

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نواوری و فناوری برای توسعه



دستور کار جامع تاسیسات الکتریکی

دستور کار ویژه دانشجو



آزمایشگاه های الکترونیک قدرت و ماشین الکتریکی

Power Electronics and Electrical Machines Labs



آزمایشگاه های سیستم های قدرت و انرژی های نو

Power Systems and Renewable Energies Lab



آزمایشگاه های الکترونیک و مخابرات

Electronics and Telecommunications Labs



اتصال به نرم افزار
Matlab/Simulink

دستورکار مدرس

تعداد کاربر

اتصال به نرم افزار
Labview

اتصال به نرم افزار

دستورکار دانشجو

ازمایشگاه های اتوماسیون صنعتی و ابزار دقیق

Industrial Automation and Instrumentation Labs



ازمایشگاه های سیستم های کنترل

Control Systems Labs



ازمایشگاه ابزار دقیق

- آموزنده الکترونوماتیک پایه (EP-100)
- آموزنده الکترونوماتیک تکمیلی (EP-101)
- آموزنده الکترونوماتیک پیشرفته (EP-102)
- آموزنده ابزار دقیق پایه (AI-113)
- آموزنده ابزار دقیق تکمیلی (AI-114)

ازمایشگاه اتوماسیون صنعتی

آموزنده PLC LOGO (AI-101)	آموزنده PLC S7-300 (AI-104)
آموزنده PLC LG (AI-105)	آموزنده PLC S7-300 پیشرفته (AI-106)
آموزنده شبکه صنعتی یا PLC S7-300 (AI-108)	آموزنده مایکروکنترلر صنعتی (AI-110)
آموزنده سیستم های کنترل درایوهاک صنعتی (AI-117)	آموزنده کنترل کننده منطقی برنامه پذیر (IC-104)

ازمایشگاه کنترل صنعتی

آموزنده کنترل دما (IC-100)	آموزنده کنترل فشار (IC-101)	آموزنده کنترل سطح و دبی (IC-102)
آموزنده کنترل سرعت موتور (IC-103)	آموزنده کنترل کننده منطقی برنامه پذیر (IC-104)	شبیه ساز آسانسور (AI-91)
شبیه ساز چراغ راهنمایی (AI-92)	شبیه ساز کنترل دما (IC-90)	شبیه ساز کنترل سطح (IC-91)
آموزنده کنترل کامپیوتری (AI-109)	آموزنده سیستم های کنترل درایوهاک صنعتی (AI-117)	ماژول مایکروکنترلر و کنترل نرم افزاری (DC-65)

ازمایشگاه سیستم های کنترل خطی

آموزنده کنترل آنالوگ (DC-100)	آموزنده کنترل آنالوگ و دیجیتال سروو موتور (DC-102)
-------------------------------	--

ازمایشگاه سیستم های کنترل دیجیتال

آموزنده کنترل دیجیتال (DC-101)	آموزنده کنترل آنالوگ و دیجیتال سروو موتور (DC-102)
--------------------------------	--

ازمایشگاه کنترل پیشرفته

آموزنده کنترل معلق (SB-100)	آموزنده کنترل معکوس (IP-101)
آموزنده شناسایی سیستم (SI-100)	ریبات مسیریاب پیشرفته (RO-100)

تجهیزات صنعتی

گشتاورسنج (IM-51)	تکفاز ترانسفورماتور (T-11)	ماشین DC شت (M-87)
کنترل کننده PID (IM-40)	سرعت سنج (IM-50)	ماشین DC چندکاره (M-86)
فرکانس متر (IM-30)	اندازه گیر فازور (IM-31)	ماشین AC چندکاره (M-85)
رله سنکرون چک (IM-21)	سنکرون ساز اتوماتیک سه فاز (IM-22)	ماشین القایی روتور سیم پیچی سه فاز (M-82)
کسینوس فی متر (IM-12)	رله حفاظت فرکانسی (IM-20)	ماشین سنکرون سه فاز (M-80)
مولتی متر (IM-10)	مولتی فانکشن متر سه فاز (IM-11)	

ازمایشگاه های تاسیسات الکتریکی

کارگاه سیستم اعلام حریق (ET-116)	کارگاه سیستم اعلام حریق (ET-115)
کارگاه دوربین مدار بسته (ET-112)	کارگاه آیفون صوتی و تصویری (ET-111)
کارگاه سیستم آنتن مرکزی (ET-110)	کارگاه سیستم تلفن (ET-109)

کارگاه تاسیسات الکتریکی تکمیلی

آموزنده ماشین های الکتریکی AC مدل گسترده (MC-112)	آموزنده مدار فرمان (CO-100)
آموزنده ماشین های الکتریکی DC مدل گسترده (MC-111)	آموزنده کارگاه برق خانگی و صنعتی (EW-101)
آموزنده کارگاه سیم پیچی (WW-100)	آموزنده کارگاه برق خانگی (EW-100)

ازمایشگاه مخابرات دیجیتال

آموزنده مخابرات آنالوگ و دیجیتال (TC-105)	آموزنده مخابرات دیجیتال (TC-103)
---	----------------------------------

ازمایشگاه مخابرات آنالوگ و دیجیتال

آموزنده مخابرات آنالوگ و دیجیتال (TC-105)	آموزنده مخابرات آنالوگ و دیجیتال (TC-103)
---	---

ازمایشگاه مخابراتی

آموزنده مخابرات آنالوگ (TC-101)	آموزنده مخابرات آنالوگ و دیجیتال (TC-103)
---------------------------------	---

دستور کار آزمایشگاه تأسیسات الکتریکی

اهداف:

هدف از این دستور کار معرفی تجهیزات آزمایشگاههای تأسیسات الکتریکی و همچنین ارائه دستور کار لازم برای انجام آزمایشات می باشد.

پیشگفتار:

پیشنهاد می شود شروع آزمایشگاه با یک یا چند بازدید از مرکز کاربردی مرتبط با مطالب درس شروع شود. کارخانه جات صنعتی دارای PLC و مدارات کنتاکتوری و ساختمان های در حال ساخت دارای سیستم های هوشمند می توانند گزینه مناسبی برای بازدید دانشجویان به شمار روند.

در این دستور کار مطالب اساسی درس تأسیسات الکتریکی در سه بخش تحت عنوان تأسیسات ساختمان، تأسیسات صنعتی و ساختمان هوشمند بیان گردیده است که در هر بخش آزمایش های مربوطه مطرح خواهند شد. مشخصات آموزنده ها و ماژول های شاخه تأسیسات ساختمان در پیوست یک تشریح داده شده است و به همین ترتیب، معرفی سایر آموزنده های بخش تأسیسات صنعتی و ساختمان هوشمند در پیوست شماره دوم و سوم صورت پذیرفته است.

در پیوست شماره چهارم مفاهیم مربوط به حفاظت الکتریکی، انواع کابل ها و مشخصات آنها آورده شده است. در پیوست پنجم به معرفی انواع کلید پرداخته شده است. در پیوست ششم، PLC معرفی و نکاتی در مورد برنامه نویسی PLC لوگو طرح گردیده است.

در پیوست هفتم به بررسی نحوه بازپیچی یک موتور AC اقدام شده است که در رابطه با آموزنده کارگاه سیم پیچی است.

در پیوست هشتم جداول راهنما مربوط به علائم و استانداردهای الکتریکی، مشخصات هسته ها، جریان مجاز عبوری از سیم ها و ... آورده شده است.

مطالب بیان شده در دستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می باشد

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می بایست یک پیش گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جلسه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دانشجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حاصل از آزمایش ها تأثیر قابل ملاحظه ای در درک کنترل فرآیندها دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

در هنگام انجام سیم بندی و یا قبل از هرگونه تغییری در مدار، دقت کنید که برق دستگاه قطع باشد.

هشدار ۱ (اقدامات احتیاطی)



برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شرایط و با هماهنگی شرکت سازنده استفاده نمایید.

هشدار ۲ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)



هیچگونه اصلاح و یا تغییری در وضعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشدار ۳ (خطر آسیب به دستگاه و شوک الکتریکی)



به محدوده مجاز ورودی و خروجی های تجهیزات توجه شود و از اعمال ورودی خارج از محدوده مجاز به تجهیز خودداری شود.

هشدار ۴ (خطر آسیب به تجهیزات)



به منظور حفظ جان کاربران، آموزنده ها به سیم ارت مجهز می باشد لذا از صحت اتصال سیم ارت ساختمان محل آزمایشگاه، مطمئن باشید

هشدار ۵ (شوک الکتریکی)



اتصالات را به طور کامل بررسی کنید تا سیم ها اتصال کوتاه و یا رها شده نباشند.
هر اتصال صالی که ممکن است دو سطح ولتاژ مختلف را به هم اتصال کوتاه کند؛ بررسی گردد.
پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشدار ۶ (اقدامات احتیاطی)



در هنگام ایجاد تغییرات در مدار، ابتدا مدار خاموش شود. سپس تغییرات در اجزای مورد نظر ایجاد شود و دوباره مدار را بر اساس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه متصل نمائید.

هشدار ۱۰ (اقدامات احتیاطی)



کلیه حقوق این اثر متعلق به شرکت دانش بنیان ابزار آزما می باشد. هرگونه کپی برداری از این اثر، غیرقانونی بوده و پیگرد قانونی دارد.



فهرست مطالب

۱	آشنایی با انواع کابلها و بررسی اجزای مختلف آن	۱۵
۲	اصول کابلکشی	۲۶
۳	عیب یابی کابلها	۳۲
۴	سرکابلبندی	۳۸
۵	مفصلبندی کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط	۴۶

جدول راه‌نما

EW-101	CO-100	WW-102	WW-101	WW-100	شماره و عنوان آزمایش‌های شاخه تاسیسات صنعتی
*	*	*			۱- بررسی راه‌اندازی موتور سه‌فاز با اعمال فرمان به کنتاکتور از یک محل
*	*	*			۲- بررسی راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای و دائم‌کار با اعمال فرمان به کنتاکتور از دو محل
	*				۳- بررسی مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز بصورت دائم و موقت
*	*	*			۴- استفاده از تایمر به منظور تاخیر در فرمان به کنتاکتور
*	*	*			۵- استفاده از رله کنترل فاز به منظور حفاظت موتور AC سه‌فاز
*	*	*			۶- بررسی مدار راه‌اندازی دو موتور سه‌فاز به صورت یکی پس از دیگری
*	*	*			۷- مدار راه‌اندازی اتوماتیک دو موتور سه‌فاز به صورت یکی پس از دیگری
*	*	*			۸- مدار راه‌اندازی دو الکتروموتور سه‌فاز بصورت یکی به جای دیگری
*	*	*			۹- مدار راه‌اندازی اتوماتیک دو موتور سه‌فاز به صورت یکی به جای دیگری
*	*	*			۱۰- مدار تغییر در جهت چرخش موتور به کمک کنتاکتور و پس از توقف کامل موتور
	*				۱۱- مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد-راستگرد سریع و حفاظت کامل
*	*	*			۱۲- راه‌اندازی موتور با اتصال ستاره و تغییر سربندی موتور به مثلث
*	*				۱۳- اعمال فرمان کنتاکتور با PLC
*	*				۱۴- ایجاد تاخیر در قطع و وصل مدار به کمک PLC
*	*				۱۵- راه‌اندازی دو مدار به ترتیب یکی پس از دیگری به کمک PLC
*	*				۱۶- راه‌اندازی دو موتور به صورت یکی به جای دیگری
*	*				۱۷- تغییر جهت چرخش موتور به کمک PLC
*	*				۱۸- راه‌اندازی موتور با اتصال ستاره و تغییر سربندی موتور به مثلث به کمک PLC

CO-100	WW-102	WW-101	WW-100	ادامه شماره و عنوان آزمایش‌های شاخه تأسیسات صنعتی
			*	۱۹- اندازه گیری قطر سیم و چگالی جریان
			*	۲۰- طراحی و سیم پیچی سلف
			*	۲۱- طراحی و سیم پیچی ترانس تکفاز
			*	۲۲- طراحی و سیم پیچی ترانس سه فاز
			*	۲۳- طراحی و سیم پیچی موتور القایی تکفاز
			*	۲۴- طراحی و سیم پیچی موتور القایی سه فاز
		*		۲۵- آشنایی با انواع کابل‌ها و بررسی اجزای مختلف آن
		*		۲۶- اصول کابل کشی
		*		۲۷- عیب یابی کابل‌ها
		*		۲۸- سرکابل بندی
		*		۲۹- مفصل بندی کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

بخش دوم: تأسیسات صنعتی

معرفی بخش دوم:

در آزمایش‌های شماره یک تا ۱۵، مفاهیم آزمایشگاه تأسیسات ساختمان ارائه گردیده است. در بخش دوم این دستورکار، آزمایش‌های مربوط به بخش تأسیسات صنعتی ارائه گردیده است که متشکل از ۲۹ عنوان آزمایش است. همانطور که در معرفی بخش یک اعلام گردید، آزمایش‌های مربوط به بخش صنعتی آموزنده کارگاه برق خانگی - صنعتی در این بخش ارائه گردیده است. بنابراین بخش فعلی به عنوان دستورکار ۶ محصول شاخه تأسیسات صنعتی و یک محصول شاخه تأسیسات ساختمان شناخته می‌شود. این ۷ محصول عبارتند از:

۱- آموزنده ماشین‌های الکتریکی DC مدل گسترده (MC-111)

۲- آموزنده ماشین‌های الکتریکی AC مدل گسترده (MC-112)

۳- آموزنده کارگاه سیم پیچی (WW-100)

۴- آموزنده کارگاه سرکابل و مفصل (WW-101)

۵- آموزنده مدار فرمان (CO-100)

۶- آموزنده تأسیسات الکتریکی (WW-102)

۷- آموزنده کارگاه برق خانگی و صنعتی (EW-101)

مشخصات فنی و معرفی بخش‌های مختلف ۶ محصول شاخه تأسیسات صنعتی در پیوست شماره دوم و مشخصات آموزنده کارگاه برق خانگی - صنعتی در پیوست شماره اول ذکر گردیده است. توصیه می‌گردد پیش از انجام آزمایش با آموزنده مورد نظر به طرز کامل مشخصات آن در پیوست یاد شده مطالعه گردد.

در پیوست پنجم انواع کلید از جمله کنتاکتور شرح داده شده است که توصیه می‌گردد پیش از انجام آزمایش‌های مربوط به آموزنده مدار فرمان و یا تأسیسات الکتریکی این پیوست به دقت مطالعه گردد.

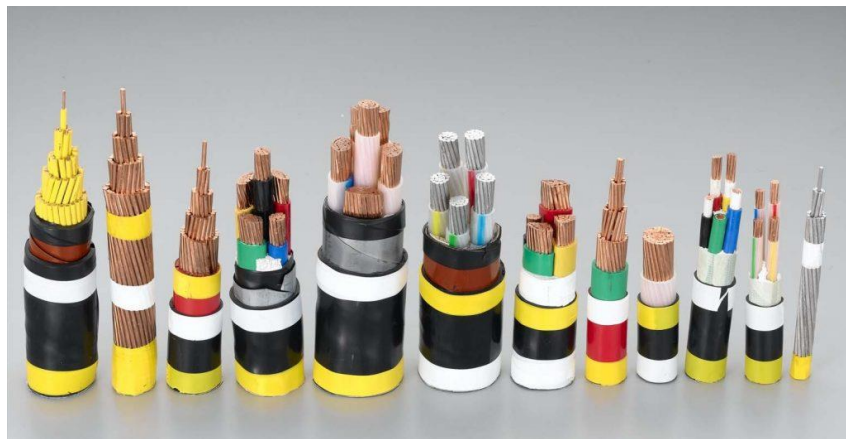
در پیوست ششم مطالبی جهت آشنایی با ساختار داخلی PLC و آموزش برنامه نویسی PLC لوگو ارائه گردیده است.

در پیوست هفتم نحوه باز پیچی موتور القایی شرح داده شده است لذا پیش از انجام آزمایش‌های مربوط به کارگاه سیم‌پیچی، این پیوست به دقت مطالعه گردد.

۱ آشنایی با انواع کابل‌ها و بررسی اجزای مختلف آن

۱-۱ مقدمه

از کابل‌ها برای توزیع و انتقال انرژی الکتریکی در فشار ضعیف، متوسط و قوی استفاده می‌گردد؛ همچنین جهت کنترل و انتقال سیگنال‌های الکتریکی می‌توان از کابل‌ها استفاده نمود. کابل یک یا چند هادی (تک یا چند رشته‌ای) است به طوری که هر هادی به وسیله عایق واحد عایق کاری گردیده و مجموعه هادی‌ها در داخل یک و یا چند پوشش اضافی از موادی با جنس‌های مختلف قرار گرفته باشد. در هر کابل ولتاژ روی سطح آخرین عایق نسبت به زمین، صفر ولت و ولتاژ در روی سطح هادی نسبت به زمین برابر با ولتاژ فازی می‌باشد.



شکل ۱-۱ نمونه‌ای از کابل‌های فشار متوسط و قوی

۲-۱ شناسایی ساختمان کابل

ساختمان کابل‌ها با توجه نوع کاربرد، مقدار و نوع جریان و ولتاژ، تعداد هادی، محل و نوع نصب و موارد دیگر با هم متفاوت می‌باشد اما به طور کلی همه کابل‌ها از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. در بعضی مواقع تنها هادی و عایق برای یک کابل مناسب کافی نبوده و از کلاف (زره) و شیلد جهت محافظت بیشتر استفاده می‌کنند. تقسیم بندی کابل‌ها بر اساس جنس، شکل، سطح مقطع، تعداد هادی‌ها، عایق، ولتاژ و نوع نصب‌شان متفاوت می‌باشد. در شکل ۲-۱ و شکل ۳-۱ چند نمونه کابل را نشان می‌دهد.



ب



د



الف



ج

شکل ۲-۱ کابل (الف) نوع NYCY؛ (ب) آلومینیومی زره‌دار؛ (ج) افشان تخت؛ (د) مسی زره‌دار



ب

الف



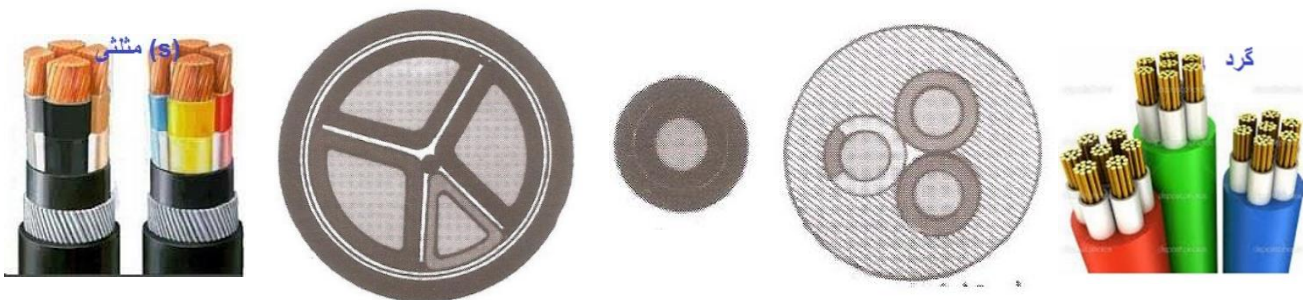
ج

شکل ۱-۳ (کابل الف) نوع مخابراتی (MDF؛ ب) مخابراتی مهاردار هوایی؛ ج) نمونه کابل‌های فشار قوی و متوسط

۱-۲-۱ هادی کابل

هادی‌ها جهت عبور جریان الکتریکی با سطح مقطع‌های استاندارد و به شکل‌های دایره‌ای و مثلثی، تک رشته و چند رشته‌ای ساخته می‌شوند. جنس هادی‌ها معمولاً از مس تقریباً خالص که دارای انعطاف قابل قبولی بوده و یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص آن می‌باشد. هادی‌ها باید از نظر استحکام مکانیکی و هدایت الکتریکی مناسب باشند. شکل هادی‌ها در داخل کابل را با علامت اختصاری زیر در روی کابل مشخص می‌کنند.

