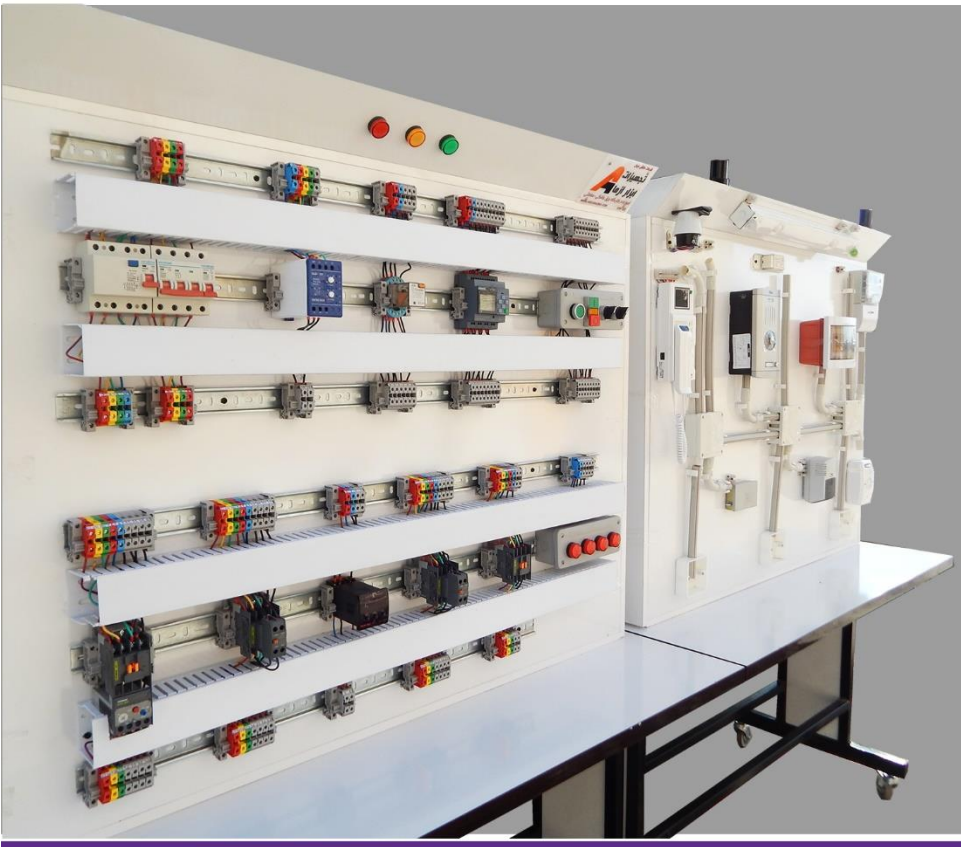
شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

نوآوری و فناوری برای توسعه



دستور کار جامع تاسیسات الکتریکی

دستور کار ویژه دانشجو

تجهیزات آزمایشگ
aboratory Equipment

نوآوری و فناوری برای توسعه

خراسان رضوی، مشهد، بزرگراه آسیایی، جاده شهرک صنعتی طوس، شهرک فناوری های نوین غذایی، ساختمان پژوهش، طبقه اول، شرکت تجهیزات ابزار آزما

www.abzarazma.ir

info@abzarazma.com

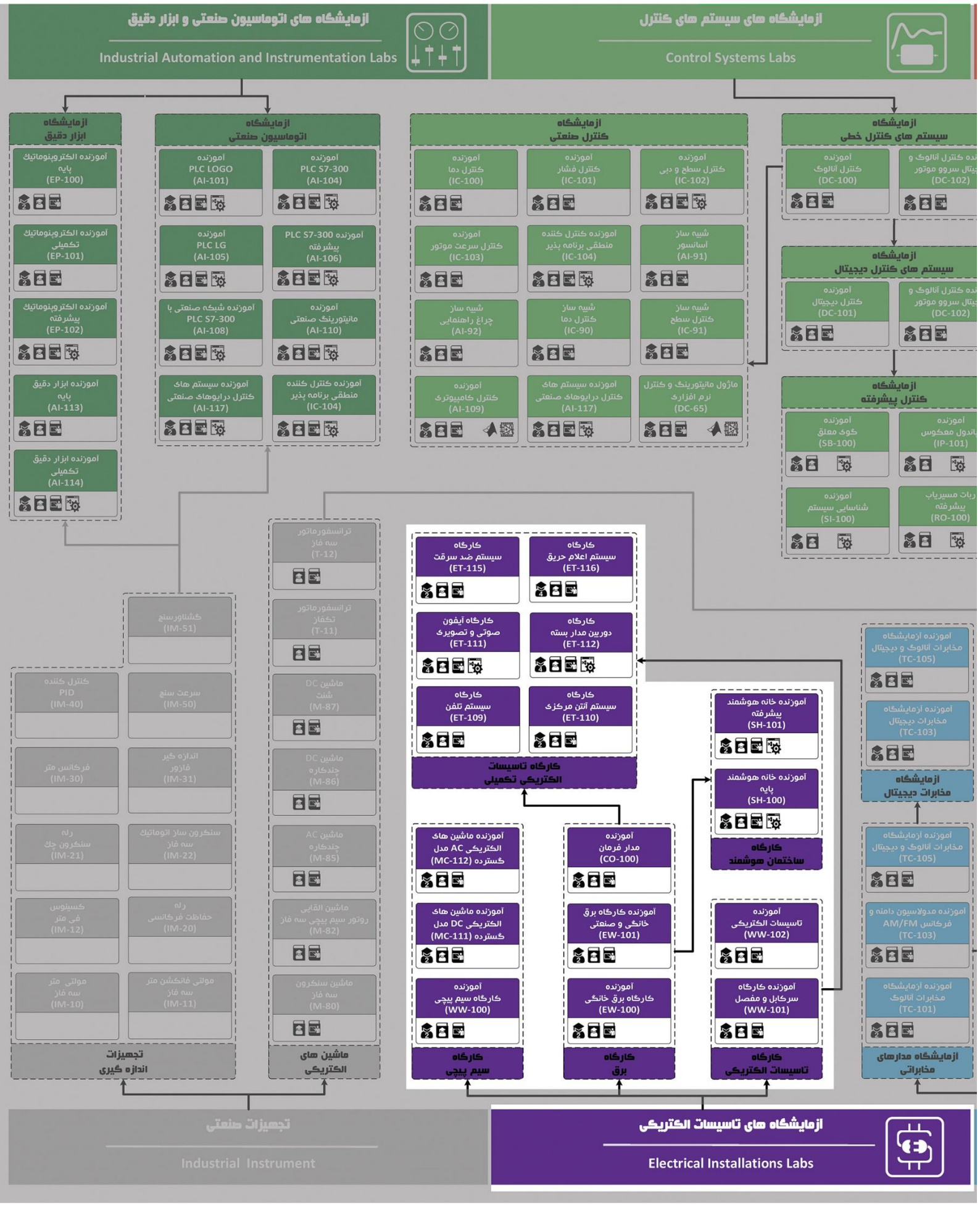
www.aparat.ir/abzarazma

+98 51 35420099 (3line)

شرکت دانش بنیان

تجهیزات ابزار آزما

...گاهی مهندسی برق
Electrical Engineering L...



دستور کار آزمایشگاه تأسیسات الکتریکی

اهداف:

هدف از این دستور کار معرفی تجهیزات آزمایشگاههای تاسیسات الکتریکی و همچنین ارائه دستورکار لازم برای انجام آزمایشات می‌باشد.

پیشگفتار:

پیشنهاد می شود شروع آزمایشگاه با یک یا چند بازدید از مرکز کاربردی مرتبط با مطالب درس شروع شود. کارخانه‌جات صنعتی دارای PLC و مدارات کنتاکتوری و ساختمان‌های در حال ساخت دارای سیستم‌های هو شمند می‌توانند گزینه مناسبی برای بازدید دانشجویان به شمار روند.

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

در پیوست شماره چهارم مفاهیم مربوط به حفاظت الکتریکی، انواع کابل‌ها 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 سیم‌پیچی است.

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

مطالب بیان شده در د ستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می‌باشد

هر دانشجو قبل از حضور در کلاس می‌بایست یک پیش گزارش راجع به مباحث جلسه جاری و گزارش تکمیل شده جل سه قبل را تحویل نماید. انجام بحث و تبادل نظر دان شجویان و مدرس کلاس راجع به نتایج حا صل از آزمایش‌ها تأثیر قابل ملاحظه ای در درک کنترل فرآیندها دارد. مسلماً گزارش حاصل همراه با نقص و کاستی‌هایی است که با پیشنهادات شما مدرسین و دانشجویان عزیز در نسخه های بعدی برطرف خواهد شد.

نکات مهم:

هشـــــدار۱ (اقـــدامـــات احتیاطی)

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

ه شدار۲ (خطر آ سیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

برای تعمیر تجهیزات از افراد واجد شـــرایط و با هماهنگی شـــرکت سازنده استفاده نمایید.

