

کابل‌های فشار ضعیف

هدف کلی:

انجام عملیات برش، اتصال کابل شو و کابل کشی کابل‌های پرتودور تا ۴۰۰ ولت

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این واحد کار از فراگیر انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- انواع کابل‌های فشار ضعیف را نام ببرد.
- ۲- لایه‌های مختلف کابل‌های فشار ضعیف را نام ببرد و علت استفاده از آن‌ها را بیان کند.
- ۳- با استفاده از جداول جریان مجاز کابل‌ها و سیم‌ها، کابل مناسب را انتخاب کند.
- ۴- روش کاربرد قیچی کابل‌بری و دستگاه روکش‌برداری کابل را توضیح دهد.
- ۵- کاربرد نخ نسوز را بیان کند.
- ۶- انواع وسایل و مواد مورد نیاز در اتصال کابل‌شوها را معرفی کند.
- ۷- وسایل و مواد لازم در لحیم‌سخت را نام ببرد.
- ۸- بریدن، لخت کردن کابل و اتصال کابل‌شوی کابل‌های فشار ضعیف را انجام دهد.
- ۹- انواع مختلف بست‌های مورد استفاده در کابل‌کشی فشار ضعیف را نام ببرد.
- ۱۰- کانال‌های مختلف برای کابل‌کشی را نام برده و مورد استفاده‌ی هر یک از آن‌ها را بیان کند.
- ۱۱- اصول عملی کابل‌کشی در کانال‌خاکی را شرح دهد.
- ۱۲- اصول عملی کابل‌کشی در کانال‌سینی مشبک را توضیح دهد.
- ۱۳- انواع وسایل و لوازم مورد استفاده در کابل‌کشی را نام برده و هدف استفاده از هر یک را بیان کند.
- ۱۴- علت رعایت زاویه‌ی خمش در کابل‌کشی را بیان کند.
- ۱۵- با رسم شکلی از کانال‌خاکی، طبقات مختلف آن را نام‌گذاری کند.
- ۱۶- هدف از کاربرد انواع وسایل جداکننده‌ی کابل‌ها از یک‌دیگر را شرح دهد.
- ۱۷- کابل‌کشی کابل پرتودور روی دیوار و کابل‌کشی روی سینی و در خاک را عملاً و با رعایت نکات ایمنی ضروری اجرا کند.



ساعات آموزش

جمع	عملی	نظری
۲۳	۱۸	۵

پیش آزمون (۵)

۱- کلاس حرارتی عایقی که حداکثر تحمل حرارتی آن 9°C است کدام است؟

الف - E ب - A

ج - B د - Y

۲- کدام دسته از رنگ‌های زیر مشخصه‌ی کابل چهار سیمه‌ی بدون سیم محافظ را نشان می‌دهد؟

الف - مشکی، آبی، قهوه‌ای

ب - مشکی، آبی، قهوه‌ای، مشکی

ج - سبز و زرد، مشکی، قهوه‌ای، آبی

د - مشکی، خاکستری، آبی، قرمز

۳- کدام یک از حالت‌های زیر باعث می‌شود جریان‌دهی کابل مشخصی افزایش یابد؟

الف - قطر کم هادی و جنس آن

ب - کاهش قطر، تغییر جنس هادی، قرار دادن در داخل لوله

ج - افزایش قطر هادی، نصب در داخل ماسه

د - کاهش دمای محیط، قرار دادن کابل در داخل ماسه در عمق مشخص

۴- دلیل استفاده از غلاف سربی در کابل چیست؟

الف - جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل کابل

ب - افزایش استحکام مکانیکی کابل

ج - عایق‌کاری حرارتی و الکتریکی کابل

د - هیچ کدام

۵- کدام حروف زیر مشخصه‌ی پوشش کابل برای محافظت در برابر حریق است؟

الف - FL ب - W

ج - Y د - AA

۶- در کابل کشی روی دیوار فاصله‌ی کابل‌ها نسبت به یکدیگر چه قدر باید باشد؟

الف - نیاز به فاصله بین آن‌ها نیست

ب - دو برابر قطر کابل‌های همجوار

ج - حداقل به اندازه‌ی قطر کابل

د - به طور ثابت 10 cm

۷- عمق کانال خاکی برای کابل با ولتاژ 20 کیلوولت کدام است؟

الف - 80 سانتی‌متر ب - 100 سانتی‌متر

ج - 120 سانتی‌متر د - هیچ کدام

۸- هرگاه بخواهیم دو کابل، یکی فشار قوی و دیگری فشار ضعیف را در یک کانال نصب کنیم کدام کابل باید در عمق بیشتری نصب شود؟

الف - هیچ تفاوتی ندارد

ب - کابل فشار قوی

ج - هم سطح با هم قرار می گیرند

د - کابل فشار ضعیف

۹- حداقل شعاع خمش کدام کابل ها بیشتر تر می باشد؟

الف - عایق پلاستیک

ب - عایق کاغذی با غلاف آلومینیومی صاف

ج - عایق کاغذی با غلاف سربی یا غلاف آلومینیومی موج

د - شعاع خمش ارتباطی به جنس کابل ندارد.

۱۰- حداقل عمق لازم برای نصب لوله در زیر جاده ها و خیابان ها، برای عبور دادن کابل های برق، چند متر

است؟

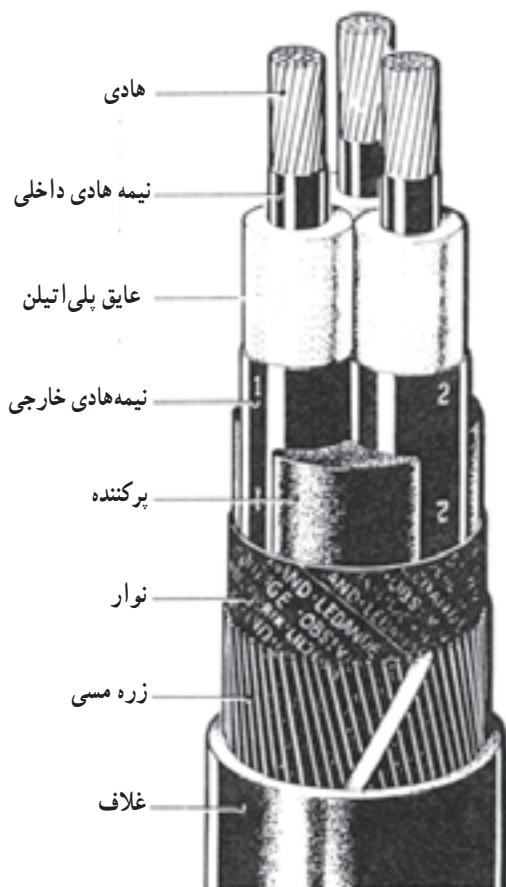
الف - یک

ب - نیم

ج - یک و نیم

د - هفتاد و پنج صدم

۱-۵- برش، لخت کردن و اتصال کابل شو به کابل های فشار ضعیف



شکل ۱-۵- قسمت های مختلف یک کابل ۲۰ kV

۱-۵-۱ کابل و اجزای آن : هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور داده و توسط موادی نسبت به محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ در روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر بوده و در روی سطح سیم یا هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، کابل نامیده می شود. هر کابل دارای لایه های مختلفی است و هر لایه کارکرد خاص خود را دارد. بعضی از کابل ها دارای ساختمان ساده ای هستند و بعضی دیگر دارای لایه های پیش تری بوده و در نهایت ساختمان پیچیده تری دارند. تمام کابل ها دارای سه قسمت اصلی هستند که عبارت اند از :

- ۱- هادی
- ۲- عایق
- ۳- غلاف

در شکل ۱-۵ اجزای یک کابل بیست کیلوولت سه سیمه نشان داده شده است.

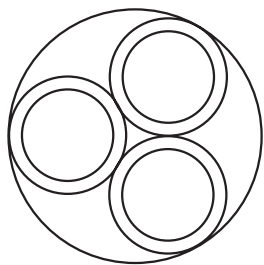


شکل ۲-۵- انواع کابل ها

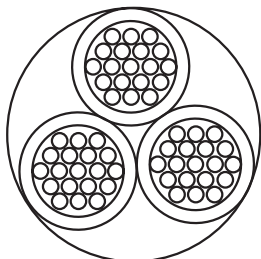
شکل ۲-۵ نیز نمونه هایی از کابل های الکتریکی موجود را نشان می دهد.