هادی دایره‌ای تک رشته با نماد اختصاری re؛ و نوع چند رشته آن با mm مشخص می‌شود. به طور مشابه هادی مثلثی تک رشته با نماد Se؛ و نوع چند رشته آن با Sm مشخص می‌شود. در شکل ۱-۳ ج) نمونه هادی‌های معرفی شده قابل مشاهده است.



شکل ۱-۴ کابل دارای هادی دایره‌ای و مثلثی

۱-۲-۲ عایق کابل‌ها

هادی‌ها برای جلوگیری از اتصال کوتاه به یکدیگر در کابل‌های چند رشته‌ای و جلوگیری از اتصال کوتاه بین هادی‌ها و زمین و محیط اطراف، به موادی به عنوان عایق الکتریکی نیاز دارند. استفاده از عایق دور یک هادی جهت جدایی بین هادی‌ها به کار می‌رود. عمدتاً

عایق‌های کابل‌ها را پلیمر و به‌ندرت کاغذ آغشته به روغن تشکیل می‌دهد. جنس و تعداد لایه‌ها را با توجه به نوع کابل و کاربرد آن انتخاب می‌کنند. برای محافظت در مقابل نیروهای فیزیکی و آسیب‌های شیمیایی، یک پوشش خارجی یک لایه و یا چند لایه روی عایق و هادی قرار می‌گیرد.

مهمترین جنس عایق‌های کابل عبارتند از: (۱) عایق پلاستیکی و پی وی سی (PVC)

(۲) عایق پلی اتیلن (PET)

(۳) عایق‌های لاستیکی مانند تفلون

(۴) کاغذهای آغشته به روغن

در ادامه به طور مختصر عایق‌های نام برده شده توضیح داده خواهند شد.

• عایق پلاستیکی و PVC

محدوده کارکرد حرارتی PVC بین ۶۰ تا ۲۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کابل‌های با روکش PVC، دارای پایداری مناسبی در مقابل روغن، اسیدها، قلیاها، نور خورشید، گرما، باد و خراش می‌باشند. همچنین تغییر فرمول آن باعث ایجاد یک پوشش خارجی مناسب برای کابل‌های گوناگون که در شرایط مختلفی هستند؛ می‌شود. مانند کابل‌های آنتن، کابل‌های کنترل، کابل‌های رو شنیایی و کابل‌های ویژه دفن مستقیم در زمین یا دیوار و...

از مزایای این عایق می‌توان، غیر قابل اشتعال بودن و ثبات شیمیایی بالا (کهنه نشدن) را نام برد. از این کابل‌های با عایق PVC، در انتقال و توزیع انرژی الکتریکی کارخانجات و شبکه‌های الکتریکی تا یک کیلوولت استفاده می‌گردد.

• عایق پلی اتیلن (PET)

پلی اتیلن ویژگی‌های الکتریکی مناسبی دارد و با توجه به ثبات دی الکتریک بسیار کم آن، مقاومت عایقی بسیار بالایی برای استفاده در مدارات فرکانس بالا دارد. پلی اتیلن بسیار سفت و سخت می‌باشد. عیب این عایق انعطاف‌پذیری کم و قابل اشتعال بودن می‌باشد. که مشکل قابل اشتعال بودن را با استفاده از روکش خارجی PVC حل می‌کنند. کابل با عایق پلی اتیلن در ولتاژهای بالای 20kV به کار می‌رود.

• عایق‌های لاستیکی

تفلون دارای خواص الکتریکی، حدود تغییرات وسیع حرارتی و مقاومت شیمیایی بسیار عالی می‌باشد ولی پایداری مناسبی در برابر تشعشع هسته‌ای و ولتاژ بالا ندارد. تفلون قابل تزریق بوده و برای تزریق عایق سیم و کابل به صورت طولی به کار می‌رود. تفلون را تنها باید روی هادی‌های با پوشش نقره یا نیکل تزریق کرد.

• کاغذهای آغشته به روغن مخصوص

کابل‌های با عایق کاغذی اشباع شده، برای ولتاژهای بالا ۳/۵ تا ۶۳ کیلووات ساخته می‌شود این نوع کابل را کابل کمربندی نیز می‌گویند. این کابل فشار قوی و مناسب برای نصب مستقیم در زیرزمین بوده و در محل‌هایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند پمپ بنزین‌ها و مناطق نفتی نباید استفاده گردد.

۱-۲-۳ غلاف (زره) کابل‌ها

گاهی کابل‌ها تحت فشارهای زیاد مکانیکی و یا عوامل محیطی قرار می‌گیرند و هادی‌های عایق دار یا فیبرهای نوری آن‌ها، به دلیل عدم حفاظت کافی از بین می‌روند، غلاف که معمولاً از جنس فلز (مس، سرب، فولاد روی اندود و آلومینیوم)، کاغذ و مواد پلاستیکی به ویژه

PVC است، به صورت یکنواخت بر روی کابل کشیده می‌شود تا با جلوگیری از فشار مکانیکی و عوامل جوی، عمر مفید و ایمنی آن را تضمین کند. به چند نمونه از غلاف در زیر اشاره می‌شود.

• غلاف بافته شده

غلاف بافته شده یکی از بهترین غلاف‌های است که از کابل محافظت می‌کند که ممکن است غلاف بر روی هادی‌ها و یا به طور کلی به عنوان پوشش خارجی کابل مورد استفاده قرار گیرد.

• غلاف یکپارچه موج دار و بدون درز

غلاف یکپارچه موج دار و بدون درز از نوارهای آلومینیومی ساخته شده که در امتداد کابل به صورت مارپیچ تابیده می‌شود طوری که هیچ درزی بین نوارها وجود ندارد. این غلاف به صورت یک لوله با لبه‌های دندان‌دار به دور کابل تابیده شده است و در برابر، رطوبت، مواد شیمیایی و فشارهای فیزیکی بسیار مقاوم است.



شکل ۱-۵ زره و پوشش کابل

• بافت حصیری

غلاف با بافت حصیری شکل، پوشش سختی است که به صورت سیم‌های فلزی (فولاد_ آلومینیوم یا برنز) دور کابل بافته شده است معمولاً این نوع غلاف فلزی به دلیل پایداری عالی در برابر فشارهای زیاد مکانیکی و وزن کمتر آن نسبت به زره‌های دیگر، برای روکش کابل‌های کشتی استفاده می‌شود.

• غلاف سربی

غلاف سربی به دلیل پایداری مناسب در برابر رطوبت در تأسیسات زیرزمینی، کانال‌ها و لوله‌های ویژه عبور کابل به کار می‌رود. همچنین این نوع غلاف در برابر اسیدهای خورنده نیز مقاوم می‌باشد.

• زره سیمی

بیشترین کاربرد زره سیمی برای کابل‌های دریایی می‌باشد و دلیل آن پایداری مناسب در برابر فشارهای مکانیکی در بنادر، لنگرگاه‌ها و سنگ‌های تیز می‌باشد. این غلاف از مفتول‌هایی با قطر 0.3-0.6 mm که به طور مارپیچ دور کابل تابیده شده؛ تشکیل شده است و روی آن با نوعی قیر ویژه پوشانده شده که کابل را در برابر خوردگی اسید محافظت می‌کند.

۱-۲-۴ پوشش محافظ (شیلد) کابل

پوشش محافظ (شیلد) کابل‌های الکتریکی، از به وجود آمدن میدان الکتریکی بین یک هادی با هادی‌های دیگر جلوگیری می‌کند و برای کابل‌های با روکش، غیر فلزی در مدارهای با ولتاژهای بالای ۲۰۰۰ ولت (کابل‌های تک هادی) و ۵۰۰۰ ولت (کابل‌های چند هادی)، کابل‌های کنترل و کابل‌های سیگنال‌های صوتی و تصویری به کار می‌رود. شیلد باید از فشار بیش از حد ولتاژ میان هادی‌ها جلوگیری کند و همچنین به عایق چسبیده باشد و در هر شرایطی پایداری خود را حفظ کند.

کابل‌های نصب شده در لوله‌های غیر فلزی و فلزی، مستهلک می‌شوند که استفاده از شیلد تا حدودی مانع از آن می‌شود. همچنین در سطح کابل‌های فاقد شیلد به دلیل امکان وجود لایه‌ای نمناک یا پوشیده از دوده، گریس‌ها یا چربی‌ها، احتمال انتقال ولتاژ وجود دارد.

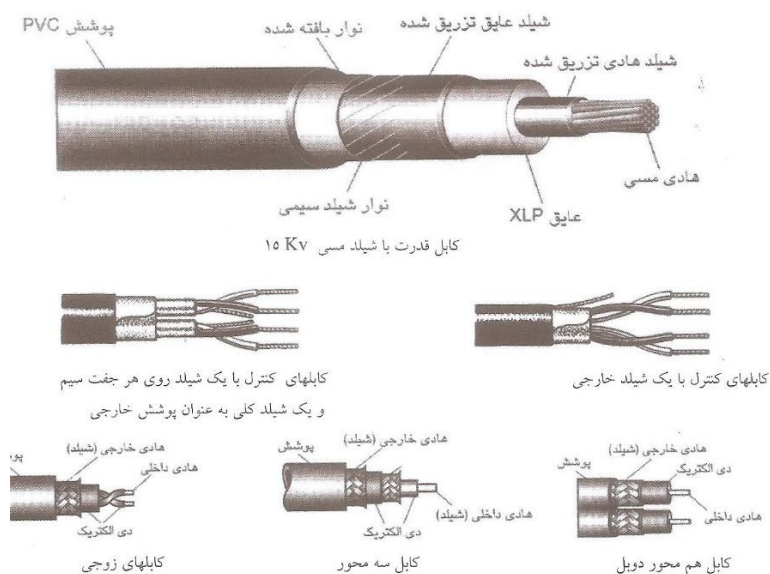
برای کابل‌های که مستقیماً در زیر زمین و یا در مجراها و کانال‌های غیر فلزی به کار رفته‌اند؛ استفاده از پوشش محافظ (شیلد) مفید می‌باشد.

• در استفاده از شیلد باید به نکات زیر توجه کرد

- ۱- شیلد باید سراسر عایق را بپوشاند و در هیچ جای آن گسستگی وجود نداشته باشد.
- ۲- انتهای شیلد و نقطه اتصال آن به مفصل باید با یک شیوه مناسب طوری که تحت فشار نباشد؛ نصب شود.
- ۳- در مفصل‌های عایق باید شیلد طوری نصب شود که اتصال ولتاژ در سراسر شیلد فلزی برقرار باشد.
- ۴- شیلد روی کابل باید در یک یا چند نقطه (هرجا که امکان پذیر باشد) به زمین متصل باشد. اتصال سیم انعطاف پذیر زمین و یا زنجیر با مقاومت کم به شیلد، کارایی آن را تضمین می‌کند.

• اهداف کاربرد شیلد در کابل‌ها

- ۱- محافظت از کابل‌ها در مقابل تکان‌های شدید و کاهش خطر
- ۲- حفظ مقاومت دی الکتریک و جلوگیری از جهش پوستی غلاف کابل به زمین
- ۳- توزیع یکنواخت فشارهای الکتریکی در سراسر عایق و کاهش فشار در مترائ زیاد
- ۴- مطابقت محدوده ولتاژ با میدان الکتریکی کابل‌ها و محدود کردن تداخل‌های رادیویی
- ۵- محافظت از کابل‌های که در مکان‌های مرتفع نصب شده‌اند یا در مقابل عوامل القایی می‌باشند.
- ۷- کم کردن خطر شوک (در صورتی که کابل‌ها به زمین متصل نشده باشند خطر شوک افزایش پیدا می‌کند)



شکل ۱-۶ اجزای مختلف کابل

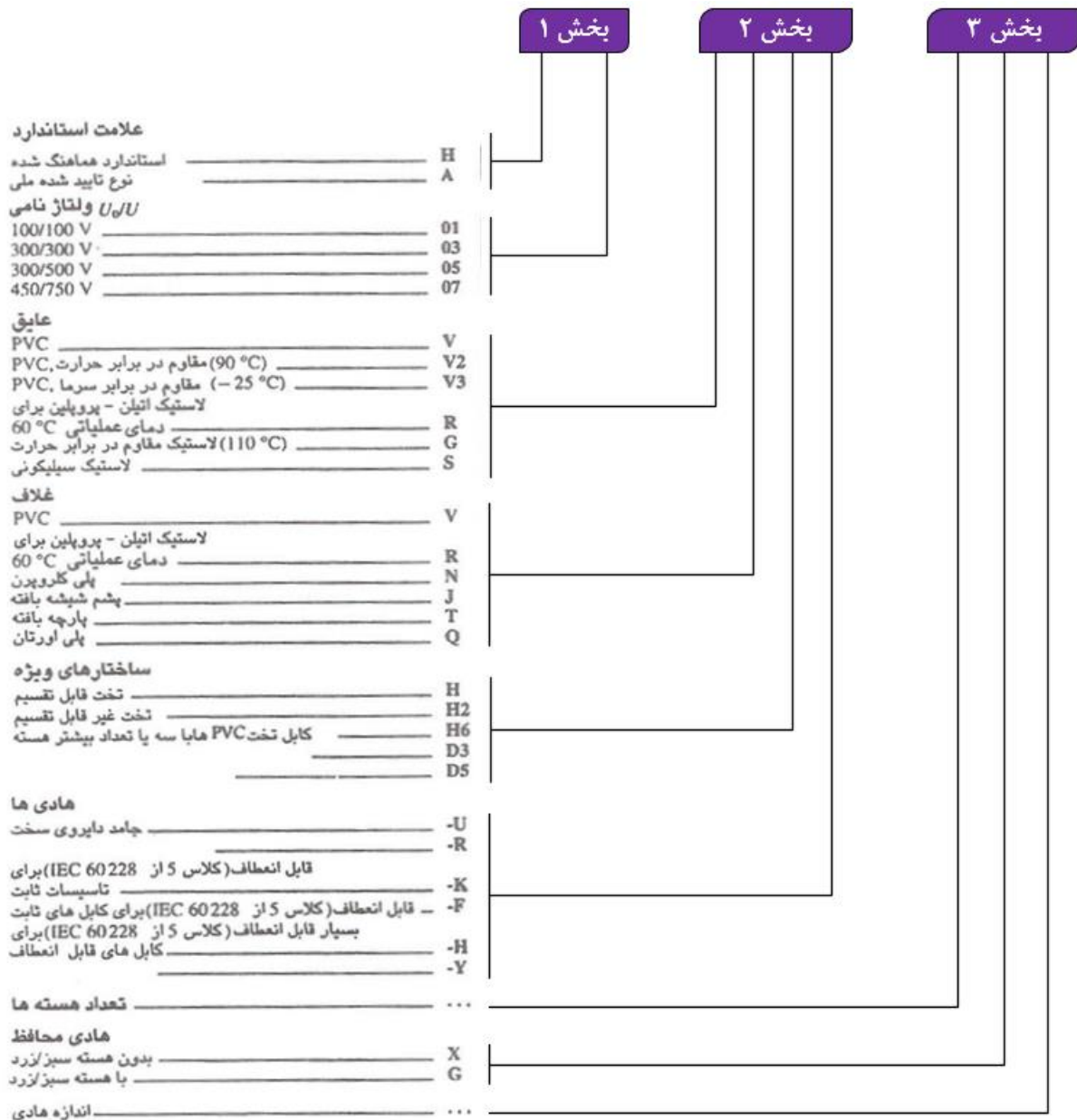
۳-۱ شناسایی کابل‌ها از روی علامت

کابل‌ها دارای علامت‌هایی هستند که در تمام کشورهایی که از کمیته اروپایی، استانداردسازی اروپا (CENELEC) تبعیت می‌کنند مشابه می‌باشند. این علامت مطابق شکل ۱-۷ به سه بخش تقسیم می‌گردد.

بخش اول: مربوط به علامت استاندارد و ولتاژهای نامی می باشد.

بخش دوم: نوع عایق، غلاف کابل، ساختارهای ویژه و نوع هادی را مشخص می کند.

بخش سوم: تعداد هادی، مشخصات هادی محافظ و سطح مقطع کابل را نشان می دهد.



شکل ۱-۷ مفهوم علامت گذاری کابل ها

۴-۱ انتخاب کابل مناسب

در انتخاب یک کابل مناسب علاوه بر رعایت استانداردهای مربوط به کابل ها، مقررات ویژه بخش عمومی در مواردی که وجود داشته باشد و یا سازمانهای بازرسی (مثل کارخانجات، فروشگاه ها، معادن، ...) نیز باید رعایت گردند. برای این که کابل انتخاب شده در یک سیستم بتواند بدون اشکال و با طول عمر نامی، وظیفه خودش را انجام دهد. به غیر از موارد ذکر شده در بالا، باید نکات زیر نیز در انتخاب کابل رعایت گردد.

۱-۴-۱ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی یک کابل قدرت، ولتاژی است که بر اساس آن ساخته می‌شود و تست‌های تعیین مشخصات الکتریکی در آن ولتاژ انجام می‌گیرد. ولتاژ نامی برحسب دو مقدار ولتاژ AC (U_0, U) بیان می‌گردد که U_0 ، مقدار موثر ولتاژ قابل تحمل بین هادی خارجی و زمین (محیط غیر عایق) است و U ، مقدار موثر ولتاژ قابل تحمل بین دو فاز در کابل‌های چند هسته‌ای و یا ولتاژ بین دو فاز سیستمی که از کابل‌های تک هسته‌ای استفاده می‌کنند.

۲-۴-۱ ولتاژ کار

ولتاژ کار، ولتاژ بین هادی‌ها و یا بین هادی و زمین در تأسیسات قدرت تحت شرایط کار نرمال است.

• ولتاژ کار پیوسته مجاز

کابل‌های با ولتاژ نامی $U_0 / U > 0.6/1 \text{ kV}$ ، برای استفاده در سیستم‌های سه فاز AC و سیستم‌های DC مناسب می‌باشند، که حداکثر ولتاژ پیوسته مجاز در آن‌ها بین ۱۰ تا ۲۰ درصد (بسته به ولتاژ نامی کابل) بیشتر از ولتاژ نامی کابل است. ولتاژ کار پیوسته مجاز در سیستم‌های DC بین هادی‌ها، نباید از ولتاژ کار مجاز AC، بیش از ضریب ۱.۵ برابر تجاوز نماید. در سیستم‌های DC با اتصال زمین تک فاز، این مقدار باید در ضریب ۰.۵ ضرب گردد.

۳-۴-۱ محل نصب

انواع نصب کابل‌ها را با توجه به استانداردهای مورد قبول به صورت‌های کلی زیر تقسیم بندی می‌کنند.

- نصب نوع A: نصب در دیوارهای عایق حرارتی
- نصب نوع B: نصب در داخل کانال یا داکت خارج و داخل دیوار
- نصب نوع C: نصب مستقیم خارج و یا داخل دیوار یا زیر گچ
- نصب نوع E: نصب در هوای آزاد

۴-۴-۱ شرایط کار

مقادیر ظرفیت عبور جریان همواره بر اساس شرایط کار و نوع نصب تعرف شده تعیین می‌گردد. که در جدول زیر مثال‌های برای نوع نصب همراه با شرایط کار کابل آورده شده است.