ه شدار۳ (خطر آ سیب به دستگاه و شوک الکتریکی)

هیچ‌گونه اصـــلاح و یا تغییری در وضـــعیت فعلی تجهیزات مجاز نیست.

هشدار۴ (خطر آسیب به تجهیزات)

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

هشدار۵ (شوک الکتریکی)

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

هشدار۶ (اقدامات احتیاطی)

اتصالات را به طور کامل بررسی کنید تا سیم‌ها اتصال کوتاه و یا رها شده نباشند.

هر اتصالی که ممکن است دو سطح ولتاژ مختلف را به هم اتصال کوتاه کند؛ بررسی گردد.

پیش از وصل کردن برق دستگاه، سیم‌بندی با حضور مدرس بررسی گردد.

هشدار۱۰ (اقدامات احتیاطی)

در هنگام ایجاد تغییرات در مدار، ابتدا مدار خاموش شـــود. ســـپس تغییرات در اجزای مورد نظر ایجاد شـــود ودوباره مدار را بر اســـاس موارد احتیاطی ذکر شده به تغذیه متصل نمائید.

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

فهرست مطالب

۱ اندازه گیری قطر سیم و چگالی جریان ۱۴

۲ طراحی و سیم پیچی سلف ۱۵

۳ طراحی و سیم پیچی ترانس تکفاز ۱۷

۴ طراحی و سیم پیچی ترانس سه فاز ۲۰

۵ طراحی و سیم پیچی موتور القایی تکفاز ۲۲

۶ طراحی و سیم پیچی موتور القایی سه فاز ۲۴

۷ آشنایی با انواع کابل ها و بررسی اجزای مختلف آن ۳۷

۸ اصول کابل کشی ۴۸

۹ عیب یابی کابل ها ۵۴

۱۰ سرکابل بندی ۶۰

۱۱ مفصل بندی کابل های فشار ضعیف و فشار متوسط ۶۸

پیوست شماره سوم ۶۹

پیوست شماره چهارم ۶۹

جدول راهنما

شماره و عنوان آزمایش‌های شاخه تاسیسات صنعتی	WW-100	WW-101	WW-102	CO-100	EW-101
۱- بررسی راه‌اندازی موتور سه‌فاز با اعمال فرمان به کنتاکتور از یک محل			❊	❊	❊
۲- بررسی راه‌اندازی موتور سه‌فاز به‌صورت لحظه‌ای و دائم‌کار با اعمال فرمان به کنتاکتور از دو محل			❊	❊	❊
۳- بررسی مدار راه اندازی یک الکتروموتور سه فاز بصورت دائم و موقت				❊	
۴- استفاده از تایمر به‌منظور تاخیر در فرمان به کنتاکتور			❊	❊	❊
۵- استفاده از رله کنترل فاز به منظور حفاظت موتور AC سه فاز			❊	❊	❊
۶- بررسی مدار راه‌اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری			❊	❊	❊
۷- مدار راه اندازی اتوماتیک دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری			❊	❊	❊
۸- مدار راه اندازی دو الکتروموتور سه فاز بصورت یکی به جای دیگری			❊	❊	❊
۹- مدار راه اندازی اتوماتیک دو موتور سه فاز به‌صورت یکی به‌جای دیگری			❊	❊	❊
۱۰- مدار تغییر در جهت چرخش موتور به کمک کنتاکتور و پس از توقف کامل موتور			❊	❊	❊
۱۱- مدار راه اندازی یک الکتروموتور سه فاز به‌صورت 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- راه اندازی دو مدار به‌ترتیب 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				❊	❊

ادامه شماره و عنوان آزمایش‌های شاخه تاسیسات صنعتی	WW-100	WW-101	WW-102	CO-100
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 کابل‌کشی		❊		
۲۷- عیب یابی کابل‌ها		❊		
۲۸- سرکابل‌بندی		❊		
۲۹- مفصل‌بندی کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط		❊		

بخش دوم:
تأسیسات صنعتی

معرفی بخش دوم:

در آزمایش‌های شماره یک تا ۱۵، مفاهیم آزمایشگاه تاسیسات ساختمان ارائه گردیده است. در بخش دوم این دستورکار، آزمایش‌های مربوط به بخش تاسیسات 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 تاسیسات صنعتی و یک محصول شاخه تاسیسات ساختمان شناخته می‌شود. این ۷ محصول عبارتند از:

۱- آموزنده ماشین های الکتریکی DC مدل گسترده (MC-111)
۲-آموزنده ماشین های 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 تاسیسات الکتریکی (WW-102)
۷- آموزنده کارگاه برق خانگی و صنعتی (EW-101)

مشخصات فنی و معرفی بخش‌های مختلف ۶ محصول شاخه تاسیسات 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 طوز 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 تاسیسات 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 اندازه گیری قطر سیم و چگالی جریان

۱-۱ مقدمه

این آزمایش با هدف آشنایی با ابزار اندازه‌گیری قطر سیم و محاسبه چگالی جریان سیم ارائه گردیده است. برای اندازه‌گیری قطر سیم از میکرومتر استفاده شده است. در پیوست دوم این تجهیز اندازه‌گیری معرفی گردیده است و لذا در صورتی که تمایل به آشنایی کافی با این تجهیز دارید؛ می‌توانید به پیوست ذکر شده مراجعه نمایید.

۱-۲ شرح آزمایش

با استفاده از میکرومتر و روش قرائت آن که در پیوست دوم معرفی گردید، سه سیم با قطرهای متفاوت موجود در کارگاه را اندازه‌گیری نمائید. سیم های لاکی بر اساس قطر سیم نامگذاری می شوند. برای تکمیل جدول زیر، مقادیر نامی بر اساس مقدار ادعایی بر روی قرقره تکمیل گردد.

جدول ۱-۱ اندازه‌گیری قطر سیم

سیم شماره	۱	۰,۷۵	۰,۵
قطر سیم قرائت شده با میکرومتر (mm)			
قطر سیم نامی (mm)			

برای محاسبه آمپراژ مجاز سیم لاکی از مفهوم چگالی جریان استفاده می‌گردد. چگالی جریان، مقدار جریان عبوری از واحد سطح را نشان می‌دهد و بسته به محیط و روش خنک سازی سیم پیچ، می‌تواند عددی بین ۱ تا ۵ در کاربردهای مختلف انتخاب می‌گردد. تعریف چگالی جریان به صورت زیر تعریف می شود:

$$J = \frac{I(A)}{S(mm^2)}$$

در این رابطه صورت کسر، جریان بر حسب آمپر و مخرج آن، سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع است. با فرض چگالی جریان ۴ آمپر بر میلی متر مربع، مقدار آمپراژ مجاز سیم‌های شماره ۱، ۰,۷۵ و ۰,۵ را محاسبه و در جدول زیر وارد نمائید:

جدول ۱-۲ محاسبه آمپراژ مجاز

سیم شماره	۱	۰,۷۵	۰,۵
سطح مقطع سیم (mm^2)			
آمپراژ مجاز سیم (A)			

۲ طراحی و سیم پیچی سلف

۲-۱ مقدمه

از پیچیدن سیم هادی روپوش دار روی یک استوانه، یک سیم پیچ الکتریکی یا بوبین یا سلف ایجاد می‌شود. از سلف برای ایجاد خاصیت القاگری و یا به عبارت دیگر ایجاد میدان مغناطیسی در مدار استفاده می‌شود.

معمولا سیم‌پیچ‌ها را بر روی هسته فلزی و یا فریت می‌پیچند. هسته‌های عایق تنها برای حفظ و نگه‌داری سیم پیچ و افزایش استحکام آن به‌کار گرفته می‌شوند.

جنس هسته سیم پیچ، متناسب با فرکانس سیگنال متناوب دو سر آن انتخاب می‌گردد. به طوری که برای فرکانس‌های پایین از هسته فلزی استفاده می‌گردد درحالی که سلف‌های فرکانس بالا که در مبدل‌های سوئیچینگ به کار برده می‌شوند؛ از جنس فریت ساخته خواهند شد. در ادامه اقدام به طراحی و ساخت یک سلف ۱۰۰ میلی هانری با فرکانس نامی ۵۰ هرتز و آمپراژ ۴A خواهید نمود.

۲-۲ شرح آزمایش

هسته آهنی تکفاز موجود در کارگاه سایز ۷۶ می‌باشد. برای ساختن سلف ۱۰۰ میلی هانری با آمپراژ ۴ آمپر، محاسبات مربوط به قطر سیم، تعداد دور آن و سطح مقطع مورد نیاز برای ساختن سلف و همچنین مقدار فاصله هوایی را انجام دهید.

