

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع

جلد چهارم : راهنمای نصب و تعمیر کابل

تیر ماه ۱۳۷۵

تدوین کننده : گروه مطالعات توزیع - بخش برق - مرکز تحقیقات نیرو (متن)

---

آدرس : تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷ - ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰



## پیشگفتار

جزوه حاضر، جلد چهارم از استانداردهای کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع می‌باشد، باتوجه به حجم بالای کابل‌کشی در شبکه‌های توزیع (اعم از کابل‌های فشار متوسط و یا فشار ضعیف) و بروز مشکلات فراوان ناشی از صدمه رسیدن به کابل به علل مختلف، دقت در نصب کابل و اجرای استانداردهای کابل‌کشی از مسائل مهمی است که علاوه بر بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع، باعث ایجاد سهولت در تعمیر و نگهداری شبکه موجود و توسعه آن در آینده می‌شود. لذا در این مجموعه سعی شده است که نحوه صحیح کابل‌کشی و حمل و نقل آن و استانداردهای مربوطه در این رابطه آورده شود. در ادامه مطالب، در قسمت جداگانه‌ای به تعمیر غلاف صدمه‌دیده و مفصل‌بندی پرداخته شده است.

## فهرست عناوین

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۱	حمل و نقل
۱	تخلیه قرقره
۳	حداقل دما برای نصب کابل
۳	حداقل شعاع خمش
۳	کشش مجاز کابل
۴	روشهای مختلف کابل کشی
۶	توصیه‌های عمومی درباره کابل کشی
۸	کابل کشی در داخل پست
۹	کابل کشی روی دیوار یا سقف یا قفسه و سینی کابل
۹	کابل در کانال
۱۱	کابل کشی در خارج از پست
۱۱	خواباندن کابل در گودال و دفن آن در زمین
۲۳	روشهای مختلف کشیدن کابل
۲۶	آزمونهای الکتریکی بعد از نصب کابل
۲۶	تعمیر غلاف خارجی صدمه‌دیده
۲۷	تعمیر غلاف صدمه‌دیده با استفاده از عایق ترموپلاستیکی
۲۸	قالبگیری و ریختن رزین برای کابل‌های با غلاف خارجی PVC
۲۸	نوارپیچی با استفاده از نوار چسب PVC
۲۹	متعلقات کابل
۲۹	سرکابل
۳۰	مفصل‌بندی
۳۰	اصول اولیه برای نصب متعلقات کابل

## فهرست عناوین

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۱	مفصل بندی کابل
۴۷	لیست لوازم مورد احتیاج جهت سرکابل و مفصل بندی
۴۸	مراجع



## ۱- مقدمه

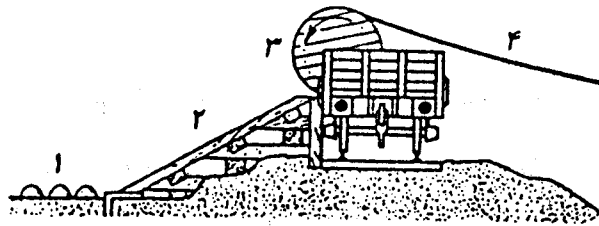
قبل از کابل کشی، باید نکات لازم در مورد نصب کابل مورد بررسی قرار گیرد، حمل و نقل و تخلیه قرقره کابل از مسائلی است که در صورت بی توجهی به آن موجب وارد آمدن آسیب به کابل شده و کار کابل کشی را با مشکل مواجه می سازد، از مسائل دیگری که بایستی مورد توجه قرار گیرد رعایت حداقل دمای نصب کابل، حداقل شعاع خمش کابل و نکات ایمنی مرتبط با نصب کابل می باشد. در ادامه ابتدا نکات فوق مورد بررسی قرار گرفته و در قسمتهای بعدی دستورات عملی نصب کابل آورده می شود.

### ۱-۱- حمل و نقل

کابلها بطور معمول روی قرقره های چوبی پیچیده می شوند، اندازه قرقره ها به طول کابل، نوع کابل، سطح و لنتاز، سطح مقطع و ... بستگی دارد. کابل های کوتاه بدون زره تا ۱۵۰ متر طول و حداکثر وزن ۱۰۰ کیلوگرم و یا کابل های زره دار تا ۱۵۰ متر طول و ۲۵۰ کیلوگرم وزن، را می توان بصورت چمبره کاغذ پیچ شده حمل و نقل کرد، قرقره کابلها، روی ریل یا جاده حمل می شود و بایستی با قرار دادن گره های مناسب در اطراف قرقره، از حرکت آن در زمان حمل جلوگیری به عمل آورد. قبل از پیاده کردن قرقره، محموله بایستی به دقت مورد بازرسی قرار گیرد تا از لحاظ سالم بودن در وضعیت مطلوبی قرار داشته باشد و در صورت صدمه دیدن کابل، در حضور حمل کننده، بصورت کمی گزارشی تهیه شده تا بعنوان مدرک نگهداری شود و در صورت لزوم قرقره تعویض گردد.

### ۱-۲- تخلیه قرقره

برای تخلیه قرقره از جرثقیل، یا سطح شیب دار استفاده می شود. در صورت موجود نبودن وسیله مناسب سطح شیب داری مانند شکل (۱-۱) بطور موقت در محل نصب می شود. این وسیله از الوار چوبی ساخته شده و نسبت ۴ : ۱ برای سطح شیب دار در نظر گرفته شود. در موقع پیاده کردن کابل و حرکت آن روی سطح شیب دار، باید قرقره را توسط طناب مهار و کنترل نمود. برای ترمز کردن قرقره، قرار دادن چند کپه شن به ارتفاع حدود ۲۰ سانتیمتر در جلوی این سطح شیب دار مفید می باشد.



- ۱- شن و ماسه
- ۲- سطح شیب‌دار تخلیه
- ۳- قرقره
- ۴- طناب محدودکننده

شکل (۱-۱) سطح شیب‌دار موقت برای تخلیه قرقره کابل

چمبره و قرقره، نباید از روی وسیله حمل پایین انداخته شود، حتی اگر قرقره یا چمبره، کوچک و سبک بوده و زمین در آن محل بصورت خاک نرم باشد، این عمل باعث صدمه رسیدن به کابل می‌گردد. نشانه‌های جهت‌دار که روی قرقره رسم شده‌اند، جهت چرخش قرقره را نشان می‌دهد. در صورتیکه قرقره در جهت خلاف این علامت، گردانده شود، این خطر وجود دارد که لایه‌های کابل روی قرقره شل شود. بعد از برداشتن حفاظت‌های قرقره یا نوارهای پیچیده‌شده روی چمبره، کابلها، بایستی از لحاظ آسیب‌دیدگی خارجی مورد بازرسی قرار گیرند. ضمناً "بایستی سرپوش انتهایی کابل به دقت بازرسی شده تا در وضعیت خوبی قرار داشته باشد، در صورتیکه احتمال نفوذ رطوبت به کابل وجود داشته باشد، بایستی با استفاده از آزمون عایقی این مسئله مورد بررسی قرار گیرد، و در صورت نیاز، کابل رطوبت‌دیده تا محلی که اثری از رطوبت دیده نشود قطع شود.

وسایل چرخدار، برای حمل کابل تا محل نصب کابل بسیار مناسب می‌باشند، در صورتیکه قرقره با یاتاقان به بدنه چرخ متصل باشد. کابل می‌تواند مستقیماً از روی قرقره باز شده و نصب گردد. در صورتیکه کابل مستقیماً از چرخ به داخل کانال قرار داده نمی‌شود، باید قرقره حتی‌المقدور به جائیکه کابل در آن قرار می‌گیرد نزدیک باشد. حمل قرقره با چرخاندن آن مجاز نمی‌باشد. کابل بایستی از بالای قرقره کشیده شود، بدین معنی که قرقره باید در جهت عکس نشانه جهت‌دار روی قرقره، بچرخد و برای سهولت در این امر بهتر است قرقره توسط وسیله‌ای مثل دیلم به بالا کشیده شود. امکان توقف حرکت قرقره در هر لحظه بایستی وجود داشته باشد، تا در صورت توقف ناگهانی قرقره از جمع شدن کابل و شل شدن حلقه‌های آن جلوگیری گردد. (یک الوار ساده بعنوان وسیله ترمز در این حالت می‌تواند بکار رود). در هنگام کشیدن کابل از روی قرقره باید، قرقره چرخانده شود تا از وارد آمدن فشار به کابل خصوصاً کابل‌های بدون زره جلوگیری گردد.



### ۳-۱- حداقل دما برای نصب کابل

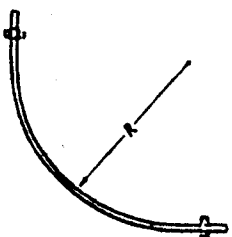
حداقل دمای نصب برای کابل‌های با عایق و غلاف پلاستیکی برابر  $5^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. در صورتی که این حداقل دما برای نصب رعایت نشود عایق و غلاف خارجی کابل در حال خم شدن صدمه خواهد دید، برای احتراز از این موضوع در دماهای کمتر از درجه حرارت‌های ذکر شده بایستی کابل را گرم نمود و سپس عمل نصب را انجام داد.

برای گرم نمودن کابل بایستی قرقره در اطافی با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد برای چند روز قرار داده شود. این عمل می‌تواند توسط روش‌های دیگر مثل عبور جریان الکتریکی از کابل و یا استفاده از المنت یا وسیله گرم‌کننده مخصوص انجام شود. در طول مدت گرم شدن قرقره، بایستی به تناوب قرقره در جهت نشانگر مشخص‌کننده جهت چرخش، گردانده شود، لازم است که حتماً از گرم شدن تمام نقاط کابل اطمینان حاصل شود. دمای کابل نبایستی از ۴۰ درجه سانتیگراد زیادتر گردد. در طول مدت حمل کابل از محل گرم تا محل نصب بایستی روی کابل با برزنت پوشیده شده تا سرد نشود، عملیات کابل‌کشی بایستی به دقت و سرعت انجام گیرد و کابل نباید بیش از حد تعیین شده سرد شود.

### ۴-۱- حداقل شعاع خمش

بجز در موارد استثنایی که کارخانه سازنده کابل، شرایط محیط، مقررات و مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد، در موقع نصب کابل بایستی حداقل شعاع خمش کابل مطابق جدول زیر انتخاب گردد.

جدول (۱-۱)

	$U_0/U > 0.6/1$ کیلوولت	$U_0/U \leq 0.6/1$ کیلوولت	کابل با عایق پلاستیکی
	$R = 15 \times d$	$R = 12 \times d$	کابل چندرشته
	$R = 15 \times d$	$R = 15 \times d$	کابل تک‌رشته

که  $d$  قطر خارجی کابل و  $R$  حداقل شعاع خمش کابل می‌باشد.

### ۵-۱- کشش مجاز کابل

در هنگامیکه کابل توسط دستگاه کشیده می‌شود بایستی توجه شود تا نیروی کشش در حدود

جدول (۲-۱) محدود گردد:

جدول (۲-۱)

نیروی کشش	ساختمان کابل	روش کشش
$F = 50 \times A$ [N] برای کابلهای با هادی مسی $F = 30 \times A$ [N] برای کابلهای با هادی آلومینیومی	تمام انواع کابلهای	بوسیله گیره سرکابل روی هادی
$F = K.D^2$ و $K = 9 \text{ N/mm}^2$	تمام کابلهای بازره مفتولی	با جوراب کابل
$F = K.D^2$ برای کابلهای تک غلافه $K = 3 \text{ N/mm}^2$ برای کابلهای سدرشته با غلاف فلزی جداگانه $K = 1 \text{ N/mm}^2$	کابل با غلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	
هادی مسی $F = 50 \times A$ [N] برای هادی آلومینیومی $F = 30 \times A$ [N]	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	

که در آن:

A : سطح مقطع کل هادی به میلیمتر مربع می باشد (بدون در نظر گرفتن هادی هم مرکز و یا پوشش

الکترواستاتیکی فلزی

D : قطر خارجی کابل بر حسب میلیمتر

F : حداکثر نیروی کشش مجاز بر حسب نیوتن می باشد.

در موقع نصب کابل بایستی کاملاً دقت شود که نیروی وارد بر هادی یا روکش کابل بیش از حد مجاز داده شده در جدول (۲-۱) نشود. ضمناً باید دقت شود در صورتیکه کابل بعد از نصب در سیستم تحت کشش دائم قرار می گیرد کابل بایستی مجهز به سیم مهار یا مشابه آن باشد تا بتواند به راحتی نیروی کشش را تحمل کند.

#### ۱-۶- روشهای مختلف کابل کشی

شبکه توزیع را می توان از لحاظ کاربرد کابل قدرت در آن به دو دسته کلی زیر تقسیم بندی نمود :

1- Pulling Eye

2- Cable Grip

#### ۱-۶-۱- کابل بکاررفته در داخل پستهای توزیع

این کابلها عموماً بخشی از فیدرهای خروجی پستهای فوق توزیع و یا فیدرهای ورودی یا خروجی پستهای ۲۰ کیلوولت برای کابلهای فشار متوسط و خروجی فیدرهای پست ۲۰ کیلوولت برای کابلهای فشار ضعیف که در داخل پست واقع می‌گردند، می‌باشند. کابلهای بکاررفته در داخل پستهای توزیع عموماً بصورت نصب روی سینی کابل و یا نصب در کانالهای پیش‌ساخته بصورت سرباز و یا تهویه‌دار و یا بصورت سربسته می‌باشد.

#### ۱-۶-۲- کابلهای خارج‌شده از پستهای توزیع

این کابلها عموماً خارج از محوطه پستهای توزیع (بین پستهای توزیع، از یک پست تا محل مصرف‌کننده و ...) کشیده می‌شوند.

کابلهای بکاررفته در خارج از پستهای توزیع را می‌توان به دو صورت زیر نصب نمود:

#### ۱-۶-۲-۱- دفن کابل در زمین

ابتدا گودال مناسب حفر شده و باتوجه به استانداردهای کابل‌کشی که در قسمتهای بعد توضیح داده می‌شود کابل در گودال قرار گرفته و روی آن پوشانیده می‌شود. در این سیستم فقط به هنگام عبور کابل از بعضی مناطق خاص، مثل جاده‌ها، ریل‌های راه‌آهن و غیره از لوله استفاده می‌شود.

#### ۱-۶-۲-۲- سیستم مجرای کابل یا سیستم زیرزمینی

در سیستم زیرزمینی کابل از داخل مجرای کابل و لوله عبور داده‌شده و به فواصل مشخص و معینی از دریچه‌های بازدید آدم‌رو یا دریچه‌های بازدید استفاده می‌گردد. اجرای این سیستم هزینه زیادتری نسبت به سایر سیستمها دارد و از طرفی ظرفیت باردهی کابل نیز در این سیستم نسبت به خواباندن کابل بطور مستقیم در زمین کاهش می‌یابد، از آنجاییکه استفاده از این روش در ایران معمول نیست لذا در این استاندارد به آن پرداخته نشده است.

در قسمتهای بعد به تشریح هر یک از قسمتهای فوق پرداخته و استانداردهای لازم مربوط به هر یک آورده خواهد شد.

---

1- Man hole

2- Hand hole

#### ۷-۱-۷- تو صبه های عمومی درباره کابل کشی

##### ۱-۷-۱- تنش های مکانیکی خارجی

نحوه کابل کشی باید طوری انتخاب گردد که خطرات ناشی از خرابیهای مکانیکی در آن به حداقل برسد. در تاسیسات نصب ثابت در مواردیکه خطر تنشهای مکانیکی وجود دارد می توان از کابل های زره دار استفاده نمود، و یا بطور مناسبی از آن محافظت کرد. کابل های نصب شده در داخل لوله ها، کانالها در برابر خرابیهای مکانیکی با استقامت کافی به حساب می آیند.

##### ۱-۷-۲- تنشهای حرارتی خارجی

کابلها نباید در محیطهایی که دمای آنها از حد پیش بینی شده تجاوز می نمایند نصب شوند، مجاری کابل و یا لوله ها باید بقدر کافی با لوله و تجهیزات حرارتی فاصله داشته باشند.