جدول ۱-۱ نوع کابل و شرایط کاری بر اساس نوع نصب

شرایط نصب	نوع نصب	نوع کابل و شرایط کار
A ₁ و A ₂ نصب در دیوارهای عایق حرارتی	A ₁	کابل تک هسته‌ای بدون غلاف در کانال
	A ₂	کابل چند هسته‌ای در کانال
B ₁ و B ₂ نصب در کانال یا داکت	A ₂	کابل چند هسته‌ای در دیوار
	B ₁	کابل تک هسته‌ای بدون غلاف درون کانال روی دیوار
	B ₁	کابل چند هسته‌ای بدون غلاف درون کانال روی دیوار
	B ₁	کابل تک هسته‌ای، بدون غلاف یا با غلاف نازک، یا کابل چند هسته‌ای در کانال داخلی دیوار یا زیر گچ
C نصب مستقیم	B ₂	کابل یک هسته‌ای یا چند هسته‌ای در کانال روی دیوار یا روی زمین
	C	- کابل چند هسته‌ای روی دیوار یا زمین
		- کابل تک هسته‌ای با غلاف نازک روی دیوار یا زمین
		- کابل چند هسته‌ای روی دیوار یا زیر گچ
E نصب در هوای آزاد	E	- کابل تخت زیر گچی
		- فاصله از دیوار مطابق استاندارد مربوطه
		- در کابلهای نصب شده کنار هم، فاصله، بزرگتر از دو برابر قطر خارجی کابل
		- در کابلهای نصب شده، یکی بر روی دیگری، فاصله، بزرگتر از دو برابر قطر خارجی کابل

۴-۵ ظرفیت عبور جریان

یکی از مشخصه های اصلی هر کابل قدرت تحمل جریان الکتریکی آن می باشد که به نوع کابل، شرایط محیط و محل نصب آن بستگی دارد. و چنانچه مقدار جریان از حد معینی بیشتر گردد علاوه بر گرم شدن کابل ممکن است موجب سوختن آن نیز بشود. افزایش دمای کابل و یا ظرفیت عبور جریان کابل با سطح مقطع مشخص، به ساختار، خواص مواد آن و شرایط خاص کاری بستگی دارد. شرایط کار هرچه باشد نباید جریان بار از ظرفیت عبور جریان کابل بیشتر شود. سطح مقطع انتخاب شده کابل باید به گونه ای باشد که جریان بار تحت شرایط کار نرمال از ظرفیت عبور جریان هادی تجاوز ننماید و دمای هیچ بخشی از کابل در هیچ زمانی از دمای حداکثر مجاز، بیشتر نشود.

• جریان نامی

جریان نامی، مقدار جریانی است که در شرایط کار نرمال، کابل می تواند تحمل نماید؛ بدون این که مشخصات کابل تغییر یابد. ظرفیت عبور جریان کابل از حاصلضرب جریان نامی در ضرایب تصحیح به دست می آید. ظرفیت عبور جریان برای کابل های دارای عایق PVC با درجه حرارت کار مجاز ۷۰ درجه سانتیگراد و متناسب با نوع نصب از جدول ۱-۲ و برای کابل های دارای عایق XLPE با درجه

حرارت کار مجاز ۹۰ درجه متناسب با نوع نصب با توجه به

جدول ۱-۳ بدست می آید. مقادیر مشخص شده جداول زیر برای دمای محیط ۳۰ درجه سانتیگراد صادق است.

جدول ۱-۲ ظرفیت عبور جریان بر حسب سطح مقطع کابل دارای عایق PVC؛ با توجه به شرایط کاری

PVC												عایق
NHXMH-H07VK-H07VR-NHYRUZY- NYBUY-NYM												علامت
۷۰ درجه سانتیگراد												حداکثر دمای کاری
۳۰ درجه سانتیگراد												دمای محیط
هوای آزاد		مستقیم		کانال یا داکت				دیوارهای عایق حرارتی				محل نصب
E		C		B2		B1		A2		A1		نوع نصب
۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	تعداد هادی بارگذاری شده
ظرفیت عبور جریان بر حسب آمپر												سطح مقطع نامی هادی مسی
۱۸,۵	۲۲	۱۷,۵	۱۹,۵	۱۵,۰	۱۶,۵	۱۵,۵	۱۷,۵	۱۳,۰	۱۵,۵	۱۳,۵	۱۵,۵	۱,۵mm ²
۲۵	۳۰	۲۴	۲۷	۲۰	۲۳	۲۱	۲۴	۱۷,۵	۱۸,۵	۱۸,۰	۱۹,۵	۲,۵mm ²
۳۴	۴۰	۳۲	۳۶	۲۷	۳۰	۲۸	۳۲	۲۳	۲۵	۲۴	۲۶	۴mm ²
۴۳	۵۱	۴۱	۴۶	۳۴	۳۸	۳۶	۴۱	۲۹	۳۲	۳۱	۳۴	۶mm ²
۶۰	۷۰	۵۷	۶۳	۴۶	۵۲	۵۰	۵۷	۳۹	۴۳	۴۲	۴۶	۱۰mm ²
۸۰	۹۴	۷۶	۸۵	۶۲	۶۹	۶۸	۷۶	۵۲	۵۷	۵۶	۶۱	۱۶mm ²
۱۰۱	۱۱۹	۹۶	۱۱۲	۸۰	۹۰	۸۹	۱۰۱	۶۸	۷۵	۷۳	۸۰	۲۵mm ²
۱۲۶	۱۴۸	۱۱۹	۱۳۸	۹۹	۱۱۱	۱۱۰	۱۲۵	۸۳	۹۲	۸۹	۹۹	۳۵mm ²
۱۵۳	۱۸۰	۱۴۴	۱۶۸	۱۱۸	۱۳۳	۱۳۴	۱۵۱	۹۹	۱۱۰	۱۰۸	۱۱۹	۵۰mm ²
۱۹۶	۲۳۲	۱۸۴	۲۱۳	۱۴۹	۱۶۸	۱۷۱	۱۹۲	۱۲۵	۱۳۹	۱۳۶	۱۵۱	۷۰mm ²
۲۳۸	۲۸۲	۲۲۳	۲۵۸	۱۷۹	۲۰۱	۲۰۷	۲۳۲	۱۵۰	۱۶۷	۱۶۴	۱۸۲	۹۵mm ²
۲۷۸	۳۲۸	۲۵۹	۲۹۹	۲۰۶	۲۳۲	۲۳۹	۲۶۹	۱۷۲	۱۹۲	۱۸۸	۲۱۰	۱۲۰mm ²

جدول ۳-۱ ظرفیت عبور جریان برحسب سطح مقطع کابل دارای عایق XLPE؛ با توجه به شرایط کاری

XLPE												عایق
N2XY-N2XSY-N2XH-N2XCH												علامت
۹۰ درجه سانتی‌گراد												حداکثر دمای کاری
۳۰ درجه سانتی‌گراد												دمای محیط
هوای آزاد			مستقیم		کانال یا داکت				دیوارهای عایق حرارتی			محل نصب
E		C		B2		B1		A2		A1		نوع نصب
۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	تعداد هادی بارگذاری شده
ظرفیت عبور جریان برحسب آمپر												سطح مقطع نامی هادی مسی
۲۳	۲۶	۲۲	۲۴	۱۹,۵	۲۲	۲۰	۲۳	۱۶,۵	۱۸,۵	۱۷	۱۹	۱,۵mm ²
۳۲	۳۶	۳۰	۳۳	۲۶	۳۰	۲۸	۳۱	۲۲	۲۵	۲۳	۲۶	۲,۵mm ²
۴۲	۴۹	۴۰	۴۵	۳۵	۴۰	۳۷	۴۲	۳۰	۳۳	۳۱	۳۵	۴mm ²
۵۴	۶۳	۵۲	۵۸	۴۴	۵۱	۴۸	۵۴	۳۸	۴۲	۴۰	۴۵	۶mm ²
۷۵	۸۶	۷۱	۸۰	۶۰	۶۹	۶۶	۷۵	۵۱	۵۷	۵۴	۶۱	۱۰mm ²
۱۰۰	۱۱۵	۹۶	۱۰۷	۸۰	۹۱	۸۸	۱۰۰	۶۸	۷۶	۷۳	۸۱	۱۶mm ²
۱۲۷	۱۴۹	۱۱۹	۱۳۸	۱۰۵	۱۱۹	۱۱۷	۱۳۳	۸۹	۹۹	۹۵	۱۰۶	۲۵mm ²
۱۵۸	۱۸۵	۱۴۷	۱۷۱	۱۲۸	۱۴۶	۱۴۴	۱۶۴	۱۰۹	۱۲۱	۱۱۷	۱۳۱	۳۵mm ²
۱۹۲	۲۲۵	۱۷۹	۲۰۹	۱۵۴	۱۷۵	۱۷۵	۱۹۸	۱۳۰	۱۴۵	۱۴۱	۱۵۸	۵۰mm ²
۲۴۶	۲۸۹	۲۲۹	۲۶۹	۱۹۴	۲۲۱	۲۲۲	۲۵۳	۱۶۴	۱۸۳	۱۷۹	۲۰۰	۷۰mm ²
۲۹۸	۳۵۲	۲۷۸	۳۲۸	۲۳۳	۲۶۵	۲۶۹	۳۰۶	۱۹۷	۲۲۰	۲۱۶	۲۴۱	۹۵mm ²
۳۴۶	۴۱۰	۳۲۲	۳۸۲	۲۶۸	۳۰۵	۳۱۲	۳۵۴	۲۲۷	۲۵۳	۲۴۹	۲۷۸	۱۲۰mm ²

در جدول ۳-۱ و

جدول ۳-۱ ظرفیت عبور جریان برای کابل‌های دارای عایق PVC یا XLPE مشخص شده است اما در حالت کلی با توجه به اینکه سرعت تبادل حرارت به عواملی از قبیل درجه حرارت محیط، نحوه قرار گرفتن دو یا چند کابل در مجاورت یکدیگر و غیره، بستگی دارد؛ بدیهی است که نصب کابل در فضای کوچک و بسته‌ای مانند کانال و لوله‌ها باعث کندی تبادل حرارت با محیط اطراف می‌گردد. در چنین شرایطی باید کابلی با جریان مجاز بیشتر از جریان مصرفی بار انتخاب نمود. به عبارت دیگر برای تبدیل جریان مصرفی بار به جریان مجاز کابل، باید از ضرائب معینی، بنام ضرائب تصحیح جریان که در جدول ۳-۱ تا جدول ۳-۶ داده شده، طبق رابطه مقابل استفاده نمود.

ضرائب تصحیح / جریان مصرفی بار = جریان مجاز کابل

با توجه به جریان بدست آمده و جریان مجاز نوشته شده در کاتالوگها، کابل مناسب قابل انتخاب است.

جدول ۳-۱ ضرائب تصحیح جریان کابل‌ها در خاک

۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	درجه حرارت محیط (°C)
۰,۴۵	۰,۵۵	۰,۶۳	۰,۷۱	۰,۷۷	۰,۸۴	۰,۸۹	۰,۹۵	۱	۱,۰۵	ضرائب تصحیح (°C)

جدول ۵-۱ ضرایب تصحیح جریان کابل‌ها در هوا

درجه حرارت محیط (°C)	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
ضریب تصحیح (°C)	۱,۱۷	۱,۱۲	۱,۰۶	۱	۰,۹۴	۰,۸۷	۰,۷۹	۰,۷۱	۰,۶۱	۰,۵

جدول ۶-۱ ضرایب تصحیح جریان کابل‌های مجاور با فاصله ۷cm در خاک

تعداد کابل‌های مجاور	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰
ضریب تصحیح (°C)	۱	۰,۸۵	۰,۷۵	۰,۶۸	۰,۶۴	۰,۶	۰,۵۶	۰,۵۳

۴-۶-۱ افت ولتاژ کابل

از دیگر عواملی که در انتخاب کابل باید در نظر داشت، افت ولتاژ آن است، زیرا کاهش ولتاژ دستگاه‌های صنعتی علاوه بر ایجاد اشکال در طرز کار صحیح آنها در پاره‌ای موارد موجب آسیب دیدن دستگاه نیز می‌شود. افت ولتاژ معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود. برای محاسبه افت ولتاژ در یک کابل مشخص، با مراجعه به جدول ۷-۱، ضریب افت ولتاژ مربوط به آن را پیدا نموده و سپس با استفاده از روابط زیر می‌توان درصد افت ولتاژ کابل را محاسبه نمود. در رابطه زیر ΔV ، افت ولتاژ کابل به ولت؛ V ، ولتاژ شبکه به ولت؛ L ، طول کابل بر حسب متر؛ P ، توان مصرفی به کیلووات و m ، ضریب افت ولتاژ کابل تعریف می‌شود.

$$\Delta V = L \times P \times m$$

$$\frac{\Delta V}{V} \times 100 = \Delta V \%$$

در محاسبات افت ولتاژ، معمولاً حداکثر درصد افت ولتاژ (افت ولتاژ مجاز) را برای کابل‌ها ۳ درصد در نظر می‌گیرند.

همانطور که در جدول شماره ۴ ملاحظه می‌گردد، با افزایش سطح مقطع، ضریب افت ولتاژ و نتیجتاً درصد افت ولتاژ کابل، کاهش می‌یابد که این امر نیز به نوبه خود منجر به تقلیل توان الکتریکی تلف شده در کابل می‌شود. اما از طرفی با افزایش سطح مقطع کابل قیمت آن نیز بالا می‌رود. لذا برای رسیدن به بهترین نوع انتخاب کابل، توجه به نکات زیر ضروری می‌باشد:

- ۱- با توجه به توان مصرفی، جریان مجاز و سپس سطح مقطع کابل را مشخص نمائید
- ۲- با استفاده از سطح مقطع تعیین شده، افت ولتاژ کابل را محاسبه کنید. حال چنانچه درصد افت ولتاژ از حد مجاز زیادتر باشد، سطح مقطع بالاتر را در نظر بگیرید.

جدول ۷-۱ ضریب افت ولتاژ سیم‌ها و کابلها

۱۲۰	۹۵	۷۰	۵۰	۳۵	۲۵	۱۶	۱۰	۶	۴	۲,۵	۱,۵
-	-	-	-	-	-	۰,۰۰۱	۰,۰۱۶۲	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۶۵	۰,۱۰۸
۰,۰۰۰۳۹	۰,۰۰۰۵۰	۰,۰۰۰۶۷	۰,۰۰۰۹۴	۰,۰۰۱۳۴	۰,۰۰۱۸۸	۰,۰۰۲۹	۰,۰۰۴	۰,۰۰۸	۰,۰۱۲	۰,۰۱۹	۰,۰۳۱

۵-۱ شرح آزمایش

در این آزمایش با توجه به انواع کابل‌هایی که در اختیار دارید، اجزا و ساختمان داخلی آن‌ها را بررسی نموده و جریان مجاز عبوری از هر یک را با توجه به شرایط نصب تعیین نمایید.

در نهایت میزان افت ولتاژ هریک را در طول ۱,۲ کیلومتر بدست آورید

۱-۶ سوالات آزمایش

- ۱- با مراجعه به پیوست هشتم و مطالعه جدول پ-۷ در رابطه با علامت کابل‌ها در استاندارد VDE، نسبت به تعیین مشخصات و ویژگی‌های کابل‌های در اختیار قرار داده شده، اقدام نمایید؟
- ۲- برای جلوگیری از اشتباه و تشخیص سیم کابل‌ها از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند که با توجه به تعداد هادی‌ها در داخل کابل و استاندارد ساخت کابل متفاوت می‌باشد. در مورد رنگ‌بندی عایق سیم‌ها، مطابق با استاندارد VDE تحقیق کنید؟
- ۳- در مورد استانداردهای موجود در زمینه کابل‌ها تحقیق کنید؟

۲ اصول کابل‌کشی

۱-۲ مقدمه

در این بخش از دستور کار ابتدا به بررسی اصول و روش‌های کابل‌کشی پرداخته خواهد شد و در ادامه ملاحظات لازم در کابل‌کشی بیان می‌گردد. سپس در مورد ابزار و تجهیزات لازم جهت انجام این کار مطالبی ارائه خواهد شد و در نهایت به طرح آزمایش در رابطه با کابل‌کشی از طریق کانال خاکی و همچنین کابل‌کشی از روی دیوار پرداخته شده است.

۲-۲ روش‌های کابل‌کشی

انواع روش‌های کابل‌کشی در پنج دسته کلی تقسیم‌بندی شده است. ۱- کابل‌کشی به روش دفنی

۲- کابل‌کشی با روش عبور کابل از لوله

۳- کابل‌کشی روی دیوار یا سقف

۴- کابل‌کشی از طریق داکت یا باس داکت

۱-۲-۲ کابل‌کشی به روش دفنی

برای این منظور ابتدا گودالی متناسب با نوع کابل و تعداد کابل مجاور، حفر شده و بعد از ریختن ماسه نرم در آن، کابل در گودال قرار گرفته و سپس با نصب پوشش حفاظتی مناسب گودال کاملاً پر می‌شود.

در این سیستم به هنگام عبور کابل از بعضی مناطق خاص مثل جاده‌ها، ریل‌های راه‌آهن و غیره از لوله استفاده می‌شود. برای انجام فرایند کابل‌کشی در گودال خاکی به صورت استاندارد از مصالحی همچون ماسه بادی، آجر فشاری (بدون سوراخ)، نوار خطر برق و لوله پلی‌اتیلن یا پی‌وی سی فشار قوی (در صورت نیاز) استفاده می‌گردد. ماسه‌های ریخته شده علاوه بر حفاظت و نرمی زیر کابل، دما را به خوبی منتقل نموده که این موضوع باعث خنک شدن و استفاده بهتر از ظرفیت بارگذاری کابل می‌شود.

در مورد ابعاد کانال خاکی لازم به ذکر است که عرض کانال بستگی به تعداد کابل مد نظر دارد به طوری که فاصله معمول بین کابل‌ها، ۲۰ سانتیمتر و فاصله هر کابل از دیواره کانال ۱۵ سانتیمتر می‌باشد. در استانداردها حداقل عرض کانال برای دفن کابل فشار ضعیف (تک کور یا سه کور) برای یک مدار ۵۰ سانتیمتر لحاظ می‌گردد. این موضوع برای کابل‌های فشار متوسط که به طور معمول سه رشته می‌باشد؛ حداقل ۷۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود. عرض کانال در مواقع قراردادن بیش از دو رشته کابل، از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد

$$\text{حداقل عرض کانال} = (1 - \text{تعداد کابل}) * 20 + 30$$

عمق کانال از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی هم قرار می‌گیرد. در هر حال عمق کانال از سطح زمین در پیاده رو نباید از ۷۰ سانتیمتر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک صد و ده سانتیمتر کمتر باشد. این عمق در مورد کابل‌های تا ولتاژ ۱۱ کیلوولت، ۳۰ سانتیمتر و در مورد کابل‌های تا ۳۳ کیلوولت، ۴۰ سانتیمتر اضافه گردد.

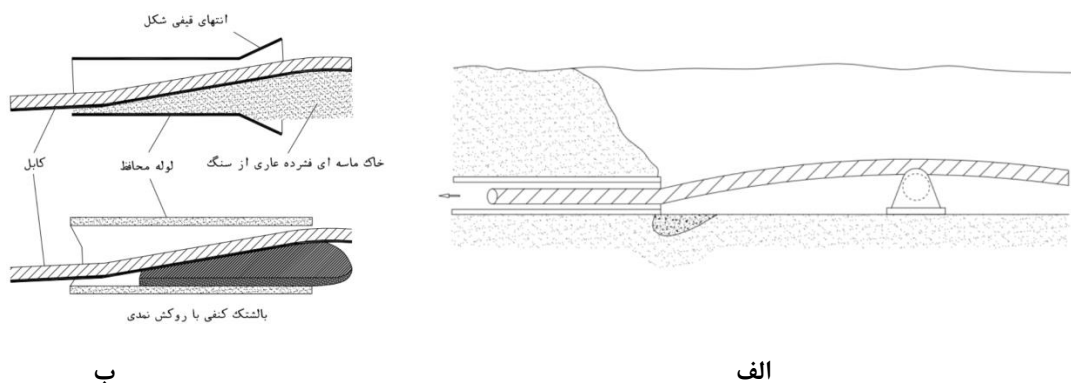
در صورتیکه تعداد کابل‌ها زیاد باشد بهتر است بجای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر آنها را در کنار یکدیگر قرار داد؛ در این حالت فاصله بین دو کابل مجاور ۲۰ سانتیمتر انتخاب می‌شود.