گام اول برای پیچیدن یک بوبین انتخاب ابعاد قرقره متناسب با فضای مورد نیاز است و در گام دوم باید قطر سیم را مطابق با جریان مجاز عبوری از آن محاسبه کنید. ممکن است مقدار آمپراژ مجاز به طور مستقیم در صورت مسئله داده نشود که در اینصورت می‌توان بر اساس توان بوبین و جدول ۲-۱ چگالی جریان را تعیین و براساس سیم مورد نظر اقدام به طراحی سلف نمود.

جدول ۲-۱ تعیین چگالی جریان با توجه به توان بوبین

P (V.A)	J (A/mm^2)
۰-۵۰	۴
۵۰-۱۰۰	۳,۵
۱۰۰-۲۰۰	۳
۲۰۰-۵۰۰	۲,۵

برای محاسبه تعداد دور سیم‌پیچ با توجه به قطر بوبین و قطر سیم منتخب؛ می‌توانید از رابطه زیر استفاده نمایید.

$$N = \frac{9Ld \pm \sqrt{(9Ld)^2 + 0.96LD^3}}{0.16D^2}$$

که در این رابطه، L ضریب خود القایی بوبین بر حسب میکروهانری؛ D، قطر بوبین؛ d، قطر سیم و N تعداد دور سیم‌پیچ می‌باشد.

پس از طراحی سلف، اقدام به سیم‌پیچی سلف مورد نظر نمایید و پس از آن به وسیله یک سلف سنج مقدار آن را اندازه گیری نمائید. روش دیگر اندازه گیری، به کمک بستن مدار نمونه جهت اندازه گیری به کمک اتوترانس سه فاز، می باشد. مدار مورد نیاز از سری نمودن اتوترانس با آمپر متر و سلف تشکیل شده است. در این مدار با تغییر مقدار ولتاژ اتوترانس از صفر به مقداری که به ازای آن جریان سلف به مقدار نامی بر سد، اقدام می‌گردد. در این شرایط با تقسیم ولتاژ بر جریان مقدار امپدانس سلف محاسبه می شود. همچنین از رابطه امپدانس، مقدار سلف به دست می آید. در این مورد جدول زیر تکمیل گردد.

جدول ۲-۲ تعیین ظرفیت سلف به کمک پیاده‌سازی مدار عملی

ولتاژ	جریان	امپدانس	ظرفیت سلف

۲-۳ سوالات آزمایش

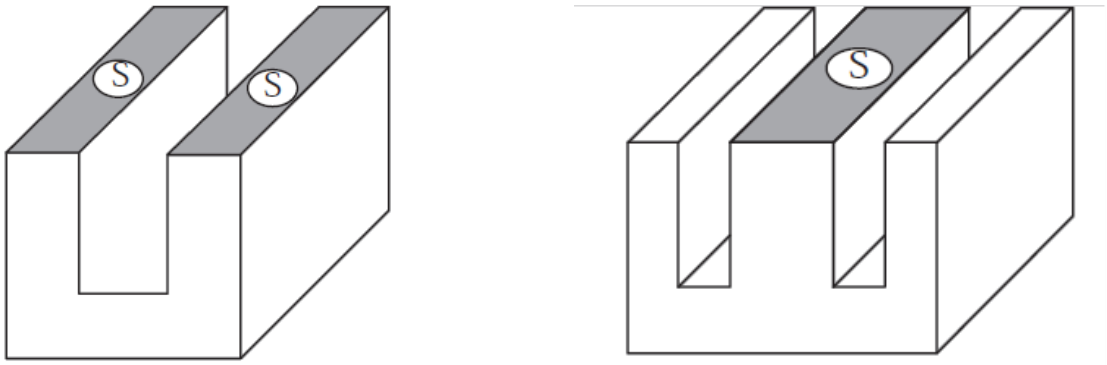
۱- رابطه محاسبه تعداد دور سیم‌پیچی سلف که در قسمت قبل بدان اشاره گردید، چگونه بدست آمده است؟

۲- مقدار عملی قرائت شده را با مقدار تئوری طراحی شده مقایسه نمائید.

۳ طراحی و سیم پیچی ترانس تکفاز

۳-۱ مقدمه

برای طراحی ترانس تکفاز ابتدا بایستی سطح مقطع هسته انتخاب گردد و پس از آن نوع هسته مناسب مشخص گردد. سطح مقطع هسته، سطح موثر هسته آهنی است که شار مغناطیسی از آن عبور می کند. در بعضی از ترانسفورماتورها سطح مقطع به گونه‌ای انتخاب می‌شود که هسته سریع به اشباع برسد. این ترانسفورماتورها در ایجاد امواج ضربه‌ای(پالس یا تب)کار برد دارند. ولی در ترانسفورماتورهای قدرت سطح مقطع هسته را به گونه ای در نظر می گیرند که ترانسفورماتور در منطقه خطی کار کند و بتوان ضریب تبدیل $K = \frac{N_2}{N_1}$ را در کمیتهای الکتریکی اعمال کرد. در شکل ۳-۱ دو نوع مختلف هسته U و E شکل نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ دو نوع هسته مختلف E و U شکل

اندازه سطح مقطع موثر هسته از رابطه $S = K \times \sqrt{P_2}$ تعیین می شود. K ضریبی است که در فاصله بین ۰,۸ تا ۱,۲ بسته به توان ترانسفورماتور تغییر می‌کند. در ترانسفورماتورهای کوچک K =۱ /۲ و در ترانسفورماتورهای پرقدرت K = ۰/۸ در نظرگرفته می شود. در رابطه بالا P_2 توان ظاهری در خروجی ترانسفورماتور می‌باشدکه بر حسب ولت آمپر (V.A) بیان می شود S، سطح مقطع موثر هسته بر حسب سانتی متر مربع (cm^2) می باشد.

برای کاهش تلفات فوکو هسته ترانسفورماتورها، ورقه‌ای ساخته می شود. ورق ورق کردن هسته سبب می شود که مقدار موثر سطح مقطع آن ها کاهش یابد. برای جبران میزان کاهش آن از سطح مقطع ظاهری استفاده می شود. برای تعیین سطح مقطع ظاهری از ضریب تورق 0.9 الی 0.95 استفاده می‌شود. اگر سطح مقطع ظاهری را با S' نشان دهیم، از رابطه مقابل می توان آن را محاسبه کرد.

$$S' = \frac{S}{0.90} \approx 1.1 \times S\ (cm^2)$$

برای درک بهتر موضوع در ادامه سطح مقطع هسته ترانسفورماتور به مشخصه $P_2 = 1kVA$ را تعیین کنید.

$$S = 1.2\sqrt{P_2} = 1.2\sqrt{1\times1000} \approx 38\,cm^2$$

$$S' = 1.1\times38 \approx 41.8\,cm^2$$

گاهی اوقات ممکن است در صورت مسئله توان سمت ثانویه به طور مستقیم داده نشود که در چنین مواردی باید به کمک داده های مسئله ابتدا آن را محاسبه و سپس نسبت به تعیین سطح مقطع هسته اقدام شود. به عنوان مثال سطح مقطع هسته ترانسفورماتور با ولتاژ U2=12 و I2 = 4A به صورت زیر حاصل می‌گردد.

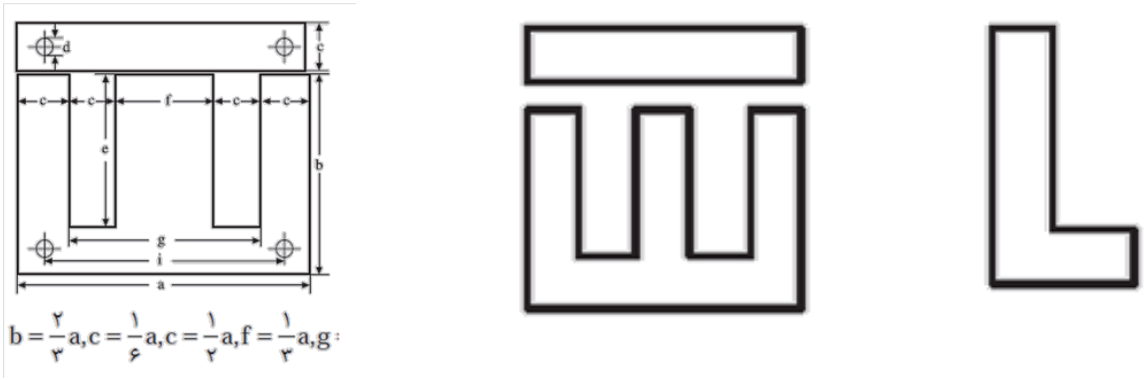
$$P_2 = U_2 \times I_2 = 12\times4 \approx 48\,V.A \qquad S = 1.2\sqrt{P_2} = 1.2\sqrt{48} = 8.31\ cm^2 \qquad S' = 1.1S = 1.1\times8.31 = 9.14\,cm^2$$

پس از تعیین سطح مقطع هسته، نوبت به تعیین نوع هسته مناسب می‌رسد. معمولاً ضخامت (ارتفاع) هسته کمی بیشتر از عرض (پهنای بازو) هسته در نظر گرفته می شود. در ادامه ۶ نوع هسته مختلف نام برده شده است.