حال اجزای اصلی هر کابل را توضیح می‌دهیم.

هادی کابل: هادی کابل را از جنس مس (Cu) و یا آلومینیوم (Al) می‌سازند و وظیفه‌ی آن هدایت جریان الکتریکی می‌باشد. از نظر شکل ظاهری، هادی کابل‌ها به یکی از حالت‌های نشان داده شده در شکل ۳-۵ ساخته می‌شود. در این شکل، تصویر الف هادی یک رشته‌ای مفتولی با مقطع گرد و با حروف مشخصه‌ی RE، تصویر ب هادی چند رشته‌ای با مقطع گرد و با حروف مشخصه‌ی RM، تصویر ج هادی یک رشته‌ای با مقطع مثلثی (سکتور) و با حروف مشخصه‌ی SE، و تصویر د هادی چند رشته‌ای با مقطع مثلثی (سکتور) و با حروف مشخصه‌ی SM می‌باشد.



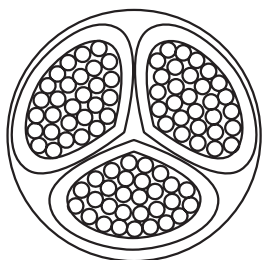
الف - کابل با هادی‌های مفتولی (RE)



ب - کابل با هادی‌های چند رشته‌ای (RM)



ج - کابل با هادی‌های یک رشته‌ای مثلثی (SE)



د - کابل با هادی‌های چند رشته‌ای مثلثی (SM)

کابل‌هایی که دارای هادی مثلثی شکل می‌باشند دارای قطر کم‌تری نسبت به کابل‌های با هادی‌های دایره‌ای شکل با همان سطح مقطع می‌باشند و به همین جهت سبک‌تر و قابلیت انحنای آن‌ها نیز بیش‌تر است.

شکل ۳-۵ - شکل ظاهری انواع هادی کابل

برای شناسایی هادی کابل‌ها روکش هر رشته را با رنگ خاصی مشخص می‌کنند (جدول ۱-۵).

جدول ۱-۵- رنگ‌های شناسایی روکش رشته سیم‌ها (رنگ‌های فاز - نول - زمین)

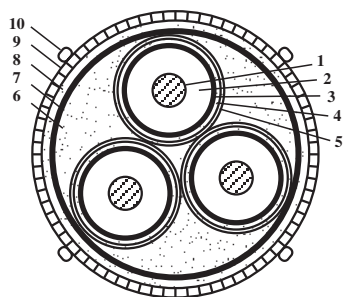
تعداد سیم‌های کابل	رنگ‌های جدید برای عایق سیم کابل‌ها با سیم محافظ	رنگ‌های جدید برای عایق سیم کابل‌ها بدون سیم محافظ	رنگ‌های قدیم برای عایق سیم کابل‌ها
۲ سیمه	—	مشکی، آبی	مشکی، خاکستری
۳ سیمه	سبز و زرد، قهوه‌ای و آبی	مشکی، آبی، قهوه‌ای	مشکی، خاکستری، قرمز
۴ سیمه	سبز و زرد، مشکی، قهوه‌ای و آبی	مشکی، آبی، قهوه‌ای، مشکی	مشکی، خاکستری، آبی، قرمز
۵ سیمه	سبز و زرد، مشکی، قهوه‌ای، آبی و مشکی	مشکی، آبی، قهوه‌ای، مشکی و مشکی	مشکی، خاکستری، قرمز، آبی، مشکی
۶ سیمه و بیش‌تر	سبز و زرد و بقیه مشکی با شماره حک شده	تمام سیم‌ها مشکی و روی آن‌ها به ترتیب از ۱ شماره خورده	—



عایق کابل: با توجه به این که کابل‌ها در زیر زمین و یا روی تجهیزات فلزی نصب می‌گردند نباید هیچ اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد. به عبارت دیگر، بایستی ولتاژ روی بدنه‌ی عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- 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.

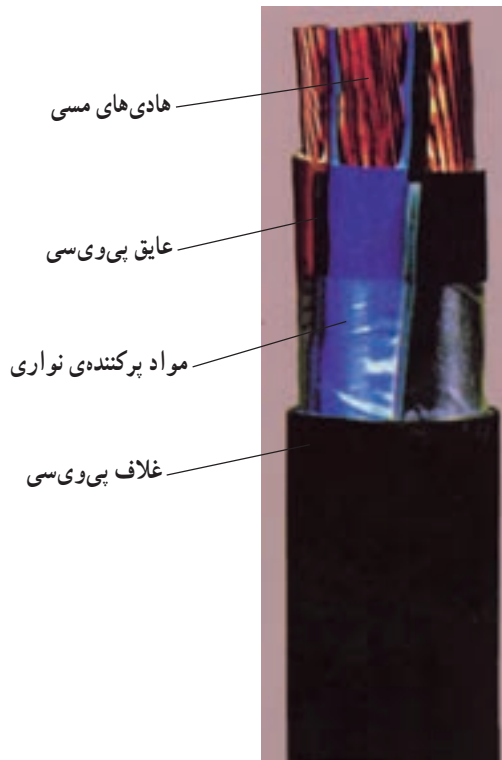
شکل ۴-۵- کابل با عایق PVC به همراه اجزای کابل



شکل ۵-۵- کابل با عایق کاغذ روغنی

شکل ۴-۵ یک نوع کابل با عایق PVC را نشان می‌دهد. و شکل ۵-۵ نیز یک نوع کابل با عایق کاغذ روغنی به همراه دیگر اجزای آن را نشان می‌دهد که اجزای آن مطابق شماره‌های روی شکل عبارت‌اند از:

- ۱- هادی مفتولی
- ۲- عایق کاغذ
- ۳- پوشش سربی
- ۴- پوشش عایقی تهیه شده از مواد آلی
- ۵- نوار لاستیکی
- ۶- کف
- ۷- نوار لاستیکی
- ۸- پوشش کنفی
- ۹- نوار فلزی
- ۱۰- سیم‌های فولاد گالوانیزه.



شکل ۵-۶- کابل با غلاف PVC



شکل ۵-۷- کابل با غلاف آلومینیومی

— غلاف کابل: غلاف به لایه و یا لایه هایی در روی کابل

اطلاق می شود که می توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و هم چنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند. در ساده ترین حالت، مطابق شکل ۵-۶ کابل دارای یک غلاف از مواد PVC می باشد که کابل را در مقابل عوامل بیرونی، از جمله نفوذ رطوبت محافظت می کند. حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهای دیگری، مانند نیروی مکانیکی به آن وارد می شود 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 می توان از کابل کشی برای توزیع انرژی الکتریکی در شهرها که به صورت دفنی در خاک و در زیر معابر و خیابان ها انجام می گیرد نام برد. کابل های فوق مجهز به غلاف (زره) فولاد گالوانیزه و یا آلومینیومی می باشند (شکل ۵-۷).

۲-۱-۵- معرفی و کاربرد کابل‌ها: کابل‌ها بسیار متنوع و برای کاربردهای مختلف ساخته می‌شوند. در اینجا کابل‌هایی که متداول‌تر بوده و مصارف عام‌تری دارند معرفی می‌شوند.



الف - کابل NYY



ب - کابل NAYY

شکل ۸-۵- کابل‌های پروتودور

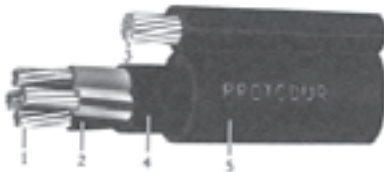


الف - کابل NAYCY



ب - کابل NAYCWY

شکل ۹-۵- کابل‌های بارزه مسی



شکل ۱۰-۵- کابل NYTY



شکل ۱۱-۵- کابل NKBA

- کابل‌های NYY و NAYY: کابل NYY دارای هادی مسی و کابل NAYY دارای هادی آلومینیومی می‌باشد. هر دو کابل دارای عایق PVC (y) و نیز غلاف محافظ داخلی و غلاف محافظ خارجی از جنس PVC (y) است. این نوع کابل‌ها را می‌توان در داخل ساختمان، در مجاری و کانال‌های پیش ساخته، و نیز در داخل کانال‌های زیرزمینی، مشروط بر آن‌که خطر آسیب دیدگی مکانیکی وجود نداشته باشد، و هم چنین برای توزیع نیرو در کارخانه‌های صنعتی و روشنایی خیابان‌ها به کار برد (شکل ۸-۵).