##### ۱-۷-۳- حفاظت در برابر عوامل جوی و مواد خوردنده

کابلها جز مواردیکه در موقع ساخت یا نصب که مجهز به پوشش مناسبی شده باشند، نباید در وضعی که در معرض باران یا قطرات آب، یا در مجاورت هوای آزاد و یا تابش مستقیم آفتاب قرار گیرند، نصب شوند. در مواردیکه کابلها در مجاورت مواد خوردنده قرار گیرند باید از نوع مقاوم در برابر خوردندگی بوده و یا بنحوی دیگر محافظت شوند.

##### ۱-۷-۴- اتصال به زمین و تداوم الکتریکی پوششهای فلزی کابلها

اتصال زمین باید باتوجه به مطالب مندرج در استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع انجام شود. پوشش فلزی کابلها باید طبق مقررات ایمنی در برابر بروز اتصال محافظت شود. در کابلها با جنس عایق از مواد ترموپلاستیک (PVC، XLPE، ...)، هادی هم مرکز حفاظتی، پوشش الکترواستاتیکی<sup>۱</sup>، زره کابل و غلافهای فلزی بایستی زمین شوند، این مسئله بایستی در پستها و مفاصلها رعایت گردد. برای کابلهایی که دارای هادی هم مرکز و یا پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی می باشند بایستی سیمهای مسی به هم ناییده شده و زمین گردند و برای کابلهایی که پوشش الکترواستاتیکی آن از نوارهای مسی یا مفتولهای فولادی تشکیل شده است، این پوشش باید توسط لحیم کردن و یا پیچیدن سیم مسی به دور آن زمین شوند.

##### ۱-۷-۵- جداسازی یا تفکیک کابل کشیهای مربوط به مدارهای با ولتاژ خیلی پایین و وسایل ارتباطی

کابلهای مربوط به مدارهای با ولتاژ خیلی پایین و مدارهای ارتباطات باید از کابلهای دیگر تفکیک

یا از آنها جدا شوند تا خطراتی که ممکن است در اثر بروز اتصالی بوجود آیند به حداقل برسد. این امر به ترتیب زیر عمل می‌گردد:

الف- کابل‌های ولتاژ خیلی پایین و ارتباطات نباید داخل لوله یا مجرای که حاوی مدارهای دیگر باشند کشیده شود.

ب - در صورتیکه از یک کانال یا مجرا برای عبور مدارهای با ولتاژ پایین و مدارهای ارتباطات و مدارهای ولتاژ بالا استفاده می‌شود این مدارها باید بنحوی موثر از یکدیگر جدا شوند. این کار با استفاده از دیوارهای محکم یا قرار دادن این کابلها با فاصله بیش از ۳۰۰ میلیمتر از کابل‌های دیگر امکان‌پذیر است.

#### ۱-۷-۶- انتخاب وسایل کابل‌کشی

لوازم و وسایل کابل‌کشی باید بنحوی انتخاب شوند که چه در موقع نصب و یا در زمان بهره‌برداری از ایجاد خرابی در کابلها، به علت وجود قطعات تیز و برنده جلوگیری بعمل آید.

#### ۱-۷-۷- نقاط تجمع آب یا گرد و خاک

در نقاطی که امکان تجمع آب وجود دارد و یا در نقاطی که جمع شدن گرد و خاک یا مواد دیگر باعث بوجود آمدن خطر و تغییر وضعیت موجود می‌شود (مثل تغییر در مقاومت حرارتی در حوالی کابلها) باید احتیاطهای لازم بعمل آید.

#### ۱-۷-۸- آماده‌سازی انتهای کابل

بعد از نصب کابل در زمین در نقاط بریده‌شده کابل و در انتهای کابلها باید به نکات زیر توجه نمود:

#### ۱-۸-۷-۱- کابل‌های با عایق پلیمری با ولتاژ ۱/۶ کیلوولت

این کابلها به رطوبت زیاد حساس نیستند لذا برای نصب داخلی در محوطه‌های خشک نیازی به پوشش کامل انتهای این کابلها نمی‌باشد و آماده‌سازی برای اتصال این کابلها بسیار ساده می‌باشد. و کافی است که غلاف خارجی توسط وسیله برشی که بتوان عمق برش را روی آن کنترل کرد صورت گیرد (ابتدا بصورت طولی غلاف بریده می‌شود و سپس برش در محیط کابل انجام می‌شود) در این حالت فقط باید دقت نمود که عایق رشته‌ها بریده نشود. در صورتیکه عایق کابل از جنس XLPE باشد باید توجه داشت که کابل در معرض تشعشعات خورشید و اشعه ماوراء بنفش قرار

نگیرد برای این کار باید انتهای کابل با قرار دادن پوششهای پلیمری و گرم نمودن آن "کاملاً" بسته شود. و کلیه اتصالات خارج از ساختمان در مورد این کابلها بایستی توسط مفصل و بصورت "کاملاً" بسته شده انجام شود.

۱-۷-۸-۲- کابل با عایق پلیمری و ولتاژ بالاتر از ۱/۶/۰ کیلوولت تا ۱۸/۳۰ کیلوولت

انتهای این کابلها بایستی همانند کابلهای کاغذی از نفوذ رطوبت محافظت گردد. نقاط بریده شده کابل که فوراً نصب نمی شود باید کاملاً" بسته شود (این کار با باندپیچی کردن کابل با مواد ضد رطوبت و سپس قرار دادن کلاهک پلاستیکی مخصوص و یا کلاهک پلیمری و گرم کردن آن انجام می شود)، باندپیچی کردن کابل به تنهایی کافی نمی باشد. تمام اتصالات مربوط به این کابلها بایستی توسط مفصلهای مخصوص که کاملاً" اطراف کابل را از محیط بسته نگه می دارد، انجام شود.

در مورد کابلهای با عایق PE، باتوجه به خواص عایقی خوب این ماده ممکن است تحت شرایط معینی روی پوشش الکترواستاتیکی آن، بار استاتیکی ایجاد شود، برای جلوگیری از خطر برای پرسنل و ایجاد شوک، توصیه می شود بعد از خواباندن کابل این پوشش و تمام وسایلی که برای برش کابل مورد استفاده قرار می گیرند زمین شوند که برای این کار می توان با استفاده از سیمهای قابل انعطاف، پوششهای الکترواستاتیکی و وسایل برش را به سیستم زمین متصل نمود.

۱-۷-۹- ذخیره طول معینی از کابل در هنگام نصب

باتوجه به اینکه نقاط ضعف سیستم کابل بیشتر در محل انشعاب کابل (مفصل و سرکابل) می باشد، لازم است طول معینی از کابل در هر یک از این نقاط بعنوان رزرو در نظر گرفته شود، این مقدار را می توان تا حدود ۱۰ متر در نظر گرفت و طرز قرار گرفتن آن باید به نحوی باشد که در مواقع عیب یابی مشکلی تولید نکند. (معمولاً" این میزان طول از کابل را بصورت شکل هشت لاتین 8 قرار می دهند.)

۲- کابل کشی در داخل پست

کابلها یا در روی سینی کابل و قفسه نصب می شوند و یا روی دیوار یا سقف توسط بست کابل محکم

می‌گردند. فاصله بین این بستها و یا به هنگام نصب کابل بطور افقی روی سینی کابل، فاصله نقاط اتکاء و نگهدارنده‌ها نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- برای کابل‌های بدون زره ۲۰ برابر قطر خارجی

- برای کابل‌های بازره ۳۰ تا ۳۵ برابر قطر خارجی

ضمناً حداکثر این مقدار نباید از ۸۰ سانتیمتر بیشتر شود.

در مسیرهای عمودی فاصله بین دو بست کابل به نوع کابل و نوع بست کابل بستگی دارد، این مقدار

از ۱/۵ متر نبایستی بیشتر شود.

## ۱-۲- کابل‌کشی روی دیوار یا سقف یا قفسه و سینی کابل

ظرفیت حمل جریان، وزن کابل، حداقل شعاع خمش و ... در طرح نگهدارنده‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرند. برای کابل‌ها باید فضای کافی در نظر گرفته شود و کابل طوری در قفسه‌ها نصب گردد تا تبادل حرارتی کافی با محیط اطراف داشته باشد.

ابعاد سینی کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابل‌ها و همچنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود. ولی بطور کلی سینیهای کابل باید با ورق آهنی گالوانیزه مشبک به ضخامت حداقل ۱/۵ میلیمتر ساخته شود و در صورت آویز بودن توسط میله‌های فولادی به قطر حداقل ۶ میلیمتر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگهداری شود.

هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، کابل‌ها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه‌راه یا چهارراه، به سینیها محکم شود. فاصله بین سینیهای دوطبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد. کابل‌های چند رشته نیازی به بستن روی سینی کابل ندارند و حداقل فاصله میان کابل‌های مجاور نباید کمتر از قطر کابل بزرگتر باشد.

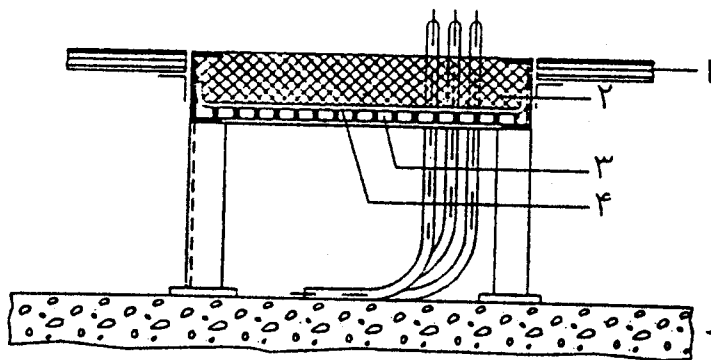
## ۲-۲- کابل در کانال

مزایای استفاده از این روش سهولت در تعویض یا گسترش کابل، بدون انجام کار زیاد می‌باشد، بخصوص هنگامیکه کابل دارای وزن زیادی می‌باشد.

ظرفیت جریان قابل حمل کابل قرار گرفته در کانال به شرط تهویه مناسب، معمولاً از کابل قرار گرفته در زمین بیشتر است. این سیستم دارای هزینه زیادتری نسبت به سایر روشهای کابل‌کشی بوده و بیشتر

در اطراف پستها و داخل آن اجرا می‌گردد.

برای جلوگیری از نفوذ احتمالی آتش به پست نقطه ورودی کابل از کانال به داخل بایستی کاملاً مسدود شود شکل (۱-۲). هنگام عبور کابل داخل کانال از دیوار (قبل از وارد شدن به محوطه پست یا موارد مشابه) باید کابل از داخل لوله‌ای که قطر داخلی آن حداقل  $1/5$  برابر قطر خارجی کابل باشد عبور داده شود، (شکل ۲-۲) بعد از عبور کابل بایستی لوله کاملاً مسدود گردد. برای این کار می‌توان از پارچه کنفی که فشرده شده و با صمغ اپوکسی آغشته شده است (یا مواد مشابه دیگر) استفاده نمود سپس با صمغ مخصوص اطراف لوله را کاملاً مسدود نمود. در این حالت بایستی دقت کرد تادمای صمغ از  $100$  درجه سانتیگراد بیشتر نشود. کابل‌های با غلاف PVC بایستی با لایه‌ای از نوار پلی‌اتیلن پوشیده شوند.



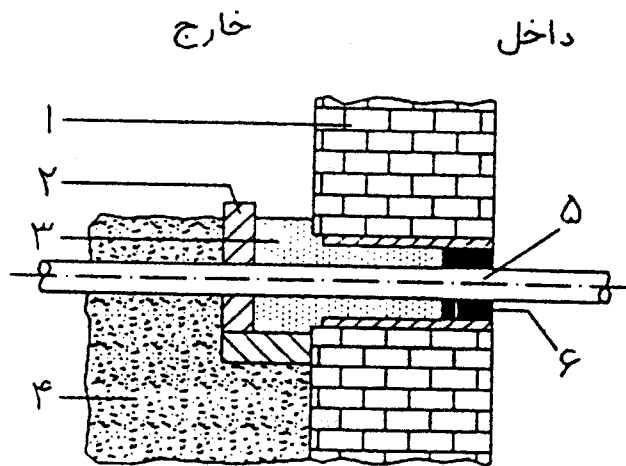
۱- صفحه پرشانده

۲- ملاط ضد آتش

۳- صفحه گالوانیزه مشبک  $75 \times 75 \text{ mm}$

۴- ورق آلومینیوم به ضخامت  $0/4$  میلی‌متر

شکل (۱-۲) روش مسدود کردن ورودی کابل به پست از داخل کانال



۱- دیوار آجری

۲- آجر یا خاک رس

۳- ترکیبات پرکننده

۴- شن و ماسه

۵- لوله از جنس پلاستیک، سیمان یا آهن

۶- مسدود کردن توسط طناب آغشته شده

و با نوارهای پلاستیکی

شکل (۲-۲) نحوه گذراندن کابل از میان دیوار



به منظور دفع آبهای که ممکن است در کف کانال جمع شود، باید کف شویهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب نمود. برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانالها باید دارای شیبی برابر نیم الی یک درصد در جهت کف شویهای پیش‌بینی شده باشد به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابلها با کف کانالهای پیش‌ساخته معمولی، باید در کف کانال در فواصلی حداکثر برابر ۶۰ سانتیمتر، پایه‌ای اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر و یا بیشتر برحسب نیاز، از کف کانال پیش‌بینی و نصب و سپس کابلها روی اتکاهای مذکور خوابانده شود.

### ۳- کابل کشی در خارج از پست

کابل کشی به دو صورت کلی زیر می‌تواند انجام شود:

الف- خواباندن کابل در گودال و کانال

ب - روش زیرزمینی و مجرای کابل

#### ۳-۱- خواباندن کابل در گودال و دفن آن در زمین

برای این منظور ابتدا گودالی متناسب با محل حفر شده و بعد از ریختن ماسه نرم در آن، کابل در گودال قرار گرفته و سپس با نصب پوشش حفاظتی متناسب گودال کاملاً پر می‌شود. مزایای این روش در این است که اولاً "نصب کابل از نظر اقتصادی ارزاتر است و ثانیاً" از کابل بار بیشتری می‌توان گرفت. ماسه‌های ریخته شده علاوه بر حفاظت و نرمی زیر کابل، دما را خیلی خوب مستقل نموده که این موضوع باعث خنک شدن کابل می‌شود.

#### ۳-۱-۱- مسیر کابل

قبل از کابل کشی، مسیر کابل بایستی بطور دقیق نقشه برداری و مشخص شود و در طول مدت کابل کشی این نقشه به همراه فهرست لوازم مورد نیاز در دسترس باشد، تا اطلاعات لازم جهت تشخیص خطا در آینده، و نیز اطلاعات جهت توسعه سیستم در آینده، در آن ثبت گردد، همچنین بر روی نقشه بایستی اطلاعاتی مانند، نوع کابل، علامت آن، طول و محل سرکابلها و مفصلها و ... آورده شود. برای مشخص کردن مسیر کابل بایستی هماهنگیهای لازم با شهرداری، راهنمایی و رانندگی، شرکتهای گاز، آب، مخابرات

و سایر شرکتهای مرتبط بعمل آید تا کلیه موانعی که در مسیر وجود دارند مشخص شده و بهترین مسیر انتخاب شود.


برای طرح مسیر کابل تا حد ممکن بایستی از پیاده‌روها استفاده نمود. عمق کانال به تعداد کابل‌های قرار گرفته روی هم در یک کانال، نوع منطقه (صنعتی، محلی و جاده، پیاده‌رو و ...)، لوله‌های آب و گاز که در منطقه قرار دارند و یا در آینده در آن محل نصب می‌گردد، بستگی دارد.

بعد از مشخص شدن مسیر تقریبی، خاک از لحاظ شیمیایی باید مورد آزمایش قرار گیرد و چنانچه حاوی موادی از قبیل نمک، کلر، اسید، آمک و ... باشد، لازم است نوع کابل یا مسیر آن تغییر نماید. هنگامیکه مسیر کابل از نزدیکی خطوط راه‌آهن، تاسیسات آب و ... عبور می‌کند اقدامات لازم بایستی در این مورد در نظر گرفته شود.

در محلهایی که تعداد کابل‌های زیادی عبور می‌کند و ظرفیت جریان بالایی عبور داده می‌شود فواصل بیشتری بین کابلها باید در نظر گرفت.

