لیست گزارشات

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
پژوهشگاه نیرو

عنوان گزارش : کابلهای فشار متوسط و ضعیف

عنوان پروژه: "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

کد پروژه: PTRVT02

کارفرما: سازمان توانیر

پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو
گروه پژوهشی خط و پست
آبان‌ماه ۱۳۸۲

پیشگفتار

گزارشات حاضر براساس موافقتنامه ۱۰۱-۸۰-۲۷۳ مورخ ۸۰/۷/۲۲ با موضوع "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی" که مابین شرکت توانیر و پژوهشگاه نیرو منعقد شده است تهیه گردیده است. این گزارشات براساس استانداردهای موجود در زمینه شبکه و تجهیزات توزیع فشار متوسط و فشار ضعیف تدوین شده است. فهرست کلیه گزارشات در جدول صفحه بعد قید شده است.

لیست گزارشات مربوط به پروژه "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

رئوس کلی گزارشات	شبکه‌های توزیع نیروی برق فشار متوسط و ضعیف	تابلوهای فشار ضعیف و متوسط برق	پستهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت هوایی و زمینی	انشعابات برق مشترکین
۱	- طراحی خطوط توزیع هوایی	تابلوهای فشار ضعیف و متوسط	- پستهای هوایی توزیع	- مقررات عمومی و خصوصی انشعابات برق مشترکین
۲	- هادیهای خطوط هوایی توزیع		کلیات پستهای توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت زمینی	- کنتورهای اکتیو
۳	- براق‌آلات خطوط هوایی		- تاسیسات پستهای ۲۰ و۳۳ کیلووُلت زمینی	- کنتورهای راکتیو
۴	- حریم خطوط هوایی		- معماری و ساختمان پستهای توزیع زمینی	- کنتورهای استاتیکی
۵	- کراس‌آرم‌ها و سرتیرهای خطوط توزیع هوایی		- سیستم زمین پستهای توزیع	- فیوزهای فشارضعیف
۶	- تیرهای فلزی، بتونی و چوبی		- ترانسفورماتورهای توزیع	- کلیدهای اتوماتیک
۷	- مقره‌های توزیع		- کلیدهای قدرت ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کنتاکتورهای نوع ضعیف
۸			- سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کلیدهای قابل قطع زیربار
۹			[redacted]	- ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
۱۰			- کات‌اوت‌های فشار متوسط	- ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
۱۱			- برقگیرهای فشار متوسط	- براق‌آلات کابلهای شبکه‌های توزیع

بخش اول
اصول طراحی و مهندسی

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-هدف و دامنه کاربرد ۱

۲-تعاریف مربوط به اجزاء کابل ۱

۲-۱-پوشش الکترواستاتیکی هادی ۱

۲-۲-پوشش الکترواستاتیکی عایق ۲

۲-۳-پوشش الکترواستاتیکی فلزی ۲

۳-مشخصات فنی کابل ۲

۳-۱-هادیهای کابل ۳

۳-۲-عایق ۶

۳-۲-۱-انواع عایقها ۶

۳-۲-۲-ضخامت عایقی کابلها ۶

۳-۳-پوشش الکترواستاتیکی هادی ۹

۳-۴-پوشش الکترواستاتیکی عایق ۹

۳-۵-زره‌های فلزی ۹

۳-۵-۱-ابعاد مفتولها و نوارهای زره ۱۰

۳-۵-۲-رابطه بین قطر کابل و قطر زره ۱۰

۳-۵-۳-زره با مفتول تخت یا گرد ۱۱

۳-۵-۴-زره نواری ۱۲

۳-۶-غلاف ۱۲

۳-۶-۱-غلاف فلزی سربی ۱۲

۳-۶-۲-غلاف خارجی غیرفلزی ۱۳

۳-۶-۳-ضخامت غلاف ۱۳

۴-نشانه‌گذاری کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط ۱۴

۵-رنگ کابلها ۱۵

۶-نحوه کد گذاری کابلهای فشار متوسط با عایق کابل PVC و PE طبق استاندارد VDE ۱۶

۶-۱-رشته ۱۶

۶-۲-هادی هم و مرکز و پوشش الکترواستاتیکی فلزی ۱۶

۶-۳-زره ۱۶

۶-۴-غلاف ۱۷

۶-۵-علامت موسسه و سازمان تضمین کننده کیفیت ۱۷

۷-بسته بندی و حمل و نقل ۱۷

۸-مدارک ۱۸

فهرست اشکال

شکل (۱): لایه‌های مختلف کابل فشار متوسط ۱

فهرست جداول

جدول (۱): مقادیر حداکثر قطر برای هادیهای مسی ۴
جدول (۲): حداقل و حداکثر قطرهای هادیهای آلومینیومی ۴
جدول (۳): حداکثر دمای مجاز هادی کابل..... ۵
جدول (۴): انواع عایقهای کابلهای فشار متوسط ۶
جدول (۵) :ضخامت عایق پلی‌اتیلن (PE) برحسب سطح مقطع هادی کابل فشار متوسط ۶
جدول (۶) ضخامت عایق پلی‌اتیلن کراس‌لینک (XLPE) کابل فشار متوسط..... ۷
جدول (۷): ضخامت عایق PVC بر حسب سطح مقطع هادی کابل فشار ضعیف..... ۷
جدول (۸): ضخامت عایق پلی اتیلن کراس لینک (XLPE) بر حسب سطح مقطع هادی برای کابل فشار ضعیف ۸
جدول (۹): حداکثر دمای نامی برای انواع مختلف ترکیبات عایقی ۸
جدول (۱۰) : قطر زره مفتولی گرد ۱۱
جدول (۱۱): قطر نوارهای زره ۱۱
جدول (۱۲) : رنگ عایق کابل ترموپلاست PVC ۱۵
جدول (۱۳) : مشخصات اصلی کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط (توسط خریدار تکمیل شود) ۱۹
جدول (۱۴) : مشخصات فنی و داده های تضمین شده برای کابلهای فشار ضعیف (توسط فروشنده تکمیل می‌شود)..... ۲۰
جدول ۱۵: مشخصات فنی و داده‌های تضمین شده برای کابلهای فشار متوسط (توسط فروشنده تکمیل شود). ۲۲
جدول (۱۶) : مشخصات فنی نمونه کابل PVC ۰/۶ کیلوولت..... ۲۶
جدول (۱۷) : مشخصات فنی نمونه برای کابل XPLE.۰/۶ کیلوولت ۲۸

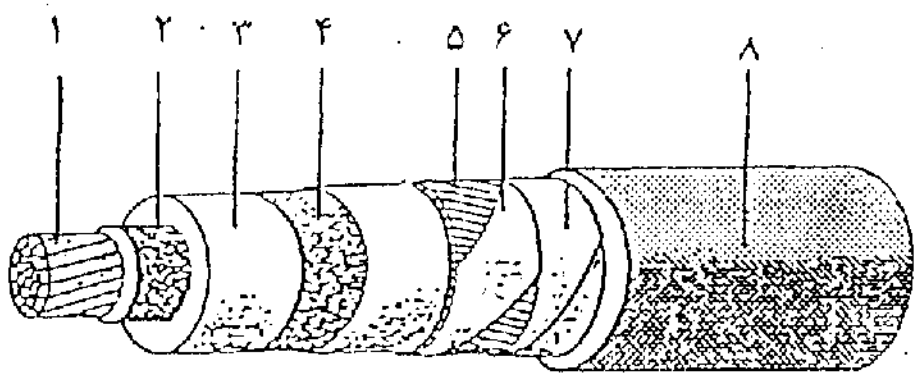
فهرست مطالب

۱- هدف و دامنه کاربرد

در این استاندارد سعی شده به معرفی قسمتهای مختلف کابل و مشخصات فنی آن جهت شناخت کابل پرداخته شود. دامنه کاربرد این استاندارد برای کابلهای فشار ضعیف، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت است.

۲- تعاریف مربوط به اجزاء کابل

لایه‌های مختلف یک کابل فشار متوسط طبق شکل (۱) می‌باشد، که قسمت مربوط به پوششهای الکترواستاتیکی آن توضیح داده می‌شود.



۱- هادی چندمفتولی
۲- پوشش الکترواستاتیکی روی هادی
۳- عایق
۴- پوشش الکترواستاتیکی روی عایق
۵- پوشش الکترواستاتیکی فلزی
۶- نوار مسی (بصورت مارپیچی)
۷- زره
۸- غلاف خارجی

شکل (۱): لایه‌های مختلف کابل فشار متوسط

۲-۱- پوشش الکترواستاتیکی هادی

این پوششها عموماً از جنس نیمه‌هادی بوده و روی مفتولهای به هم تابیده کشیده می‌شود تا با یکنواخت کردن سطح هادی و میدان روی آن از تخلیه جزئی بین فواصل احتمالی عایق و هادی جلوگیری کند.

۲-۲- پوشش الکترواستاتیکی عایق

پوششی که عموماً جنس آن نیمه هادی بوده و روی عایق هر رشته کشیده می‌شود، این لایه میدان الکتریکی رشته‌ها را محدود کرده و از تخلیه جزئی و نشست جریان بین رشته‌ها و سایر لایه‌های دیگر جلوگیری می‌کند.

۲-۳- پوشش الکترواستاتیکی فلزی

این پوشش از تعدادی نوار یا لایه هم مرکز از مفتولها و یا ترکیبی از مفتولها و نوار تشکیل شده که بصورت جدا روی هر رشته کشیده می‌شود. این لایه برای زمین کردن جریانهای نشتی ایجاد شده و در محیط کاربرد دارد و این جریانات را بصورت طولی از خود عبور داده و زمین می‌کند.

فهرست مطالب

۳- مشخصات فنی کابل

بطور معمول هر کابل از چندین لایه تشکیل می‌شودکه هر لایه ویژگی و شرایط خاص خود را داراست، این لایه‌ها عبارتند از:

الف- هادیهای کابل

ب- عایق

ج- پوشش الکترواستاتیکی روی هادی

د- پوشش الکترواستاتیکی روی عایق

ه- پوشش الکترواستاتیکی فلزی

و- زره‌های فلزی

ز- غلاف

۳-۱-هادیهای کابل

هادیهای کابل عایق‌دار برطبق استاندارد IEC 288 در ۴ کلاس زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف- کلاس ۱: هادیهای مفتولی برای نصب ثابت

ب- کلاس ۲: هادیهای چند رشته غیرفشرده برای نصب ثابت و هادیهای چند رشته دوار متراکم و هادیهای چند رشته شکل‌دار

ج- کلاس ۵و۶: هادیهای انعطاف‌پذیر یا پر رشته

موادی که بعنوان هادی در کابلها مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

مس خالص یا مس پوشش داده شده توسط فلز

آلومینیوم ساده یا پوشش داده شده توسط فلز یا آلیاژ آلومینیوم

آلومینیوم که به طریقه متالوژیکی پوشش شده باشد

آلومینیوم که پوشش ترکیبی داشته باشد.

بسته به اینکه کابل برای چه کلاسی ساخته می‌شود استانداردهای جهانی، سازندگان را به استفاده از هادیهای فوق محدود می‌نماید. بعبارت دیگر سازندگان کابل، هادیهای مناسب را برای کلاسهای چهارگانه برمی‌گزینند.

در جداول (۱) و (۲) قطر هادیهای مس و آلومینیوم برای کلاسهای ۱و۲ داده شده است.

جدول (۱): مقادیر حداکثر قطر برای هادیهای مسی

۱	۲	۳
سطح مقطع mm	هادیها در کابل برای نصبهای ثابت	
	یکپارچه (کلاس یک) mm	رشته‌ای (کلاس دو) mm
۵۰	۷/۸	۹/۱
۷۰	۹/۴	۱۱
۹۵	۱۱	۱۲/۹
۱۲۰	۱۲/۴	۱۴/۵
۱۵۰	۱۳/۸	۱۶/۲
۱۸۵	-	۱۸
۲۴۰	-	۲۰/۶
۳۰۰	-	۲۳/۱

جدول (۲): حداقل و حداکثر قطرهای هادیهای آلومینیومی

۱	۲	۳	۴	۵
سطح مقطع	هادیهای یکپارچه (کلاس یک)		هادیهای رشته‌ای فشرده (کلاس دو)	
	کمترین قطر(mm)	بیشترین قطر(mm)	کمترین قطر(mm)	بیشترین قطرmm
۵۰	۷/۲	۷/۸	۷/۷	۸/۶
۷۰	۸/۷	۹/۴	۹/۳	۱۰/۲
۹۵	۱۰/۳	۱۱	۱۱	۱۲
۱۲۰	۱۱/۶	۱۲/۴	۱۲/۵	۱۳/۵
۱۵۰	۱۲/۹	۱۳/۸	۱۳/۹	۱۵
۱۸۵	۱۴/۵	۱۵/۴	۱۵/۵	۱۶/۸
۲۴۰	۱۶/۷	۱۷/۶	۱۷/۸	۱۹/۲
۳۰۰	۱۸/۸	۱۹/۸	۲۰/۰	۲۱/۶

حداکثر دمای نامی هادی کابل برای هر یک از انواع غلاف خارجی که ممکن است استفاده شود، در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳): حداکثر دمای مجاز هادی کابل

ترکیب غلاف	حداکثر دمای هادی برای عملکردعادی ($^{\circ}C$)
ST_1	۸۰
ST_2	۹۰
ST_3	۸۰
ST_4	۹۰
SE_1	۸۵

هنگامیکه ولتاژ نامی بزرگتر یا مساوی مقادیرزیر باشد ترکیبات غلافها ممکن است با دمای عملکرد ۵ درجه سانتیگراد بیش از مقادیر داده شده در جدول فوق برای کابل در نظر گرفته می‌شود:

برای غلافهای ST_3 ، SE_1 : (۱۲) ۱۱/ ۶/۳۵ کیلوولت

برای غلافهای ST_1 ، ST_2 : (۳۶) ۱۹/۳۰ کیلوولت

غلافهای نوع ST_1 ، ST_4 : از طبقه ترکیباتی براساس PVC می‌باشند.

غلافهای نوع ST_3 ، ST_7 : از طبقه ترکیباتی براساس پلی‌اتیلن ترموپلاستیک می‌باشد.

غلافهای نوع SE_1 : از طبقه ترکیبات الاستومری براساس پلی‌کلروپرن کلروسلفونیت پلی‌اتیلن یا پلیمرهای مشابه می‌باشند.

۳-۲-عایق

۳-۲-۱- انواع عایقها

عـایق مـورد استفاده در کابل بایستی بصورت عایق یکپارچه بوده یکی از انواع مشخص شده در جدول (۴) باشد بطوریکه نیازهای موجود برای آزمونهای مختلف را برآورده سازد.

جدول (۴): انواع عایقهای کابلهای فشار متوسط

مخفف	مشخصات
PVC/B	الف- ترموپلاستیک -ترکیب عایقی براساس پلی‌وینیل‌کلراید یا کوپولیمروینیل‌کلراید و وینیل‌استات جهت کابلهائی با ولتاژهای نامی $U_0/U > 1/8/3kV$
PVC/A	-ترکیب عایقی براساس پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژهای نامی $U_0/U < 1/8/3$
PE	-ترکیب عایقی براساس پلی‌اتیلن ترموپلاستیک
XLPE	ب- الاستومریک یا ترموست -ترکیب عایقی براساس پلی‌اتیلن‌کراس لینک شده به روش شیمیایی

۳-۲-۲- ضخامت عایقی کابلها

ضخامت نامی عایقی کابلها برحسب ولتاژ و سطح مقطع هادی در جداول (۵ تا ۸) داده شده است.

جدول (۵) ::ضخامت عایق پلی‌اتیلن (PE) برحسب سطح مقطع هادی کابل فشار متوسط

سطح مقطع اسمی هادی (میلیمترمربع)	ضخامت عایق در ولتاژهای نامی $U^*_0/U^*(Um^*)$	
	۱۲/۲۰(۲۴) میلیمتر	۱۹/۳۳(۳۶) میلیمتر
از ۵۰ تا ۳۰۰	۵/۵	۸

جدول (۶) ضخامت عایق پلی‌اتیلن کراس‌لینک (XLPE) کابل فشار متوسط

سطح مقطع نامی هادی (میلیمترمربع)	ضخامت عایق در ولتاژهای نامی $U_0/U(U_m)kV$	
	۱۲/۲۰(۲۴)Kv میلیمتر	۱۹/۳۳(۳۶)kV میلیمتر
از ۵۰ تا ۳۰۰	۵/۵	۸

* U_0: ولتاژ نامی بین هادی و یا پوشش فلزی الکترواستاتیکی است.

U: ولتاژ نامی بین هادیهای کابل می‌باشد.

U_m: حداکثر مقدار ولتاژ سیستم که تجهیزات می‌توانند در آن ولتاژ مورد استفاده قرار گیرند.

جدول (۷): ضخامت عایق PVC بر حسب سطح مقطع هادی کابل فشار ضعیف

سطح مقطع اسمی هادی (میلیمتر مربع)	ضخامت عایق در ولتاژ نامی U_0/U KV
	۰/۶/۱کیلوولت (میلیمتر)
۴ و ۶	۱
۱۰	۱
۱۶	۱
۲۵	۱/۲
۳۵	۱/۲
۵۰ و ۷۰	۱/۴
۹۵ و ۱۲۰	۱/۶
۱۵۰	۱/۸
۱۸۵	۲/۰
۲۴۰	۲/۲
۳۰۰	۲/۴

جدول (۸): ضخامت عایق پلی اتیلن کراس لینک (XLPE) بر حسب سطح مقطع هادی برای کابل فشار ضعیف

سطح مقطع نامی هادی (میلیمتر مربع)	ضخامت عایق در ولتاژ نامی U_0/U KV (۰/۶/۱ کیلوولت (میلیمتر)
۶,۴	۱
۱۰	۱
۱۶	۱
۲۵	۱/۲
۳۵	۱/۲
۵۰	۱/۴
۷۰،۹۵	۱/۶
۱۲۰	۱/۸
۱۸۵	۲/۰
۲۴۰	۲/۲
۳۰۰	۲/۴

در استفاده از جداول بالا باید به این نکات توجه شود:

الف- ضخامت عایقی داده شده در جداول مزبور براساس ولتاژهای نامی بوده و تنها برای کابلهایی کاربرد دارند که با پوشش محافظ خارجی محافظت شده باشند.

ب- ضخامت میانگین نباید از مقدار نامی مشخص شده کمتر باشد.

ج- ممکن است ضخامت قسمتی از عایق کابل از مقدار نامی مشخص شده کمتر باشد این اختلاف نباید از ۰/۱ میلیمتر بعلاوه ۱۰٪ مقدار نامی مشخص شده بیشتر باشد.

د- ضخامت هر جداکننده و یا پوشش الکترواستاتیکی نیمه‌هادی روی هادی یا روی عایق ، جزء ضخامت عایقی محسوب نمی‌شود.

جدول (۹): حداکثر دمای نامی برای انواع مختلف ترکیبات عایقی

ترکیب عایقی	حداکثر دمای نامی هادی (^0C)	
	کارکرد عادی	اتصال کوتاه (حداکثر تداوم ۵ ثانیه)
PVC	۷۰*	۱۶۰
PE	۷۰**	۱۳۰**
XLPE	۹۰	۲۵۰

* $70\ ^{\circ}C$ = برای پلی‌اتیلن با دانسیته بیش از $0/94\ gr/cm^3$ در دمای $23\ ^{\circ}C$

**این دما ممکن است با استفاده از یک ساختار پوششی هادی الکترواستاتیکی مناسب در کابل به ۱۵۰ درجه سانتیگراد نیز افزایش یابد.

دماهای بیان شده در جدول (۹) براساس خواص ذاتی مواد عایقی می‌باشند. توجه شود که در محاسبه مقادیر جریان، پذیرش مقادیر جدول فوق باید همیشه به همراه در نظر گرفتن سایر عوامل دیگر می‌باشد. برای مثال اگر کابل قرار داده شده در زمین، در شرایط عادی، تحت بار دائمی (با ضریب ۱۰۰٪) باشد، در یک محدوده زمانی بخاطر افزایش دمای خاک و کاهش رطوبت مقاومت ویژه حرارتی خاک اطراف کابل نسبت به مقدار اصلی خودش افزایش می‌یابد. لذا دمای هادی ممکن است به مقدار زیادی از حداکثر دمای نامی آن تجاوز کند. فلذا باید این موارد در طراحی موردنظر قرار گیرد.

۳-۳- پوشش الکترواستاتیکی هادی

این پوشش غیرفلزی بوده و شامل نوارهای نیمه‌هادی یا لایه‌هایی از ترکیبات نیمه‌هادی اکسترود شده و یا ترکیبی از آنها می‌باشد.

۳-۴- پوشش الکترواستاتیکی عایق

این پوشش شامل یک قسمت نیمه‌هادی غیرفلزی در ترکیب با یک قسمت فلزی می‌باشد که قسمت غیرفلزی مستقیماً روی عایق هر رشته و قسمت فلزی روی رشته‌های منفرد یا کل رشته‌ها بکار می‌رود.

۳-۵- زره‌های فلزی

زره‌های فلزی سه نوعند:

زره با مفتول تخت

زره با مفتول گرد

زره با مفتول دوتایی

مفتول گرد یا تخت باید از فولاد گالوانیزه، فولاد با اندود سرب، آلومینیوم یا آلیاژ آن باشد. نوارها باید از جنس فولاد، فولاد گالوانیزه، آلومینیوم یا آلیاژ آن باشد و نوارهای فولادی باید از نوع نورد گرم یا سرد باشند. هنگام انتخاب مواد زره باید توجه خاصی به امکان خوردگی جنس آن داشت. این مساله هم از لحاظ ایمنی مکانیکی و هم ایمنی الکتریکی دارای اهمیت است.

زره کابل تک رشته برای استفاده در مدار با ولتاژ متناوب باید شامل مواد فلزی غیرمغناطیسی باشد، مگر اینکه از ساختار مخصوصی انتخاب شود.

۳-۵-۱- ابعاد مفتولها و نوارهای زره

قطر مفتولهای گرد:۵-۴-۳/۱۵-۲/۵-۲-۱/۶-۱/۲۵-۰/۸ میلیمتر

ضخامت مفتولهای تخت فولاد گالوانیزه شده:۱/۴-۱/۲-۰/۸ میلیمتر

ضخامت نوارهای فولادی:۰/۸-۰/۵-۰/۲ میلیمتر

ضخامت نوارهای آلومینیوم یا آلیاژ آن:۰/۸-۰/۵ میلیمتر

توجه:

ابعاد مفتولها و نوارهای زره نباید نسبت به مقادیر نامی خود بیش از مقادیر زیر تنزل کنند:

مفتولهای گرد: بالاتر از۵٪

مفتولهای تخت: بالاتر از ۸٪

نوارها: بالاتر از ۱۰٪

۳-۵-۲- رابطه بین قطر کابل و قطر زره

قطر نامی مفتولهای گرد و ضخامت اسمی نوارهای زره و مفتولهای تخت نباید کمتر از مقادیر جداول (۱۰ و ۱۱) باشد:

الف: مفتولهای زره گرد

جدول (۱۰) : قطر زره مفتولی گرد

قطر سیم زره	قطر فرضی زیر زره	
	کمتر یا مساوی (میلیمتر)	بیشتراز (میلیمتر)
۰/۸	۱۵	-
۱/۶	۲۵	۱۵
۲	۳۵	۲۵
۲/۵	۶۰	۳۵
۳/۱۵	-	۶۰

ب: نوارهای زره:

جدول (۱۱): قطر نوارهای زره

ضخامت نوار		قطر فرضی زیر زره	
آلومینیوم یا آلیاژ آلومینیوم	فولاد یا فولاد گالوانیزه (میلیمتر)	کمتر یا مساوی (میلیمتر)	بیشتر از (میلیمتر)
۰/۵	۰/۲	۳۰	-
۰/۵	۰/۵	۷۰	۳۰
۰/۸	۰/۸	-	۷۰

۳-۵-۳- زره با مفتول تخت یا گرد

الف- مفتولهای زره باید دور کابل را احاطه کرده و فاصله بین مفتولهای مجاور حداقل باشد. یک مارپیچ باز شامل نوار فولادی گالوانیزه با حداقل ضخامت ۰/۳ میلیمتر در صورت نیاز روی زره مفتول فولادی تخت و یا گرد بکار رود.

ب- کابلهایی که قطر قسمت زیر رزه آنها کمتر از ۱۵ میلیمتر باشد نباید با مفتولهای تخت زره‌دار شوند.

۳-۵-۴- زره نواری

الف- هنگام استفاده از زره نواری، ضخامت پوشش داخلی باید توسط یک پوشش نواری تقویت شود. اگر ضخامت نوار زره ۰/۲ میلیمتر باشد ضخامت این پوشش برابر ۰/۵ میلیمتر و اگر ضخامت نوار زره بیش از ۰/۲ میلیمتر باشد ضخامت این نوار باید ۰/۸ میلیمتر باشد. مجموع ضخامت پوشش داخلی و پوشش نوار اضافی، بوسیله تفاوت قطر اندازه‌گیری شده و نباید بیشتر از ۲۰٪ مقدار اسمی بعلاوه ۰/۲ از مقدار نامی کمتر باشد.

ب- نوار زره باید بطور مارپیچ در دو لایه بکار رود بطوریکه نوار خارجی تقریباً در مرکز فواصل نوار داخلی قرار گیرد. فواصل بین دورهای همجوار هر نوار نباید بیش از ۵۰ درصد پهنای نوار تجاوز کند.

۳-۶- غلاف

غلافهای موجود در کابلهای فشار متوسط به دو دسته غلافهای فلزی و غلافهای غیرفلزی تقسیم می‌شوند. جنس غلاف فلزی معمولاً از سرب یا آلیاژ سرب است و غلاف غیرفلزی بایستی شامل ترکیبات ترموپلاستیک (PVC، پلی اتیلن و یا مواد مشابه) باشند و یا شامل ترکیبات الاستومر ولکانیزه شده (پلی‌کلروپرون، کلروسولفونیت پلی اتیلن ویا مواد مشابه) باشد.

۳-۶-۱- غلاف فلزی سربی

ضخامت نامی سرب یا آلیاژ سرب باید مطابق فرمولهای زیر محاسبه شود.

الف- برای کابلهای تک‌رشته

$$t_{pb} = 0.03\,D_r + 0.8\,mm$$

ب- برای تمام کابلها با هادیهای سکتوری تا ولتاژ ۸/۷/۱۵ کیلوولت

$$t_{pb} = 0.03\,D_r + 0.6\,mm$$

ج- برای سایر کابلها

$$t_{pb} = 0.03\,D_r + 0.7\,mm$$

که در روابط فوق:

t_{pb}: ضخامت نامی غلاف سربی

D_r : قطر فرضی زیر غلاف سربی (که با تقریب ۰/۱ گرد شده است).

در تمام حالات کوچکترین ضخامت باید ۱/۲ میلیمتر باشد، مقادیر محاسبه شده باید با تقریب ۰/۱ گرد شوند.

۳-۶-۲- غلاف خارجی غیرفلزی

تمام کابلها باید دارای غلاف غیرفلزی خارجی باشند. ولی در شرایط خاص در مورد کابلهایی که در زیر بیان شده ممکن است موردنیاز نباشد:

الف- کابلهای با هادی مسی خنثی دارای هادی هم مرکز با اندود فلزی

ب- کابلهای زره‌دار با جنس مفتول فولادی گالوانیزه

ج- کابلهای با غلاف فلزی

غلاف خارجی باید شامل ترکیبات ترموپلاستیک همچون PVC، پلی‌اتیلن و یا مواد مشابه باشد و یا شامل ترکیبات الاستومر لکانیزه شده، همچون پلی‌کلروپرن، کلروسولفونیت‌پلی‌اتیلن و یا مواد مشابه باشد.

- مواد غلاف باید برای دمای عملکرد مطابق جدول (۴) باشد.

۳-۶-۳- ضخامت غلاف

برای محاسبه ضخامت اسمی غلاف خارجی غیر فلزی از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$t_s = \frac{D}{۰/۰۳۵} + \frac{}{۱} \quad mm$$

که:

D: قطر فرضی قسمت زیر غلاف می‌باشد.

در کابلهای زره‌دار با غلاف بکار رفته مستقیم روی زره، پوشش الکترواستاتیکی فلزی یا هادی هم مرکز، ضخامت اسمی غلاف نباید از ۱/۸ میلیمتر کمتر باشد.

برای کابلهای بدون زره، ضخامت اسمی غلاف برای کابلهای تک رشته نباید از ۱/۴ میلیمتر کمتر باشد و برای کابلهای چند رشته‌ای نباید از ۱/۸ میلیمتر کمتر گردد.

برای غلافهای بکاررفته روی سطح استوانه‌ای صاف، مثل پوشش داخلی، غلاف فلزی یا عایق کابل تک رشته، در صورتی که آزمون ویژه، مطابق بند (۱-۳-۵) استاندارد آزمونهای کابل روی آن انجام شود و یا در صورتی که آزمون نوعی، مطابق بند (۱-۶-۲) استاندارد آزمونهای کابل روی آن صورت گیرد کوچکترین ضخامت اندازه‌گیری شده در هر نقطه نباید بیشتر از ۰/۱ میلیمتر از ۸۵ در صد مقدار نامی کمتر باشد و همچنین ضخامت متوسط نیز نباید از مقدار اسمی کمتر باشد.

برای غلاف بکار رفته روی سطح استوانه ناصاف (بعنوان پوشش پر کننده روی یک الکترواستاتیکی فلزی یا هادی هم مرکز کشیده شده) در صورت انجام آزمون ویژه مطابق بند (۱-۳-۵) و یا در صورت انجام آزمون نوعی مطابق بند(۱-۶-۲) استاندارد آزمونهای کابل، کوچکترین ضخامت اندازه‌گیری شده در هر نقطه نباید بیشتر از ۰/۲ میلیمتر از ۸۰ در صد مقدار نامی کمتر باشد.

فهرست مطالب

۴- نشانه‌گذاری کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط

بر روی سطح خارجی کابلهای تحت پوشش استاندارد ملی ایران مشخصات زیر بصورت خوانا و بایستی آورده شود.

مثال

الف- نوع کاربرد کابل	Electric Cable
ب- ولتاژ طراحی (ولت)	1000
ج- شماره استاندارد	IEC 502
د- مشخصه کارخانه سازنده	XYZ
هـ- تعداد رشته‌ها، نوع و سطح مقطع هادیها	50 AL×3
و- متراژ کابل نسبت به ابتدای کابل	450m
ز- سال ساخت کابل	1996

کلیه نشانه‌ها بایستی بصورت برجسته یا فرورفته یا بصورتی که قابل پاک کردن نباشد روی غلاف خارجی آورده شود. نشانه‌ها بایستی با حروف انگلیسی و در طول کابل آورده شود و دقت شود که اشکال یا حرف بصورت قابلبتهای عمودی و حداقل ارتفاع ۳ میلیمتر باشد. فاصله بین یکسری علامت تا شروع علامت بعدی برای کابلهای با غلاف خارجی غیر فلزی، کابلهای بدون زره و کابلهای زره دار با غلاف

بکاررفته بطور مستقیم روی زره باید زیر ۵۵۰mm و برای کابلهای با غلاف بکار رفته روی سطح استوانه‌ای صاف یا ناصاف باید از ۱۱۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

فهرست مطالب

۵- رنگ کابلها

در مورد کابلهای فشار ضعیف ۰/۶/۱KV برای مشخص کردن سیمهای مربوط به زمین، حفاظت و فازها از رنگهای مختلفی استفاده می‌شود. جدول (۱۲) رنگ عایق سیمهای کابلهایی را که جدیداً ساخته می‌شوند را نشان میدهد.

جدول (۱۲) : رنگ عایق کابل ترموپلاست PVC

تعداد سیمها	کابل با سیم محافظ	کابل بدون سیم محافظ	کابل با سیم غلافی (لوله‌ای)
۲	سبز- زرد	سیاه-آبی	سیاه-آبی
۳	سبز- زرد- سیاه-آبی	سیاه- آبی- قهوه‌ای	سیاه- آبی- قهوه‌ای
۴	سبز- زرد- سیاه- آبی- قهوه‌ای	سیاه- آبی- قهوه‌ای- سیاه	سیاه- آبی- قهوه‌ای- سیاه
۵	سبز- زرد- سیاه- آبی- قهوه‌ای- سیاه	-	-

توجه :

در کابل PVC رنگ سیم صفر، سبز و زرد می‌باشد. همچنین معمولا انتهای کابل با حرف E و ابتدای آن با حرف A مشخص میشود. در مورد رنگ رشته‌های کابلهای فشار متوسط محدودیت مشخصی وجود ندارد و اغلب سیاهرنگ می‌باشند. در این نوع کابلها در صورتیکه غلاف بکار رفته در آنها از جنس PVC باشد غلاف به رنگ قرمز و در صورتیکه از جنس PE باشد به رنگ سیاه می‌باشد. باید توجه داشت که برای دوام غلافهای PE بر روی آنها پوششی از کربن اضافه می‌کنند. لذا رنگ این غلافها سیاه می‌باشد. البته در مورد غلافهای رنگی نیز باید این نکته را در نظر گرفته که رنگ این غلافها تحت تاثیر ترکیبات گوگرد و مخصوصاً سوفلید هیدروژن به رنگ سیاه تبدیل می‌گردد. ترکیبات گوگرد، در خاکهایی که نتیجه تجزیه مواد آلی تحت تاثیر هوا و فاضلاب مواد بعضی از گازهای شهری باشند پیدا می‌شود.

فهرست مطالب

۶- نحوه کد گذاری کابلهای فشار متوسط با عایق کابل PVC و PE طبق استاندارد VDE

۶-۱- رشته

N : کابل نرم شده با سیم مسی	مانند :	NYY
NA : کابل نرم شده با سیم آلومینیمی	مانند :	NAYcwy
Y : عایق PVC (اولین y در ردیف علامتگذاری)	مانند :	NAYY
2Y : عایق PE (اولین 2y در ردیف علامتگذاری)	مانند :	ZYHSY
2X : عایق XLPE (اولین 2x در ردیف علامتگذاری)	مانند :	N2XSY

۶-۲- هادی هم و مرکز و پوشش الکترواستاتیکی فلزی

C : هادی هم مرکز با سیم مسی که دارای نوارها و پیچی مسی است	مانند :	NYCYFGY
CW : هادی هم مرکز با سیمهای مسی که بصورت موجی شکل داده شده و همراه نوار مسی مارپیچی می‌باشد.	مانند :	NAYCWY
CE : هادی هم مرکز با سیم مسی و نوار مسی بصورت مارپیچی روی هر رشته به صورت جداگانه بکار رفته است.	مانند :	N2XCEY
S : پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی و نوار مسی که بصورت مارپیچی استفاده شده است.	مانند :	NYSY
SE : پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی و نوار مسی که بصورت جداگانه هر رشته بکار رفته است.	مانند :	NYSEY
(F) : پوشش ضد آب بصورت طولی	مانند :	NA2XS(F)2Y

۶-۳- زره

F : زره گالوانیزه از سیم فولادی تخت	مانند :	NYFGbY
G : زره گالوانیزه از نوار فولادی بصورت مارپیچی	مانند :	NYFGbY
R: زره بصورت مفتول فولادی قلع اندود	مانند:	NYCYRGbY

۶-۴- غلاف

K : غلاف سربی	مانند :	Nyky
Y : غلاف PVC (دومین y در ردیف علامتگذاری)	مانند :	NAYY
2Y : غلاف PE (دومین 2y در ردیف علامتگذاری)	مانند :	NA2XS2Y
J : کابل شامل رشته با رنگ سبز زرد- با هادی حفاظتی	مانند :	NAYY-J
O : کابل بدون رشته با رنگ سبز زرد- بدون هادی حفاظتی	مانند :	NAYY-O

۶-۵- علامت موسسه و سازمان تضمین کننده کیفیت

در صورت استفاده، این علامت باید در طول کابل تکرار شود و بصورت آرم سازمان مربوطه روی سطح خارجی کابل و با حداکثر فاصله ۱۱۰۰ میلیمتر، درج شود.

فهرست مطالب

۷- بسته بندی و حمل و نقل

قبل از حمل کابل، سازنده باید انتهای کابلها را با سرپوش مناسبی ببندد تا از نفوذ رطوبت و آب در طول مدت حمل و نقل و ذخیره سازی کابل، جلوگیری شود.

کابل بایستی بر روی قرقره مناسب و نو که کابل را از صدمه و زیان محافظت کند، پیچیده شود، و انتهای کابلها که از قرقره بیرون آمده است، محافظت شده باشد.

بر روی فلنج هر قرقره باید ولتاژ نامی، طول کابل، نوع کابل و مقطع آن و اندازه آن و وزن ناخالص قرقره و نیز نام کارخانه سازنده و سال ساخت مشخص شده باشد. ضمناً جهت چرخش قرقره بایستی توسط علامتهای جهت‌دار مشخص شده باشد.

فهرست مطالب

۸- مدارک

اطلاعات و مدارک زیر بایستی همراه سایر اسناد مناقصه ضمیمه گردد.

کاتالوگ و بروشور و هر نوع اطلاعات فنی در مورد کابل

گواهی آزمایشات نوعی ویژه

فهرست قراردادهای عمده فروش

جدول مشخصات فنی و داده‌های تضمین شده برای کابلهای فشار ضعیف و متوسط (جداول ۱۳ و ۱۴ و ۱۵)

همچنین خریدار باید در موقع سفارش کابل، جدول مشخصات کابل (جدول ۱۳) را تکمیل نموده و برای فروشنده ارسال کند.

مشخصات فنی کامل نیز باید توسط فروشنده برای خریدار فرستاده شود (جداول ۱۴ و ۱۵).

در (جداول ۱۶ و ۱۷) مشخصات فنی دو نمونه از کابل ۶۰۰ ولت PVC و XLPE آمده است.

جدول (۱۳) : مشخصات اصلی کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط (توسط خریدار تکمیل شود)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی :	
۱-۱	تعداد فاز (تک فاز / سه فاز)	
۱-۲	ولتاژ نامی سیستم (ولت)	
۱-۳	حداکثر ولتاژ سیستم (ولت)	
۱-۴	سیستم زمین (موثر- غیر موثر)	
۲	شرایط محیط :	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (درجه سانتیگراد)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (درجه سانتیگراد)	
۲-۴	دمای زمین (حداقل/حداکثر) (درجه سانتیگراد)	
۲-۵	عمق کانال کابل گذاری (سانتیمتر)	
۲-۶	مقاومت حرارتی زمین (۱kV/W)	
۲-۷	وضعیت خوردگی خاک و نوع مواد شیمیایی یا معدنی اطراف کابل	
۲-۸	وضعیت خاک اطراف کابل از نظر وجود حیوانات جونده	
۳	مشخصات فنی :	
۳-۱	نوع کابل (تک رشته/ سه رشته/...)	
۳-۲	جنس هادی (مس/آلومینیم)	
۳-۳	سطح مقطع (میلیمتر مربع)	
۳-۴	قطر هادی (میلیمتر)	
۳-۵	زره (بلی/خیر)	
۳-۶	جنس زره	
۳-۷	ولتاژ طراحی شده (کیلوولت)	
۳-۸	زمان ایستادگی در مقابل جریان اتصال کوتاه برای هر هادی (ثانیه)	
۳-۹	زمان ایستادگی در مقابل جریان اتصال کوتاه برای هر زره (ثانیه)	
۳-۱۰	جنس عایق کابل	
۳-۱۱	جنس غلاف	
۴	متراژ کابل در هر قرقره بهصورت یک تکه	
۵	نوع جنس قرقره	
۶	نوع آزمونهای مورد درخواست	

تذکر: در مشخصات اصلی کابلهای فشار متوسط حداکثر ولتاژ آزمون در ۵ دقیقه (کیلوولت) علاوه بر موارد بالا نیز باید اضافه شود.

