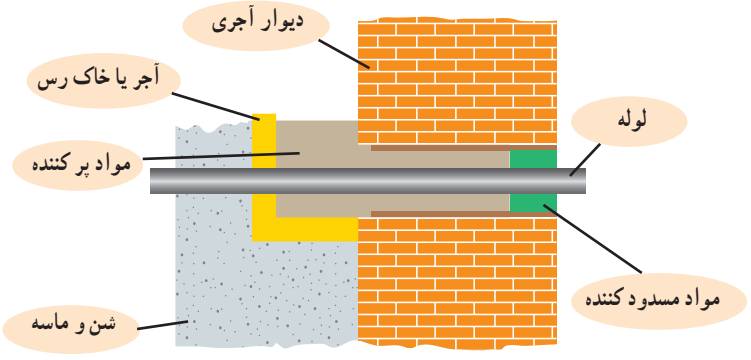
در کارخانجات صنعتی ممکن است کابل‌ها بر روی دیوار نصب شوند. در این صورت لازم است عمل نصب با ایمنی و زیبایی تمام صورت گیرد و کابل‌ها با بست به دیوار محکم شوند. ضمن این که باید کلیه‌ی اصول در مورد زوایای خمش رعایت شود و فاصله‌ی بست‌ها طوری تنظیم گردد که کابل کاملاً صاف باشد و خم نشود (شکل ۲۸ــ۲).

ــ فاصله‌ی کابل‌های نصب شده روی دیوار از یکدیگر، حداقل باید به اندازه‌ی قطر کابل باشد.

ــ هنگام عبور کابل از دیوار، باید کابل از داخل لوله‌ای که قطر داخلی آن حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل باشد، عبور داده

شکل ۲۸ــ۲ــ کابل‌کشی روی دیوار

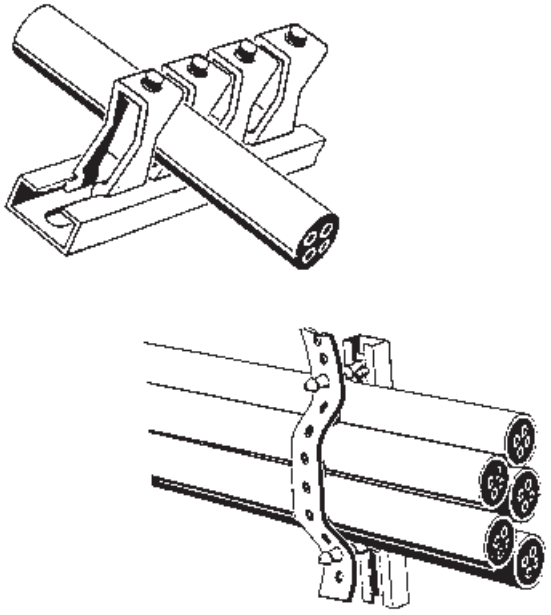
شود و بعد از عبور کابل فاصله‌ی بین کابل و لوله توسط پارچه‌ی کنفی یا موادی دیگر کاملاً مسدود گردد.



شکل ۲۹ــ۲ــ عبور کابل از میان دیوار از داخل لوله

و نحوه‌ی قرار گرفتن کابل روی دیوار (عمودی ــ افقی) دارد. این فاصله به طور متوسط ۵۰ سانتی‌متر است، که برای کابل‌های با مقاطع کوچک و مسیرهای کوتاه تا ۳۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد و در مسیرهای طویل و کابل‌های با مقاطع بزرگ به ۸۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد.

ــ باید توجّه نمود که شکل قرارگرفتن بست‌ها، در حالتی که کابل‌ها به صورت عمودی روی دیوار نصب شده‌اند، می‌تواند به حالت افقی باشد.

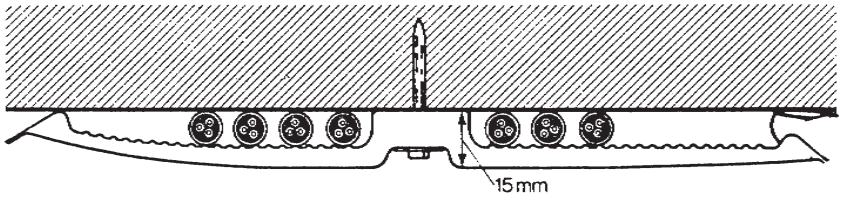


شکل ۳۰ــ۲ــ کابل‌کشی روی دیوار

در کابل‌کشی روی دیوار، فاصله‌ی کابل‌ها باید حتی‌الامکان به اندازه‌ی قطر کابل باشد.