به هنگامیکه کابل‌های کنترل یا مخابرات با کابل‌های فشار قوی در مسیر طولانی موازی هستند باید مسائل ناشی از تداخل امواج را در نظر داشت.

### ۳-۱-۲- حفر کانال

کانالها باید بصورت  کنده شود تا از ریختن خاک به کانال جلوگیری شود و همچنین باید دیوارها از لحاظ استحکام مورد بررسی قرار گیرند و در صورت لزوم جهت جلوگیری از ریزش خاک، کانال مهار شود. خاک‌های برداشته شده باید ۳۰ سانتیمتر بعد از لبه کانال ریخته شود (شکل ۳-۱) تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. (در صورت لزوم وسایل هشداردهنده نظیر پرچم‌های احتیاط یا چراغهای گردان در اطراف محلهای حفاری شده نصب گردد.)

خاکهای اضافی ناشی از حفر کانال

۳۰cm

کانال حفر شده جهت خوابانیدن کابلها

۳۰cm

خاکهای اضافی ناشی از حفر کانال

خاکهای اضافی می‌باید به فاصله ۳۰ سانتیمتری از لبه کانال ریخته شوند

شکل (۱-۳)

به منظور جلوگیری از زخمی شدن کابل باید دیواره و کف کانال عاری از نقاط نوك تیز و هرگونه پستی و بلندی باشد به همین دلیل بایستی از وسایل حفاری مناسب استفاده نمود.

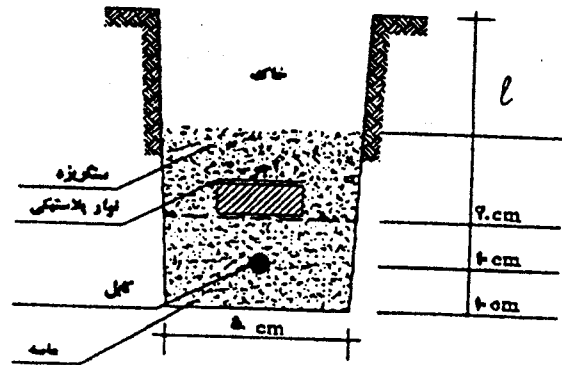
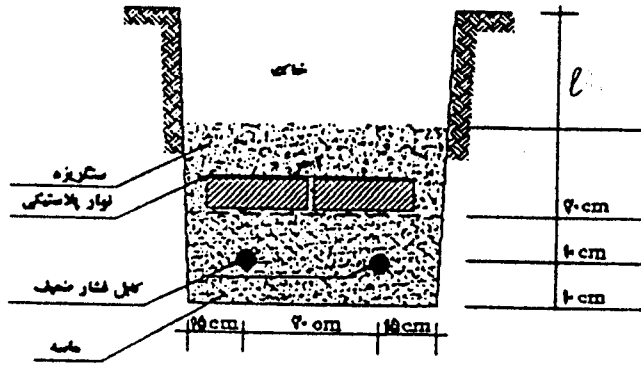
عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی بستگی به تعداد کابل‌هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. عرض کانال برای دو رشته کابل ۵۰ سانتیمتر مطابق شکل (۲-۳) می‌باشد، همچنین عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی هم قرار می‌گیرد، در هر حال فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین در پیاده‌رو نباید از ۶۰ سانتیمتر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کمتر باشد. این عمق در مورد کابل‌های تا ولتاژ ۱۱ کیلوولت ۳۰ سانتیمتر و در مورد کابل‌های تا ۳۳ کیلوولت ۴۰ سانتیمتر اضافه گردد.

در صورتیکه تعداد کابلها زیاد باشد بهتر است بجای قرار دادن کابلها بر روی یکدیگر آنها را پهلوی یکدیگر قرار داد، در این حالت فاصله بین دو کابل مجاور ۲۰ سانتیمتر انتخاب شود.

۳-۱-۳- نصب کابل

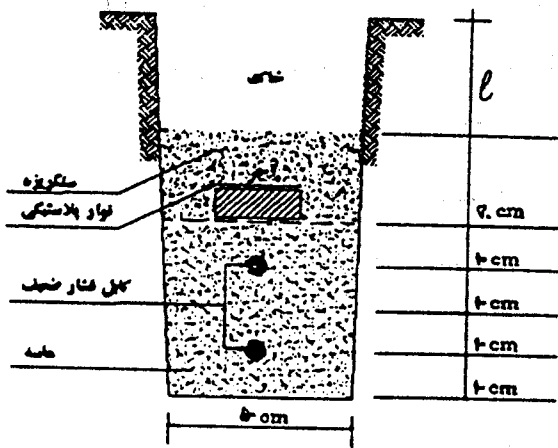
برای نصب کابلها در داخل کانال خاکی ابتدا بایستی کف کانال کاملاً صاف، تمیز و کوبیده شده باشد، سپس حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم در گوردال ریخته شود و کابل بر روی آن خوابانده شود مجدداً روی کابل حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم پوشانده شود. به منظور حفاظت از کابل یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتیمتر یا یک ردیف بلوک سیمانی بر روی این لایه چیده و سپس یک نوار پلاستیکی خبردهنده که بر روی آن عبارت "نوجه مسیر کابل" نوشته شده است کشیده شود. روی مجموعه تا ارتفاع ۲۰ سانتیمتر

سنگریزه و سپس روی آن خاک معمولی ریخته و کوبیده تا فشرده شود.  
 جزئیات نصب کابل و ابعاد کانال و فاصله بین کابلها در شکل (۲-۳) آمده است.



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

جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل



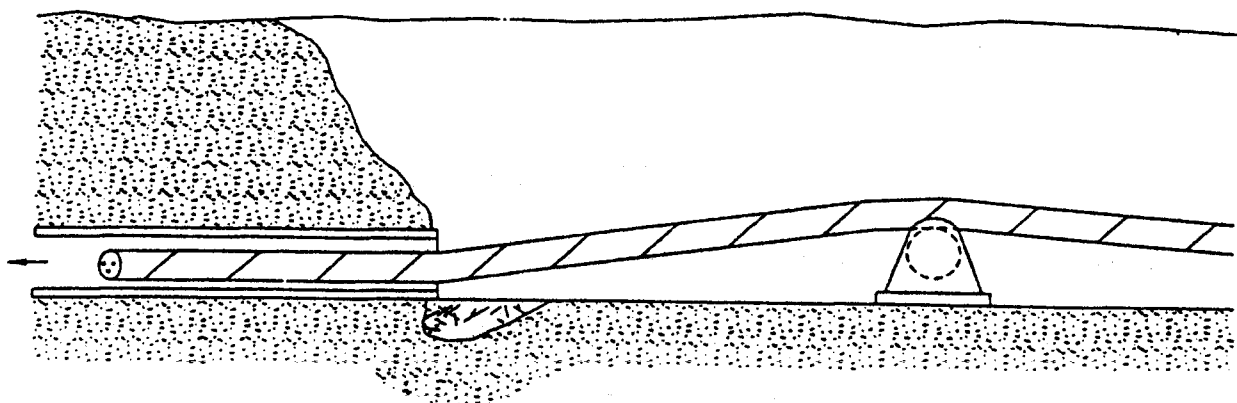
کابل تا ۳۳Kv	کابل تا ۲۰Kv	کابل فشار ضعیف	l
۷۰ سانتیمتر	۶۰ سانتیمتر	۳۰ سانتیمتر	

جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل  
 فشار ضعیف در یک ردیف عمودی

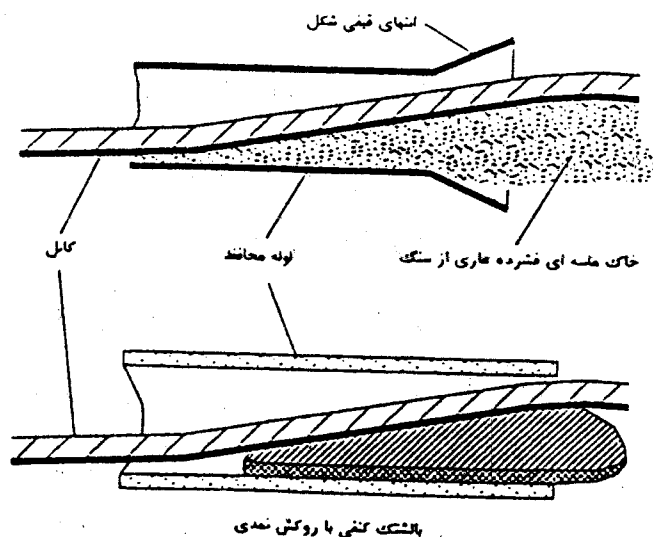
شکل (۲-۳) جزئیات نصب کابل در گودال

### ۳-۱-۴- عبور کابل از لوله

هنگامیکه مسیر کابل با جاده‌ها، خطوط راه‌آهن و ... تقاطع دارد کابل بایستی از میان لوله یا کانال بتونی عبور داده شود. محل لوله‌های کابل بایستی به نحوی انتخاب گردد که در عمل تحت تاثیر حداقل تداخل از کارهای دیگر قرار گیرد. لذا قوانین حریمها (بند ۳-۱-۵) در هر مورد باید رعایت شود، ضمناً بایستی توجه نمود که لوله بر روی خاکهای ناپایدار قرار نگیرد و دقت گردد تا لبه‌های تیز لوله به کابل آسیب وارد نکند، این تیزی بایستی به نحو مناسبی از بین برود و در شرایطی که لوله فولادی استفاده شود بهتر است لبه لوله به شکل قیف درآید، قبل از اینکه کابل به داخل لوله وارد شود (بعد از نصب لوله) باید در محل ورود و خروج کابل از لوله، گودالی مطابق شکل (۳-۳) حفر شود تا از ورود سنگ و مواد اضافی دیگر به آن جلوگیری شود، قبل از کابل‌کشی بایستی داخل لوله توسط فرچه تمیز گردد. و بعد از اتمام کابل‌کشی از داخل لوله، انتها و ابتدای کابل داخل لوله با استفاده از خاک کوبیده شده یا بالشتک کفنی بصورت شکل (۳-۴) محافظت گردد. در صورتیکه لوله در مسیر دارای خم می‌باشد، حداقل شعاع خمش باید رعایت گردد. در صورتی که لوله طویل باشد، نیروی زیادی برای عبور کابل از لوله مورد نیاز می‌باشد که می‌توان از مواد چرب مانند روغن برای سهولت در کابل‌کشی استفاده کرد. بعد از لوله‌گذاری باید دهانه لوله‌ها کاملاً مسدود شده تا از ورود سنگریزه به داخل لوله جلوگیری شود.



شکل (۳-۳) گودال در محل ورود کابل به لوله



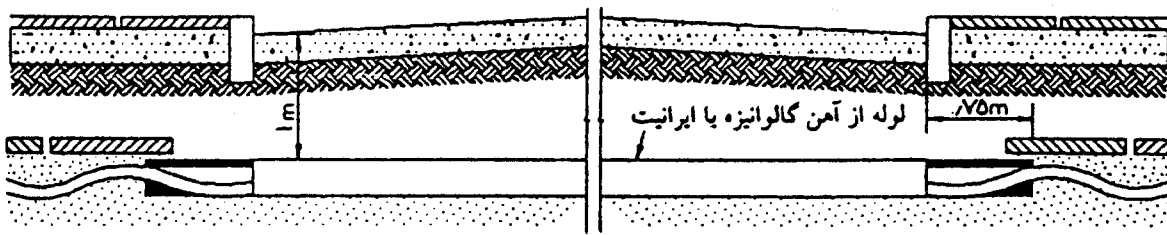
شکل (۳-۴) محافظت کابل در ابتدا و انتهای لوله

- حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا و یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن به آسانی امکان‌پذیر باشد. با توجه به این توصیه می‌شود که قطر داخلی کانال یا لوله بیش از  $1/5$  برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.
- کلیه کابل‌های داخل و خارج ساختمان باید یک‌تکه بوده و از استعمال دوراهی وسط خط باید خودداری شود.

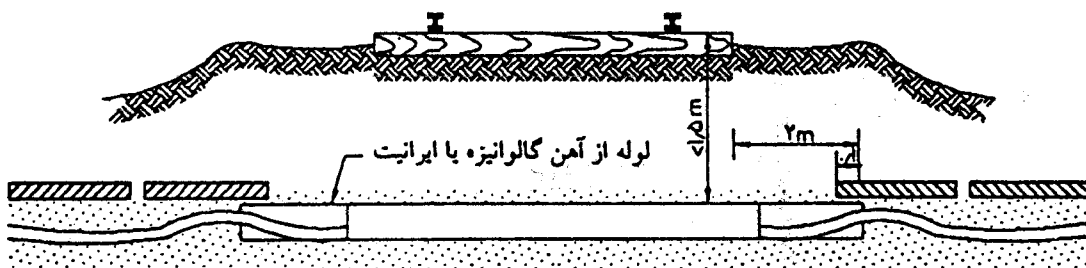
۳-۱-۵- حریمها

۳-۱-۵-۱- نحوه عبور کابل از خیابان و خطوط آهن

- نحوه عبور کابل از خیابانها و جاده‌ها و نیز محل تقاطع با خطوط آهن در شکل (۳-۵) آمده است. معمولاً "تعداد لوله‌ها با توجه به افزایش بار منطقه، یک یا دو عدد بیشتر در نظر گرفته می‌شود، داخل لوله باید یک سیم مهار وجود داشته باشد تا در موقع لزوم از آن برای قرار دادن کابل در لوله استفاده شود.



عبر از خیابانها و جاده‌ها



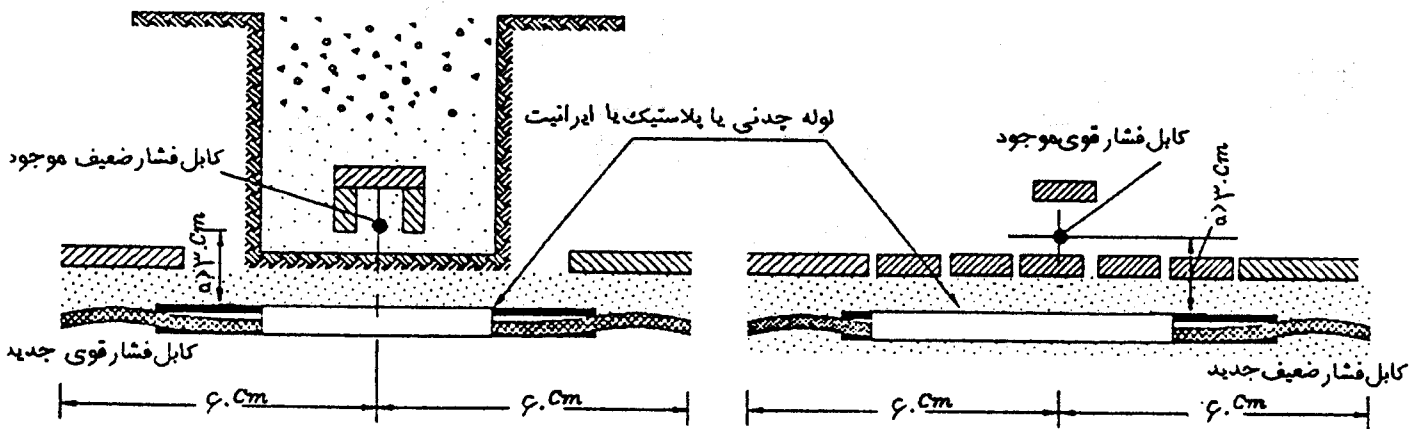
عبر از خطوط راه آهن

شکل (۳-۵) نحوه عبور کابل از خیابانها و خطوط راه آهن

۳-۱-۵-۲- تقاطع کابل جدید برق با کابل قدیمی (برق یا مخابرات)

در صورت تقاطع کابل با کابل‌های دیگر (بخصوص کابل‌های با فشار متفاوت)، باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر و طول کابل، به طول حداقل ۱۲۰ سانتیمتر استفاده نموده و کابل را از داخل این لوله محافظ عبور داد. در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را برسیده ریختن خاک کوبیده یا ماسه نرم زیر آن محافظت کرد.