جدول (۱۴) : مشخصات فنی و داده های تضمین شده برای کابلهای فشار ضعیف (توسط فروشنده تکمیل می‌شود)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده :	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام شرکت	
۱-۳	سال ساخت	
۲	کد شناسایی	
۳	استانداردهای بکار رفته (شماره و سال انتشار)	
۴	فهرست قراردادهای عمده فروش	
۵	شماره گزارش آزمون نوعی	
۶	نوع گواهینامه تضمین کیفیت و تاریخ دریافت آن	
۷	مشخصات فنی :	
۷-۱	نوع کابل	
۷-۲	نوع هادی (مفتولی /مفتولی به هم تابیده/ ...)	
۷-۳	جنس هادی (آلومینیم / مس)	
۷-۴	تعداد و اندازه هادیها (میلیمتر مربع)	
۷-۵	تعداد و اندازه مفتول هادیها (میلیمتر مربع)	
۷-۶	شکل هادیها (گرد / قطاعی)	
۷-۷	قطر هادی (میلیمتر)	
۷-۸	نوع عایق	
۷-۹	نقطه اشتعال عایق کابل (درجه سانتیگراد)	
۷-۱۰	مقاومت عایق کابل در ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد (M .km)	
۷-۱۱	مقاومت حرارتی عایق کابل در ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد (km/W)	
۷-۱۲	ضخامت عایق (میلیمتر)	
۷-۱۳	حداقل ضخامت عایق بین هادیها (میلیمتر)	
۷-۱۴	هادی هم مرکز (بلی/خیر)	
۷-۱۴-۱	مقطع معادل (میلیمتر مربع)	
۷-۱۴-۲	مقطع هر مفتول (میلیمتر مربع)	
۷-۱۵	نوع غلاف خارجی	
۷-۱۶	ضخامت غلاف خارجی (میلیمتر)	
۷-۱۷	زره (بلی/خیر)	
۷-۱۷-۱	نوع زره	
۷-۱۷-۲	وزن هر کیلومتر کابل (کیلوگرم بر کیلومتر)	
۷-۱۸	وزن هر کیلومتر کابل (کیلوگرم بر کیلومتر)	

ادامه جدول (۱۴)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۷-۱۹	وزن مس در هر کیلومتر	
۷-۲۰	قطر کلی کابل	
۷-۲۱	رنگ عایق و روکش خارجی کابل	
۸	مشخصات فنی و الکتریکی	
۸-۱	فرکانس (هرتز)	
۸-۲	ولتاژ نامی طراحی شده (کیلوولت)	
۸-۳	حداکثر ولتاژ نامی سیستم (کیلوولت)	
۸-۴	جریان نامی (در ۲۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد و حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت)	
۸-۴-۱	هادیهای اصلی (آمپر-موثر)	
۸-۴-۲	هادیهای هم مرکز (آمپر-موثر)	
۸-۵	جریان اتصال کوتاه نامی	
۸-۵-۱	هادیهای اصلی (کیلوآمپر-موثر)	
۸-۵-۲	هادیهای هم مرکز (کیلوآمپر-موثر)	
۸-۶	مدت زمان اتصال کوتاه (ثانیه)	
۸-۷	حداکثر مقاومت هادی هر فاز	
۸-۸	ظرفیت خازنی (میکروفاراد بر کیلومتر)	
۸-۹	اندوکتانس هر فاز (میلی هانری بر کیلومتر)	
۸-۱۰	حداکثر دمای مجاز کابل در شرایط کار عادی (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۱	حداقل دمای مجاز برای نصب (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۲	حداقل شعاع خمش (میلیمتر)	
۸-۱۳	کل تلفات در جریان نامی (کیلووات بر کیلومتر)	
۸-۱۴	درصد افت ولتاژ در شرایط بار نامی در هر کیلومتر (٪)	
۸-۱۵	راکتانس متقارن مثبت (اهم بر کیلومتر)	
۸-۱۶	ضریب جذب و حداکثر شدت تشعشع نور خورشید برای سطح کابل (kw/mm^2)	
۸-۱۷	نیروی کشش مجاز کابل هنگامی که توسط جوراب کابل کشیده شود (N)	
۸-۱۸	عمر مفید مورد انتظار کابل در شرایط نصب در زمین و شرایط عادی	
۸-۱۹	سرعت انتشار موج (m/s)	
۹	ابعاد و اوزان	
۹-۱	ابعاد قرقره کابل	
۹-۲	طول کابل روی هر قرقره به صورت یک تکه (متر)	
۹-۳	وزن کل قرقره با کابل (کیلوگرم)	

جدول ۱۵: مشخصات فنی و داده‌های تضمین شده برای کابلهای فشار متوسط (توسط فروشنده تکمیل شود).

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده :	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام شرکت	
۱-۳	سال ساخت	
۲	شناسایی	
۳	استانداردهای بکار رفته	
۴	لیست فروش	
۵	شماره گزارش آزمون نوعی	
۶	نوع گواهینامه تضمین کیفیت و تاریخ دریافت آن	
۷	مشخصات فنی اجزاء	
۷-۱	نوع کابل (تک‌رشته/سه‌رشته/...)	
۷-۲	نوع هادی (مفتولی /مفتولی به هم تابیده/ ...)	
۷-۳	جنس هادی (آلومینیم / مس)	
۷-۴	تعداد و اندازه هادیها (میلیمتر مربع)	
۷-۵	تعداد و اندازه مفتول هادیها (میلیمتر مربع)	
۷-۶	شکل هادیها (گرد / قطاعی)	
۷-۷	قطر هادی (میلیمتر)	
۷-۸	پوشش الکترواستاتیکی روی هادی	
۷-۸-۱	ضخامت لایه (میلیمتر)	
۷-۸-۲	نوع لایه نیمه هادی	
۷-۹	عایق کابل	
۷-۹-۱	نوع عایق	
۷-۹-۲	ضخامت عایق (میلیمتر)	
۷-۹-۳	قطر خارجی برروی عایق	
۷-۹-۴	مقاومت عایق کابل در $20^{\circ}C$، $30^{\circ}C$ و $40^{\circ}C$ (Ω/Km)	
۷-۹-۵	مقاومت حرارتی عایق کابل در $20^{\circ}C$، $30^{\circ}C$ و $40^{\circ}C$ (k.m/w)	

ادامه جدول (۱۵)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۷-۱۰	پوشش الکترواستاتیکی روی عایق	
۷-۱۰-۱	ضخامت لایه (میلیمتر)	
۷-۱۰-۲	نوع لایه نمیه هادی	
۷-۱۱	پوشش الکترواستاتیکی فلزی (در صورت کاربرد)	
۷-۱۱-۱	جنس مفتولها (میلیمتر)	
۷-۱۱-۲	تعداد و اندازه مفتولها (میلیمتر)	
۷-۱۱-۳	سطح مقطع معادل (میلیمتر مربع)	
۷-۱۱-۴	ظرفیت جریان اتصال کوتاه (با توجه به شرایط ذکر شده در انتهای جدول شماره ۲) (KA)	
۷-۱۱-۵	ضخامت و جنس نواری پوشش در صورت کاربرد	
۷-۱۲	زره کابل (بله / خیر)	
۷-۱۲-۱	جنس زره	
۷-۱۲-۲	ضخامت زره (میلیمتر)	
۷-۱۳	جنس مواد پر کننده	
۷-۱۴	غلاف خارجی	
۷-۱۴-۱	جنس غلاف خارجی	
۷-۱۴-۲	ضخامت غلاف خارجی	
۷-۱۵	وزن هر کیلومتر کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	
۷-۱۶	حداقل شعاع خمش (میلیمتر)	
۸	مشخصات الکتریکی	
۸-۱	فرکانس (هرتز)	
۸-۲	ولتاژ نامی (کیلوولت)	
۸-۳	حداکثر ولتاژ سیستم (کیلوولت)	
۸-۴	ولتاژ نامی فرکانس صنعتی (۱ دقیقه در $20^{\circ}C$ کیلوولت)	
۸-۵	ولتاژ ایستادگی در مقابل ضربه (کیلوولت پیک) (در $20^{\circ}C$)	
۸-۶	استقامت عایقی (کیلوولت بر میلیمتر)	
۸-۷	حداکثر مقاومت هر هادی در ۲۰ درجه سانتیگراد (اهم بر کیلومتر) DC	

ادامه جدول (۱۵):

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۸-۸	مقاومت موثر هر هادی در ۹۰ درجه سانتیگراد در شرایط بهره‌برداری (کیلومتر/اهم)	
۸-۹	اندوکتانس در هر فاز در حالت بهره‌برداری سه فاز (میلی‌هانری بر کیلومتر)	
۸-۱۰	ظرفیت خازنی (میکروفاراد بر کیلومتر)	
۸-۱۱	جریان نشتی در هر فاز (آمپر بر کیلومتر)	
۸-۱۲	حداکثر جریان پیوسته با توجه به شرایط انتهای جدول شماره ۲ (فاز /آمپر)	
۸-۱۳	حداکثر مدت تداوم اتصال کوتاه با توجه به شرایط انتهای جدول شماره ۲:	
۸-۱۳-۱	برای ۵۰ KA (ثانیه)	
۸-۱۳-۲	برای ۴۰ KA (ثانیه)	
۸-۱۳-۳	برای ۳۰ KA (ثانیه)	
۸-۱۳-۴	برای ۲۰ KA (ثانیه)	
۸-۱۴	حداکثر جریان خطای مجاز در پوشش الکترواستاتیکی فلزی در یک ثانیه (آمپر)	
۸-۱۵	حداکثر درجه حرارت مجاز هادی: (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۵-۱	بطور دائم	
۸-۱۵-۲	برای ۳۰۰ ساعت در سال (اضافه بار اضطراری)	
۸-۱۵-۳	برای ۱۰۰ ساعت در سال (۱۷٪ اضافه بار)	
۸-۱۵-۴	برای ۳ ساعت (۱۷٪ اضافه بار)	
۸-۱۵-۵	برای ۲ ساعت (۱۷٪ اضافه بار)	
۸-۱۵-۶	برای ۱ ساعت (۱۷٪ اضافه بار)	
۸-۱۵-۷	برای یک ثانیه (حداکثر جریان اتصال کوتاه)	
۸-۱۵-۸	برای ۵ ثانیه (حداکثر جریان اتصال کوتاه)	
۸-۱۶	حداکثر درجه حرارت مجاز کابل	
۸-۱۶-۱	برای هادی (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۶-۲	برای عایق (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۷	حداکثر درجه حرارت پوشش فلزی	
۸-۱۷-۱	برای یک ثانیه (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۷-۲	برای ۵ ثانیه (درجه سانتیگراد)	
۸-۱۸	حداکثر میدان الکتریکی در ولتاژ ماکزیمم بهره‌برداری	
۸-۱۸-۱	روی هادی (KV/mm)	
۸-۱۸-۲	روی پوشش الکترواستاتیکی هادی (KV/mm)	
۸-۱۹	حداکثر میدان الکتریکی در ولتاژ ضربه ماکزیمم	
۸-۱۹-۱	روی هادی (KV/mm)	

ادامه جدول (۱۵):

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۸-۱۹-۲	روی پوشش الکترواستاتیکی هادی (KV/mm)	
۸-۲۰	حداکثر ضریب تلفات دی‌الکتریک در ولتاژ ماکزیمم در درجه حرارت ۹۰ درجه سانتیگراد	
۸-۲۱	تلفات دی‌الکتریک سه‌فاز (KW/Km)	
۸-۲۲	مجموع تلفات نشتی (KW/Km)	
۸-۳۲	تلفات غلاف بصورت سه‌فاز در شرایط مشخص شده در انتهای جدول شماره ۲ (KW/Km)	
۸-۲۴	تلفات سه‌فاز هادیها با توجه به شرایط بند ۸-۲۳ (KW/Km)	
۸-۲۵	مجموع تلفات سه‌فاز با توجه به شرایط بند ۸-۲۳ (KW/Km)	
۸-۲۶	امپدانس سه‌فاز مدار در دمای هادی ۹۰ درجه سانتیگراد و دمای هوای ۳۰ درجه سانتیگراد و فرکانس نامی	
۸-۲۶-۱	مولفه مثبت (کیلومتر / اهم)	
۸-۲۶-۲	مولفه منفی (کیلومتر/اهم)	
۸-۲۶-۳	مولفه صفر (کیلومتر/اهم)	
۸-۲۷	درصد افت ولتاژ در بار نامی در هر کیلومتر کابل با توجه به شرایط انتهای جدول شماره ۲ و ۰/۷ = $Cos\ \varphi$	
۸-۲۸	ضریب جذب و حداکثر شدت تشعشع نور خورشید برای سطح کابل (KW/mm2)	
۸-۲۹	نیروی کششی مجاز کابل هنگامی که توسط جوراب کابل کشیده شود (N)	
۸-۳۰	وزن رطوبت بر میلیمتر مکعب ا عایق (گرم)	
۸-۳۱	عمر مفید مورد انتظار کابل در شرایط نصب در زمین (سال)	
۹	ابعاد و اوزان	
۹-۱	ابعاد قرقره کابل	
۹-۲	طول کابل روی قرقره	
۹ ۳	وزن کل قرقره با کابل	

جدول (۱۶) : مشخصات فنی نمونه کابل PVC ۰/۶ کیلوولت

ردیف	مشخصات فنی		
۱	مشخصات فنی عایق :		
۱-۱	- جرم مخصوص در حدود : $1/4 kg/dm^3$		
۱-۲	- استقامت کششی : $12/5 N/mm^2$		
۱-۳	- حداقل مقدار ازدیاد طول در نقطه پارگی : ۲۰۰٪		
۱-۴	- مقاومت حجمی در ۲۰ درجه سانتیگراد : $10^{14}-10^{13} \Omega cm$		
۱-۵	- ثابت مقاومت عایقی (مگااهم کیلومتر) : $36/8 M\Omega.km$		
۱-۶	- حداقل ولتاژ شکست : 15kV/mm		
۱-۷	- ضریب عایقی در ۵۰ هرتز : ۴/۵-۳/۵		
۱-۸	- ضریب تلفات $(tg\delta)$ در ۵۰ هرتز : ۵٪		
۲	مشخصات فنی هادی	آلومینیوم	مس
۲-۱	استحکام کششی (N/mm^2)	۷۰	۲۰۰
۲-۲	ضریب افزایش مقاومت الکتریکی (k^{-1})	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳۸
۲-۳	اضافه طول در اثر افزایش دما $(mm/m.k)$	۰/۰۲۴	۰/۰۱۷
۲-۴	مقاومت اهمی در ۲۰ درجه سانتیگراد $(\Omega.mm^2/m)$	۰/۰۲۸۶	۰/۰۱۷۸
۲-۵	ضریب هدایت الکتریکی در ۲۰ درجه سانتیگراد $(m/\Omega.mm^2)$	۳۵	۵۶
۲-۶	نقطه ذوب $(^{\circ}C)$	۶۵۸	۱۰۸۳
۲-۷	جرم مخصوص (Kg/dm^3)	۲/۷	۸/۹

ادامه جدول (۱۶)

۳	مشخصات فنی کابل:
۱-۳	- درجه حرارت مجاز مداوم، $۷۰^{\circ}C$
۲-۳	- حداکثر درجه حرارت مجاز در زمان اتصال کوتاه : $۱۶۰^{\circ}C$
۳-۳	- نیروی مجاز کشش کابل در کابل کشی :
۱-۳-۳	- برای کابل آلومینیم $۳۰\ N/mm^2$
۲-۳-۳	- برای کابل مسی $۵۰\ N/mm^2$
۴-۳	- حداقل شعاع خمش مجاز :
۱-۴-۳	- برای کابل تک رشته‌ای ۱۵×D
۲-۴-۳	- برای کابل چند رشته‌ای ۱۲×D
۵-۳	- حداقل درجه حرارت مجاز کابل کشی، $-۵^{\circ}C$
۴	رنگ بندی (شناسایی رشته‌ها)
۱-۴	- سیم زمین حفاظتی : سبز / زرد
۲-۴	- سیم خنثی : آبی روشن
۳-۴	- فازها : مشکی، قهوه‌ای
۴-۴	- روکش خارجی : مشکی

جدول (۱۷) : مشخصات فنی نمونه برای کابل XLPE/۰/۶ کیلوولت

ردیف	مشخصات فنی		
۱	مشخصات فنی عایق :		
۱-۱	- ضریب ثابت عایقی در ۵۰ هرتز : ۲/۳		
۱-۲	- ضریب تلفات $(tg\delta)$ در ۵۰ هرتز : کمتر از ۰/۰۰۶		
۱-۳	- مقاومت حجمی در $20\ ^{\circ}C$: $10^{16}\ \Omega cm$		
۱-۴	- جرم مخصوص در $20\ ^{\circ}C$: ۰/۹۲ Kg/dm^3		
۱-۵	- ضریب مقاومت حرارتی در $20\ ^{\circ}C$: ۳۵۰ $M/W\ ^{\circ}C$		
۱-۶	- حداقل استقامت کششی در $20\ ^{\circ}C$: ۱۲/۵ N/mm^2		
۱-۷	- درصد اضافه طول : ۴۰۰٪		
۱-۸	- حداقل ولتاژ شکست : ۲۰KV/mm		
۲	مشخصات فنی هادی	آلومینیوم	مس
۲-۱	- استحکام کششی نهایی (N/mm^2)	۷۰	۲۰۰
۲-۲	- ضریب اضافه طول در اثر افزایش دما $(mm/m.k)$	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳۸
۲-۳	- مقاومت اهمی در $20\ ^{\circ}C$ $m/\Omega.mm^2$	۰/۰۲۴	۰/۰۱۷
۲-۴	- ضریب افزایش مقاومت الکتریکی بین ۰ تا $100\ ^{\circ}C$ $\left(K^{-1}/m\right)$	۰/۰۲۸۶	۰/۰۱۷۸
۲-۵	- ضریب هدایت الکتریکی در $20\ ^{\circ}C$ $m/\Omega.mm^2$	۳۵	۵۶
۲-۶	- نقطه ذوب $(^{\circ}C)$	۶۵۸	۱۰۸۳
۲-۷	- جرم مخصوص (Kg/dm^3)	۲/۷	۸/۹
۳	مشخصات فنی کابل :		
۳-۱	- درجه حرارت مجاز مداوم، $90\ ^{\circ}C$		
۳-۲	- حداکثر درجه حرارت مجاز در زمان اتصال کوتاه : $250\ ^{\circ}C$		

ادامه جدول (۱۷)

۳-۳	- نیروی مجاز کشش کابل برای کابل کشی : برای کابل آلومینیم ۳۰ N/mm2 برای کابل مسی ۵۰ N/mm2
۴-۳	- حداقل شعاع خمش مجاز (برای کابل تک رشته‌ای ۱۵×D) (برای کابل چند رشته‌ای ۱۲×D)
۵-۳	حداقل درجه حرارت مجاز کابل کشی $-20\ ^{\circ}C$
۴	شناسایی رشته‌ها:
۱-۴	- سیم زمین حفاظتی : سبز / زرد
۲-۴	- سیم خنثی : آبی روشن
۳-۴	- فازها : مشکی، قهوه‌ای
۴-۴	- روکش خارجی : مشکی
۵-۴	- شناسایی رشته‌ها:

بخش دوم
معیارها و ویژگیهای فنی

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-هدف و دامنه کاربرد ۱

۲-اطلاعات مورد نیاز برای طراحی کابل ۱

۲-۱-ولتاژ نامی ۱

۲-۲-ظرفیت جریان‌دهی کابلها ۲

۲-۲-۱-عوامل مؤثر در ظرفیت نامی جریان کابل ۲

۲-۲-۱-۱-دما ۳

۲-۲-۱-۲-تاثیر شرایط نصب بر حد نامی جریان کابل ۳

۲-۲-۱-۳-شرایط استاندارد و ضرایب نامی برای تصحیح مقدار نامی باردهی کامل ۶

۲-۲-۱-۳-۱- کابلهای نصب شده در هوا ۶

۲-۲-۱-۳-۲- کابلهای کشیده شده بطور مستقیم در زمین ۷

۲-۲-۱-۳-۳- ضرایب تصحیح ۷

۲-۲-۱-۳-۴- کابلهای نصب شده در مجرا ۱۶

۲-۳-افت ولتاژ ۲۵

۲-۴-تحمل جریان اتصال کوتاه ۳۰

۲-۴-۱-مقادیر جریان اتصال کوتاه براساس دما ۳۱

۲-۴-۲-جریانهای اتصال کوتاه غیرمتقارن ۳۵

۲-۴-۳-اثرات جریان اتصال کوتاه ۳۷

۳-یک مسئله نمونه طراحی کابل: ۳۹

فهرست اشکال

شکل (۱) : نحوه پوشش کابل زیر زمینی و ضریب مربوط به آن ۱۹
شکل (۲): اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای ۱ KV با عایق PVC و هادیهای مسی ۳۳
شکل (۳) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای ۱ KV با عایق PVC و هادیهای آلومینیومی..... ۳۳
شکل (۴) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادیهای مسی ۳۴
شکل (۵) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادی آلومینیومی غیررشته‌ای ۳۴

82461032

فهرست جداول

جدول (۱): انتخاب ولتاژ نامی برای کابلهای بکار رفته در شبکه توزیع ۱
جدول (۲): دمای محیط و زمین برحسب درجه سانتیگراد ۳
جدول (۳): حداکثر دمای کار هادی برای کابلهای مختلف ۳
جدول (۴): مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۴
جدول (۵): مقدار مقاومت حرارتی خاک برای کابلهای با بار ثابت در طول سال ۵
جدول (۶): ضرایب تصحیح درجه حرارتهای مختلف برای کابل در هوا ۶
جدول (۷): ضریب تصحیح برای دماهای مختلف زمین ۷
جدول (۸): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت خاک و ضریب بار ر سیستم سه فاز با کابل تک رشته، مثلثی، خوابانده شده در زمین مقاومت حرارتی خاک ((KM/W ۸
زمین مقاومت حرارتی خاک ((KM/W ۸
جدول (۹): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت خاک و ضریب بار در سیستم سه‌فاز با کابل تک رشته و مثلثی خوابانده شده در زمین ۱۰
جدول (۱۰): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت حرارتی خاک و ضریب بار در سیستم سه‌فاز با کابل تک‌رشته‌ای خوابانده شده در زمین ۱۲
جدول (۱۱): ضریب تصحیح برای مدارهایی که با سه کابل تک‌رشته بصورت افقی یا مثلثی گروهی ۱۴
جدول (۱۲): ضریب تصحیح برای گروه کابلهای چندرشته‌ای بصورت افقی ۱۵
جدول (۱۳): ضریب برای عمق دفن کابل (تا مرکز کابل یا مرکز گروه مثلثی کابل) ۱۶
جدول (۱۴): ضریب تصحیح برای گروه کابلهای تک‌رشته بصورت مثلثی و یا افقی در مجرا ۱۷
جدول (۱۵): ضریب تصحیح برای کابلهای چندرشته در مجرا بصورت افقی ۱۸
جدول (۱۶): جریان قابل حمل توسط کابل PVC زره‌دار با ولتاژ KV ۰/۶/۱ ..... ۲۰
جدول (۱۷): جریان قابل حمل توسط کابل PVC بدون زره با ولتاژ KV ۰/۶/۱ ..... ۲۱
جدول (۱۸): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE بدون زره و دارا ی ولتاژ KV ۰/۶/۱ ..... ۲۲
جدول (۱۹): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE زره‌دار با ولتاژ KV ۰/۶/۱ ..... ۲۳
جدول (۲۰): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE با سطح ولتاژ KV ۱۲/۲۰ و KV ۱۹/۳۳ ..... ۲۴
جدول (۲۱): مشخصات الکتریکی کابل با عایق PVC با ولتاژ KV ۰/۶/۱ ..... ۲۶

جدول (۲۲): مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE و ولتاژ ۰/۶/۱KV ۲۷
جدول (۲۳) : مشخصات الکتریکی کابلهای با عایق XLPE و ولتاژ ۱۲/۲۴KV ۲۸
جدول (۲۴): مشخصات الکتریکی کابلهای XLPE و ولتاژ ۱۹/۳۳ KV ۲۹
جدول (۲۵): حد دمای اتصال کوتاه ۳۰
جدو ل (۲۶): ثابتهای محاسبات اتصال کوتاه ۳۲
جدول (۲۷): جریان اتصال کوتاه برای کابلهای با عایقهای مختلف ۳۲
جدول (۲۸): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق PVC هادی آلومینیومی مفتولی) و ولتاژ ۰/۶/۱ KV و مدت زمان خطا برابر یک ثانیه ۳۵
جدول (۲۹): حداکثر اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق PVC هادی سیمی) برای یک ثانیه در سطح ولتاژ ۰/۶/۱ KV ۳۶
جدول (۳۰): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق LPE و هادی آلومینیومی مفتولی) برای سطح ولتاژ ۰/۶/۱ KV برای یک ثانیه ۳۶
جدول (۳۱): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق و هادی مسی) برای یک ثانیه در سطح ولتاژ ۰/۶/۱ XLPE ۳۷

فهرست مطالب

۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از این استاندارد، ارائه معیارهای مهندسی جهت طراحی کابلهای توزیع ۲۰ kV و ۳۳ kV می‌باشد بطوریکه مشخصات آن به صورت بهینه تعیین گردد.

۲- اطلاعات مورد نیاز برای طراحی کابل

برای انتخاب کابل باید مقادیر ولتاژ نامی، میزان بارگذاری جریانی کابل،حداکثر افت ولتاژ و میزان تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل مشخص باشد. ولتاژ نامی کابلهای تغذیه انتخاب شده و با توجه به کاربرد و محل نصب آن، نوع هادی کابل برگزیده می‌شود. نوع هادی کابل، سطح مقطع‌های رایج و ظرفیت جریانی کابلها در جداولی ارائه شده و ضرایب متعددی برای اصلاح مقادیر ظرفیت حمل جریان موجود می‌باشد.

با توجه به سطح اتصال کوتاه، توانایی تحمل جریان اتصالی برای مدت زمان کوتاه قطع، مورد بررسی قرار می‌گیرد. افت ولتاژ کابل با توجه به جریان و امپدانس آن محاسبه می‌گردد. از روی ملاحظات و محاسبات فوق نوع کابل و سطح مقطع آن انتخاب می‌گردد. به طور کلی طراحی مناسب کابل نیازمند اطلاعات زیر است:

۲-۱- ولتاژ نامی

ولتاژ نامی کابل بایستی متناسب با سیستمی باشد که کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد باشد. جدول (۱) این سطوح ولتاژ را نشان میدهد.

جدول (۱): انتخاب ولتاژ نامی برای کابلهای بکار رفته در شبکه توزیع

U_0 کیلو ولت (r.m.s)	۱۹	۱۲	۰/۶
U کیلو ولت (r.m.s)	۳۳	۲۰	۱
U_m کیلو ولت	۳۶	۲۴	-

۲-۲- ظرفیت جریان‌دهی کابلها

در این قسمت عوامل مؤثر بر جریان‌دهی کابلها مورد بررسی قرار گرفته و جداول مربوطه ارائه می‌گردد. مهمترین مرجع بکار رفته در این قسمت، استاندارد IEC287 تحت عنوان "محاسبه جریان نامی پیوسته کابلها در ضریب بار ۱۰۰ درصد" می‌باشد که در هر قسمت که به اطلاعات کاملتری نیاز بود ملاک استاندارد فوق می‌باشد.

تعیین حد مجاز جریان کابلها به تلفات ایجاد شده در کابل و نحوه انتقال گرمای ایجاد شده به سطح کابل و محیط اطراف بستگی دارد. استاندارد IEC 278 با در نظر گرفتن تلفات ایجاد شده در کابل و مقاومت حرارتی لایه‌های مختلف کابل وزمین در شرایط مشخص، حد مجاز جریان را به دست می‌دهد. در این قسمت از جزوه فرض بر این است که مقدار جریان مجاز کابلها در شرایط مشخص توسط کارخانه سازنده مشخص گردد (این حد مجاز بایستی در اسناد فنی مناقصه آورده شود). در صورتیکه اطلاعات مربوطه در دسترس نباشد می‌توان از جداول (۱۶ تا ۲۰) استفاده نمود.

۲-۲-۱-عوامل مؤثر در ظرفیت نامی جریان کابل

عوامل مهم مؤثر در ظرفیت نامی جریان کابل را می‌توان به گروههای زیر تقسیم نمود:

الف- دما

دما از عوامل مهم تعیین ظرفیت نامی جریان کابل می‌باشد که شامل دمای محیط، دمای محل نصب و نیز دمای مجاز برای عایق کابل و ساختار آن می‌باشد.

ب- طرح کابل

علاوه بر دمای مجاز عایق کابل، نوع طراحی کابل و لایه‌های مختلف بکار رفته در آن، در تعیین جریان مجاز دارای اهمیت می‌باشند. این لایه‌ها چگونگی انتقال حرارت از هادی به سطح بیرونی کابل را مشخص می‌کنند.

ج- شرایط نصب

شرایط نصب از قبیل نصب در هوا، دفن شده در زمین، در مجرا، نوع خاک و ... از عوامل مؤثر بر جریان‌دهی کابلها می‌باشند.

د- اثرات کابلهای مجاور

در صورت همجواری کابل با سایر کابلها یا لوله‌ها بایستی ضرایب مناسبی را برای کاهش جریان مجاز

کابل در نظر گرفت.

۲-۲-۱-۱- دما

الف- دمای محیط

متوسط دمای محیط برای هر کشور و هر منطقه متفاوت می‌باشد که به شرایط آب و هوایی منطقه، شرایط نصب کابل بستگی دارد. در استاندارد IEC287 دمای محیط اطراف کابل برای چندین کشور آمده است. در این استاندارد برای سایر کشورها بطور تقریبی اعداد جدول (۲) پیشنهاد شده است.

جدول (۲): دمای محیط و زمین برحسب درجه سانتیگراد

شرایط آب و هوا	درجه حرارت محیط		درجه حرارت در عمق یک متری	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
حاره‌ای	۲۵	۵۵	۲۵	۴۰
نیمه حاره‌ای	۱۰	۴۰	۱۵	۳۰
معتدل	۰	۲۵	۱۰	۲۰

مقادیر جدول فوق تقریبی بوده و بایستی به هنگام استفاده از آن دقت کافی به عمل آورد. حدود نامی جریان کابل بایستی برای بدترین شرایط در سرتاسر سال محاسبه شود.

ب- دمای کار کابل

حداکثر دمای کار کابل مطابق استاندارد IEC287 برای کابلهای مختلف بایستی مطابق جدول (۳) باشد:

جدول (۳): حداکثر دمای کار هادی برای کابلهای مختلف

عایق	حداکثر درجه حرارت هادی
PVC	۷۰
PE	۷۰
XLPE	۹۰

۲-۲-۱-۲- تاثیر شرایط نصب بر حد نامی جریان کابل

الف- عمق دفن کابل

حداقل کردن آسیب وارده به کابل علت تعیین‌کننده عمق دفن کابل می‌باشد که هر چقدر ولتاژ کابل بیشتر باشد عمق دفن کابل بیشتر می‌گردد. با افزایش عمق، دما افزایش یافته و مقدار رطوبت بیشتر

مـی‌گـردد. در ایـن حالت ظرفیت جریان‌دهی کابل با افزایش دما کمتر شده ولی با افزایش رطوبت بیشتر می‌گردد.

ب- مقاومت مخصوص حرارتی خاک

وجـود رطوبـت اثر تعیین‌کننده‌ای در مقاومت مخصوص هر نوع خاک دارد. برای هر منطقه این مقدار بایسـتی انـدازه‌گـیری شـود. در صـورتیکه این عدد در دسترس نباشد طبق استاندارد IEC287 مقادیر زیر پیشنهاد می‌شود.

جدول (۴): مقاومت مخصوص حرارتی خاک

وضعیت آب و هوا	شرایط خاک	مقاومت حرارتی $\left(km/w\right)$
پیوسته مرطوب	خیلی مرطوب	۰/۷
بارانی	مرطوب	۱
بندرت بارانی	خشک	۲
بدون باران و یا کم	خیلی خشک	۳

از کابلهـای توزیـع عمومـاً بطـور دائم در بار کامل استفاده نمی‌شود، لذا مسئله خشک‌شدن خاک زیاد مطرح نمی‌باشد. در شرایطی که بتوان خاک را مرطوب فرض کرد مقدار مقاومت حرارتی خاک را می‌توان بیـن ۱-۰/۸ Km/W در نظـر گرفـت. در محلهائـی کـه خـاک همـواره کاملاً مرطوب نمی‌باشد اما نوع آن مخلوطی از خاک رس و خاک باغچه باشد مقدار ۱/۲ Km/W رقم مناسبی می‌باشد. در صورتیکه خاک از شـن و ماسـه تشـکیل شـده باشـد، بعـد از خشـک شـدن مقداری هوا در فضای خالی شن و ماسه بوجود می‌آید.

اگـر ایـن حالـت در چـند مـاه از سـال اتفـاق بیفتد مقدار مقاومت حرارتی خاک را می‌توان با توجه به توضیحات زیر بین Km/w ۱/۲ در نظر گرفت:

نوع الف: کابلهایی که در طول سال بار ثابتی حمل می‌کنند.

در حالـی کـه بار دائمی یا دوره‌ای باشد، مقدار حداکثر مقاومت حرارتی خاک باید در نظر گرفته شود، اگرچه این مقدار در بعضی از سالها و برای مدت کوتاهی در تابستان یا پائیز بوجود آید، مقادیر پیشنهادی عبارتند از:

جدول (۵): مقدار مقاومت حرارتی خاک برای کابلهای با بار ثابت در طول سال

نوع خاک	مقاومت حرارتی خاک
تمام خاکها بجز خاکهای زیر	۱/۵ Km/W
خاک گچی با قطعات ریز گچ	۱/۲ Km/W
خاک با ترکیبی از گیاهان پوسیده	۱/۲ Km/W
خاک سنگلاخی	۱/۵ Km/W
شن که آب آن کشیده شده باشد	۲/۵ Km/W
خاک عمل‌آورده شده	۱/۸ Km/W

در صورتیکه خاک زیر پوششی از لایه غیرقابل نفوذ (مانند آسفالت) قرار گیرد. مقدار مقاومت حرارتی مربوط به ردیف اول در تمام انواع خاکها ممکن است به ۱/۲ Km/W کاهش یابد.

نوع ب: کابلها با بار متغیر و حداکثر بار در تابستان

ادامه جدول (۵): برای کابلهای با بار متغیر و با حداکثر بار در تابستان

نوع خاک	مقاومت حرارتی خاک
تمام خاکها بجز خاکهای زیر	۱/۲ Km/W
خاکهای سنگلاخی	۱/۳ Km/W
خاک شنی که آب آن کشیده شده باشد	۲ Km/W
خاک عمل آورده شده	۲/۶ Km/W

نوع ج: کابلها با بار متغیر و حداکثر بار در زمستان

ادامه جدول ۵ :

نوع خاک	مقاومت حرارتی خاک
تمام خاکها بجز خاکهای ریز	۱ Km/W
خاک رسی	۰/۹ Km/W
خاک گچی با قطعات ریز گچ	۱/۲ Km/W
خاک شنی که آب آن کشیده شده باشد	۱/۵ Km/W
خاک عمل آورده شده	۱/۲ Km/W

توجه:

وقتی خاک رسی زیر پوشش غیرقابل نفوذ قرار گیرد مقدار مقاومت آن ممکن است تا ۰/۸ Km/W کاهش یابد.

۲-۲-۱-۳- شرایط استاندارد و ضرایب نامی برای تصحیح مقدار نامی باردهی کامل

مقادیر جریان مشخص شده در جداول (۱۶تا۲۰) این بند، براساس پارامترهای مشخص شده زیر می‌باشد و در صورتی که کابل در شرایطی بجز شرایط مشخص شده بکار رود باید ضرایب تصحیح مناسب لحاظ شود.

۲-۲-۱-۳-۱- کابلهای نصب شده در هوا

الف: دمای هوای محیط برای کابلهای توزیع $25^{\circ}C$ و برای کابلهای داخل ساختمان $30^{\circ}C$ در نظر گرفته می‌شود.

ب: جریان هوا به طور قابل ملاحظه‌ای محدود نشده و برای کابلهای نصب شده روی دیوار بایستی حداقل فاصله ۲ سانتیمتر فضای خالی تا دیوار وجود داشته باشد.

ج: مدارهای مجاور هم حداقل ۱۵ سانتیمتر از هم فاصله داشته بطوریکه بر یکدیگر اثر حرارتی نداشته باشند.

د: کابلها در مقابل اشعه آفتاب محافظت شوند.

جدول (۴): ضرایب تصحیح درجه حرارتهای مختلف برای کابل در هوا

عایق کابل	حداکثر دمای هادی در شرایط کار (^0C)	دمای هوای محیط(^0C)						
		۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
PVC	۷۰	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱
XLPE*	۹۰	۱	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۸	۰/۷۵	۰/۶۹
XLPE**	۹۰	۱/۰۴	۱	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۷۶

* برای ولتاژ بالای ۳/۳ / ۱/۹

** برای ولتاژ زیر ۳/۳ / ۱/۹

هنگامیکه گروهی از کابلهای قدرت چند رشته‌ای در هوا نصب می‌شوند باید فضای خالی برای انتقال دما موجود باشد. برای اینکه در شرایط نصب در هوا مقدار جریان کاهش نیابد بایستی تمهیدات زیر در نظر گرفته شود :

الف: فاصله افقی بین مدارها نباید از دو برابر قطر خارجی کابلها کمتر باشد.

ب: فاصله عمودی بین مدارها نباید از چهار برابر کابلها کمتر باشد.

پ: در صورتی که تعداد مدارها از ۳ بیشتر شود باید تمامی آنها بصورت افقی نصب گردد.