ــ فاصله‌ی بست‌ها از یکدیگر بستگی به قطر خارجی، طول

ــ در مواردی که امکانات محل اجازه بدهد می‌توان کابل‌ها را بر روی پایه‌هایی که در داخل دیوار محکم شده‌اند قرار داد. در صورتی که کابل‌ها در زیر سقف قرار گرفته باشند می‌توان مانند شکل ۳۱ــ۲ عمل نمود.

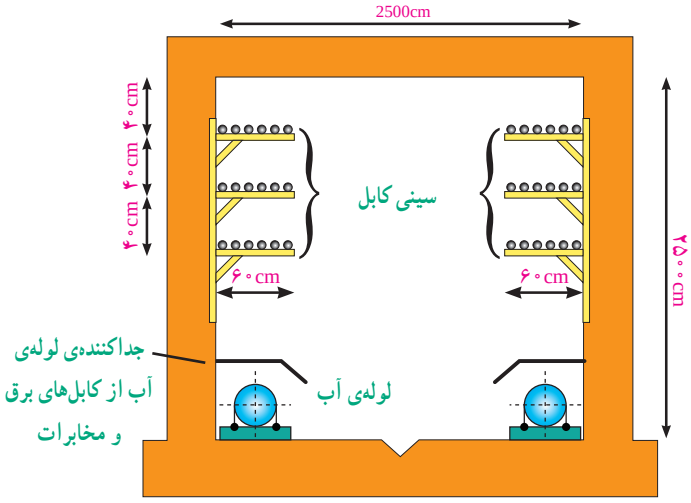


شکل ۳۱ــ۲ــ بست رکابی برای کابل‌کشی در زیر سقف

۹ــ نصب کابل روی سینی کابل

ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی، با توجّه به وزن کابل‌ها (هم‌چنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی)، انتخاب شود. ولی به طور کلی باید سینی‌های کابل از ورق گالوانیزه‌ی مشبک به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر ساخته شود.

ــ سینی‌های کابل چند طبقه، باید با توجّه به عرض آن به نحوی انتخاب شود که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یک طرف امکان‌پذیر باشد و فاصله‌ی بین سینی‌های چند طبقه حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد. این فاصله معمولاً (مطابق شکل ۳۲ــ۲) ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر است. هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهار راه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم (هم‌چنین به فاصله‌ی ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها) محکم شوند. شکل ۳۲ــ۲ یک نوع کانال اجرا شده و تصاویر شکل ۳۳ــ۲ چند نمونه سینی کابل و کابل‌کشی روی سینی در تأسیسات برقی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۲ــ۲