- کابل‌های NAYCY، NYCWY، NYCY و NAYCWY: این نوع کابل‌ها مشابه کابل‌های NYY و NAYY هستند ولی بین غلاف‌های PVC داخلی و خارجی آن دارای زره سیم مسی (C) و یا زره سیم و نوار مسی (CW) می‌باشد (شکل ۹-۵). از غلاف مسی می‌توان به عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد کابل‌های نام برده را می‌توان به عنوان کابل توزیع محلی در شبکه‌های محلی و در نقاطی که امکان آسیب دیدگی مکانیکی وجود دارد به کار برد.

از کابل‌های NYCY، NYY و NYCWY می‌توان برای شبکه‌های زمینی، روشنایی خیابان، انشعاب برق منازل و نیز استخرها و نهرهای آب و در کارخانجات شیمیایی استفاده نمود.

- کابل NYTY: در شبکه‌های هوایی از کابل هوایی NYTY که دارای مهار فولادی (T) است استفاده می‌شود (شکل ۱۰-۵).

- کابل NKBA و NAKBA: این کابل‌ها دارای غلاف سری (K)، بانداژ فولادی (B) و روکش قیراندود (A) می‌باشند و در شبکه‌های توزیع زمینی محلی به کار می‌روند. تفاوت این دو کابل فقط در نوع هادی مسی و آلومینیومی آن‌هاست (شکل ۱۱-۵).

۳-۱-۵- جریان مجاز کابل‌ها : جدول ۲-۵ جریان

مجاز کابل‌های فشار ضعیف تا ولتاژ نامی یک کیلوولت را در شرایط نصب مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که از مقایسه‌ی اعداد هر ردیف به دست می‌آید برای یک سطح مقطع خاص در شرایط نصب مختلف، جریان مجاز متفاوت است. به عنوان مثال از کابل با سطح مقطع هادی 16 mm^2 در حالت سه کابل یک سیمه سه فاز اگر در خاک و با فاصله‌ی مناسب نصب گردد 120 A و در هوای آزاد (دمای محیط) 100 A در خاک به صورت آرایش مثلی کابل‌ها 110 A جریان مجاز به عبور است.

جدول ۲-۵- جریان مجاز کابل‌های برق با ولتاژ اسمی 1 kV بر حسب آمپر

سطح مقطع (mm) ^۲	کابل‌های یک سیمه (جریان مستقیم)		کابل‌های دو سیمه		کابل‌های ۳ و ۴ سیمه		سه تا کابل یک سیمه‌ی سه فاز			
	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	طرز قرار گرفتن کابل‌ها		طرز قرار گرفتن کابل‌ها	
							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	۲۰۰	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
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	-	-	۳۵۵	۳۲۵	۴۲۰	۴۳۰	۳۸۰	۳۸۰
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	-	-	۴۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۴۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	-	-	۴۶۵	۴۳۵	۵۴۰	۵۹۰	۴۹۰	۵۳۰
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۶۳۰	۶۸۰	۵۵۰	۶۱۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۶۵۰	۷۴۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	-	-	-	-	۸۲۰	۹۶۰	۷۴۰	۸۶۰

جدول ۳-۵ فاکتور تصحیح (ضریب تصحیح) را در صورت تغییر درجه‌ی حرارت محیط نشان می‌دهد.
تذکر: حداکثر درجه حرارت مجاز برای هادی کابل‌ها ۷۰°C می‌باشد.

جدول ۳-۵- فاکتور تصحیح در صورت تغییر درجه حرارت محیط در جدول ۲-۵

درجه حرارت محیط °C	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
فاکتور تصحیح برای کابل در خاک	۱/۰۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۴۵
فاکتور تصحیح برای کابل در هوای آزاد	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۵۰

طریقه‌ی استفاده از جدول بالا به شرح زیر است. به‌طور مثال هرگاه بخواهیم از یک کابل مشخصی مثلاً کابل چهار سیمه با هادی مسی و با سطح مقطع 25 mm^2 و از نوع NYF در هوا استفاده نماییم اول جریان نامی هادی را در شرایط معمولی از جدول ۲-۵ استخراج می‌نماییم که جریان نامی این هادی ۱۰۵ A می‌باشد. حال اگر بخواهیم در 35°C از این کابل استفاده نماییم جریان دهی آن به‌صورت زیر کاهش می‌یابد.

$$105 \times 0.94 = 98.7 \text{ A}$$

۴-۱-۵- لوازم و تجهیزات کابل‌کشی: برای انجام عملیات مختلف بر روی کابل‌ها به لوازم و تجهیزاتی نیاز است که در زیر به شرح آن‌ها می‌پردازیم:

- قیچی کابل بُری: 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 ۱۲-۵ نمونه‌هایی از قیچی کابل‌بری دستی نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۵- نمونه‌هایی از قیچی کابل‌بری دستی

در شکل ۵-۱۳ یک نوع قیچی کابل بری هیدرولیکی دستی را مشاهده می‌کنید که قابل تنظیم برای قطرهای مختلف از کابل‌هایی با هادی مسی و آلومینیومی می‌باشد و بیش‌تر برای کابل‌های با قطر زیاد که نمی‌توان با قیچی‌های کابل بر ساده برش داد کاربرد دارد.



شکل ۵-۱۳



در شکل ۵-۱۴ یک نوع قیچی کابل بری برقی که با باتری کار می‌کند نشان داده شده است. این قیچی برای قطرهای مختلف قابل تنظیم است، دارای سرعت برش خیلی بالاست، قابل کنترل بوده و باتری آن ۱۲ ولت و قابل شارژ می‌باشد.



شکل ۵-۱۴



شکل ۱۵-۵- وسیله‌ی روکش برداری کابل



نخ نسوز برای جلوگیری آسیب عایق کابل

شکل ۱۶-۵- نخ نسوز



شکل ۱۷-۵- پرس دستی



الف- چراغ کوره‌ای



ب- سربیک گاز



ج- هویه‌ی چکشی

— وسیله‌ی روکش برداری کابل: این وسیله دارای دستگیره‌ای است که یک تیغ برش و یک غلتک روی آن قرار دارد. هنگام روکش برداری کابل غلتک در پشت کابل قرار گرفته و با کشیدن آن روی کابل عایق روی آن برداشته می‌شود. فاصله‌ی بین غلتک و تیغه قابل تنظیم می‌باشد. بنابراین امکان لخت کردن کابل‌های با ضخامت عایق‌های مختلف وجود دارد شکل (۵-۱۵).

— نخ نسوز: برای جلوگیری از سوختن عایق کابل هنگام لحیم کاری کابلشو به سر هادی‌های کابل از نخ نسوز استفاده می‌شود (شکل ۵-۱۶).

— پرس‌های کابل‌شمو: برای پرس سر سیم‌های فلزی به سر هادی‌ها از پرس دستی استفاده می‌شود. شکل ۵-۱۷ نمونه‌ای از پرس دستی را به همراه انواع کابل شو نشان می‌دهد.

— هویه‌ی دستی چکشی، سربیک گاز، چراغ کوره‌ای: جهت لحیم کاری کابل شوها از هویه‌ی دستی چکشی و سربیک گاز و یا چراغ کوره‌ای استفاده می‌شود (شکل ۵-۱۸).