حداقل فاصله بین کابلها با فشارهای متفاوت نباید از ۳۰ سانتیمتر کمتر باشد، جزئیات این کار در شکل (۳-۶) آمده است. در صورتی که کابل برق جدید (ضعیف یا قوی) با کابل مخابرات تقاطع داشته باشد فاصله حداقل ۳۰ سانتیمتر باید رعایت شده و کابل جدید از لوله‌ای به طول ۱۲۰ سانتیمتر عبور داده شود. در حالتی که کابل برق فشار ضعیف یا قوی جدید به موازات کابل مخابرات کشیده شود حداقل فاصله آن از کابل مخابرات ۳۰ سانتیمتر بطور افقی و ۳۰ سانتیمتر بطور عمودی می‌باشد.



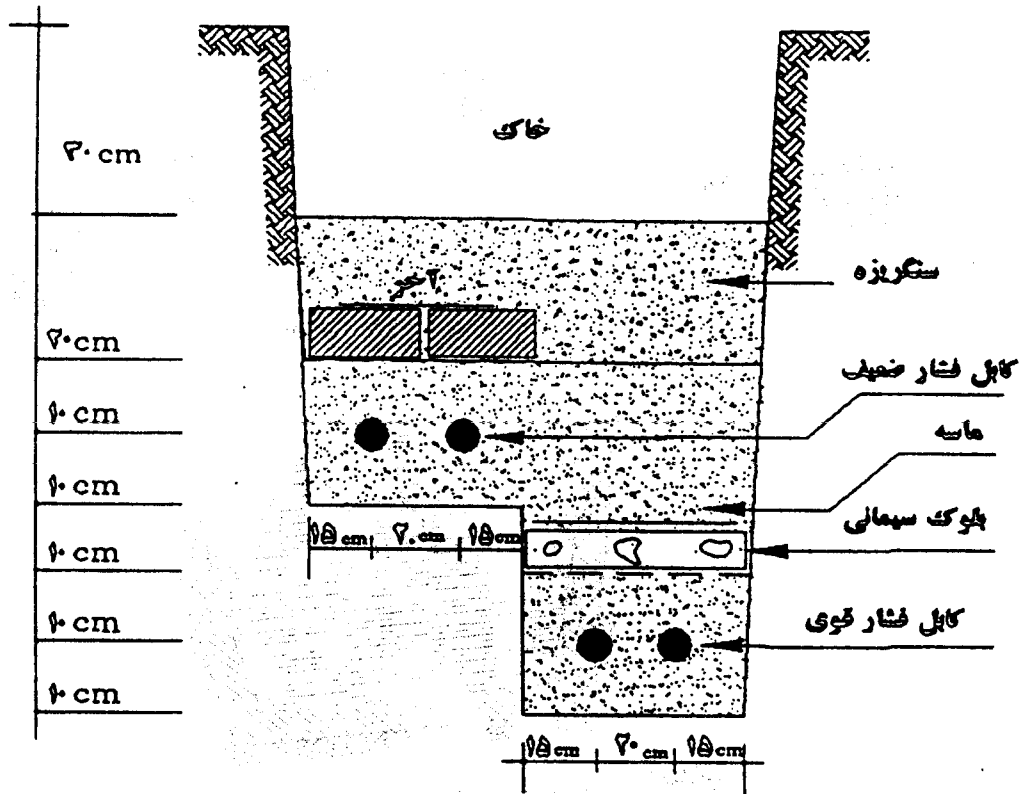
شکل (۳-۶) نحوه عبور کابل از کابل موجود زیرزمینی

### ۳-۵-۱-۳- عبور کابل فشار قوی و ضعیف در یک کانال

در مواردیکه کابل فشار قوی و ضعیف در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می‌شود، باید کانال به شکل پله‌ای (دو مسیر متفاوت) حفر و کابل فشار قوی در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر



بالایی خوابانده شود. جزئیات این مسئله در شکل (۷-۳) آمده است.

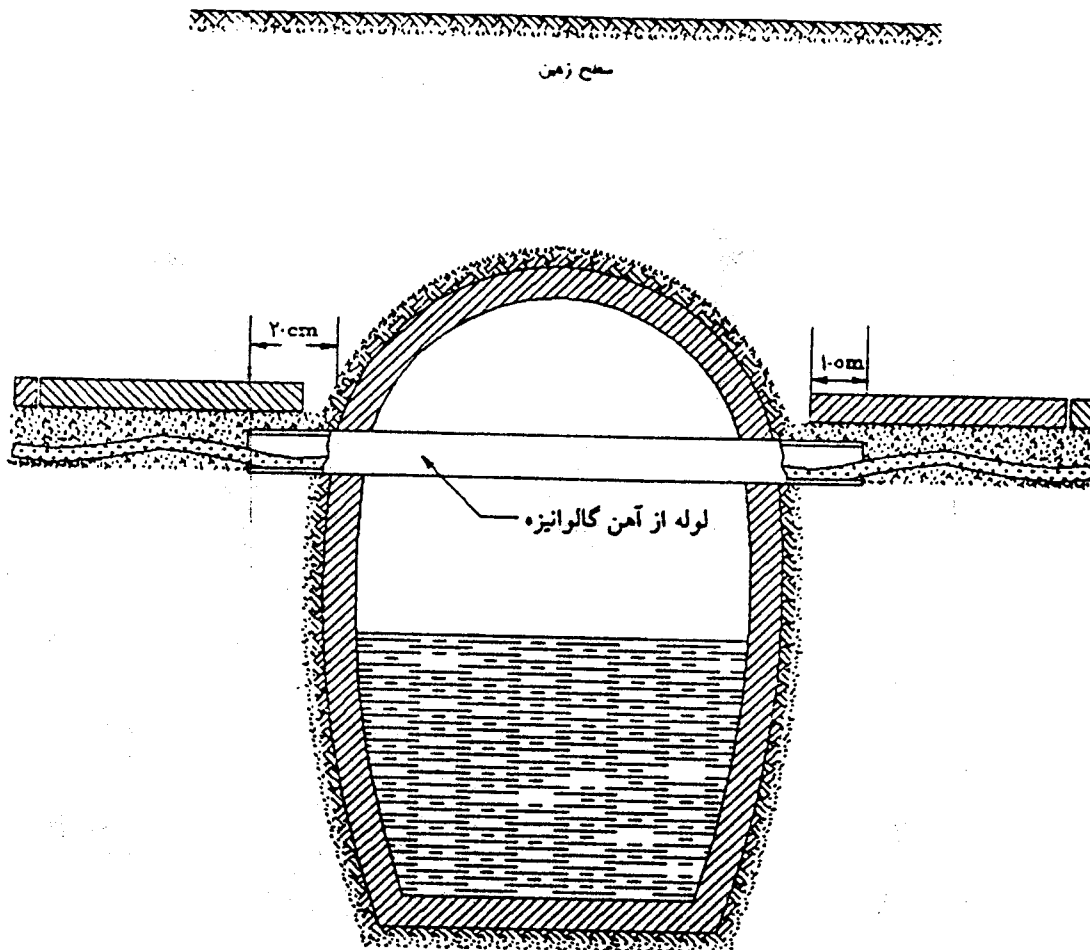


شکل (۷-۳) جزئیات کانال خاکی مشترک جهت نصب کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف

۳-۱-۵-۴- تقاطع کابل برق با کانال فاضلاب

در صورت تقاطع کابل برق با کانال فاضلاب، طرز قرار گرفتن لوله و فواصل مجاز مانند

شکل (۸-۳) می باشد.



شکل (۳-۸) عبور کابل زیرزمینی از مجاری فاضلاب

۳-۱-۵-۵- عبور کابل برق به موازات لوله گاز<sup>۱</sup>

حداقل فاصله جداره کابل‌های زیرزمینی برق از جدار لوله‌های گاز در مسیرهای موازی به شرح زیر می‌باشد:

- کابل‌های فشار ضعیف ۱ متر

- کابل‌های ۲۰Kv ۲ متر

۳-۱-۵-۶- تقاطع کابل برق با لوله گاز<sup>۱</sup>

در تقاطعها حداقل فاصله عمودی بین کابلها و لوله‌های گاز به شرح زیر می‌باشد:

۱- مقادیر حریمهای نوشته شده بر اساس بردسبهای مشترک وزارت نیرو و شرکت ملی گاز ایران تهیه شده است و بر طبق اعلام شرکت گاز به شماره ۶۲/۲/۲۷-۲۶۰۰/۳۲۰ می‌باشد.

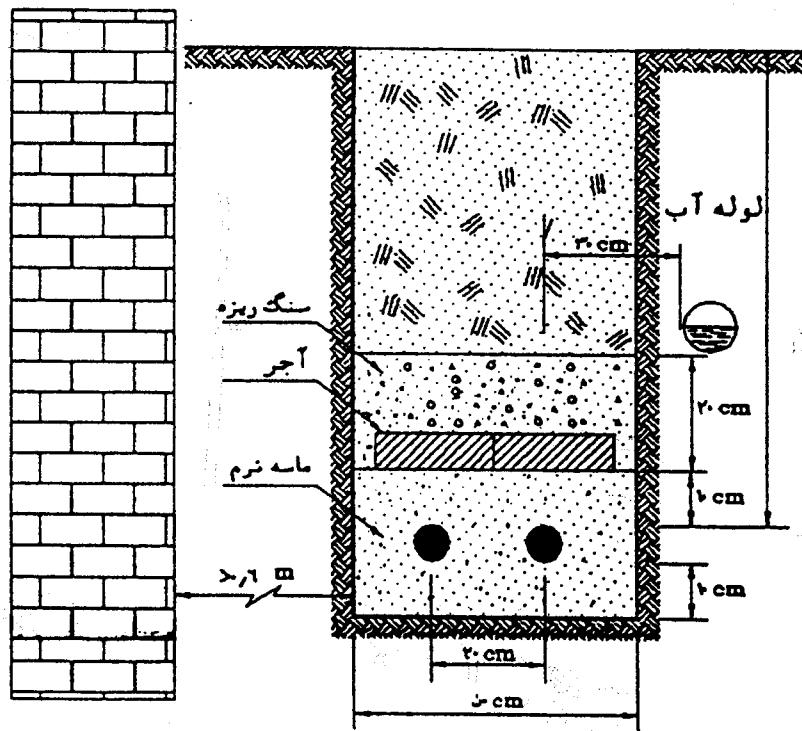
- کابل‌های فشار ضعیف ۰/۵ متر

- کابل‌های ۲۰ KV ۱ متر

در این حالت طول لوله عبوری برابر ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود که جنس لوله می‌تواند پلیکا، سیمانی و یا فولادی باشد.

۳-۱-۵-۷- عبور کابل برق به موازات لوله‌های آب

در این حالت فاصله افقی و عمودی کابل فشار ضعیف یا متوسط از لوله‌های آب برابر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد که طرز قرار گرفتن آن در شکل (۳-۹) آمده است.



شکل (۳-۹) نحوه عبور کابل به موازات لوله‌های آب

۳-۱-۵-۸- نقاط عبور کابل برق با لوله‌های آب

در نقاطها حداقل فاصله عمودی کابل از لوله‌های آب برابر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد و طول لوله عبوری برابر ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. (شکل (۳-۱۰))



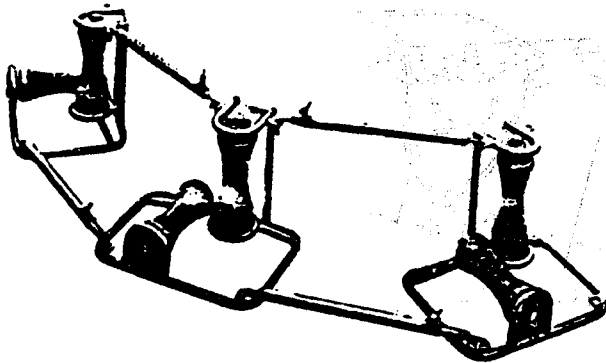
### ۲-۳- روشهای مختلف کشیدن کابل

الف- استفاده مستقیم از تریلر کابل و وسیله‌ای که قرقره کابل روی آن قرار دارد. این امر در صورتی امکان‌پذیر است که هیچگونه مانعی در داخل گودال یا اطراف آن که مانع از انجام کار شود، وجود نداشته باشد.

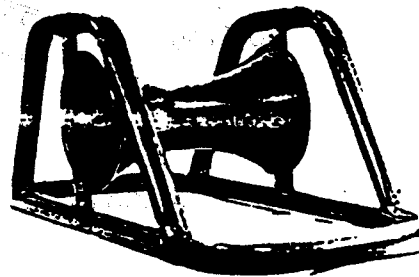
در این حالت کابل روی تریلر قرار گرفته و محکم می‌شود سپس انتهای کابل از روی قرقره باز شده و در ابتدای کانال قرار می‌گیرد، در حالی که تریلر به آهستگی به طرف انتهای کانال حرکت می‌کند قرقره با توجه به سرعت تریلر و با کنترل دست باز می‌شود و در کانال قرار می‌گیرد، در این حالت باید دقت شود تا سرعت قرقره طوری باشد که خمهای شدید در بدنه کابل ایجاد نشود.

#### ب - کشیدن کابل توسط دست

باید در مسیرهای مستقیم و در فواصل ۳ تا ۴ متر، از غلطک کابل مطابق شکل (۳-۱۲) استفاده نمود و هنگامیکه در مسیر کابل پیچ و خم وجود دارد از غلطک زاویه مطابق شکل (۳-۱۳) یا وسیله مشابه که حداقل شعاع خمش را به دست دهد استفاده شود. باید توجه نمود که قرقره کابل قبل و بعد از کابل‌کشی تمیز گردد.



شکل (۳-۱۳) غلطک زاویه

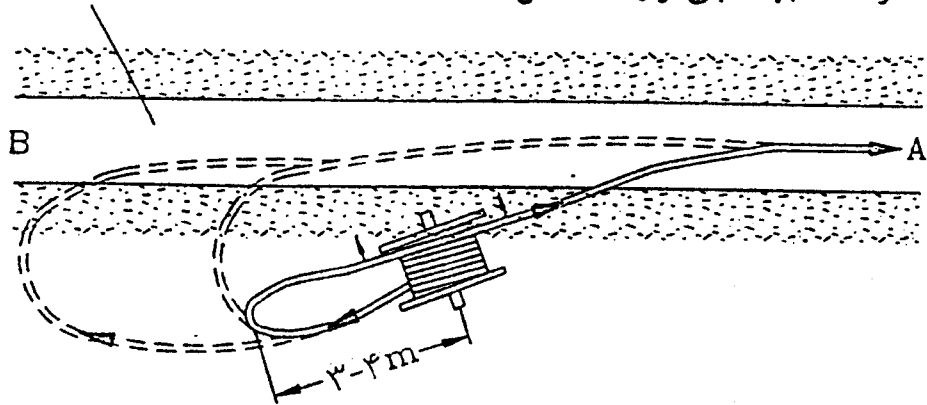


شکل (۳-۱۲) غلطک کابل

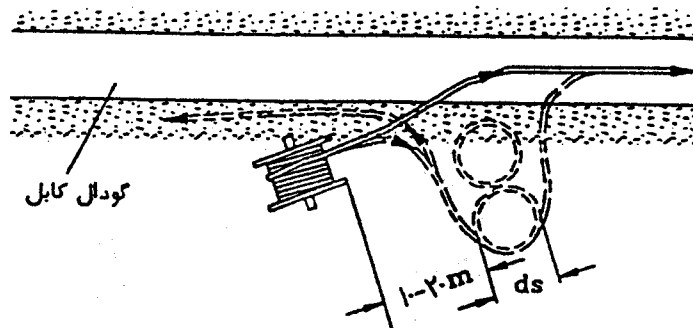
در صورتیکه غلطک کابل موجود نباشد این کار توسط کارگران که فاصله بین آنها ۴ تا ۶ متر بوده و کابل را حمل می‌کنند باید انجام شود.