شکل ۳۳ــ۲

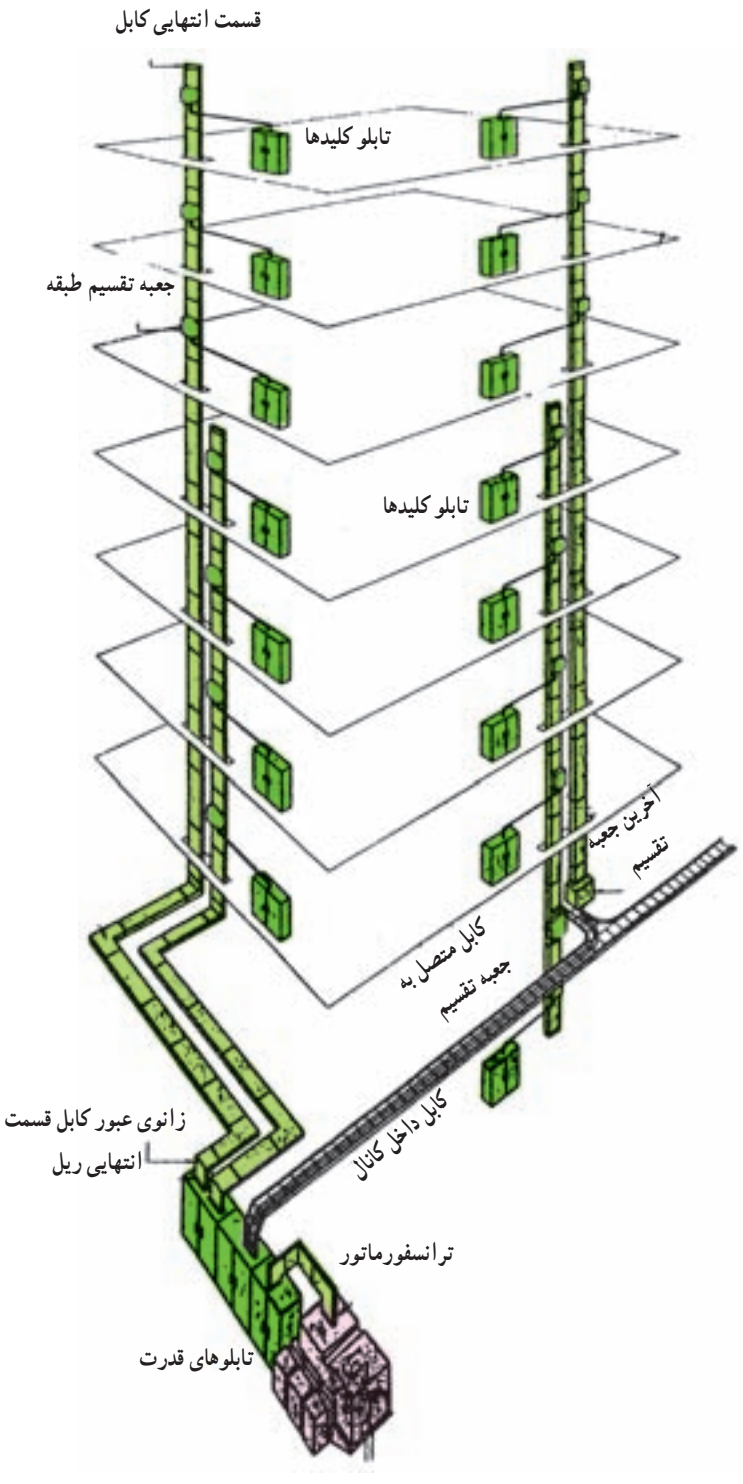
۱۰ــ نصب کابل در ساختمان‌های بلند و بزرگ

● در این گونه مراکز به سبب وسعت کار، هر یک از طبقات را یک واحد مستقل و در صورتی که طبقات خود به چند قسمت تقسیم شوند، هر قسمت را یک واحد مستقل در نظر می‌گیرند و براین اساس، سیم‌کشی داخل آن را طراحی می‌کنند. پس از این مرحله، انتقال انرژی از تابلو توزیع اصلی طراحی می‌شود. آن‌گاه، با توجه به مصرف هر واحد مستقل، محاسبات لازم را اجرا می‌کنند و به وسیله‌ی کابل، انرژی الکتریکی لازم را به تابلو فرعی یا جعبه تقسیم هر طبقه یا واحد می‌رسانند. باید سعی شود مسیر کابل‌ها برای تمامی طبقات در یک راستا قرار گیرد. برای تقسیم بار(چنان‌چه طبقات دارای چند واحد باشند) بیش از یک مسیر جهت انتقال انرژی و کابل‌کشی انتخاب می‌شود. در شکل ۳۴ــ۲ یک نمونه کابل‌کشی و استاندارد نشان داده شده است.

● در این گونه ساختمان‌ها، به دلیل وجود سازه‌های افقی و عمودی فلزی یا بتونی، محدودیت‌هایی برای عبور کابل‌ها و لوله‌های برقی وجود دارد. باید سعی شود کابل‌ها و سیم‌های برق از داخل کانال‌ها یا لوله‌های فولادی و یا پی.وی.سی. عبور کنند و در محل مناسب نصب شوند.