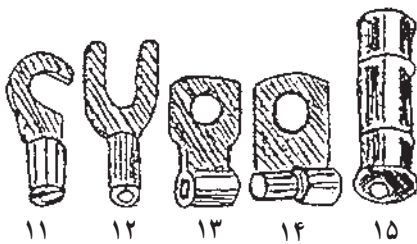
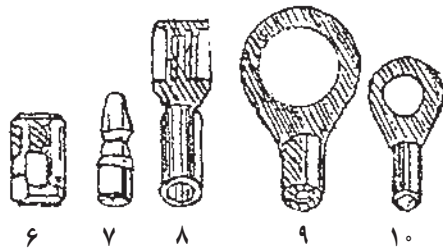
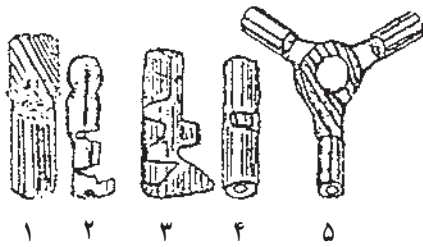
شکل ۱۸-۵- انواع وسایل حرارتی برای لحیم کاری

— کابل شوها (سرسیم ها): برای اتصالات جدا شدنی

سیم ها، از فیش یا سرسیم های مخصوص استفاده می کنند. سرسیم ها با توجه به سطح مقطع سیم در اندازه های مختلف ساخته می شود و با لحیم کاری یا توسط دستگاه پرس مخصوص به هادی محکم می شوند.

در شکل ۱۹-۵ انواع فیش ها و سرسیم ها نشان داده شده

است.



شکل ۱۹-۵- انواع کابل شو یا سرسیم

۱- سر فیش یا سر سیم کشویی نر

۲- سرسیم یا سر فیش فشنگی

۳- سرسیم مادگی

۴- سرسیم اتصال لب به لب

۵- سرسیم اتصال سه راهه

۶- سرسیم کشویی مادگی

۷- سرسیم فشنگی

۸- سرسیم کشویی مادگی

۹- کابلشوی حلقه ای

۱۰- کابلشو یا سرسیم حلقه ای

۱۱- سرسیم یا کابلشوی قلاب دار

۱۲- سرسیم چنگکی

۱۳- کابل شوی قرقره ای (رولی)

۱۴- کابل شوی لوله ای

۱۵- کابل شوی فشنگی مادگی

— کابل شوها را در انواع مختلف پرسی، لحیمی، پیچی و

منگنه ای می سازند. برای به دست آوردن اتصال صد درصد و قابل اطمینان، اغلب کابل شوها را به هادی های کابل لحیم با پرس می کنند (شکل ۲۰-۵).

مفهوم اعداد روی شکل عبارتست از: شمای کابل شوی

پرسی را از بالا و پهلو نشان می دهد.

۱- سوراخ کابل شو (محل قرار گرفتن پیچ)

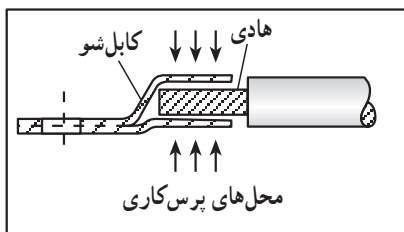
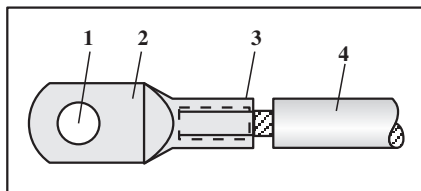
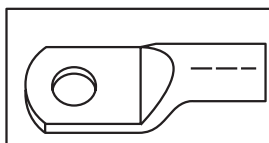
۲- قسمت پهن کابلشو

۳- سوکت (محل قرار گرفتن سیم)

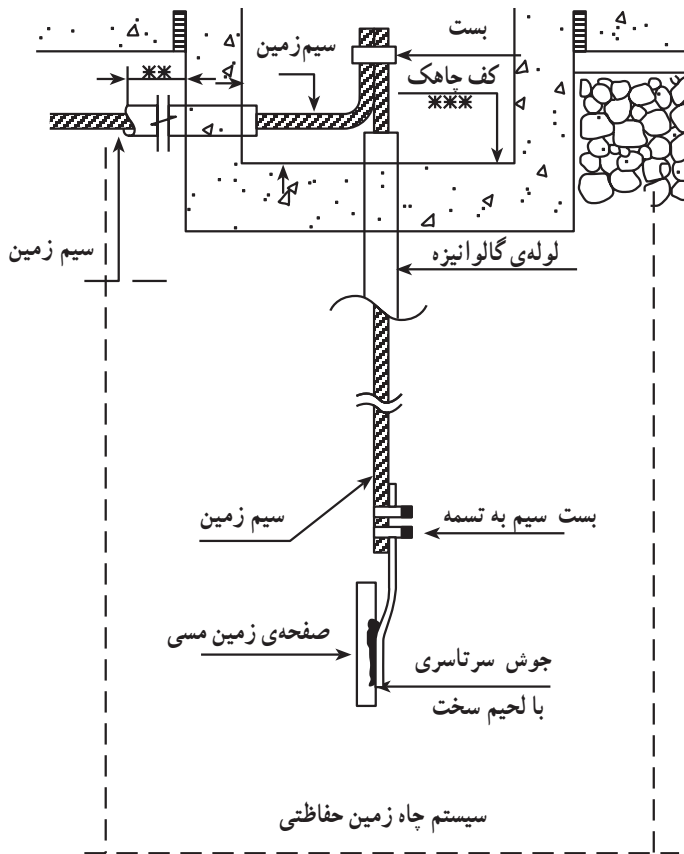
۴- عایق سیم

— برای اتصال کابل های افشان از مقطع یک میلی متر مربع

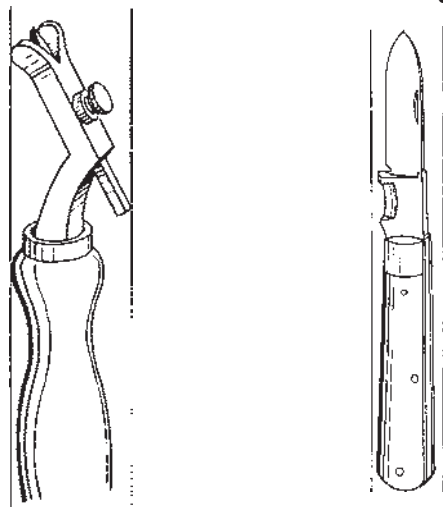
به بالا و کابل های مفتولی از ۱۰ میلی متر مربع به بالا، باید از



شکل ۲۰-۵- ترتیب پرس شدن کابل شو

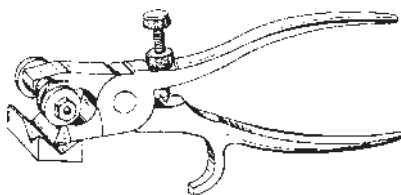


شکل ۲۱-۵- لحیم کاری سخت در اتصال سیم مسی به صفحه‌ی مسی چاه زمین حفاظتی



شکل ۲۲-۵- شیار درآر پوشش سربی

شکل ۲۳-۵- چاقوی کابل‌بری



شکل ۲۴-۵- شیار درآر طولی کابل

شکل ۲۵-۵- شیار درآر کابل در جهت طولی و محیطی

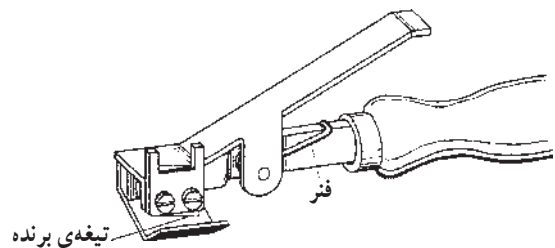
کابل شو استفاده شود.

کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلی‌متر مربع و کم‌تر را می‌توان مستقیماً با ایجاد سوآلی به دستگاه مربوطه متصل نمود.
- در مواردی برای اتصال هادی‌ها به یکدیگر از لحیم سخت استفاده می‌شود.

لحیم کاری سخت نوعی اتصال جدا نشدنی می‌باشد. این نوع لحیم کاری با لحیم کاری نرم تفاوت دارد، به طوری که به جای قلع از الکتروود برنجی، به جای روغن از روان‌ساز پودری و به عنوان وسیله‌ی حرارتی از سربیک‌های جوش کاری استفاده می‌شود. گاهی به این نوع لحیم کاری به غلط جوش برنج گفته می‌شود. شکل (۲۱-۵) اتصال سیم زمین^۱ به صفحه‌ی مسی را که به وسیله‌ی لحیم کاری سخت انجام می‌گیرد، نشان می‌دهد.