۲-۲-۱-۳-۲- کابلهای کشیده شده بطور مستقیم در زمین

الف: دمای زمین ^{0}C ۱۵

ب: مقاومت مخصوص حرارتی خاک Km/W ۱/۲

ج: حد فاصل مدارهای مجاور

د: حداقل عمق گودال برای کابل تا ولتاژ یک کیلوولت ۵۰ سانتیمتر و برای کابلهای بیش از یک کیلوولت تا ۳۳ کیلوولت برابر ۸۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

۲-۲-۱-۳-۳- ضرایب تصحیح

ضرایب تصحیح برای دمای هوا، زمین، مقاومت مخصوص حرارتی خاک، کابلهای نصب شده بصورت گروهی، عمق کابل‌گذاری و نحوه پوشش کابل زیر زمینی در جداول (۶) تا (۱۵) و شکل (۱) آمده است.

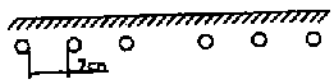
جدول (۷): ضریب تصحیح برای دماهای مختلف زمین

عایق کابل	حداکثر دمای عملکرد هادی ($^{\circ}C$)	دمای زمین ($^{\circ}C$)							
		۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
PVC	۷۰	۱/۰۴	۱	۰/۹۵	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸	۰/۷۴	۰/۶۷
XLPE	۹۰	۱/۰۳	۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۷۷

ادامه جدول (۱۰)

مقاومت حرارتی خاک(Km/W)

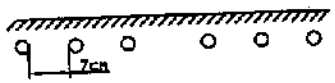
نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	ضریب بار																					
		۰,۷					۱				۱,۵				۲,۵								
		۱	۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱	۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱,۱	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱,۲	۱,۱	۱	۰,۰۹	۰,۹
کابلهای با عایق	۱	۰,۹	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۷۹	۰,۷
XLPE	۲	۰,۹	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۶۹	۰,۶
0.6/1	۳	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۸	۰,۶۵	۰,۶
12/20	۴	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶۲	۰,۶
18/30	۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵
کیلوولت	۶	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۵۷	۰,۵
	۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵۵	۰,۵
	۱۰	۱	۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱	۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱,۱	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱,۲	۱,۱	۱	۰,۰۹	۰,۹



جدول (۱۰): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت حرارتی خاک و ضریب بار در سیستم سه‌فاز با کابل تک‌رشته‌ای خوابانده شده در زمین

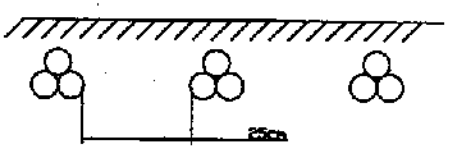
مقاومت حرارتی خاک(Km/W)

نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	ضریب بار	۰,۷				۱				۱,۵				۲,۵							
			۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱
کابلهای با عایق	۱		۱,۱	۱,۱	۱,۱	۰,۹	۰,۹	۱,۱	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱,۲	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۹	۱	۱,۱	۱	۰,۹۰۹	۰,۹
XLPE	۲		۱	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱,۱	۱	۰,۹	۰,۷۹	۰,۷
0.6/1	۳		۰,۹	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۱	۰,۹	۰,۸	۰,۶۹	۰,۶
12/20	۴		۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶۵	۰,۶
18/30	۵		۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶۲	۰,۶
کیلوولت	۶		۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵
	۸		۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۷	۰,۵۷	۰,۵
	۱۰		۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۵۵	۰,۵



ادامه جدول (۹)

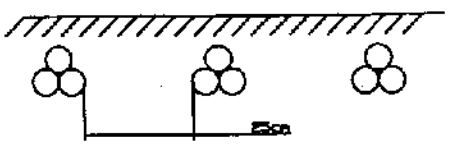
مقاومت حرارتی خاک(Km/W)



نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	۰,۷				۱				۱,۵				۲,۵							
		ضریب بار				ضریب بار				ضریب بار				ضریب بار							
		۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱
کابلهای با عایق	۱	۱,۰۱	۱,۰۲	۰,۹۹	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۰۴	۱,۰۵	۱	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۰۷	۱,۰۶	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷	۱,۱۱	۱,۰۸	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷
XLPE	۲	۰,۹۷	۰,۹۵	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۱	۰,۹۶	۰,۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۱,۰۳	۰,۹۷	۰,۹۱	۰,۸۲	۰,۷۵	۱,۰۶	۰,۹۸	۰,۹۲	۰,۸۳	۰,۷۵
0.6/1	۳	۰,۹۴	۰,۸۸	۰,۸۲	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۷	۰,۸۸	۰,۸۲	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۷	۰,۸۹	۰,۸۳	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۸	۰,۹	۰,۸۴	۰,۷۴	۰,۶۷
12/20	۴	۰,۹۱	۰,۸۴	۰,۷۸	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۲	۰,۸۵	۰,۷۹	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۳	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۵	۰,۸۷	۰,۸	۰,۷۱	۰,۶۴
18/30	۵	۰,۸۸	۰,۸۱	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۶	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۶	۰,۶۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸۲	۰,۷۶	۰,۶۷	۰,۶	۰,۹۱	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۶۷	۰,۶
کیلوولت	۶	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۷۳	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۷	۰,۸	۰,۷۴	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۸	۰,۸۱	۰,۷۴	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۹	۰,۸۱	۰,۷۵	۰,۶۵	۰,۵۹
	۸	۰,۸۳	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۴	۰,۷۷	۰,۷۱	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۵	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۶	۰,۷۸	۰,۷۲	۰,۶۲	۰,۵۶
	۱۰	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۹	۰,۶	۰,۵۴	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۹	۰,۶	۰,۵۴	۰,۸۳	۰,۷۶	۰,۶۹	۰,۶۱	۰,۵۴	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۱	۰,۵۴

جدول (۹): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت خاک و ضریب بار در سیستم سه‌فاز با کابل تک رشته و مثلثی خوابانده شده در زمین

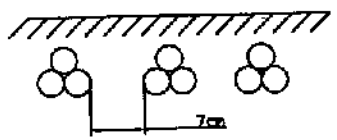
مقاومت حرارتی خاک(Km/W)



نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	ضریب بار																							
		۰,۷				۱				۱,۵				۲,۵											
		۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱				
کابلهای با عایق	۱	۱,۰۹	۱,۰۴	۰,۹۹	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۱۱	۱,۰۵	۱	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۱۳	۱,۰۷	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷	۱,۱۷	۱,۰۹	۱,۰۳	۰,۹۴	۰,۸۷				
XLPE	۲	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۱,۰۲	۰,۹۵	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۱,۰۴	۰,۹۷	۰,۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۱,۰۶	۰,۹۸	۰,۹۱	۰,۸۳	۰,۷۵				
0.6/1	۳	۰,۹۴	۰,۸۷	۰,۸۱	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۵	۰,۸۸	۰,۸۲	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۷	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۹۹	۰,۹	۰,۸۳	۰,۷۴	۰,۶۷				
12/20	۴	۰,۹۱	۰,۸۴	۰,۷۸	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۲	۰,۸۴	۰,۷۸	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۳	۰,۸۵	۰,۷۹	۰,۷	۰,۶۴	۰,۹۵	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۷۱	۰,۶۴				
18/30	۵	۰,۸۸	۰,۸	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۶	۰,۸۹	۰,۸۱	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۶	۰,۹۱	۰,۸۳	۰,۷۶	۰,۶۷	۰,۶				
کیلوولت	۶	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۷۲	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۷	۰,۷۹	۰,۷۳	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۸	۰,۸	۰,۷۳	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۸۹	۰,۸۱	۰,۷۴	۰,۶۵	۰,۵۹				
	۸	۸۳	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۵	۰,۷۷	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۶	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۶۲	۰,۵۶				
	۱۰	۰,۸۱	۰,۷۴	۰,۶۸	۰,۶	۰,۵۴	۰,۸۲	۰,۷۴	۰,۶۸	۰,۶	۰,۵۴	۰,۸۳	۰,۷۵	۰,۶۸	۰,۶۱	۰,۵۴	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۶۹	۰,۶۱	۰,۵۴				

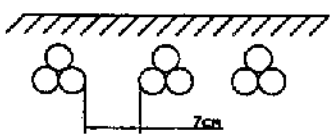
ادامه جدول (۸):

مقاومت حرارتی خاک(Km/W)



نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	۰,۷				۱				۱,۵				۲,۵							
		ضریب بار				ضریب بار				ضریب بار				ضریب بار							
		۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱
کابلهای با عایق	۱	۱,۰۱	۱,۰۲	۰,۹۹	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۰۴	۱,۰۵	۱	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۰۷	۱,۰۶	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷	۱,۱۱	۱,۰۸	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷
XLPE	۲	۰,۹۴	۰,۸۹	۰,۸۴	۰,۷۷	۰,۷۱	۰,۹۷	۰,۹۱	۰,۸۵	۰,۷۷	۰,۷۱	۰,۹۹	۰,۹۲	۰,۸۶	۰,۷۷	۰,۷۱	۱,۰۱	۰,۹۳	۰,۸۷	۰,۷۸	۰,۷۱
0.6/1	۳	۰,۸۶	۰,۷۹	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۶۱	۰,۸۹	۰,۸۱	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۶۱	۰,۹	۰,۸۳	۰,۷۶	۰,۶۸	۰,۶۱	۰,۹۱	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۶۸	۰,۶۱
12/20	۴	۰,۸۳	۰,۷۵	۰,۶۹	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۵	۰,۷۷	۰,۷۱	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۶	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۶۳	۰,۵۶
18/30	۵	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۶۵	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸	۰,۷۲	۰,۶۶	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸	۰,۷۳	۰,۶۶	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸۱	۰,۷۳	۰,۶۷	۰,۵۹	۰,۵۲
کیلوولت	۶	۰,۷۵	۰,۶۸	۰,۶۲	۰,۵۵	۰,۵	۰,۷۷	۰,۶۹	۰,۶۳	۰,۵۵	۰,۵	۰,۷۷	۰,۷	۰,۶۴	۰,۵۶	۰,۵	۰,۷۸	۰,۷	۰,۶۴	۰,۵۶	۰,۵
	۸	۰,۷۱	۰,۶۴	۰,۵۸	۰,۵۱	۰,۴۶	۰,۷۲	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۵۲	۰,۴۶	۰,۷۳	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۵۲	۰,۴۶	۰,۷۳	۰,۶۶	۰,۶	۰,۵۲	۰,۴۶
	۱۰	۰,۶۸	۰,۶۱	۰,۵۵	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۶۹	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۶۹	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۷	۰,۶۳	۰,۵۷	۰,۴۹	۰,۴۴

جدول (۸): ضریب تصحیح مربوط به تغییر مقاومت خاک و ضریب بار ر سیستم سه فاز با کابل تک رشته، مثلثی، خوابانده شده در زمین



مقاومت حرارتی خاک(Km/W)

نوع کابل	تعداد کابل درکنار هم	ضریب بار	۰,۷				۱				۱,۵				۲,۵				
			۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸۵	۱
کابلهای با عایق	۱		۱,۰۹	۱,۰۴	۰,۹۹	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۱۱	۱,۰۵	۱	۰,۹۳	۰,۸۷	۱,۱۳	۱,۰۷	۱,۰۱	۰,۹۴	۰,۸۷	۱,۱۷	۱,۰۹	۱,۰۳	۰,۹۴	۰,۸۷
XLPE	۲		۰,۹۷	۰,۹	۰,۸۴	۰,۷۷	۰,۷۱	۰,۹۸	۰,۹۱	۰,۸۵	۰,۷۷	۰,۷۱	۱	۰,۹۲	۰,۸۶	۰,۷۷	۰,۷۱	۱,۰۲	۰,۹۴	۰,۸۷	۰,۷۸	۰,۷۱
0.6/1	۳		۰,۸۸	۰,۸	۰,۷۴	۰,۶۷	۰,۶۱	۰,۸۹	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۶۱	۰,۹	۰,۸۲	۰,۷۶	۰,۶۸	۰,۶۱	۰,۹۲	۰,۸۳	۰,۷۶	۰,۶۸	۰,۶۱
12/20	۴		۰,۸۳	۰,۷۵	۰,۶۹	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۵	۰,۷۷	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۸۶	۰,۷۸	۰,۷۱	۰,۶۳	۰,۵۶
18/30	۵		۰,۷۹	۰,۷۱	۰,۶۵	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸	۰,۷۲	۰,۶۶	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸	۰,۷۳	۰,۶۶	۰,۵۸	۰,۵۲	۰,۸۲	۰,۷۳	۰,۶۷	۰,۵۹	۰,۵۲
کیلوولت	۶		۰,۷۶	۰,۶۸	۰,۶۲	۰,۵۵	۰,۵	۰,۷۷	۰,۶۹	۰,۶۳	۰,۵۵	۰,۵	۰,۷۷	۰,۷	۰,۶۳	۰,۵۶	۰,۵	۰,۷۸	۰,۷	۰,۶۴	۰,۵۶	۰,۵
	۸		۰,۷۲	۰,۶۴	۰,۵۸	۰,۵۱	۰,۴۶	۰,۷۲	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۵۲	۰,۴۶	۰,۷۳	۰,۶۵	۰,۵۹	۰,۵۲	۰,۴۶	۰,۷۴	۰,۶۶	۰,۵۹	۰,۵۲	۰,۴۶
	۱۰		۰,۶۹	۰,۶۱	۰,۵۶	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۶۹	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۷	۰,۶۲	۰,۵۶	۰,۴۹	۰,۴۴	۰,۷	۰,۶۳	۰,۵۷	۰,۴۹	۰,۴۴

جدول (۱۱): ضریب تصحیح برای مدارهایی که با سه کابل تک‌رشته بصورت افقی یا مثلثی گروهی

ولتاژ کابل (KV)	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز گروه کابلها					
		تماس با یکدیگر		۰/۱۵m	۰/۳m	۰/۹m	۰/۶m
		مثلثی	تخت				
۰/۶/۱	۲	۰/۷۷	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۹	۰/۹۳
	۳	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۷
	۴	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۵
	۵	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۸۳
	۶	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷۷	۰/۸۲
بالاتر از ۰/۶/۱ تا ۱۲/۲۰ (۲۴)	۲	۰/۷۸	۰/۸	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹
	۳	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸۳
	۴	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۸
	۵	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۷
	۶	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۷۶
۱۹/۳۳	۲	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹
	۳	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸۳
	۴	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۸
	۵	۰/۵۷	۰/۶	۰/۶	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۷
	۶	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۷۶

جدول (۱۲): ضریب تصحیح برای گروه کابلهای چندرشته‌ای بصورت افقی

ولتاژ کابل (KV)	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز کابلها				
		تماس با یکدیگر	۰/۱۵m	۰/۳m	۰/۴۵m	۰/۶m
۰/۶/۱	۲	۰/۸۱	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۴
	۳	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۹
	۴	۰/۶۳	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۸۹
	۵	۰/۵۹	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸۷
	۶	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۶
بالاتر از ۰/۶/۱	۲	۰/۸	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹۲
تا	۳	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۴	۰/۸۶
۱۲/۲۰(۲۴)	۴	۰/۶۳	۰/۷	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۸۴
	۵	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۱
	۶	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸
۱۹/۳۳	۲	۰/۸	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۱
	۳	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۸۵
	۴	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۸۲
	۵	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۷	۰/۷۵	۰/۷۹
	۶	۰/۵۶	۰/۶	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۷۸

جدول (۱۳): ضریب برای عمق دفن کابل (تا مرکز کابل یا مرکز گروه مثلثی کابل)

عمق قرار گرفتن کابل (m)	کابلهای KV ۰/۶/۱			بالاتر از ۰/۶/۱ تا KV ۱۹/۳۳	
	تا mm^2 ۵۰	mm^2 ۷۰-۳۰۰	بالاتر از mm^2 ۳۰۰	تا mm^2 ۳۰۰	بالاتر از mm^2 ۳۰۰
۰/۵	۱	۱	۱	-	-
۰/۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷	-	-
۰/۸	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۴	۱	۱
۱	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۷
۱/۲۵	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹	۰/۹۶	۰/۹۵
۱/۵	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۴
۱/۷۵	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۹۲
۲	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹
۲/۵	۰/۹	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۹۱	۰/۸۹
۳ یا بیشتر	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۹	۰/۸۸

۲-۲-۱-۳-۴- کابلهای نصب شده در مجرا

الف: دمای زمین $15\ ^0c$

ب: مقاومت مخصوص حرارتی زمین ۱/۲ Km/W

پ: حداقل فاصله مدارهای مجاور از یکدیگر ۱/۸m

ت: حداقل عمق کابل‌گذاری برای کابلهای با ولتاژ زیر ۱ KV برابر ۵۰ سانتیمتر و برای کابلهای از یک تا ۳۳ کیلوولت برابر ۸۰ سانتیمتر است.

جدول (۴ ا): ضریب تصحیح برای گروه کابلهای تک‌رشته بصورت مثلثی و یا افقی در مجرا

ولتاژ کابل (KV)	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز مجراها (m)		
		در تماس	۰/۴۵	۰/۶
۰/۶/۱	۲	۰/۸۶	۰/۹	۰/۹۳
	۳	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۷
	۴	۰/۷۳	۰/۸۱	۰/۸۵
	۵	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۳
	۶	۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۸۲
بالاتر از ۰/۶/۱ تا	۲	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹
۱۲/۲۰ (۲۴)	۳	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۳
	۴	۰/۷	۰/۷۶	۰/۸
	۵	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷۷
	۶	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۶
۱۹/۳۳	۲	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹
	۳	۰/۷۶	۰/۸	۰/۸۳
	۴	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸
	۵	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷۷
	۶	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۶

جدول (۱۵): ضریب تصحیح برای کابلهای چندرشته در مجرا بصورت افقی

ولتاژ کابل (KV)	تعداد مجراها در گروهها	فاصله بین مراکز کابلها (m)			
		در تماس	۰/۳	۰/۴۵	۰/۶
۰/۶/۱	۲	۰/۹	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۶
	۳	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹	۰/۹۳
	۴	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹۱
	۵	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹
	۶	۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹
بالاتر از ۰/۶/۱ تا ۱۲/۲۰ (۲۴)	۲	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۴
	۳	۰/۸	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۹
	۴	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۸۷
	۵	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۸۵
	۶	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۴
۱۹/۳۳	۲	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۳
	۳	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۷
	۴	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۸۵
	۵	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۳
	۶	۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۲

سرپوش کابل بخاطر محافظت کابل ومسیریابی انجام می‌گیرد. در صورتیکه از روشهای دیگری مثل لوله و غیره که در جدول زیر داده شده است برای حفاظت کابل استفاده شود، تبادل حرارت کمتر می‌شود و در نتیجه باید بار کابل کمتر شود تا اثر کمبود تشعشعات حرارتی جبران گردد. لذا از ضریبی بنام ضریب پوشش برای کابل استفاده می‌شود.

طرز کابل کشی	ماسه کوبیده یا آجر یا چینه سی	پوشش آموئی یوشیده با ماسه	پوشش مخصوص با فضای خالی
ضریب پوشش	1	0,84	0,82

شکل (۱) : نحوه پوشش کابل زیر زمینی و ضریب مربوط به آن

جدول (۱۶): جریان قابل حمل توسط کابل VC ۹ رشته‌ای با ولتاژ LV ۰/۶/۱

در زمین				در هوا			
سه یا چهار رشته (A)	دو رشته (A)	تک رشته		سه یا چهار رشته (A)	دو رشته (A)	تک رشته		اندازه‌های هادی (mm^2)
		تخت (A)	مثلثی (A)			تخت (A)	مثلثی (A)	
هادیهای مسی								
۱۰۱	۱۱۹			۸۳	۹۷			۱۶
۱۳۲	۱۵۸			۱۱۰	۱۲۸			۲۵
۱۵۹	۱۹۰			۱۳۵	۱۵۷			۳۵
۱۸۸	۲۲۵	۲۱۱	۲۰۳	۱۶۳	۱۹۰	۲۳۰	۱۸۱	۵۰
۲۳۳	۲۷۷	۲۵۷	۲۴۸	۲۰۷	۲۴۱	۲۸۶	۲۳۱	۷۰
۲۷۹	۳۳۲	۳۰۵	۲۹۷	۲۵۱	۲۹۱	۳۳۸	۲۸۰	۹۵
۳۱۷	۳۷۷	۳۴۱	۳۳۷	۲۹۰	۳۳۶	۳۸۵	۳۲۴	۱۲۰
۳۵۵	۴۲۲	۳۷۷	۳۷۶	۳۳۲	۳۸۶	۴۳۶	۳۷۳	۱۵۰
۴۰۱	۴۷۸	۴۱۷	۴۲۳	۳۷۸	۴۳۹	۴۹۰	۴۲۵	۱۸۵
۴۶۲	۵۵۱	۴۶۹	۴۸۵	۴۴۵	۵۱۶	۵۶۶	۵۰۱	۲۴۰
۵۱۷	۶۱۶	۵۱۵	۵۴۲	۵۱۰	۵۹۲	۶۱۶	۵۶۷	۳۰۰
۵۸۰	۶۹۳	۵۴۹	۶۰۰	۵۹۰	۶۸۳	۶۷۴	۶۵۷	۴۰۰
هادیهای آلومینیومی								
۷۷	۹۱			۶۱	۷۲			۱۶
۱۰۰	۱۱۸			۸۰	۹۲			۲۵
۱۲۰	۱۴۲			۹۸	۱۱۳			۳۵
۱۴۳	۱۶۸	۱۶۰	۱۵۴	۱۲۰	۱۳۶	۱۶۹	۱۳۱	۵۰
۱۷۶	۲۰۹	۱۹۷	۱۸۸	۱۵۱	۱۷۳	۲۱۳	۱۶۸	۷۰
۲۱۳	۲۵۰	۲۳۵	۲۲۶	۱۸۸	۲۱۳	۲۵۵	۲۰۵	۹۵
۲۴۳		۲۶۷	۲۵۷	۲۱۸		۲۹۳	۲۳۸	۱۲۰
۲۷۲		۲۹۸	۲۸۸	۲۴۸		۳۳۵	۲۷۵	۱۵۰
۳۰۹		۳۳۲	۳۲۶	۲۸۸		۳۷۹	۳۱۵	۱۸۵
۳۶۰		۳۸۰	۳۷۷	۳۴۴		۴۴۳	۳۷۲	۲۴۰
۴۰۷		۴۲۳	۴۲۴	۳۹۶		۵۰۵	۴۳۰	۳۰۰

*کابلهای تک‌رشته‌ای بازره از مفتولهای آلومینیوم

جدول (۱۲): جریان قابل حمل توسط کابل VC 9بدون زره با ولتاژ U_0/U ۰/۶/۱

اندازه‌های هادی (mm^2)	در هوا			در زمین			
	تک رشته		دو رشته	سه یا چهار رشته	تک رشته		دو رشته	سه یا چهار رشته
	مثلثی (A)	تخت (A)	(A)	(A)	مثلثی (A)	تخت (A)	(A)	(A)
هادیهای مسی								
۱۶			۹۴	۸۰			۱۱۹	۱۰۰
۲۵			۱۱۹	۱۰۱			۱۵۸	۱۳۱
۳۵			۱۴۸	۱۲۶			۱۹۰	۱۵۸
۵۰	۱۶۷	۲۱۹	۱۸۰	۱۵۳	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۵	۱۸۸
۷۰	۲۱۶	۲۸۱	۲۳۲	۱۹۶	۲۴۶	۲۵۸	۲۷۷	۲۳۱
۹۵	۲۶۴	۳۴۱	۲۸۲	۲۳۸	۲۹۴	۳۱۰	۳۳۲	۲۷۷
۱۲۰	۳۰۸	۳۹۶	۳۲۸	۲۷۶	۳۳۵	۳۵۴	۳۷۹	۳۱۶
۱۵۰	۳۵۶	۴۵۶	۳۷۹	۳۱۹	۳۷۶	۳۹۷	۴۲۵	۳۵۵
۱۸۵	۴۰۹	۵۲۱	۴۳۴	۳۶۴	۴۲۴	۴۵۱	۴۸۰	۴۰۱
۲۴۰	۴۸۵	۶۱۵	۵۱۴	۴۳۰	۴۹۱	۵۲۴	۵۵۹	۴۶۶
۳۰۰	۵۶۱	۷۰۹	۵۹۳	۴۹۷	۵۵۳	۵۹۴	۶۳۱	۵۲۵
۴۰۰	۶۵۶	۸۵۲	۷۱۵	۵۹۷	۶۲۷	۶۷۹	۷۱۸	۵۹۵
هادیهای آلومینیومی								
۱۶			۷۳	۶۱			۸۹	۷۶
۲۵			۸۹	۷۸			۱۱۸	۱۰۰
۳۵			۱۱۱	۹۶			۱۴۲	۱۲۰
۵۰	۱۲۸	۱۶۳	۱۳۵	۱۱۷	۱۵۲	۱۶۰	۱۶۹	۱۴۳
۷۰	۱۶۵	۲۱۰	۱۷۳	۱۵۰	۱۸۷	۱۹۷	۲۰۹	۱۷۶
۹۵	۲۰۳	۲۵۶	۲۱۰	۱۸۳	۲۲۴	۲۳۶	۲۵۰	۲۱۱
۱۲۰	۲۳۷	۲۹۸		۲۱۲	۲۵۶	۲۶۹		۲۴۱
۱۵۰	۲۷۴	۳۴۴		۲۴۵	۲۸۷	۳۰۲		۲۷۱
۱۸۵	۳۱۶	۳۹۴		۲۸۰	۳۲۵	۳۴۳		۳۰۷
۲۴۰	۳۷۵	۴۶۶		۳۳۰	۳۷۷	۳۹۹		۴۰۴
۳۰۰	۴۳۵	۵۳۸		۳۸۱	۴۲۶	۴۵۳		

جدول (۱۸): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE بدون زره و دارای ولتاژ ۰/۶/۱ kV

در هوا				
سه یا چهار رشته (A)	دو رشته (A)	تک رشته*		اندازه‌های هادی (mm^2)
		تخت (A)	مثلثی (A)	
هادیهای مسی				
۱۰۱	۱۱۷			۱۶
۱۲۶	۱۴۷			۲۵
۱۵۵	۱۸۱			۳۵
۱۸۹	۲۲۱	۲۷۳	۲۱۰	۵۰
۲۴۱	۲۸۰	۳۴۴	۲۶۷	۷۰
۲۹۷	۳۴۶	۴۲۵	۳۳۱	۹۵
۳۴۷	۴۰۳	۴۹۵	۳۸۷	۱۲۰
۳۹۸	۴۶۲	۵۶۸	۴۴۶	۱۵۰
۴۶۰	۵۳۵	۶۵۷	۵۱۸	۱۸۵
۵۴۷	۶۳۷	۷۸۴	۶۱۹	۲۴۰
۶۳۲	۷۳۶	۹۰۷	۷۱۶	۳۰۰
۷۳۳	۸۵۶	۱۰۵۹	۸۳۴	۴۰۰
هادیهای آلومینیومی (تک مفتولی)				
۷۶	۸۸			۱۶
۹۵	۱۰۹			۲۵
۱۱۶	۱۳۳			۳۵
۱۴۲	۱۶۲	۲۰۲	۱۵۵	۵۰
۱۸۰	۲۰۶	۲۵۶	۱۹۸	۷۰
۲۲۳	۲۵۳	۳۱۵	۲۴۵	۹۵
۲۶۰		۳۶۷	۲۸۶	۱۲۰
۲۹۸		۴۳۸	۳۳۰	۱۵۰
۳۴۶		۴۸۷	۳۸۴	۱۸۵
۴۱۲		۵۸۰	۴۶۰	۲۴۰
۴۷۷		۶۷۰	۵۳۳	۳۰۰

* کابلهای تک رشته‌ای بازره از سیمهای آلومینیومی

جدول (۱۹): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE زره‌دار با ولتاژ ۱ kV ۰/۶/۱

در زمین					در هوا		
سه یا چهار رشته (A)	دو رشته (A)	تک رشته		سه یا چهار رشته (A)	دو رشته (A)	تک رشته*		اندازه‌های هادی (mm^2)
		تخت (A)	مثلثی (A)			تخت (A)	مثلثی (A)	
هادیهای مسی								
۱۱۹	۱۴۱			۱۰۱	۱۱۸			۱۶
۱۵۲	۱۸۳			۱۳۲	۱۵۴			۲۵
۱۸۲	۲۱۹			۱۶۲	۱۹۰			۳۵
۲۱۷	۲۵۹	۲۴۱	۲۳۱	۱۹۶	۲۲۹	۲۷۹	۲۱۷	۵۰
۲۶۶	۳۱۷	۲۹۵	۲۸۴	۲۴۷	۲۸۸	۳۵۰	۲۷۷	۷۰
۳۱۹	۳۸۱	۳۵۰	۳۴۰	۳۰۵	۳۵۵	۴۲۵	۳۴۰	۹۵
۳۶۳	۴۳۳	۳۹۵	۳۸۶	۳۵۳	۴۱۱	۴۸۸	۳۹۵	۱۲۰
۴۰۶	۴۸۵	۴۳۴	۴۳۱	۴۰۴	۴۶۹	۵۴۳	۴۵۴	۱۵۰
۴۵۸	۵۴۷	۴۸۲	۴۸۵	۴۶۵	۵۴۱	۶۱۰	۵۲۲	۱۸۵
۵۲۹	۶۳۲	۵۴۵	۵۵۸	۵۴۹	۶۳۹	۷۰۰	۶۱۵	۲۴۰
۵۹۲	۷۰۸	۵۹۷	۶۲۳	۶۲۶	۷۲۸	۷۷۵	۷۰۰	۳۰۰
۶۶۷	۷۹۹	۶۳۷	۶۹۱	۷۲۰	۸۳۸	۸۳۴	۸۰۰	۴۰۰
هادیهای آلومینیومی								
۹۱	۱۰۸			۷۶	۹۰			۱۶
۱۱۶	۱۳۸			۱۰۰	۱۱۴			۲۵
۱۳۹	۱۶۵			۱۲۲	۱۴۱			۳۵
۱۶۵	۱۹۶	۱۸۵	۱۷۷	۱۴۷	۱۶۹	۲۰۹	۱۶۲	۵۰
۲۰۳	۲۴۰	۲۲۷	۲۱۸	۱۸۶	۲۱۳	۲۶۴	۲۰۸	۷۰
۲۴۴	۲۸۸	۲۷۰	۲۶۰	۲۲۹	۲۶۳	۳۲۲	۲۵۵	۹۵
۲۷۸		۳۰۶	۲۹۶	۲۶۶		۳۷۰	۲۹۵	۱۲۰
۳۱۱		۳۳۹	۳۳۱	۳۰۵		۴۱۷	۳۴۰	۱۵۰
۳۵۳		۳۸۰	۳۷۴	۳۵۲		۴۷۳	۳۹۲	۱۸۵
۴۰۹		۴۳۵	۴۳۳	۴۱۷		۵۵۰	۴۶۴	۲۴۰
۴۶۱		۴۸۳	۴۸۶	۴۷۸		۶۱۹	۵۳۲	۳۰۰

* کابلهای تک‌رشته‌ای بازره از سیم آلومینیومی

جدول (۳۰): جریان قابل حمل توسط کابل XLPE با سطح ولتاژ ۱۲/۲۰ kV و ۱۹/۳۳ kV

در زمین				در هوا		
سه رشته (A)	تک رشته‌ای*		سه رشته (A)	تک رشته‌ای*		اندازه‌های هادی (mm^2)
	تخت (A)	مثلثی (A)		تخت (A)	مثلثی (A)	
هادیهای مسی						
۱۷۰		۱۸۰				۳۵
۲۱۰	۲۳۰	۲۲۵	۲۹۵	۲۴۵		۵۰
۲۵۵	۲۸۰	۲۷۵	۳۶۵	۳۰۰		۷۰
۲۹۵	۳۳۵	۳۳۰	۴۵۰	۳۶۰		۹۵
۳۳۵	۳۸۰	۳۶۰	۵۲۰	۴۲۵		۱۲۰
۳۷۵	۴۳۰	۴۱۰	۵۹۰	۴۸۵		۱۵۰
۴۲۰	۴۸۵	۴۶۰	۶۷۰	۵۵۰		۱۸۵
۴۸۰	۵۶۰	۵۷۰	۸۰۰	۶۵۰		۲۴۰
۵۳۰	۶۴۰	۶۰۰	۹۲۰	۷۴۰		۳۰۰
۵۹۰	۷۳۰	۶۹۰	۱۰۷۰	۸۵۰		۴۰۰
	۸۳۰	۷۶۰	۱۲۵۰	۹۸۰		۵۰۰
هادیهای آلومینیومی						
۱۳۵			۱۴۵			۳۵
۱۶۰		۱۷۵	۱۷۵	۲۳۰	۱۹۰	۵۰
۱۹۵		۲۱۵	۲۱۵	۲۸۵	۲۳۵	۷۰
۲۳۰		۲۶۰	۲۶۰	۳۴۵	۲۸۰	۹۵
۲۶۰		۲۹۵	۳۰۰	۴۰۰	۳۳۰	۱۲۰
۲۹۰	۳۳۰	۳۲۰	۳۳۵	۴۵۵	۳۷۵	۱۵۰
۳۳۰	۳۷۵	۳۶۰	۳۹۰	۵۲۰	۴۳۰	۱۸۵
۳۸۰	۴۴۰	۴۱۵	۴۶۰	۶۲۰	۵۱۰	۲۴۰
۴۲۵	۴۹۵	۴۷۵	۵۲۰	۷۱۰	۵۸۰	۳۰۰
۴۸۰	۵۷۰	۵۵۰	۶۰۰	۸۴۰	۶۸۰	۴۰۰
	۶۵۰	۶۱۰		۹۸۰	۷۹۰	۵۰۰

*پوشش الکترواستاتیکی از سیم مسی، بدون زره

۲-۳- افت ولتاژ

از عوامل مهم تعیین سطح مقطع کابل، مقدار افت ولتاژ مجاز آن می‌باشد، این مقدار بخصوص در کابلهای فشار ضعیف و کابلهای فشار متوسط در شرایطی که طول کابل خیلی طولانی باشد، عامل تعیین‌کننده می‌باشد.

برای تعیین افت ولتاژ در کابلها بایستی مقدار مقاومت و راکتانس آنها در شرایط بهره‌برداری مشخص شود و سپس با استفاده از فرمولهای (۲-۳-۱) تا (۲-۳-۴) افت ولتاژ در کابل را بدست آورد. لازم به ذکر است که مشخص کردن مقدار مقاومت و راکتانس کابلها، از جمله مشخصات فنی می‌باشد که بایستی در جدول شماره ۲، مربوط به مشخصات فنی اسناد مناقصه توسط فروشنده ارائه شده باشد، در صورتی که اطلاعات در دسترس نباشد می‌توان از جداول (۲۱) تا (۲۴) برای تعیین مقدار مقاومت و راکتانس استفاده نمود.

برای محاسبات مربوط به جریان متناوب تک‌فاز:

افت ولتاژ (۲-۳-۱)

$$\Delta U = 2L.I\left(R_L.Cos\phi + X_L + Sin\phi\right)$$

درصد افت ولتاژ (۲-۳-۲)

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_N}100\% = 2L.I\frac{\left(R_L.Cos\phi + X_L Sin\phi\right)}{U_N}$$

برای محاسبات مربوط به جریان متناوب سه‌فاز:

افت ولتاژ (۲-۳-۳)

$$\Delta U = \sqrt{3}I.L\left(R_L Cos\phi + X_L Sin\phi\right)$$

درصد افت ولتاژ (۲-۳-۴)

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_N}100\% = \frac{\sqrt{3}I.L\left(R_L Cos\phi + X_L Sin\phi\right)}{U_N}100\%$$

جدول (۳۱): مشخصات الکتریکی کابل با عایق VC ۱۹ با ولتاژ U_0 V ۰/۶/۱

راکتانس (۵۰ HZ)	کابلهای چندرشته‌ای زره‌دار یا بدون زره		کابلهای تک‌رشته‌ای زره‌ای				اندازه‌های هادی
	مقاومت AC در ۷۰ °C		راکتانس (۵۰ HZ)		مقاومت AC در ۷۰ °C		
(ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	تخت ** (ohm/km)	مثلثی (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	(mm^2)
۰/۰۸۷	۲/۲۷	۱/۳۸					۱۶
۰/۰۸۴	۱/۴۴	۰/۸۷۰					۲۵
۰/۰۸۱	۱/۰۴	۰/۶۲۷					۳۵
۰/۰۸۱	۰/۷۷۰	۰/۴۶۴	۰/۱۹۸	۰/۱۱۲	۰/۷۷۰	۰/۴۶۴	۵۰
۰/۰۷۹	۰/۵۳۳	۰/۳۲۱	۰/۱۹۳	۰/۱۰۷	۰/۵۳۳	۰/۳۲۱	۷۰
۰/۰۷۷	۰/۳۸۵	۰/۲۳۲	۰/۱۸۹	۰/۱۰۳	۰/۳۸۵	۰/۲۳۲	۹۵
۰/۰۷۶	۰/۳۰۵	۰/۱۸۴	۰/۱۸۸	۰/۱۰۳	۰/۳۰۵	۰/۱۸۴	۱۲۰
۰/۰۷۶	۰/۲۴۸	۰/۱۵۰	۰/۱۸۶	۰/۱۰۱	۰/۲۴۸	۰/۱۵۰	۱۵۰
۰/۰۷۶	۰/۱۹۸	۰/۱۲۱	۰/۱۸۴	۰/۰۹۹	۰/۱۹۸	۰/۱۲۱	۱۸۵
۰/۰۷۵	۰/۱۵۲	۰/۰۹۲۹	۰/۱۸۲	۰/۰۹۶	۰/۱۵۲	۰/۰۹۲۷	۲۴۰
۰/۰۷۴	۰/۱۲۲	۰/۰۷۵۲	۰/۱۸۱	۰/۰۹۴	۰/۱۲۲	۰/۰۷۵۱	۳۰۰

* زره با سیم آلومینیومی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

فرمولهای (۲-۳-۱) تا (۲-۳-۴) برای حالت بار نقطه‌ای در انتهای خط می‌باشد و فرمولها دارای تقریب می‌باشد، در شبکه‌های توزیع عموماً بار بصورت گسترده بوده لذا در صورتی که اطلاعات کامل از بار و شبکه موجود باشد از برنامه‌های پخش بار بایستی استفاده شود، در حالتی که بار یکنواخت فرض شود در فرمولهای فوق بایستی ضریب ۰/۵ وارد شود.