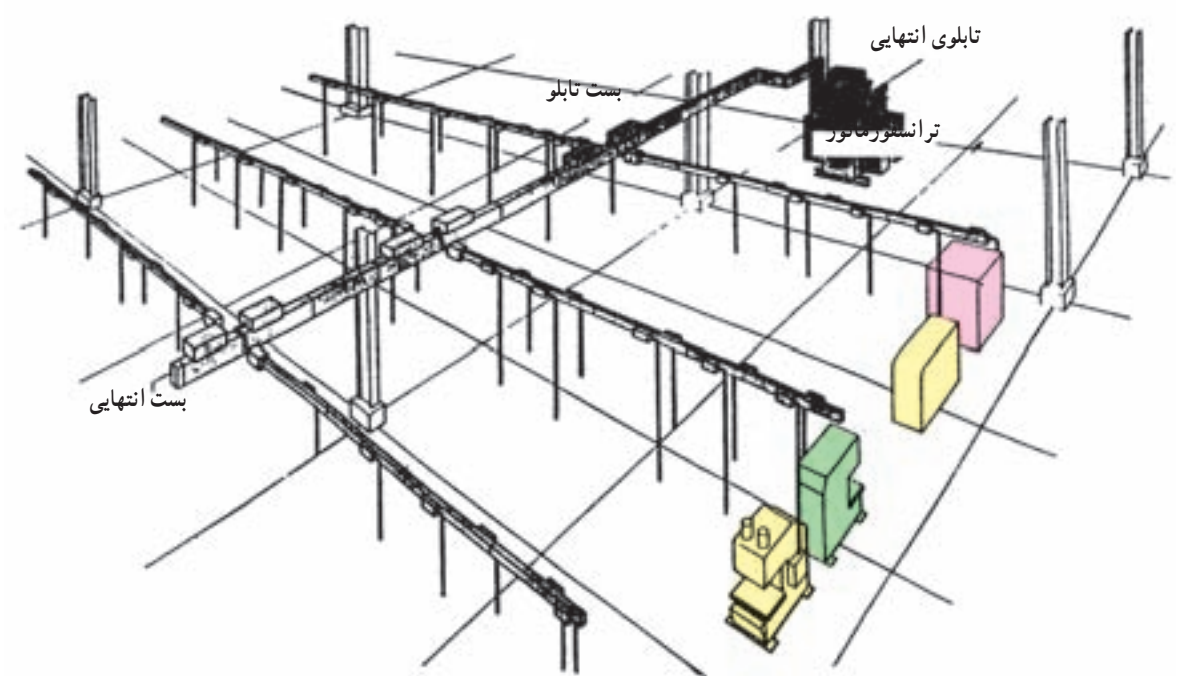
● مسیر لوله‌ها بر روی دیوارها معمولاً به صورت عمودی است. اما برای برق‌رسانی در مسیر افقی، به سبب برخورد با ستون‌های بتونی یا فلزی، معمولاً از کف ساختمان استفاده می‌شود و انشعاب‌های روشنایی از سقف‌ها صورت می‌گیرد. زمان کشیدن لوله‌ها در سقف طبقات ساختمان‌های بتونی و تیرچه بلوک قبل از بتن‌ریزی است.

● دیوارهای این‌گونه ساختمان‌ها، معمولاً جداکننده و دارای ضخامت کم‌اند. این دیوارها پس از زدن سقف، ساخته می‌شوند. از این‌رو، جهت عبور لوله‌ها و کابل‌ها و کانال‌های مربوطه، باید قبلاً دیوار مناسب را انتخاب کرد.



شکل ۳۴ــ۲ــ شمای کلی پخش انرژی در یک ساختمان چند طبقه

در برخی ساختمان‌ها مانند ادارات، بیمارستان‌ها و ...، به دلیل داشتن محدودیت‌هایی برای انجام کابل‌کشی، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که انتخاب آن بستگی مستقیم به نوع سازه‌های ساختمان دارد. در برخی ساختمان‌ها، جهت کابل‌کشی از لوله‌های فولادی و پی.وی.سی استفاده می‌شود. در ساختمان‌هایی که دیوارهایی از چوب یا قالب‌های گچی یا پرسیانا (صفحات پلاستیکی) دارند، می‌توان، جهت قراردادن سیم‌ها و کابل‌های برق از ریل‌ها و کانال‌های پلاستیکی استفاده کرد. در شکل ۳۵ــ۲ بر روی دهانه‌ی این ریل‌ها کلید و پریز و وسایل لازم نصب شده است.