در صورتیکه کارگر کافی برای کشیدن کابل در یک مرحله وجود نداشته باشد می‌توان قرقره کابل را در وسط مسیر کابل قرار داد و طول موردنیاز را، از بالای قرقره در جهت "A" نصب نمود (شکل ۳-۱۴) و سپس قرقره بیشتر چرخانده شده و یک حلقه بطول ۳ تا ۴ متر در جهت "B" کشیده شود، سپس کابل را از روی قرقره و از پهلو بلند کرده بطوریکه کابل از زیر قرقره کشیده

شود، پیچ کابل بایستی در طول ۴ تا ۶ متر پهن شود. سپس کابل می‌تواند بصورت حلقه و مستقیماً" در گودال خوابانیده شود در صورتیکه به علت وجود مانع در گودال از خواباندن قسمت دوم کابل از بالا جلوگیری شود، کابل بایستی مانند شکل ۸ در سمتی که نخستین کابل کشی انجام می‌شد، صورت گیرد. در اینجا باید توجه شود که با به شکل ۸ در آوردن کابل فقط می‌توان دوباره کابل را در همان جهت قبلی قرار داد. شکل (۳-۱۵).



شکل (۳-۱۴) کشیدن کابل بصورت حلقه



شکل (۳-۱۵) کشیدن کابل بصورت شکل ۸

پ - کشیدن کابل توسط وینچ

کشیدن کابل در این حالت وقتی امکان‌پذیر است که تعداد خمهای کمی در مسیر وجود داشته باشد و نیز موانع زیادی در مسیر وجود نداشته باشد. در این روش محل قرار گرفتن قرقره در ابتدای کانال و محل قرار گرفتن وینچ در انتهای کانال می‌باشد (برای طولهای کوتاه).

قبل از شروع کار با وینچ لازم است به دو نکته زیر توجه شود:

- طول کل کانال بازدید شود تا هرگونه نقاط نوك تیز از جمله سنگریزه یا برآمدگی روی دیواره کانال از بین برود تا کابل زخمی نشود.
- چنانچه قرقره‌های داخل کانال از محل خود جابجا شوند لازم است فوراً کابل کشی متوقف شود

زیرا کابل نباید با دیواره یا کف کانال برخورد کند.

بعد از اینکه انتهای کابل از روی قرقره باز شد، جوراب کابل (شکل ۳-۱۶) به انتهای کابل متصل می‌شود و طنابی از چشمی جوراب کابل عبور داده شود. توجه شود که قسمتهای لحیم‌شده و پوششهای سری کابل نباید برای کشیده شدن، استفاده شوند. خاصیت جوراب کابل در این است که سیمهای بافته‌شده در هنگام کشش کابل، بطور شعاعی متقبض شده و به غلاف کابل می‌چسبند. هنگامیکه کابل بدون زره و یا با زره نواری با وینچ کشیده می‌شوند، طناب باید به گیره سرکابل متصل شود (شکل ۳-۱۷) در این حالت نیرو مستقیماً به هادی کابل وارد می‌شود. در این روش بایستی مطمئن شد تا کلمپ‌ها تمام هادیها را بطور مناسب دربرگیرند و بنحو مطلوبی انتهای کابل آببندی شده تا رطوبت به هادیها وارد نشود و سطح عایقی در انتهای کابل پایین نیاید.



شکل (۳-۱۶) جوراب کابل



شکل (۳-۱۷) گیره سرکابل

برای اطمینان از اینکه کابل تحت نیروی زیاد و مخربی قرار نمی‌گیرد باید نیروهای ذکر شده در جدول (۱-۲) مورد توجه قرار گیرد. ضمناً باید به نکات زیر توجه گردد.

- بطور پیوسته نیروی وارد بر کابل باید کنترل شود. این کار می‌تواند توسط یک نیروسنج صورت گیرد.

- روی وینچ با قرار دادن وسیله محافظ مناسب از وارد آمدن نیروی بیش از حد مجاز به کابل جلوگیری کرد این عمل می‌تواند توسط وسیله‌ای که در صورت وارد آمدن نیروی بیش از حد مجاز بریده می‌شود و یا وسیله مشابه دیگر صورت پذیرد.

- کابل و طناب مخصوص اطراف خمها بایستی روی غلطکهای مناسب هدایت شوند.  
- زمانی که وینچ کابل را می‌کشد لازم است کابل بطرز صحیحی بطرف جلو هدایت شود به همین جهت در محل ارتباط کابل به وینچ معمولاً یک تکه طناب به شکل قلاب دور کابل می‌بندند و سپس یک نفر کارگر نیز به دنبال کابل حرکت می‌کند این امر ارتباط دائم کابل به وینچ را تامین می‌نماید.

برای حفاظت از کابل در مقابل تنش بیش از حد در زمان کابل‌کشی، کابل عبوری از داخل لوله، روغن‌کاری می‌شود، این عمل اصطکاک بین کابل و دیواره‌های لوله را کاهش داده و بخصوص در پیچهای مجرای کابل، اصطکاک به میزان ۷۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. روان‌کننده‌هایی که برای روغن‌کاری استفاده می‌شوند شامل: گریسها، روغن‌ها و غیره می‌باشند، این مواد قبل از ورود کابل به لوله بابرس به کابل مالیده می‌شوند. لایه‌ای به ضخامت  $1/6$  میلیمتر کافی می‌باشد. هیچ روان‌کننده‌ای به  $1/5$  متر اول و آخر کابل مالیده نمی‌شود، این عمل برای راحت بودن و تمیز بودن در مفصل بکار می‌رود.

تمام کابلها بخصوص کابل‌های تکرشته‌ای قبل از خواباندن بایستی بصورت مستقیم درآیند (البته بجز صاف کردنهای مختصر کابل)، این عمل به این علت باید در نظر گرفته شود که کابل بتواند انقباض و انبساطهای لازم را در موقع لزوم (اضافه بار و ...) تحمل کند.

### ۳-۳- آزمونهای الکتریکی بعد از نصب

این آزمونها هنگامیکه نصب کابل و سایر ملحقات آن تکمیل شد انجام می‌شود و به منظور تشخیص قابلیت اطمینان عملکرد کابل بکار می‌رود، این آزمون بایستی مطابق بند ۱۸، جلد اول از استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع برای کابل‌های فشار متوسط و بند ۱۷، جلد دوم از استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع برای کابل‌های فشار ضعیف انجام شود.

### ۴- تعمیر غلاف خارجی صدمه‌دیده

هنگامی که غلاف خارجی کابل آسیب می‌بیند، بایستی در اسرع وقت تعمیر گردد، مطالب ارائه شده در این قسمت مربوط به غلافهایی از جنس PVC و PE می‌باشد.  
باتوجه به عمق صدمه وارده به کابل، در هنگام نصب در زمین یا کانال، روش مناسب جهت تعمیر



آن بایستی انتخاب گردد، جدول (۴-۱) باتوجه به شدت آسیب دیدگی روش مناسب را پیشنهاد می کند.

جدول (۴-۱) روشهای تعمیر غلاف خارجی کابل با جنس PVC یا PE

باتوجه به شدت آسیب وارده به هنگام نصب

نوع آسیب								روش تعمیر (مناسب برای ولتاژ آزمون تا ۵ KV)
بارگی بیشتر، خرابی در تمام اطراف غلاف دیده شود (عمق خرابی بیش از نصف ضخامت غلاف)				سایش، بارگی کم به حدی که تمام محیط غلاف را دربر نگرفته باشد (عمق خرابی تا نصف ضخامت غلاف)				
در مجرای کابل یا مجرای کانال		در زمین یا در محیط رویاز		در کانال یا مجرای کابل		در زمین یا در محیط رویاز		نوع نصب
PE	PVC	PE	PVC	PE	PVC	PE	PVC	جنس غلاف
X	X	X	X	X	X	X	X	عایق ترموپلاستیکی (قرار دادن وصله پلاستیکی قابل انقباض)
-	X	-	X	-	X	-	X	قالب گیری و ریختن رزین
-	-	-	-	-	X	-	-	نوارپیچی توسط نوار چسب PVC

تعمیر کابل صدمه دیده باید بلافاصله بعد از زخمی شدن کابل انجام گردد. مخصوصاً در مورد کابل های فشار متوسط دقت گردد که عایق XLPE با آب یا رطوبت تماس نداشته باشد.

۴-۱- تعمیر غلاف صدمه دیده با استفاده از عایق ترموپلاستیکی<sup>۱</sup>

استفاده از این روش بسیار ساده و راحت می باشد و شامل استفاده از یک تیوب منقبض شونده و توصیه هایی در مورد روش تعمیر می باشد. این تیوب بایستی در هر طرف قسمت صدمه دیده به اندازه " قطر خارجی کابل  $\times 3 =$ " و حداقل ۱۰۰ میلیمتر بریده شود و بکار رود و انقباض برای طول ۱۰٪ برای آن

۱- Shrink on Sleeve

منظور گردد.

قسمت صدمه‌دیده کابل به‌اندازه طول وصله بوسیله پارچه زیر یا سمباده تمیز شود، سپس وصله تعمیراتی روی قسمت صدمه‌دیده کابل قرار گرفته و بسته می‌شود. بعد از این مرحله مرکز وصله توسط تمرکز شعله آتش یا دمنده هوای گرم منقبض گردد. بعد از اینکه دما به‌حد مطلوب رسید کل وصله را حرارت داده تا قسمت چسبنده داخل وصله موردنظر نرم و در هر دو انتها کاملاً چسبیده شود.

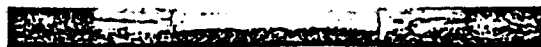
#### ۲-۴- قالب‌گیری و ریختن رزین برای کابل‌های با غلاف خارجی PVC

قسمت صدمه‌دیده باید کاملاً تمیز شده و توسط سمباده هر دو طرف قسمت صدمه‌دیده تا ۱۰۰ میلیمتر کاملاً پاک گردد. جایی از محل آسیب‌دیده که عمق آن تا رشته‌ها می‌رسد را توسط لایه‌ای از نوار چسب طوری پوشانده که هر دور نوار چسب نصف دور قبل را پوشاند، این لایه بدین جهت مورد استفاده قرار می‌گیرد که از نفوذ رزین به کابل جلوگیری کند (شکل ۴-۱ الف)، یک تیوب PVC به‌شکل قالب بر روی محل آسیب‌دیده بکار می‌رود. شعاع داخلی این تیوب ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر بزرگتر از قطر کابل می‌باشد. قالب بایستی ۱۶۰ میلیمتر از قسمت آسیب‌دیده بزرگتر باشد، قالب بصورت طولی بریده شده اطراف محل موردنظر قرار داده می‌شود، در صورتی که آسیب‌دیدگی زیاد نباشد می‌توان از این تیوب استفاده نکرد. برای بستن و مهار کردن دو طرف قالب با استفاده از نوار PVC، دو طرف قالب نواریچ می‌شود (۴-۱ ب) این نواریچی باید حداقل ۵۰ میلیمتر بیشتر از محل آسیب‌دیدگی در هر دو طرف باشد و یا برای کابل‌های با قطر ۳۵ میلیمتر و بیشتر ۳ برابر قطر کابل باشد. سپس مفصل را روی انتهای محل باندپیچی شده و بطور مناسبی قرار داده و دو طرف آن را بدقت باندپیچی کرده تا غیرقابل نفوذ گردد. در انتها ماده رزین در آن ریخته می‌شود، بعد از اتمام مفصل‌بندی باید دقت گردد تا محل تعمیر شده نباید مورد خمش قرار گیرد.

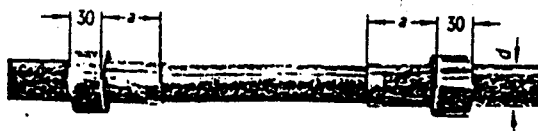
#### ۳-۴- نواریچی با استفاده از نوار چسب PVC

استفاده از این روش فقط برای کابل‌هایی که در کانال یا داخل ساختمان که امکان کنترل کابل وجود دارد باشد مجاز است و قطر کابل موردتعمیر نباید از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد. در حالتی که سایش یا پارگی کم وجود دارد از این روش استفاده شده و ابتدا اطراف محل آسیب تا ۱۰۰ میلیمتر از هر دو طرف تمیز می‌شود سپس نوار چسب را روی محل آسیب‌دیده و ۱۰۰ میلیمتر بیشتر از هر دو طرف محل صدمه‌دیده

می‌پیچند، این قسمت از کابل نباید تحت تنش مکانیکی باشد، بعد از این مرحله کابل را می‌توان بر روی غلطکهای کابل قرارداد و بعد از نصب کابل، این قسمت باید مورد بازرسی مجدد قرار گیرد.



الف - پیچیدن نوار چسب PVC روی رشته‌های کابل



$$a \geq 50 \text{ mm}, d > 25 \text{ mm}, a = 3d$$

ب - بستن دو طرف محل صلمه‌دیده توسط نوار PVC



ب - تیوب PVC آماده برای ریختن رزین

شکل (۱-۴)

## ۵- متعلقات کابل

### ۱-۵- سرکابل

در نقاط انتهایی کابل و اتصال به سایر وسایل، مانند خط از این وسیله استفاده می‌شود. انتخاب نوع سرکابل به سطح ولتاژ کابل و نیز ساختار کابل بستگی دارد و برای بستن سرکابل بطور کلی اعمال زیر بایستی انجام گیرد:

۱-۱-۵- اتصال هادیها

۲-۱-۵- محافظت کابلها در مقابل اثرات محیطی (رطوبت و ...)

۳-۱-۵- محافظت از عایق هادی (در برابر اشعه ماوراءبنفش)

۴-۱-۵- کنترل و کاهش تنش ناشی از میدان الکتریکی در مورد کابلهای فشار متوسط

۵-۱-۵- عایق کردن از قسمت‌های زمین شده

## ۲-۵- مفصل‌بندی

عبارتست از اتصال طولی کابل در نقطه‌ای که نیاز به تعمیر دارد و برای بستن مفصل بطور کلی اعمال

زیر بایستی صورت گیرد:

### ۱-۲-۵- اتصال هادیهای کابل

۲-۲-۵- عایق کردن هادیها و مخصوصاً در کابل‌های فشار متوسط، فراهم کردن مجدد تمام لایه‌های کابل

۳-۲-۵- محافظت در مقابل تمام شرایط محیطی یا زمین

مرادی که در ساخت متعلقات کابل بکار می‌رود بایستی متناسب با مواد بکاررفته در کابلها بوده و

دارای مشخصات زیر باشد:

- مقاوم در برابر تغییر شکل ناشی از دما
  - مقاوم در برابر اکسیداسیون گرمایی
  - قابلیت ارتجاع دائمی
  - پوشش محافظ خارجی باید در برابر اثرات محیطی مخصوصاً هنگامیکه در زمین نصب می‌شود باشد.
  - آسانی در کاربرد
- متعلقات کابل علاوه بر برآوردن نیازها و شرایط الکتریکی باید نیازهای مربوط به شرایط محیطی که (عمق دفن و محل آن، نصب در داخل یا خارج و ...) را نیز برآورده کند.

### ۳-۵- اصول اولیه برای نصب متعلقات کابل

باتوجه به نوع متعلقات (سرکابل یا مفصل) و سطح ولتاژ روشهای مختلفی با در نظر گرفتن سرعت

عمل و نیز نصب ایمن وجود دارد.

- روش پرکردن با استفاده از مواد مرکب
  - روش قالبگیری و ریختن رزین
  - استفاده از عایق ترموپلاستیکی
  - استفاده از کابلشو
- در هر مورد بایستی به راهنماییهای سازنده مفصل یا سرکابل و روش پیشنهادی آن عمل شود. روش نصب کلی مشابه روشی است که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. ولی باتوجه به نوع لایه‌های کابل

تعدادی از این مراحل می‌تواند کم شده و یا اضافه گردد.

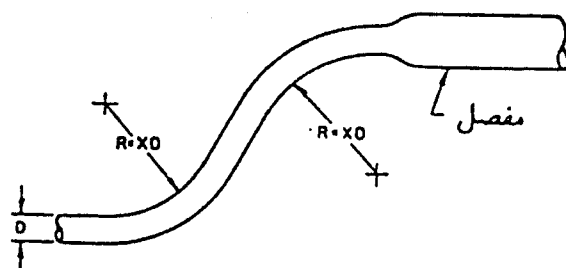
#### ۴-۵- مفصل بندی کابل

وقتی که یک کابل برای آماده کردن آن برای مفصل بریده می‌شود می‌بایستی آن را علیه رطوبت و گرد و غبار محافظت نمود، از آنجائیکه انتهای کابلی که در معرض هوای آزاد قرار گرفته است آلودگی و رطوبت را به خود خواهد گرفت دو سر کابل باید بطور مناسب در تمام مواقع آب‌بندی شده مگر در طول مدت زمان کوتاهی که مفصلی روی کابل بسته می‌شود و یا سرکابل آن نصب می‌شود. انتهای کابل باید قبل از جاگذاری آن برای مفصل بستن بطور کامل بررسی شود.