برخی اوقات نیز از کانال‌هایی به عمق ۱۱ تا ۱۰ سانتی متر که در اطراف و کف آن سیمان به کار می‌رود؛ استفاده می‌گردد. کابل‌های برق را در کف آن قرار می‌دهند چنانچه تعداد کابل‌ها زیاد باشد کانال را طبقه بندی می‌کنند

۲-۲-۲ کابل کشی با روش عبور کابل از لوله

هنگامی که مسیر کابل با جاده‌ها، خطوط راه‌آهن و... تقاطع دارد، کابل باید از میان لوله عبور داده شود. باید توجه نمود که لوله بر روی خاک‌های ناپایدار قرار نگیرد و دقت گردد تا لبه‌های برنده لوله به کابل آسیب وارد نکنند. 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 ۱-۲ الف) حفر شود تا از ورود سنگ و مواد اضافی دیگر به آن جلوگیری شود. بعد از اتمام کابل کشی از داخل لوله، انتها و ابتدای کابل داخل لوله با استفاده از خاک کوبیده شده یا بالشتک کنفی به صورت شکل ۱-۲ ب) محافظت گردد. در صورتی که لوله طویل باشد نیروی زیادی برای عبور کابل از لوله مورد نیاز می‌باشد که می‌توان از مواد چرب مانند روغن برای سهولت در کابل کشی استفاده کرد

حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال 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.



شکل ۱-۲ الف) ایجاد گودال در محل ورود کابل به لوله؛ ب) محافظت کابل با تغییر دهانه لوله به صورت قیفی شکل

۳-۲-۲ کابل کشی روی دیوار یا سقف با استفاده از سینی کابل

فاصله بین بستها، روی دیوار یا سقف و یا فاصله نقاط اتکا و نگهدارنده‌ها به هنگام قرار گرفتن کابل به‌طور افقی روی سینی نباید از مقادیر زیر بیشتر شود؛ ضمناً حداکثر این مقدار نباید از ۸۰ سانتیمتر بیشتر شود.

۱- برای کابل‌های بدون زره ۲۰ برابر قطر خارجی

۲- برای کابل‌های با زره ۳۰ تا ۳۵ برابر قطر خارجی

• سینی کابل:

برای انتقال تعداد زیادی کابل به صورت رو کار و برای نصب آن از پایه‌های پیش ساخته استفاده می‌شود یک طرف این پایه‌ها به دیوار رول پلاک می‌شوند و سینی کابل بر روی پایه‌ی دیگر قرار می‌گیرد و به پایه پیچ می‌شود مسیر سینی کابل‌ها باید کاملاً بسته باشد و سیم اتصال به زمین داشته باشد. در خم‌ها می‌توان از زانو سه راهه یا چهار راهه استفاده کرد و یا می‌توان مانند داکت‌ها زاویه‌سازی کنیم

در مسیرهای عمودی فاصله بین دو بست کابل به نوع کابل و نوع بست بستگی دارد این مقدار از ۱,۵ متر نباید بیشتر شود. در صورت استفاده از چند کابل باید حداقل به اندازه‌ی قطر کابل بین آن‌ها فاصله باشد

ظرفیت حمل جریان، وزن کابل، حداقل شعاع خمش در طراحی نگهدارنده‌ها باید 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.

۴-۲-۲ داکت یا باس داکت

در جاهایی که نتوان کانال ایجاد کرد، کابل‌کشی به وسیله داکت یا باس داکت صورت می‌پذیرد و اگر تعداد کابل‌ها زیاد باشد از باس داکت استفاده می‌کنیم

۳-۲ ملاحظات کابل‌کشی

۱-۳-۲ حمل و نقل

کابل‌ها به‌طور معمول روی قرقره‌های چوبی یا فلزی پیچیده می‌شوند. اندازه قرقره‌ها به طول کابل، نوع کابل، سطح ولتاژ، سطح مقطع و... بستگی دارد. کابل‌های بدون زره تا ۱۵۰ متر طول و حداکثر وزن ۱۰۰ کیلوگرم و کابل‌های زره‌دار تا ۱۵۰ متر طول و ۲۵۰ کیلوگرم وزن را می‌توان به‌صورت چنبره حمل و نقل کرد.

برای حمل کابل تا محل نصب کابل، استفاده از وسایل چرخدار همانند شکل ۲-۲ توصیه می‌شود. در صورتیکه قرقره با یاتاقان به بدنه و سیله چرخدار متصل باشد، کابل می‌تواند مستقیماً از روی قرقره باز شده و نصب گردد. در زمان انجام کابل‌کشی محور قرقره باید در راستای افقی بوده و کابل از بالای قرقره آزاد شود



شکل ۲-۲ نمونه وسایل حمل قرقره

۲-۳-۲ حداقل دما برای نصب کابل

حداقل دمای محیط در زمان کابل‌کشی برای کابل‌های با عایق و غلاف پلاستیکی برابر ۵- درجه سانتیگراد می‌باشد. در صورتی که این حداقل دما برای نصب رعایت نشود، عایق و غلاف خارجی کابل در حال خم شدن صدمه خواهد دید. برای جلوگیری از صدمه دیدن کابل در دماهای کمتر از درجه حرارت ذکر شده باید کابل را گرم نمود و سپس عمل نصب را انجام داد.

برای گرم نمودن کابل باید قرقره در اطافی با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد برای حداقل ۲۴ ساعت قرار داده شود. لازم است که حتماً از گرم شدن تمام نقاط کابل اطمینان حاصل شود. دمای کابل نباید از ۴۰ درجه سانتیگراد زیادتر گردد. در طول مدت حمل کابل از محل گرم تا محل نصب باید روی کابل با برزنت پوشیده شده تا سرد نشود عملیات کابل‌کشی باید به‌دقت و سرعت انجام گیرد و کابل نباید بیش از حد تعیین شده سرد شود.

۳-۳-۲ حداقل شعاع خمش

به‌جز در موارد استثنایی که کارخانه سازنده کابل، برای شرایط محیطی، مقررات و مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد در عملیات نصب، قرقره پیچی و انبارش کابل باید حداقل شعاع خمش کابل مطابق با جدول ۲-۱ رعایت گردد؛ که d ، قطر خارجی کابل و R حداقل شعاع خمش کابل می‌باشد.

جدول ۱-۲ حداقل شعاع خمش کابل

$U_0/U > 0.6/1kV$	$U_0/U \leq 0.6/1kV$	کابل با عایق پلاستیکی
$R=15 \times d$	$R=12 \times d$	کابل چند رشته
$R=15 \times d$	$R=15 \times d$	کابل تک رشته

۴-۳-۲ کشش مجاز کابل

در هنگامیکه کابل توسط دستگاه کشیده می‌شود باید توجه شود تا نیروی کشش در حد استاندارد خارج نگردد چراکه احتمال آسیب به کابل وجود دارد.

۴-۲ ابزار مورد نیاز برای کابلکشی

لوازم و وسایل کابل کشی باید به نحوی 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 به عمل آید.

۱-۴-۲ قرقه‌های کابل کشی زمینی

در زمان کابلکشی برای جلوگیری از صدمه به کابل و برای راحتی و سرعت در انجام کابل کشی باید از قرقه‌های مخصوص در طول مسیر کابل کشی استفاده نمود. این قرقه‌ها بر حسب نوع کاربری به انواع مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند. بسته به شرایط اجرای پروژه کابل کشی، قرقه‌های مورد استفاده در روش‌های مختلف کابل کشی از جنس‌های متنوعی می‌باشند.

۲-۴-۲ سایر تجهیزات مورد استفاده در عملیات کابل کشی

در شکل ۳-۲ نمونه‌ای از تجهیزات مفید در اجرای عملیات کابل کشی جهت آشنایی و بهره‌برداری ارائه شده است



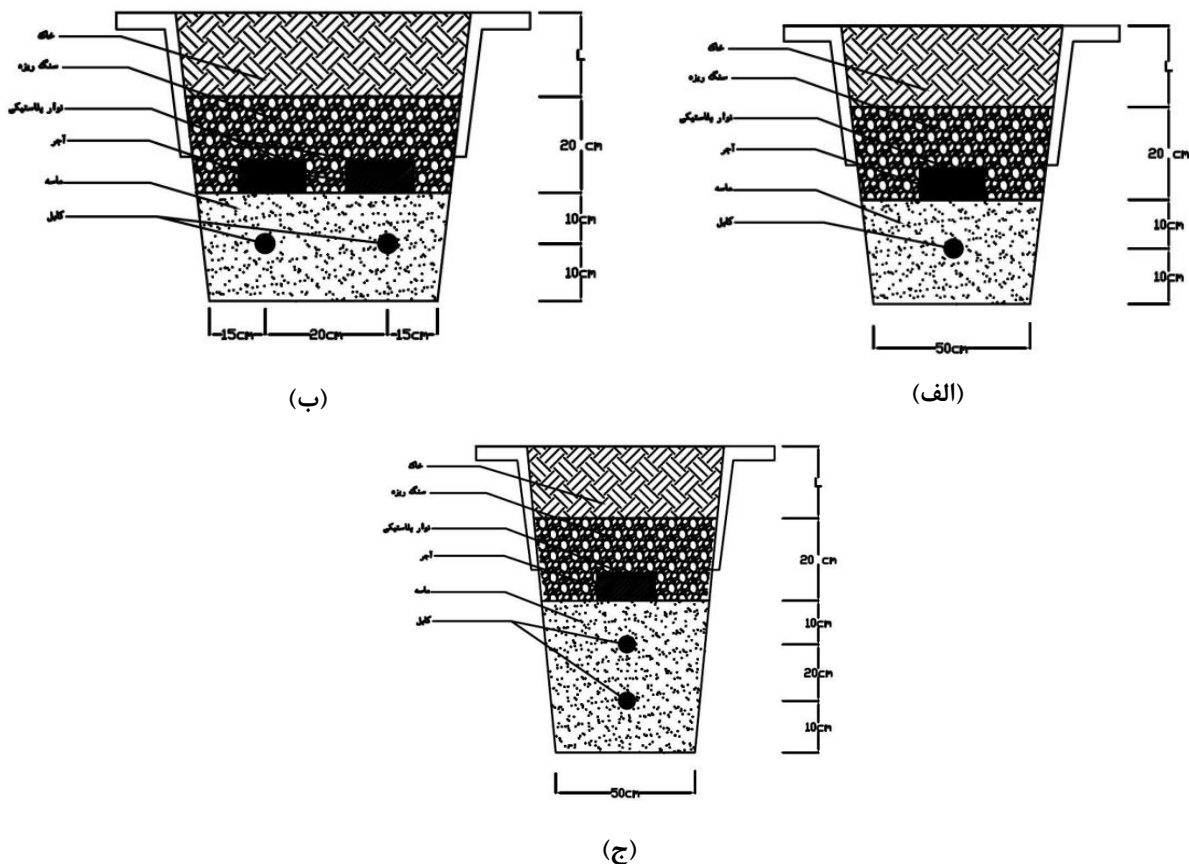
شکل ۳-۲ (الف) قطعات مخصوص هدایت کابل به درون لوله؛ (ب) جوراب کابل؛ (ج) طناب مخصوص کابل کشی؛ (د) مفصل گردان

۵-۲ شرح آزمایش

در این آزمایش اصول نصب کابل در گودال و پوشش آن در داخل زمین بیان می‌گردد. بر اساس مطالبی که پیش از این بیان گردید، ابتدا ابعاد گودال مناسب برای قرارگیری کابل را تعیین کنید و پس از حفر گودال با ابعاد مناسب حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم در گودال ریخته شود و کابل بر روی آن خوابانده شود.

پس از آن آن مجدداً روی کابل به قطر ۱۰ سانتیمتر با ماسه نرم پوشانیده شود. به منظور حفاظت از کابل می‌بایست یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتیمتر یا یک ردیف بلوک سیمانی بر روی این لایه چیده و سپس یک نوار زرد هشدار دهنده با عبارت "خطر برق" یا "مسیر کابل" کشیده شود. سپس روی مجموعه تا ارتفاع ۲۰ سانتیمتر سنگریزه و سپس روی آن خاک معمولی ریخته و فشرده شود.

جزئیات نصب کابل و ابعاد کانال و فاصله بین کابلها در شکل ۴-۲ آمده است.



شکل ۴-۲ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل فشار ضعیف الف) تک مداره؛ ب) در یک ردیف افقی؛ ج) در یک ردیف عمودی

جدول ۲-۲ تعیین پارامتر L یا ارتفاع خاک ریخته شده بر روی سنگ ریزه

کابل تا ۳۳kV	کابل تا ۲۰kV	کابل فشار ضعیف	کابل
۷۰	۶۰	۳۰	L (cm)

در قسمت بعد آزمایش اصول کابل کشی بر روی دیوار با بهره‌گیری از سینی کابل را به طور عملی تمرین کنید؟

۲-۶ سوالات آزمایش

- ۱- در مورد استانداردهایی که میزان کشش مجاز کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط را تعیین می‌کنند؛ تحقیق و نتیجه در کلاس بحث شود

۳ عیب یابی کابل‌ها

۱-۳ مقدمه

امروزه برای تشخیص محل عیب کابل‌ها روش‌های پیشرفته زیادی وجود دارد. اما گاهی در کارگاه‌های دورافتاده امکانات اندکی وجود دارد و برقکار باید با همین امکانات سعی کند تا محل معیوب کابل را بیابد. روش‌های ساده‌ای که در پایین معرفی می‌شوند با استفاده از میگر و چند قطعه ساده می‌توانند محل عیب را با تقریب تعیین کنند. اما قبل از اینکه محل عیب مشخص شود باید نوع عیب کابل مشخص گردد.

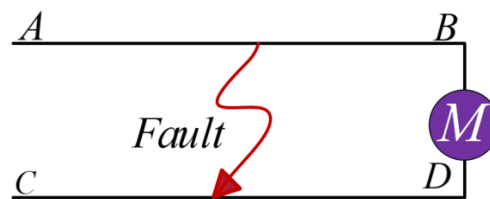
برای تشخیص نقطه معیوب یک کابل و تعیین محل آن بدون خاکبرداری، در ابتدا نیازمندیم که انواع عیب‌هایی که برای یک کابل ممکن است روی بدهد؛ را بشناسیم. این عیب‌ها عبارتند از:

- **اتصال کوتاه:** وصل غیرمترقبه یک یا چند رشته کابل به همدیگر.
- **اتصال زمین:** وصل غیرمترقبه یک یا چند رشته کابل به زمین.
- **پارگی:** قطع غیرمترقبه یک یا چند رشته کابل.

۲-۳ تشخیص نوع عیب

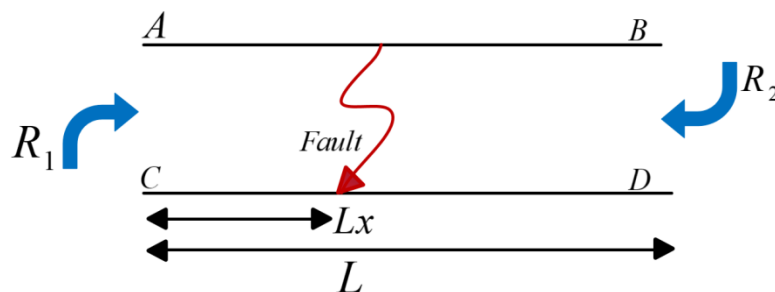
۱-۲-۳ نحوه تشخیص عیب اتصال کوتاه

برای تشخیص اتصال کوتاه در یک کابل باید از یک طرف به آن میگر وصل کرد و طرف دیگر کابل را بازگذاشت. اگر اتصال کوتاهی در خط نباشد میگر مقاومتی را نشان نمی‌دهد (مقدار بی‌نهایت را نشان می‌دهد)، ولی اگر اتصال کوتاهی در خط وجود داشته باشد میگر مقداری مقاومت نشان خواهد داد که بسته به فاصله سرکابل و محل عیب این مقاومت زیاد می‌شود.



شکل ۱-۳ نحوه قرارگیری میگر برای تشخیص عیب اتصال کوتاه

برای تعیین محل عیب اتصال کوتاه باید دو سر کابل را بازکرد و از هر دو سر مقاومت را توسط میگر اندازه گرفت با استفاده از روابط زیر می‌توان فاصله محل اتصال کوتاه را از سر کابل تعیین کرد.



شکل ۲-۳ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

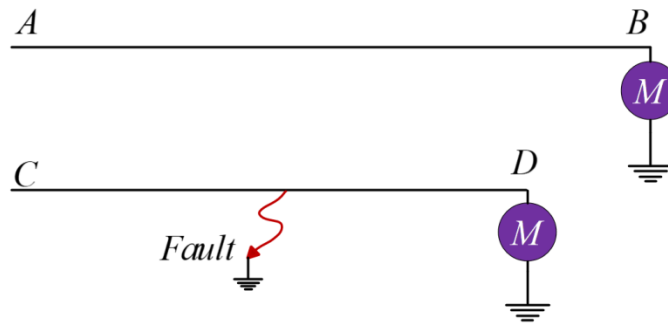
$$R_1 = k \times Lx$$

$$R_2 = k \times (L - Lx)$$

$$Lx = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \times L$$

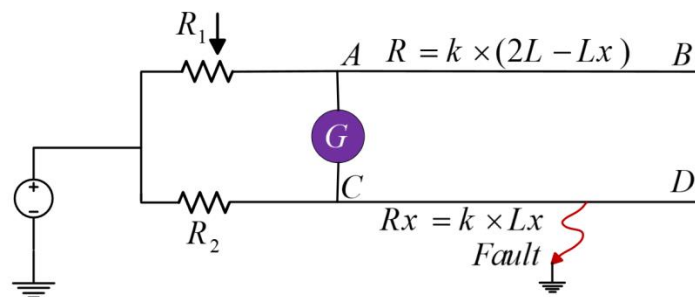
۲-۲-۳ تشخیص عیب اتصال به زمین

برای تشخیص اتصال زمین باید هر کابل را جداگانه توسط میگر نسبت به زمین آزمایش کرد. اگر کابل از نقطه‌ای به زمین وصل شده باشد، مقداری مقاومت نشان می‌دهد، ولی اگر کابل اشکالی نداشته باشد میگر مقاومت بی نهایت را نشان خواهد داد.



شکل ۳-۳ نحوه تشخیص عیب اتصال به زمین به کمک میگر

برای تعیین محل عیب باید سرهای کابل (سرهای A و C) را به یک گالوانومتر یا میکروآمپرتر حساس وصل کنیم. با وصل کردن یک مقاومت ثابت و یک مقاومت متغیر و وصل آن‌ها به یک منبع مستقیم یک پل اندازه گیری ساخته می‌شود. دو انتهای کابل (سرهای B و D) نیز باید به یکدیگر متصل شوند. زمانی که گالوانومتر به حالت تعادل برسد (هیچ جریانی از آن عبور نکند) با استفاده از محاسبات زیر می‌توان فاصله محل عیب را تا سرکابل پیدا کرد. برای به تعادل رسیدن گالوانومتر باید مقاومت متغیر را آنقدر تغییر داد تا هیچ جریانی از آن عبور نکند.