شکل ۳۵ــ۲ــ کانال‌ها و ریل‌های قابل انشعاب

مطالعه‌ی آزاد

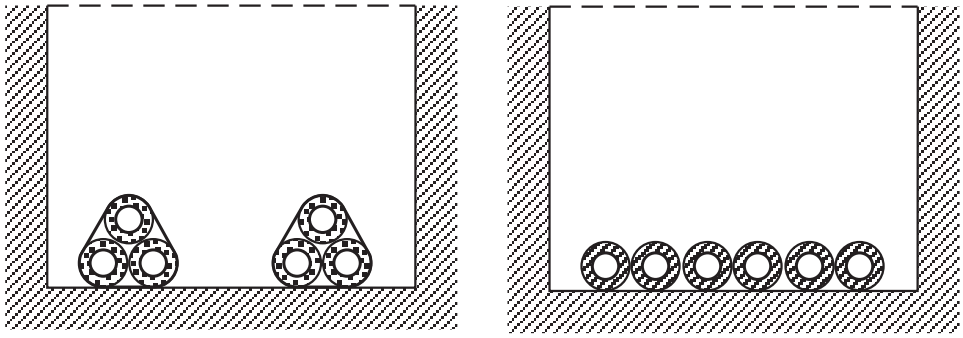
۱۱ــ نصب کابل در داخل کانال

ــ کانال‌های نصب کابل به‌صورت کلی در دو شکل کانال‌های خاکی و بتونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این توضیح که کانال‌های بتونی خود به دو شکل کانال‌های کوچک و کانال‌های بزرگ (آدم‌رو) ساخته می‌شوند.

۱ــ۱۱ــ نصب کابل در کانال‌های بتونی

کانال‌های کابل کوچک معمولاً در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اتاق و یا سالن‌های مولّد برق کاربرد دارد و باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از آهن آجدار و با دستگیره‌ی مناسب در تمام طول کانال باشد. شکل ۳۶ــ۲ نحوه‌ی

قرار گرفتن ردیفی و مثلثی کابل‌ها در کانال‌های پیش‌ساخته را نشان می‌دهند.

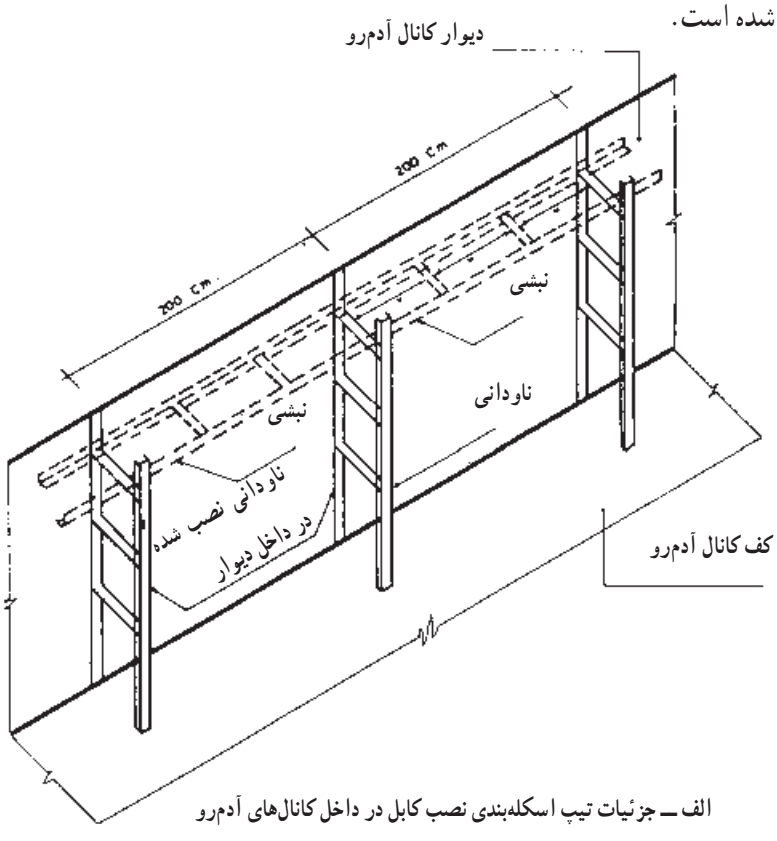


الف ــ آرایش ردیفی کابل‌ها در کانال‌های پیش‌ساخته　　ب ــ آرایش مثلثی کابل‌ها در کانال پیش‌ساخته