اگر که مفصلها در منهول کامل شوند، کابلها و مفصلها باید بر روی سینی و یا نردبانهای مناسب که بر روی دیوارهای منهول نصب شده‌اند، قرار گیرند. به علت انبساط و انقباض کابلها، که ناشی از تغییرات دمای کابل می‌باشد لازم است که برای قسمتی از کابل که در منهول قرار می‌گیرد کابل اضافی در نظر گرفته شود. در نظر گرفتن این مقدار کابل اضافی از ایجاد هرگونه ترك و یا شکستگی عایق کابل و یا غلاف سربی آن در اثر حرکات انقباضی و انبساطی کابل جلوگیری می‌کند. بنابراین قراردادن کابلها بر روی دیواره منهول نه تنها آرایش مرتبی از آنها بوجود می‌آورد بلکه تامین فضای کافی برای انبساط و انقباض کابل را امکان‌پذیر می‌سازد.

بطور کلی شعاع خمشی کابل اضافی، نیابستی کمتر از مقدار مجاز خمش کابل باشد.

(شکل ۱-۵)



$D$  قطر کابل،  $X$  نسبت شعاع خمش به قطر کابل و  $R$  شعاع خمش است

شکل (۱-۵) حداقل شعاع خمش (مقدار کابل اضافه در نظر گرفته شده) هنگامی که در اطراف دیوار

حوضچه نصب می‌شوند

دامنه مقادیر  $X$  بر حسب قطر کابل متغیر بوده و به اندازه و تعداد هادیها و عایق کابل (پلی اتیلن،

ترموپلاستیک، لاستیک و کاغذ) و ولتاژ نامی آن بستگی دارد.

حداقل در هر طرف مفصل ۱۵ سانتیمتر از کابل را باید بصورت مستقیم باقی گذاشت تا بتوان آن را بر روی نگهدارنده‌های کابل و مفصل قرارداد.

ساخت دقیق یک مفصل به مشخصه ساختمانی کابل یعنی تک‌رشته و چندرشته بودن کابل و نوع عایق آن (لاستیکی، پلی‌اتیلنی، ترموپلاستیک و یا کاغذ اشباع‌شده) و این که عایق کابل دارای یک غلاف هادی می‌باشد یا نه، بستگی دارد. روش کلی نصب مشابه روشی است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد ولی در هر مورد باید توصیه‌های سازنده مورد توجه قرار گیرد و راهنمای نصب هر مفصل، از سازنده درخواست گردد.

مفصل بند بایستی همیشه ابزار کار خود را در شرایط خوبی نگهداری نموده و آنها را تمیز و خشک نگهدارد، محل کار و محلی که در آن بر روی کابل کار می‌شود بایستی با استفاده از یک پوشش لاستیکی و یا مواد ضدآب پوشیده شده عاری از رطوبت باشد شخص مفصل بند و یا کابل‌کش که عمل مفصل‌بندی را انجام می‌دهد بایستی دستهای خود را تمیز و خشک نگهدارد.

مفصلها با توجه به نوع ولتاژ کابل متغیر می‌باشد، لذا شکلهای نشان‌دهنده ابعاد هر نوع مفصلی مورد نیاز می‌باشند. این شکلهای مقدار طولی از غلاف سربی که بایستی از روی کابل باز شده و مقدار عایقی از هادی که باید بریده شود و مقدار عایقی که بایستی برای هر هادی بوجود آورد و قطر کامل شده خارجی عایق را نشان می‌دهد. مفصل بند بایستی این شکلهای و مصالح لازم برای هر مفصلی را قبل از شروع مفصل‌بندی در دست داشته باشد.

دو سر کابل که قرار است مفصل بسته شود طوری قرار می‌گیرد که بر روی یکدیگر باشند شعاع خمشی به اندازه کافی و یا بزرگتر از مقدار مورد نیاز ساخته می‌شود، در هوای سرد، کابلها بایستی گرم شده بطوری که در زمان خم کردن گرم باشند.

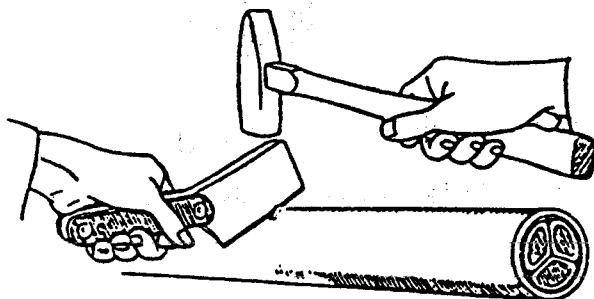
کابلها را با توجه به نقطه مرکزی مفصل علامتگذاری می‌کنند، کابل را با توجه به این علامت با اهر و یا کابل‌پر می‌برند. دو سر جدید کابل باید بطور کامل با هم جفت شوند. کابلها را پس از بریدن بایستی زیاد نگهداری نمود زیرا که هادیها و رشته‌های هادی با طولهای نامساوی بر روی یکدیگر حرکت خواهند نمود.

#### ۵-۴-۱- برداشتن پوشش و غلاف کابل

کابلها معمولاً دارای پوشش و یا غلاف و یا هر دو می‌باشند، رایجترین پوششهای کابل پوششهای

لاستیکی و یا ترموپلاستیکی می‌باشند. لازم است که پوشش کابل به اندازه تجویز شده برداشته شود. غلاف کابل بایستی تمیز شود تا از آلودگی جلوگیری گردد و عایق کابل قبل از اینکه غلاف از روی آن برداشته شود آلوده نشود.

غلافهای سری کابلها با سوهان تمیز و سطح آن بایستی صیقلی شده عاری از هرگونه روغن و یا آلودگی باشد. پوشش سری که برای حفاظت مفصل بکار می‌رود از داخل و خارج تمیز شده بر روی کابل کشیده می‌شود، فاصله آن از محل مفصل به اندازه کافی در زمان مفصل‌بندی نگهداشته می‌شود، قبل از این کار دو سر این پوشش بطور کامل در حدود ۸ سانتیمتر با سوهان و یا برس فولادی تمیز می‌گردد. توسط چاقوی کابل‌بری (در شکل ۵-۲ نشان داده شده است) غلاف کابل از جایی که بایستی بریده شود بصورت یک حلقه علامتگذاری می‌شود. طول غلاف که بایستی از هر سر کابل برداشته شود معمولاً " ۴ سانتیمتر کمتر از طول کلی پوشش سری می‌باشد.



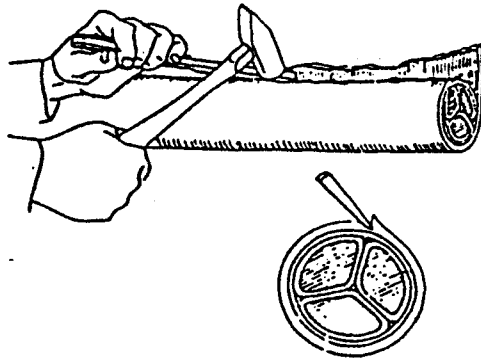
شکل (۵-۲) ایجاد یک حلقه با چاقوی کابل‌بری

نصف غلاف سری را برش داده و غلاف سری در طول از انتهای کابل تا محل علامتگذاری شده با استفاده از چاقو برش داده می‌شود (شکل ۵-۳)) برای برداشتن غلاف بطور طولی لبه آن شل شده و با چکش از عایق جدا می‌شود. (شکل ۵-۴)) سپس با استفاده از انبردستی لبه غلاف از محل علامتگذاری شده جدا می‌گردد. در موقع علامتگذاری و برداشتن غلاف سری باید دقت زیادی نمود تا از بریدن و آسیب دیدن عایق کابل در محل‌های دیگر جلوگیری شود. دو سر جدید غلاف سری به اندازه ۷ میلیمتر با استفاده از ابزار چوبی برگردانده می‌شود. ابزار به موازات کابل در زیر غلاف قرار داده می‌شود تا انتهای غلاف بلند شود، این کار باعث ایجاد فضای لازم برای نوار همبندی شده که بتوان حداقل آنرا تا ۷ میلیمتر در قسمت برگردانده شده انجام داد.

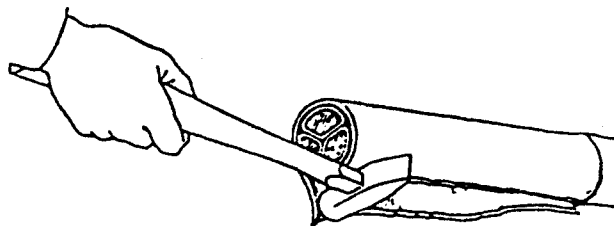
پوششها و غلافهای لاستیکی و ترموپلاستیکی بایستی از هر نوع آلودگی مانند موم و گرد و غبار در

محلی که باید پوشش برداشته شود تمیز نگاه داشته شود و نیز از کشیده شدن محافظت گردد. این نوع از پوشش می‌تواند با استفاده از چاقو و یا سنباده تمیز شود. پوشش باید طوری تمیز شود که نوار و یا مواد رزینی دارای همبندی کافی بوده و از نفوذ رطوبت به کابل جلوگیری نماید، محل تمیز شده را می‌توان بطور موقت با استفاده از یک لایه نوار وینیل محافظت نمود.

این نوار هرگونه ذره‌ای از گرد و غبار را از سطح قسمت داخلی مفصل بر می‌دارد.



شکل (۳-۵) ایجاد برش طولی در غلاف  
(چاقوی کابل‌بری با زاویه نگهداشته می‌شود)



شکل (۴-۵) جدا کردن غلاف کابل از عایق

#### ۲-۴-۵- برداشتن پوشش الکترواستاتیکی فلزی کابل

انتهای پوشش الکترواستاتیکی فلزی باید تا حد ممکن صاف بریده شود این محل را می‌توان با لحیم در جای خود قرار داد. یک نوار زمین (ارت) را می‌توان در ضمن عمل لحیم‌کاری به آن وصل نمود، بایستی دقت نمود که در زمان لحیم‌کاری عایق کابل بیش از حد گرم نشود، از لحیم اسیدی نمی‌توان استفاده نمود. در موقع لحیم‌کاری پوشش فلزی آلومینیومی، باید از آلومینیوم مخصوصی استفاده نمود.

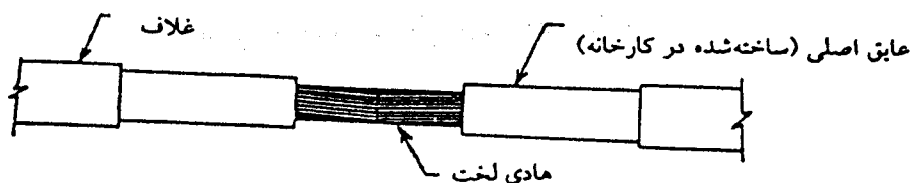


### ۵-۴-۳- برداشتن مواد نیمه‌هادی کابل

تمام مواد نیمه‌هادی بایستی از قسمت لخت‌شده کابل تا حدود ۷ میلی‌متر از پوشش فلزی برداشته شود، قسمت نیمه‌هادی کابل نباید بر روی عایق موجود در محل مفصل کابل ادامه داشته باشد، مواد نیمه‌هادی باقی‌مانده بر روی کابل را می‌توان با استفاده از یک چاقو یا سنباده و یا سوهان تمیز نمود. روش تمیز کردن بستگی به نوع عایق کابل دارد. عایق‌های لاستیکی، اول با چاقو و یا سوهان تراشیده شده و سپس با سنباده تمیز می‌شود. استفاده از حلالها برای تمیز کردن عایق کابل مورد تأیید نمی‌باشد، زیرا حلالهای نامناسب و یا دقیق نبودن کار ممکن است یک لایه‌ای هدایت‌کننده بر روی عایق باقی گذارد و یا حلال به زیر پوشش فلزی و لایه نیمه‌هادی نفوذ نماید، و باعث ترک خوردگی و از بین رفتن نوارها بشوند، در صورت استفاده از حلالها باید از راهنمایهای تولیدکننده کابل بدقت پیروی شود. کابل‌های با عایق کاغذی و یا نوار اشباع‌شده ممکن است یک نوار کاغذ فلزی در زیر زره داشته باشند، این نوارها باید تا ۷ میلی‌متر از لبه پوشش فلزی عایق برداشته شود.

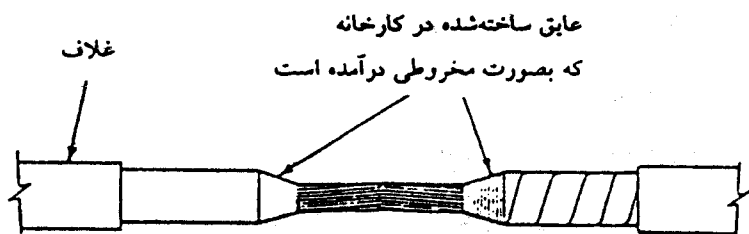
### ۵-۴-۴- برداشتن عایق کابل (لخت کردن)

در موقع برداشتن عایق کابل، هادی کابل نباید زخمی یا بریده شود. عایق کابل از روی هر هادی کابل از هر سر آنها با طولی مساوی نصف طول اتصال (دو راه داخل) به اضافه  $\frac{1}{3}$  سانتیمتر برداشته می‌شود. انتهای دو کابل مانند شکل (۵-۵) در کنار یکدیگر قرار گیرد.



شکل (۵-۵) انتهای کابلها که هادیهای لخت را بعد از برداشته شدن عایق نشان می‌دهد (به نوك اتصال ثابت و گونیای هادیها توجه کنید)

برای جلوگیری از مسیر خزشی شعاعی مستقیم از هادی به سمت خارج، دو سر عایق اولیه کابل که در مجاورت دوراهی می‌باشند به صورت پله‌ای درمی‌آید.

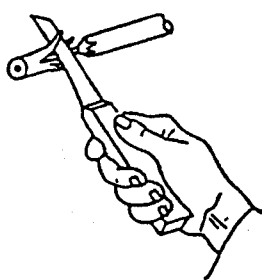


شکل (۵-۶) مفصل کابل و عمل مخروطی شدن عایق هادیهای کابل

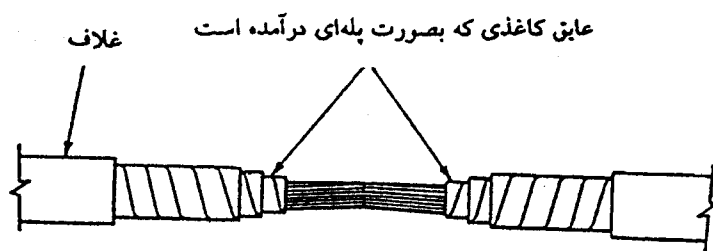
مخروطی کردن عایق کابلهایی که دارای عایق لاستیکی و یا پلی اتیلن می باشند مانند تیز کردن یک مداد می باشد، برشها با زاویه انجام شده و از یک چاقوی نیز باید استفاده شود تا از باقی ماندن لبه های ناچور جلوگیری شود. (شکل (۵-۶))

مانند شکل (۵-۷) یک فرم مخروطی شش بکنواخت با استفاده از برش قطری ایجاد کرده با استفاده از سنباده شکل کونیک صاف می شود برای برداشتن عایق لاستیکی، پلی اتیلنی و یا پلی اتیلن کراس لینک می توان از ابزار مکانیکی استفاده نمود. داشتن شکل مخروطی یکنواخت و صاف حائز اهمیت زیادی می باشد.

در کابل های با عایق کاغذی، عایق مانند شکل (۵-۸) بصورت پله ای در می آید.



شکل (۵-۷) مخروطی کردن عایق هادیها



شکل (۵-۸) مفصل کابل، عایق هادیها را بعد از پله ای شدن نشان می دهد.