جدول (۳۲): مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE و ولتاژ U_0/U ۰/۶/۱ کیلوولت

راکتانس ۵۰ HZ	مقاومت AC در ۹۰ °C			
زره‌دار یا بدون زره چند رشته‌ای	تک‌رشته زره‌دار*		آلومینیوم	مس
(Ω/km)	تخت ** (Ω/km)	مثلثی (Ω/km)	(Ω/Km)	(Ω/Km)
۰/۰۸۰			۲/۴۵	۱/۴۷
۰/۰۷۹			۱/۵۴	۰/۹۲۷
۰/۰۷۷			۱/۱۱	۰/۶۶۸
۰/۰۷۶	۰/۱۴۵	۰/۱۰۶	۰/۸۲۲	۰/۴۹۴
۰/۰۷۵	۰/۱۶۲	۰/۱۰۳	۰/۵۶۸	۰/۳۴۲
۰/۰۷۳	۰/۱۵۷	۰/۰۹۸	۰/۴۱۱	۰/۲۴۷
۰/۰۷۳	۰/۱۵۵	۰/۰۹۶	۰/۳۲۵	۰/۱۹۷
۰/۰۷۳	۰/۱۵۶	۰/۰۹۷	۰/۲۶۵	۰/۱۶۰
۰/۰۷۳	۰/۱۵۵	۰/۰۹۶	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸
۰/۰۷۳	۰/۱۵۱	۰/۰۹۲	۰/۱۶۲	۰/۰۹۸۹
۰/۰۷۲	۰/۱۴۹	۰/۰۹۰	۰/۱۳۰	۰/۰۸۰۲

اندازه‌های هادی mm^2
۱۶
۲۵
۳۵
۵۰
۷۰
۹۵
۱۲۰
۱۵۰
۱۸۵
۲۴۰
۳۰۰

* زره از سیم آلومینیومی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

جدول (۲۳) : مشخصات الکتریکی کابلهای با عایق XLPE و ولتاژ ۱۲/۲۲kV

کابل سه رشته‌ای				کابلهای تک رشته‌ای					
		مقاومت AC در $90^{\circ}C$		خازن $\left(\mu F/km\right)$	راکتانس (۵۰Hz)		مقاومت AC در $90^{\circ}C$		اندازه هادی $\left(mm^2\right)$
خازن $\left(\mu F/km\right)$	راکتانس $\left(\Omega/km\right)(50Hz)$	آلومینیم $\left(\Omega/km\right)$	مس $\left(\Omega/km\right)$		تخت $\left(\Omega/km\right)$	مثلثی $\left(\Omega/km\right)$	آلومینیم $\left(\Omega/km\right)$	مس $\left(\Omega/km\right)$	
۰/۱۷	۰/۱۳۹	۱/۵۴	۰/۹۲۷						
۰/۱۸	۰/۱۳۰	۱/۱۱	۰/۶۶۸						۱۲۵
۲۰	۰/۱۲۴	۰/۸۲۲	۰/۴۹۳	۰/۱۹	۰/۱۹۲	۰/۱۳۸	۰/۸۲۱	۰/۴۹۴	۳۵
۰/۲۲	۰/۱۱۸	۰/۵۶۸	۰/۳۴۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۳۱	۰/۵۶۹	۰/۳۴۲	۷۰
۰/۲۴	۰/۱۱۱	۰/۴۱۰	۰/۲۴۷	۰/۲۴	۰/۱۷۸	۰/۱۲۴	۰/۴۰۹	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۲۶	۰/۱۰۷	۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۰/۲۶	۰/۱۷۳	۰/۱۱۹	۰/۳۲۴	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۲۸	۰/۱۰۴	۰/۲۶۴	۰/۱۵۹	۰/۲۸	۰/۱۷۰	۰/۱۱۶	۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۱۵۰
۰/۳۱	۰/۱۰۱	۰/۲۱۱	۰/۱۲۷	۰/۳۰	۰/۱۶۵	۰/۱۱۳	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۸۵
۰/۳۴	۰/۰۹۷	۰/۱۶۱	۰/۰۹۸	۰/۳۴	۰/۱۶۱	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۰۹۸	۲۴۰
۰/۳۷	۰/۰۹۴	۰/۱۳۰	۰/۰۷۹	۰/۳۷	۰/۱۵۸	۰/۱۰۴	۰/۱۲۹	۰/۰۷۹	۳۰۰
۰/۴۱	۰/۰۹۰	۰/۱۰۲	۰/۰۶۳	۰/۴	۰/۱۵۵	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	۰/۰۶۳	۴۰۰

* بدون زره با پوشش الکترو استاتیکی از سیمهای مسی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

جدول (۲۴): مشخصات الکتریکی کابلهای XLPE و ولتاژ 19/33 kV

خازن	راکتانس (۵۰HZ)		مقاومت AC در ۹۰ °C		اندازه هادی
	تخت	مثلثی	آلومینیوم	مس	
$(\mu F/km)$	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(mm^2)
کابلهای تک‌رشته‌ای**					
۰/۱۶	۰/۱۹۴	۰/۱۴۳	۰/۵۶۸	۰/۳۴۲	۷۰
۰/۱۸	۰/۱۸۹	۰/۱۳۴	۰/۴۱۱	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۱۹	۰/۱۸۴	۰/۱۲۹	۰/۳۲۴	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۲۱	۰/۱۷۸	۰/۱۲۵	۰/۲۶۴	۰/۱۶۰	۱۵۰
۰/۲۲	۰/۱۷۴	۰/۱۲۱	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۸۵
۰/۲۵	۰/۱۶۹	۰/۱۱۶	۰/۱۶۰	۰/۰۹۷۷	۲۴۰
۰/۲۷	۰/۱۶۶	۰/۱۱۲	۰/۱۲۹	۰/۰۷۸۵	۳۰۰
کابلهای سه‌رشته‌ای					
۰/۱۶			۰/۵۶۸	۰/۳۴۲	۷۰
۰/۱۸			۰/۴۱۱	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۱۹			۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۲۱			۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۱۵۰
۰/۲۲			۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۸۵
۰/۲۴			۰/۱۶۱	۰/۰۹۷۸	۲۴۰
۰/۲۶			۰/۱۳۰	۰/۰۷۸۸	۳۰۰

* فاصله بین مراکز کابل برابر قطر کامل

** کابل بدون زره و با پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی

۲-۴- تحمل جریان اتصال کوتاه

در انتخاب نوع کابل، تحمل جریان اتصال کوتاه یکی از عوامل تعیین‌کننده می‌باشد. در زمان بروز اتصال کوتاه جریان بطور ناگهانی برای چند سیکل افزایش یافته و سپس مقدار آن کم شده تا آنکه سیستم حفاظتی عمل نماید. مدت زمان اتصال کوتاه معمولاً بین ۰/۱ تا ۳ ثانیه می‌باشد. در زمان شروع اتصال کوتاه ممکن است کابل در بار کامل (حداکثر دما) باشد و افزایش دمای ناشی از اتصال کوتاه عامل مهمی در انتخاب سطح مقطع نامی خواهد بود. جریان اتصال کوتاه گاهی تا بیست برابر جریان دائمی رسیده و این جریان الکترومغناطیسی و ترمودینامیکی بوجود می‌آورد که متناسب با مربع جریان می‌باشد.

نظر به اینکه زمان اتصال کوتاه خیلی کوتاه است، کابل پس از آن به سرعت خنک می‌شود. و لذا عایق کابل بایستی تحمل دماهای بالاتر از جریان دائمی (ناشی از اتصال کوتاه) را داشته باشد. جدول (۲۵) مقادیر دمای قابل تحمل اجزاء مختلف کابلهای توزیع را نشان می‌دهد. مقادیر مذکور مطابق با استاندارد IEC724,287 می‌باشد.

جدول (۲۵): حد دمای اتصال کوتاه

مواد	درجه حرارت حداکثر (^{o}C)
عایق PVC تا سطح مقطع ۳۰۰ میلیمتر مربع	۱۵۰
عایق PVC با سطح مقطع بیش از ۳۰۰ میلیمتر مربع	۱۳۰
عایق PVC برای ولتاژ ۶/۶ KV و بالاتر	۱۶۰
غلافPVC	۲۰۰
عایق XLPE	۲۵۰
اتصال هادیها بصورت لحیم‌شده	۱۶۰
اتصال هادیها بصورت فشرده‌شدن	۲۵۰
غلاف پلی‌اتیلن	۱۵۰

در نبودن پوشش سطح کابل غلاف کابل بعنوان عایق در نظر گرفته می‌شود. مقادیر بالا در مواردی کاربر دارد که قابلیت تحمل عایق کمتر از اعداد فوق نباشد.

حداکثر دما برای مقادیر نامی اتصال کوتاه با توجه به عوامل زیر باید در نظر گرفته شود.

الف: تغییر حالت عایق در اثر نیروهای مکانیکی و گرمایی ناشی از اتصال کوتاه می‌تواند ضخامت مؤثر عایق را کاهش دهد.

ب: هادی و پوشش الکترواستاتیکی رشته می‌توانند تحت تاثیر تلفات پوشش الکترواستاتیک قرار بگیرند. همچنین خواص گرمایی ماده غلاف خارجی می‌تواند محدودیت ایجاد نماید.

ج: کلیه تجهیزاتی که در سیستم کابل به همراه اتصالات مکانیکی و لحیم شده استفاده می‌شوند باید برای دمای تعیین شده کابل مناسب باشد.

۲-۴-۱- مقادیر جریان اتصال کوتاه براساس دما

معمولاً فرض برآن است که کل انرژی ورودی به کابل که توسط هادیها جذب شده است به حرارت تبدیل شود و شرایط موجود آدیاباتیک باشد. بعلاوه مقدار گرمای جذب شده به مدت زمان اتصال کوتاه بستگی دارد که حداکثر این زمان (۵) ثانیه فرض می‌شود.

با مساوی قراردادن حرارت ورودی $\left(LI^2T\right)$ با حرارت جذب شده (حاصلضرب جرم، افزایش درجه و حرارت مخصوص) معادله‌ای بشرح زیر بدست می‌آید.

$$I^2 = \frac{K^2S^2}{T}.\log\frac{\theta_1+\beta}{\theta_0+\beta}$$

که در آن:

I: جریان اتصال کوتاه (rms) بر حسب آمپر

T: مدت زمان اتصال کوتاه

K: مقدار ضریب ثابت برای مواد بکار رفته در هادی

S: سطح مقطع هادی mm^2

θ_1: دمای نهایی $\left(^\circ C\right)$

θ_0: دمای اولیه

β: عکس ضریب حرارتی مقاومت هادی (بر درجه سانتیگراد در صفر درجه)

ضرایب ثابت فوق برای فلزات مختلف در جدول شماره (۲۶) آمده است که در آن:

$$k^2 = \frac{Q_c(\beta + 20)}{\rho_{20}}$$

Q_c: حرارت مخصوص حجمی هادی در دمای $20^\circ C$

ρ_{20}: هدایت فلز هادی در دمای $20^\circ C$

جدول (۲۶): ثابتهای محاسبات اتصال کوتاه

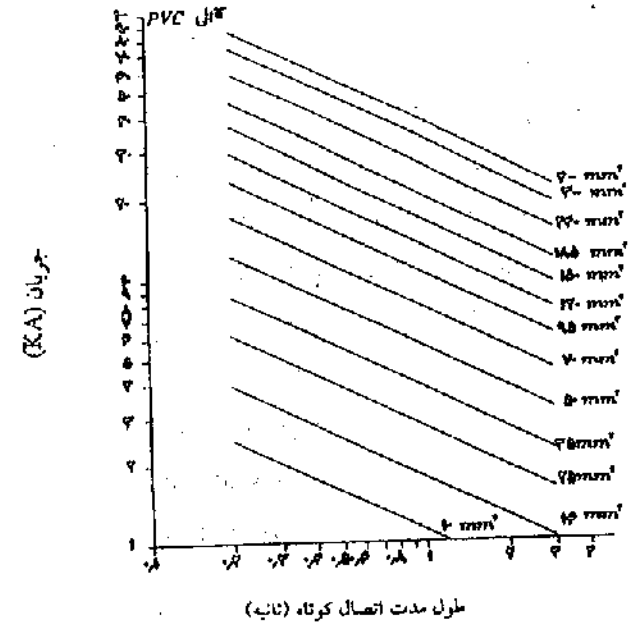
جنس فلز	ρ_{20}	Q_C	β	k
مس	$17/241\times10^{-6}$	$3/45\times10^{-3}$	۲۳۴/۵	۲۲۶
آلومینیوم	$28/164\times10^{-6}$	$2/5\times10^{-3}$	۲۲۸	۱۴۸
سرب	214×10^{-6}	$1/45\times10^{-3}$	۲۳۰	۴۲
فولاد	138×10^{-6}	$3/8\times10^{-3}$	۲۰۲	۷۸

برای شرایط خاصی از افزایش دما مطابق جدول (۲۴) می‌توان فرمول داده شده را بطوریکه در جدول آمده است بکار برد. در این جدول بطوری که در محاسبات اتصال کوتاه معمول است، فرض می‌شود وقتی که اتصال کوتاه رخ می‌دهد کابل در درجه حرارت حداکثر مجاز در حال بهره‌برداری است.

یک راه دیگر برای نشان دادن اطلاعات موجود در آخرین ستون جدول (۲۷) آن است که آنها را بصورت گرافیکی نمایش داد. شکلهای (۱) و (۲) برای کابلهای با عایق PVC و نمودارهای (۳) و (۴) برای کابلهای عایق XLPE می‌باشند.

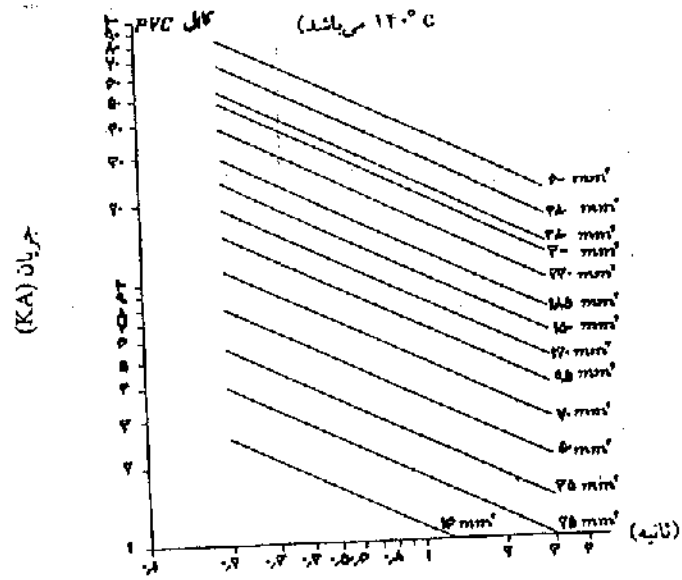
جدول (۲۷): جریان اتصال کوتاه برای کابلهای با عایقهای مختلف

جریان اتصال کوتاه (A)	افزایش درجه حرارت	جنس هادی	نوع عایق کابل
			PVC ولتاژ ۱ تا ۳ کیلوولت
$110\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۷۰-۱۵۰	مسی	تا سطح مقطع ۳۰۰ میلیمترمربع
$71\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۷۰-۱۵۰	آلومینیومی	تا سطح مقطع ۳۰۰ میلیمتر مربع
$96\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۷۰-۱۳۰	مسی	سطح مقطع بیش از ۳۰۰ میلیمتر مربع
$62\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۷۰-۱۳۰	آلومینیومی	سطح مقطع بیش از ۳۰۰ میلیمتر مربع
$144\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۹۰-۲۰۰	مسی	XLPE
$92\times ST^{-\frac{1}{2}}$	۹۰-۲۵۰	آلومینیومی	XLPE



شکل (۲): اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای ۱ KV با عایق PVC و هادیهای مسی

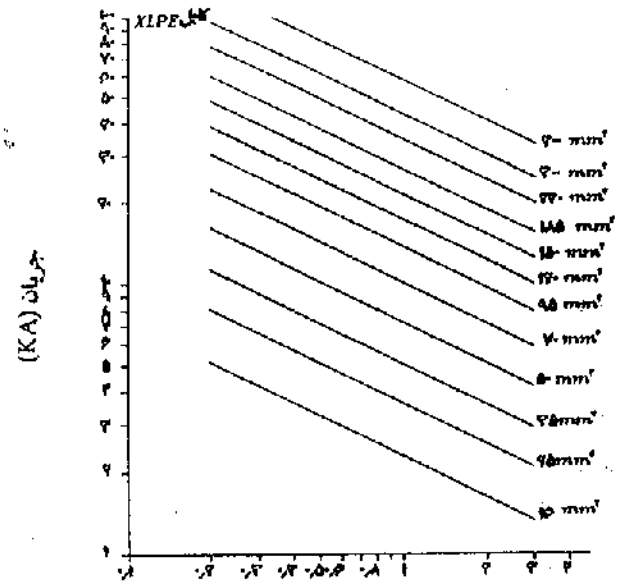
(دمای نهایی کابل برای هادیهای، تا سطح مقطع mm^2 برابر با $160^\circ C$ و برای هادیهای با سطح بیشتر $140^\circ C$ می‌باشد)



شکل (۳) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای ۱ KV با عایق PVC و هادیهای الومینیومی

(دمای نهایی کابل برای هادیهای تا سطح مقطع ۳۰۰ میلیمتر مربع برابر $160^\circ C$ برای مقاطع بزرگتر $140^\circ C$ است)

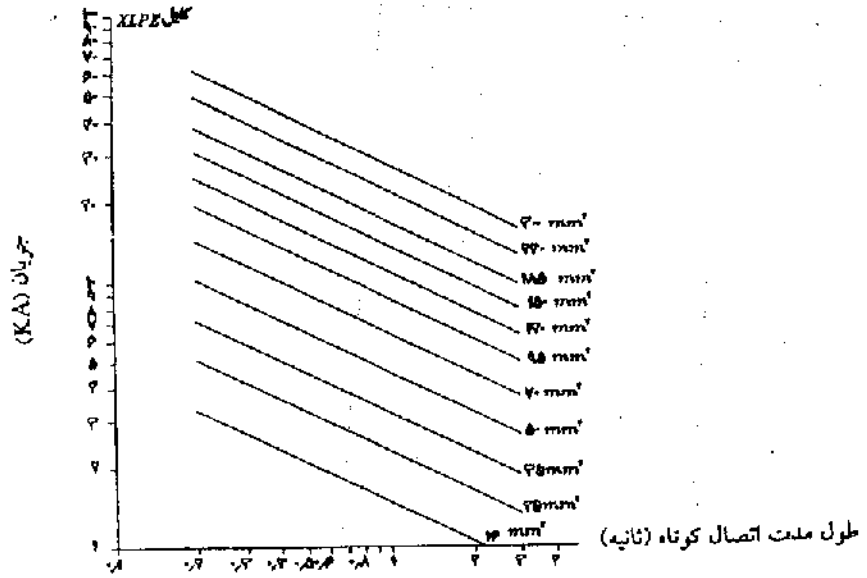
82461032



شکل (۴) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادیهای مسی

(برمبنای افزایش دما از ۹۰ تا $250\,^{\circ}C$ یعنی $160\,^{\circ}C$)

(برمبنای افزایش دما از ۹۰ تا ۲۵۰ °C یعنی ۱۶۰ °C)



شکل (۵) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادی آلومینیومی غیررشته‌ای

(بر مبنای افزایش دمای $160\,^{\circ}C$)

82461032

۲-۴-۲-جریانهای اتصال کوتاه غیرمتقارن

در بخش (۲-۴) جریانهای اتصال کوتاه متقارن سه‌فاز مورد بررسی قرار گرفت.در مورد جریانهای اتصال کوتاه غیرمتقارن اتصال زمین، عوامل دیگری نیز بایستی در نظر گرفته شوند زیرا که در این حالت جریان اتصال کوتاه می‌تواند در پوششهای فلزی و یا زره جریان یابد. بطور کلی برای هادیهای با اندازه کوچک افزایش دما عامل تعیین کننده می‌باشد، ولیکن در هادیهای با اندازه بزرگتر بطوریکه در جدول (۲۴) نشان داده شده است با در نظر گرفتن پوششهای سربی و یا زره حد مجاز کمتر می‌شود.

دمای پوشش زره را می‌توان با لایه PVC پوشانیده شده بر روی آن کنترل نمود. حداکثر جریانهای اتصال کوتاه غیرمتقارن برای کابلهای توزیع قدرت که رایج می‌باشند در جدول (۲۸) تا (۳۱) آورده شده‌اند و این مقادیر برای کابلهای چندمفتولی می‌باشند. مقادیر داده شده با در نظر گرفتن مدت اتصال کوتاه یک ثانیه می‌باشد. برای مدت زمانهای غیر از یک ثانیه این ارقام بر ریشه دوم زمان داده شده تقسیم می‌شوند.

جدول (۲۸): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زرهدار سیمی با عایق PVC هادی آلومینیومی مفتولی) و ولتاژ ۰/۶/۱ KV و مدت زمان خطا برابر یک ثانیه

مقطع هادی (mm^2)	زره آلومینیومی	زره فولادی		
	تک رشته‌ای KA	دو رشته‌ای KA	سه رشته‌آی KA	چهار رشته‌ای KA
۱۶	-	۱/۶	۱/۸	۲/۷
۲۵	-	۲/۴	۲/۷	۳/۲
۳۵	-	۲/۶	۳/۱	۳/۵
۵۰	۲/۸	۴/۰	۳/۵	۵/۰
۷۰	۳/۲	۴/۴	۵/۰	۵/۵
۹۵	۳/۶	۴/۸	۵/۷	۶/۵
۱۲۰	۵/۲	-	۶/۱	۸/۹
۱۵۰	۵/۷	-	۸/۴	۹/۷
۱۸۵	۶/۲	-	۹/۵	۱۰/۸
۲۴۰	۷	-	۱۰/۶	۱۲/۱
۳۰۰	۷/۶	-	۱۱/۷	۱۳/۴

جدول (۲۹): حداکثر اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق PVC هادی سیمی) برای یک ثانیه در سطح ولتاژ KV ۰/۶/۱

مقطع هادی	زره آلومینیومی تک رشته‌ای	زره فولادی			
mm^2	KA	KA	KA	KA	KA
۵۰	۳/۱	۳/۳	۳/۷	۵/۴	۴/۲
۷۰	۳/۵	۳/۷	۵/۳	۶/۱	۵/۹
۹۵	۴/۰	۵/۴	۶/۱	۷/۰	۶/۹
۱۲۰	۵/۷	۵/۸	۶/۶	۹/۷	۹/۵
۱۵۰	۶/۴	۶/۴	۹/۳	۱۰/۸	۱۰/۴
۱۸۵	۷/۰	۸/۹	۱۰/۲	۱۱/۷	۱۱/۴
۲۴۰	۷/۸	۹/۹	۱۱/۴	۱۳/۲	۱۲/۷
۳۰۰	۸/۶	۱۱/۰	۱۲/۷	۱۴/۷	۱۴/۳*
۳۰۰					۱۴/۷**

* ۳۰۰/۱۵۰ mm^2

** ۳۰۰/۱۸۵ mm^2

جدول (۳۰): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق LPE و هادی آلومینیومی مفتولی) برای سطح ولتاژ KV ۰/۶/۱ برای یک ثانیه

سطح مقطع هادی	زره آلومینیومی تک رشته	زره فولادی		
		دو رشته‌ای	سه رشته‌ای	چهاررشته‌ای
mm^2	KA	KA	KA	KA
۵۰	۱/۶	۲/۴	۲/۹	۳/۳
۷۰	۲/۶	۲/۸	۳/۳	۴/۹
۹۵	۳/۰	¼	۴/۸	۵/۴
۱۲۰	۳/۲	-	۵/۲	۷/۶
۱۵۰	۴/۸	-	۷/۴	۸/۴
۱۸۵	۵/۲	-	۸/۲	۹/۴
۲۴۰	۵/۷	-	۹/۲	۱۰/۵
۳۰۰	۶/۳	-	۱۰/۱	۱۱/۷

جدول (۳۱): حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابلهای زره‌دار سیمی با عایق و هادی مسی) برای یک ثانیه در سطح ولتاژ XLPE ۰/۶/۱

سطح مقطع هادی	زره آلومینیومی تک رشته	زره فولادی			
		دورشته‌ای	سه رشته‌ای	چهار رشته‌ای	چهار رشته باسطح مقطع کاهش‌یافته نول
mm^2	KA	KA	KA	KA	KA
۵۰	۱/۸	۲/۶	۳/۰	۳/۵	۳/۳
۷۰	۲/۷	۳/۱	۳/۵	۵/۱	۵/۰
۹۵	۳/۱	۴/۴	۵/۰	۵/۷	۵/۶
۱۲۰	۳/۳	۴/۹	۵/۵	۸/۰	۶/۳
۱۵۰	۴/۸	۵/۴	۷/۸	۹/۰	۸/۶
۱۸۵	۵/۴	۷/۴	۸/۶	۹/۹	۹/۷
۲۴۰	۶/۰	۸/۴	۹/۷	۱۱/۳	۱۰/۹
۳۰۰	۶/۴	۹/۲	۱۰/۵	۱۲/۴	۱۱/۸*
۳۰۰	۶/۴	۹/۲	۱۰/۵	۱۲/۴	۱۲/۴**

* ۳۰۰/۱۵۰ mm^2

** ۳۰۰/۱۸۵ mm^2

۲-۴-۳-اثرات جریان اتصال کوتاه

الف- نیروهای الکترومغناطیسی و پاره شدن کابل

جریان اتصال کوتاه در کابلهای چندرشته‌ای، نیروهای الکترومغناطیسی بوجود می‌آورند که رشته‌های کابل را از یکدیگر جدا نموده و چنانچه این رشته‌ها بطور محکم با هم بسته نشده باشند، کابل تمایل به از هم گسیختگی خواهد داشت. این اثر در کابلهای با عایق کاغذی که فاقد پوشش مسلح می‌باشند از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا ممکن است عایق در این شرایط آسیب ببیند. مسلح نمودن کابلها باعث جلوگیری از آسیب ناشی از این نیروها می‌شود.

ب- اثرات ترمودینامیکی

افزایش گرمای زیاد در نتیجه جریان اتصال کوتاه باعث انبساط درهادیهای کابل شده و انبساط بوجود آمده باعث بروز مشکلاتی از قبیل پیشروی طولی در کابلهای چند رشته‌ای و یا جابجایی کابل در صورتی که بطور مناسب نصب نشده باشد، خواهد شد.

پیشروی هادی در هادیهای تک مفتولی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

ج- طراحی مفصلها و سرکابلها

اثرات ناشی از جریان اتصال کوتاه در مفصلهای کابلهای دفن‌شده در زمین مهم می‌باشد زیراکه به علت فشار وارده از زمین بر روی سطح کابل، هادیهای کابل ممکن است در داخل کابل بطور طولی افزایش یافته و داخل مفصل یا سرکابل شوند. مقدار این نیروی پیش‌رونده خیلی زیاد بوده،مثلاً

($۵۰\ N/mm^2$) و برای کابلهای با اندازه بزرگتر اهمیت آن بیشتر می‌باشد. اگر مواد پرکننده مفصلها و ترمینالها (سرکابلها) به اندازه کافی نرم باشند که اجازه پیشروی هادیها را بدهند نیروی ذکر شده باعث ایجاد نقص در داخل سرکابل یا مفصل می‌شود و پس از خنک شدن هادیها تنش بوجود آمده در آنها باعث ایجاد مشکلات دیگری خواهد شد. بعنوان مثال تنش بوجود آمده بر روی رینگهای نگهدارنده هادیها باعث بیرون آمدن هادیها خواهد شد. به همین دلیل حد نهایی دما برای اتصالات لحیم‌شده هادیها

$۱۶۰\ ^\circ C$ در نظر گرفته شده است. از عوامل دیگری که باید در نظر گرفته شوندآن است که نگهدارنده‌ها و چفت و بستها بایستی مناسب انتخاب شده تا در دمای بوجود آمده در آنها باعث ایجاد اشکال در مفصل نشود.

د- اختلاف بین هادیهای مسی و آلومینیومی

اگر چه ضریب انبساط آلومینیوم از مس بیشتر است ولیکن تنش بوجود آمده در آن به علت اینکه ضریب مدولاسیون الاستیک آن کمتر است همانند مس خواهد بود. بنابراین نیروهای در هم شکننده برای هر دو فلز تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشند.

وقتی که محدودیتها توسط غلافهای سربی و یا نیروهای الکترومغناطیسی تحت تاثیر قرار می‌گیرند نوع فلز هادی از لحاظ تئوری هیچ فرقی ندارد ولیکن در رابطه با نیروهای وارده به هادی آلومینیومی از ضریب کمتری نسبت به مس برخوردار است زیرا که برای یک مقدار مشخصی از جریان، اندازه سطح مقطع هادی آلومینیوم از مس بزرگتر می‌باشد.

فهرست مطالب

۳- یک مسئله نمونه طراحی کابل:

طراحی یک کابل ۳۳ kv با طول ۷۵ m متصل به یک ترانسفورماتور ۱۳۲/۳۳ kv با توان ظاهری ۵ MVA:

محاسبه جریان بار

$$I = \frac{ST}{\sqrt{3} \times 7_{b\max}}$$

$$S_T = 5MVA$$

$$V_{b\max} = 36KV$$

$$I = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 36} = 802A$$

درصورتی که برای هر فاز ۲ کابل بصورت موازی کشیده شود، جریان هر یک برابر است با :

$$IC = \frac{I}{2}$$

$$IC = \frac{802}{2} = 401A$$

I_0 =جریان بار $[A]$

I_C =جریان هر کابل $[A]$

$V_{b\max}$ =حداکثر ولتاژ سیستم

S_T =توان نامی ظاهری ترانسفورماتور

بدست آوردن ضرایب تصحیح

الف- ضریب تصحیح حداکثر درجه حرارت محیط: مطابق جدول (۶)

$T\ \max = 45\ ^\circ C$

نوع کابل: XLPE

$f_1 = 0.77$

ب- ضریب تصحیح برای گروه کابلهای تک‌رشته‌ای که بصورت ۲ مدار موازی و افقی در کنار هم قرار دارند .

مطابق جدول (۱۲) د رصورت اینکه فاصله بین مراکز کابلها (m) ۰/۴۵ باشد.

$$f_2 = 0.89$$

$$I_T = \frac{Ic}{f_1 \times f_2}$$

$$I_T = \frac{401}{0.77 \times 0.89} = 585A$$

سطح مقطع پیشنهادی مطابق جدول (۲۰): کابل XLPE با هادی ۱×۳۰۰ می‌باشدکه جریان نامی آن برابر ۶۰۰A می‌باشد.

بررسی میزان افت ولتاژ در طول کابل:

$$\%\Delta U = \frac{100\sqrt{3}LIC}{V}\left(R\cos\phi + X\sin\phi\right)$$

$$\left.\begin{array}{l} R(90^\circ C) = 0.0785 \\ X = 0.166 \end{array}\right\}$$ مطابق جدول (۲۴)

$$\cos\phi = 0.8$$

$$\sin\phi = 0.6$$

$$\%\Delta U = \frac{100\sqrt{3}\times 0.075\times 401}{3300}\times\left(0.0785\times 0.8\times +0.166\times 0.6\right)$$

$$\%\Delta U = 0.004$$

ج- بررسی سطح تحمل اتصال کوتاه کابل بمدت ۳ ثانیه در صورتیکه جریان اتصال کوتاه شبکه در اینجا برابر ۱۵KA باشد. مطابق نمودار ۳ این کابل قادر به تحمل آن می‌باشد.

$$R(90^\circ C) = 0.0785$$

$$X = 0.166$$

$$\cos\phi = 0.8$$

$$\sin\phi = 0.6$$

$$\%\Delta U = \frac{100\sqrt{3}\times 0.075\times 401}{33000}\left(0.0785\times 0.8 + 0.166\times 0.6\right)$$

$$\%\Delta U = 0.004$$

بخش سوم
آزمونها

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-هدف و دامنه کاربرد ۱
۲-شرایط آزمون‌ها ۱
۲-۱- درجه حرارت محیط ۱
۲-۲- فرکانس و شکل موج ولتاژهای آزمون با فرکانس قدرت ۱
۳-آزمونهای معمول (جاری) ۱
۳-۱- کلیات ۱
۳-۲-اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی هادیها ۲
۳-۳- آزمون تخلیه جزئی ۲
۳-۴- آزمون ولتاژ ۲
۴-آزمونهای ویژه ۴
۴-۱- کلیات ۴
۴-۲- تناوب آزمونهای ویژه ۴
۴-۳- تکرار آزمونها ۵
۴-۴- بازرسی هادی ۵
۴-۵- اندازه‌گیری ضخامت عایق و غلاف غیرفلزی (شامل غلافهای جدا کننده اکسترود شده بجز پوشش اکسترود شده داخلی) ۵
۴-۵-۱- کلیات ۵
۴-۵-۲- مقررات ۵
۴-۶- اندازه‌گیری ضخامت غلاف سربی ۶
۴-۶-۱- روش نواری ۷
۴-۶-۲- روش حلقه‌ای ۷
۴-۷- اندازه‌گیری مفتولها و نوارهای زره‌بندی ۷
۴-۷-۱- اندازه‌گیری روی مفتولها ۷

۴-۷-۲- اندازه‌گیری روی نوارها..... ۷
۴-۷-۳- مقررات..... ۸
۴-۸- اندازه‌گیری قطر خارجی..... ۸
۴-۹- آزمون ولتاژ برای ۴ ساعت..... ۸
۴-۱۰- آزمون تحمل گرمایی برای عایقهای XLPE و غلافهای SE_1..... ۹
۵-آزمونهای نوعی الکتریکی در کابلهای فشار ضعیف..... ۱۰
۵-۱- اندازه‌گیری مقاومت عایقی..... ۱۱
۵-۳-۱- اندازه‌گیری در درجه حرارت محیط..... ۱۱
۵-۱-۲- اندازه‌گیری در حداکثر دمای نامی..... ۱۲
۵-۲- آزمون ولتاژ برای ۴ ساعت..... ۱۲
۶-آزمونهای نوعی – الکتریکی برای کابلهای فشار متوسط..... ۱۳
۶-۱- کابلهای با عایق PVC,XLPE,PE فشار متوسط..... ۱۳
۶-۱-۱- ترتیب آزمونها..... ۱۳
۶-۱-۲- شرایط خاص..... ۱۳
۶-۱-۳- آزمون تخلیه جزئی..... ۱۴
۶-۱-۴- آزمون خمش..... ۱۴
۶-۱-۵- اندازه‌گیری tg بصورت تابعی از ولتاژ (برای کابلهای با ولتاژ (۱۲)۶/۳۵/۱۱ کیلوولت به بالا)..... ۱۴
۶-۱-۶- اندازه‌گیری $tg\delta$ بصورت تابعی از درجه حرارت (برای کابلهای با ولتاژ بالاتر از (۱۲) ۶/۳۵/۱۱..... ۱۵
۶-۱-۷- آزمون دوره گرمایی..... ۱۶
۶-۱-۸- آزمون ایستادگی در مقابل ضربه و آزمون ولتاژ متناوب..... ۱۶
۶-۱-۹- آزمون فشار قوی برای ۴ ساعت..... ۱۷
۷-آزمونهای نوعی غیرالکتریکی..... ۱۷
۷-۱- اندازه‌گیری ضخامت عایق..... ۱۷

۷-۲- اندازه‌گیری ضخامت غلافهای غیرفلزی (شامل غلافهای جدا کننده اکسترود شده، بجز پوششهای داخلی)..... ۱۸
۷-۳- آزمونهای تعیین خواص مکانیکی عایق و غلاف قبل و بعد از کهنگی..... ۱۹
۷-۴- آزمایش کهنگی روی قطعات کابلهای کامل شده..... ۲۲
۷-۵- آزمون تلفات جرم روی غلافهای PVC نوع ST۲..... ۲۳
۷-۶- آزمونهای غلاف و عایق PVC در دماهای بالا ۲۳
۷-۷- آزمونهای غلاف و عایق PVC در دماهای پایین ۲۴
۷-۸- آزمون مقاومت غلافها و عایق PVC در برابر ترک خوردن (آزمایش شوک حرارتی) ۲۵
۷-۹- آزمون تحمل گرمایی برای عایقهای XLPE و غلافهای SE_1 ..... ۲۶
۷-۱۰- آزمون غوطه‌وری در روغن برای غلافهای الاستومری ۲۶
۷-۱۱- آزمونهای جذب آب روی عایق ۲۶
۷-۱۲- اندازه‌گیری مقدار دوده غلافهای PE..... ۲۶
۷-۱۳-آزمون پایداری حرارتی برای عایقهای PVC ۲۷
۷-۱۴- آزمون انقباض برای غلافهای PE..... ۲۷
۷-۱۵- آزمون انقباض برای عایقهای XLPE..... ۲۷
۷-۱۶- آزمون خمش ویژه..... ۲۷
۸-آزمونهای الکتریکی بعد از نصب..... ۲۸

فهرست جداول

جدول (۱): مقادیر ولتاژ آزمون کابلهای فشار متوسط ۳
جدول (۲): تعداد نمونه‌ها برای تست آزمون الکتریکی و فیزیکی ۴
جدول (۳): مقادیر ولتاژ آزمون کابلهای فشار متوسط برای مدت ۴ ساعت ۸
جدول (۴): مقررات آزمونهای ویژه و نوعی برای مواد عایقی XLPE ۹
جدول (۵): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه غلافهای الاستومر (SE_1) ۱۰
جدول (۶): مقررات آزمون نوعی – الکتریکی ۱۲
جدول (۷): مقررات آزمون نوعی الکتریکی ۱۵
جدول (۸): مقادیر ولتاژ آزمون ضربه مربوط به کابلهای فشار متوسط ۱۷
جدول (۹): آزمونهای نوعی غیرالکتریکی ۲۰
جدول (۱۰): مقررات آزمون برای مشخصات مکانیکی مواد عایق (قبل و بعد از کهنگی) ۲۱
جدول (۱۱): مقررات آزمون برای خواص مکانیکی غلاف (قبل و بعد از کهنگی) ۲۲
جدول (۱۲): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده PVC ۲۴
ادامه جدول (۱۲): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده PVC ۲۵
جدول (۱۳): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده عایق PE ۲۹

فهرست مطالب

۱- هدف و دامنه کاربرد

در این استاندارد، آزمونهایی که باید بر روی کابلهای فشار متوسط و فشار ضعیف انجام شوند شرح داده شده است. دامنه کاربرد این استاندارد، کابلهای فشار ضعیف ۲۰ و ۳۲ کیلوولت می‌باشد.

۲- شرایط آزمون‌ها

۲-۱- درجه حرارت محیط

معمولاً آزمونهای ولتاژ در درجه حرارت $۲۰ \pm ۱۵^{\circ}C$ و آزمونهای دیگر در درجه حرارت $۲۰ \pm ۵^{\circ}C$ انجام میشود. مگر آنکه برای آزمون خاصی شرایط دیگری ذکر شده باشد.

۲-۲- فرکانس و شکل موج ولتاژهای آزمون با فرکانس قدرت

فرکانس آزمون ولتاژهای متناوب باید در محدوده ۴۹ تا ۶۱ هرتز باشد. شکل موج کاملاً سینوسی و مقادیر ذکر شده بر حسب r.m.s بیان شوند.

فهرست مطالب

۳- آزمونهای معمول (جاری)

۳-۱- کلیات

آزمونهای بکار رفته در این استاندارد بشرح زیر می باشند:

الف – اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی هادیها

ب – آزمون تخلیه جزئی

ج – آزمون تخلیه ولتاژ

آزمونهای معمول بطور طبیعی روی تمام طول تکمیل شده کابل انجام می‌شود. این مقدار ممکن است با توافق بین سازنده و خریدار کاهش پیدا کند.