جدول ۳-۱ انواع هسته

ردیف	نوع هسته		توضیحات
۱	EI	نوع هسته EI ≤ $30\times\sqrt{S}$	
۲	UI	نوع هسته U ≤ $30\times\sqrt{S}$	
۳	L	نوع هسته L ≤ $30\times\sqrt{S}$	(کاربرد خیلی کم)
۴	EE	نوع هسته EE ≤ $30\frac{1}{3}\times\sqrt{S}$	
۵	3UI	نوع هسته 3UI ≤ $50\times\sqrt{S}$	
۶	M	نوع هسته M ≤ $50\times\sqrt{S}$	

مبنای محا سبات تعداد دورهای اولیه و ثانویه رابطه $E = 4.44 \times f \times BmS \times N$ می با شد. عملاً در محا سبات برای سادگی عمل E را یک ولت در نظر می‌گیرند و تعداد دور را برای یک ولت بدست می آورند و آن را دور بر ولت می گویند و با Nv نشان می دهند. پس از تعیین Nv بر اساس ولتاژهای سیم پیچ های اولیه و ثانویه و در نظرگرفتن افت ولتاژها، تعداد دورهای اولیه و ثانویه را تعیین می‌کنند.



شکل ۳-۲ نام‌گذاری ابعاد فیزیکی هسته EI

در جدول پ- ۶ که در پیوست هشتم قرار داده شده است، امکان مشاهده ابعاد دقیق انواع هسته‌های EI فراهم شده است.

۳-۲ شرح آزمایش

ترانس تکفاز ۲۲۰ به ۱۲ را با فرض آمپر خروجی ۴ آمپر در نظر بگیرید. مشخصات هسته را نیز هسته ۷۶ موجود در کارگاه در نظر بگیرید. در این شرایط سطح مقطع هسته ترانس، قطر سیم های مورد نیاز و تعداد دورهای آنها را محاسبه نمائید.

پس از سیم پیچی قرقره سایز ۷۸ و جازدن آن در هسته و محکم نمودن پیچ های مربوطه، اقدام به تست ترانس طراحی و ساخته شده، نمائید. برای تست از جدول زیر استفاده نمائید:

جدول ۳-۲ نتایج تست ترانس تکفاز مورد طراحی

	ولتاژ اتوترانس بر حسب ولت										
	خروجی ولتاژ اندازه گیری شده از ترانس										
	خروجی ولتاژ تئوری ترانس										

۳-۳ سوالات آزمایش

۱- در مورد علت انتخاب هسته از جنس ورقه آهن برای ترانس مورد نظر چیست؟ توضیح دهید؟

۲- در مورد چگالی شار اشباع هسته‌های مختلف تحقیق و بررسی نمایید؟

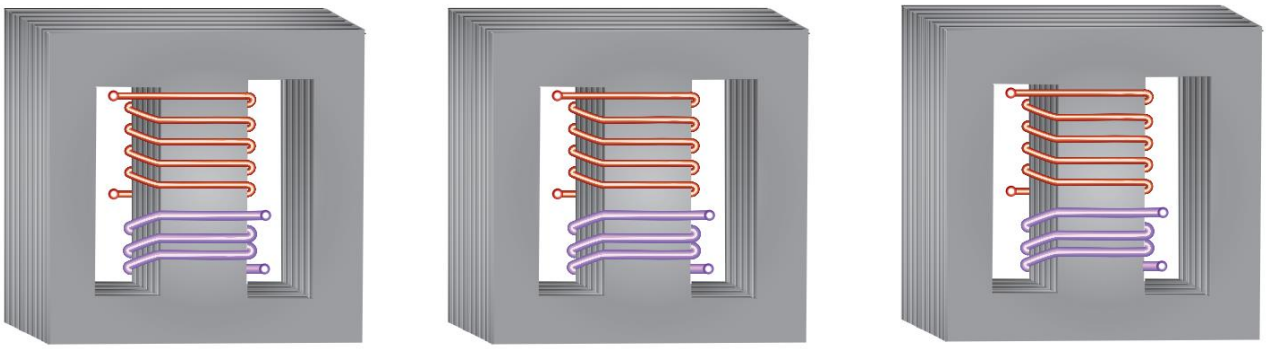
۴ طراحی و سیم پیچی ترانس سه فاز

۴-۱ مقدمه

ترانسفورماتور های سه فاز از نظر ساختمان ظاهری بر دونوع اند:

۱- ترانسفورماتورهای سه فاز سه پارچه

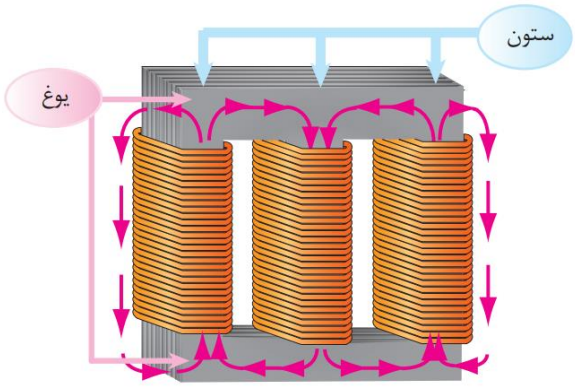
ساده‌ترین راه ایجاد ترانسفورماتور سه فاز استفاده از سه ترانسفورماتور مشابه تکفاز است. این سیستم را بانک ترانسفورماتور سه فاز نیز می‌نامند. بنابراین هسته‌های هر فاز مجزا از یکدیگر میباشند و مدار مغناطیسی جدا از هم دارند. در



شکل ۴-۱ ترانسفورماتور سه فاز سه پارچه

۲- ترانسفورماتور های سه فاز یکپارچه:

این ترانسفورماتور که حاوی یک هسته مشترک می باشد؛ به‌صورت شکل ۴-۲ ساخته می‌شود. در این ترکیب هسته از سه ستون تشکیل شده و سیم‌پیچها در آن قرار می‌گیرند، سپس دو یوغ، طرفین آن را مهار می‌کنند. بنابراین هر سیم‌پیچ روی یک ستون قرار می‌گیرند. به این نوع هسته، هسته ستونی می‌گویند. لازم به تذکراست که ولتاژ ها و جریان سیم پیچ های ترانسفورماتور سه فاز باتوجه به اتصالات Y و Δ سیم‌پیچ‌ها تعیین می شود.



شکل ۴-۲ ترانسفورماتور سه فاز یکپارچه

در ادامه ۴ نوع سربندی متفاوت ترانسفورماتور سه فاز تشریح داده خواهد شد.

الف: ترانسفورماتور ستاره – مثلث یا Δ-Y: این ترانسفورماتورها برای کاهش ولتاژ فشار قوی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با سربندی سیم‌پیچ اولیه به صورت ستاره؛ می‌توان نقطه خنثی در سمت فشار قوی (HV) را زمین نمود .

ب: ترانسفورماتور مثلث – ستاره یا Δ - Y: این نوع ترانسفورماتور، در نیروگاه‌ها جهت تبدیل ولتاژ ژنراتور به ولتاژ بالاتر نصب می شود زیرا مشابه ترانسفورماتور ستاره- مثلث؛ سمت ستاره (Y) به ولتاژ قوی وصل است و امکان زمین کردن نقطه خنثی در سمت فشار قوی میسر است. همچنین در سیستم های توزیع فشار ضعیف جهت مصارف خانگی، تجاری و صنعتی از ترانسفورماتور Δ -Y استفاده می شود. زیرا برخی از مشترکین به برق سه فاز و برخی دیگر به برق تک فاز نیاز دارند.

ج: ترانسفورماتور مثلث – مثلث یا Δ - Δ: در صورتی که این نوع اتصال برروی ترانسفورماتور سه فاز سه پارچه سربندی شود؛ مزیتی که با خود به همراه دارد این است که در صورت بروز خطا در یکی از ترانسها و تعمیرات اضطراری، هنوز می‌توانند مشترکین سه فاز را تغذیه کنند. در صورت خارج شدن یک ترانسفورماتور تک فاز، اتصال حاصله را اتصال مثلث باز یا V - Vمی نامند

د: ترانسفورماتور ستاره – ستاره یا Y– Y : این نوع سربندی بندرت مورد استفاده قرار می گیرد زیرا با مسائلی در رابطه با جریان تحریک و ولتاژ های القایی دست به‌گریبان خواهیم بود.

۲-۴ شرح آزمایش

ترانس سه فاز ۳۸۰ به ۱۷۰ را با فرض آمپر خروجی ۴ آمپر در نظر بگیرید. مشخصات هسته را نیز هسته ۱۸۰ موجود در کارگاه در نظر بگیرید. در این شرایط سطح مقطع هسته ترانس، قطر سیم‌های مورد نیاز و تعداد دورهای آنها را محاسبه نمائید.