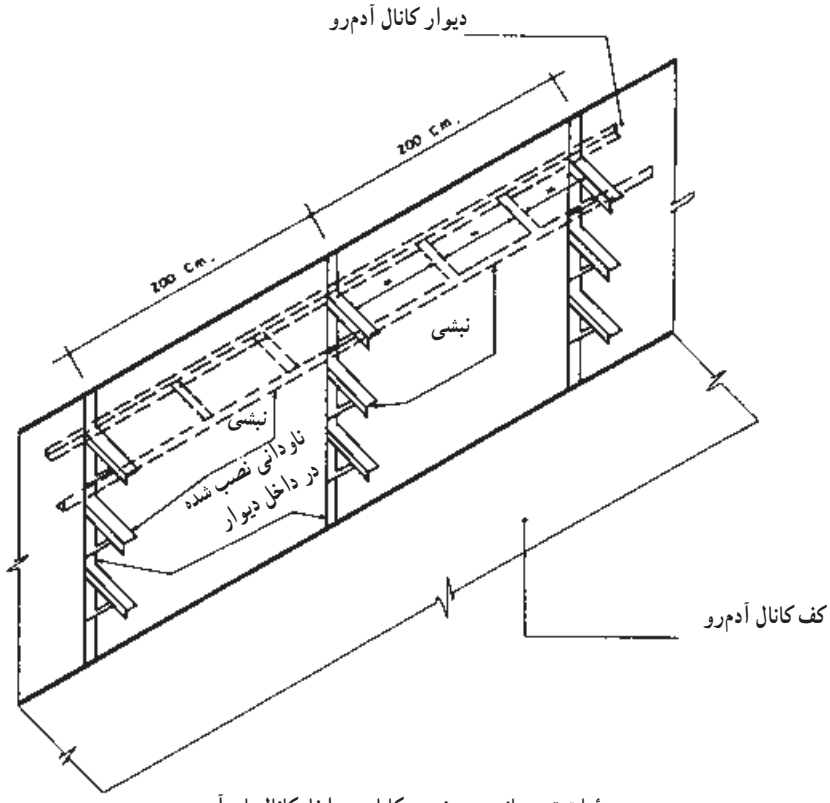
شکل ۳۶ــ۲

کانال‌های آدم‌رو از بتون پیش‌ساخته یا بتون درجا و با استحکام مناسب ساخته می‌شود و معمولاً برای هدایت آب احتمالی کف آن، شیبی برابر نیم الی یک درصد پیش‌بینی می‌کنند و برای آن‌ها کف‌شورهایی نیز درنظر گرفته می‌شود.

برای نصب کابل در کانال‌های فوق، معمولاً از پایه‌های پیش‌ساخته‌ی گالوانیزه نصب شده در روی دیواره‌ی کانال و در تمام طول آن که روی آن‌ها سینی کابل نصب می‌شود، استفاده می‌گردد. کابل‌ها با فواصل معین و ترتیب خاصی روی سینی‌ها چیده می‌شوند. فاصله‌ی دو سینی موازی با هم باید طوری باشد که بتوان به راحتی در موقع لزوم بین آن‌ها کار کرد. این نوع کانال‌ها درتیپ‌های مختلف ساخته می‌شود. در شکل ۳۷ــ۲ دو تیپ اسکله‌بندی و بازوبندی نشان داده شده است.



الف ــ جزئیات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



ب ــ جزئیات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو

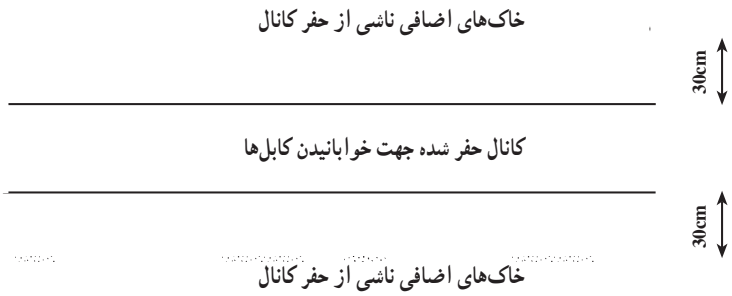
شکل ۳۷ــ۲

ــ کابل‌هایی که در هر کانال نصب می‌شوند باید به تعدادی باشند که نصب آن‌ها به آسانی میسر باشد و تعمیر و تعویض آن‌ها نیز به سهولت انجام گیرد. در مواردی که مجاری کابل (در انتهای خود) در معرض تغییر زیاد درجه‌ی حرارت قرار می‌گیرند (مانند سردخانه‌ها یا منابع حرارتی)، باید قسمت مناسبی از مجاری به نقطه‌ی تبدیل اختصاص یابد و از گردش هوا بین قسمت‌های سرد و گرم جلوگیری شود.

کلیه‌ی کانال‌های آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل حداکثر ۶ متر باشد. هم‌چنین در صورت امکان برای تماس با خارج از کانال، در صورت لزوم پریزهای تلفن در فواصل معینی (از ۲۰ متر تا ۵۰ متر) نصب شود. در کانال‌های آدم‌رو، در صورتی که علاوه بر تأسیسات برقی از تأسیسات مکانیکی نیز استفاده می‌شود، باید حتی‌الامکان تأسیسات مکانیکی در پایین‌ترین سطح با جداکننده از کابل‌های برق قرار گیرند و یا در یک دیواره‌ی تأسیسات برقی و در دیواره‌ی مقابل تأسیسات مکانیکی نصب گردد.