۳-۲-اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی هادیها

الف – برای کابلهای چند رشته‌ای، اندازه‌گیری بایستی برای تمام هادیهای هر کابل از جمله هادی هر مرکز، در صورت وجود، انجام شود، این عمل با درنظر گرفتن طول انتخاب شده در آزمون معمول، انجام گیرد.

ب – تمام طول کابل یا نمونه‌ای از آن در اطاق آزمون در درجه حرارت ثابت بمدت حداقل ۱۲ ساعت قبل از انجام آزمایش قرار گیرد. اگر در مورد یکسان بودن درجه حرارت کابل و محیط آزمایش تردید وجود دارد، اندازه‌گیری مقاومت باید بعد از قرار دادن کابل به مدت ۲۴ ساعت در اطاق آزمون صورت گیرد. و یا اندازه‌گیری روی نمونه‌ای از هادی که به مدت حداقل یک ساعت در حمام روغن با دمای کنترل شده قرار داشته است، انجام شود. مقدار اندازه‌گیری شده طبق استاندارد IEC 228 به مقدار آن در درجه حرارت $20\ ^{\circ}C$ و برای طول یک کیلومتر اصلاح می‌شود.

ج – مقاومت جریان مستقیم هر هادی در دمای $20\ ^{\circ}C$ نباید از حداکثر مقدار مشخص شده مربوطه مطابق استاندارد IEC 228 تجاوز کند.

۳-۳- آزمون تخلیه جزئی

الف – آزمون تخلیه جزئی باید برای کلیه کابلهای PVC مورد استفاده در شبکه انجام گردد. برای کابلهای چندرشته‌ای (چند سیمه)، آزمون باید برای تمام رشته‌های عایق شده انجام شود و ولتاژ بین هادی و پوشش الکترواستاتیکی فلزی اعمال گردد.

ب – پالس تخلیه قابل مشاهده برای کابل با عایقهای PE و XLPE ۲۰ پیکوکولن و برای کابل با عایق PVC برابر ۴۰ پیکوکولن یا کمتر باشد.

۳-۴- آزمون ولتاژ

الف – کلیات

آزمون ولتاژ باید در درجه حرارت محیط با ولتاژ متناوب در فرکانس قدرت و یا ولتاژ مستقیم موردنظر سازنده انجام شود.

ب – روش آزمایش برای کابلهای تک‌رشته

برای کابلهای تک‌رشته، ابتدا کابل به مدت یک ساعت در آب با دمای محیط غوطه‌ور شده سپس ولتاژ آزمون بین هادی و آب به مدت ۵ دقیقه اعمال می‌شود.

ج – روش آزمون برای کابل چند رشته‌ای

برای کابلهای چند رشته، ولتاژ آزمون بایستی به مدت ۵ دقیقه بین هادی عایق شده و تمام هادیهای دیگر و پوششهای فلزی در صورت وجود، اعمال گردد.

هادیها ممکن است برای اعمال متوالی ولتاژ آزمون بمنظور محدود نمودن کل زمان به شکل مناسبی بهم متصل شوند مشروط بر آنکه ترتیب اتصالات، این اطمینان را ایجاد نماید که ولتاژ برای حداقل مدت زمان ۵ دقیقه بدون وقفه بین هر هادی و هادیهای دیگر و بین هر هادی و پوشش‌های فلزی (در صورت وجود) اعمال شده است.

ولتاژ آزمون با فرکانس صنعتی برای کابلهای فشار متوسط شبکه توزیع U_0 ۳/۵ می‌باشد. مقادیر ولتاژهای آزمون تک فاز، برای ولتاژهای استاندارد در جدول زیر داده شده است.

جدول (۱): مقادیر ولتاژ آزمون کابلهای فشار متوسط

ولتاژ نامی U_0 کیلوولت	۱۸	۱۲
ولتاژ آزمون	۶۳	۴۲

اگر برای کابلهای سه‌رشته‌ای ولتاژ آزمایش بوسیله ترانسفورماتور سه‌فاز اعمال شود، ولتاژ آزمون بین فازها، بایستی ۱/۷۳ برابر مقادیر جدول فوق باشد. اگر از ولتاژ مستقیم استفاده شود، این ولتاژ بایستی ۲/۴ برابر ولتاژ متناوب فرکانس صنعتی باشد. در تمام موارد فوق، ولتاژ تدریجاً به مقادیر مشخص شده افزایش می‌یابد.

در صورتیکه از کابل فشار ضعیف ۰/۶/۱Kv استفاده می‌کنیم، ولتاژ آزمون باید برابر ۳/۵kv باشد.

د – مقررات

هیچ شکست الکتریکی عایق نبایستی رخ دهد.

فهرست مطالب

۴- آزمونهای ویژه

۴-۱- کلیات

آزمونهای ویژه لازم که در این استاندارد آمده‌اند بدین شرح است:

الف – بررسی هادی

ب – کنترل ابعاد

ج – آزمون الکتریکی برای کابلهای با ولتاژ نامی بالاتر از ۳/۶/۶/KV

د – آزمون تحمل گرمایی برای عایق XLPE

۴-۲- تناوب آزمونهای ویژه

الف – بررسی هادی و کنترل ابعادی

بازرسی هادی، اندازه‌گیری ضخامت عایق وغلاف و اندازه‌گیری قطر خارجی، در صورتیکه خریدار لازم بداند، باید روی یک قرقره (یا کلاف) از هر سری ساخت کابل با اندازه و نوع مشابه، انجام شود، این مقدار نباید از ده درصد تعداد قرقره‌ها (یا کلافها) در هر قرارداد تجاوز کند.

ب – آزمونهای الکتریکی و فیزیکی

با توافق بین خریدار و سازنده، آزمون تعیین شده بایستی روی نمونه‌های گرفته شده از کابل انجام شود، مشروط بر اینکه طول کل موضوع قرارداد برای کابلهای چندرشته‌ای بیش از ۲ کیلومتر و برای کابلهای تک‌رشته‌ای بیش از ۴ کیلومتر مطابق جدول (۲) باشد.

جدول (۲): تعداد نمونه‌ها برای تست آزمون الکتریکی و فیزیکی

تعداد نمونه	طول کابل			
	کابلهای تک‌رشته‌ای		کابلهای چندرشته‌ای	
	بالاتر از (کیلومتر)	تا طول (کیلومتر)	بالاتر از (کیلومتر)	تا طول (کیلومتر)
۱	۴	۲۰	۲	۱۰
۲	۲۰	۴۰	۱۰	۲۰
۳	۴۰	۶۰	۲۰	۳۰

۴-۳- تکرار آزمونها

اگر در هر آزمون مشخص شده در بند ۴ نمونه مردود شناخته شد، توصیه می‌شود که دو نمونه دیگر از همان دسته دوباره مورد همان آزمایش که نمونه اول مردود شده است قرار گیرد. اگر هر دو نمونه جدید، آزمونها را با موفقیت پشت سر گذاشتند، تمام کابلهای این دسته مطابق نیازمندیهای این مشخصات خواهند بود. و در صورتیکه هر یک از نمونه‌ها رد شدند، دسته‌ای که نمونه‌ها از آن برداشته شده است باید به شرکت مسترد شود. برداشتن نمونه‌های دیگر برای آزمون موضوعی است که به توافق سازنده و خریدار نیاز دارد.

۴-۴- بازرسی هادی

با توجه به استاندارد IEC 228 باید مشخصات ساختار هادی بازرسی و در صورت امکان اندازه‌گیری و کنترل شود.

۴-۵- اندازه‌گیری ضخامت عایق و غلاف غیرفلزی (شامل غلافهای جدا کننده اکسترود شده بجز پوشش اکسترود شده داخلی)

۴-۵-۱- کلیات

روش آزمون مطابق بخش ۸ استاندارد IEC811-1-1 می‌باشد. طول کابلی که برای آزمون انتخاب می‌شود باید قطعه‌ای از یک انتهای کابل باشد که نواحی آسیب‌دیده آن برداشته شده است. اگر میانگین ضخامت اندازه‌گیری شده یا حداقل مقدار اندازه‌گیری شده از مقادیر مشخص شده در بند ۴-۵-۲ تخطی کرد، دو نمونه دیگر بررسی می‌شود. اگر هر دو نمونه اضافی نیازهای لازم را برآورده کردند مورد قبول است و در غیر اینصورت کابل مغایر با استاندارد است.

۴-۵-۲- مقررات

الف – عایق

برای هر نقطه از هادی میانگین مقدار اندازه گرفته شده به اندازه ۰/۱ میلیمتر گرد شده و این مقدار نبایستی از ضخامت نامی مشخص شده کمتر باشد و حداقل مقدار آن نباید بیش از ۰/۱ میلیمتر بعلاوه ۱۰٪ مقدار نامی زیر مقدار نامی مشخص شده قرار گیرد.

یعنی:

$t_m \geq t_n - (۰/۱+۰/۱t_n)[mm]$

که t_m حداقل ضخامت و t_n ضخامت نامی می‌باشد.

ب – غلافهای غیرفلزی

قطعه غلاف باید مطابق با مقررات زیر باشد:

برای یک غلاف بکار رفته روی یک سطح استوانه‌ای صاف (مثلاً روی یک پوشش داخلی، غلاف فلزی یا عایق یک کابل تک‌رشته‌ای)، مقدار میانگین اندازه‌گیری که به مقدار ۰/۱ میلیمتر گرد شده، نباید از ضخامت نامی مشخص شده کمتر باشد و حداقل مقدار اندازه‌گیری شده نباید بیش از ۰/۱ میلیمتر بعلاوه ۱۵٪ مقدار نامی زیر مقدار نامی مشخص شده قرار گیرد.

یعنی:

$t_m \geq t_n - (۰/۱+۰/۱۵t_n) [mm]$

برای غلافهای بکار رفته روی سطوح نامنظم (مثل: غلاف روی یک کابل چندرشته‌ای بی‌زره و بدون پوشش داخلی یا غلافی که مستقیماً روی زره یا هادی هم‌مرکز بکار رفته است)، حداقل مقدار اندازه‌گیری شده نبایستی بیش از ۰/۲ میلیمتر بعلاوه ۲۰٪ مقدار نامی زیر مقدار نامی مشخص شده قرار گیرد.

یعنی:

$t_m \geq t_n - (۰/۲+۰/۲t_n)$ [mm]

۴-۶- اندازه‌گیری ضخامت غلاف سربی

ضخامت غلاف سربی بوسیله یکی از روشهای مشخص شده زیر انجام می‌گیرد، و این اندازه‌گیری با صلاحدید کارخانه سازنده بوده و نباید از ۰/۵ مقدار مشخص شده بیش از ۰/۱ میلیمتر کمتر باشد. کوچکترین مقدار اندازه‌گیری شده نباید کمتر از حداقل ضخامت تعیین شده باشد.

$t_m > t_n-(۰/۱+۰/۰۵\ t_n)[mm]$

۴-۶-۱- روش نواری

اندازه‌گیری روی یک قطعه از غلاف به طول ۵۰ میلیمتر که از کابل جدا می‌شود، انجام می‌پذیرد. قطعه مزبور بایستی در طول بریده شده و به دقت تخت گردد. بعد از تمیز کردن قطعه مورد آزمایش، اندازه‌گیری در طول محیط غلاف انجام می‌گیرد. برای اطمینان از این که حداقل ضخامت اندازه‌گیری شده است، فاصله اندازه‌گیری نباید از ۱۰ میلیمتر نسبت به لبه غلاف کمتر باشد. اندازه‌گیری باید با ریزسنج با قطر قسمت مسطح ۴ تا ۸ میلیمتر و دقت ۰/۰۱ ± میلیمتر صورت پذیرد.

۴-۶-۲- روش حلقه‌ای

اندازه‌گیری روی حلقه‌ای از غلاف که با دقت جدا شده است انجام می‌شود. ضخامت در چندین نقطه مختلف محیط حلقه اندازه‌گیری می‌شود تا اطمینان حاصل شود که حداقل ضخامت اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری باید توسط ریزسنج دارای یک نوک مسطح و یک نوک ساچمه‌ای یا یک نوک مسطح و یک نوک مستطیل شکل تخت به پهنای ۰/۸ میلیمتر و طول ۲/۴ میلیمتر و با دقت ۰/۰۱ ±میلیمتر انجام شود. ضمناً نوک ساچمه یا مستطیل شکل تخت در داخل حلقه قرار می‌گیرد.

۴-۷- اندازه‌گیری مفتولها و نوارهای زره‌بندی

۴-۷-۱- اندازه‌گیری روی مفتولها

قطر مفتولهای گرد و ضخامت مفتولهای تخت باید توسط ریزسنج که دارای دو نوک تخت است و با دقت ۰/۰۱ ± میلیمتر انجام شود. برای مفتولهای گرد دو اندازه‌گیری در جهت عمود بر هم در یک محل باید صورت گرفته و متوسط این دو مقدار قطر مفتول درنظر گرفته شود.

۴-۷-۲- اندازه‌گیری روی نوارها

برای نوارهای تا عرض ۴۰ میلیمتر، ضخامت باید در مرکز عرض نوار اندازه‌گیری شود. برای نوارهای پهن‌تر اندازه‌گیری به فاصله ۲۰ میلیمتر از هر لبه نوار انجام شده و متوسط مقادیر خوانده شده بعنوان ضخامت درنظر گرفته شود. اندازه‌گیری باید بوسیله ریزسنج با دو نوک تخت و با دقت ۰/۰۱ ± میلیمتر صورت پذیرد.

۴-۷-۳- مقررات

ابعاد مفتولها و نوارهای زره از مقادیر نامی خود نباید بیشتر از مقادیر زیر تنزل کند:

- ۵ درصد برای مفتولهای گرد
- ۸ درصد برای مفتولهای تخت
- ۱۰ درصد برای نوارها

۴-۸- اندازه‌گیری قطر خارجی

اگر اندازه‌گیری قطر خارجی کابل بعنوان یک آزمون ویژه نیاز باشد. این اندازه‌گیری باید مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-1-1 انجام شود.

۴-۹- آزمون ولتاژ برای ۴ ساعت

این آزمون فقط برای کابلهای بالاتر از ۳/۶/۳ کیلوولت کاربرد دارد و شامل مراحل زیر است:

الف – نمونه‌برداری:

نمونه باید قطعه‌ای از کابل تکمیل شده به طول حداقل ۵ متر باشد.

ب – روش آزمون:

ولتاژی با فرکانس صنعتی باید بمدت ۴ ساعت بین هادی و پوششهای الکترواستاتیکی فلزی یا پوششهای کابل اعمال شود. درجه حرارت کابل باید برابر دمای اطاق باشد.

ج – ولتاژ آزمون:

ولتاژ آزمون باید مطابق جدول (۳) برابر $4U_n$ باشد. ولتاژ بایستی تدریجا زیاد شده تا به مقدار مشخص شده برسد و سپس به مدت ۴ ساعت برقرار بماند. در این مدت نباید هیچگونه شکست عایقی در کابل بوجود آید.

جدول (۳): مقادیر ولتاژ آزمون کابلهای فشار متوسط برای مدت ۴ ساعت

ولتاژ تک فاز U_o	۱۲	۱۸
ولتاژ آزمون	۴۸	۷۲

۴-۱۰- آزمون تحمل گرمایی برای عایقهای XLPE و غلافهای SE_1

الف – روش آزمون

نمونه‌برداری و روش آزمایش باید بخش ۹ در IEC811-2-1 با شرایط داده شده در جدولهای (۴ و ۵) انجام شود.

ب – مقررات

نتایج بایستی طبق جدول (۴) برای عایق XLPE و جدول (۵) برای غلاف SE_1 باشد.

جدول (۴): مقررات آزمونهای ویژه و نوعی برای مواد عایقی XLPE

ردیف	مقررات
۱	آزمون تحمل گرمایی
۱-۱	درجه حرارت هوا (تلرانس $\pm ۳°C$): $۲۰۰ °C$
	مدت زمان آزمون: ۱۵ دقیقه
	نیروی کششی: $۲۰ N/cm^۲$
۱-۲	حداکثر افزایش طول نسبی در حین آزمون: ۱۷۵٪
۱-۳	حداکثر افزایش طول دائم بعد از سرد شدن: ۱۵٪
۲	آزمون جذب آب
۲-۱	درجه حرارت (تلرانس $\pm ۲°C$): $۸۵ °C$
۲-۲	مدت زمان آزمون: ۱۴ روز
۲-۳	حداکثر تغییرات جرم: $۱ mg/cm^۲$
۳	آزمون انقباض
۳-۱	درجه حرارت (تلرانس $\pm ۳°C$): $۱۳۰ °C$
۳-۲	مدت زمان آزمون: ۱ ساعت
۳-۳	حداکثر انقباض مجاز: ۴٪

جدول (۵): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه غلافهای الاستومر (SE)

ردیف	مقررات
۱	آزمون غوطه‌وری در روغن و تعیین مشخصات مکانیکی
۱-۱	طرز عمل: دمای روغن (تلرانس ۲°C±): ۱۰۰ °C
	مدت زمان: ۲۴ ساعت
۱-۲	حداکثر تغییرات مجاز
	الف – استقامت کششی: ۴۰٪ ±
	ب – افزایش طول نسبی در لحظه پارگی: ۴۰٪ ±
۲	آزمون تحمل حرارتی
۲-۱	طرز عمل: درجه حرارت (تلرانس ۳°C±): ۲۰۰ °C
	مدت زمان: ۱۵ دقیقه
	نیروی کششی: ۲۰ N/cm۲
۲-۲	حداکثر افزایش طول نسبی تحت آزمون: ۱۷۵٪
۲-۳	حداکثر افزایش طول دائم بعد از سرد شدن: ۱۵٪

فهرست مطالب

۵- آزمونهای نوعی الکتریکی در کابلهای فشار ضعیف

این کابلها در معرض آزمونهای زیر و به ترتیب بر روی یک نمونه کابل بطول ۱۰ تا ۱۵ متر انجام می‌شود:

الف – اندازه‌گیری مقاومت عایقی در درجه حرارت اطاق (بند ۵-۱-۱)

ب – اندازه‌گیری مقاومت عایقی در درجه حرارت عملکرد (بند ۵-۱-۲)

ج – آزمون فشار قوی (بند ۵-۲)

آزمونها باید حداکثر روی سه‌رشته انجام شود.

۵-۱- اندازه‌گیری مقاومت عایقی

۵-۱-۳- اندازه‌گیری در درجه حرارت محیط

الف – این آزمون باید قبل از هر آزمون الکتریکی دیگر، روی نمونه انجام شود.

تمام پوششهای خارجی باید برداشته شود و رشته‌ها در درجه حرارت اطاق به مدت حداقل یک ساعت قبل از آزمایش در آب غوطه‌ور شوند. اندازه‌گیری باید بین هادی و آب انجام شود.

در صورت درخواست، این اندازه‌گیری در دمای $20 \pm 1\ ^\circ C$ انجام شود.

ولتاژ مستقیم آزمون ۸۰ ولت تا ۵۰۰ ولت بوده و برای مدت زمان کافی برای اندازه‌گیری در حالت ماندگار اعمال شود. این آزمون از یک دقیقه بیشتر و از ۵ دقیقه کمتر است.

ب – محاسبات – مقاومت حجمی از فرمول زیر و اندازه‌گیری مقاومت عایقی بدست می‌آید:

$$\rho = \frac{2\pi \ell R}{\log_e \frac{D}{d}}$$

ρ: مقاومت حجمی، بر حسب اهم سانتیمتر

R: مقاومت عایقی اندازه‌گیری شده، بر حسب اهم

ℓ: طول کابل، بر حسب سانتیمتر

D: قطر خارجی عایق، بر حسب میلیمتر

d: قطر داخلی عایق، بر حسب میلیمتر

ثابت مقاومت عایق k_i از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$k_i = \frac{\ell R \times 10^{-11}}{\log_{10} \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0/367\rho \qquad M\Omega.km$$

یادآوری: در مورد رشته هادیهای شکل داده شده منظور از $\frac{D}{d}$، نسبت محیط عایق به محیط هادی می‌باشد.

ج – مقادیر اندازه‌گیری شده نبایستی کمتر از مقادیر مشخص شده در جدول (۶) باشد.

۵-۱-۲- اندازه‌گیری در حداکثر دمای نامی

الف – رشته‌های کابل نمونه پس از برداشتن تمام پوششهای خارجی در دمای تعیین شده حداقل یک ساعت قبل از آزمایش در آب غوطه‌ور شود. ولتاژ مستقیم آزمون باید بین ۸۰ تا ۵۰۰ ولت بوده و در مدت زمان کافی، حداقل یک دقیقه و حداکثر ۵ دقیه تا رسیدن به مقدار پایدار جهت اندازه‌گیری اعمال گردد.

ب – محاسبات – مقاومت حجمی و یا ثابت مقاومت عایقی باید از مقاومت عایقی و فرمولهای ارائه شده در بند ۱-۴-۱-۱-ب محاسبه شود.

ج – مقادیر اندازه‌گیری شده نبایستی کمتر از مقادیر مشخص شده در جدول (۶) باشد.

۵-۲- آزمون ولتاژ برای ۴ ساعت

رشته‌های عایق شده کابل نمونه با پوششهای برداشته شده به مدت حداقل یک ساعت در آب با درجه حرارت محیط غوطه‌ور شود. یک ولتاژ با فرکانس قدرت برابر با سه برابر ولتاژ V_0 بتدریج زیاد شده و به مدت ۴ ساعت بین هادی و آب اعمال شود. شکست الکتریکی عایق نباید رخ دهد.

جدول (۶): مقررات آزمون نوعی – الکتریکی

ردیف	خواص اصلی ترکیبات	الاستومریک	ترموپلاستیک
الف	علامت اختصاری برای ترکیبات عایق	XLPE	PVC/A
ب	حداکثر درجه حرارت نامی هادی ($^{\circ}C$)	۹۰	۷۰
۱	مقاومت حجمی (Ωcm)		
۱-۱	- در ۲۰ $^{\circ}C$	ـــــ	$۱۰^{۱۳}$
۱-۲	- در حداکثر درجه حرارت نامی هادی	$۱۰^{۱۲}$	$۱۰^{۱۰}$
۲	ثابت مقاومت عایق k_i (Ωkm)		
۲-۱	در ۲۰ $^{\circ}C$	ـــــ	۳۶/۷
۲-۲	- در حداکثر درجه حرارت نامی هادی	۳/۶۷	۰/۰۳۷

فهرست مطالب

۶- آزمونهای نوعی – الکتریکی برای کابلهای فشار متوسط

۶-۱- کابلهای با عایق PVC,XLPE,PE فشار متوسط

الف – برای این کابلها، آزمونهای نوعی الکتریکی که در بند ۶-۱-۱ آمده است باید روی نمونه کامل شده کابل به طول ۱۰ تا ۱۵ متر انجام شود.

ب – بجز ردیف (الف) و (ج) از بند ۶-۱-۲ تمام آزمونهای مشخص شده در بند ۶-۱-۱ باید بطور متوالی روی یک نمونه انجام شود.

ج – در کابلهای چندرشته‌ای هر آزمون یا اندازه‌گیری باید روی تمام رشته‌ها انجام شود.

۶-۱-۱- ترتیب آزمونها

الف - آزمون تخلیه جزئی (بند ۶-۱-۳)

ب - آزمون خمش بعلاوه آزمون تخلیه جزئی. مقدار تخلیه در $1/5U_0$ ثبت گردد (بند ۶-۱-۴)

ج - اندازه‌گیری tg& بصورت تابعی از ولتاژ و اندازه‌گیری ظرفیت (بند ۶-۱-۵-۱ و ۶-۱-۲ ج)

د - اندازه‌گیری tg& بصورت تابعی از دما (بند ۶-۱-۶- و ۶-۱-۲ ج)

ه -آزمون دوره گرمایی[1] بعلاوه آزمون تخلیه جزئی. مقدار تخلیه در $1/5U_0$ باید ثبت شود (بند ۶-۱-۷)

و – آزمون ایستادگی در برابر ضربه، که آزمون ولتاژ و فرکانس صنعتی را به دنبال دارد (بند ۶-۱-۸)

ز – آزمون فشار قوی با جریان متناوب (بند ۶-۱-۹)

۶-۱-۲- شرایط خاص

الف – آزمونهای (ج) و (د) از بند فوق ممکن است روی نمونه‌هائی، بغیر از نمونه‌ای که در ترتیب معمول آزمونهای بند ۱-۵-۱-۱ استفاده شده، انجام گیرد. (به بند ۶-۱ مراجعه شود)

ب – یک نمونه جدید برای آزمون (ز) از بند فوق ممکن است بکار برده شود، مشروط بر اینکه این نمونه آزمایش قبلا برای آزمونهای (ب) و (ه) از بند ۶-۱-۱ بکار برده شده باشد.

[1] - Heating Cycle

ج – آزمونهای (ج) و (د) از بند فوق برای کابلهای با ولتاژ زیر (۱۲) ۶/۳۵/۱۱ کیلوولت مورد نیاز نمی‌باشد.

۶-۱-۳- آزمون تخلیه جزئی

آزمون تخلیه جزئی باید مطابق استاندارد IEC 885-2 انجام شود.

مقدار تخلیه بایستی در ولتاژ $1/5U_0$ اندازه‌گیری و ثبت شود. این مقدار برای کابهای با عایق PE و XLPE نباید از ۲۰ پیکوکولن و برای کابلهای PVC نباید از ۴۰ پیکوکولن بیشتر باشد.

۶-۱-۴- آزمون خمش

الف – نمونه کابل باید دور استوانه آزمایش در دمای اطاق و حداقل یک دور کامل پیچیده شود. و سپس کابل پیچیده شده باز شده و اینکار در جهت مخالف تکرار می‌شود.این عمل برای سه بار تکرار شود.

ب – استوانه باید دارای قطر زیر باشد:

برای کابلهای تک رشته ۵٪ ± ۲۰(d+D)

برای کابهای چند رشته ۵٪ ± ۱۵(d+D)

که D قطر خارجی اندازه‌گیری شده کابل نمونه به میلیمتر و d قطر اندازه‌گیری شد هادی به میلیمتر می‌باشد.

اگر هادی گرد نباشد، $d=1/13\sqrt{S}$ Smm است که S سطح مقطع نامی به میلیمتر مربع می‌باشد.

ج – در تکمیل این آزمون، بایستی تخلیه جزئی بر روی نمونه اندازه‌گیری شود و با مقررات بند ۱-۵-۱-۳ مطابقت نماید.

۶-۱-۵- اندازه‌گیری $tg\ \delta$ بصورت تابعی از ولتاژ (برای کابلهای با ولتاژ (۱۲)۶/۳۵/۱۱ کیلوولت به بالا)

الف – ضریب قدرت دی‌الکتریک نمونه، با اعمال شرایط مکانیکی بند ۶-۱-۴ و در دمای محیط بایستی اندازه‌گیری شود، این کار با ولتاژ متناوب فرکانس صنعتی برابر $0/5U_0$ و U_0 و $2U_0$ انجام می‌شود.

ب – مقادیر اندازه‌گیری شده نبایستی از مقادیر داده شده در جدول (۷) بیشتر باشد.

جدول (۷): مقررات آزمون نوعی الکتریکی

ردیف	خواص الکتریکی ترکیبات	۱	۲	۳
			ترموپلاستیک	الاستومر
الف	علامت اختصاری برای ترکیبات عایق	PVCB ۷۰	PE	XLPE
ب	حداکثر درجه حرارت نامی هادی (C°)	۷۰	۷۰	۹۰
۱	ضریب قدرت دی‌الکتریک بصورت تابعی از ولتاژ، در درجه حرارت محیط			
۱-۱	- حداکثر $tg\delta$ در U_0 ($\times 10^{-4}$)	۱۰۰۰	۱۰	۴۰
۱-۲	- حداکثر شیب افزایشی $tg\delta$ بین $0/5U_0$ و $2\ U_0$ ($\times 10^{-4}$)	۶۵	۲۰	۲۰
۲	ضریب قدرت دی‌الکتریک بصورت تابعی از درجه حرارت در ۲ کیلوولت			
۲-۱	- حداکثر $tg\delta$ در درجه حرارت محیط (۴-۱۰×)	۱۰۰۰	۱۰	۴۰
۲-۲	- حداکثر $tg\delta$ در درجه حرارت نامی ***(۴-۱۰×)	(۱)	۱۰	۸۰
۳	آزمون تخلیه جزئی حداکثر تخلیه در $1/5U_0$ (پیکوکولن)	۴۰	۲۰	۲۰

برای PVC/B حاصلضرب (نفوذپذیری الکتریکی × $tg\delta$) وقتی دما در محدوده درجه حرارت محیط تا $85\ ^{\circ}C$ تغییر می‌کند، نباید از ۰/۷۵ تجاوز نماید، بعلاوه مقدار $tg\delta$ در $80\ ^{\circ}C$ نباید از مقدار $tg\delta$ در $60\ ^{\circ}C$ بیشتر باشد.

۶-۱-۶- اندازه‌گیری $tg\delta$ بصورت تابعی از درجه حرارت (برای کابلهای با ولتاژ بالاتر از ۶/۳۵/۱۱(۱۲)

الف – نمونه کابل کامل شده بوسیله یکی از روشهای زیر حرارت داده شود. در هر روش درجه حرارت هادی بوسیله اندازه‌گیری مقاومت هادی و یا بوسیله ترمومتر داخل کوره یا حمام مایع و یا روی سطح پوشش الکترواستاتیکی تعیین گردد.

نمونه بایستی در مخزن مایع و یا در یک کوره قرار گیرد و یا اینکه جریان الکتریکی از میان پوشش الکترواستاتیکی فلزی عبور کند.

برای کابلهای با عایق PE یا XLPE درجه حرارت بایستی بتدریج افزایش داده شود تا هادی به درجه حرارت حداکثر نامی مشخص شده در استاندارد مشخصات فنی کابل برسد. برای کابل با عایق PVC/B دما بایستی بتدریج و به نوبت تا ۶۰ درجه سانتیگراد،حداکثر دمای نامی (۷۰درجه سانتیگراد)، ۸۰ و ۸۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد. درجه حرارت در هر سطح مورد نیاز باید به مدت ۲ ساعت با تقریب ۲ درجه سانتیگراد قبل از اندازه‌گیریهای زیر ثابت نگهداشته شود.

ب – ضریب قدرت دی‌الکتریک با ولتاژ متناوب ۲ کیلوولت و با فرکانس ۵۰HZ در دمای مشخص شده فوق باید اندازه‌گیری شود.

ج- برای عایقهای PVC/B ظرفیت خازنی کابل نمونه در هر درجه حرارت در همان زمان باید اندازه‌گیری شود.

د – مقادیر اندازه‌گیری شده بایستی با مقادیر مشخص شده در جدول (۷) مطابقت داشته باشند.

۶-۱-۷- آزمون دوره گرمایی

الف – نمونه‌ای که تحت آزمایشهای قبل قرار گرفته است بایستی روی سطح اطاق آزمون قرار داده شده و بوسیله عبور جریان متناوب از هادی آن، گرم شود تا هادی به درجه حرارت ۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر از حداکثر مقدار درجه حرارت نامی عایق در شرایط کار عادی برسد.

برای کابلهای چند رشته‌ای، جریان گرم کننده باید از داخل تمام هادیها بگذرد.

این جریان باید حدود ۲ ساعت اعمال شود. سپس حداقل به مدت ۴ ساعت در هوا بصورت طبیعی خنک شود. این دوره باید دو بار دیگر نیز تکرار شود.

ب – بعد از انجام دوره سوم، نمونه باید در معرض اندازه‌گیری تخلیه جزئی که در بند ۶-۱-۳ شرح داده شده است، قرار گیرد و نیازمندیهای این بند را برآورده سازد.

۶-۱-۸- آزمون ایستادگی در مقابل ضربه و آزمون ولتاژ متناوب

الف – این آزمون بایستی روی کابل نمونه با درجه حرارت هادی ۵ درجه سانتیگراد بیش از حداکثر درجه حرارت نامی بهره‌برداری عایق انجام شود.

آزمون ولتاژ ضربه طبق روش بیان شده در پیوست (ب) باید انجام شود.

ب – کابل بایستی در مقابل ده بار ولتاژ ضربه مثبت و ده بار ولتاژ ضربه منفی با مشخصات مندرج در جدول (۸) ایستادگی کند.

جدول (۸): مقادیر ولتاژ آزمون ضربه مربوط به کابلهای فشار متوسط

ولتاژ نامی U_0/U (Um) (کیلوولت)	۱۲/۲۰(۲۴)	۱۹/۳۳(۳۶)
ولتاژ آزمون (کیلوولت)	۱۲۵	۱۷۰

ج – بعد از انجام آزمونهای ردیف (الف) و (ب) کابل نمونه در درجه حرارت اطاق در معرض آزمایش ولتاژ فرکانس صنعتی به مدت ۱۵ دقیقه قرار می‌گیرد (روی هر رشته)

مقادیر ولتاژ آزمون بایستی مقادیر مشخص شده در جدول (۸) باشد. در این حالت نباید هیچ شکست الکتریکی در عایق رخ دهد.

۶-۱-۹- آزمون فشار قوی برای ۴ ساعت

این آزمون در درجه حرارت اطاق انجام می‌شود. یک ولتاژ با فرکانس صنعتی به مدت ۴ ساعت بین هادی (هادیها) و پوشش الکترواستاتیکی (پوششهای الکترواستاتیکی) اعمال شود.

ولتاژ آزمایش بایستی $1/5U_m$ باشد. ولتاژ به تدریج افزایش داده شده تا به مقدار مشخص شده برسد. هیچ شکست الکتریکی در عایق نباید رخ دهد.

فهرست مطالب

۷- آزمونهای نوعی غیرالکتریکی

آزمونهای نوعی غیرالکتریکی مورد نیاز این استاندارد در جداول (۹) تا (۱۲) آمده است.

۷-۱- اندازه‌گیری ضخامت عایق

الف – نمونه‌برداری

یک نمونه از هر رشته کابل عایق شده انتخاب می‌گردد.

برای کابلهایی که دارای بیش از سه‌رشته با سطح مقطع نامی یکسان می‌باشند، تعداد رشته‌هایی که اندازه‌گیری می‌شوند به سه تا و یا ۱۰ درصد رشته‌ها با سطح مقطع بیشتر محدود می‌شوند.

ب – روش

روش اندازه‌گیری در بند ۸-۱ استاندارد IEC 811-1-1 تشریح شده است.

ج – متوسط مقدار اندازه‌گیری شده روی هر رشته بعد از گرد شدن به مقدار ۰/۱ میلیمتر نباید از ضخامت نامی مشخص شده کمتر باشد و حداقل مقدار اندازه‌گیری شده نباید از مقدار نامی، بیشتر از ۱۰ درصد ضخامت نامی بعلاوه ۰/۱ میلیمتر کمتر باشد

یعنی:

$$t_m \geq t_n - (۰/۱ + ۰/۱ t_n)[mm]$$

۷-۲- اندازه‌گیری ضخامت غلافهای غیرفلزی (شامل غلافهای جدا کننده اکسترود شده، بجز پوششهای داخلی)

الف – نمونه‌برداری

یک نمونه از کابل انتخاب شود.

ب – روش

روش اندازه‌گیری باید مطابق بند ۲-۸ استاندارد IEC 811-1-1 انجام شود.

ج – مقررات

هر قطعه از غلاف بایستی با موارد زیر مطابقت داشته باشد:

برای یک غلاف بکار رفته روی سطح استوانه‌ای صاف (یعنی روی یک پوشش داخلی، یک غلاف فلزی یا عایق تک رشته) متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده (بعد از گرد شدن بمیزان ۰/۱ میلیمتر) نبایستی کمتر از ضخامت نامی تعیین شده باشد و حداقل مقدار اندازه‌گیری شده نباید از مقدار نامی، بیشتر از ۱۵٪ ضخامت نامی بعلاوه ۰/۱ میلیمتر کمتر باشد.

یعنی:

$$t_m \geq t_n - (۰/۱ + ۰/۱۵ t_n)[mm]$$

برای غلاف بکار رفته روی سطح استوانه‌ای ناصاف (مثلاً غلاف پرکننده روی یک کابل چندرشته‌ای بدون زره و بدون پوشش داخلی یا غلافی که مستقیماً روی زره یا هادی هم‌مرکز بکار رود) و برای حداقل مقدار اندازه‌گیری شده نباید بیش از ۰/۲ میلیمتر بعلاوه ۲۰ درصد از مقدار نامی زیر مقدار ضخامت نامی مشخص شده باشد.

یعنی:

$$t_m \geq t_n - (۰/۲ + ۰/۲ t_n)[mm]$$

۷-۳- آزمونهای تعیین خواص مکانیکی عایق و غلاف قبل و بعد از کهنگی

الف- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری و آماده‌سازی قطعه مورد آزمایش بایستی مطابق بند ۸-۱ از استاندارد IEC 811-1-2 و تحت شرایط مشخص شده در جدول (۱۰) برای عایق و جدول (۱۱) برای غلاف انجام شود.

ب- عمل کهنگی

عمل کهنگی باید مطابق بند ۸-۱ از استاندارد IEC 811-1-2 و تحت شرایط مشخص شده در جدول (۱۰) برای عایق و جدول (۱۱) برای غلاف انجام شود.

ج- آماده‌سازی و آزمونهای مکانیکی

آماده سازی و اندازه‌گیری خواص مکانیکی باید مطابق بند ۹-۲ از استاندارد IEC 811-1-1 انجام شود.

د- مقررات

نتایج آزمایش برای قطعات کهنه شده و نو باید مطابق نیازهای ذکر شده در جدول (۱۰) برای عایق و جدول (۱۱) برای غلاف باشد.