- ابزارهای روکش‌برداری کابل: برای بریدن سیم‌های نازک از سیم‌چین و برای بریدن کابل‌ها بر حسب قطر آن، از قیچی کابل‌بری استفاده می‌شود.

برای لخت کردن کابل از چاقوی کابل‌بری و ابزارهای مخصوص لخت کردن استفاده می‌شود. شکل‌های ۲۲-۵ تا ۲۵-۵ و این ابزارها را نشان می‌دهند.



شکل ۲۴-۵- شیار درآر طولی کابل

شکل ۲۵-۵- شیار درآر کابل در جهت طولی و محیطی

۱- سیم زمین قسمتی از یک سیستم حفاظتی است که در درس‌های دیگر با آن به طور کامل آشنا می‌شوید.



شکل ۲۶-۵- برش کابل



شکل ۲۷-۵- عایق برداری

۵-۱-۵- روش روکش برداری کابل: برای در آوردن

عایق روی کابل ابتدا در محیط کابل و در محل مورد نظر به وسیله چاقو و یا شیار درآر محیطی شیار دایره‌ای ایجاد می‌کنیم (شکل ۲۶-۵). سپس در امتداد طول کابل با چاقو و یا ابزار مخصوص برش کابل، خط برش ایجاد کرده و عایق را جدا می‌کنیم (شکل ۲۷-۵).

تذکر مهم: فراگیران در هنگام روکش برداری کابل نباید چاقو را به سمت خود بگیرند زیرا هنگام بریدن روکش کابل ممکن است چاقو از سطح کابل جدا شده و سبب مجروح شدن سینه یا دست آن‌ها شود. ضمناً مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند. عدم رعایت دو نکته‌ی فوق ممکن است موجب بروز خطرات جبران ناپذیری شود. برای بریدن کابل از ارّه نیز می‌توانید استفاده کنید.

۵-۱-۶- اتصال کابل شو به کابل: برای اتصال کابل

به دیگر تجهیزات الکتریکی از کابل شو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل شوها ممکن است پرسی یا قابل لحیم کاری باشند. در مقاطع بزرگ، اتصال کابل شو به کابل به وسیله‌ی لحیم کاری و اغلب با شعله انجام می‌شود. در صورت استفاده از شعله برای لحیم کاری باید توجه نمود که عایق و روکش بیرونی کابل در اثر حرارت آسیب نبیند.

- مراحل اتصال کابل شو به وسیله‌ی لحیم کاری:

● عایق سر کابل را به اندازه‌ی لازم (به اندازه‌ی طول حلقه‌ی کابل شو + حدود پنج میلی‌متر) جدا کنید و سر کابل را تمیز کنید (شکل ۲۸-۵- الف).

● سر کابل را که عایق آن برداشته شده است داخل کابل شو نمایید (شکل ۲۸-۵- ب).

● دنباله‌ی عایق سر کابل را با پیچاندن نخ نسوز از خطر سوختن محافظت کنید (شکل ۲۸-۵- ج).

● کابل را با کابل شوی مربوطه به‌طور عمودی نگهدارید. محل لحیم کاری را روغن لحیم بزنید. برای لحیم کاری، دنباله‌ی کابل شو را که بالای محل لحیم کاری قرار دارد به وسیله‌ی چراغ کوره‌ای و یا سربیک گازی گرم کنید. با گذاشتن لحیم بر روی آن سعی کنید که لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند (شکل ۲۸-۵- د). نخ نسوز را باز کنید و روی محل لحیم کاری را با نوار عایق

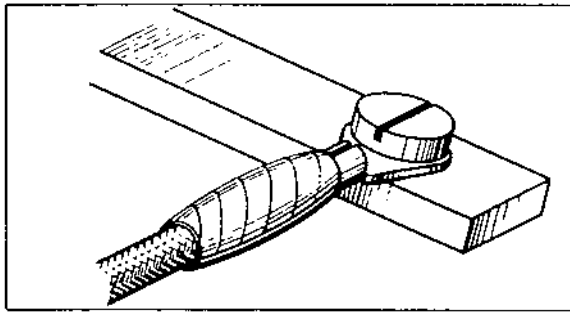
(الف)

(ب)

(ج)

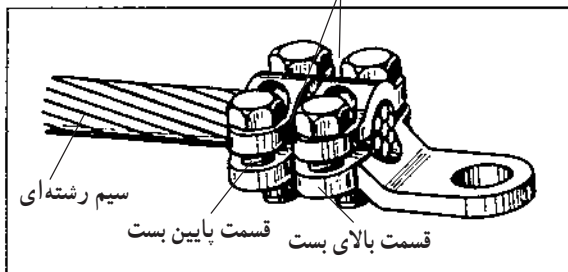
(د)

شکل ۲۸-۵- مراحل لحیم کاری کابل شو



شکل ۵-۲۹- عایق کاری و قرار دادن کابل شو زیر پیچ

فاصله‌ی یکسان در دو طرف بست‌ها



شکل ۵-۳۰

زمان: ۶ ساعت

پوشانده و کابل شو را با سر تخت آن و بدون هیچ واسطه‌ای روی محل اتصال زیر پیچ محکم کنید (شکل ۵-۲۹).

— **طریقه‌ی اتصال کابل شوی پیچی به کابل:**
کابل شوهای پیچی برای مقاطع بزرگ یک لا تا ۱۲۰ میلی متر مربع، و سیم‌های چند لا تا ۱۵۰ میلی متر مربع مورد استفاده دارند و نحوه‌ی اتصال آن‌ها به کابل به ترتیب زیر است:

- کابل شوی انتخابی باید با قطر سیم هادی متناسب بوده 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 سانتی متر مربع) بین دو قسمت بست به وجود آید (شکل ۵-۳۰).

۵-۲- کار عملی (۱۰) قسمت اول

۵-۲-۱- هدف: بریدن، لخت کردن و اتصال کابل شو

به کابل‌های فشار ضعیف توسط لحیم کاری

۵-۲-۲- وسایل و مواد مورد نیاز:

- قیچی کابل‌بر یا کمان‌اره و تیغ‌اره ۱ عدد
- سوهان تخت ۱ عدد
- سوهان نیم‌گرد ۱ عدد
- انبردست ۱ عدد
- سیم لخت‌کن ۱ عدد
- چاقوی کابل‌بری ۱ عدد
- لحیم و روغن لحیم به مقدار کافی
- چراغ کوره‌ای یا سربیک‌گازی ۱ عدد
- کابل شوی لحیمی ۴ عدد
- کابل NYCWY ۶۰ سانتی متر
- نخ نسوز به مقدار کافی
- متر تاشوی ۲ متری ۱ عدد
- وسایل حفاظت شخصی ۱ دست
- کابل شو نمره ۱۶ ۱ عدد
- کابل تک رشته با سطح مقطع 16 mm^2 ۲۰ سانتی متر
- پرس دستی کابل شو ۱ دستگاه

شکل ۳۱-۵ چند نمونه از ابزارهای کار این فصل را نشان

می دهد.



الف - دو نوع کمان ارّه با تیغه



ب - انواع سوهان



ج - چراغ کوره‌ای

شکل ۳۱-۵ چند نمونه از ابزارهای کار

۳-۲-۵ نکات ایمنی:

- در هنگام روکش برداری کابل به وسیله چاقوی کابل‌بری نباید چاقو را به سمت خود بگیریم چون احتمال جدا شدن آن از سطح کابل و برخورد به بدن ما وجود دارد (شکل ۳۲-۵).

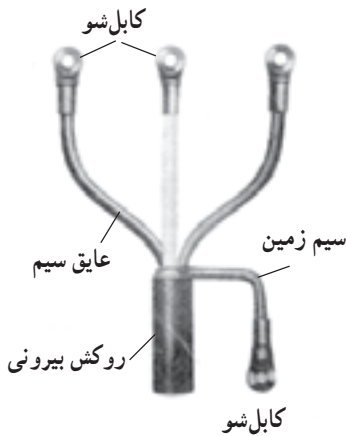


شکل ۳۲-۵ - روکش برداری غلط



شکل ۳۳-۵- طریقه‌ی صحیح روکش برداری کابل

در انجام عملیات هر مرحله، به نکات گفته شده در زیر مجموعه‌های بند ۱-۵ کاملاً عمل کنید.