شکل ۳-۴ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

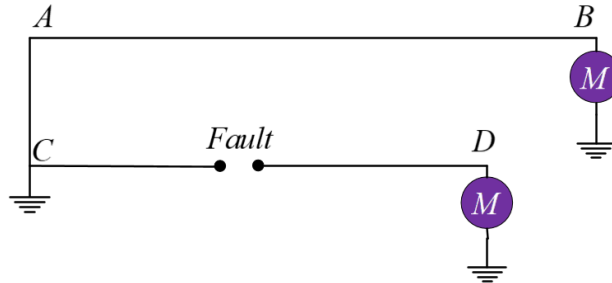
$$R_1 \times R_x = R \times R_2$$

$$R_1 \times k \times Lx = k (2L - Lx) \times R_2$$

$$Lx = \left(\frac{2LR_2}{R_1 + R_2} \right)$$

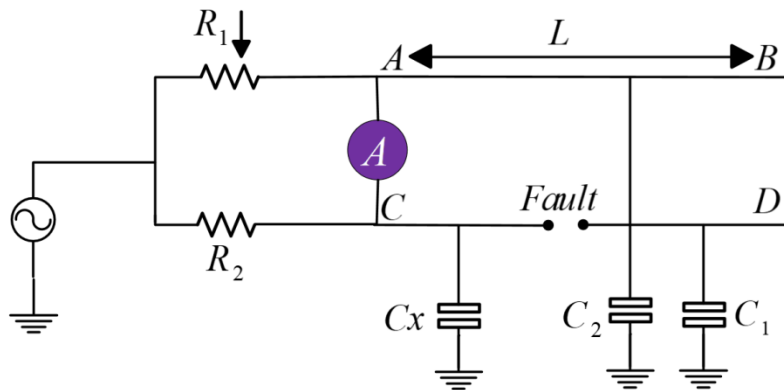
۳-۲-۳ تشخیص عیب پارگی کابل

برای تشخیص پارگی در یک کابل باید انتهای سیم‌ها را به هم وصل و به زمین متصل نمود. سپس در سمت دیگر کابل به هر رشته به صورت جداگانه میگر وصل می‌کنیم و مقاومت بین آن سر و زمین را اندازه می‌گیریم. در صورت وجود پارگی میگر مقاومت بی نهایت را نشان خواهد داد.



شکل ۳-۵ نحوه تشخیص خطای پارگی کابل

برای تعیین محل پارگی بازهم باید یک پل اندازه‌گیری درست کنیم، اما اینبار از یک منبع ولتاژ متناوب استفاده می‌کنیم تا بتوانیم با اندازه‌گیری خازن موجود در خط محل عیب را پیدا کنیم. دستگاه اندازه‌گیری مورد نیاز نیز آمپر متر A.C خواهد بود. اگر پس از تنظیم مقاومت متغیر آمپر متر هیچ جریانی را نشان نداد پل اندازه‌گیری به تعادل رسیده است و می‌توان با محاسبات زیر محل عیب را پیدا کرد.



شکل ۳-۶ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

$$C_1 = k(L - Lx)$$

$$C_2 = kL$$

$$Cx = kLx$$

$$\frac{R_1}{Cx} = \frac{R_2}{C_1 + Cx} \Rightarrow \frac{R_1}{kLx} = \frac{R_2}{k(2L - Lx)}$$

$$Lx = \frac{2R_1L}{R_1 + R_2}$$

۳-۳ طرز استفاده از میگر

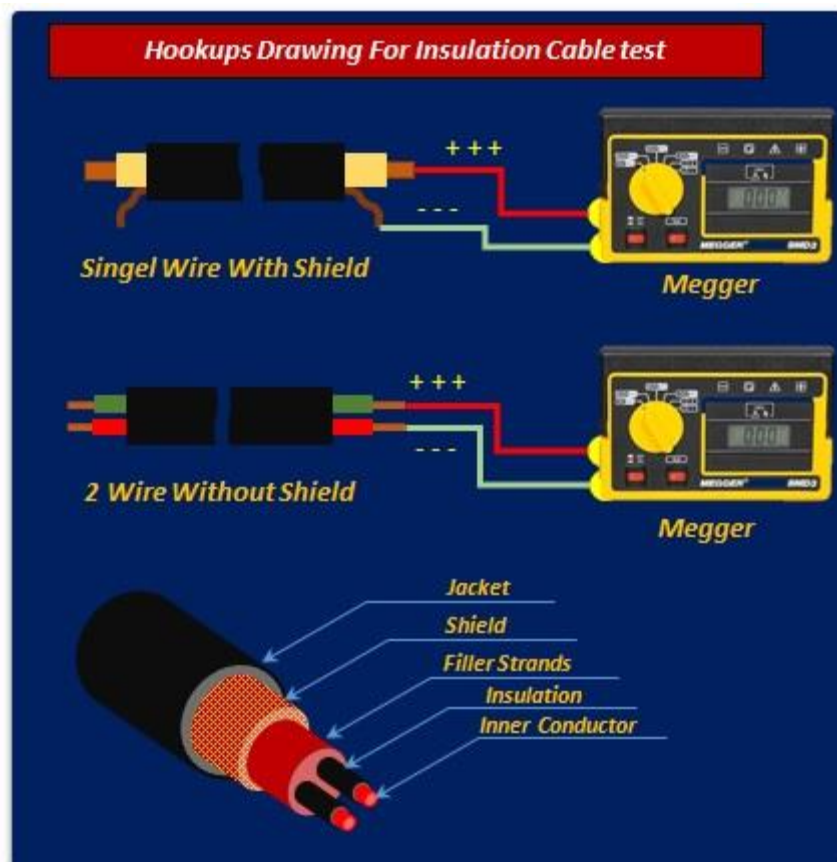
طرز کار با میگر دقیقاً همانند اندازه‌گیری مقاومت توسط دستگاه اهم متری باشد. وجه تمایز میگر با اهم متر، توانایی ساخت ولتاژ مستقیم بسیار زیاد توسط میگر است زیرا جهت اندازه‌گیری مقاومت عابقی با اهم بسیار بالا، نیاز به ولتاژ بالا است.

عایق مناسب و با کیفیت دارای اهم بسیار بالاست و جهت آنالیز آن نیاز به دستگاه میگر جهت تزریق ولتاژ بالا می باشد. در بعضی از دستگاههای میگر ، ولتاژ تزریقی به ۱۰ کیلوولت و یا بیشتر نیز می رسد که قابل انتخاب توسط کاربر است.

نمونه جدید میگر ۱۵ کیلوولت دیجیتال محصول کمپانی SEW تایوان مدل SEW-7015 IN نیز در سال ۲۰۱۵ میلادی وارد بازار گردیده است.

همانطور که پیش از این بیان گردید یکی از کاربردهای دستگاه میگر تشخیص نوع عیب کابل است. یکی دیگر از کاربردهای این دستگاه تست عایقی کابل است که از اهمیت زیادی برخوردار است.

تست عایقی کابل از طریق تزریق ولتاژی بالاتر از ولتاژ نامی کابل و اندازه گیری مقاومت آن صورت می گیرد. از میگر بدین منظور می توان استفاده نمود. شکل ۳-۷ زیر آرایش چگونگی اتصال دستگاه تست کیگر را نشان می دهد.



شکل ۳-۷ نحوه اتصال دستگاه میگر به کابل

مراحل تست عایق کابل به کمک دستگاه میگر به شرح زیر است.

۱- **حصول اطمینان از صحت عملکرد دستگاه تستر:** دستگاه را روشن کرده و وایرهای اتصال (Probe) را نصب نمائید. وایرهای اتصال را کاملاً از هم جدا کنید، کلید انتخاب ولتاژ را در حالت حداقل ولتاژ قرار داده و شاسی تزریق ولتاژ را برای مدت ۱۰ ثانیه تحریک نمائید. دستگاه در این حالت می بایست مقاومت بی نهایت (نشانه حالت بی نهایت را از کاتالوگ دستگاه مشخص کنید) را نشان دهد. این آزمایش را در حالت حداکثر ولتاژ دستگاه نیز تکرار کنید. سپس دو سر وایرهای اتصال (Probe) را به یکدیگر نزدیک کرده و کاملاً اتصال دهید. شاسی تزریق ولتاژ را برای مدت ۱۰ ثانیه نگه داشته و مقاومت ظاهر شده بر روی نمایشگر را مشاهده نمائید در این حالت

دستگاه می‌بایست مقاومت را حداقل (صفر) نشان دهد. در صورتیکه نتایج فوق از آزمایش دستگاه تستر حاصل شد، می‌توان اطمینان داشت که دستگاه تستر سالم و آماده به کار می‌باشد.

۲- آماده سازی کابل: دو سر کابل مورد آزمایش را تا آنجایی که هادی کابل نمایان شود پاک سازی می‌کنیم. اطمینان حاصل شود که دو سر کابل بدون هرگونه رطوبت بوده و کاملاً خشک باشد. انجام عملیات تست عایقی کابل در هوای مرطوب توصیه نمی‌شود. سر آزاد کابل (سری که به دستگاه تستر متصل نمی‌شود) را در منطقه ایمن نگه داشته و اطمینان حاصل کنید که در طول زمان آزمایش به همان حالت حفظ گردد.

۳- انتخاب ولتاژ تست: با در نظر گرفتن ولتاژ نامی کابل و مراجعه به جدول استاندارد تست (جدول ۳-۱)، ولتاژ مناسب برای تست کابل را مشخص می‌کنیم.

۴- تست عایق کابل: دستگاه تستر را به کابل متصل نموده و بر اساس جدول استاندارد ولتاژ مناسب را انتخاب کرده و شاسی تزریق ولتاژ را تحریک می‌نمائیم. نتیجه بدست آمده درنمایشگر دستگاه را با جدول ۳-۱ مقایسه کرده چنانچه منطبق با دامنه قابل قبول باشد کابل مورد آزمایش را تأیید خواهیم کرد.

۵- پایان تست کابل: دستگاه تستر را از کابل جدا کرده و با احتیاط هادی کابل را به یکدیگر متصل نموده تا ولتاژ ذخیره شده در کابل تخلیه گردد. تخلیه ولتاژ ذخیره شده می‌بایست کاملاً در شرایط ایمن و ترجیحاً با میله عایق (پلاستیک فشرده) صورت گیرد

جدول ۳-۱ استاندارد انتخاب حداقل ولتاژ مناسب جهت انجام تست عایقی و مقدار مقاومت عایقی قابل قبول

Insulation Resistance Values For Cable		
Nominal Rating	Min. Test	Nominal Rating
250 Volt	500 Volt DC	25 Megohms
600 Volt	1000 Volt DC	100 Megohms
1000 Volt	1000 Volt DC	100 Megohms
2500 Volt	1000 Volt DC	500 Megohms
5000 Volt	2500 Volt DC	1000 Megohms
8000 Volt	2500 Volt DC	2000 Megohms
15000 Volt	2500 Volt DC	5000 Megohms
25000 Volt	5000 Volt DC	20000 Megohms
35000 Volt	15000 Volt DC	100000 Megohms
46000 Volt	15000 Volt DC	100000 Megohms
69000 Volt	15000 Volt DC	100000 Megohms

۴-۳ شرح آزمایش

این آزمایش از دو بخش تشکیل شده است. در بخش اول قصد داریم به کمک روش‌های ذکر شده؛ اقدام به تشخیص انواع خطاها اعم از اتصال کوتاه و پارگی کابل نماییم و در بخش دوم با هدف آشنایی هر چه بیشتر با دستگاه میگر و طرز استفاده صحیح از این تجهیز کاربردی؛ اقدام به اندازه‌گیری مقاومت عایقی کابل‌های مختلف نموده و نتایج را در جدول‌هایی که در ادامه ملاحظه می‌کنید؛ یادداشت نمایید.

۳-۴-۱ تشخیص خطاهای اتصال کوتاه و پارگی کابل

الف) خطای اتصال کوتاه خط: ابتدا اتصال کوتاهی در یک خط فشار ضعیف و یا فشار متوسط ایجاد نموده سپس با توجه به مطالب ارائه شده در بخش ۳-۲-۱ نسبت به تشخیص نوع خطا و تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل اقدام نمایید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۳-۲ نتایج حاصل از خطای اتصال کوتاه خط

L	Lx	R ₂	R ₁	مقاومت اندازه‌گیری شده میگر

ب) خطای اتصال به زمین: با ایجاد این خطا در کابل فشار ضعیف یا فشار متوسط، نسبت به تشخیص نوع خطا و تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل اقدام نمایید. برای این کار می‌توانید از مطالب ارائه شده در بخش ۳-۲-۲ استفاده نمایید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۳-۳ نتایج حاصل از خطای اتصال به زمین

L	Lx	R ₂	R ₁	مقاومت اندازه‌گیری شده میگر

ج) خطای پارگی کابل: با ایجاد این خطا نسبت به تعیین نوع خطا و تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل اقدام نمایید. قبل از انجام این آزمایش برای بار مجدد مطالب ارائه شده در بخش ۳-۲-۳ را مطالعه کنید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۳-۴ نتایج حاصل از خطای پارگی کابل

L	Lx	R ₂	R ₁	مقاومت اندازه‌گیری شده میگر

۳-۴-۲ تعیین مقاومت عایقی کابل فشار ضعیف و فشار متوسط

د) راین بخش از آزمایش، با توجه به مطالب ارائه شده در بخش ۳-۳ به کمک دستگاه میگر اقدام به تعیین مقاومت عایق کابل‌های موجود در کارگاه نمایید. حداقل دو نوع کابل فشار متوسط و دو نوع کابل فشار ضعیف را برای انجام آزمایش انتخاب نمایید. با توجه به جدول ۳-۱ و سطح ولتاژ نامی کابل منتخب، ولتاژ مناسب تزریق به کابل را تعیین کنید و پس از انجام آزمایش صحت تست عایقی کابل را بررسی نمایید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۳-۵ نتایج حاصل تست عایقی کابل فشار ضعیف و فشار متوسط

نوع کابل	مدل کابل	سطح ولتاژ نامی	ولتاژ مناسب تزریقی	مقاومت عایقی	صحت عایق کابل
فشار ضعیف A					
فشار ضعیف B					
فشار متوسط A					
فشار متوسط B					

۴ سرکابل‌بندی

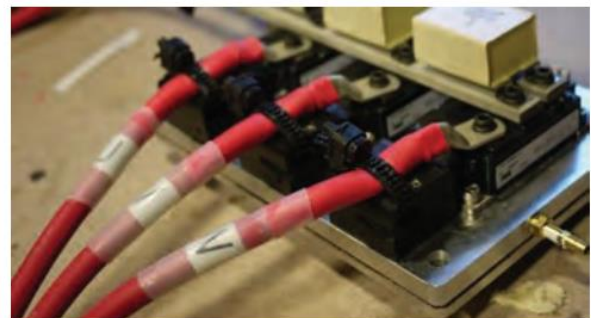
۱-۴ مقدمه

سرکابل به یک سری لوازمات مخصوص ولتاژ نامی آن کابل گفته می‌شود که باعث اتصال کابل فشار قوی به شبکه و یا شینه و یا هر محل دیگر می‌شود. بنا به تعریفی دیگر سرکابل، وسیله‌ای است که برای اتصال کابل‌های فشار متوسط به تجهیزات الکتریکی از قبیل سکسیونر، دژنکتور، فیوز، ترانسفورماتور و غیره استفاده می‌شود.

در مورد سرکابل ذکر این نکته لازم است که باید طوری اتصال یابند که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و نیز از خارج شدن روغن و مواد مذاب درون کابل جلوگیری شود و البته در زمان انتخاب سرکابل باید به نوع کابل (یک سیمه، سه غلافه، ...) و مکان نصب (در داخل ساختمان یا فضای آزاد) توجه شود. در ادامه این آزمایش به معرفی کابلشوها پرداخته خواهد شد و پس از آن انواع سرکابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط معرفی خواهند شد. سپس به معرفی ابزار و تجهیزات مورد نیاز در کابل‌بندی پرداخته خواهد شد و در نهایت آزمایشی جهت فراگیری هرچه بهتر مطالب بیان شده طرح خواهد گردید.

۲-۴ معرفی کابل شو

برای اتصال هادی‌های فشار ضعیف به کلید، فیوز و یا در تابلوها، موتورها و تجهیزات باید از کابل شو استفاده شود. کابلشو ارتباط‌دهنده میان هادی کابل و محل اتصال هست و باید ظرفیت جریانی مطابق با هادی کابل را دارا باشد. کابلشو در اندازه‌های مختلف از ۶ میلی‌متر مربع تا ۱۰۰۰ میلی‌متر مربع تولید می‌شوند (شکل ۱-۴)



شکل ۱-۴ انواع کابل شو

برای اتصال کابل‌های افشان از مقطع یک میلی‌متر به بالا و کابل‌های مفتولی از مقطع ۱۰ میلی‌متر به بالا از کابلشو استفاده می‌شود. کابلشوها از نظر برقراری نوع اتصال به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- پرسی؛ ۲- پیچی و ۳- لحیمی

۱-۲-۴ مقایسه انواع کابل شو

از نظر فنی و استقامت، استفاده از کابلشوه‌های پرسی نسبت به کابلشوه‌های پیچی و استفاده از کابلشوه‌های پیچی نسبت به کابلشوه‌های لحیمی ارجحیت دارد. لذا در ادامه تنها به بررسی انواع کابلشوه‌های پرسی پرداخته خواهد شد.

کابلشوه‌های پرسی در دو نوع بی‌متال و تک فلز ساخته می‌شود.

۱- **کابلشو بی‌متال:** هنگامیکه جنس هادی و محل اتصال متفاوت باشد به منظور جلوگیری از عمل خوردگی در اتصال الکتریکی از این کابلشوی با دو جنس فلزی مختلف استفاده می‌شود. برای اتصال کابل آلومینیوم به شینه مس و یا بالعکس از این کابلشو استفاده

می‌شود. جنس این کابلشو از آلومینیوم و مس است. و از نظر قیمت گرانتر از انواع دیگر کابلشو است. در شکل ۲-۴ نمونه‌ای از این نوع کابلشو قابل مشاهده است.



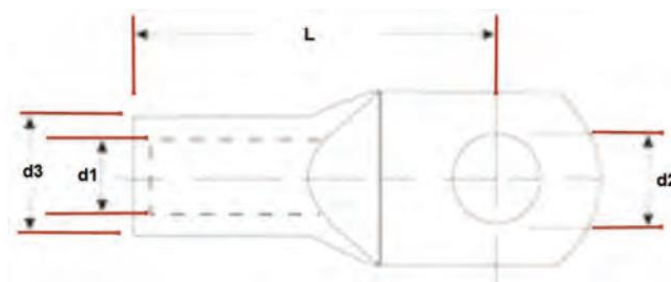
شکل ۲-۴ انواع کابل شو بی متال

۲- کابلشو تک فلز (مسی): کابلشو تک فلز از یک فلز ساخته می‌شود. کابلشو مسی متداولترین نوع کابلشو تک فلز است و در چند مدل استاندارد، دو سوراخه و زاویه دار ساخته می‌شود. در شکل ۳-۴ انواع کابل شو مسی قابل مشاهده است.



شکل ۳-۴ انواع کابل شو مسی (الف) دو سوراخه؛ (ب) چهار سوراخه و پیچی

در جدول زیر ابعاد کابلشوه‌های متناسب با سطح مقطع هادی‌های مختلف ارائه گردیده است. در این جدول مشخصات و ابعاد کابلشو به تفکیک اندازه کابلشو ذکر شده است. با توجه به این جدول می‌توانید نسبت به انتخاب کابلشو مناسب با سطح مقطع هادی مورد نظر اقدام نمایید. شکل ۴-۴ ابعاد مهم کابل شو را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴ ابعاد مهم در کابل شو

جدول ۱-۴ طول، قطر و ابعاد کابل شو

L (mm)	d3 (mm)	d1 (mm)	d2 (mm)	سطح مقطع هادی (mm ²)
6	6	3/8	5/5	24
10	6	4/5	6	27
16	8	5/5	8/5	36
25	8	7	10	38
35	12	8/2	12/5	42
50	12	11/9	14/5	52
70	12	11/5	16/5	55
95	12	13/5	19	65
120	12	15/5	21	70
150	12	17	23/5	78
185	12	19	25/5	82
240	16	21/5	29	92
300	16	24/5	32	100
400	20	27/5	38/5	115
500	20	31	42	125
630	20	34/5	44	135

۳-۴ مواد و ابزار مورد نیاز در سرکابل‌بندی

۱-۳-۴ کابل لخت کن

ابزاری است که از آن برای روکش‌برداری عایق روی کابل استفاده می‌گردد و برای کابلشو زدن آماده می‌شود. این ابزار دارای پیچ تنظیمی در قسمت انتهایی است که به وسیله آن می‌توان ارتفاع تیغه روکش‌بردار کابل (لبه برنده) را با توجه به ضخامت عایق کابل تنظیم نمود. بازوی فتری که برای نگهداری کابل روی تیغه می‌باشد، برای حرکت دورانی به دور کابل نیز تکیه‌گاه مناسبی است.