برای سیم پیچی از دو قرقره سایز ۱۰۵ و جازدن آنها در هسته و محکم نمودن پیچ های مربوطه استفاده نمائید. ترانس مورد نظر را در دو سربندی مختلف تست کنید و برای تست از جدول زیر استفاده نمائید.

جدول ۴-۱ نتایج تست ترانس سه‌فاز مورد طراحی

	نوع سربندی										
۱	ولتاژ اتوترانس (V)										
۲	ولتاژ اندازه‌گیری شده فاز به فاز ثانویه (V)										
۳	ولتاژ خروجی ترانس در حالت تئوری										

۳-۴ سوالات آزمایش

۱- نوع سربندی ترانس مورد نظر چه تاثیری در روابط طراحی دارد؟

۳- در مورد سایر سربندی‌های ترانسفورماتور سه فاز و موارد کاربرد هریک تحقیق کنید؟

۵ طراحی و سیم پیچی موتور القایی تکفاز

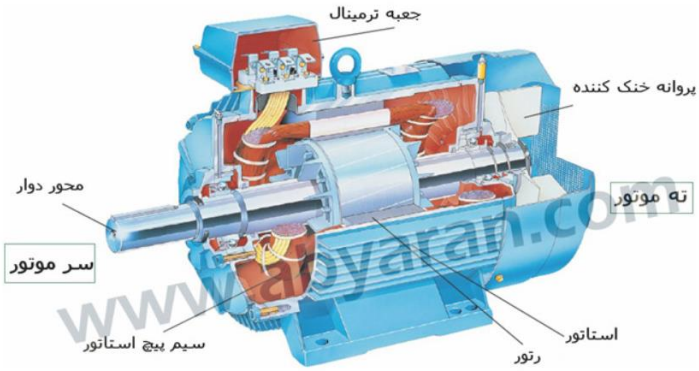
۵-۱ مقدمه

به طور کلی هر ما شین القایی (موتور یا مولد القایی) از دو بخش ا ستاتور و روتور ت شکیل شده ا ست. ا ستاتور بخش ثابت و رتور بخش متحرک ماشین می باشد. استاتور ماشین القایی، شامل بدنه، هسته مغناطیسی، سیم پیچها و یاتاقان‌های ابتدا و انتهای موتور می باشد. در ما شین های القایی به دلیل تلفات هیسترزیس، جنس هسته باید از فولاد الکتریکی با پسماند کم انتخاب شود تا تلفات هیسترزیس ماشین به حداقل ممکن برسد. همچنین برای کاهش تلفات فوکو نیز از روش ورق، ورق کردن هسته بهره می گیرند.

ابعاد هسته ا ستاتور به گونه ای ا ست که به راحتی در بدنه فولادی، چدنی یا آلومینیومی ا ستاتور محکم می شود. این بدنه به صورت پره دار ساخته می شود تا برای تهویه بهتر، سطح تماس بیشتری با هوای محیط خود داشته باشد.

وظیفه بدنه، پو شش نهایی ما شین القایی می با شد که هسته و سیم پیچها را در خود جای داده ا ست و ضمن محافظت ما شین در برابر ورود اج سام خارجی امکان ن صب ما شین را فراهم می کند. همچنین برای ات صال سیم پیچها روی بدنه ما شین جعبه ترمینال قرار می گیرد.

به علاوه دو درپوش و یاتاقان های طرفین ماشین به گونه‌ای طراحی می شوند که قسمت متحرک ماشین (روتور) به راحتی در داخل استاتور بچرخد و تکیه گاه مکانیکی مناسبی برای روتور فراهم شود. این بخش در ساختار الکتریکی ماشین نقشی ندارد و جزو تجهیزات مکانیکی ماشین به حساب می آید.



شکل ۵-۱ ساختار اجزای ماشین القایی

در این آزمایش به بررسی و طراحی موتور القایی تکفاز پرداخته خواهد شد و در آزمایش بعدی اقدام به طراحی و سیم‌پیچی موتور القایی سه فاز خواهد شد.

موتورهای تک فاز بر اســاس دو ســیم پیچ اصــلی و کمکی با اختلاف فاز زمانی و مکانی حدود $\pi/2$ الکتریکی کار می‌کنند که این دو سیم‌پیچ برروی استاتور قرار می‌گیرند. در موتورهای تک فاز معمولی، سیم پیچ اصلی 2/3 کل شیارها وسیم پیچ کمکی 1/3 کل شیارها را دربر می‌گیرد.

نوع خا صی از موتور تک فاز تحت عنوان موتور تک فاز با طرح ۲ فاز وجود دارد که در این موتور ن صف کل شیارها برای ا صلی و ن صف دیگر برای سیم پیچ راه انداز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در موتورهای طرح ۲ فاز توان کل موتور ($\mathbf{P_2}$) بین دو سیم پیچ بطور مساوی تقسیم می شود $\boldsymbol{P_{2A} = P_{2B} = \frac{1}{2}P_2}$ و سیم پیچ های اصلی و کمکی دارای م شخصات الکتریکی یکسانی می‌با شد و هر یک از سیم پیچ‌های فوق می‌تواند به عنوان ا صلی و یا کمکی مورد ا ستفاده قرار گیرد که راندمان موتورهای تک فاز با طرح دو فاز، بالاتر از موتورهای تک فاز معمولی است.

برای تعیین جریان سیم پیچ-های اصلی و کمکی در موتورهای تکفاز معمولی از طریق توان به صورت روابط (۵-۱) تا (۵-۶) عمل نمود.

$$P_2 = kBm^2 \times Ds^2 \times Ls \times Nr \quad (Kw) \qquad (۱-۵)$$

$$Nr = Ns \times (1-s) \qquad (۲-۵)$$

$$P_{2a} = \frac{2}{3} P_2 \quad (Kw) \qquad (۳-۵)$$

$$P_{2H} = \frac{1}{3} P_2 = \frac{1}{2} P_{2a} \quad (Kw) \qquad (۴-۵)$$

$$P_1 = Vp \times Ip \times \cos\varphi \qquad P_2 = P_1 \times \eta \qquad (۵-۵)$$

$$I_{ph} = \frac{P_{2H}}{Vp.\eta.\cos\varphi} \qquad d_a = 1.13\sqrt{\frac{Ia}{j}} \qquad d_H = 1.13\sqrt{\frac{I_H}{j}} \qquad (۶-۵)$$

۲-۵ شرح آزمایش

موتور القایی تکفاز موجود در کارگاه برای کولر آبی بوده و توان آن ۰,۲۵ ا سب بخار می با شد. بر ا ساس روش سیم بندی متمرکز و یک طبقه، برای آن طراحی مناسب را انجام دهید. پس از پیچیدن کلاف ها و جازدن آنها و آماده سازی موتور برای تست، موتور را با استفاده از اتوترانس سه فاز تست نمائید.

جدول ۵-۱ نتایج تست موتور القایی تکفاز

۱	ولتاژ اتوترانس (V)										
۲	سرعت موتور										
۳	جریان موتور										

۳-۵ سوالات آزمایش

۱- کنترل سرعت موتورهای القایی تکفاز چگونه صورت می‌پذیرد؟

۶ طراحی و سیم پیچی موتور القایی سه فاز

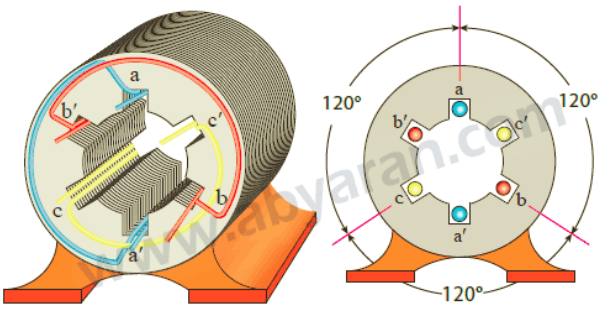
۶-۱مقدمه

موتورهای القایی سه فاز، پرکاربردترین موتورهایی هستند که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. طراحی ساده و مستحکم، قیمت ارزان، هزینه نگهداری پایین و اتصال آسان به منبع سه فاز امتیازات اصلی موتورهای القایی هستند. این نوع موتور در محدوده توانی کسری از کیلووات تا چند ده مگاوات ساخته و بهره برداری می‌شوند.

هسته موتورهای القایی، مجموعه ای از ورق های فولادی است که دارای شیار در سطح داخلی آن می باشد که پس از قرار گرفتن در کنار هم تشکیل یک حجم استوانه ای توخالی را مطابق شکل ۶-۱ می دهد. سیم پیچ های سه فاز ماشین القایی در داخل همین شیارها قرار می گیرند.