شکل ۳۴-۵- اتصال کابل شو به کابل

– مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند (شکل ۳۳-۵).

– در صورت استفاده از شعله برای لحیم کاری مواظب باشید تا افراد و تجهیزات از آسیب مصون باشند.

۴-۲-۵- مراحل کار اتصال کابل شو به کابل، به روش لحیم کاری:

۱- یک کابل پروتودور ۱kVNYCWY/۶/۰ به طول لازم (حدود ۶۰ سانتی متر) انتخاب کنید.

۲- روکش اصلی کابل را به طول لازم حدود ۲۵ سانتی متر با چاقوی کابل بری بردارید. مواظب باشید که روکش سیم ها زخمی نشود.

۳- عایق سرسیم ها را به طول لازم جدا کنید (طول سوراخ کابل شو + حدود پنج میلی متر).

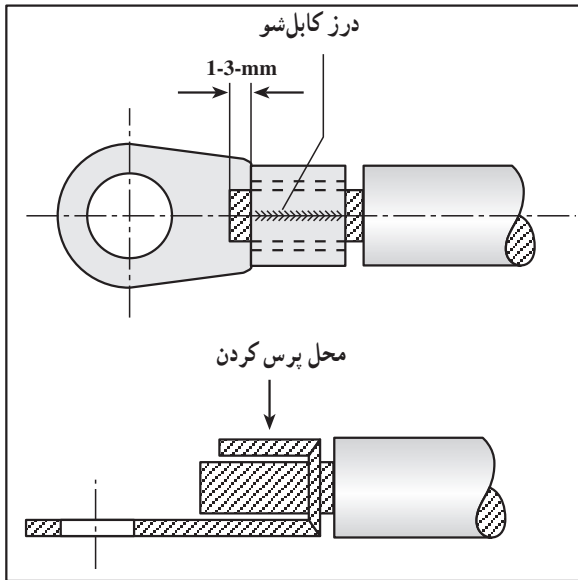
۴- سرسیم هایی که عایق در آنها برداشته شده داخل کابل شو نمایید. به طوری که حدود ۲ میلی متر از قسمت انتهایی سوراخ کابل شو پایین تر قرار گیرد.

۵- دنباله‌ی عایق سرسیم ها را با بیچاندن نخ نسوز از خطر سوختن روکش سیم محافظت کنید.

۶- کابل را همراه با کابل شوهای مربوط به طور عمودی نگهدارید.

۷- بالای محل لحیم کاری کابل شو را با چراغ کوره‌ای یا سربیک گازی گرم کنید و لحیم را جلوی سوراخ کابل شو قرار دهید تا لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند.

۸- سیم زمین را نیز از داخل کابل بیرون آورده و مطابق شکل ۳۴-۵ کابل شو را به آن لحیم کنید.



شکل ۵-۳۵- اتصال کابل شو پرسی به کابل

۵-۲-۵- مراحل کار اتصال کابل شو پرسی به

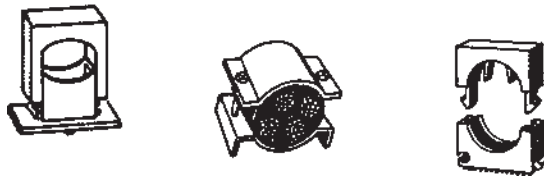
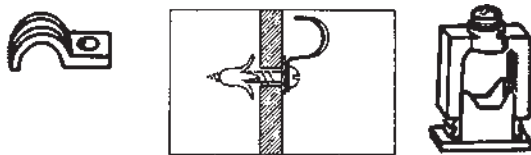
سرسیم (قسمت دوم):

۱- سرسیم روکش دار نمره ۱۶ را با چاقوی کابل بری و یا سیم لخت کن لخت کنید، به طوری که قسمت لخت شده به اندازه‌ی سوراخ کابل شو به اضافه‌ی ۵ میلی متر باشد.

۲- سرسیم لخت شده را داخل سوراخ کابل شو نمایید، به طوری که سرسیم یک تا ۳ میلی متر از سوراخ کابل شو بیرون آمده و حدود سه میلی متر نیز از انتهای کابل شو با عایق سیم فاصله باشد.

۳- پرس دستی، کابل شو را به سیم پرس کنید (شکل

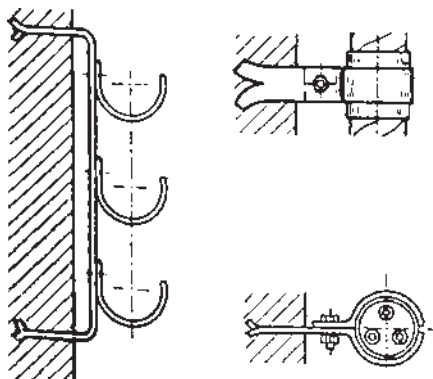
۵-۳۵).



الف - بست‌هایی که به سطح کار پیچ می‌شوند.



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



ج - بست‌هایی که پایه آن‌ها در داخل دیوار نصب شده است.

شکل ۵-۳۶- انواع بست کابل

۵-۳- عملیات کابل‌کشی کابل‌های پروتودور در فشار

ضعیف (تا ۴۰۰ ولت)

۱-۵-۳- انواع بست کابل: در کابل‌کشی‌های روی

دیوار از بست کابل استفاده می‌شود. جهت انتخاب بست‌های مختلف نکات زیر بایستی رعایت شود:

- اندازه‌ی قطر خارجی کابل

- نوع کابل‌کشی با توجه به عوامل مکانیکی، حرارتی و

شیمیایی اثرگذار روی کابل

- نوع کابل‌کشی از نظر قابل دید بودن (روی دیوار) و یا

غیرقابل دید (زیر سقف کاذب)

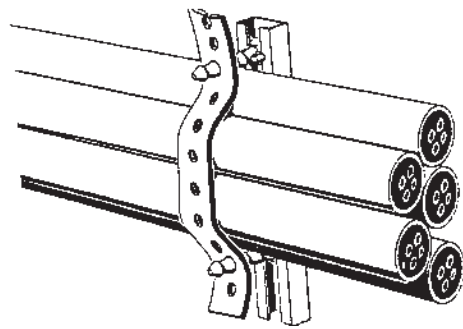
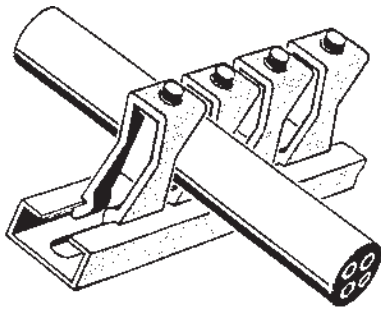
- امکان بستن ساده کابل

- قیمت مناسب نصب

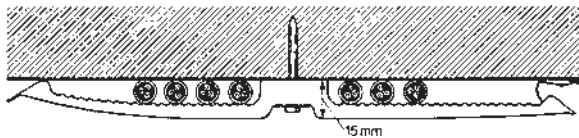
بست‌ها توسط میخ‌های فولادی یا پیچ به روی دیوار محکم

شده و سپس کابل روی آن‌ها بسته می‌شود. انواع بست‌ها در

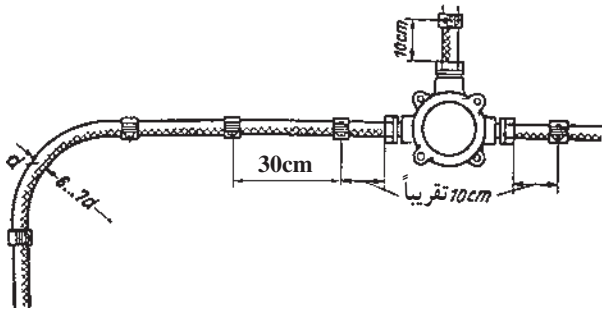
شکل‌های ۵-۳۶ نشان داده شده است.



شکل ۳۷-۵- کابل کشی روی دیوار



شکل ۳۸-۵- بست رکابی برای کابل کشی در زیر سقف



شکل ۳۹-۵- ایجاد خم در کابل

خاک‌های اضافی ناشی از حفر کانال

کانال حفر شده جهت خوابانیدن کابل‌ها

خاک‌های اضافی ناشی از حفر کانال

شکل ۴۰-۵

در کابل کشی‌های روی دیوار که قابل رویت می‌باشند بهتر است بیش‌تر از ۵ کابل کنار یکدیگر قرار نگیرند (شکل ۳۷-۵).
در کابل کشی روی دیوار فاصله‌ی کابل‌ها بایستی حتی‌الامکان به اندازه‌ی قطر کابل باشد.