جدول (۹): آزمونهای نوعی غیرالکتریکی

ردیف		عایق			غلافهای غیرفلزی				
		ترموپلاستیک		الاستومر	ترموپلاستیک				الاستومر
		PVC	PE	XLPE	PVC		ST_3	ST_7	SE_1
		B			ST_1	ST_2			
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	ابعاد								
۱-الف	- اندازه‌گیری ضخامت	x	x	x	x	x	x	x	x
۲	خواص مکانیکی (استقامت کششی و درصد								
۲- الف	افزایش طول نسبی)								
۲- ب	- بدون کهنگی	x	x	x	x	x	x	x	x
۲- ج	- بعد از کهنگی در کوره هوا	x	x	x	x	x	x	x	x
۲- د	- بعد از کهنگی در بمباران هوا"								
۲- ه	- بعد از کهنگی قطعات کابل تکمیل شده	x	x	x	x	x	x	x	x
۲-و	- بعد از غوطه‌وری در روغن داغ								
۳	خواص ترموپلاستیکی								
۳- الف	- آزمون فشار در دمای بالا (فرورفتگی)	x			x	x		x	
۳- ب	- رفتار در درجه دمای پایین	x			x	x			
۴	آزمونهای متفرقه								
۴- الف	- آزمون تلفات جرم در کوره هوا					x			
۴- ب	- آزمون شوک حرارتی (ترک‌خوردگی)	x			x	x			
۴- ج	- شاخص جریان ذوب بدون کهنگی		x						
۴- د	- آزمون تحمل حرارتی			x					x
۴-ه	- پایداری حرارتی	x							
۴- و	- جذب آب	x	x	x					
۴- ز	- آزمون انقباض		x	x					
۴- ک	- مقدار دوده (کربن سیاه)						x	x	

جدول (۱۰): مقررات آزمون برای مشخصات مکانیکی مواد عایق (قبل و بعد از کهنگی)

ردیف	علائم اختصاری برای ترکیبات	PVC/B	XLPE	PE
	حداکثر درجه حرارت نامی هادی (°C)	۷۰	۹۰	۷۰
۱	بدون کهنگی			
۱-۱	حداقل مقدار استقامت کششی (N/mm^2)	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۰
۱-۲	حداقل افزایش طول نسبی در لحظه پارگی (٪)	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
۲	بعد از کهنگی در کوره هوا			
۲-۱	طرز عمل: - درجه حرارت (°C)	۱۰۰	۱۳۵	۱۰۰
	- تلرانس (°C)	± ۲	± ۳	± ۲
	- مدت زمان (روز)	۷	۷	۱۰
۲-۲	استقامت کششی:			
	الف – حداقل مقدار بعد از کهنگی (N/mm^2)	۱۲/۵	ـــــ	ـــــ
	ب – حداکثر اختلاف بین مقدار میانی بدست آمده بعد از کهنگی و مقدار میانی بدست آمده بدون کهنگی (به درصد)	± ۲۵	± ۲۵	ـــــ
۲-۳	افزایش طول نسبی در لحظه پارگی			
	الف – حداقل مقدار بعد از کهنگی (٪)	۱۲۵	ـــــ	۳۰۰
	- حداکثر تغییرات (حداکثر اختلاف بین مقدار میانی بدست آمده بعد از کهنگی و مقدار میانی بدست آمده بدون کهنگی که به درصد بیان می‌شود)	± ۲۵	± ۲۵	ـــــ

جدول (۱۱): مقررات آزمون برای خواص مکانیکی غلاف (قبل و بعد از کهنگی)

علائم اختصاری انواع ترکیبات غلاف			ST_1	ST_2	ST_3	ST_7	SE_1
خواص اصلی ترکیبات غلاف			ترموپلاستیک				الاستومر
حداکثر درجه حرارت نامی هادی که غلاف کابل می‌تواند برای آن استفاده شود.		°C	۸۰	۹۰	۸۰	۹۰	۸۵
۱	بدون کهنگی						
۱-۱	حداقل مقدار مقاومت کششی	N/mm^2	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۰
۱-۲	حداقل افزایش طول نسبی در لحظه پارگی	%	۱۵۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
۲	بعد از کهنگی در کوره هوا						
۲-۱	طرز عمل: - درجه حرارت	°C	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۰
	- تداوم	روز	۷	۷	۱۰	۱۴	۷
۲-۲	استقامت کششی:						
	الف – حداقل مقدار بعد از کهنگی	N/mm^2	۱۲/۵	۱۲/۵			
	ب - حداکثر تغییرات*	%	±۲۵	±۲۵			±۳۰
۲-۳	افزایش طول نسبی در لحظه پارگی						
	الف – حداقل مقدار بعد از کهنگی	%	۱۵۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۵۰
	ب - حداکثر تغییرات*	%	±۲۵	±۲۵			±۴۰

* تغییرات: اختلاف بین مقدار میانی بدست آمده بعد از کهنگی و مقدار میانی بدست آمده بدون کهنگی است که به درصد بیان می‌شود.

۷-۴- آزمایش کهنگی روی قطعات کابلهای کامل شده

الف – کلیات

هدف از انجام این آزمون، این است که کنترل کند تا عایق و غلاف در شرایط بهره‌برداری بخاطر تماس و اتصال با سایر اجزاء موجود در کابل در معرض خرابی نباشد. این آزمون روی تمام انواع کابلها قابل اجرا است.

ب – نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از کابل تکمیل شده مطابق بند ۸-۱ استاندارد IEC 811-1-2 انجام شود.

ج – عمل کهنگی

عمل کهنگی یک قطعه از کابل باید در یک کوره هوا در شرایط زیر و مطابق بند ۸-۱ از استاندارد IEC 811-1-2 انجام شود.

- دما: به مقدار $۱۰ \pm ۲°C$ بالای درجه حرارت عملکرد نامی هادی کابل، یا اگر دمای عملکرد کابل مشخص نیست، $۱۰ \pm ۲°C$ بالای دمای نامی عملکرد هادی برای مواد عایق مطابق جدول (۱۰) باشد.
- مدت زمان: ۷×۲۴ ساعت

د – آزمونهای مکانیکی

قطعات آزمایش عایق و غلاف از قطعات کهنه کابل باید آماده و مطابق آزمونهای مکانیکی تشریح شده در بند ۸-۱ استاندارد IEC 811-1-2 انجام شود.

هـ – مقررات

تفاوت بین مقادیر میانی استقامت کشی و افزایش طول نسبی در لحظه پارگی بعد از کهنگی و مقادیر مشابه بدست آمده قبل از کهنگی (بند ۱-۷-۳ را ببینید) نباید از مقادیر بکار رفته در آزمایش بعد از کهنگی در یک کوره هوا که در جدول (۱۰) برای عایق و در جدول (۱۱) برای غلاف داده شده‌اند، تجاوز نماید.

۷-۵- آزمون تلفات جرم روی غلافهای PVC نوع ST۲

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق بند ۸-۲ از استاندارد IEC 811-3-2 باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با مقادیر داده شده در جدول (۱۲) مطابقت داشته باشد.

۷-۶- آزمونهای غلاف و عایق PVC در دماهای بالا

الف – روش

نمونه‌برداریها و روش آزمون باید مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-1-4 با درنظر گرفتن شرایط جدول (۱۲) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۱۲) مطابقت داشته باشد.

۷-۷- آزمونهای غلاف و عایق PVC در دماهای پایین

الف – روش

نمونه‌برداری و روش باید مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-1-4 با درنظر گرفتن درجه حرارت آزمایش مطابق جدول (۱۲)، باشد.

ب - مقررات

نتایج ازمون باید مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-3-1 باشد.

جدول (۱۲): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده PVC

	علائم اختصاری ترکیبات	PVC/B	ST_1	ST_2
	مورد استفاده از ترکیبات	عایق	غلاف	غلاف
۱	تلفات جرم در کوره هوا	مطابق بند ۸-۲ استاندارد IEC 811-3-2		
۱-۱	طرز عمل: - درجه حرارت (تلورانس $\pm ۲°C$) به درجه سانتیگراد			۱۰۰
	- تداوم (روز)			۷
۱-۲	حداکثر تلفات جرم مجاز (mg/cm^2)			۱/۵
۲	آزمون فشار در درجه حرارت بالا	مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-3-1		
۱-۲	- درجه حرارت آزمون (با رواداری $\pm ۲°C$) به درجه سانتیگراد	۸۰	۸۰	۹۰
۳	رفتار در دمای پایین	مطابق بخش ۸ استاندارد IEC 811-1-4		
	آزمونها بدون کهنگی قبلی انجام شود:			
۱-۳	آزمون خمش در سرما برای قطر کوچکتر از ۱۲/۵ میلیمتر			
	دمای آزمون (تلورانس $\pm ۲°C$)	-۵	-۱۵	-۱۵
۲-۳	آزمون ازدیاد طول در سرما روی قطعات دمبل شکل	-۵	-۱۵	-۱۵
	دمای آزمون (تلورانس $\pm ۲°C$)			
۳-۳	آزمون در سرما			
	دمای آزمون (تلورانس $\pm ۲°C$)	ــــ	-۱۵	-۱۵
۴	آزمون شوک حرارتی	مطابق بخش ۹ استاندارد IEC 811-3-1		
۱-۴	دمای آزمون (تلورانس $\pm ۲°C$)	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۲-۴	تداوم آزمون (ساعت)	۱	۱	۱

ادامه جدول (۱۲): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده PVC

	علائم اختصاری ترکیبات	PVC/A	ST_1	ST_2
	مورد استفاده در ترکیبات	عایق	غلاف	غلاف
۵	آزمون جذب آب روی عایق	مطابق بند ۹-۱ استاندارد IEC811-1-3		
۵-۱	روشهای الکتریکی			
۵-۲	دما (تلورانس $\pm ۲°C$)	۷۰		
۵-۳	تداوم (روز)	۱۰		
۵-۴	روش ثقل سنجی	۸۵		
۵-۵	درجه حرارت (تلورانس $\pm ۲°C$) تداوم روز	۱۴		
۵-۶	حداکثر تغییرات در جرم (mg/cm^2)	۱۰		
۶	پایداری حرارتی	مطابق استاندارد IEC 811-3-2		
۶-۱	دما (تلورانس $\pm ۲°C$)			
۶-۲	مینیمم مدت زمان به دقیقه			

۷-۸- آزمون مقاومت غلافها و عایق PVC در برابر ترک خوردن (آزمایش شوک حرارتی)

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمایش باید مطابق بند ۱۰ از استاندارد IEC 811-3-1 باشد، دمای آزمون و مدت زمان گرم کردن طبق جدول (۱۲) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با نیازهای بخش ۹ از استاندارد IEC 811-3-1 مطابقت داشته باشد.

۷-۹- آزمون تحمل گرمایی برای عایقهای XLPE و غلافهای SE_1

الف – روش

نمونه‌برداری و آزمایش بایستی مطابق بخش ۱-۳-۱۰ انجام شود و شرایط ذکر شده در جداول (۴) و (۵) درنظر گرفته شود.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید مطابق نیازهای ذکر شده در جدول (۴) برای عایق XLPE و جدول (۵) برای غلافهای SE_1 باشد.

۷-۱۰- آزمون غوطه‌وری در روغن برای غلافهای الاستومری

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق بخش ۱۰ از استاندارد IEC 811-2-1 با درنظر گرفتن شرایط جدول (۵)، باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۵) مطابقت نماید.

۷-۱۱- آزمونهای جذب آب روی عایق

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق با بند ۹-۱ یا ۹-۲ از استاندارد IEC 811-1-3 و شرایط مشخص شده در جداول (۴)، (۵) و (۱۲) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جداول (۴) و (۵) یا (۱۲) مطابقت نماید.

۷-۱۲- اندازه‌گیری مقدار دوده غلافهای PE

الف-روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق بخش استاندارد IEC 811-4-1 انجام گیرد.

ب-مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۱۳) مطابقت داشته باشد.

۷-۱۳-آزمون پایداری حرارتی برای عایقهای PVC

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق بخش ۹ استاندارد IEC 811-3-2 و مطابق جدول (۱۵) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۱۲) مطابقت کند.

۷-۱۴- آزمون انقباض برای غلافهای PE

الف – روش

نمونه‌برداری و روش آزمون باید مطابق بخش ۱۱ استاندارد IEC 811-1-3 و مطابق جدول (۱۳) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۱۳) مطابقت کند.

۷-۱۵- آزمون انقباض برای عایقهای XLPE

الف – نمونه‌برداری و روش آزمون بایستی مطابق بخش ۱۰ از استاندارد IEC 811-1-3 و تحت شرایط مشخص شده در جدول (۴) و (۵) باشد.

ب – مقررات

نتایج آزمون باید با جدول (۴) و (۵) مطابقت نماید.

۷-۱۶- آزمون خمش ویژه

برای کابلهای چندرشته‌ای با زره یا هادیهای هم‌مرکز که دارای پوشش داخلی روی رشته‌های کابل نمی‌باشند، یک آزمون ویژه خمش باید انجام شود.

نکته: در این نوع کابلها، نوارهای فلزی ممکن است مستقیماً روی مجموعه رشته‌ها بکار رفته باشد.

الف – روش

نمونه باید دور یک استوانه آزمون در دمای اطاق و حداقل یک دور پیچیده شود. قطر استوانه باید در حدود ۷ برابر قطر خارجی نمونه کابل باشد. سپس کابل پیچیده شده باز شده و این کار در جهت خلاف حالت قبل تکرار شود.

ایـن عمل سه بار تکرار شده و سپس در حالیکه نمونه روی استوانه پیچیده است در کوره هوا با دمایی برابر با حداکثر دمای نامی هادی کابل بمدت ۲۴ ساعت گرم شود.

بعد از سرد شدن کابل، باید در حالیکه هنوز کابل روی میله پیچیده شده آزمون ولتاژ مطابق بند ۳-۴ انجام شود.

ب – مقررات

شکست الکتریکی عایق نباید رخ دهد و هیچ ترک و شکافی در غلاف خارجی نباید دیده شود.

فهرست مطالب

۸- آزمونهای الکتریکی بعد از نصب

این آزمونها هنگامی که نصب کابل و سایر ملحقات آن تکمیل شد انجام می‌شود.

ولـتاژ مسـتقیمی برابـر ۷۰٪ ولـتاژ مسـتقیم مشخص شده در ردیف ج از بند ۳-۴ به مدت ۱۵ دقیقه اعمـال می‌شود و یا در صورت توافق بین خریدار و فروشنده، آزمون با یک ولتاژ متناوب با فرکانس قدرت مطابق زیر می‌تواند انجام شود:

الف – آزمون برای ۵ دقیقه با ولتاژ سیستم بین هادی و پوشش الکترواستاتیکی اعمال شود.

ب – آزمون برای ۲۴ ساعت با ولتاژ عملکرد نامی سیستم اعمال شود.

توجـه: آزمونهـای الکتریکی روی کابلهای تعمیر شده به مقررات نصب مربوط می‌شود و آزمونهای فوق فقط روی تاسیساتی است که جدید نصب می‌شوند.

جدول (۱۳): مقررات آزمون برای مشخصات ویژه عایق و غلاف از ماده عایق PE

الف	علائم اختصاری ترکیبات	ST_1	ST_2
ب	مورد استفاده از ترکیبات	غلاف	
۱	چگالی	مطابق بخش استاندارد IEC 811-1-3	
۲	مقدار دوده سیاه	مطابق بخش ۱۱ استاندارد IEC 811-4-1	
۲-۱	مقدار نامی (٪)	۲/۵	۲/۵
۲-۲	تلورانس (٪)	± ۰/۵	± ۰/۵
۳	آزمون انقباض	مطابق بخش ۱۱ استاندارد IEC 811-1-3	
۳ ۱	درجه حرارت (تلورانس ۲°c+)		
۳-۲	تداوم	۸۰	۸۰
۳-۳	حداکثر انقباض مجاز (٪)	۵	۵
		۳	۳

بخش چهارم
آئین‌کار و روشهای اجرایی

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-هدف و دامنه کاربرد : ۱

۲-کلیات ۱

۲-۱- حمل و نقل ۱
۲-۲- تخلیه قرقره ۱
۲-۳- حداقل دما برای نصب کابل ۳
۲-۴- حداقل شعاع خمش ۴
۲-۵- کشش مجاز کابل ۴
۲-۶- روشهای مختلف کابل‌کشی ۵
۲-۶-۱-کابل بکاررفته در داخل پستهای توزیع ۵
۲-۶-۲-کابلهای خارج شده از پستهای توزیع ۵
۲-۶-۲-۱-دفن کابل در زمین ۵
۲-۶-۲-۲-سیستم مجرای کابل یا سیستم زیرزمینی ۶
۲-۷- توصیه‌های عمومی درباره کابل کشی ۶
۲-۷-۱-تنش‌های مکانیکی خارجی ۶
۲-۷-۲-تنشهای حرارتی خارجی ۶
۲-۷-۳-حفاظت در برابر عوامل جوی و مواد خورنده ۶
۲-۷-۴-اتصال به زمین وتداوم الکتریکی پوششهای فلزی کابلها ۷
۲-۷-۵-جداسازی یا تفکیک کابل کشیهای مربوط به مدارهای با ولتاژ خیلی پایین و وسایل ارتباطی ۷
۲-۷-۶-انتخاب وسایل کابل‌کشی ۷
۲-۷-۷-نقاط تجمع آب و گرد و خاک ۸
۲-۷-۸-کابلهای با عایق پلیمری با ولتاژ ۰/۶/۱ کیلوولت ۸
۲-۷-۹- کابل با عایق پلیمری و ولتاژ بالاتر از ۰/۶/۱ کیلوولت تا ۱۸/۳۰ کیلوولت ۸
۲-۷-۱۰- ذخیره طول معینی از کابل در هنگام نصب ۹

۳-کابل‌کشی در داخل پست ۹
۳-۱- کابل کشی روی دیوار یا سقف یا قفسه و سینی کابل ۹
۳-۲- کابل در کانال ۱۰
۴-کابل کشی در خارج از پست ۱۱
۴-۱- خواباندن کابل در گودال و دفن آن در زمین ۱۲
۴-۱-۱- مسیر کابل ۱۲
۴-۱-۲- حفر کانال ۱۳
۴-۱-۳- نصب کابل ۱۴
۴-۱-۴- عبور کابل از لوله ۱۶
۴-۱-۵- حریمها ۱۷
۴-۱-۵-۱- نحوه عبور کابل از خیابان و خطوط آهن ۱۷
۴-۱-۵-۲- تقاطع کابل جدید برق با کابل قدیمی (برق یا مخابرات) ۱۸
۴-۱-۵-۳- عبور کابل فشار قوی و ضعیف در یک کانال ۱۹
۴-۱-۵-۴- تقاطع کابل با کانال فاضلاب ۲۰
۴-۱-۵-۵- عبور کابل برق به موازات لوله گاز ۲۰
۴-۱-۵-۶- تقاطع کابل برق با لوله گاز ۲۰
۴-۱-۵-۷- عبور کابل برق به موازات لوله‌های آب ۲۱
۴-۱-۵-۸- تقاطع کابل برق با لوله‌های آب ۲۱
۴-۲- روشهای مختلف کشیدن کابل ۲۲
۴-۳- آزمونهای الکتریکی بعد از نصب ۲۶
۵-تعمیر غلاف خارجی صدمه دیده ۲۶
۵-۱- تعمیر غلاف صدمه دیده با استفاده از عایق ترموپلاستیکی ۲۷
۵-۲- قالب‌گیری و ریختن رزین برای کابلهای با غلاف خارجی PVC ۲۸
۵-۳- نوار پیچی با استفاده از نوار چسب PVC ۲۸
۶-متعلقات کابل ۲۹

۶-۱- سر کابل ۲۹
۶-۲- مفصل‌بندی ۳۰
۶-۳- اصول اولیه برای نصب متعلقات کابل ۳۰
۶-۴- مفصل بندی کابل ۳۱
۶-۴-۱- برداشتن پوشش و غلاف کابل ۳۳
۶-۴-۲- برداشتن پوشش الکترواستاتیکی فلزی کابل ۳۴
۶-۴-۳- برداشتن مواد نیمه هادی ۳۵
۶-۴-۴- برداشتن عایق کابل (لخت کردن) ۳۵
۶-۴-۵- آزمونهای کابل با عایق کاغذی ۳۷
۶-۴-۶- دو راهی مفصل کابل ۳۸
۶-۴-۷- نوار عایق کابل ۳۹
۶-۴-۸- نصب مفصل پیش ساخته کابل ۴۲
۶-۴-۸-۱- بکارگیری نوار پوشش الکترواستاتیکی ۴۳
۶-۴-۸-۲- بکارگیری جداکننده کابل و نوارهای همبندی ۴۴
۶-۴-۸-۳- نصب پوشش سربی کابل ۴۴
۶-۴-۸-۴- لحیم کاری پوشش مفصل ۴۴
۶-۴-۸-۵- پرکردن پوسته مفصل کابل با مواد مرکب ۴۵
مراجع ۴۶

فهرست اشکال

شکل (۱): سطح شیب‌دار موقت برای تخلیه قرقره کابل ۲
شکل (۲): روش مسدود کردن ورودی کابل به پست از داخل کانال ۱۰
شکل (۳) : نحوه گذراندن کابل از میان دیوار ۱۱
شکل (۴) : نشاندهنده چگونگی کانال حفر شده جهت خوابانیدن کابل ۱۳
شکل (۵): جزئیات نصب کابل در گودال ۱۵
شکل (۶) : گودال در محل ورود کابل به لوله ۱۶
شکل (۷): محافظت کابل در ابتدا و انتهای لوله ۱۷
شکل (۸): نحوه عبور کابل از خیابانها وخطوط راه‌آهن ۱۸
شکل (۹): نحوه عبور کابل از کابل موجود زیرزمینی ۱۹
شکل (۱۰): جزئیات کانال خاکی مشترک جهت نصب کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف ۱۹
شکل (۱۱) : عبور کابل زیرزمینی از مجاری فاضلاب ۲۰
شکل (۱۲) : نحوه عبور کابل به موازات لوله‌های آب ۲۱
شکل(۱۳) : نحوه عبور کابل زیرزمینی از لوله‌های آب ۲۱
شکل (۱۴) : نشان دهنده کابل کشی از مسیر پیاده ۲۲
شکل (۱۵): غلطک کابل ۲۳
شکل (۱۶): غلطک زاویه ۲۳
شکل (۱۷) : کشیدن کابل بصورت حلقه ۲۴
شکل (۱۸) : کشیدن کابل بصورت شکل ۸ ..... ۲۴
شکل (۱۹) : جوراب کابل ۲۵
شکل (۲۰) : گیره سر کابل ۲۵
شکل (۲۱): نشاندهنده چگونگی پیچیدن نوار چسب بر روی کابل ۲۹
شکل (۲۲): حداقل شعاع خمش (مقدار کابل اضافی در نظر گرفته شده) هنگامی که در اطراف دیوار حوضچه نصب می‌شوند ۳۱
شکل (۲۳) : ایجاد یک حلقه با چافوی کابل بری ۳۳
شکل (۲۴) : ایجاد برش طولی در غلاف ۳۴

شکل (۲۵) : جداکردن غلاف کابل از عایق ۳۴
شکل (۲۶) : انتهای کابلها که هادیهای لخت را بعد از برداشته شدن عایق نشان می‌دهد ۳۵
شکل (۲۷): مفصل کابل و عمل مخروطی شدن عایق هادیهای کابل ۳۶
شکل (۲۸) : مخروطی کردن عایق هادیها ۳۷
شکل (۲۹): مفصل کابل، عایق هادیها را بعد از پله‌ای شدن نشان می‌دهد. ۳۷
شکل (۳۰) : دوراهی کابل مسی با یک شکاف باریک ۳۸
شکل (۳۱) : نحوه نصب دوراهی روی هادی کابل، رشته‌های بهم تابیده به وسیله انبر قفلی نگه داشته می‌شود ۳۸
شکل (۳۲): ریختن قلع روی دوراههای داخلی ۳۹
شکل (۳۳) : قسمتی از کابل که عملیات مفصل بندی آن به اتمام رسیده است ۳۹
شکل (۳۴): مفصل کابل بعد از اینکه به جای عایق اصلی از نوار عایقی استفاده شده است. ۴۰
شکل (۳۵): 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 نوار پیچی می‌باشد. ۴۰
شکل (۳۶) : مراحل مختلف بستن کابل سه رشته‌ای ۴۰
شکل (۳۷): طریقه پیچیدن نوار در انتهای نوار پیچی ۴۱
شکل (۳۸): مفصل کابل بعد از نوار پیچی کامل در کابلها با عایق پلاستیکی ۴۲
شکل (۳۹): دو راهی پیش ساخته روی هادی کابل که با پرس بهم وصل شده‌اند لغزانده می‌شود ۴۳
شکل (۴۰): نمودار توزیع تنش الکتریکی در مفصل پیش ساخته که روی کابل فشار قوی زره دار ساخته شده است ۴۳
شکل (۴۱): مفصل کابل با نوار محافظ که هادی یا هادیهای نوارپیچی شده را پوشانده است ۴۳
شکل (۴۲): لحیم کاری کامل شده غلاف و روکش فلزی خارجی کابل که بطور مناسب خم شده است ۴۴
شکل (۴۳): قلع کاری غلاف سربی با استفاده از شعله چراغ و قلع ۴۵

فهرست جداول

جدول (۱): حداقل شعاع خمش کابل ۴
جدول (۲) : کشش مجاز مربوط به کابلها..... ۴
جدول (۳): روشهای تعمیر غلاف خارجی کابل با جنس PVC یا PE..... ۲۷

فهرست مطالب

۱- هدف و دامنه کاربرد :

هدف از تدوین این استاندارد بیان قوانین و مقررات لازم جهت نصب و بهره‌برداری ار کابلها می‌باشد و دامنه کاربرد آن در زمینه کابلهای فشار ضعیف، ۲۰KV و ۳۳ می‌باشد.

۲- کلیات

قبل از کابل‌کشی، باید نکات لازم در مورد نصب کابل مورد بررسی قرار گیرد، حمل و نقل و تخلیه قرقره کابل از مسائلی است که در صورت بی‌توجهی به آن موجب وارد آمدن آسیب به کابل شده و کار کابل‌کشی را با مشکل مواجه می‌سازد. 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 می‌باشد. در ادامه ابتدا نکات فوق مورد بررسی قرار گرفته و در مورد قسمتهای بعدی دستورالعملهای نصب کابل آورده می‌شود.

۲-۱- حمل و نقل

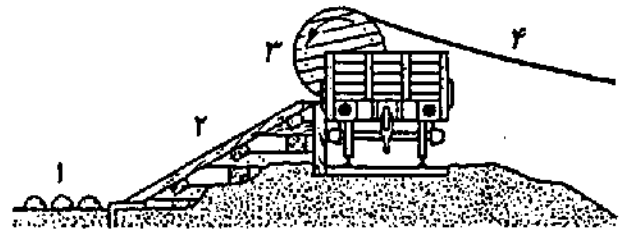
کابلهای بطور معمول روی قرقره‌های چوبی پیچیده می‌شوند، اندازه قرقره‌ها به طول کابل، نوع کابل، سطح ولتاژ، سطح مقطع و ... بستگی دارد. کابلهای کوتاه بدون زره تا ۱۵۰ متر طول و حداکثر وزن ۱۰۰ کیلوگرم و یا کابلهای زره‌دار تا ۱۵۰ متر طول و۲۵۰ کیلوگرم وزن، را می‌توان به صورت چمبره کاغذپیچ شده حمل و نقل کرد. همچنین قرقره کابلها، روی ریل یا جاده حمل می‌شود و بایستی با قرار دادن گوه‌های 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 حمل‌کننده، بصورت کتبی گزارشی تهیه شده تا بعنوان مدرک نگهداری شود و در صورت لزوم قرقره تعویض گردد.

۲-۲- تخلیه قرقره

برای تخلیه قرقره از جرثقیل یا سطح شیب‌دار استفاده می‌شود. در صورت موجود نبودن وسیله مناسب سطح شیب‌داری مانند شکل (۱) بطور موقت در محل نصب می‌شود. این وسیله از الوار چوبی ساخته شده و نسبت ۴ به ۱ برای سطح شیب‌دار در نظر گرفته شود. در موقع پیاده کردن کابل و حرکت

آن روی سطح شیب‌دار، 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 شیب‌دار مفید می‌باشد.

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



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

چمبره 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 زیرا 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 داردکه لایه‌های کابل روی قرقره شل شود. بعد از برداشتن حفاظتهای قرقره یا نوارهای پیچیده شده روی چمبره، کابلها، بایستی از لحاظ آسیب‌دیدگی خارجی مورد بازرسی قرار گیرند. ضمناً باید سرپوش انتهایی کابلها به دقت بازرسی شده تا در وضعیت خوبی قرار داشته باشد و با استفاده از آزمون عایقی این مسئله مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز، کابل رطوبت دیده 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 می‌توان بکارگرفت). در هنگام کشیدن کابل از روی قرقره باید قرقره چرخانده شود تا از وارد آمدن فشار به کابل خصوصاً کابلهای بدون زره جلوگیری گردد.

۲-۳- حداقل دما برای نصب کابل

حداقل دمای نصب برای کابلهای با عایق وغلاف پلاستیکی برابر $5^{\circ}c$- می‌باشد. در صورتیکه 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 اطاقی 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 مشخص کننده 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 تعیین‌شده سرد شود.

۲-۴- 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 (۱) انتخاب گردد.

جدول (۱): حداقل شعاع خمش کابل

کابل با عایق پلاستیکی	$U_0/U \leq$ ۰/۶/۱ کیلو ولت	$U_0/U >$ ۰/۶/۱ کیلو ولت	
کابل چند رشته	R=۱۲×d	R=۱۵×d	
کابل تک رشته	R=۱۵×d	R=۱۵×d	

که d قطرخارجی کابل و R حداقل شعاع خمش کابل می‌باشد.

۲-۵- کشش مجازکابل

در هنگامیکه که کابل توسط دستگاه کشیده می‌شود بایستی توجه شود تا نیروی کشش در حدود جدول (۲) محدود گردد:

جدول (۲) : کشش مجاز مربوط به کابلها

روش کشش	ساختمان کابل	نیروی کشش
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	F=۵۰ × $A = [N]$ برای کابلهای با هادی مسی F=۳۰ × $A = [N]$ برای کابلهای با هادی آلومینیومی
با جوراب کابل	تمام کابلها با زره مفتولی	$F=K.D^2$ K=۹N/mm
	کابل با غلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	$F=K.D^2$ برای کابلهای تک غلافه K=۳N/mm برای کابلهای سه رشته با غلاف جداگانه K=۱N/mm
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	F =۵۰ × $A = [N]$ برای کابلهای با هادی مسی F=۳۰ × $A = [N]$ برای کابلهای با هادی آلومینیمی

که در آن:

A: سطح مقطع کل هادی به میلیمتر مربع می‌باشد (بدون در نظر گرفتن هادی هم مرکز و یا پوشش الکترواستاتیکی)

D: قطر خارجی کابل برحسب میلیمتر

F: حداکثر نیروی کشش مجاز برحسب نیوتن می‌باشد.

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) نشود. ضمناً باید دقت شود در صورتیکه کابل بعد از نصب در سیستم تحت کشش دائم قرار می‌گیرد کابل بایستی مجهز به سیم مهار یا مشابه آن باشد تا بتواند به راحتی نیروی کشش را تحمل کند.

۲-۶- روشهای مختلف کابل‌کشی

شبکه توزیع را می‌توان از لحاظ کاربرد کابل قدرت در آن به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

۲-۶-۱-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 بکار رفته در داخل پستهای توزیع عموماً به صورت نصب روی سینی کابل و یا نصب در کانالهای پیش ساخته بصورت سرباز و یا تهویه‌دار و یا بصورت سربسته می‌باشد.

۲-۶-۲-کابلهای خارج شده از پستهای توزیع

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

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

۲-۶-۲-۱-دفن کابل در زمین

ابتدا گودال مناسب حفر شده و با توجه به استانداردهای کابل کشی 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.

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

در سیستم زیر زمینی، کابل از داخل مجرای کابل و لوله عبور داده شده و به فواصل مشخص و معینی از دریچه‌های بازدید آدم‌رو (منهول) یا دریچه‌های بازدید استفاده می‌گردد. اجرای این سیستم هزینه زیادتری به سایر سیستمها دارد و از طرفی ظرفیت باردهی کابل نیز در این سیستم نسبت به خواباندن کابل بطور مستقیم در زمین کاهش می‌یابد، ار 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.

۲-۷- توصیه‌های عمومی درباره کابل کشی

۲-۷-۱-تنش‌های 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 می‌توان از کابلهای زره‌دار استفاده نمود، و یا بطور مناسبی از آن محافظت کرد. کابلهای نصب شده در داخل لوله‌ها، کانالها در برابر خرابیهای مکانیکی با استقامت کافی به حساب می‌آیند.

۲-۷-۲-تنشهای حرارتی خارجی

کابلها نباید در محیطهایی که دمای آنها از حد پیش‌بینی شده تجاوز می‌نمایند نصب شوند،مجاری کابل و یا لوله‌ها باید بقدر کافی با لوله و تجهیزات حرارتی فاصله داشته باشند.

۲-۷-۳-حفاظت در برابر عوامل جوی و مواد خورنده

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 خورنده قرار گیرند باید از نوع مقاوم در برابر خورندگی بوده و یا بنحوی دیگر محافظت شوند.

۲-۷-۴-اتصال به زمین وتداوم الکتریکی پوششهای فلزی کابلها

اتصال زمین باید با توجه به مطالب مندرج در استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع انجام شود. پوشش فلزی کابلها باید طبق مقررات ایمنی در برابر بروز اتصالی محافظت شود. در کابلها با جنس عایق از مواد ترموپلاستیک (PVC و XLPE و ...) هادی هم مرکز حفاظتی، پوشش الکترواستاتیکی، زره کابل وغلافهای فلزی بایستی زمین شوند، این مسئله بایستی در پستها و مفصلها رعایت گردد. برای کابلهایی که دارای هادی هم مرکز و یا پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی می‌باشند بایستی سیمهای مسی به هم تابیده شده و زمین گردند و برای کابلهایی که پوشش الکترواستاتیکی آن از نوارهای مسی و یا مفتولهای فولادی تشکیل شده است، این پوشش باید توسط لحیم کردن و یا پیچیدن سیم مسی به دور آن زمین شود.

۲-۷-۵-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 دیگرتفکیک 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 مجرایی 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 بالااستفاده می‌شود این مدارها باید به نحوی موثر از یکدیگر جدا شوند. این کار با استفاده از دیوارهای محکم و یا قرار دادن این کابلها با فاصله بیش از ۳۰۰ میلیمتر از کابلهای دیگر امکان‌پذیر است.

۲-۷-۶-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.

۲-۷-۷-نقاط تجمع آب و 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 موجود می‌شود (مثل تغییر در مقاومت حرارتی در حوالی کابلها) باید احتیاطهای لازم به عمل آید.

۲-۷-۸-کابلهای با عایق پلیمری با ولتاژ ۰/۶/۱ کیلوولت

این کابلها به رطوبت زیاد حساس نیستند لذا برای نصب داخلی در محوطه خشک نیازی به پوشش کامل انتهای این کابلها نمی‌باشد و آماده‌سازی برای اتصال 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 ماوراءبنفش 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 مفصل و بصورت کاملاً بسته شده انجام شود.

۲-۷-۹- کابل با عایق پلیمری و ولتاژ بالاتر از ۰/۶/۱ کیلوولت تا ۱۸/۳۰ کیلوولت

انتهای این کابلها بایستی همانند کابلهای کاغذی از نفوذ رطوبت محافظت گردد. نقاط بریده شده کابل که فوراً نصب نمی‌شود 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 می‌شود) در این کابلها باند پیچی کردن به تنهایی کافی نمی‌باشد. تمام اتصالات مربوط به این کابلها بایستی توسط مفصلهای مخصوص که کاملاً اطراف کابل را از محیط بسته نگه می‌دارد، انجام شود.

در مورد کابلهای با عایق PE، با توجه به خواص عایقی 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 می‌شود بعد از خواباندن کابل این پوشش و تمام وسایلی که برای برش کابل مورد استفاده قرار می‌گیرند زمین شوند. برای این کار می‌توان با استفاده از سیمهای قابل انعطاف، پوششهای الکترواستاتیکی و وسایل برش را به سیستم زمین متصل نمود.

۲-۷-۱۰- ذخیره طول معینی از کابل در هنگام نصب

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

فهرست مطالب

۳- کابل‌کشی در داخل پست

کابلها یا در روی سینی و قفسه نصب می‌شوند و یا روی دیوار یا سقف توسط پست 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 با زره ۳۰ تا ۳۵ برابر قطر خارجی

ضمناً حداکثر این مقدار نباید از ۸۰ سانتیمتر بیشتر شود.

در مسیرهای عمودی فاصله بین دوبست کابل به نوع کابل و نوع بست بستگی دارد، این مقدار از ۱/۵ متر نبایستی بیشتر شود.

۳-۱- کابل کشی 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 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، سه راه یا چهارراه به سینیها محکم شود. فاصله بین سینیهای دو طبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

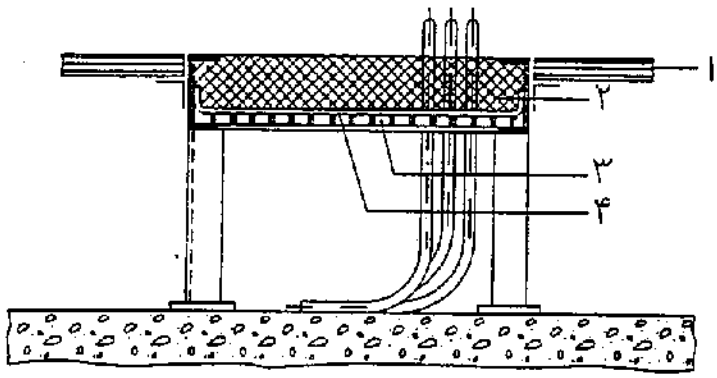
کابلهای چند رشته‌ای نیازی به بستن روی کابل ندارند و حداقل فاصله میان کابلهای مجاور نباید کمتر از قطر کابل بزرگتر باشد.

۳-۲- 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.

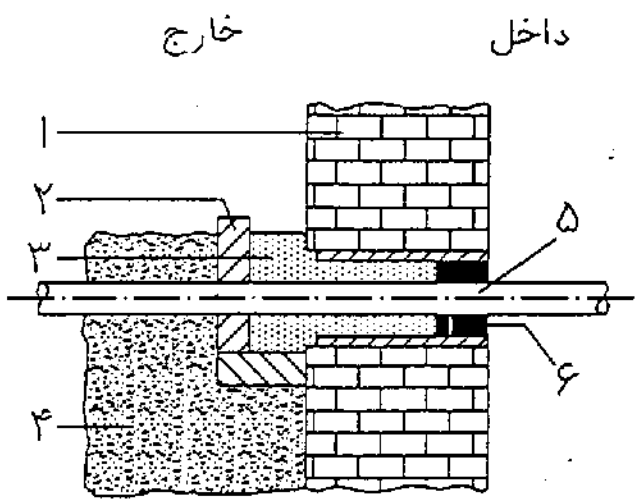
ظرفیت جریان قابل حمل کابل قرار گرفته در کانال به شرط تهویه مناسب، معمولاً از کابل قرار گرفته در زمین بیشتر است. این سیستم هزینه زیادتری نسبت به سایر روشهای کابل‌کشی بوده و بیشتر در اطراف پستها و داخل آن اجرا می‌گردد.

برای جلوگیری از نفوذ احتمالی آتش به پست نقطه ورودی کابل از کانال به داخل بایستی کاملاً مسدود شود (شکل 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 ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل باشد عبور داده شود و (شکل۳) بعد از عبور کابل، 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 تا دمای صمغ از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بیشتر نشود. کابلهای با غلاف PVC بایستی با لایه‌ای از نوار پلی‌اتیلن پوشیده شوند.