شکل ۶-۱ هسته استاتور

در عمل سیم پیچ های سه فاز استاتور ماشین القایی احتیاج به حداقل ۶ شیار مطابق شکل ۶-۲ دارند. سیم پیچ ها به گونه ای جاسازی می شوند که هر سیم پیچ با دیگری ۱۲۰ درجه اختلاف فاز مکانی داشته باشد. در این شکل سه دسته سیم پیچ با حروف (aa′, bb′, cc′) مشخص شده‌اند. در ماشین های القایی صنعتی شیارهای استاتور بیشتر از این تعداد می باشند. در ماشین های القایی، سر و ته سیم پیچ ها (aa′, bb′, cc′) را به داخل جعبه ترمینال می آورند تا به ترمینال های خروجی متصل شوند. بدین ترتیب تغییر اتصال ستاره و یا مثلث در جعبه ترمینال بسیار ساده می باشد.



شکل ۶-۲ استاتور ماشین الکتریکی سه فاز دو قطب شامل سه کلاف تک حلقه

۶-۲طراحی سیم‌پیچی موتور القایی سه‌فاز

در این آزمایش هدف آن است که به طراحی و سیم‌پیچی موتور القایی سه فاز پرداخته شود. روابط لازم برای محاسبات عملی موتور القایی سه فاز در روابط (۶-۱) تا (۶-۶) ارائه گردیده است؛ که در این روابط $\mathbf{z}$، تعداد شیار؛ $\mathbf{2P}$، تعداد قطب؛ $\mathbf{P}$، تعداد جفت قطب؛ $\boldsymbol{n_s}$، سرعت سنکرون؛ $\mathbf{q}$، تعداد شیار زیر هر قطب برای هر فاز؛ $\boldsymbol{y_p}$، گام قطبی؛ $\boldsymbol{y_z}$، گام سیم بندی؛ $\boldsymbol{\varepsilon}$ ضریب کوتاهی گام؛ $\mathbf{m}$، تعداد فاز؛ $\mathbf{n}$، درجه هارمونیک؛ $\boldsymbol{x_{em}}$، زاویه هندسی شیارهای موتور و $\boldsymbol{x_{ez}}$، زاویه الکتریکی است.

$$y_p = \frac{z}{2p} \quad (۱-۶)$$

$$y_z : \varepsilon y_p \quad (۲-۶)$$

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (۳-۶)$$

$$q : \frac{z}{2p.m} \quad (۴-۶)$$

$$x_{em} = \frac{360}{z} \quad (۵-۶)$$

$$x_{ez} : \frac{360\,p}{z} \quad (۶-۶)$$

برای درک بهتر از روابط فوق ابتدا به طرح مثالی پرداخته شده است. فرض کنید طرح دیاگرام گسترده برای الکتروموتور ۳ فاز یک طبقه دارای ۶ شیار و ۲ قطب مطلوب باشد؛ در این شرایط داریم:

حل: طبق اطلاعات صورت مسئله، m=3؛ t=1 و 2P=2 است. حال طبق رابطه (۶-۱) گام قطبی برابر ۳ محاسبه خواهد شد و طبق رابطه (۶-۴)، تعداد شیار در زیر هر قطب برابر ۱ خواهد بود. زاویه الکتریکی طبق رابطه (۶-۶) برابر ۶۰ درجه بدست می‌آید و لذا شیار اول، شروع سیم‌پیچی فاز R؛ شیار سوم شروع سیم‌پیچی فاز S و شیار پنجم شروع سیم‌پیچی فاز T خواهد بود. دیاگرام گسترده سیم‌پیچی مورد نظر در شکل ۶-۳ نشان داده شده است.

نکته: در ترسیم ۳فاز همیشه جهت سیم‌پیچی‌های $\underset{\downarrow}{\mathbf{W}}\ \underset{\uparrow}{\mathbf{V}}\ \underset{\uparrow}{\boldsymbol{u}}$ باید اینگونه رسم شوند.

$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{6}{2} = 3$$

$$q = \frac{z}{2p.m} = \frac{6}{2 \times 3} = 1$$

شروع فازها $\quad \mathrm{R} \rightarrow 1 \quad S \rightarrow 1 + \frac{120}{x_{ez}} = 3 \quad T \rightarrow 1 + \frac{240}{x_{ez}} = 5$

$$x_{ez} = \frac{360\,p}{z} = \frac{360 \times 1}{6} = 60^{\circ}$$

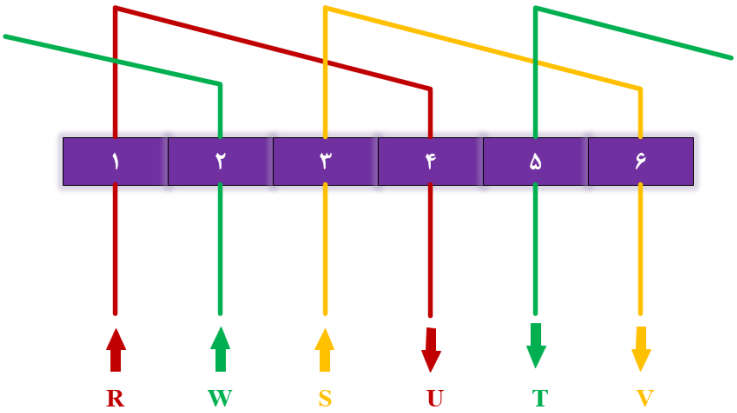
در مثال دیگری، رسم دیاگرام گسترده الکتروموتور سه فاز با ۱۲ شیار و ۴ قطب مد نظر است. طبق اطلاعات صورت مسئله، m=3؛ t=1 و 2P=4 و z=12 است. روابط حاکم بر این موتور به شرح زیر است. دیاگرام گسترده این الکتروموتور در شکل ۶-۴ نشان داده شده است.

$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{12}{4} = 3 \quad (۷-۶)$$

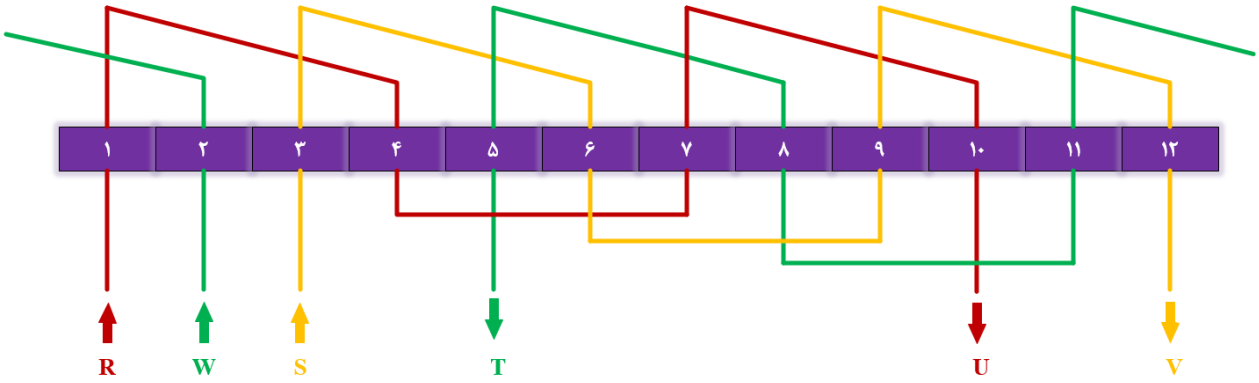
$$q = \frac{z}{2p.m} = \frac{12}{4 \times 3} = 1 \qquad (۸-۶)$$

$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{z} = \frac{360\ \times 2}{12} = 60^{\circ} \qquad (۹-۶)$$

$$R \to 1 \qquad s \to 1 + \frac{120}{60} = 3 \qquad T \to 1 + \frac{240}{60} = 5 \qquad (۱۰-۶)$$