شکل ۴-۵ کابل لخت کن دستی

۲-۳-۴ دستگاه پرس کابلشو

این وسیله برای اتصال کابلشو به کابل استفاده می‌شود. این کابلشو در دو نوع دستی و هیدرولیکی در بازار موجود است. نوع هیدرولیکی آن خود به دو نوع دستی و برقی تقسیم می‌شود. در شکل ۴-۶ نمونه‌ای از دستگاه پرس کابلشو هیدرولیکی و دستی قابل مشاهده است.



شکل ۴-۶ دستگاه کابلشو هیدرولیکی و دستی

۳-۳-۴ عایق حرارتی

عایق حرارتی نوعی عایق است که تحت تأثیر حرارت منقبض شده و یک لایه خارجی روی اجسام هادی ایجاد می‌کند. عایق در سایزهای مختلفی برای مصارف مختلف مانند عایق کاری شینه‌ها در تابلوهای برق، کابلشوها و غیره تولید می‌شود. در رنگ‌های گوناگون و در قطرهای مختلف در بازار موجود می‌باشند. از سشوار صنعتی برای حرارت دادن عایق حرارتی استفاده



شکل ۴-۷ عایق حرارتی قرمز رنگ نصب شده بر روی کابل شو

۴-۴ انواع سرکابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

سرکابل یکی از تجهیزات کابل‌ها بوده که وظیفه آن برقراری ارتباط بین هادی کابل و دیگر تجهیزات می‌باشد. سرکابل پس از برقراری ارتباط هادی کابل به قسمت‌های بردار شبکه وظیفه ایزولاسیون هادی را در محل اتصال به عهده دارد. دسته بندی سرکابل‌ها از لحاظ نوع و محدوده ولتاژ عملکردی؛ به شرح زیر است: در ادامه مختصری در مورد هر یک از انواع سرکابل توضیح داده خواهد شد.

- ۱- سرکابل فشار ضعیف (تا ولتاژ ۱ kV)
- ۲- سرکابل فشار قوی (تا ولتاژ ۶۳ kV)

سرکابل‌ها از لحاظ نوع به پنج دسته تقسیم می‌شوند: ۱- سرکابل‌های حرارتی (Heat shrink)

۲- سرکابل‌های سرد (Cold Shrink)

۳- سرکابل‌های فشاری (Slip on)

۴- سرکابل‌های Plug-in

۵- سرکابل زانویی LOADBREAK ELBOWS

HEAT SHRINKABLE TERMINATIONS: ۱-۴-۴ سرکابل‌ها حرارتی:

سرکابل‌های حرارتی جهت اتصال کابل‌های فشار قوی و فشار ضعیف به تجهیزات برقی استفاده می‌شود و در محیط بسته که باد و باران یا برف به صورت مستقیم با آن در تماس نیست مناسب است. در این نوع سرکابل‌ها از روکش Heat shrink که اساساً از پلی اتیلن کراس لینک تهیه می‌شود، استفاده شده و تا ولتاژ ۶۳ kV می‌توان از این سرکابل‌ها استفاده کرد. از جمله مزایای این نوع سرکابل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- به آسانی نصب می‌شود.
- از یک نوع سرکابل برای چند سایز نزدیک به هم می‌توان استفاده کرد.
- تاریخ مصرف محدود ندارد.
- از پلیمر مقاوم به اشعه UV و آنتی تراک تهیه شده است که در اثر تماس مستقیم با اشعه خورشید آسیب ندیده و مقاومت بسیار خوبی دارد



شکل ۴-۸ سرکابل حرارتی

Cold Shrink Terminations: ۲-۴-۴ سرکابل‌های سرد:

در این سیستم روکش‌ها از پلیمر سیلیکون تهیه شده اند و بعد از تولید و کراس لینک شدن، اکسپند شده روی یک فنر پلیمر قرار داده می‌شوند که در موقع نصب روی کابل قراگرفته و در اثر کشیدن فنر، روکش روی کابل جمع شده و آب بندی می‌گردد. از جمله مزایای این نوع سرکابل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- چندین سایز کابل با یک نوع سرکابل پوشیده می‌شود.
- تاریخ مصرف محدود ندارد.
- به سرعت نصب شده و به بهره‌برداری می‌رسد.
- احتیاج به شعله تورچ و ابزار خاصی جهت نصب ندارد.



شکل ۴-۹ سرکابل سرد

۳-۴-۴ سرکابل‌های فشاری ولتاژ بالا: HIGH VOLTAGE SLIP ON TERMINATIONS

در ولتاژهای بسیار بالا هیچگونه عایق حرارتی قدرت عایقی کافی برای کنترل میدان‌های الکتریکی را ندارد. در تکنولوژی Slip on تمام قسمت‌ها از لاستیک سیلیکون با گرید بالا ساخته شده‌اند و هسته‌های کنترل کننده میدان‌های الکتریکی که مخروطی شکل هستند، در داخل این روکش‌ها جاسازی شده‌اند. این هسته‌ها از لحاظ شکل فضایی و ضخامت به دقت محاسبه شده‌اند تا اطمینان حاصل گردد که هر گونه میدان الکتریکی در ولتاژهای بالا می‌تواند مهار شود.

استفاده از سیلیکون نه تنها به علت قدرت عایقی کافی، بلکه به دلیل محافظت مکانیکی و حرارتی بسیار خوب آن است. در اثر تغییرات حرارتی و انقباض و انقباض کابل، چسبندگی سیلیکون تغییر نمی‌کند و در همه جهات یکنواخت است.

خاصیت نرمی سیلیکون باعث می‌شود که این ماده بهتر از هر ماده سخت دیگری به سطوح نا صاف کابل بچسبد و در نتیجه از ایجاد حباب هوا (Gap) و به وجود آمدن تخلیه الکتریکی جلوگیری شود. این سرکابل‌ها احتیاج به نگهداری خاصی ندارد و در مقابل شرایط محیطی و آلودگی‌ها مقاوم است.



شکل ۴-۱۰ سرکابل فشاری ولتاژ بالا

این نوع سرکابل انواع مختلفی دارد که هر یک از آنها برای شرایط عملکردی خاصی مناسب هستند. انواع سرکابل نوع فشاری عبارتند از:



- سرکابل ESF برای نصب هوایی
- سرکابل ESS نگهدارنده (خودنگهدار)
- سرکابل ESP با بدنه‌ای از جنس چینی
- سرکابل EST مناسب برای نصب داخلی و هوایی
- سرکابل ESG برای کلیدهای با عایق گازی
- سرکابل ESU قابل استفاده برای ترانسفورمرها

شکل ۴-۱۱ انواع سرکابل‌های فشاری

۴-۴-۴ سرکابل PLUG-IN: PLUG-IN TERMINATIONS

این سرکابل PLUG-IN جهت اتصال کابل‌های پلیمری به تجهیزات الکتریکی مانند کلیدهای گازی و ترانسفورمرها تا ولتاژ ۲۴۵kV استفاده می‌شود. مزایای این سرکابل در مقایسه با سایر سرکابل‌ها عبارتست از:

- طول کوتاه‌تر در مقایسه با سرکابل‌های طراحی شده مطابق استاندارد IEC ۶۰۸۵۹
- قابلیت نصب به صورت افقی، عمودی و وارونه
- قابل استفاده به صورت خشک و بدون نیاز به روغن عایق‌کننده
- نصب و جداسازی سریع و آسان
- آماده بودن قطعات و سهولت کاربری
- قابلیت قطع سریع اتصال از سیستم در موقع بروز مشکل

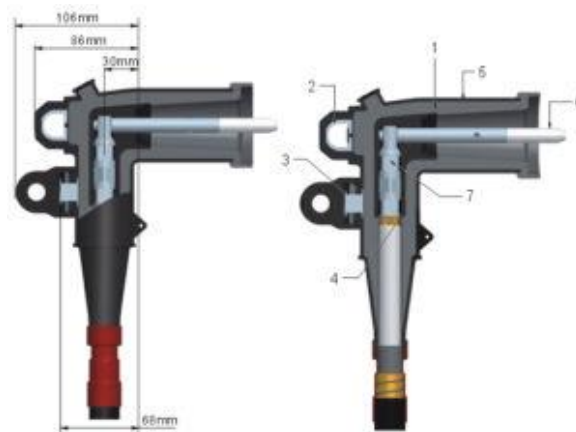


شکل ۴-۱۲ سرکابل Plug in

LOADBREAK ELBOWS: سرکابل زانویی ۴-۵

این سرکابل‌ها بیشتر در تابلوهای برق که اتصال دو کابل در آن‌ها در یک راستا نبوده و به طور عمودی قرار دارند، استفاده می‌گردد. در این مورد، اگر از سرکابل‌های معمولی استفاده شود، چون دو کابل در یک راستا قرار ندارند، امکان دارد سرکابل ترک برداشته یا بشکند. سرکابل‌های زانویی به طور کامل عایق بوده و جهت اتصال کابل‌های زیر زمینی به ترانسفورمرها، کلید خانه‌ها و اتصالات مجهز به پوشش‌های قطع بار استفاده می‌شوند.

این سرکابل برای کابل‌های مختلف در ولتاژهای متفاوت قابل استفاده بوده و به گونه‌ای طراحی شده است که گستره وسیعی از سایزهای کابل را پوشش می‌دهد. عایق بندی نهایی، توسط تیوب‌های کلد شرینگ که بدین منظور طراحی شده انجام می‌شود. این تیوب‌ها از ابتدای زانویی تا روی کابل را پوشش می‌دهند. زانویی با استفاده از عایق مخصوص از نوع Proxide-Cured EPDM به صورت یک پارچه قالب بندی شده است.



شکل ۴-۱۳ سرکابل زانویی

۵-۴ شرح آزمایش

این آزمایش در دو بخش طرح گردیده است. در بخش اول به طور عملی اتصال کابل شو به کابل را تمرین نموده و در بخش دوم اقدام به سرکابل‌بندی با توجه به تجهیزات موجود در کارگاه خواهید نمود. لازمه انجام این آزمایش مطالعه مطالب ارائه شده قبلی می‌باشد.

۱-۵-۴ کار عملی در ارتباط با اتصال کابل شو به کابل

برای اتصال کابلشو، ابتدا روکش کابل به اندازه استوانه کابلشو برداشته می‌شود، به صورتیکه بعد از قرار گرفتن قسمت روکش برداری شده کابل (هادی کابل) در کابلشو، هیچ قسمتی از هادی معلوم نباشد. به کمک دستگاه پرس کابلشو این کار را به درستی انجام دهید.

عمل کابلشوزنی را برای کابل‌های با سطح مقطع متفاوت تمرین نمایید. نهایت با استفاده از عایق حرارتی، محل اتصال کابل به کابلشو را عایق کاری کنید

۲-۵-۴ سرکابل‌بندی فشار ضعیف و فشار متوسط

بر مبنای مطالب ارائه شده در بخش ۴-۴ و با توجه به انواع سرکابل‌های موجود در کارگاه، اقدام به انجام سرکابل‌بندی فشار ضعیف و فشار متوسط نموده و این کار را برای کابل‌های مختلف انجام دهید.

دقت کنید که نوع سرکابل متناسب با شرایط نصب کابل مورد نظر انتخاب گردد.

۵ مفصل‌بندی کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

۱-۵ مقدمه

جهت اتصال کابل‌ها در مسیرهای طولانی و نیز در انشعابات و انتهای خطوط از وسایل دیگری نیز مانند مفصل استفاده می‌شود که قادرند محل اتصال را در برابر رطوبت، فشارهای مکانیکی و عوامل الکتریکی حفاظت کنند. مفصل‌ها و سرکابل‌ها اغلب از جنس چدن، فولاد و یا مواد عایق (PVC) می‌باشند. با توجه به تنوع زیادی که مفصل‌ها دارند، معرفی همه آنها از حوصله بحث خارج است و لذا تنها مهمترین مفصل‌ها در ادامه معرفی می‌شوند.

۲-۵ انواع مفصل

برخی از مهمترین مفصل‌هایی که در ادامه قصد داریم به معرفی آنها بپردازیم؛ عبارتند از:

- مفصل حرارتی
- مفصل‌های سرد
- مفصل‌های رزینی تزریقی
- مفصل‌های نواری
- مفصل‌های فشاری ولتاژ بالا

۱-۲-۵ مفصل حرارتی:

مفصل حرارتی جهت اتصال دو کابل تک کور یا سه کور به کار می‌رود. اجزای این مفصل‌ها عبارتند از:

- -دوراهه جهت اتصال کابل‌ها
- -کنترل کننده میدان الکتریکی شامل: نوار چسب و تیوب حرارتی استرس کنترل
- -سیستم آب بندی کننده شامل: تیوب حرارتی برای عایق کردن کابل و حفاظت آن از رطوبت و عوامل جوی
- -سیستم ارت کابل شامل: آرمور، شیلد کابل و دوراهه مربوطه



الف



ب

شکل ۱-۵ مفصل حرارتی (الف) برای کابل تک کور؛ (ب) برای کابل ۳ کور

۲-۲-۵ مفصل‌های سرد:

مفصل‌های سرد مفصل‌های کلدشرینک برای ولتاژهای متوسط جهت کابل‌های تک کور و سه کور با عایق XLPE یا EPR و هادی مسی و یا آلومینیومی طراحی شده است. بدنه این مفصل‌ها از موادی ساخته شده که در برابر رطوبت و آفتاب، مقاومت بسیار خوبی دارد و شامل لایه کنترل استرس داخلی، لایه عایق و لایه هادی خارجی می‌باشد. در تکنولوژی کلدشرینک، بدلیل استفاده از قطعات سیلیکونی اکسپند شده، یک مفصل برای محدوده وسیعی از سایزهای کابل قابل استفاده بوده و بدین ترتیب از تعداد سفارشات کاسته می‌شود. مهمترین مزایای این نوع مفصل عبارتند از:

- استفاده از تکنولوژی کلدشرینک جهت نصب و بهره برداری سریع
- کاربری ساده و آسان
- عدم نیاز به ابزار خاص جهت نصب
- مقاوم در برابر حلال‌ها و مواد شیمیایی
- مقاوم در برابر حرارت و رطوبت
- قابل استفاده برای گستره وسیعی از سایزهای کابل

۳-۲-۵ مفصل‌های رزینی تزریقی: Cast-resin Transition Injection joint

این مفصل‌ها جهت اتصال انواع کابل‌های ولتاژ پایین و نیز به عنوان پوشش محافظ برای مفصل‌های ولتاژ متوسط استفاده می‌شوند. مهمترین مزایای این نوع مفصل عبارتند از:

- استفاده از زرین تحت فشار تزریقی
- نصب سریع و آسان
- مقاوم در برابر اشعه UV و عوامل شیمیایی
- قابل استفاده در زیر زمین و دریا
- دارای خواص مکانیکی و عایقی بسیار خوب
- قابل ارائه در سایزهای مختلف



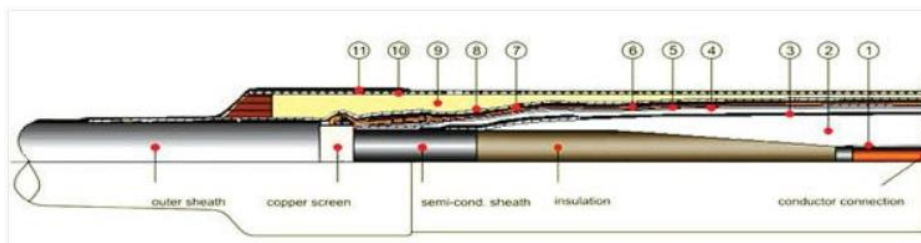
شکل ۲-۵ مفصل رزینی

۴-۲-۵ مفصل‌های نواری:

این نوع مفصل‌ها با استفاده از نوارهای نیمه هادی، عایق، آب بندی و ... برای سایزهای مختلف کابل تا ولتاژ ۶۳ kV مناسب هستند. اجزای این نوع مفصل عبارتند از:

- نوار نیمه هادی
- نوار عایق
- نوار نیمه هادی

- نوار عایق
- توری مسی
- سیم ارت
- نوار PVC
- روکش آب بندی چسبدار
- رزین (در صورت نیاز)
- کیس رزین (در صورت نیاز)
- روکش آب بندی چسبدار (در صورت نیاز)



شکل ۳-۵ مفصل نواری

۵-۲-۵ مفصل‌های نواری ۶۳ kV:

این نوع مفصل نواری با استفاده از نوار Self-amalgamating به عنوان عایق و روکش نهایی حرارتی، به عنوان محافظ مکانیکی یکی از متداول‌ترین مفصل‌های فشار قوی می‌باشد. این نوع مفصل‌ها برای کابل‌های با عایق XLPE, EPR, PE دارای لایه‌های نیمه هادی، با شیلد سیم یا نوار مسی، هادی مس یا آلومینیوم، آرموردار و بدون آرمور، سرب دار و بدون سرب قابل استفاده هستند. مهمترین ویژگی‌های این نوع مفصل عبارتند از:

- بالاترین سطح ولتاژ ۷۲,۵ kV
- ولتاژ نامی ۶۳ kV
- مطابق با استاندارد IEC ۶۰۸۴۰



شکل ۴-۵ مفصل نواری ۶۳kV

۵-۲-۶ مفصل‌های فشاری ولتاژ بالا:

این مفصل‌ها شامل اجزای داخلی از جنس سیلیکون می‌باشند. که این امر باعث ایجاد اتصالات مطمئن و کارآمد بین کابل‌های پلیمری مانند کابل‌هایی با عایق XLPE و EPR می‌گردد.

استفاده از تکنولوژی SLIP ON حداکثر قابلیت اطمینان و حداقل زمان نصب را ارائه می‌نماید. مفصل‌های فشاری MSA در دو مدل با پوشش پلی اتیلنی بسیار سخت و نیز با پوشش منقبض شونده ارائه می‌گردند.

۵-۳ شرح آزمایش

این آزمایش با هدف اجرای مفصل‌بندی کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط طرح گردیده است. با توجه به انواع مفصل‌های موجود در کارگاه و متناسب با شرایط اتصال اقدام به مفصل‌بندی نمایید؟

به طور کلی سه نوع اتصال سر به سر، سه‌راهی Y,T و چهارراه وجود دارد. ابتدا در مورد این سه نوع اتصال شناخت کافی پیدا نموده و سپس اقدام به پیاده‌سازی آنها نمایید؟

با توجه به نحوه مفصل‌بندی لیست ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای این کار را بنویسید؟

۵-۴ سوالات آزمایش

در مورد معیارهای انتخاب مفصل مناسب تحقیق و بررسی کنید و نتیجه تحقیق خود را در کلاس مورد بررسی قرار دهید؟

مفاهیم حفاظت الکتریکی؛ انواع کابل و مشخصات آنها

مقدمه

در این پیوست با مفاهیم مهم و کاربردی حفاظت الکتریکی و انواع آن، انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها و انتخاب کابل مناسب با توجه به آمپر مدار آشنا خواهیم شد. در تمامی مدارهای الکتریکی می‌بایست برای حفاظت از تجهیز الکتریکی یا اشخاص تدبیری اندیشیده شود. بدین منظور همانطور که در ادامه بیان می‌گردد، تجهیزات و روش‌های مختلفی وجود دارد که به سبب افزایش قابلیت اطمینان سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه با برخی از این روش‌ها آشنا خواهیم شد.