۱- صفحه پوشاننده
۲- ملاط ضد آتش
۳- صفحه گالوانیزه مشبک mm ۷۵×۷۵
۴- ورق آلومینیوم به ضخامت ۰/۴ میلیمتر

شکل (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 یا نوارهای پلاستیکی

شکل (۳) : نحوه گذراندن کابل از میان دیوار

به منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانال جمع شود در کف کانال جمع شود، باید کف‌شوییهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه آب متصل باشد در فواصل 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 پیش ساخته معمولی، باید در کف کانال در فواصل حداکثر برابر ۶۰ سانتیمتر، پایه‌ای انکایی ازلوله 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.

۴- کابل کشی در خارج از پست

فهرست مطالب

کابل کشی به دو صورت کلی زیر می‌تواند انجام شود:

الف- خواباندن کابل در گودال و کانال

ب- روش زیرزمینی و مجرای کابل

۴-۱- خواباندن کابل در گودال و دفن آن در زمین

برای این منظور ابتدا گودالی متناسب با محل حفر شده وبعد از ریختن ماسه نرم در آن، کابل در گودال قرار گرفته وسپس با نصب پوشش حفاظتی متناسب گودال کاملا پر می‌شود.

مزایای این روش در این است که اولا نصب کابل از نظر اقتصادی ارزانتر است و ثانیاً از کابل بار بیشتری می‌توان گرفت. ماسه‌های ریخته شده علاوه بر حفاظت و نرمی زیر کابل، دما را خیلی خوب منتقل نموده که این موضوع باعث خنک شدن کابل می‌شود.

۴-۱-۱- مسیر کابل

قبل از کابل کشی، مسیر کابل بایستی بطور دقیق نقشه‌برداری و مشخص شود و در طول مدت کابل‌کشی این نقشه به همراه فهرست لوازم مورد نیاز در دسترس باشد 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 سر کابلها 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، آهک و ... باشد، لازم است نوع کابل یا مسیر آن تغییر نماید.

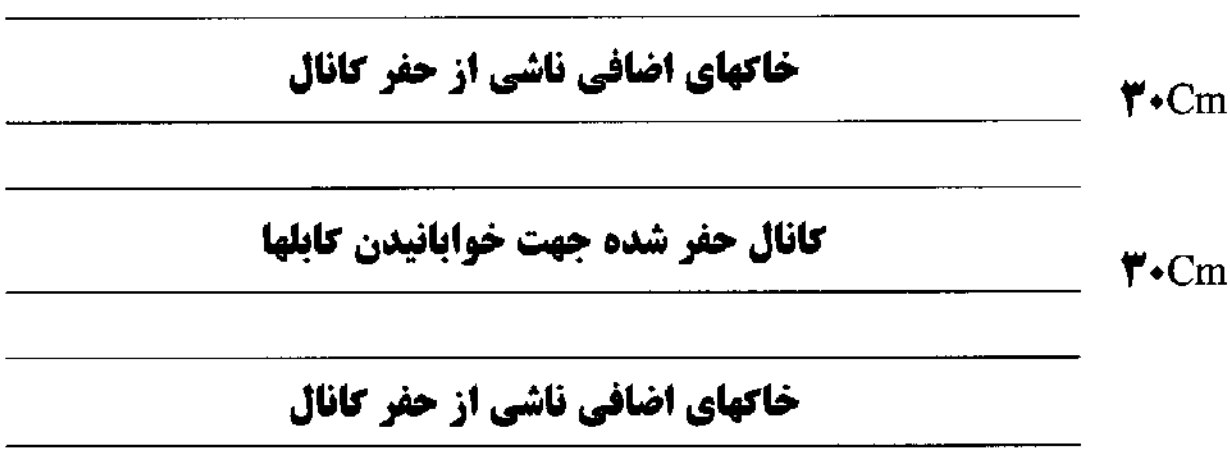
هنگامیکه مسیر کابل از نزدیکی خطوط راه‌آهن،تاسیسات آب و ... عبور می‌کند اقدامات لازم بایستی در این مورد در نظر گرفته شود.

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 مسیرطولانی موازی هستند باید مسائل ناشی از تداخل امواج را در نظر داشت.

۴-۱-۲- 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 ۴) تا هر گونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. (در صورت لزوم وسایل هشدار دهنده نظیر پرچمهای احتیاط یا چراغهای گردان در اطراف محلهای حفاری شده نصب گردد.)



خاکهای اضافی می‌باید به فاصله ۳۰ سانتیمتری از لبه کانال ریخته شوند
شکل (۴) : نشاندهنده چگونگی کانال حفر شده جهت خوابانیدن کابل

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

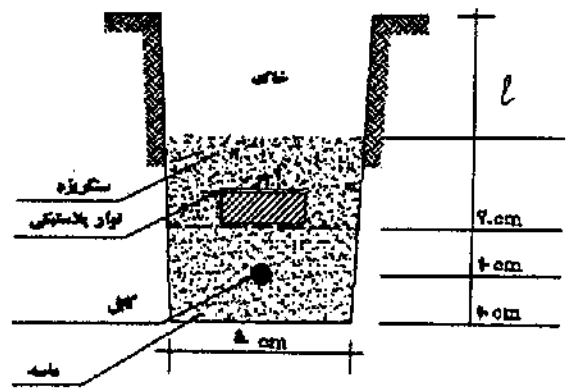
عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابلهای زیرزمینی بستگی به تعداد کابلهایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. عرض کانال برای دو رشته کابل ۵۰ سانتیمتر مطابق شکل (۵) می‌باشد، همچنین عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابلهایی دارد که روی هم قرار می‌گیرد، در هر حال فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی 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.

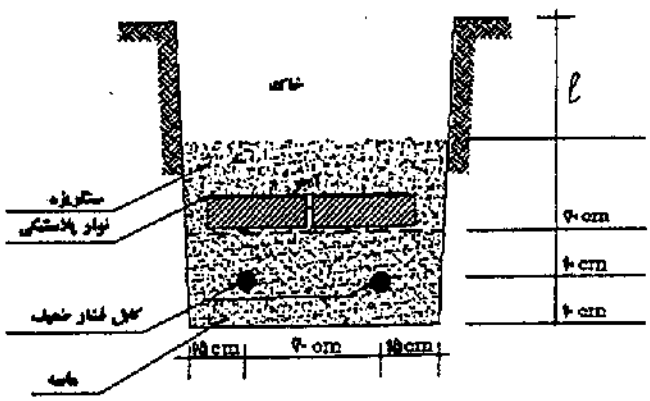
۴-۱-۳- نصب کابل

برای نصب کابل در داخل کانال خاکی ابتدا بایستی کف کانال کاملا صاف، تمیز و کوبیده شده باشد و حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم در گودال ریخته شود و کابل بر روی آن خوابانده شود. بعد از آن مجددا روی کابل با قل 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 "توجه مسیر کابل" نوشته شده است کشیده شود. روی مجموعه تا ارتفاع ۲۰ سانتیمترسنگریزه و سپس روی آن خاک معمولی ریخته و کوبیده تا فشرده شود.

جزئیات نصب کابل و ابعاد کانال و فاصله بین کابلها در شکل (۵) آمده است.

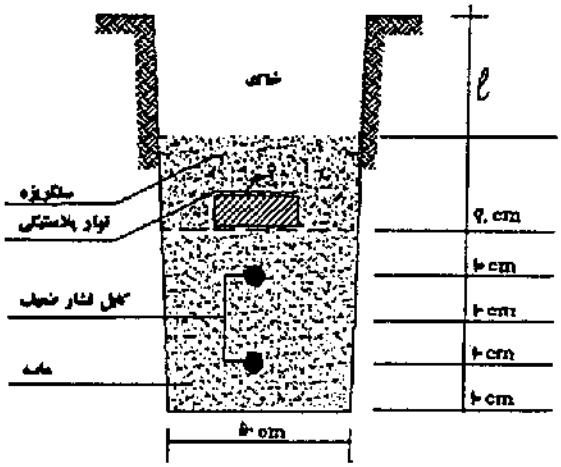


جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل



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

	کابل فشار ضعیف	کابل تا ۲۰KV	کابل تا ۳۳KV
I	۳۰ سانتیمتر	۶۰ سانتیمتر	۷۰ سانتیمتر



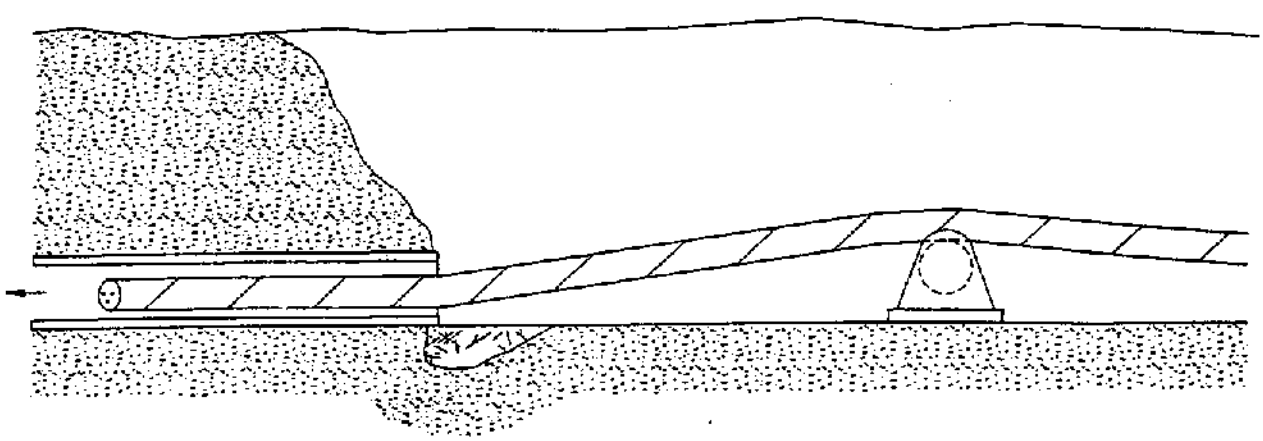
جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل

فشار ضعیف در یک ردیف عمودی

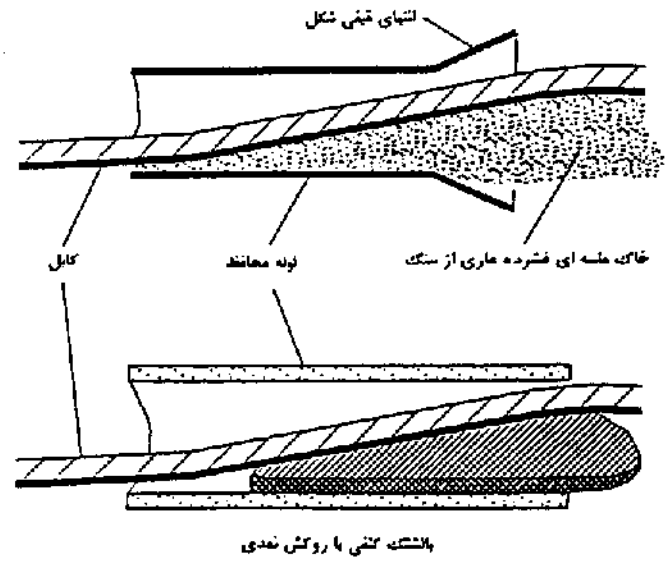
شکل (۵): جزئیات نصب کابل در گودال

۴-۱-۴- عبور کابل از لوله

هنگامیکه مسیر کابل یا 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 (۶) 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 کنفی بصورت شکل (۷) محافظت گردد. در صورتیکه 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 کاملا مسدود شده تا از سنگریزه به داخل لوله جلوگیری شود.



شکل (۶) : گودال در محل ورود کابل به لوله



شکل (۷): محافظت کابل در ابتدا و انتهای لوله

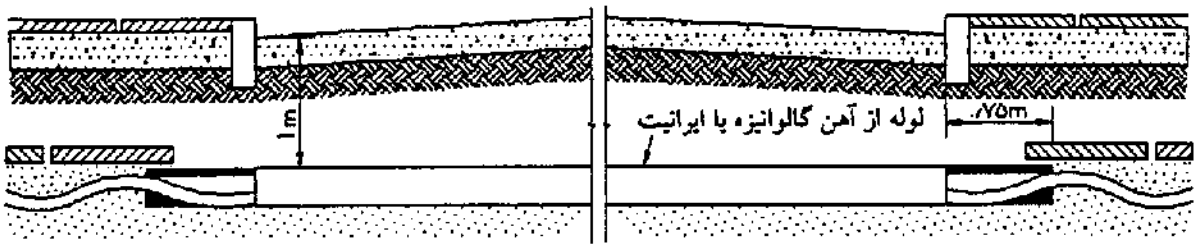
حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن به آسانی امکان‌پذیر باشد. با توجه به این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی کانال یا لوله بیش از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.

همچنین کلیه کابلهای داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از استعمال دو راهی وسط خط باید خودداری شود.

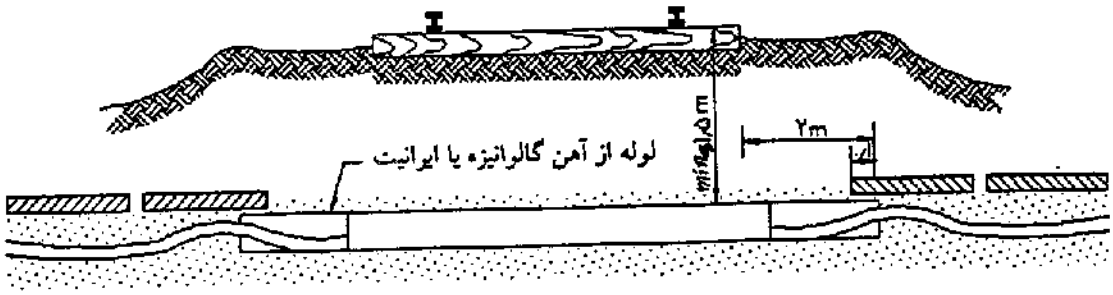
۴-۱-۵- حریمها

۴-۱-۵-۱- نحوه عبور کابل از خیابان و خطوط آهن

نحوه عبور از خیابانها و جاده‌ها و نیز محل تقاطع با خطوط آهن در شکل (۸) آمده است. معمولا 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.



عبور از خیابانها و جاده‌ها



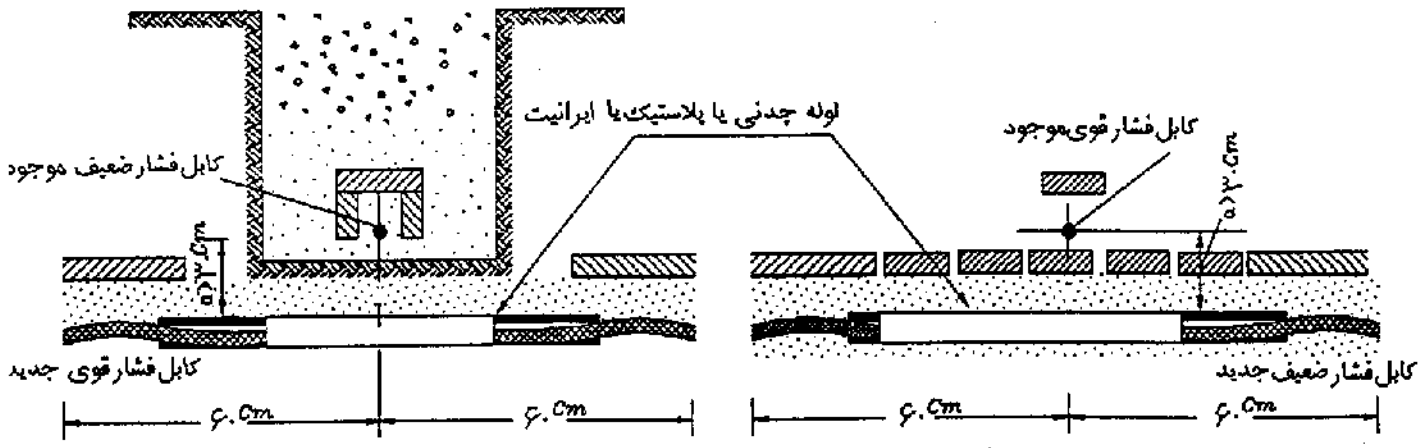
عبور از خطوط راه‌آهن

شکل (۸): نحوه عبور کابل از خیابانها وخطوط راه‌آهن

۴-۱-۵-۲- 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 از جنس پلاستیک سخت 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 بوسیله ریختن خاک کوبیده یا ماسه زیر آن محافظت کرد.

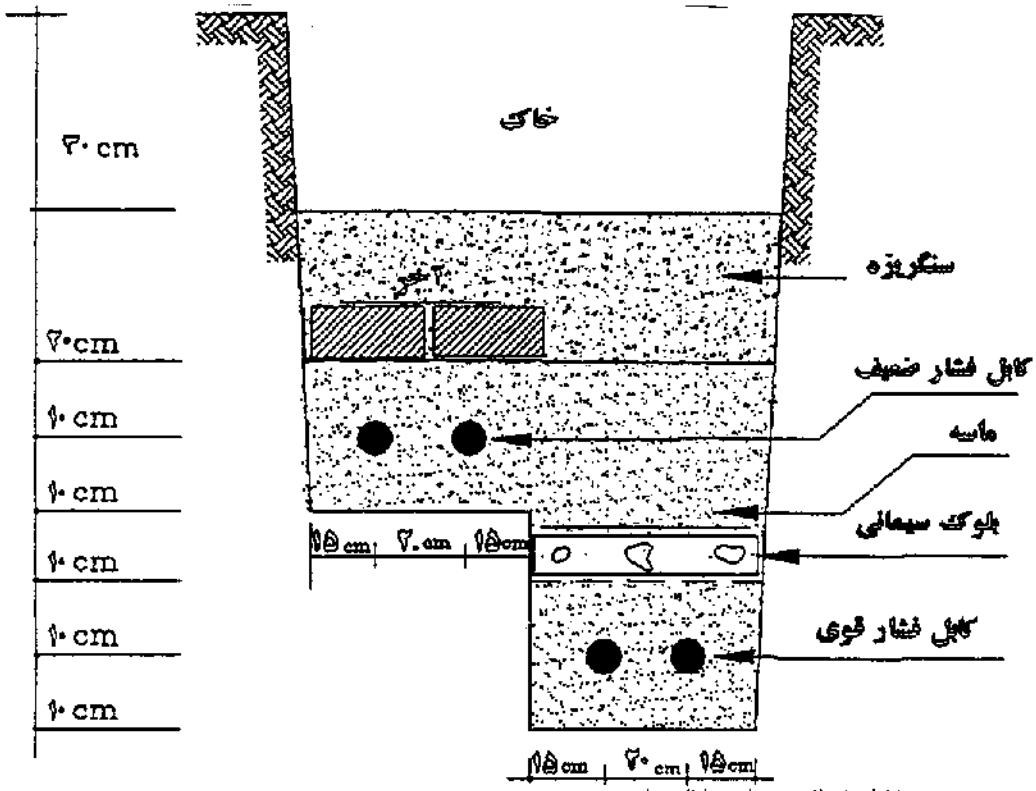
حداقل فاصله بین کابلها با فشارهای متفاوت نباید از ۳۰ سانتیمتر کمتر باشد، جزئیات این کار در شکل (۹) آمده است. در صورتی که کابل برق جدید (ضعیف یا قوی) با کابل مخابرات تقاطع داشته باشد فاصله حداقل ۳۰ سانتیمتر باید رعایت شده و کابل جدید از لوله‌ای به طول ۱۲۰ سانتیمتر عبور داده شود. در حالتی که کابل برق فشار 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 (۹): نحوه عبور کابل از کابل موجود زیرزمینی

۴-۱-۵-۳- عبور کابل فشار قوی و ضعیف در یک کانال

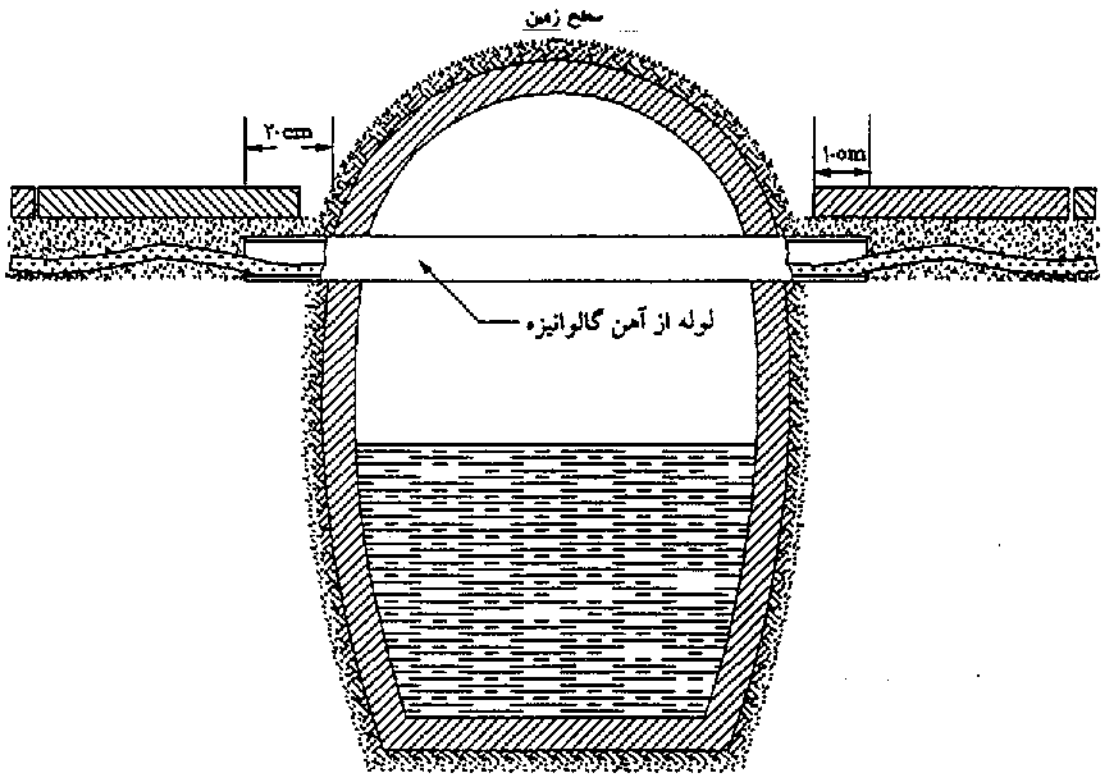
در مواردیکه کابل فشار قوی و ضعیف در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می‌شود، باید کانال به شکل پله‌ای (دو مسیر متفاوت) حفر و کابل فشار قوی در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. جزئیات این مسئله در شکل (۱۰) آمده است.



شکل (۱۰): جزئیات کانال خاکی مشترک جهت نصب کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف

۴-۱-۵-۴- تقاطع کابل با کانال فاضلاب

در صورت تقاطع کابل برق با کانال فاضلاب طرز قرار گرفتن لوله و فواصل مجاز مانند شکل (۱۱) می‌باشد.



شکل (۱۱) : عبور کابل زیرزمینی از مجاری فاضلاب

۴-۱-۵-۵- عبور کابل برق به موازات لوله گاز

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

- کابلهای فشار ضعیف: ۱ متر
- کابلهای ۲۰ Kv : ۲ متر

۴-۱-۵-۶- تقاطع کابل برق با لوله گاز

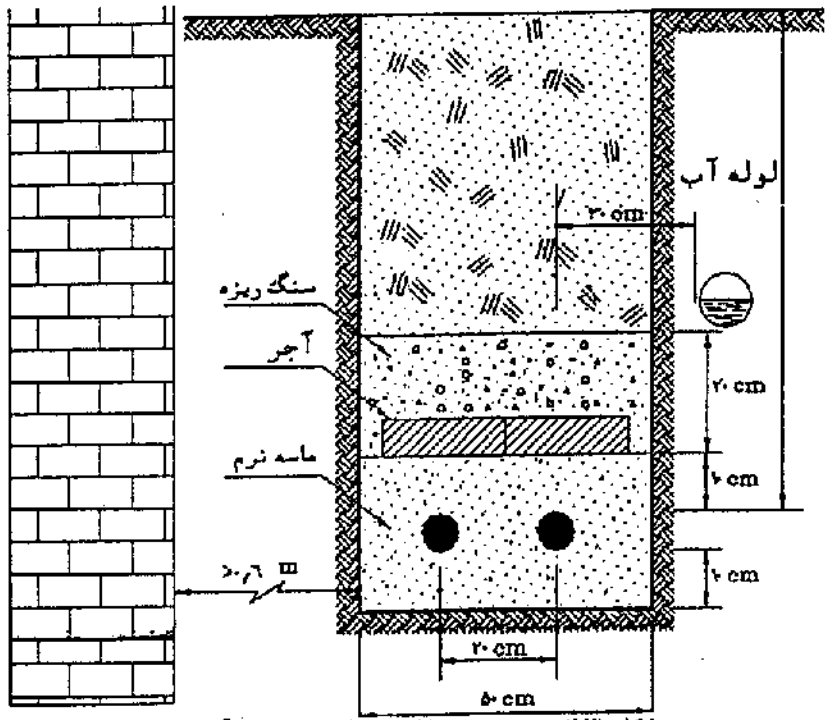
در تقاطعها حداقل فاصله عمودی بین کابلها و لوله‌های گاز به شرح زیر می‌باشد:

- کابلهای فشار ضعیف: ۰/۵ متر
- کابلهای ۲۰Kv : 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.

۴-۱-۵-۷- عبور کابل برق به موازات لوله‌های آب

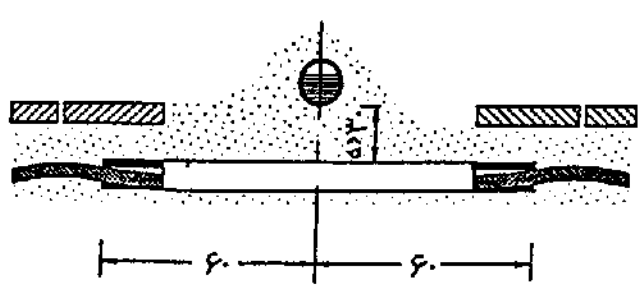
در این حالت فاصله افقی و عمودی کابل فشار ضعیف یا متوسط از لوله‌های آب برابر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد که طرز قرار گرفتن آن در شکل (۱۲) آمده است.



شکل (۱۲) : نحوه عبور کابل به موازات لوله‌های آب

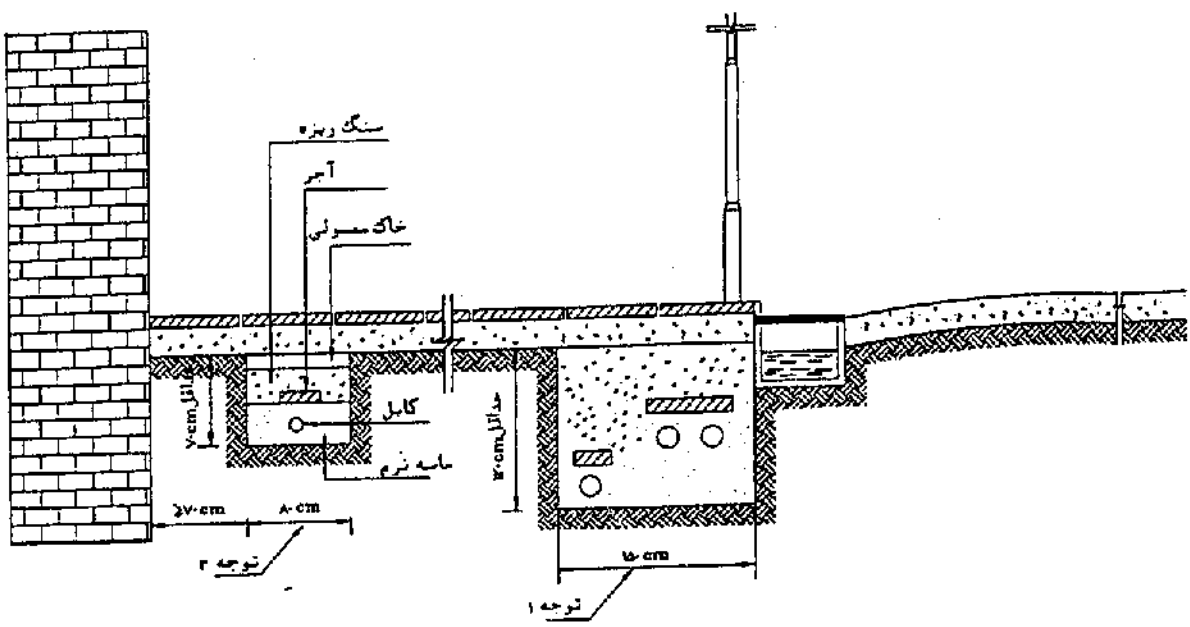
۴-۱-۵-۸- تقاطع کابل برق با لوله‌های آب

در تقاطعها حداقل فاصله عمودی کابل از لوله‌های آب برابر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد . طول لوله عبوری برابر ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. شکل (۱۳)



شکل(۱۳) : نحوه عبور کابل زیرزمینی از لوله‌های آب

همانطوری که بیان شد بهترین مسیر برای کابل‌کشی پیاده‌رو می‌باشد در این حالت بهتر است کانال از کنار پایه‌های روشنایی عبور کند در این صورت علاوه بر این که می‌توان کابلهای روشنایی را به همراه کابلهای اصلی در این کانال قرار داد، انشعاب گرفتن از کابل روشنایی ساده‌تر انجام می‌شود. (شکل (۱۴)



شکل (۱۴) : نشان دهنده کابل کشی از مسیر پیاده

توجه :

۱- این قسمت بایستی برای کابل زیرزمینی برق فشار متوسط و ضعیف و روشنایی معابر اختصاص داده شود.

۲- در صورت امکان این قسمت نیز جهت منظور فوق اختصاص داده شود.

۳- با توجه به سایر سرویسهای موجود در زیر پیاده‌روها (تلفن،آب،گاز و...) اجرای این طرح در همه شرایط امکان‌پذیر نبوده و جلب موافقت سرویسهای فوق‌الذکر لازم خواهد بود.

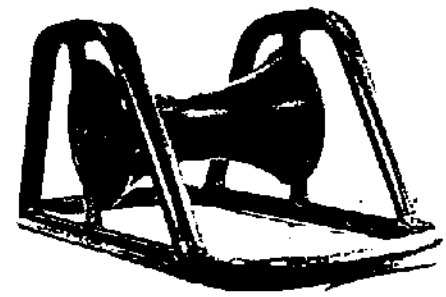
۴-۲- روشهای مختلف کشیدن کابل

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

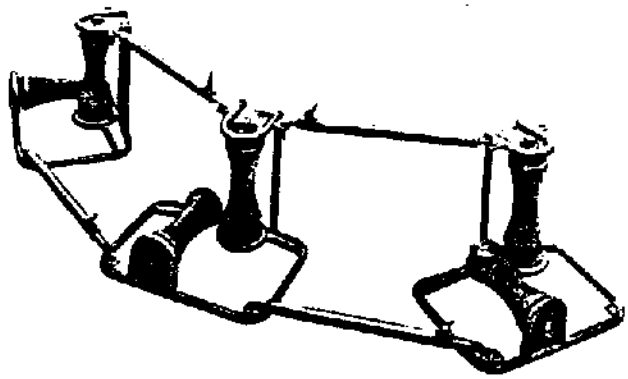
در ایـن حالت کابل روی تریلر قرار گرفته و محکم می‌شود سـپـس انتهای کابل از روی قرقره باز شده و در ابـتدای کانال قرار می‌گیرد، در حالیکه تریلر به آهستگی به طرف انتهای کانال حرکت می‌کند قرقره با توجـه به سرعت تریلر و با کنترل دست باز می‌شود و در کانال قرار می‌گیرد، در این حالت باید دقت شود تا سرعت قرقره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

ب- کشیدن کابل توسط دست

بـاید در مسیرهای مستقیم و در فواصل ۳ تا ۴ متر، از غلطک کابل مطابق شکل (۱۵) استفاده نمود و هنگامـیکه در مسـیر کـابل پـیچ وخـم وجـود دارد از غلطـک زاویه مطابق شکل (۱۶) 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 (۱۵): غلطک کابل

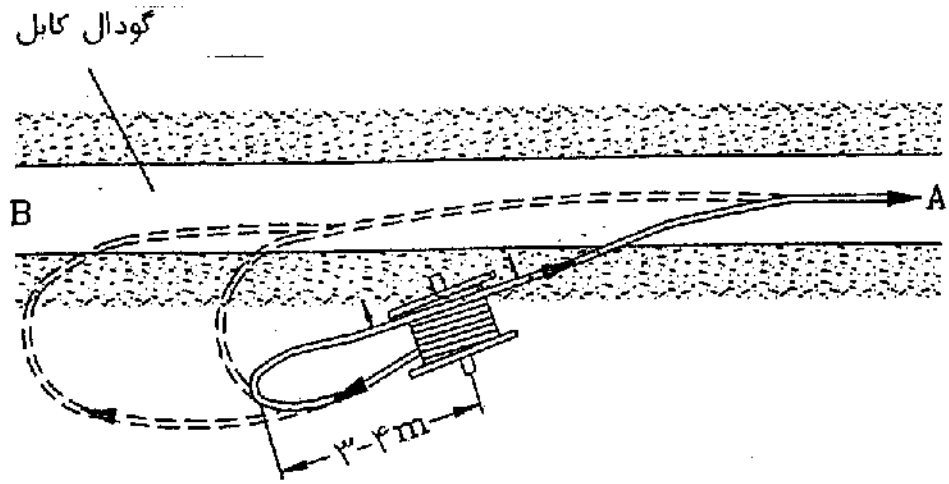


شکل (۱۶): غلطک زاویه

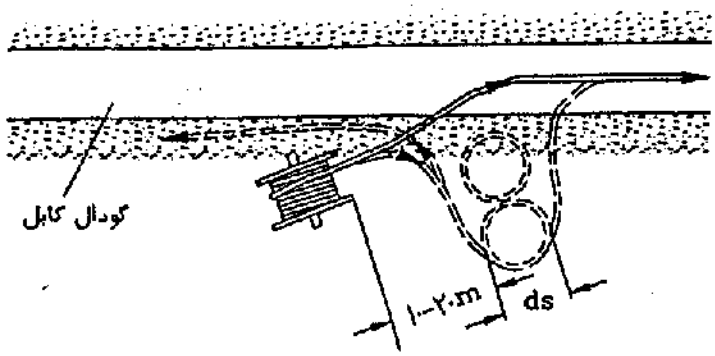
در صـورتیکه غلطـک کابل موجود نباشد این کار توسط کارگران که فاصله بین آنها ۴ تا ۶ متر بوده و کابل را حمل می‌کنند باید انجام شود.

در صـورتیکه کارگر کافی برای کشیدن کابل در یک مرحله وجود نداشته باشد می‌توان قرقره کـابل را در وسط مسیر کابل قرار داد و طول مورد نیاز را، از بالای قرقره در جهت "A" نصب نمود (شکل ۱۷) و سپس قرقره بیشتر چرخانده شده و یک حلقه بطول ۳ تا ۴ متر در جهت "B" کشیده شود، سپس کـابل را از قرقـره و از پهلـو بلند کرده بطوریکه کابل از زیر قرقره کشیده شود و پیچ کابل در طول ۴ تا ۶ مـتر پهـن شـود. سـپس 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 بصورت شکل 8 در سمتی که نخستین کابل‌کشی انجام می‌شد، صورت گیرد. در اینجا باید توجه داشت که با به شکل 8 درآوردن کابل فقط می‌توان دوباره کابل را در همان جهت قبلی قرار داد. شکل (۱۸)



شکل (۱۷) : کشیدن کابل بصورت حلقه



شکل (۱۸) : کشیدن کابل بصورت شکل 8

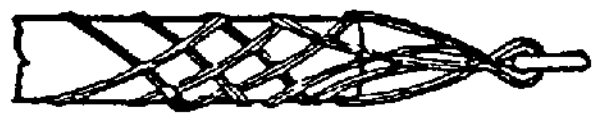
چ- کشیدن کابل توسط وینچ

کشیدن کابل در این حالت وقتی امکان‌پذیر است که تعداد خمها و موانع کمی در مسیر وجود داشته 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 هر گونه نقاط نوک 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 کابل‌کشی متوقف شود زیرا کابل نباید با دیواره یا کف کانال برخورد کند.

بعد از اینکه انتهای کابل از روی قرقره باز شد، جوراب کابل (شکل۱۹) به انتهای کابل متصل می‌شود و طنابی از چشمی جوراب کابل عبور داده شود. توجه شودکه قسمتهای لحیم شده و پوششهای سربی کابل نباید برای کشیده شدن، استفاده شوند. خاصیت جوراب کابل در این است که سیمهای بافته شده در هنگام کشش کابل، بطور شعاعی منقبض شده و به غلاف کابل می‌چسبد. هنگامیکه کابل بدون زره و یا با زره نواری وینچ کشیده می‌شوند، طناب باید به گیره سر کابل متصل شود (شکل ۲۰) در این حالت نیرو مستقیماً به هادی کابل وارد می‌شود. در این روش بایستی مطمئن شد تا کلمپ‌ها تمام هادیها را بطور مناسب در برگیرند و بنحو مطلوبی انتهای کابل آب‌بندی شده باشد تا رطوبت به هادیها وارد نشود و سطح عایقی در انتهای کابل پایین نیاید.



شکل (۱۹) : جوراب کابل

شکل (۲۰) : گیره سر کابل

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

- بطور پیوسته نیروی وارد بر کابل کنترل شود که 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 با ضخامت ۶ /۱ میلیمتر با برس به کابل مالیده می‌شوند. هیچ روان کننده‌ای به ۱/۵ متر اول و آخر کابل مالیده نمی‌شود، این عمل برای راحت بودن و تمیز بودن کابل در مفصل بکار می‌رود.

تمام کابلها بخصوص کابلهای تک‌رشته‌ای قبل از خواباندن نبایستی 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.

۴-۳- 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 ۸، استاندارد آزمون کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع انجام شود.

۵- تعمیر غلاف خارجی صدمه دیده

فهرست مطالب

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.

با توجه به عمق صدمه وارده به کابل، در هنگام نصب در زمین یا کانال، روش مناسب جهت تعمیر آن بایستی انتخاب گردد، جدول (۳) با توجه به شدت آسیب دیدگی روش مناسب را پیشنهاد می‌کند.