فاصله‌ی بست‌ها از یکدیگر بستگی به قطر خارجی، طول و نحوه‌ی قرار گرفتن کابل روی دیوار (عمودی - افقی) دارد. این فاصله به‌طور متوسط 50° سانتی‌متر می‌باشد که برای کابل‌های با مقاطع کوچک و مسیرهای کوتاه تا 30° سانتی‌متر کاهش یافته و در مسیرهای طویل و کابل‌های با مقاطع بزرگ به 80° سانتی‌متر نیز می‌رسد.

باید توجه نمود که فاصله‌ی بست‌ها در حالتی که به‌صورت عمودی روی دیوار نصب شده‌اند می‌تواند بیش‌تر از حالت افقی باشد.

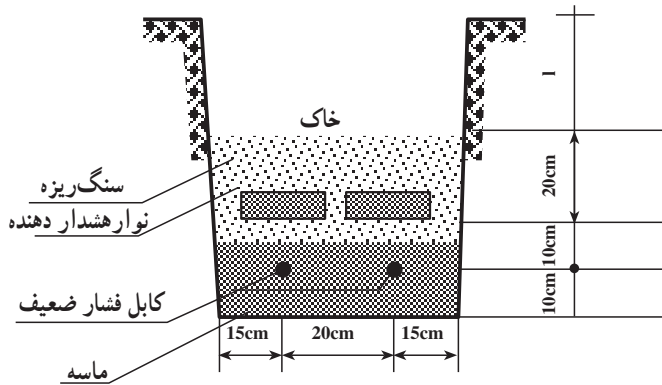
در کابل کشی روی دیوار باید دقت نمود که کابل حتی‌الامکان صاف باشد.

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 ۳۸-۵ عمل نمود.

در جاهایی که کابل‌ها خم شده و یا تغییر جهت می‌دهند، شعاع قوس آن‌ها نباید کم‌تر از ۵ برابر قطر خارجی کابل باشد زیرا در صورت کم‌تر شدن شعاع قوس، امکان قطع شدن هادی‌های کابل وجود دارد (شکل ۳۹-۵).

۲-۳-۵- کانال‌های خاکی کابل: جهت نصب و

استقرار کابل‌های مختلف در داخل خاک (روش دفنی)، کانال‌های خاکی را به مقطع دوزنقه می‌سازند. دلیل این کار جلوگیری از ریزش کردن دیواره‌ی کانال و هم‌چنین استحکام دیواره‌ی کانال می‌باشد. خاک‌های برداشته باید به فاصله‌ی 30° سانتی‌متر دورتر از لبه‌ی کانال ریخته شود تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان‌پذیر باشد (شکل ۴۰-۵).



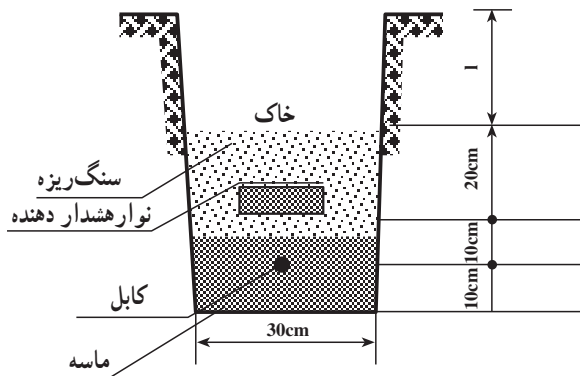
شکل ۴۱-۵ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

جدول ۴-۵- ارتفاع خاک ریزی در کانال

نوع کابل	فشار ضعیف	تا ۲۰ کیلو ولت
۱	۳ cm	۶۰ cm

جدول ۵-۵- عمق کانال خاکی برحسب ولتاژ کابل

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



شکل ۴۲-۵ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل

عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل های زیرزمینی، بستگی به تعداد کابل هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می گیرند. عرض کانال برای دو رشته کابل ۵۰ سانتی متر مطابق شکل ۴۱-۵ می باشد. هم چنین عمق کانال برای نصب کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل هایی دارد که روی هم قرار می گیرند. در هر حال فاصله ی بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین پیاده رو نباید از ۶۰ سانتی متر کم تر باشد.

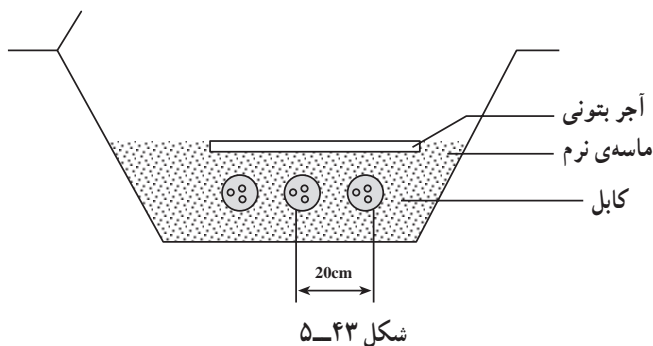
در شکل ۴۱-۵ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل ها آورده شده است. در صورتی که نصب در زیر سطح خیابان انجام گیرد عمق کانال از سطح خیابان نباید کم تر از یک متر باشد. در صورتی که تعداد کابل ها زیاد باشد معمولاً باید با فاصله ی ۲۰ سانتی متر نسبت به هم نصب شوند.

جدول ۴-۵ ارتفاع مقدار خاک لازم برای پر کردن کانال پس از نصب کابل و جدول ۵-۵ عمق کانال خاکی را نشان می دهد.

برای نصب کابل ها در داخل کانال خاکی ابتدا بایستی کف کانال کاملاً صاف، تمیز و کوبیده شده باشد سپس حداقل ۱۰ سانتی متر ماسه ی نرم در گودال ریخته شود و کابل روی آن خوابانده شود. مجدداً روی کابل حداقل ۱۰ سانتی متر ماسه نرم ریخته و سپس به منظور حفاظت از کابل یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی متر یا یک ردیف بلوک سیمانی بر روی این لایه چیده شود و سپس یک نوار پلاستیکی هشدار دهنده که روی آن عبارت: توجه! مسیر کابل، نوشته شده است کشیده شود، روی مجموعه تا ارتفاع ۲۰ سانتی متر سنگ ریزه و سپس روی آن خاک معمولی ریخته و کوبیده شود (شکل ۴۲-۵).

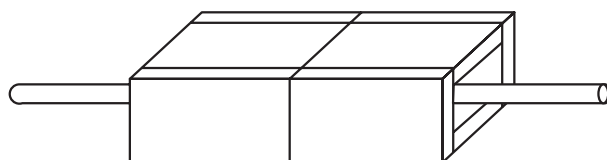
۳-۳-۵- روش‌های محافظت از کابل در کانال‌های

خاکی: در صورتی که تعداد کابل‌ها زیاد باشد بهتر است به جای قرار دادن کابل‌ها بر روی یکدیگر، آن‌ها را پهلوئی هم قرار دهند. ضمناً پس از دفن کابل در داخل زمین معمولاً روی آن‌ها را با آجر یا سنگ‌های مخصوص و یا بلوک بتونی مخصوص مطابق شکل ۵-۴۳ می‌پوشانند.



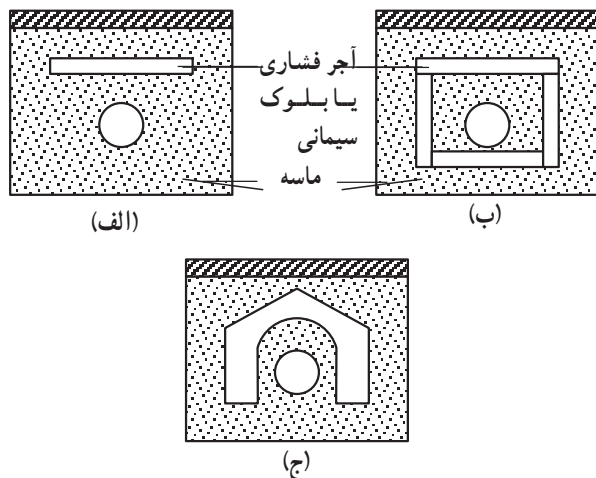
شکل ۵-۴۳

در صورتی که چندین کابل پهلوئی هم کشیده شوند و فاصله کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر باشد باید کابل‌ها توسط آجر فشاری، مطابق شکل ۵-۴۴، از یکدیگر مجزا و محافظت شوند.