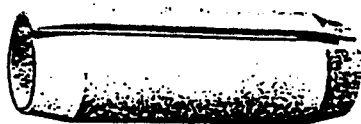
یک سیم فولادی پیانویی با وزنه هایی در دو سر آن بر روی عایق هادی بسته و لایه های نوار کاغذی باز می شود این عمل با دورترین پله از محل دوراهی انجام می گیرد، نوارها با افزایش تعداد لایه های آن به سمت دوراهی و به تعداد مورد نیاز برداشته می شوند. بطور موقت لبه های نوار در هر پله با استفاده از چسب مخصوص در محل خود نگاه داشته می شود. عایق در معرض دید با پوشش مخصوصی جهت حفاظت پوشیده می شود.

#### ۵-۴-۵- آزمونهای کابل با عایق کاغذی

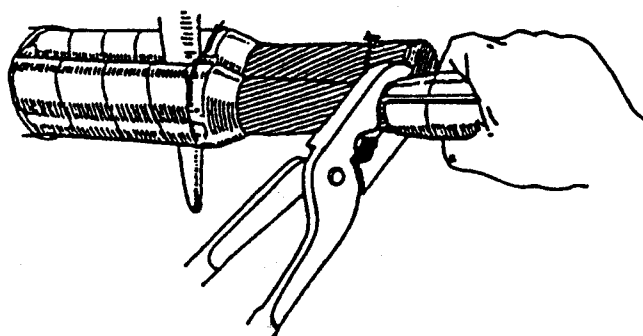
آزمونهای رطوبت باید بر روی پرکننده‌ها، لایه‌های عایق کاغذی هر هادی و لایه‌های عایق کمربندی همه کابل‌های بیش از ۵ کیلوولت انجام شود، نمونه‌های آزمایش باید در داخل ظرفی از پارافین که دارای دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد است قرار گیرد، اگر جایی بر روی سطح پارافین بعد از چند ثانیه دیده شود عایق مرطوب بوده و این وضعیت قبل از انجام هر کار دیگر باید گزارش شود.

#### ۵-۴-۶- دوراهی مفصل کابل

برای انجام یک مفصل مناسب و قابل‌اعتماد انتخاب دوراهی مناسب حائز اهمیت می‌باشد. یک دوراهی پوششی فشاری و یا دوراهی که شکاف آن قابل‌لحیم‌کاری است برای اکثر مفصل‌های باولتاژ بیش از ۵ KV لازم می‌باشد. درحالی‌که از مواد ترموپلاستیکی برای مفصل‌بندی استفاده می‌شود برای جلوگیری از هرگونه آسیب ناشی از حرارت باید از دوراهی فشاری استفاده نمود. قبل از استفاده از دوراهی باید هادی کابل را بطور کامل تمیز نمود. شکل (۹-۵) یک دوراهی مفصل و شکل (۱۰-۵) نحوه‌بکارگیری آن‌را نشان می‌دهد.



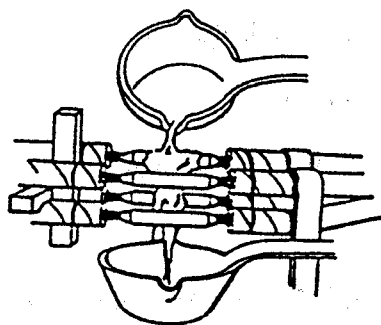
شکل (۹-۵) دوراهی کابل مسی با یک شکاف باریک



شکل (۱۰-۵) نحوه نصب دوراهی روی هادی کابل، رشته‌های بهم‌تابیده به وسیله اتبرقفل‌ی نگه داشته می‌شود

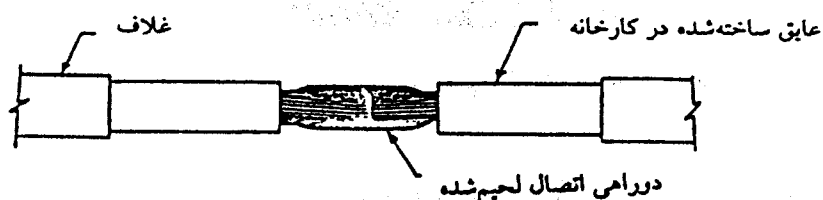
پس از این که دوراهی در جای خود قرار گرفت توسط انبردستی روی هادی محکم می‌گردد. برای استفاده از اتصال لحیمی از دو ظرف (مانند شکل (۵-۱۱)) استفاده می‌شود که یکی از آنها دارای لحیم ذوب‌شده می‌باشد و دیگری در زیر مفصل نگاهداری می‌شود تا لحیم سرریز در آن ریخته شود. آنقدر لحیم

از انتهای دوراهی و در محل شکاف بر روی آن ریخته می‌شود تا اینکه رشته‌های هادی به اندازه کافی داغ شده و لحیم از روی هادی و از دو سر شکاف سرریز نماید.



شکل (۵-۱۱) ریختن قلع روی دوراههای داخلی

عمل لحیم‌کاری را چندبار تکرار نموده تا دوراهی و هادی بخوبی لحیم شوند و محل لحیم‌کاری صیقلی شده و تمام ناهمواریهای موجود برداشته شوند. پس از انجام عملیات، مفصل بصورت نشان داده شده در شکل (۵-۱۲) نمایان خواهد شد.



شکل (۵-۱۲)

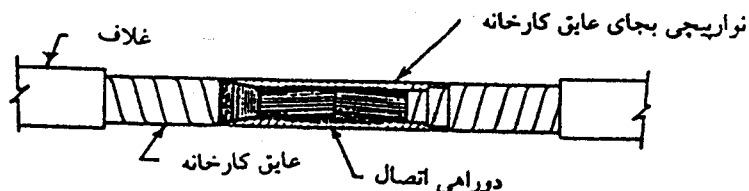
دوراهی فشاری با استفاده از ابزار کار مناسبی که توسط تولیدکننده مشخص شده‌اند بکار می‌رود. تعداد محل‌های فشار با توجه به نوع ابزار و اندازه هادی متغیر می‌باشند. از ابزار فشاری هیدرولیک برای هادی‌های در اندازه بزرگ استفاده می‌شود. معمولاً یک نوار نیمه‌هادی بر روی دوراهی فشاری و هادی بکار می‌رود. این نوار نیمه‌هادی نامنظمی‌های روی دوراهی و رشته‌ها را مانند بریدگی و یا حفره در دوراهی، از بین می‌برد.

۵-۴-۷- نوار عایق کابل

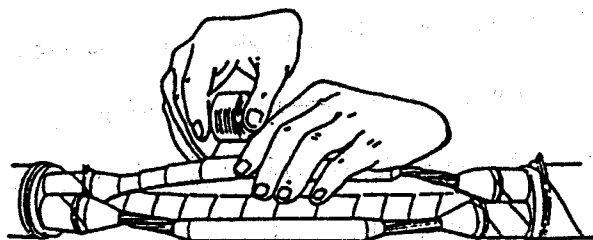
بعد از اتصال دوراهی مفصل کابل، با نوار لاستیکی کابل‌های با عایق لاستیکی و با نوار وارنیش کابل‌های با عایق کاغذی و کابل‌های با عایق وارنیش، نوار پیچی می‌شود. نوار طوری پیچیده می‌شود که هر دور

نوار بر روی نصف دور قبلی پیچیده شود.

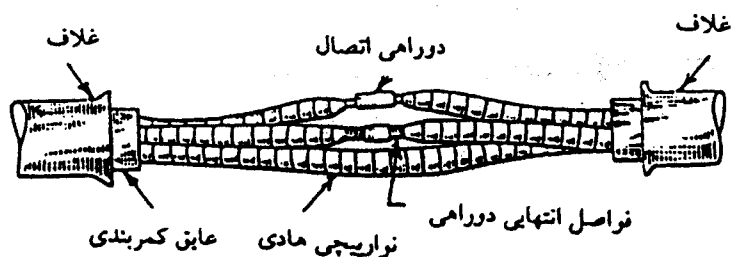
اول فاصله بین دوراهی و محل کونیک شده کابل، نوارپیچی می‌شود. سپس روی دوراهی و کونیکها با نوار عایق‌بندی می‌شود تا به عایق اصلی و اولیه کابل برسد حال مفصل به شکل (۵-۱۳) درمی‌آید.



شکل (۵-۱۳) مفصل کابل بعد از اینکه به جای عایق اصلی از نوار عایقی استفاده شده است



شکل (۵-۱۴) کاربرد نوار ۱/۲۵ سانتی‌متری روی هادیها، به اتصال و عایق مخروطی شده توجه کنید، هادی وسطی کاملاً نوارپیچی شده و هادی بالایی در حال نوارپیچی می‌باشد.



شکل (۵-۱۵) مراحل مختلف بستن کابل سه‌رشته‌ای

پس نوارپیچی بر روی تمام هادی لخت ادامه می‌یابد. اولین لایه از نوار که بر روی عایق اولیه کابل

پیچیده می‌شود باید دارای همان جهتی باشد که عایق اولیه دارا می‌باشد و تا حد ممکن نوارپیچی ادامه می‌یابد. در مورد کابل‌های با عایق کاغذی قبل از نوارپیچی یک لایه خارجی از عایق اولیه کابل باز شده سپر نوارپیچی انجام می‌شود. نوارپیچی به آرامی و بدقت انجام می‌گردد تا هیچگونه حباب هوا و یا چین و چروک در آن باقی نماند.

چنانچه از نوار لاستیکی استفاده شود با محلول مخصوصی سطح آن صاف و تمیز شده سپس با چسب لاستیکی<sup>۱</sup> پوشانیده می‌شود. نوار لاستیکی به آرامی و دقت با کشش کافی بر روی کابل بسته می‌شود تا عرض آن تقریباً به اندازه یک سوم کاهش یابد. نوار لاستیکی را باید با پوششی از رنگ یا نوار مقاوم در برابر شرایط محیطی محافظت نمود.

در مفصل‌بندی دستی باید عایق با ضخامتی در حدود ۷۵ درصد بیش از عایق اولیه کارخانه باشد. شکل (۵-۱۵) روش نوارپیچی را نشان می‌دهد. شکل (۵-۱۴) سه هادی از کابلی را در مراحل مختلف نوارپیچی نشان می‌دهد. عایق‌بندی هادی زیرین کاملاً تمام شده است و هادی وسط فقط تا دوراهی عایق‌بندی شده و هادی فوقانی هنوز عایق‌بندی نواری نشده است.

پس از کامل شدن نوارپیچی، آخرین لایه نوار باید در محل خود با گره نوار بسته شود. برای این کار انتهای نوار را از زیر لایه قبل رد نموده سپس محکم کشیده می‌شود (بطوری که در شکل (۵-۱۶) نشان داده شده است)، پس از گره زدن نوار اضافی قطع می‌گردد. یک مفصل کامل شده در شکل (۵-۱۷) نشان داده شده است.



شکل (۵-۱۶) طریقه پیچیدن نوار در انتهای نوارپیچی

نوارپیچی دستی روی هادی که کامل شده است غلاف



دوراهی اتصال

شکل (۵-۱۷) مفصل کابل بعد از نوارپیچی کامل در کابل‌ها با عایق پلاستیکی

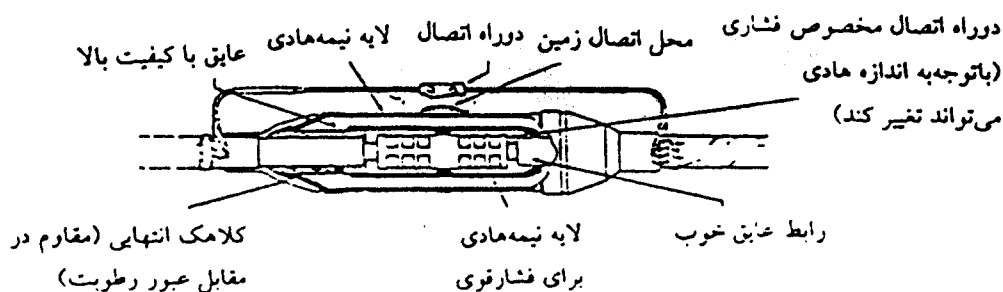
این نوارپیچی باید  $1/5$  برابر و برای کابل‌های با عایق کاغذی باید دو برابر عایق کارخانه باشد

#### ۵-۴-۸- نصب مفصل پیش ساخته کابل

مفصلهای پیش ساخته، معمولاً در سیستم توزیع زمینی و برای کابل‌های با عایق لاستیکی، لاستیک اتیلن و پروپیلن، پلی اتیلن و پلی اتیلن کراس لینک بکار می‌روند. این مفصلها بطور مستقیم در زمین دفن می‌شوند و یا اینکه در محفظه‌ای قرار می‌گیرند تا بتوان به آنها دسترسی داشت. یک مفصل پیش ساخته دارای یک دوراهی فلزی یک پوشش فلزی دوراهی، عایق و پوشش عایق می‌باشد.

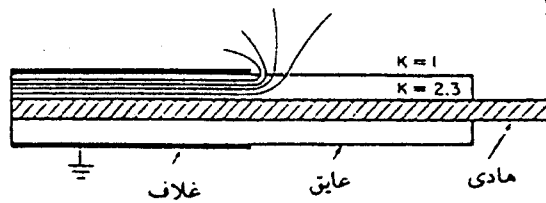
برای مفصل بندی، کابلها را بطوری که قبلاً توضیح داده شده است آماده می‌کنند. برای آماده سازی دو سر کابل برای مفصل بندی ابزار مخصوص موجود می‌باشند.

این ابزارها برای برداشتن پوششهای مختلف کابل (عایق، پوششهای نیمه هادی) طراحی شده اند. یک لایه از نوار وینیل بر روی پوشش نیمه هادی کابلها بکار می‌رود. سپس گریس سیلیکون بر روی عایق کابل و نوار وینیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از آن انتهای مفصل بر روی هر کابل تا سیمهای هادی هم مرکز لغزانده شده و بدنه مفصل بر روی یک کابل کشیده می‌شود. هادیهای کابل را در دوراهی قرار داده با ابزار کار مناسب و به روش صحیح پرس می‌گردد. بدنه مفصل در جای خود بر روی دوراهی قرار گرفته و در هر طرف مفصل یک طول کوچکی از عایق لخت شده باقی می‌ماند (شکل (۵-۱۸)). شخص کابل کش و یا مفصل بند قبل از تکمیل مفصل، نوار وینیلی که قبلاً بر روی پوشش نیمه هادی پیچیده شده بود را باز می‌کند، و در پوشهای دو سر مفصل در دو انتهای مفصل قرار داده شده، پوشش الکترواستاتیکی نیمه هادی بر روی کابل و عایق مفصل کامل می‌گردد. هادیهای هم مرکز بر روی مفصل اولیه بافته و با استفاده از یک دوراهی فشاری بهم متصل می‌شوند. این سیمها به قلابهای زمین بدنه مفصل، وصل می‌شوند تا مفصل را زمین کنند. پوشش الکترواستاتیکی عایقی یک مفصل پیش ساخته معمولاً دارای پوشش هدایت کننده بوده و میدان الکتریکی را بطور کامل در داخل عایق مفصل نگه می‌دارد. میدان الکتریکی بطور مناسب توزیع شده تا محل‌های دارای تنش الکتریکی متمرکز حذف شود.