جدول (۳): روشهای تعمیر غلاف خارجی کابل با جنس PVC یا PE

با توجه به شدت آسیب وارده به هنگام نصب

روش تعمیر (مناسب برای ولتاژ تا 5KV)	نوع آسیب							
	سایش، پارگی کم به حدی که تمام محیط غلاف را در برنگرفته باشد (عمق خرابی تا نصف ضخامت غلاف)				پارگی بیشتر، خرابی در تمام اطراف غلاف دیده شود (عمق خرابی بیش از نصف ضخامت غلاف)			
نوع نصب	در زمین یا در محیط روباز		در کانال یا مجرای کابل		در زمین یا در محیط روباز		در مجرای کابل یا مجرای کانال	
جنس غلاف	PVC	PE	PVC	PE	PVC	PE	PVC	PE
عایق ترموپلاستیکی (قرار دادن وصله پلاستیکی قابل انقباض)	X	X	X	X	X	X	X	X
قالب‌گیری و ریختن رزین	X	-	X	-	X	-	X	-
نوار پیچی توسط نوار چسب PVC	-	-	X	-	-	-	-	-

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

۵-۱- تعمیر غلاف صدمه دیده با استفاده از عایق ترموپلاستیکی

استفاده از این روش بسیار ساده و راحت می‌باشد و شامل استفاده از یک تیوب منقبض شونده و توصیه‌هایی در مورد روش تعمیر می‌باشد. این تیوب بایستی در هر طرف قسمت صدمه دیده به اندازه «قطر خارجی کابل ×۳= l» و حداقل ۱۰۰ میلیمتر بریده شود و بکار رود و انقباض برای طول ۱۰٪ برای آن منظور گردد.

قسمت صدمه دیده کابل به اندازه طول وصله بوسیله پارچه زبر یا سمباده تمیز شود، سپس وصله تعمیراتی روی قسمت صدمه دیده 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 به حد مطلوب رسید کل وصله را حرارت داده تا قسمت چسبنده داخل وصله موردنظر نرم و در هر دو انتها کاملاً چسبیده شود.

۵-۲- قالب‌گیری و ریختن رزین برای کابلهای با غلاف خارجی PVC

قسمت صدمه دیده باید کاملاً تمیز شده و توسط سمباده هر دو طرف قسمت صدمه دیده تا ۱۰۰ میلیمتر کاملاً پاک گردد. جایی از محل آسیب دیده که عمق آن تا رشته‌ها می‌رسد را توسط لایه‌ای از نوار چسب طوری پوشانده که هر دور نوار چسب نصف دور قبل را بپوشاند. این لایه بدین جهت مورد استفاده قرار می‌گیرد که از نفوذ رزین به کابل جلوگیری کند (شکل ۲۱- الف)، یک تیوپ PVC به شکل قالب بر روی محل آسیب دیده بکار می‌رود. شعاع داخلی این تیوپ ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر بزرگتر از قطر کابل می‌باشد. قالب بایستی ۱۶۰ میلیمتر از قسمت آسیب دیده بزرگتر باشد، قالب بصورت طولی بریده شده اطراف محل موردنظر قرار داده می‌شود، در صورتی که آسیب دیدگی زیاد نباشد می‌توان از این تیوپ استفاده نکرد. برای بستن و مهار کردن دو طرف قالب با استفاده از نوار PVC، دو طرف قالب نوارپیچ می‌شود (شکل ۲۱- ب) این نوارپیچی 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 غیر قابل نفوذ گردد. در انتها ماده رزین در آن ریخته می‌شود (شکل ۲۱ –ج)، بعد از اتمام مفصل‌بندی باید دقت گردد تا محل تعمیر شده نباید مورد خمش قرار گیرد.

۵-۳- نوار پیچی 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 مجاز است و قطر کابل مورد تعمیر 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 و سپس نوار چسب را روی محل آسیب دیده و ۱۰۰ میلیمتر بیشتر از هر دو طرف محل صدمه دیده می‌پیچند. این قسمت از کابل نباید تحت تنش مکانیکی قرار گیرد. بعد از این مرحله، کابل را

می‌توان بر روی غلطکهای کابل قرار داد و بعد از نصب کابل، این قسمت باید مورد بررسی مجدد قرار گیرد.

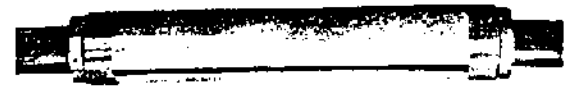
الف- پیچیدن نوار چسب PVC روی رشته‌های کابل

a≥۵۰ mm

d>۳۵ mm

a = ۳ d

ب- بستن دو طرف محل صدمه دیده توسط نوار PVC



پ- تیوپ PVC آماده برای ریختن رزین

شکل (۲۱): نشاندهنده چگونگی پیچیدن نوار چسب بر روی کابل

فهرست مطالب

۶- متعلقات کابل

۶-۱- سر کابل

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:

۶-۱-۱- اتصال هادیها

۶-۱-۲- محافظت کابلها در مقابل اثرات محیطی (رطوبت و ...)

۶-۱-۳- محافظت از عایق هادی (در برابر اشعه ماوراءبنفش)

۶-۱-۴- کنترل و کاهش تنش ناشی از میدان الکتریکی در مورد کابلهای فشار متوسط

۶-۱-۵- عایق کردن از قسمتهای زمین شده

۶-۲- مفصل‌بندی

عبارتست از اتصال طولی کابل در نقطه‌ای که نیاز به تعمیر دارد و برای بستن مفصل بطور کلی اعمال زیر بایستی صورت گیرد:

الف- اتصال هادیهای کابل

ب- عایق کردن هادیها مخصوصاً در کابلهای فشار متوسط و فراهم کردن مجدد تمام لایه‌های کابل

ج- محافظت در مقابل تمام شرایط محیطی یا زمین

موادی که در ساخت متعلقات کابل بکار می‌رود بایستی متناسب با مواد بکار رفته در کابلها بوده و دارای مشخصات زیر باشد:

- مقاوم در برابر تغییر شکل ناشی از دما
- مقاوم در برابر اکسیداسیون گرمایی
- قابلیت ارتجاعی 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.

۶-۳- اصول اولیه برای نصب متعلقات کابل

با توجه به نوع متعلقات (سرکابل یا مفصل) و سطح ولتاژ روشهای مختلفی با در نظر گرفتن سرعت عمل ونیز نصب ایمن وجود دارد.

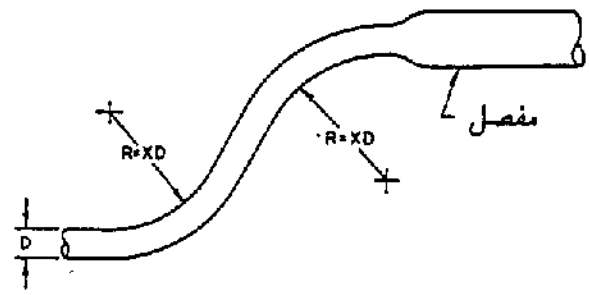
- روش پرکردن با استفاده از مواد مرکب
- روش قالبگیری و ریختن رزین
- استفاده از عایق ترموپلاستیکی
- استفاده از کابلشو

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 با توجه به تنوع لایه‌های کابل تعدادی از این مرحله می‌تواند کم شده و یا اضافه گردد.

۶-۴- مفصل بندی کابل

وقتی که یک کابل برای آماده کردن آن برای مفصل بریده می‌شود می‌بایستی آن را علیه رطوبت و گردوغبار 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 سر کابل 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 هر گونه ترک و یا شکستگی عایق کابل و یا غلاف سربی آن در اثر حرکات انقباضی و انبساطی کابل جلوگیری می‌کند. بنابراین قرار دادن 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.



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

شکل (۲۲): حداقل شعاع خمش (مقدار کابل اضافی در نظر گرفته شده) هنگامی که در اطراف دیوار حوضچه نصب می‌شوند

دامنه مقادیر X برحسب 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 قرار داد.

ساخت دقیق یک مفصل به مشخصه ساختمانی کابل یعنی تک رشته و چندرشته بودن کابل و نوع عایق آن (لاستیکی، پلی‌اتیلنی، ترموپلاستیک و یا کاغذ اشباع شده) و اینکه 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 به روی کابل کار می‌شود بایستی با استفاده از یک پوشش لاستیکی یا مواد ضدآب پوشیده و عاری از رطوبت باشد. همچنین شخص مفصل بند و یا کابل کش 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 نشان دهند ابعاد هر نوع مفصل موردنیاز می‌باشند. این شکلها 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 هادی بوجود آورد و قطر کامل شده خارجی عایق را نشان می‌دهد. مفصل بند بایستی این شکلها و مصالح لازم برای هر مفصلی را قبل از شروع مفصل‌بندی در دست داشته باشد.

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

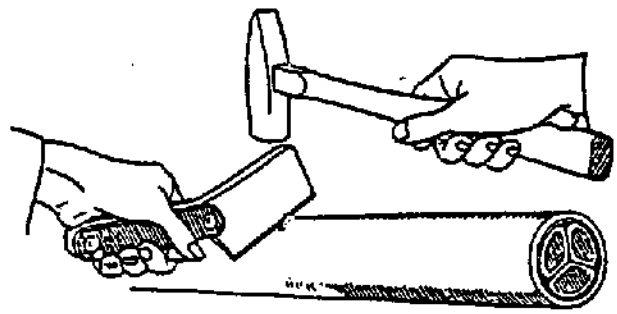
کابلها را با توجه به نقطه مرکزی مفصل علامتگذاری می‌کنند و کابل را با توجه به این علامت با اره و یا کابل‌بر می‌برند. دو سر جدید کابل باید بطور کامل با هم جفت شوند. کابلها را پس از بریدن نبایستی زیاد نگهداری نمود زیرا که هادیها و رشته‌های هادی با طولهای نامساوی بر روی یکدیگر حرکت خواهند نمود.

۶-۴-۱- 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 بایستی تمیز شود تا از آلودگی جلوگیری گردد و عایق کابل از اینکه غلاف از روی آن برداشته شود آلوده نشود.

باید غلافهای سربی کابلها با سوهان، تمیز و سطح آن صیقلی شده و عاری از هر گونه روغن و یا آلودگی باشد. پوشش سربی که برای حفاظت مفصل بکار می‌رود از داخل و خارج تمیز شده بر روی کابل کشیده می‌شود و فاصله آن از محل مفصل به اندازه کافی در زمان مفصل بندی 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 کابل بری که (در شکل ۲۳) 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 سربی می‌باشد.



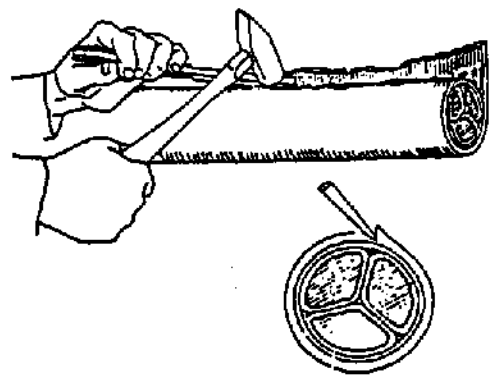
شکل (۲۳) : ایجاد یک حلقه با چاقوی کابل بری

نصف غلاف سربی را برش داده و غلاف سربی در طول از انتهای کابل تا محل علامتگذاری شده وبا استفاده از چاقو برش داده می‌شود (شکل۲۴) برای برداشتن غلاف بطور طولی لبه آن شل شده و با چکش از عایق جدا می‌شود. شکل (۲۵) و سپس با استفاده از انبر دستی لبه غلاف از محل علامتگذاری شده جدا می‌گردد. در موقع علامتگذاری و برداشتن غلاف سربی باید دقت زیادی نمود تا از بریدن و آسیب دیدن عایق کابل در محلهای دیگر جلوگیری شود. دو سر جدید غلاف سربی به اندازه ۷ میلیمتر با استفاده از ابزار چوبی برگردانده می‌شود. ابزار به موازات کابل در زیر غلاف قرار داده می‌شود تا انتهای

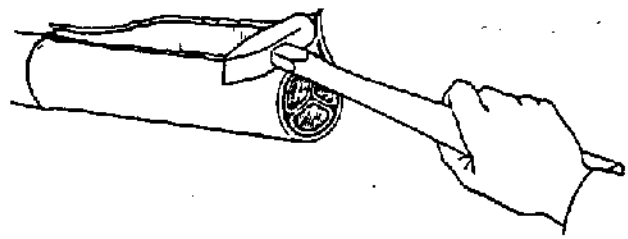
غلاف بلند شود، این کار باعث ایجاد فضای لازم برای نوار همبندی شده که بتوان حداقل آنرا تا ۷ میلیمتر در قسمت برگردانده شده انجام داد.

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 هر گونه ذره‌ای از گرد و غبار را از سطح قسمت داخلی مفصل بر می‌دارد.



(چاقوی کابل‌بری با زاویه نگهداشته می‌شود)
شکل (۲۴) : ایجاد برش طولی در غلاف



شکل (۲۵) : جداکردن غلاف کابل از عایق

۶-۴-۲- 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 لحیم کاری به آن وصل نمود، بایستی

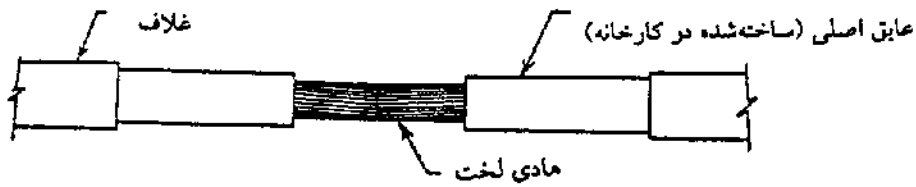
دقت نمود که در زمان لحیم کاری عایق کابل بیش از حد گرم نشود، از لحیم اسیدی نمیتوان استفاده نمود. در موقع لحیم کاری پوشش فلزی آلومینیمی، باید از آلومینیم مخصوصی استفاده نمود.

۶-۴-۳- برداشتن مواد نیمه هادی

تمام مواد نیمه هادی بایستی از قسمت لخت شده کابل تا حدود ۷ میلیمتر از پوشش فلزی برداشته شود، قسمت نیمه هادی کابل نباید بر روی عایق موجود در محل مفصل کابل ادامه داشته باشد، مواد نیمه هادی باقی مانده 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 تایید نمی‌باشد، زیرا حلالهای نامناسب و یا دقیق نبودن کار ممکن است یک لایه‌ای هدایت کننده بر روی عایق باقی گذارد و یا حلال به زیر پوشش فلزی و لایه نیمه هادی نفوذ نماید، و باعث ترک خوردگی و از بین رفتن نوارها بشوند، در صورت استفاده از حلالها باید از راهنماییهای تولید کننده کابل بدقت پیروی کرد. کابلهای با عایق کاغذی و یا نوار اشباع شده ممکن است یک نوار کاغذ فلزی در زیر زره داشته باشند، این نوارها باید تا ۷ میلیمتر از لبه پوشش فلزی عایق برداشته شود.

۶-۴-۴- برداشتن عایق کابل (لخت کردن)

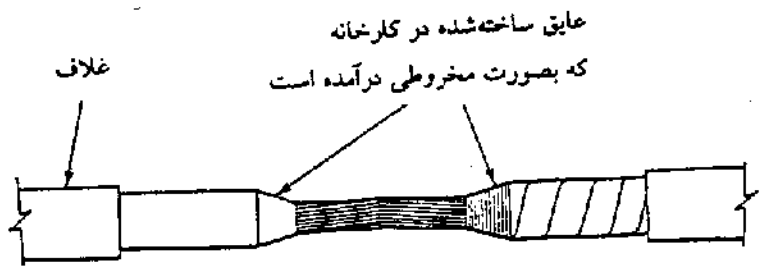
در موقع برداشتن عایق کابل، هادی کابل نباید زخمی یا بریده شود. عایق کابل از روی هر هادی کابل از هر سر آنها با طولی مساوی نصف طول اتصال (دو راه داخل) به اضافه ۱/۳ سانتیمتر برداشته می‌شود. انتهای دو کابل مانند شکل (۲۶) در کنار یکدیگر قرار گیرد.



(به نوک اتصال ثابت و گونیای هادیها توجه کنید)

شکل (۲۶) : انتهای کابلها که هادیهای لخت را بعد از برداشته شدن عایق نشان می‌دهد

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 در می‌آید.

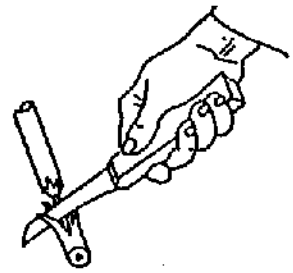


شکل (۲۷): مفصل کابل و عمل مخروطی شدن عایق هادیهای کابل

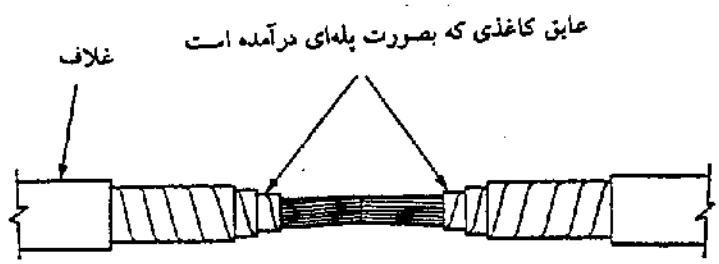
مخروطی کردن عایق کابلهایی که دارای عایق لاستیکی و یا پلی اتیلن می‌باشند مانند تیز کردن یک مداد می‌باشد، برشها با زاویه انجام شده و از یک چاقوی تیز باید استفاده شود تا از باقی ماندن لبه‌های ناجور جلوگیری شود. (شکل۲۷)

مانند شکل (۲۸) یک فرم مخروطی شکل یکنواخت با استفاده از برش قطری ایجاد کرده با استفاده از سنباده شکل کونیک صاف می‌شود برای برداشتن عایق لاستیکی، پلی اتیلنی و یا پلی اتیلن کراس لینک میتوان از ابزار مکانیکی استفاده نمود. داشتن شکل مخروطی یکنواخت و صاف حائز اهمیت زیادی می‌باشد.

در کابلهای با عایق کاغذی، عایق مانند شکل (۲۹) بصورت پله‌ای در می‌آید.



شکل (۲۸) : مخروطی کردن عایق هادیها



شکل (۲۹): مفصل کابل، عایق هادیها را بعد از پله‌ای شدن نشان می‌دهد

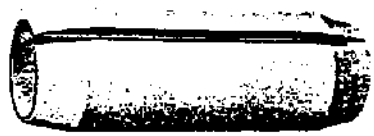
یک سیم فولادی پیانویی با وزنه‌هایی در دو سر آن بر روی عایق هادی بسته و لایه‌های نوار کاغذی باز می‌شود این عمل با دورترین پله از محل دوراهی انجام می‌گیرد، نوارها با افزایش تعداد لایه‌های آن به سمت دوراهی و به تعداد مورد نیاز برداشته می‌شوند. بطور موقت لبه‌های نوار در هر پله با استفاده از چسب مخصوص در محل خود نگاه داشته می‌شود. عایق در معرض دید با پوشش مخصوصی جهت حفاظت پوشیده می‌شود.

۶-۴-۵- آزمونهای کابل با عایق کاغذی

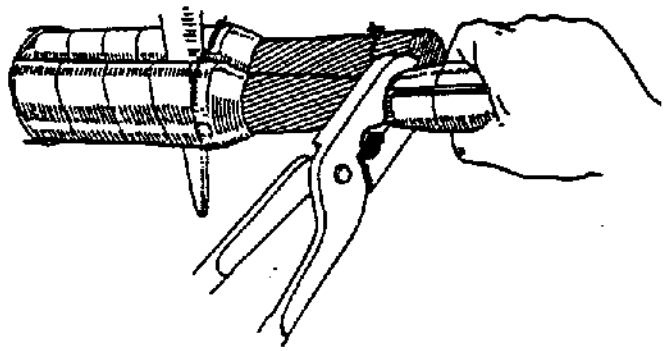
آزمونهای رطوبت باید بر روی پر کننده‌ها، لایه‌های کاغذی هر هادی و لایه‌های عایق کمربندی همه کابلهای بیش از ۵ کیلوولت انجام شود، نمونه‌های آزمایش باید در داخل ظرفی از پارافین که دارای دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد است قرار گیرد، اگر حبابی بر روی سطح پارافین بعد از چند ثانیه دیده شود عایق مرطوب بوده و این وضعیت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

۶-۴-۶- دو راهی مفصل کابل

برای انجام یک مفصل مناسب و قابل اعتماد انتخاب دوراهی مناسب حائز اهمیت می‌باشد. یک دوراهی پوششی فشاری و یا دوراهی که شکاف آن قابل لحیم کاری است برای اکثر مفصلهای با ولتاژ بیش از 5KV لازم می‌باشد. در حالتی که از مواد ترموپلاستیکی برای مفصل بندی استفاده می‌شود برای جلوگیری از هر گونه آسیب ناشی از حرارت باید از دو راهی فشاری استفاده نمود. قبل از استفاده از دوراهی باید هادی کابل را بطور کامل تمیز نمود. شکل (۳۰) یک دوراهی مفصل و شکل (۳۱) نحوه بکارگیری آن را نشان می‌دهد.

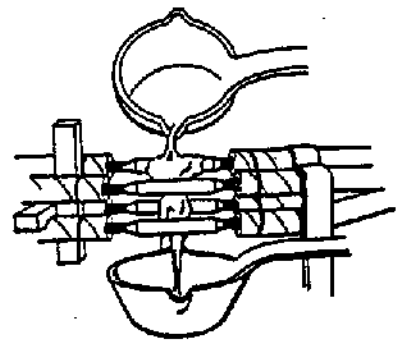


شکل (۳۰) : دوراهی کابل مسی با یک شکاف باریک



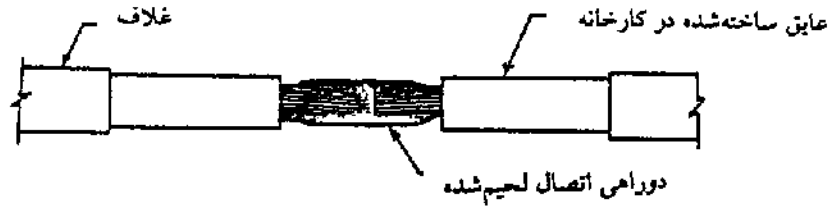
شکل (۳۱) : نحوه نصب دوراهی روی هادی کابل، رشته‌های بهم تابیده به وسیله انبر قفلی نگه داشته می‌شود

پس از این که دوراهی در جای خود قرار گرفت توسط انبر دستی روی هادی محکم می‌گردد. برای استفاده از اتصال لحیمی از دو ظرف (شکل ۳۲) استفاده می‌شود که یکی از آنها دارای لحیم ذوب شده می‌باشد و دیگری در زیر مفصل نگاهداری می‌شود تا لحیم سرریز در آن ریخته شود. آنقدر لحیم از انتهای دوراهی ودر 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 (۳۲): ریختن قلع روی دوراههای داخلی

عمل لحیم کاری را چند بار تکرار نموده تا دوراهی و هادی بخوبی لحیم شوند و محل لحیم کاری صیقلی شده و تمام ناهمواریهای موجود برداشته شوند. پس از انجام عملیات، مفصل بصورت نشان داده شده در شکل (۳۳) نمایان خواهد شد.



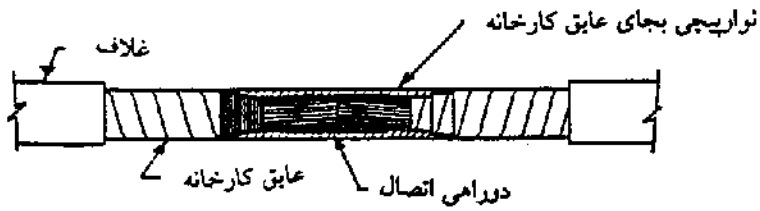
شکل (۳۳) : قسمتی از کابل که عملیات مفصل بندی آن به اتمام رسیده است

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

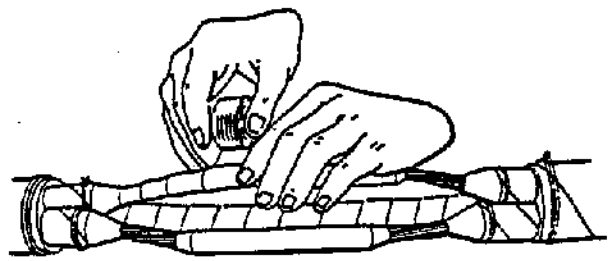
۶-۴-۷- نوار عایق کابل

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 می‌شوند. نوار طوری پیچیده می‌شود که هر دور نوار بر روی نصف دور قبلی پیچیده شود.

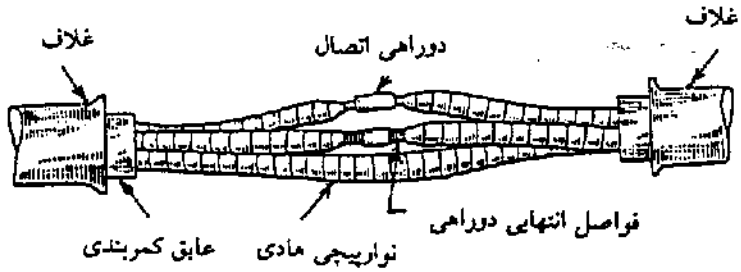
اول فاصله بین دوراهی و محل کونیک شده کابل، نوار پیچی شده و سپس روی دوراهی و کونیکها با نوار عایق بندی می‌شود تا به عایق اصلی و اولیه کابل برسد در این حالت مفصل به صورت شکل (۳۴) در می‌آید.



شکل (۳۴): مفصل کابل بعد از اینکه به جای عایق اصلی از نوار عایقی استفاده شده است.



شکل (۳۵): 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 نوار پیچی می‌باشد.



شکل (۳۶) : مراحل مختلف بستن کابل سه رشته‌ای

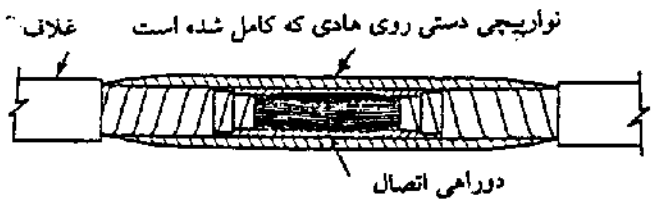
سپس نوار پیچی بر روی تمام هادی لخت ادامه می‌یابد. اولین لایه از نوار که بر روی عایق اولیه کابل پیچیده می‌شود باید دارای همان جهتی باشد که عایق اولیه دارا می‌باشد و تا حد ممکن نوار پیچی ادامه می‌یابد. در مورد کابلهای با عایق کاغذی قبل از نوار پیچی یک لایه خارجی از عایق اولیه کابل باز شده سپس نوار پیچی انجام می‌شود. نوار پیچی 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 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 مفصل بندی دستی باید عایق با ضخامتی در حدود ۷۵ درصد بیش از عایق اولیه کارخانه باشد. شکل (۳۶) روش نوارپیچی را نشان میدهد. شکل (۳۵) سه هادی ار کابل را در مراحل مختلف نوارپیچی نشان میدهد. عایق بندی هادی زیرین کاملاً تمام شده است و هادی وسط فقط تا دوراهی عایق بندی شده و هادی فوقانی هنوز عایق بندی 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 لایه قبل رد نموده سپس محکم کشیده می‌شود (بطوری که در شکل (۳۷) نشان داده شده است) و پس از گره زدن نوار اضافی قطع می‌گردد. یک مفصل کامل شده در شکل (۳۸) نشان داده شده است.

شکل (۳۷): طریقه پیچیدن نوار در انتهای نوار پیچی



شکل (۳۸): مفصل کابل بعد از نوار پیچی کامل در کابلها با عایق پلاستیکی

این نوار پیچی باید ۱/۵ برابر و برای کابلهای با عایق کاغذی باید دو برابر عایق کارخانه باشد.

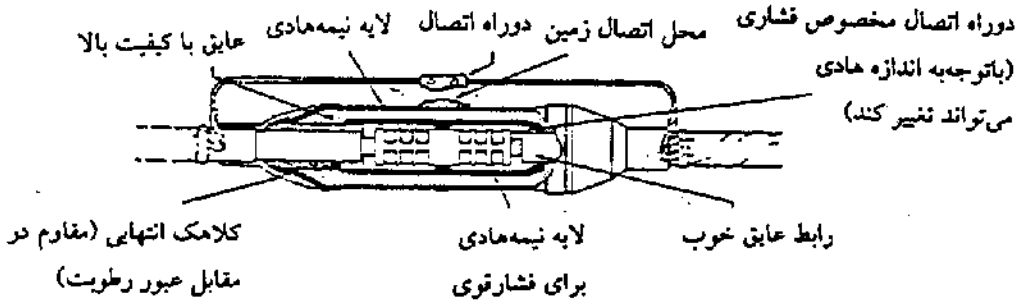
۶-۴-۸- نصب مفصل پیش ساخته کابل

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.

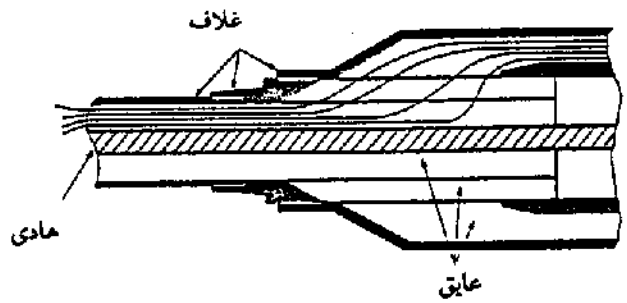
برای مفصل بندی، کابلها را بطوری که قبلاً توضیح داده شده است آماده می‌کنند. برای آماده سازی دو سر کابل برای مفصل بندی ابزار مخصوص موجود می‌باشند.

این ابزارها برای برداشتن پوششهای مختلف کابل (عایق، پوششهای نیمه هادی) طراحی و ساخته شده‌اند. یک لایه از نوار وینیل مورد استفاده قرار می‌گیرد و 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 ۳۹). 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 درپوشهای دو سر مفصل در دو انتهای آن قرار داده شده و 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 آنرا 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 (شکل ۴۰) حذف شود.



شکل (۳۹): دو راهی پیش ساخته روی هادی کابل که با پرس بهم وصل شده‌اند لغزانده می‌شود



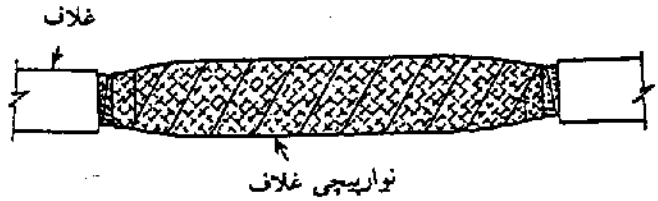
شکل (۴۰): نمودار توزیع تنش الکتریکی در مفصل پیش ساخته که روی کابل فشار قوی زره دار ساخته شده است

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

۶-۴-۸-۱- بکارگیری نوار پوشش الکترواستاتیکی

کابلهای تک رشته‌ای و یا چند رشته‌ای فشار متوسط دارای نوارهایی از پوشش الکترواستاتیکی می‌باشند که بر روی سطح خارجی عایق هر هادی پیچیده شده‌اند. کابلهای چند رشته‌ای 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 ۴۱).

مفصلهای بکار رفته برای این کابلها باید دارای زره مقاوم بر روی عایق هر هادی باشند.



شکل (۴۱): مفصل کابل با نوار محافظ که هادی یا هادیهای نوارپیچی شده را پوشانده است

این پوشش با نواری از مس بر روی غلاف سربی لحیم می‌شود. دورهای این نوار بطور مناسب با لحیم بهم وصل شده تا از حرکت آنها در محلهایی که عایق دارای شیب می‌باشد جلوگیری شود.

۶-۴-۸-۲- بکارگیری جداکننده کابل و نوارهای همبندی

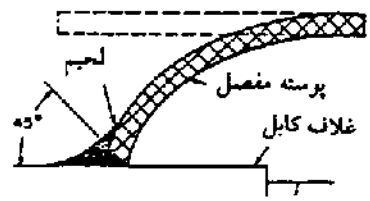
در مفصلهای کابلهای سه رشته‌ای در حدود پنج الی شش لایه از نوار خشک وارنیش بر روی هر هادی خارج از پوشش الکترواستاتیکی فلزی و در نزدیکی مرکز مفصل پیچیده شود. این نوار از آن جهت پیچیده می‌شود که بعنوان جدا کننده‌ای بین هادیها قرار گرفته و اجازه دهد که مواد رزین (مرکب) آزادانه از بین هادیها عبور نمایند. سپس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

۶-۴-۸-۳- نصب پوشش سربی کابل

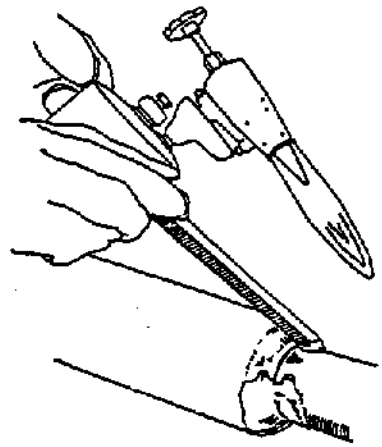
بعد از نوار پیچی کامل مفصل، پوشش سربی که قبلاً بر روی کابل کشیده شده بود بر روی مفصل قرار می‌گیرد. این پوشش، مفصل را در مقابل آسیبهای مکانیکی حفاظت می‌نماید و مفصل را آب بندی نموده و از ورود رطوبت به داخل آن جلوگیری می‌کند و مسیر جریانهای اتصال کوتاه را در غلاف کابل کامل می‌نماید.

۶-۴-۸-۴- لحیم کاری پوشش مفصل

پوشش در مرکز مفصل قرار داده شده و کابل در دو سر پوشش علامتگذاری می‌شود. با استیرن 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 (شکل۴۲) 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 ۴۳).



شکل (۴۲): لحیم کاری کامل شده غلاف و روکش فلزی خارجی کابل که بطور مناسب خم شده است



شکل (۴۳): 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 نشتی هوا و یا ترک خوردگی در آن وجود ندارد یک مفصل دارای نشتی 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 می‌شود (این کار در مورد کابلهای با عایق کاغذی لازم می‌باشد).با بکار بردن آب و کف صابون چنانچه حبابهایی از کف صابون بوجود آیند محلهای لحیم کاری شده نشتی داشته و باید با استفاده از لحیم جلوی نشتی آن گرفته شده و یک لحیم کامل ساخته شود.

۶-۴-۸-۵- پرکردن پوسته مفصل کابل با مواد مرکب

چنانچه پوسته مفصل دارای محلی برای پرکردن آن نباشد دو برش V شکل بر روی آن درست کرده که هر کدام نزدیک به یک سر مفصل می‌باشد. یکی از این سوراخها برای ریختن مواد داغ و دیگری برای تخلیه هوا در پوسته مفصل می‌باشد، قبل از اینکه مواد داغ در داخل پوسته ریخته شود باید مفصل را به حالت شیب دار نگهداشته بطوریکه در حدود ۲/۵ سانتیمتر بالاتر در سمت تخلیه هوا قرار گیرد. قیف را در سوراخ پر کردن پوسته قرار داده و وقتی که مواد در داخل پوسته ریخته می‌شود هوای داخل آن بطرف بالا حرکت کرده و از محل تخلیه می‌گردد.

این مواد پس از گرم کردن به آرامی و بطور مداوم در داخل قیف ریخته می‌شود و این کار آنقدر ادامه می‌یابد تا این مواد از سوراخ تخلیه هوا بیرون آمده و هیچگونه حبابی در داخل آن نباشد بعد از خنک شدن مفصل آن را مسطح کرده و هر ۱۵ دقیقه پوسته مفصل پر می‌شود، بعد از اینکه مفصل تا ۴۰ درجه سانتیگراد خنک شد سوراخها را پوشانیده و با لحیم آب بندی می‌گردند.

فهرست مطالب

مراجع

[1] IEC 502Extruded Solid Power Cabels for Rated Voltages from 1KV up 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, B.Kurtz, Thomas M Shoemaker, Mc Graw-Hill Book Company

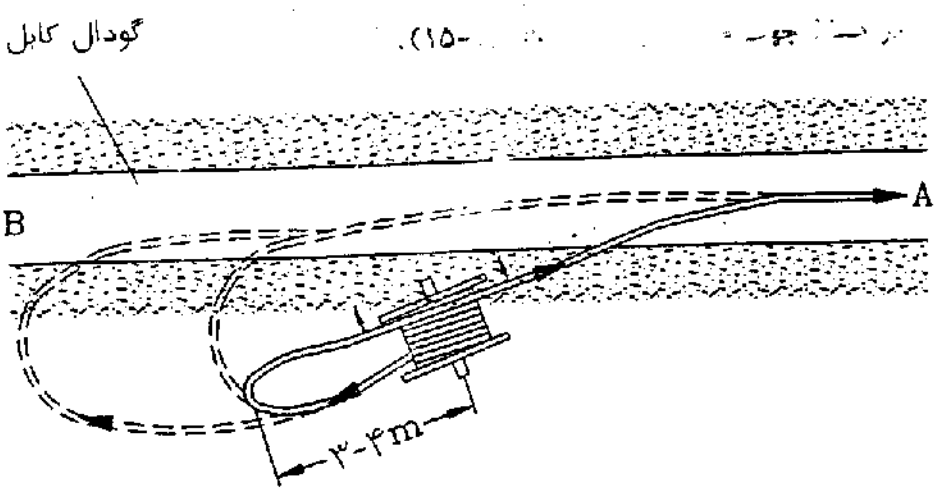
[5] Blcc,Electric Cables Handbook,Second Edition Edited by: E.W.G. Bungay and D.McAllister, BSP Professional Books

[6] Power Cable Installation Practice, E.W.P.Jones

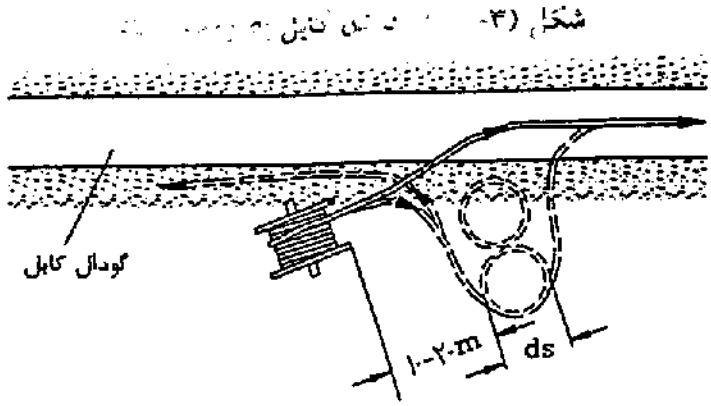
[۷] استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو – وزارت آب و برق

[۸] مشخصات فنی عمومی و اجرای تاسیسات کارهای ساختمانی – نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه

علت وجود مانع در گودال از خواباندن قسمت دوم کابل از بالا جلوگیری شود، کابل بایستی مانند بصورت شکل 8 در سمتی که نخستین کابل‌کشی انجام می‌شد، صورت گیرد. در اینجا باید توجه داشت که با به شکل 8 درآوردن کابل فقط می‌توان دوباره کابل را در همان جهت قبلی قرار داد. شکل (۱۸)



شکل (۱۷) : کشیدن کابل بصورت حلقه



شکل (۱۸) : کشیدن کابل بصورت شکل 8

چ- کشیدن کابل توسط وینچ

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

لیست گزارشات