حفاظت الکتریکی

خطاهای ناشی از جریان برق عمدتاً به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- اتصال بدنه که عبارت است از اتصال یکی از سیم‌های جریان برقی بدنه دستگاه.
 - ۲- اتصال کوتاه که عبارت است از اتصال دو سیم لخت که نسبت به هم دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌باشند به یکدیگر.
 - ۳- اتصال زمین که عبارت است از اتصال یکی از سیم‌های حامل جریان به زمین.
- خطاهای نامبرده شده به دو صورت کامل و ناقص اتفاق می‌افتد، در اتصال کامل در محل اتصالی مقاومت وجود ندارد و جریان زیادی از این نقطه عبور می‌کند اما اگر اتصال ناقص باشد در محل اتصال مقاومت وجود دارد، بنابراین جریان خطا نسبت به حالت قبل کمتر است. حفاظت الکتریکی عمدتاً به دو دسته حفاظت از اشخاص و حفاظت از مدارها و تجهیزات الکتریکی تقسیم بندی می‌گردد.

• حفاظت اشخاص

آثار فیزیولوژیک برق بر بدن انسان:

مقدار جریانی که ممکن است بدون هیچ‌گونه خطری از بدن انسان عبور کند به ویژگی‌های جسمی شخص، دامنه جریان، نوع جریان، مسیر و طول مدت عبور جریان بستگی دارد. مقاومت الکتریکی بدن در صورتی که پوست سالم و خشک باشد ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است. مقاومت الکتریکی بدن شامل مقاومت داخلی بدن زیر پوست و مقاومت پوست نوع خشک و مرطوب و نوع لباس و سطح تماس است. مقاومت بدن در نتیجه رطوبت کاهش می‌یابد و هنگامی حداکثر است که خشک باشد. خراش، زخم و سوختگی، آلودگی بدن یا دست با روغن یا مواد دیگر، تعریق و ... می‌تواند باعث پائین آمدن مقاومت بدن شود.

فرد در مقابل جریان ۱mA واکنش نشان می‌دهد، حتی جریان ۱۲mA باعث خواهد شد که عضلات دست منقبض شود. البته آسیب این چنین شوکی بستگی به مدت تماس، وضع جسمی و به خصوص وضع قلبی فرد دارد. به طور کلی اگر جریان عبوری از بدن انسان در حدود ۱mA باشد در آستانه احساس کردن است و اگر مقدار آن در حدود ۱۰mA شود به حد دردناک خواهد رسید. اگر جریان حدود ۳۰mA شود حالت شوک شدید ایجاد می‌کند و جریان ۵۰mA به بالا کشنده است. حد ولتاژ خطرناک برای این که جریان از ۵۰mA بیشتر باشد ۶۵V است ($V=1300*0.05=65V$).

از نظر نوع جریان، جریان متناوب از جریان مستقیم خطرناک‌تر است زیرا مقاومت بدن در برابر جریان مستقیم تقریباً $\Omega 4200$ می‌باشد. در جریان ۵۰mA تا ۸۰mA نفس بند می‌آید و بطن‌های قلب دچار لرزش می‌شوند. در جریان ۹۰mA تا ۱۰۰mA اگر قطع تنفس بیش از سه ثانیه طول بکشد، قلب فلج شده و حرکت بطن‌های قلب قطع می‌شود. این شرایط در چند دقیقه منجر به مرگ می‌شود. در جریان ۴A قلب نمی‌تواند عمل پمپاژ را انجام دهد و بافت‌های بدن در جریان‌های بیش از ۵A دچار سوختگی می‌شوند.

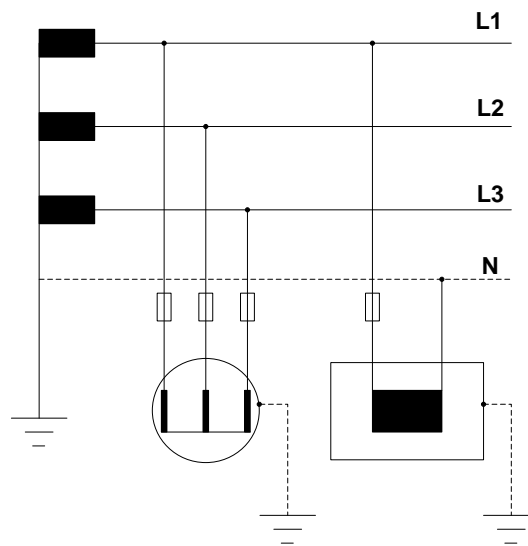
انواع روش‌های حفاظت اشخاص عبارتند از:

- ۱- حفاظت توسط سیم زمین

- ۲- حفاظت توسط سیم نول
- ۳- حفاظت توسط کلید خطای جریان یا F1
- ۴- حفاظت توسط ترانسفورماتور جدا کننده (تراس ایزوله)
- ۵- حفاظت بوسیله عایق کردن
- ۶- حفاظت توسط ولتاژ کم

حفاظت توسط سیم زمین:

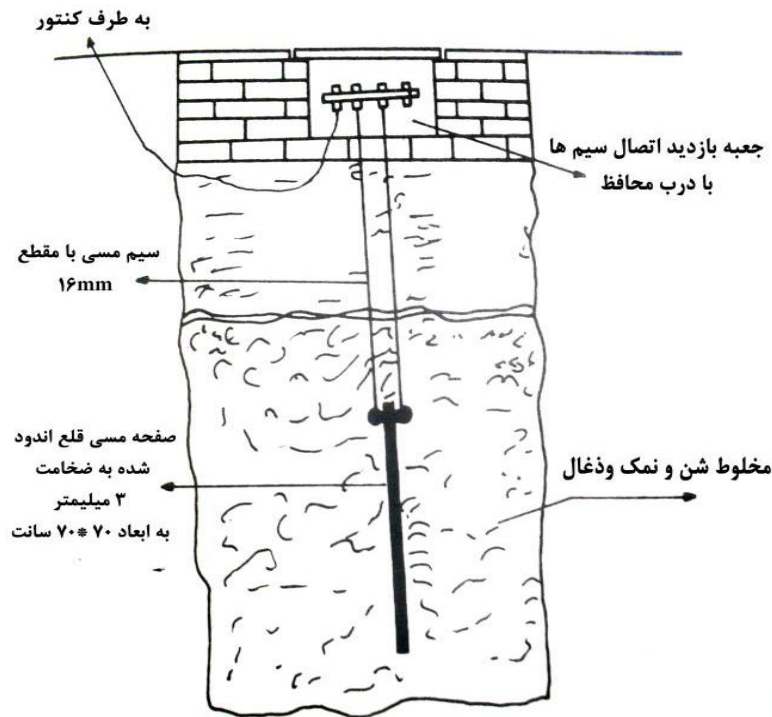
در این روش قسمت‌های فلزی بدنه دستگاه‌های برقی توسط یک سیم موسوم به سیم ارت به زمین وصل می‌شود. در این صورت اگر دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند، جریان برق به جای عبور از بدن شخص از طریق سیم ارت به زمین منتقل می‌شود، زیرا مقاومت بدن شخص با مقاومت سیم زمین موازی شده و مقاومت سیم زمین (سیم ارت) بسیار کم تر از مقاومت بدن شخص است.



شکل پ- ۱ مسیر برگشت جریان خطا از زمین

سیستم اتصال زمین (چاه ارت):

برای این که سیم اتصال بدنه دستگاه را به زمین متصل کنند، چاهی حفر می‌شود که عمق آن در مناطق مختلف به دلیل خصوصیات خاک منطقه متفاوت است ولی بهترین چاه آن است که به قسمت نم‌ناک و مرطوب زمین رسیده باشد زیرا چنین خاکی دارای مقاومت الکتریکی کمتری است. سپس صفحه یا تسمه موسوم به الکتروود را در انتهای چاه قرار می‌دهند و آن را با یک سیم مسی قطور با مقاومت الکتریکی کم به بیرون چاه هدایت می‌کنند، اطراف صفحه را با مواد کاهنده مقاومت، مانند زغال و نمک و خود چاه را با ماسه پر می‌کنند، سیم خروجی از این چاه را به بدنه فلزی دستگاه‌ها متصل می‌کنند.

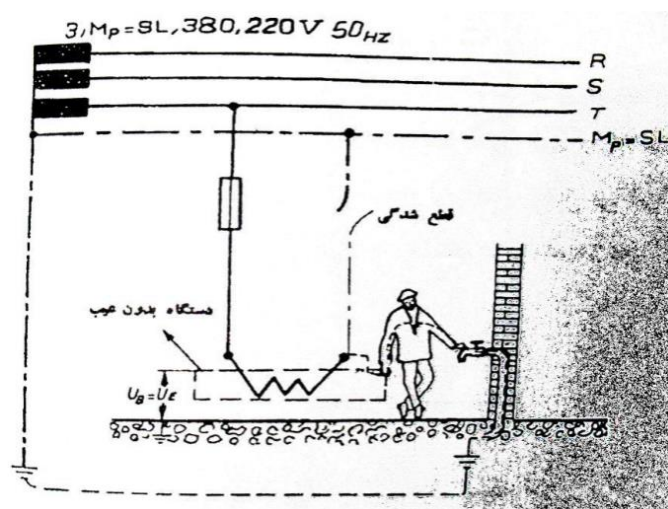


شکل پ-۲ اتصال زمین (چاه ارت)

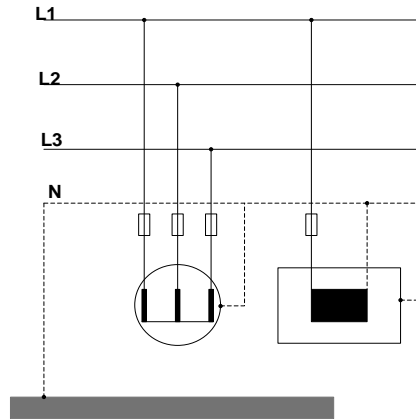
حفاظت توسط سیم نول:

در این سیستم به جای سیم ارت سیم نول به بدنه دستگاه متصل می‌شود و در صورتی که سیم فاز به بدنه دستگاه اتصال پیدا کند، بین فاز و نول اتصال کوتاه ایجاد شده و در زمان کوتاهی، اتصال فاز قطع می‌شود. عیب این سیستم این است که اگر به دلایلی سیم نول قطع گردد فاز برگشتی از سیم نول به بدنه دستگاه وصل شده و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق گرفتگی شدید می‌شود. برای رفع این عیب می‌توانیم سیم نولی را که برای حفاظت از آن استفاده می‌کنیم جدا از سیم نول مصرف کننده‌ها انتخاب کنیم و به طور مستقیم از پای کنتور یا تابلوی اصلی آن را به پیچ حفاظت پریزها وصل نمائیم و تا حد امکان نباید برای هیچ مصرف

کننده‌ای از این سیم نول استفاده کنیم، ایراد دیگر این سیستم این است که اگر جای سیم فاز و نول عوض شود ولتاژ خطرناکی بین بدنه دستگاه و زمین ایجاد می‌شود و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق گرفتگی شدید می‌شود.



شکل پ-۳ برق گرفتگی ناشی از قطع سیم نول



شکل پ-۴ حفاظت توسط سیم نول

حفاظت توسط کلید خطای جریان یا F1

کلید خطای جریان برای حفاظت شخص در مقابل ولتاژهای تماس به کار می‌رود، اصول کار این کلید به این ترتیب است که دو هادی با جریان‌هایی که در جهت مخالف هم و یکسان در داخل یک هسته آهنی که روی آن سیم پیچی تعبیه شده قرار گرفته‌اند. میدان‌های حاصل از آن‌ها در هسته، مخالف هم بوده و همدیگر را خنثی می‌کنند، در نتیجه در سیم پیچ روی هسته نیروی محرکه القا نمی‌شود و رله جریانی که به سیم پیچ وصل است تحریک نمی‌شود، یعنی کلید در حالت عادی کاری انجام نمی‌دهد.

در صورتی که از یکی از دو هادی جریان عبور نکند یا جریان‌های یکسان نباشد (شرایط اتصالی)، میدان حاصل باعث ایجاد نیروی محرکه در سیم پیچ شده و رله جریانی که توسط این سیم پیچ تغذیه می‌شود را تحریک می‌کند، این رله خود می‌تواند باعث قطع کنتاکت‌های کلید و در نهایت قطع کلی مدار گردد.

با فشار دادن شستی آزمایش روی کلید، اختلاف جریان در سیم‌های داخل کلید ایجاد شده و باعث قطع مدار خواهد شد. در استفاده از این کلید نیز بدنه مصرف کننده بایستی به سیم زمین حفاظتی مجهز باشد ولی نیازی نیست تا مقاومت زمین به کمتر از 2Ω یا 4Ω برسد بلکه این مقاومت می‌تواند در حدود چندصد اهم نیز باشد.



(ب)

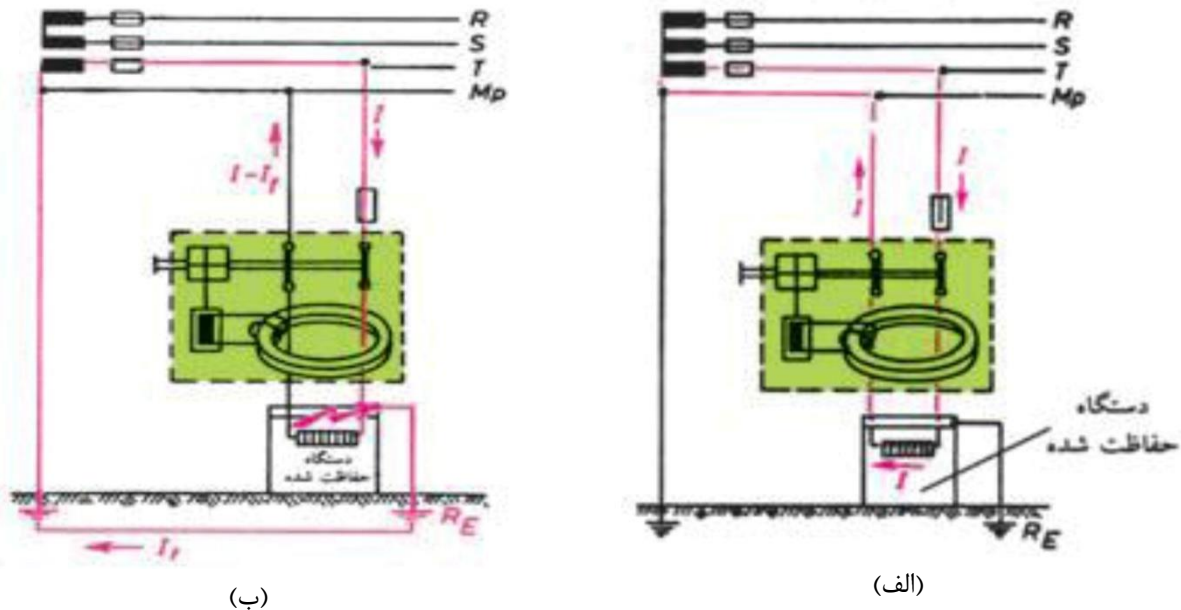


(الف)

شکل پ-۵ (الف) کلید F1 سه فاز، (ب) کلید F1 تک فاز

حفاظت توسط ترانسفورماتور جدا کننده (ترانس ایزوله):

در این نوع حفاظت از ترانسفورماتور با دو سیم پیچ مجزای یک به یک و یا کاهنده استفاده می شود که ولتاژ خروجی آن بیش از ۴۲۷ است. در ترانسفورماتور یک به یک ولتاژ ثانویه برابر ولتاژ شبکه می باشد. ترانسفورماتور ولتاژ تغذیه مصرف کننده را از نظر الکتریکی از شبکه جدا می کند، چون در ثانویه این ترانس سیم نول و اتصال به زمین وجود ندارد در صورت اتصالی، مدار بسته‌ای تشکیل نشده و بنابراین از بدن شخص جریانی عبور نکرده و شخص دچار برق گرفتگی نخواهد شد. اتصال بیش از یک مصرف کننده به ثانویه ترانسفورماتور حفاظتی مجاز نمی باشد. زیرا در صورت اتصال بدنه همزمان دو مصرف کننده، احتمال خطر برق گرفتگی وجود دارد. همچنین ثانویه این نوع ترانسفورماتور نباید اتصال زمین داشته باشد.



شکل پ- ۶ (الف) سیستم سالم (رله عمل نمی کند)، (ب) سیستم معیوب (رله عمل می کند)

حفاظت بوسیله عایق کردن:

در این روش تمام قسمت‌هایی را که امکان اتصال برق با بدن انسان دارد عایق می کنند، در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند، می توان کف زمین را عایق کاری نمود ولی در دستگاه‌های قابل حمل یا متحرک مانند دریل برقی، ریش تراش و جاروبرقی کارخانه سازنده برای جلوگیری از برق دار شدن بدنه فلزی آن‌ها، آن دستگاه را با یک لایه اضافی دیگر عایق می کند، در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد.

حفاظت توسط ولتاژ کم:

در حفاظت توسط ولتاژ کم از ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم پیچ مجزا استفاده می شود، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور باید کمتر از ۴۲۷ باشد. استفاده از اتوترانسفورماتور در این نوع حفاظت مجاز نمی باشد. دستگاه‌هایی که با ولتاژ کم حفاظت می شوند، برای سیم حفاظتی به ترمینال احتیاج ندارند و مدار جریان آنها را نباید به زمین یا سیم نول و یا به دستگاه‌هایی که با ولتاژ بالا سرو کار دارند وصل کرد.

• حفاظت مدار و مصرف کننده ها:

فیوز: وسیله ای است که مدارهای الکتریکی را در برابر جریان غیر مجاز محافظت می کند.

اگر جریانی بیش از جریان نامی از فیوز بگذرد فیوز می سوزد و بدین ترتیب جریان برق، قطع خواهد شد. به عبارت ساده، فیوز یک وسیله حفاظتی است که در تجهیزات و مدارات الکتریکی به کار برده می شود تا در مواقعی که جریانی بیشتر از حد انتظار از وسیله عبور می کند

با سوختن فیوز مدار قطع شود تا تجهیزات دیگر آسیبی نبینند، این وسیله اولین بار توسط توماس ادیسون در سال ۱۸۹۰ میلادی ثبت اختراع شده است.

انواع فیوز:

۱- فیوز فشنگی یا ذوب شونده

برای نصب این فیوزها از یک پایه چینی و یک کلاهک چینی که فیوز داخل آن جای می‌گیرد و پشت این کلاهک شیشه‌ای است، استفاده می‌گردد. سیم حرارتی داخلی فیوز به ازاء جریان بخصوصی در زمان معینی ذوب شده و سبب قطع مدار مربوط به آن می‌شود.

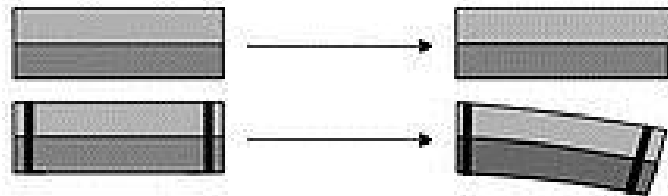


شکل پ- ۷ فیوز فشنگی

فیوز ذوب شونده معمولی را فیوز فشنگی نیز می‌نامند. سیم حرارتی آن در داخل براده‌هایی از سرامیک، پودر چینی، یا خاک نرم کوارتز همراه با ماسه قرار دارد و جرقه حاصل از قطع شدن سیم حرارتی را سریع خنک کرده و بلافاصله قطع می‌کند. این مواد همچنین باعث خنک شدن سیم ذوب شونده داخل فیوز می‌گردد تا هنگام عبور جریان، سیم بیش از اندازه گرم نشود، این قسمت که محفظه‌ای چینی یا در بعضی موارد شیشه‌ای است را فشنگ فیوز یا پاترون فیوز می‌نامند. البته فیوزهای ظریف که در رادیو و دستگاه‌های مخابراتی به کار می‌روند چون اغلب برای جریان‌های خیلی کم می‌باشند، به صورت سیم نازکی در داخل لوله شیمیایی هستند و در اطراف آن پودر چینی یا سرامیک وجود ندارد مگر در مواردی که مقدار جریان فیوز زیاد باشد.