۲ــ۱۱ــ کانال‌های خاکی کابل

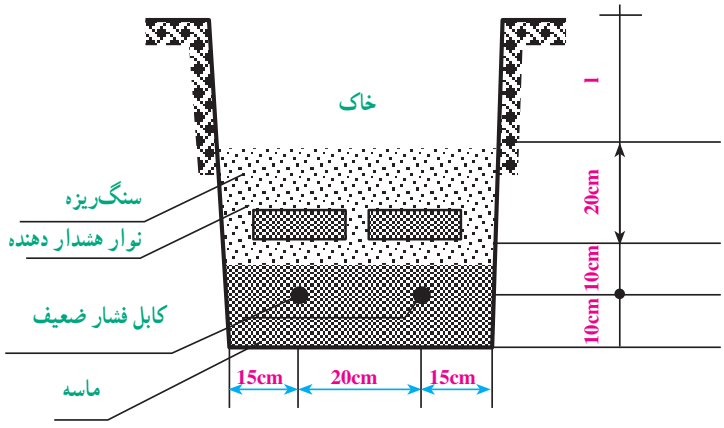
جهت نصب و استقرار کابل‌های مختلف در داخل خاک (روش دفنی)، کانال‌های خاکی را به مقطع ذوزنقه می‌سازند. دلیل این کار جلوگیری از ریزش کردن دیواره‌ی کانال و هم‌چنین استحکام دیوارهای کانال است. خاک‌های برداشته باید به فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر دورتر از لبه‌ی کانال ریخته شود، تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان‌پذیر باشد (شکل ۳۸ــ۲).



شکل ۳۸ــ۲

عرض کانال حفر شده (به‌منظور نصب کابل‌های زیرزمینی)، به تعداد کابل‌هایی بستگی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرند. عرض کانال، برای دو رشته کابل، ۵۰ سانتی‌متر است. هم‌چنین عمق کانال برای نصب کابل از سطح زمین به تعداد کابل‌هایی بستگی دارد که روی هم قرار می‌گیرند. در هر حال فاصله‌ی بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین پیاده‌رو نباید از ۶۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد.

در شکل ۳۹ــ۲ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل‌ها آورده شده است. اگر نصب در زیر سطح خیابان صورت گیرد عمق کانال از سطح خیابان نباید کم‌تر از یک متر باشد.



شکل ۳۹ــ۲ــ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

در صورتی که تعداد کابل‌ها زیاد باشد معمولاً باید، با فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متر نسبت به هم، نصب شوند.

جدول ۴ــ۲، ارتفاع مقدار خاک لازم برای پرکردن کانال (پس از نصب کابل) و جدول ۵ــ۲، عمق کانال خاکی را نشان می‌دهد.