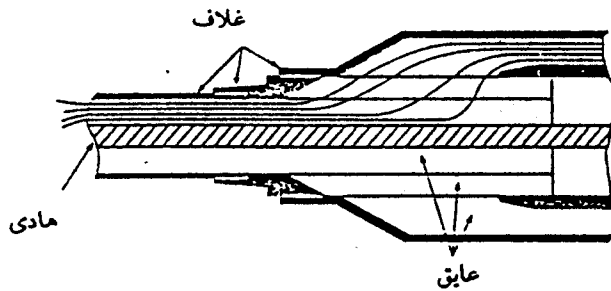
شکل (۵-۱۸) دوراه پیش ساخته روی هادی کابل که با پرس بهم وصل شده اند لغزانده می‌شود

ثابت دی الکتریکی  $K =$



شکل (۵-۱۹) توزیع تنش الکتریکی کابل زردهار فشار قوی با عایق دی الکتریک سخت که قسمتی از زره و عایق کابل برداشته شده است

به تمرکز تنشهای الکتریکی در گوشه های غلاف کابل توجه کنید

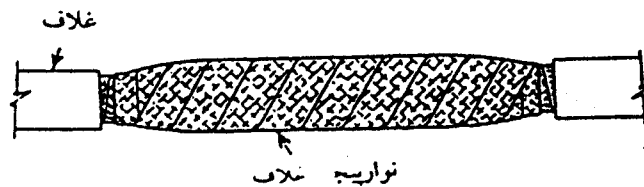


شکل (۵-۲۰) نمودار توزیع تنش الکتریکی در مفصل پیش ساخته که روی کابل فشار قوی زردهار ساخته شده است

توجه کنید که تنشهای الکتریکی در محل انتقال از کابل به مفصل بطور مناسب توزیع شده اند

۵-۴-۸-۱- بکارگیری نوار پوشش الکترواستاتیکی

کابل های تک رشته ای و یا چند رشته ای فشار متوسط دارای نوارهایی از پوشش الکترواستاتیکی می باشند که بر روی سطح خارجی عایق هر هادی پیچیده شده اند. کابل های چند رشته ای یک نوار اضافی نیز دارند که بر روی سطح خارجی هر سه هادی و در زیر غلاف سربی بر روی آنها پیچیده شده است (شکل (۵-۲۱)). مفصل های بکاررفته برای این کابلها باید دارای زره مقاوم بر روی عایق هر هادی باشند.



شکل (۵-۲۱) مفصل کابل با نوار محافظ که ساد با هادی های نوار پیچیده شده پوشانده است

این پوشش با نواری از مس بر روی غلاف سربی می شود. دورهای این پوشش با لحیم بهم وصل شده تا از حرکت آن در محل هایی که عایق دراز است جلوگیری شود.



#### ۵-۴-۸-۲- بکارگیری جداکننده کابل و نوارهای همبندی

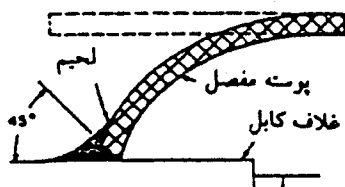
در مفصلهای کابل‌های سه‌رشته‌ای در حدود پنج الی شش لایه از نوار خشک وارنیش بر روی هر هادی خارج از پوشش الکترواستاتیکی فلزی و در نزدیکی مرکز مفصل پیچیده می‌شوند. این نوار از آن جهت پیچیده می‌شود که بعنوان جداکننده‌ای بین هادیها قرار گرفته و اجازه دهد که مواد رزین (مرکب) آزادانه از بین هادیها عبور نمایند. سپس سه الی شش لایه نوار خشک وارنیش (وارنیش) بر روی هر سه هادی و بطور مستقیم بر روی نوار جداکننده پیچیده می‌شود تا هادیها را بطور محکم در جای خود نگهدارد.

#### ۵-۴-۸-۳- نصب پوشش سری کابل

بعد از نوارپیچی کامل مفصل، پوشش سری که قبلاً بر روی کابل کشیده شده بود بر روی مفصل قرار می‌گیرد. این پوشش مفصل را در مقابل آسیبهای مکانیکی حفاظت می‌نماید و مفصل را آببندی نموده و از ورود رطوبت به داخل آن جلوگیری می‌کند و مسیر جریانهای اتصال کوتاه را در غلاف کابل کامل می‌نماید.

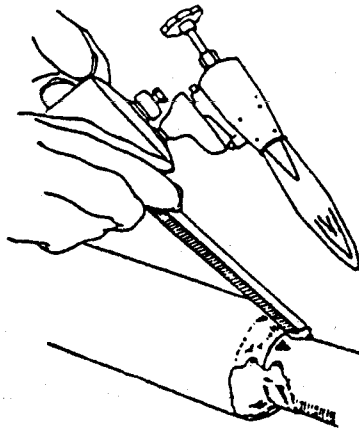
#### ۵-۴-۸-۴- لحیم کاری پوشش مفصل

پوشش در مرکز مفصل قرار داده شده و کابل در دو سر پوشش علامتگذاری می‌شود. با استیرین<sup>۱</sup> سطح خراش برداشته پوشیده می‌شود. دو سر پوشش مفصل، با ابزار چوبی کوبیده شده تا آن که پوشش بطور کامل روی غلاف کابل قرار گیرد. با استفاده از چراغ کوره‌ای و شمش قلع، انتهای پوشش لحیم می‌شود مقدار کمی از لحیم از انتهای شمش قلع ذوب و بر روی محل خراش داده شده قرار می‌گیرد (شکل ۵-۲۲) با چراغ کوره‌ای لحیم گرم شده و سطح شمش قلع بر روی سطح غلاف کابل و پوشش مالیده می‌شود تا اینکه بخوبی قلع کاری و لحیم شود، کوشش شود که یک محل اتصالی لحیم شده مناسب و دقیق بین پوشش مفصل و غلاف کابل بوجود آید. (شکل ۵-۲۳)



شکل (۵-۲۲) لحیم کاری کامل شده غلاف و روکش فلزی خارجی کابل که بطور مناسب خم شده است

1- Stearine



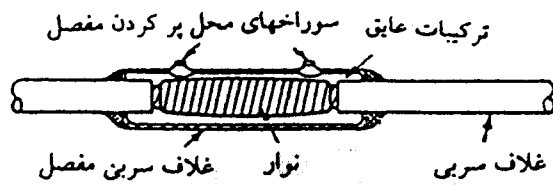
شکل (۵-۲۳) قلع کاری غلاف سربی با استفاده از شعله چراغ و قلع

محل لحیم کاری شده باید با استفاده از گاز و یا روغن آزمایش شده تا اطمینان حاصل شود که هیچگونه نشئی هوا و یا ترک خوردگی در آن وجود ندارد یک مفصل دارای نشئی باعث نفوذ رطوبت به داخل مفصل شده و در نهایت موجب معیوب شدن آن خواهد شد فشار لازم برای آزمون محل لحیم کاری شده توسط سازنده مشخص می شود (این کار در مورد کابلهای با عایق کاغذی لازم می باشد). با بکاربردن آب و کف صابون چنانچه جابیهایی از کف صابون بوجود آیند محل های لحیم کاری شده نشئی داشته و باید با استفاده از لحیم جلوی نشئی آن گرفته شده و یک لحیم کامل ساخته شود.

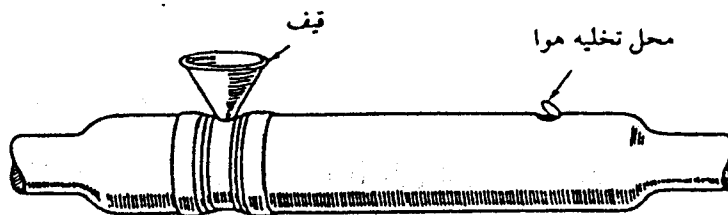
#### ۵-۴-۸-۵- پر کردن پوسته مفصل کابل با مواد مرکب

چنانچه پوسته مفصل دارای محلی برای پر کردن آن نباشد (شکل (۵-۲۴)) دو برش V شکل بر روی آن درست کرده که هر کدام نزدیک به یک سر مفصل می باشد یکی از این سوراخها برای ریختن مواد داغ و دیگری برای تخلیه هوا در پوسته مفصل می باشد، قبل از اینکه مواد داغ در داخل پوسته ریخته شود باید مفصل را به حالت شیب دار نگهداشته بطوری که در حدود  $2/5$  سانتیمتر در سمت تخلیه هوا بالاتر قرار گیرد قیف را در سوراخ پر کردن پوسته قرار داده (شکل (۵-۲۵)) وقتی که مواد در داخل پوسته ریخته می شود هوای داخل آن بطرف بالا حرکت کرده و از محل تخلیه می گردد.

این مواد پس از گرم کردن به آرامی و بطور مداوم در داخل قیف ریخته می شود و این کار آنقدر ادامه می یابد تا این مواد از سوراخ تخلیه هوا بیرون آمده و هیچگونه جابیهی در داخل آن نباشد بعد از خنک شدن مفصل آن را مسطح کرده و هر ۱۵ دقیقه پوسته مفصل پر می شود، بعد از اینکه مفصل تا  $40$  درجه سانتیگراد خنک شد سوراخها را پوشانیده و با لحیم آب بندی می گردند.



شکل (۵-۲۴) برش طولی دوراه که در آن پوسته سربی، نوار و مجراهای ریختن مواد در دوراه و مواد عایق را نشان می‌دهد

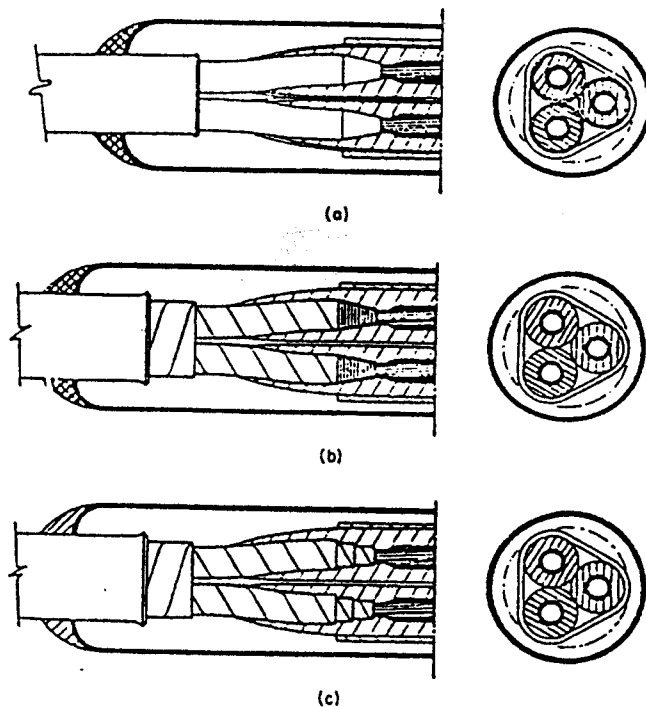


شکل (۵-۲۵) نحوه قرار گرفتن قیف جهت ریختن مواد عایق، هوا از طریق سوراخ طرف مقابل از دوراه خارج می‌شود

وقتی که مفصل تا دمای محیط خود سرد می‌شود حفره‌هایی در داخل پوسته مفصل بوجود می‌آید، به هر صورت وقتی که کابل حامل توان الکتریکی می‌باشد آنرا گرم نموده و این حفره‌ها پر خواهند شد و اگر این حفره‌ها موجود نباشند وقتی که مفصل به علت بار کابل گرم می‌شود منفجر خواهد شد.

۵-۴-۸-۶- قرار دادن مفصل بر روی جایگاه خود

حال کابل با مفصل کامل شده آن (شکل (۵-۲۶)) به محل نهایی خود منتقل شده و بر روی جایگاه چینی و یا سینی خود قرار می‌گیرد. غلافهای سربی تحت تاثیر الکترولیزه شدن قرار می‌گیرند و بنابراین بایستی آنها را بر روی عایق چینی و یا مواد عایقی دیگر قرارداد.



شکل (۵-۲۶) برش سطحی و طولی مفصل کامل شده روی کابل سدرشته‌ای دوراه  
 (a) عایق پلاستیکی (b) عایق کنانی (c) عایق کاغذی اشباع شده

#### ۵-۴-۹- همبندی و زمین کردن کابل

هدف از همبندی و زمین کردن غلافهای کابل آن است که پتانسیل آنها نزدیک به پتانسیل زمین باشد برای این کار سیم بایستی به غلافها با استفاده از گیره‌های مخصوصی وصل شده و سپس به غلاف لحیم شده، به زمین دارای مقاومت کم وصل شود.

همبندی و زمین کردن یک کابل احتمال جرقه بین غلاف کابل اتصال کوتاه شده و غلافهای مجاور آن را کاهش می‌دهد و بنابراین خطر برای پرسنل کابل کش کاهش می‌یابد همچنین اثرات مضر خوردندگی ناشی از جریانهای سرگردان نیز کاهش می‌یابند.

لیست لوازم مورد احتیاج جهت سر کابل و مفصل بندی

نام ابزار	ردیف	نام ابزار	ردیف
قیچی حلبی بوری ضامن دار یا معمولی	۴۰	صندوقی ابزار	۱
متر	۴۱	قفل	۲
کولیس	۴۲	چکش ۱۰۰۰ گرمی	۳
سوزن خط کش	۴۳	چکش ۵۰۰ گرمی	۴
سنجه نشان	۴۴	چکش پلاستیکی	۵
انبردست قفلی و ساده	۴۵	چکش ۲۰۰ گرمی	۶
سیم چین	۴۶	هویه ۵۰۰ گرمی	۷
چاقو کابل بوری	۴۷	هویه ۴۰۰ گرمی	۸
چاقو کاغذ بوری	۴۸	هویه ۳۰۰ گرمی	۹
سنگ چاقو تیز کن	۴۹	قلم آهنی پهن کوتاه	۱۰
متر فلزی ۳ متری	۵۰	قلم آهنی نوک تیز کوتاه	۱۱
متر چوبی ۲ متری	۵۱	قلم صلیبی نوک تیز کوتاه	۱۲
قلم مویی	۵۲	قلم نوک تیز کوچک	۱۳
ظرف نفت ۲ لیتری	۵۳	سوهان تخت ریز - بزرگ	۱۴
قیف پلاستیکی	۵۴	سوهان تخت درشت - بزرگ	۱۵
قیف مخصوص	۵۵	سوهان نیم کرد	۱۶
کپسول گاز کامل	۵۶	سوهان گرد بزرگ	۱۷
مانومتر، شلنگ	۵۷	سوهان گرد کوچک	۱۸
سر پیک	۵۸	سوهان سه لبه سه گوش	۱۹
کاغذ سمباده	۵۹	سوهان ریز بزرگ	۲۰
پارچه مخصوص جهت پلمب کردن	۶۰	سوهان درشت بزرگ	۲۱
کرباس	۶۱	گیره نجاری کوچک	۲۲
نشادر	۶۲	جعبه آچار یکس کامل	۲۳
قلع شمش ۳۵ درصد	۶۳	آچار دوسر تخت یک سری کامل	۲۴
قلع شمش ۴۰ درصد	۶۴	آچار رینگ یک سری کامل	۲۵
قلع شمش ۶۰ درصد	۶۵	آچار لوله گیر بزرگ	۲۶
قلع قرقره ای	۶۶	آچار پیچ گوشتی ۷	۲۷
گونبای فلزی	۶۷	آچار پیچ گوشتی ۱۰	۲۸
پرگار	۶۸	آچار پیچ گوشتی ۱۵	۲۹
کابل سیار	۶۹	آچار انگلیسی	۳۰
اره چوب بوری	۷۰	آچار پیچ گوشتی دسته کوتاه	۳۱
نخ کابل	۷۱	آچار پیچ گوشتی گونیا	۳۲
فندک	۷۲	آچار پیچ گوشتی کوچک	۳۳
دسته سوهان	۷۳	آچار کلاغی	۳۴
ظرف پلاستیکی	۷۴	کمان اره فلزی	۳۵
فاز متر	۷۵	تیغ اره فولادی	۳۶
ته آهنی یک سری کامل از نمره ۲/۵ الی ۱۵	۷۶	برس سیمی	۳۷
مگر	۷۷	کاردک	۳۸
		حرارت سنج ۲۰۰ درجه سانتیگراد	۳۹

- [1] IEC 502 Extruded Solid Dielectric Power Cables for Rated Voltages from 1KV up to 30KV, Third Edition 1983  
- Amendment 1987  
- Amendment 1990-11  
- Amendment 1992
- [2] Seip, Electrical Installations Handbook Part 2, SIEMENS
- [3] Power Cables and Their Application, Lothar Heinhold, SIEMENS
- [4] The Lineman's and Cableman's Handbook, Edwin B. Kurtz, Thomas M Shoemaker, Mc Graw-Hill Book Company
- [5] Bicc, Electric Cables Handbook, Second Edition Edited by: E. W. G. Bungay and D. McAllister, BSP Professional Books
- [6] Power Cable Installation Practice, E.W.P.Jones
- [7] استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو - وزارت آب و برق
- [8] مشخصات فنی عمومی و اجرای تاسیسات کارهای ساختمانی - نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه
- [9] پیش‌نویس استاندارد کابل‌های توزیع - مرداد ماه ۱۳۷۱ - مرکز تحقیقات نیرو