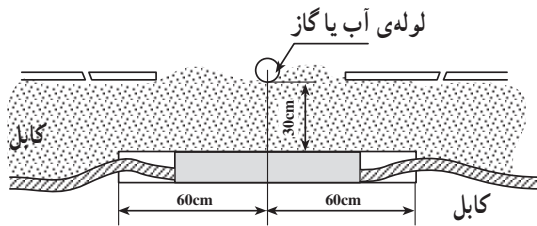
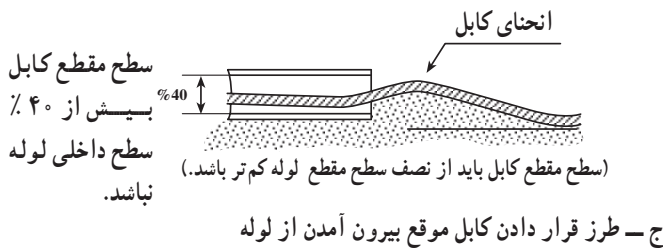
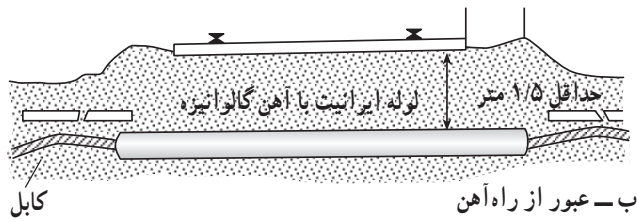
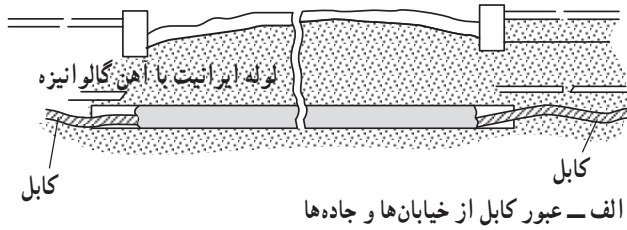
شکل ۵-۴۴

محافظه‌های مخصوص روی کابل (آجر یا بلوک بتونی) را مطابق شکل ۵-۴۵ باید کاملاً بالای کابل خواباند. شکل ۵-۴۵ چند روش حفاظت کابل را در زمین نشان می‌دهد.

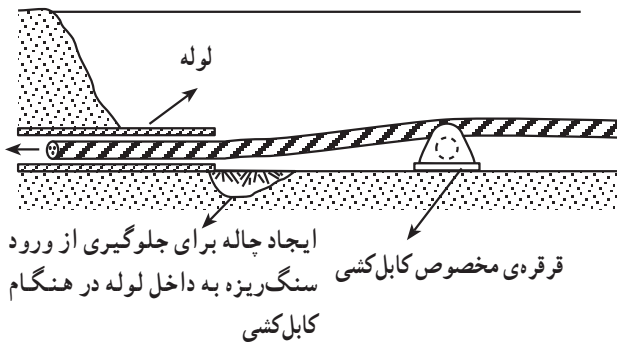


شکل ۵-۴۵

استعداد باردهی کابل در صورتی که مستقیماً در خاک دفن شود. شکل ۵-۴۵ الف از دو نوع دیگر بیش‌تر است، زیرا حرارت کابل بهتر به محیط خارج منتقل می‌شود.



شکل ۴۶-۵- روش‌های محافظت از کابل در برابر عبور از موانع



شکل ۴۷-۵- نحوه‌ی ورود کابل به لوله

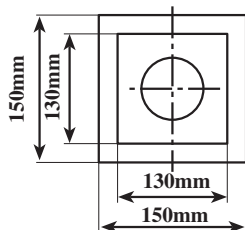
در صورتی که کابل از روی پُل عبور کند یا کابل دیگری را قطع نماید و یا از روی لوله‌ی آب، گاز و بالاخره هر لوله‌ی فولادی دیگری بگذرد، باید در همان نقطه و محل به وسیله‌ی لوله‌ی محافظی، مطابق شکل ۴۶-۵، محافظت شود.

فاصله‌ی بین کابل و لوله‌ی آب یا گاز که به موازات هم هستند نباید کم‌تر از ۳۰ سانتی‌متر باشد.

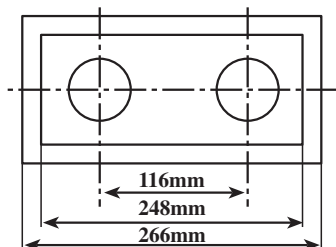
در موقع عبور کابل از چهارراه‌ها بهتر است کابل را از داخل لوله عبور داد به طوری که طول لوله به قدری باشد که تا اواسط پیاده‌رو کشیده شود. این لوله‌ها باید طوری به یکدیگر وصل شوند و در داخل یکدیگر قرار گیرند که در موقع کابل‌کشی و عبور کابل از داخل لوله، کابل به محل‌های اتصال لوله، گیر نکند.

در مواقعی که کابل‌کشی از داخل لوله انجام می‌شود باید کابل را در محل ورود و خروج از لوله، محافظت کرد تا در اثر لبه‌های لوله زخمی نشود. برای این منظور بهتر است از قرقره‌های مخصوص در جلوی ورودی کابل به لوله استفاده نمود. هم‌چنین برای جلوگیری از ورود سنگ‌ریزه به داخل لوله لازم است چاله‌ای در قسمت ورودی کابل به لوله ایجاد شود (شکل ۴۷-۵). این چاله پس از عملیات کابل‌کشی با ماسه نرم پر می‌شود. برای عبور کابل از یک طرف به طرف دیگر خیابان و یا عبور کابل از میدان‌ها

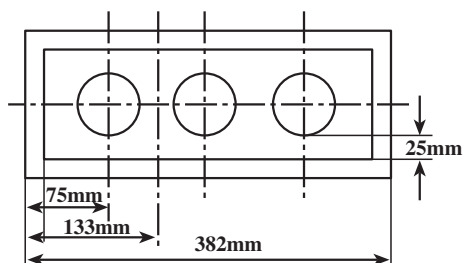
و چهارراه‌ها از لوله‌های سیمانی مخصوص یا لوله گالوانیزه استفاده می‌گردد. قطر سوراخ لوله‌ها باید حداقل $1/5$ برابر قطر خارجی کابل باشد (شکل ۴۸-۵).



الف - کانال بتونی یک سوراخه

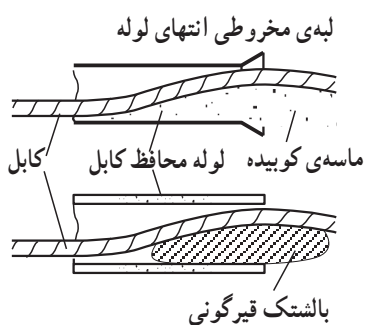


ب - کانال بتونی دو سوراخه



ج - کانال بتونی سه سوراخه

شکل ۴۸-۵ - محافظت کابل در تقاطع یا خیابان‌ها



شکل ۴۹-۵

برای جلوگیری از زخمی شدن پوشش کابل، بهتر است سر لوله را به شکل قیف خم کنیم. در مقابل مدخل لوله‌هایی که در امتداد سطح چاله‌ی کابل قرار دارند و به خاطر جلوگیری از ورود سنگ‌ریزه به داخل لوله در موقع کابل‌کشی قبل از ابتدای لوله، خاک‌برداری شده، پس از خاتمه‌ی کابل‌کشی دو طرف لوله را با قرار دادن بالشتک‌هایی از ماسه‌ی کوبیده و یا قیرگونی یا پشم‌شیشه و امثال آن، باید طوری حفاظت کرد که کابل فقط با لبه‌ی بالایی لوله در تماس باشد (شکل ۴۹-۵).