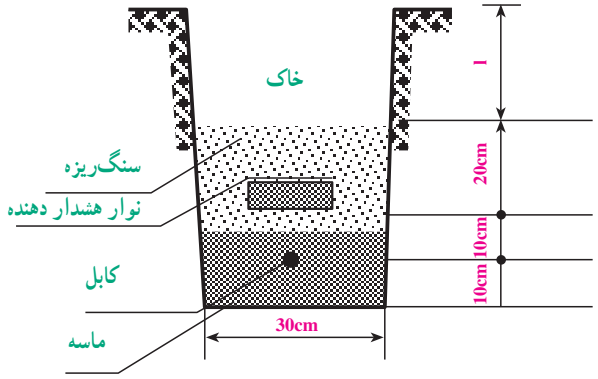
جدول ۴ــ۲ــ ارتفاع خاک‌ریزی در کانال

فشار ضعیف	تا ۲۰ کیلو ولت
۳۰cm	۶۰ cm

جدول ۵ــ۲ــ عمق کانال خاکی برحسب ولتاژ کابل

ردیف	ولتاژ برحسب کیلو ولت	عمق کانال برحسب سانتی‌متر (h)
۱	۱	۸۰
۲	۱۰	۱۰۰
۳	۲۰	۱۲۰

برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی، ابتدا لازم است کف کانال کاملاً صاف، تمیز و کوبیده شده باشد. سپس، حداقل ۱۰ سانتی‌متر، ماسه‌ی نرم در گودال ریخته و کابل روی آن خوابانده شود. مجدداً روی کابل، حداقل ۱۰ سانتی‌متر، ماسه‌ی نرم بریزند و سپس، به منظور حفاظت از کابل، یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی‌متر یا یک ردیف بلوک سیمانی برروی این لایه بچینند. سپس یک نوار پلاستیکی هشداردهنده، که روی آن عبارت **توجه!** مسیر کابل نوشته شده است، بکشند و روی مجموعه، تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، سنگ‌ریزه و سپس روی آن خاک معمولی بریزند و آن را بکوبند (شکل ۴۰ــ۲).



شکل ۴۰ــ۲ــ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل

کار عملی ۲

هدف : کابل‌کشی روی دیوار و سقف

وسایل و مواد مورد نیاز

ردیف	وسایل و مواد	تعداد
۱	کابل $4\times4mm^2$	به مقدار لازم
۲	نبشی	به مقدار لازم
۳	بست‌آویز	به مقدار لازم
۴	رول‌پلاک	به مقدار لازم
۵	دریل دستی	۱ دستگاه
۶	پیچ چوب	به مقدار لازم
۷	خط‌کش	۱ عدد
۸	قیچی کابل بر	۱ دستگاه
۹	چکش فلزی	۱ عدد
۱۰	پیچ‌گوشتی	۱ عدد

چند نمونه ابزار کار در شکل ۴۱ــ۲ نشان داده شده است.

شکل ۴۱ــ۲ــ چند نمونه ابزار کار

مراحل کار

۱ــ کابل $4\times4mm^2$ انتخاب کنید و، با درنظر گرفتن فاصله‌ی بست‌های آویز از هم دیگر به اندازه‌ی ۳۰۰mm و محاسبه‌ی شعاع‌های انحنای کابل‌ها، مقدار طول کابل‌ها را محاسبه کنید.

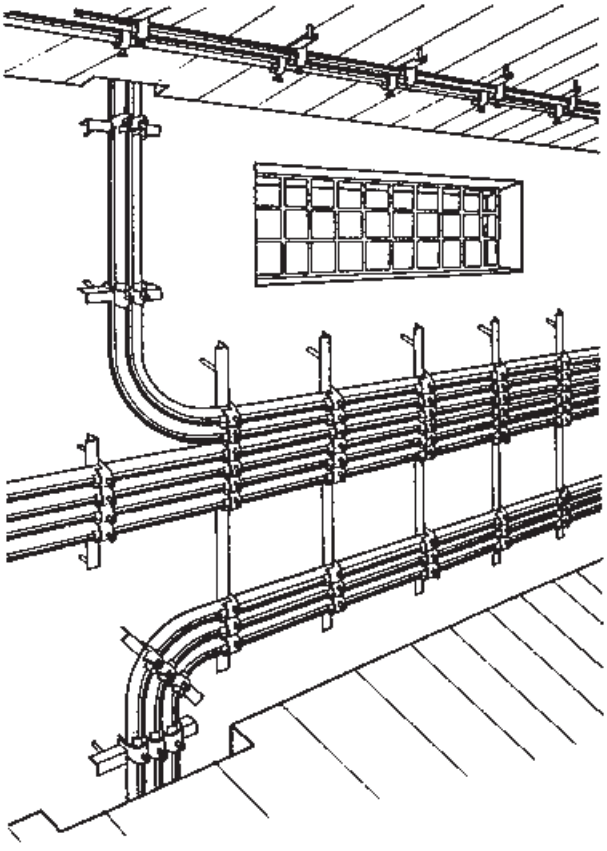
نکات ایمنی

ــ هرگز به جای نردبان دوطرفه از وسایل غیرمجاز استفاده نکنید.

ــ برای سوراخ‌کاری روی دیوار، مته الماسه‌ی مناسب انتخاب کنید و، با استفاده از آچار سه نظام، مته را روی دریل کاملاً سفت کنید.

ــ موقع روشن کردن دریل و کار با آن مواظب باشید کاملاً عمود بر سطح قرار گیرد و فشار مناسب به آن وارد کنید.

۲ــ متناسب با امکانات موجود، کابل‌کشی را مطابق شکل ۴۲ــ۲ روی دیوار و سقف اجرا کنید.



شکل ۴۲ــ۲ــ کابل‌کشی روی دیوار و سقف