شکل ۶-۳ دیاگرام گسترده سیم‌پیچی سه فاز یک طبقه دارای ۶ شیار



شکل ۶-۴ دیاگرام گسترده الکتروموتور سه فاز دارای ۱۲ شیار و ۴ قطب

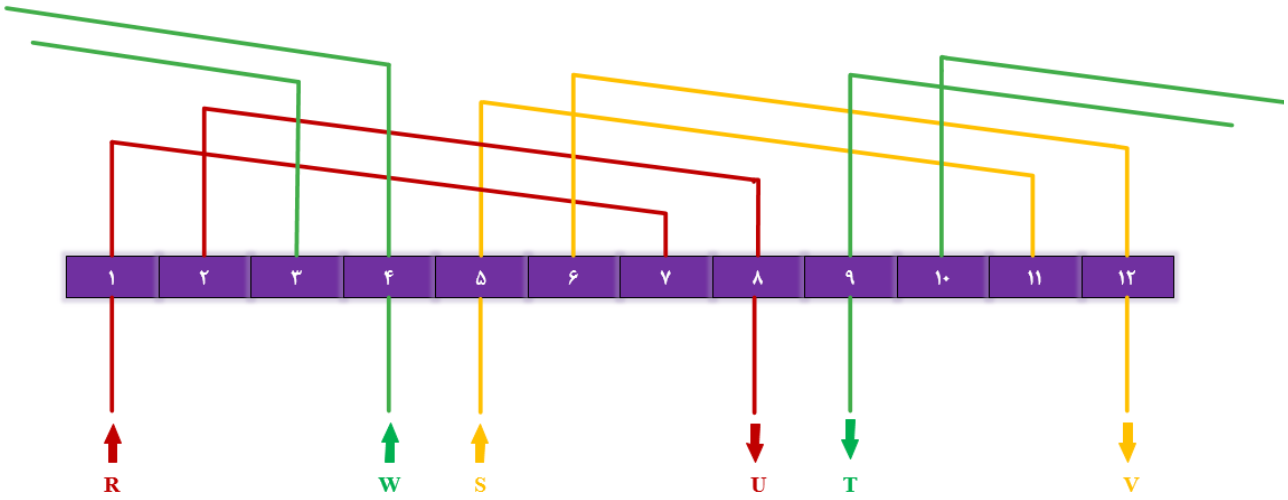
در مثال سوم، رسم دیاگرام گسترده الکتروموتور سه فاز یک طبقه با ۱۲ شیار و ۲ قطب مطلوب است. طبق اطلاعات صورت مسئله، m=3؛ t=1 و 2P=2 و z=12 است. طبق روابط زیر فاز R از شیار اول، فاز S از شیار پنجم و فاز T از شیار نهم آغاز می شوند.. دیاگرام گسترده این الکتروموتور در شکل ۶-۵ نشان داده شده است.

$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{12}{2} = 6 \qquad (۱۱-۶)$$

$$q = \frac{z}{2p.m} = \frac{12}{2 \times 3} = 2 \qquad (۱۲-۶)$$

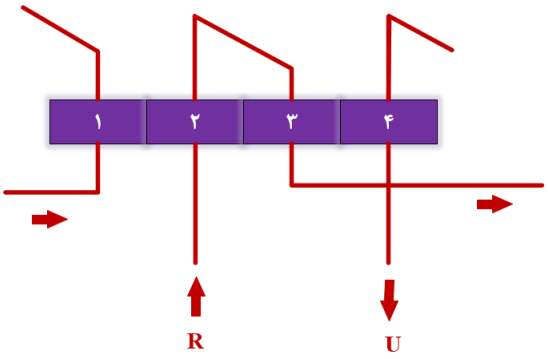
$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{z} = \frac{360\ \times 1}{12} = 30^{\circ} \qquad (۱۳-۶)$$

$$R \to 1 \qquad s \to 1+\frac{120}{30}=5 \qquad T \to 1+\frac{240}{30}=9 \tag{۱۴-۶}$$



شکل ۶-۵ دیاگرام گسترده الکتروموتور سه فاز دارای ۱۲ شیار و ۲ قطب

در الکترو موتورهای ۳فاز، ۲قطبی برای اینکه سیم پیچی متعارف‌تری به د ست آوریم می توان q را به ۲ تقسیم کنیم و به عبارتی یک گروه کلاف زوج ۲ تایی یا ۴ تایی را به ۲ گروه کلاف تکی یا ۲ تایی تجزیه کنیم مانند شکل ۶-۶ که برای کلاف فاز اول در مثال سوم ارائه شده است. در این حالت گام سیم بندی کوتاهتر و در مصرف سیم صرفه جویی می‌شود.



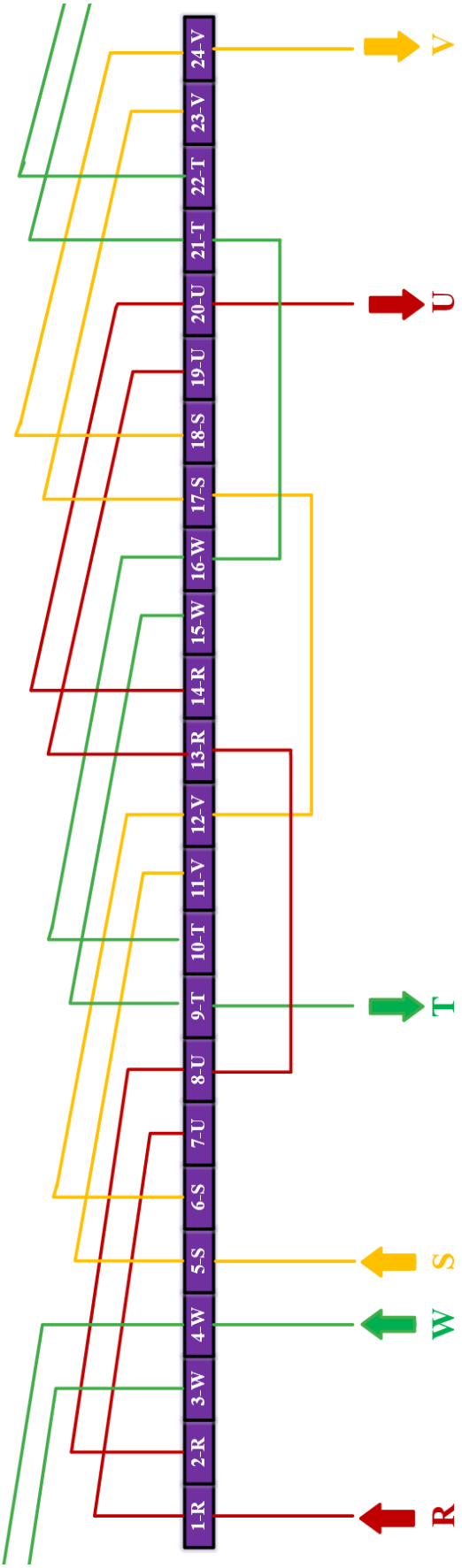
شکل ۶-۶ تبدیل یک گروه کلاف زوج ۲ تایی به دو گروه کلاف تکی

در مثال چهارم هدف آن است که دیاگرام گسترده سیم‌پیچی الکتروموتور سه فاز دارای ۲۴ شیار و سیم‌پیچی یک طبقه را ترسیم نماییم. ابتدای امر این کار را با فرض اینکه موتور ۴ قطب باشد انجام خواهیم داد. طبق اطلاعات مسئله m=3، z=24 و 2p=4 است.

$$y_p=\frac{z}{2p}=\frac{24}{4}=6 \qquad q=\frac{z}{2p.m}=\frac{24}{4\times3}=2 \tag{۱۵-۶}$$

$$\alpha_{ez}=\frac{360\,p}{z}=\frac{360\ \times 2}{24}=30^{\circ} \tag{۱۶-۶}$$

$$R \to 1 \qquad s \to 1+\frac{120}{30}=5 \qquad T \to 1+\frac{240}{30}=9 \tag{۱۷-۶}$$



شکل ۶-۷ دیاگرام گسترده سیم‌پیچی الکترو موتور ۳ فاز دارای ۲۴ شیار و ۴ قطب

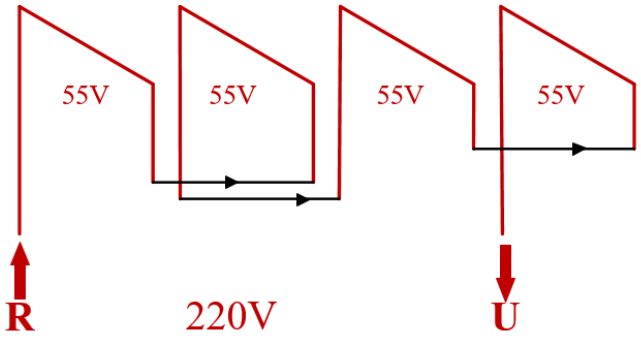
نکته: در موتورهای دارای دو قطب، جاهایی که دو گروه کلاف وجود دارد برای اتصال ابتدا و انتهای کلاف در پایین نقشه باید ته اول کلاف به ته کلاف دوم متصل شود.

۶-۲-۱ سری و موازی کردن الکترو موتورها در گروه کلاف‌ها:

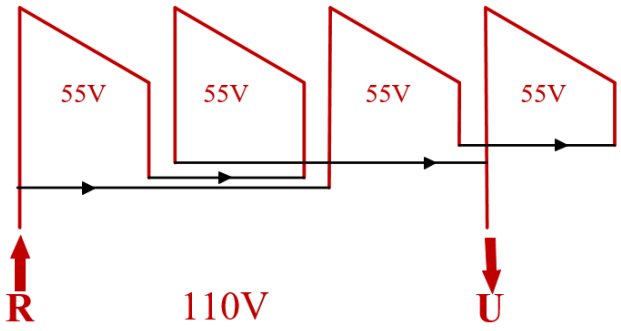
اگر کلاف این موتور از کلاف n دوری استفاده شده باشد به ان کلاف تکی می گوییم یعنی q=1 است و یا اینکه کلاف می توانند به صورت یک گروه کلاف(q>1) باشند.