۲- رله حرارتی (بیمتال)

در اثر عبور جریان الکتریکی از بیمتال هر دو فلز گرم شده و طول آنها زیاد می‌شود اما از آنجایی که ضریب انبساط دو فلز متفاوت است، بیمتال به سمت فلزی که ضریب انبساط پایین‌تری دارد خم می‌شود، این جابجایی به وسیله اهرم یا به صورت مستقیم کنتاکت را قطع یا وصل می‌کند، از این ویژگی در فیوزها و رله‌های بیمتال استفاده می‌شود. نمایشی از اصول عملکرد بیمتال در سمت چپ دو فلز بیش از گرم شدن و در سمت راست پس از گرم شدن نمایش داده شده اند (در ردیف بالا دو فلز به هم جوش نخورده‌اند)



شکل پ- ۸ نمایشی از اصول عملکرد بیمتال

رله‌های اضافه‌بار (بیمتال) تنظیم پذیر هستند، و می‌توان آنها را به گونه‌ای تنظیم کرد که جریان‌هایی بین ۱/۰۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی موتورها را قطع کنند. رله بیمتال سه فاز معمولاً دارای سه پل قدرت و دو کنتاکت فرمان است.

یک کنتاکت باز برای اتصال به سیستم هشدار دهنده و یک کنتاکت بسته برای قرار دادن در مسیر تغذیه کنتاکتور. کنتاکت معمولاً بسته بیمتال با شماره‌های ۹۵-۹۶ و کنتاکت معمولاً باز آن با شماره‌های ۹۷-۹۸ مشخص می‌شود.



شکل پ- ۹ بیمتال

۳- فیوز کتابی یا مینیاتوری

در این فیوزها دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که قسمت مغناطیسی آن اتصال کوتاه با جریان زیاد و قسمت حرارتی آن (بیمتال) بار زیاد (افزایش بار تدریجی) را قطع می‌کند. این فیوزها نیز به دو صورت تند کار کلاس B و کندکار کلاس C وجود دارند و از سه قسمت رله مغناطیسی (رله جریان زیاد زمانی سریع) رله حرارتی یا رله بیمتال (رله جریان زیاد تاخیری) و کلید تشکیل شده است. این مجموعه را کلید موتوری می‌نامند، از این کلیدها، می‌توان در منازل استفاده کرد و قسمت‌های مختلف ساختمان را از مسیر آنها تغذیه کرد تا چنانچه اشکالی در قسمتی از ساختمان به وجود آمد، باعث قطع کامل جریان نشود. کلیدهای مینیاتوری مورد استفاده در منازل، در تابلوهای کوچک قرار می‌گیرند.



شکل پ- ۱۰ فیوز کتابی (مینیاتوری)

کابل‌ها:

هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور دهد و توسط موادی نسبت به محیط اطراف خود عایق شده باشد به طوری که ولتاژ سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر بوده و خود هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد را کابل گویند.



شکل پ- ۱۱ نمای داخل سه نمونه کابل

• هادی کابل:

هادی کابل باعث هدایت جریان الکتریکی می‌شود که جنس آن اغلب از مس یا آلومینیوم است. هادی کابل ممکن است به صورت افشان یا مفتول (دایره ای یا مثلثی) باشند.

• عایق کابل:

عایق کابل متناسب با نوع کاربرد از جنس مختلف می‌باشد که مهم ترین آنها به شرح زیر است:

- کاغذ آغشته به روغن
- مواد پلاستیکی
- PVC (پرتودور)
- P.E.T (پلی اتیلن)

• غلاف کابل:

این غلاف اغلب از جنس سرب است و برای حفاظت کابل در برابر رطوبت روی عایق کابل استفاده می‌شود.

نکته ۱: برخی از کابل ها فاقد غلاف می‌باشند.

نکته ۲: در کابل‌هایی که تحت فشار و ضربه قرار می‌گیرند، برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می‌شود که برای حفاظت غلاف کابل از لایه‌های قیرگونی نیز استفاده می‌شود.

نکته ۳: در بعضی از کابل‌ها برای خنک کردن کابل از روغن استفاده می‌شود که محلی جهت ریختن روغن در مرکز کابل و یا در اطراف آن در نظر گرفته می‌شود که در نتیجه روغن مورد نیاز برای این کابل‌ها را توسط پمپ‌های مخصوص، تحت فشار مشخص وارد محفظه کابل می‌نمایند.

نکته ۴: طبق استاندارد رنگ سیم محافظ (ارت) باید سبز و زرد (راه‌راه) باشد، رنگ سیم نول باید آبی انتخاب گردد و سیم فاز می‌تواند هر رنگی به جز این دو باشد.

• چند نکته در مورد انتخاب کابل مناسب:

می‌دانید که هر کابلی با سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان مشخص می‌باشد که اگر از آن حد بیشتر گردد، باعث کوتاه شدن عمر و یا سوختن کابل و بروز حوادثی خواهد شد لذا در طراحی یک شبکه باید سه اصل زیر رعایت شود.

۱- جریان برق از حد مجاز جریان کابل تجاوز نکند.

۲- افت ولتاژ نباید بیشتر از حد مجاز گردد.

۳- درباره سطح مقطع انتخاب شده از نظر افت توان، محاسبات اقتصادی صورت گیرد.

• **طریقه شناسایی کابل ها**

- N:** علامت کابل با سیم مسی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- NA:** علامت کابل با سیم آلومینیومی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- Y:** علامت عایق پروتودور (اولین Y در ردیف حروف)
- Y:** روپوش پروتودور (دومین حرف Y در ردیف حروف)
- H:** علامت ورق متالیزه
- T:** سیم تحمل کننده (در برابر کابل‌های هوایی)
- R:** حفاظت فولادی سیم نواری شکل یا زره
- C:** در کابل‌های فشار ضعیف علامت سیم صفر و در کابل‌های فشار قوی علامت سیم حفاظت و یا سیم نول (صفر) می‌باشد
- B:** حفاظت فولادی نواری شکل
- Re:** سیم گرد یک رشته‌ای (مفتولی)
- Rm:** سیم گرد چند رشته (افشان)
- se:** سکتور شکل و یک سیمه (مثلثی مفتولی)
- sm:** سکتور شکل و چند سیمه (مثلثی افشان)

مثال : مفهوم اعداد و حروف زیر در مورد یک کابل چیست؟

NY Y 4*4 re0/61KV

یعنی کابل زمینی نرمال چهار سیمه با مقطع گرد تک رشته به مقطع 4 mm^2 با روپوش و عایق پروتودور و برای فشار 0.6 KV بین سیم فاز و نول و 1 KV بین دو فاز.

• **محاسبه سطح مقطع کابل**

می‌دانیم که بر اثر عبور جریان الکتریکی از کابل و هادی گرما به وجود می‌آید، چنانچه مقدار این گرما زیاد باشد، باعث سوختن عایق کابل می‌گردد، از طرفی چنانچه مقاومت کابل از حد معمول زیادتر باشد باعث ایجاد افت ولتاژ در کابل شده و در نتیجه ولتاژ دو سر مصرف کننده از ولتاژ شبکه کمتر بوده و ممکن است مصرف کننده درست کار نکند. مقدار افت ولتاژ بوجود آمده در کابل از ضرب جریان عبوری در مقاومت کابل بدست می‌آید، برای کلیه مصرف کنندگان نبایستی افت ولتاژ بیشتر از ۵ درصد گردد که این مقدار برای وسایل موتوری نباید بیشتر از ۳ درصد گردد.

سطح مقطع کابل با دانستن جریان، ولتاژ، درصد افت ولتاژ مجاز، طول کابل و جنس سیم از رابطه زیر بدست می‌آید.

محاسبه سطح مقطع کابل برای سه فاز و برای تک فاز

$$A = 2.L.I.COS\phi / K.AV.U$$

$$A = \sqrt{3}.L.I.COS\phi / K.\Delta V.U$$

A: سطح مقطع کابل بر حسب میلی متر مربع (mm^2)

L: طول مسیر بر حسب متر (m)

I: جریان بر حسب آمپر (A)

Cosφ: ضریب توان مصرف کننده

K: ضریب هدایت کامل (برای مس عدد ۵۶ و برای آلومینیوم عدد ۳۵)

Δv : افت ولتاژ مجاز بر حسب ولت (V)

U: ولتاژ بر حسب ولت (برای ۳ فاز ۳۸۰V و برای تک فاز ۲۲۰V)

مثال :

می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فاز که جریان آن $20A$ و ضریب توان آن 0.75 می‌باشد و در فاصله $50m$ از تابلو قرار دارد از یک کابل استفاده کنیم مطلوبست محاسبه سطح مقطع کابل؟ $K=56$ و افت ولتاژ مجاز $\Delta v=0.2$

$$A = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi / K \cdot \Delta V \cdot U$$
















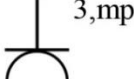




$$A = 1.73 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0.75 / 56 / 0.02 \cdot 380 = 3.04$$

چون سطح مقطع بدست آمده جزء کابل‌های استاندارد نیست بنابراین اولین شماره کابلی که مقطع آن بیشتر از مقدار محاسبه شده است را انتخاب می‌کنیم که کابل نمره ۴ خواهد بود (مراجعه شود به جدول جریان مجاز سیم‌ها)

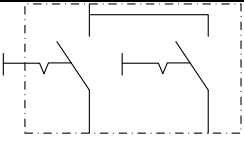
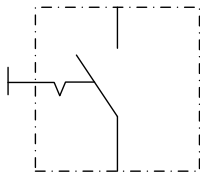
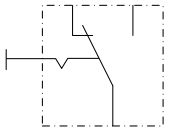
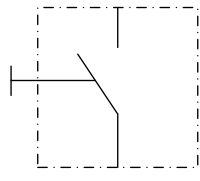
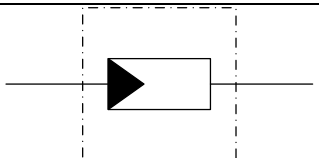
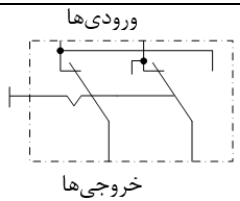
جدول پ-۱: علائم استاندارد الکتریکی

ردیف	نام	علامت	ردیف	نام	علامت
۱	جریان مستقیم	—	۱۷	فیوز	
۲	جریان متناوب تک فاز با فرکانس ۵۰ هرتز	1~ 50 Hz	۱۸	فیوز سه فاز	
۳	جریان متناوب سه فاز با فرکانس ۵۰ هرتز	3~ 50 Hz	۱۹	مقاومت	
۴	جریان متناوب سه فاز با فرکانس ۵۰ هرتز همراه با سیم نول	3, Mp ~ 50 Hz	۲۰	بویین	
۵	سیم حامل جریان (فاز)		۲۱	فتوسل	
۶	سیم نول		۲۲	دیمر	
۷	سیم محافظ (ارت)		۲۳	لامپ	
۸	سیم خیر (زنگ)		۲۴	لامپ سیگنال	
۹	سیم تلفن		۲۵	لامپ فلورسنت (مهتابی)	
۱۰	سیم آنتن		۲۶	استارت مهتابی	
۱۱	نصب سیم روی کار		۲۷	ترانس (چوک)	
۱۲	نصب سیم داخل کار		۲۸	ترانسفورماتور	
۱۳	نصب سیم زیر کار		۲۹	آمپر متر	
۱۴	انشعاب از سیم		۳۰	ولت متر	
۱۵	تابلوی تقسیم		۳۱	وات متر	
۱۶	کنتور		۳۲	فرکانس متر	

جدول پ-۲: ادامه علائم استاندارد الکتریکی

علامت	نام	ردیف	علامت	نام	ردیف
	زنگ اخبار	۴۳		کلید تک پل	۳۳
	گوشی	۴۴		کلید دوپل	۳۴
	میکروفن	۴۵		کلید تبدیل	۳۵
	بلندگو	۴۶		کلید صلیبی (کراکس)	۳۶
	در باز کن (مگنت)	۴۷		شستی فشاری (زنگ)	۳۷
	موتور	۴۸		پریش ساده	۳۸
	قاب دستگاه های الکتریکی جعبه تقسیم	۴۹		پریش ارت دار (با کنتاکت محافظ)	۳۹
	اتصال زمین (بدنه)	۵۰		پریش سه فاز ارت دار	۴۰
	باتری	۵۱		پریش تلفن	۴۱
	دستگاه الکتریکی به طور کلی	۵۲		پریش آنتن	۴۲

جدول پ-۳: جدول شمای حقیقی انواع کلید

شمای حقیقی	نام تجهیز	شمای حقیقی	نام تجهیز
 <p>خروجی ۱ خروجی ۲</p>	کلید دوپل		کلید تک پل
 <p>غیر مشترک‌ها مشترک</p>	کلید تبدیل		شستی راه پله یا شستی زنگ
	دیمر	 <p>ورودی‌ها خروجی‌ها</p>	کلید صلیبی (کراکس)

جدول پ-۴: جریان مجاز سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های سیم‌کشی با حداکثر دمای هادی مسی ۷۰ درجه و دمای محیط ۲۰ درجه

سطح مقطع mm ²	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
	یک یا چند سیم عایق‌دار در لوله فرطومی	کابل‌های سبک چند سیمه	سیم‌های نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع
	ISIRI یا NYA 01 (607)	ISIRI یا NYM 10 (607)	به فاصله یکمتر از یکدیگر
جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A
۱	۱۲	۱۶	۲۰
۱.۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲.۵	۲۱	۲۷	۳۴
۴	۲۷	۳۶	۴۵
۶	۳۵	۴۷	۵۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۵	۸۷	۱۰۴
۲۵	۸۸	۱۱۵	۱۳۷
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۷۸	۲۱۰
۷۰	۱۷۵	۲۲۰	۲۶۰
۹۵	۲۱۰	۲۶۵	۳۱۰
۱۲۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۶۵
۱۵۰	—	۳۵۵	۴۱۵
۱۸۵	—	۴۰۵	۴۷۵
۲۴۰	—	۴۸۰	۵۶۰
۳۰۰	—	۵۵۵	۶۴۵
۴۰۰	—	—	۷۷۰
۵۰۰	—	—	۸۸۰

جدول پ-۵: ضریب تصحیح (به درصد) جریان مجاز برای سیم‌ها و کابل‌های سیم‌کشی در صورت تغییر دمای محیط از ۲۵ درجه

دمای محیط بر حسب درجه سانتیگراد	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵
در صد جریان مجاز	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۰	۹۴	۸۸	۸۲	۷۵	۶۷	۵۸	۴۷	۳۳

جدول پ- ۶: مشخصات فیزیکی انواع هسته EI از جنس ورقه آهن

اندازه	a	b	c	d	e	f	g	i	ضخامت ورق
EI30	30	20	5	—	15	10	20	—	0- 0.5
EI38	38.4	25.6	-	-	19.21	12.8	25.5	-	"
EI42	42	28	7	3.5	21	14	28	35	0.27 - .65
EI48	48	32	8	3.5	24	16	32	40	"
EI54	54	36	9	3.5	27	18	36	45	"
EI54	60	40	10	3.5	30	20	40	50	"
EI60	66	44	11	4.5	33	22	44	55	"
EI66	75	50	12.5	4.5	37.5	25	50	62.5	"
EI75	78	52	13	4.5	39	26	52	65	"
EI78	84	56	14	4.5	42	28	56	70	"
EI96	96	64	16	5.5	48	32	64	80	"
EI105	105	70	17.5	5.5	52.5	35	70	87.5	"
EI108	108	72	18	5.5	54	36	72	90	"
EI120	120	80	20	7	60	40	80	100	"
EI150N	150	100	25	8	75	50	100	125	"

جدول پ- ۷: علامت کابل‌ها در استاندارد قدیم VDE

مفهوم	علامت	مفهوم	علامت
مسلح با سیم تخت	f	کابل نرم شده با هادی مسی	N
مسلح با سیم گرد	R	عامل پروتودور (اولین Y)	Y
مسلح با سیم پروفیلی	Z	پوشش پروتودور (دومین Y)	Y
پیچش مخالف از نوار فولادی	Gb	نوع هادی از جنس آلومینیوم	A
		پوشش سربی	K
سیم نقطه صفر که بصورت لوله دور عایق سه سیم دیگر پیچیده شده است	C	عایق لاستیکی	G
		کابل چند پوششی	E
		مسلح با نوار فلزی	B
حفاظت شده در مقابل زنگ زدگی	K	یافته فلزی از سیم فولادی روی اندود	Q
		مسلح باز	O
حفاظت مقاوم بودن در حرارت	KW	هادی‌ها با مقطع دایره شکل	r
عایق دارای خفه کن شعله	KFI	هادی‌ها با مقطع مثلثی شکل	s
		با هادی یک سیمه	e
		با هادی چند سیمه	m

مثال:

مشخصات کابل‌های زیر را بنویسید؟

1-NYY 3× 35 + 16 rm 0.6/1 KV

پاسخ: کابل نرم شده مسی با عایق پروتودور و روکش پروتودور با سه رشته هادی اصلی با مقطع 35 mm^2 و یک رشته هادی سیم صفر (نول) با سطح مقطع 16 mm^2 به صورت گرد رشته ای برای ولتاژ فازی 0.6 kv (فاز زمین) و ولتاژ خط 1 KV ولتاژ فاز به فاز (نول)

2-NYCYffGbY 3×120sm 3.5/6KV

پاسخ: کابل سه رشته با سطح مقطع 120 mm^2 به شکل مثلثی و چند رشته، با عایق PVC که بر روی مجموعه سه سیم یک غلاف مسی کشیده شده که به عنوان سیم نول استفاده می شود، و روی غلاف مسی لایه عایق PVC برای حفاظت در برابر ضربات مکانیکی، از دو ردیف زره فولادی به صورت نوارهای تخت استفاده می شود و بانداژ فولادی نیز بر روی آن‌ها قرار می گیرد.

جدول پ- ۸: نحوه کدگذاری کابل‌های فشار متوسط مطابق استاندارد VDE

المان	نوع	نماد	مثال
رشته	کابل با هادی مسی	N	NY Y
	کابل با هادی آلومینیومی	NA	NAYC WY
عایق	عایق PVC (اولین Y در ردیف علامت‌گذاری)	Y	NAY Y
	عایق PE (اولین 2Y در ردیف علامت‌گذاری)	2Y	N2Y SY
	عایق XLPE	2X	N2X SY
هادی هم‌مرکز و پوشش الکترواستاتیکی فلزی	هادی هم‌مرکز با هادی مسی که دارای نوارها یا سیم‌های مارپیچی مسی است	C	NYCYFG Y
	هادی هم‌مرکز با هادیهای مسی که به صورت موجی شکل داده شده و همراه نوار مسی مارپیچی می‌باشد.	CW	NAYC WY
	هادی هم‌مرکز با هادی مسی و نوار مسی به صورت مارپیچی روی هر رشته به صورت جداگانه بکار رفته است	CE	N2XCE Y
	پوشش الکترواستاتیکی از هادی‌های مسی و نوار مسی که به صورت مارپیچی استفاده شده است	S	NYS Y
	پوشش الکترواستاتیکی از هادی‌های مسی و نوار مسی که به صورت جداگانه هر رشته بکار رفته است.	SE	NYSE Y
	پوشش ضد آب به صورت طولی	F	NA2XS(F)2 Y
	زره گالوانیزه از هادی فولادی تخت	F	NYFGb Y
زره	زره گالوانیزه از نوار فولادی به صورت مارپیچی	G	NYFGb Y
	زره به صورت مفتول فولادی قلع اندود	R	NYCYRGb Y
غلاف	غلاف سربی	K	NYKY
	غلاف PVC (دومین Y در ردیف علامت‌گذاری)	Y	NAY Y
	غلاف PE (دومین 2Y در ردیف علامت‌گذاری)	2Y	NA2XS2 Y
	کابل شامل رشته با رنگ سبز زرد - با هادی حفاظتی	J	NAY Y-J
	کابل بدون رشته با رنگ سبز زرد - بدون هادی حفاظتی	O	NAY Y-O