شکل ۶-۸ گروه الف) کلاف ۲ تایی؛ ب) تکی

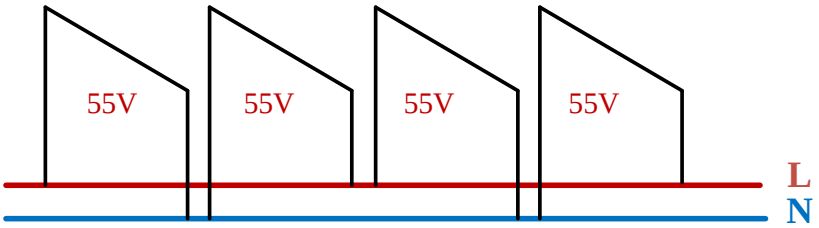
با فرض اینکه بخواهیم ولتاژ ۲۲۰ ولت را به گروه کلاف‌های تکی فاز اول موتور مت صل کنیم؛ با اتـ صال کلاف‌ها به شکل ۶-۹ ولتاژی که روی هر کلاف می‌افتد برابر ۵۵ ولت خواهد بود. حال فرض کنید که ولتاژ فاز به نول که در اختیار ما قرار دارد برابر ۱۱۰ ولت باشد؛ لذا در این شرایط با اتصال کلاف‌ها به شکل ۶-۱۰ خواهد بود. با اتصال کلاف‌ها به طور نشان داده شده باز هم ولتاژی که روی هر گروه کلاف می‌افتد برابر ۵۵ ولت خواهد بود. در همین شرایط اگر بخواهیم ولتاز فازی 55 v را به الکترو موتور وصل کنیم نحوه ی ارتباط کلاف ها با یکدیگر به شکل ۶-۱۱ خواهد بود.



شکل ۶-۹ اتصال گروه کلاف‌های تکی به شکل سری



شکل ۶-۱۰ اتصال گروه کلاف‌های تکی در ولتاژ فاز به نول ۱۱۰ ولت



شکل ۶-۱۱ اتصال گروه کلاف‌های تکی در ولتاژ فاز به نول ۵۵ ولت

۶-۲-۲ تبدیل یک رشته سیم به n رشته

برای جایگزینی یک رشته سیم با سطح مقطع D به n رشته سیم نازکتر با سطح مقطع d می‌توان طبق روابط زیر عمل نمود.

$$\mathbf{A = A_1 + A_2 + \cdots + A_n} \quad (۱۸-۶)$$

$$\frac{\boldsymbol{D^2\pi}}{\mathbf{4}} = \frac{\boldsymbol{d_1^2\pi}}{\mathbf{4}} + \frac{\boldsymbol{d_2^2\pi}}{\mathbf{4}} + \ \ldots \ + \frac{\boldsymbol{d_n^2\pi}}{\mathbf{4}} \quad (۱۹-۶)$$

$$\frac{\boldsymbol{\pi}}{\mathbf{4}}\boldsymbol{(D_2)} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\mathbf{4}}\boldsymbol{\left(d_1^2 + d_2^2 + \ \ldots \ + d_\pi^2\right)} \quad (۲۰-۶)$$

$$\boldsymbol{D^2 = d_1^2 + d_2^2 + \ \ldots + d_n^2} \quad (۲۱-۶)$$

$$\boldsymbol{D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \ \ldots \ d_n^2} \ \ \rightarrow\rightarrow\rightarrow \ d = d_1 = d_2 = d_n} \quad (۲۲-۶)$$

$$\boldsymbol{D = \sqrt{n\, d_1^2} = d\sqrt{n} \ \ \rightarrow\rightarrow\rightarrow \ d = \frac{D}{\sqrt{n}}} \quad (۲۳-۶)$$

$$\boldsymbol{D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}} \quad \text{اگر قطر سیم‌ها نامساوی باشد} \quad (۲۴-۶)$$

$$\boldsymbol{d_1 > d_2 > d_3} \quad (۲۵-۶)$$

$$\boldsymbol{d_{cu} = 0.793\, d_{A1}} \quad (۲۶-۶)$$

مثال۵: به جای یک رشته سیم با قطر 1mm از دو رشته سیم با قطر یکسان استفاده شده است قطر هر رشته سیم چقدر است؟

D=1mm **n=2** $\mathbf{d=\frac{D}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1.41} = 0.70}$

مثال۶: به جای یک سیم مسی به قطر 1.40mm می خواهیم از 4 رشته سیم نازکتر استفاده کنیم قطر هر رشته سیم را تعیین کنید؟

D=1.40mm **n=4** $\mathbf{d=\frac{D}{\sqrt{4}} = \frac{1.40}{\sqrt{4}} = 0.70}$

مثال۷: قطر سیم محاسبه شده برای الکتروموتور 3mm می باشد می‌خواهیم به‌جای آن از 9 رشته سیم با قطر یکسان استفاده کنیم؛ قطر هر رشته را تعیین کنید؟

D=3mm **n=9** $\mathbf{d=\frac{D}{\sqrt{9}} = \frac{3}{\sqrt{9}} = 1mm}$

۶-۳شرح آزمایش

موتور القایی سه فاز موجود در کارگاه بر اساس پلاک آن دارای توان یک اسب بخار می‌باشد. بر اساس روش سیم بندی متمرکز و یک طبقه برای آن طراحی مناسب را انجام دهید.

پس از پیچیدن کلاف‌ها و جازدن آنها و آماده سازی موتور برای تست، موتور را با استفاده از اتوترانس سه فاز تست نمائید.

جدول ۶-۱ نتایج تست موتور القایی سه‌فاز با سیم‌بندی متمرکز و یک طبقه

۱	ولتاژ اتوترانس (V)										
۲	سرعت موتور										

۶-۴سیم پیچی ۲طبقه

یکی از انواع سیم پیچی‌های متدول در ماشین های الکتریکی سیم پیچی ۲طبقه می باشد. در این نوع سیم‌پیچی بازوهای کلاف‌های مربوط به هر فاز در شیارهای استاتور به طور گسترده‌تری پخش می شود. این نوع سیم‌پیچی با گام کامل و گام کسری قابل اجراء است و اجرای سیم‌پیچی به صورت گام کسری متداول تر است. در سیم بندی دو طبقه در هر شیار استاتور ۲ بازو (از یک فاز یا دو فاز مختلف) قرار می گیرد. گسترده تر بودن سیم‌پیچی به خنک‌شدن سیم های هادی کمک نموده و منجر به افزایش چگالی جریان و راندمان موتور خواهد شد.

۶-۴-۱ سیم پیچی ۲ طبقه با گام کسری:

در این نوع سیم‌پیچی گام کلاف نسبت به سیم‌پیچی با گام کامل کمتر است یعنی:

در سیم بندی با گام کوتاه به دلیل کاهش پشتیبانی کلاف، مقاومت اهمی سیم‌پیچی نیز کاهش پیدا می کند و از طرفی کوچکتر بودن گام سیم‌بندی نسبت به گام قطبی ($y_z < y_p$) خود عاملی برای کاهش تلفات ژولی موتور است. البته ذکر این نکته ضروری است که با کوتاه کردن گام سیم‌پیچی نیرو محرکه القاء شده در کلاف ها کمتر شده و جریان موتور افزایش می یابد که برای جبران نیرو محرکه القایی، درصدی به تعداد دور هر کلاف افزوده می‌شود با این حال تاثیر کوتاهی گام به گونه‌ای است که تلفات $\frac{180}{n}$ یا $\frac{\pi}{n}$ کاهش می‌یابد. در سیم بندی ۲ طبقه با گام کسری برای حذف هارمونیک‌های مزاحم کافیست گام سیم پیچی را متناسب با درجه‌ی هارمونیک مورد نظر (n) کاهش دهیم.

مثال۸: مطلوبست طراحی سیم‌پیچی گسترده الکترو موتور ۳فاز و ۲طبقه با گام کسری جهت تصحیح اثرات هارمونیک ۳=n؛ به طوریکه این الکترو موتور دارای ۳۶شیار بوده و تعداد قطب های آن ۴ باشد؟ مطابق اطلاعات مسئله m=3، z=36، 2p=4، t=2 و n=3 است.

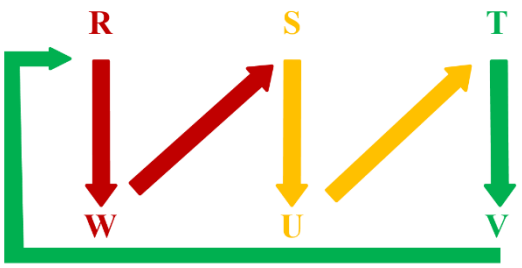
$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \qquad y_z = \varepsilon y_p$$

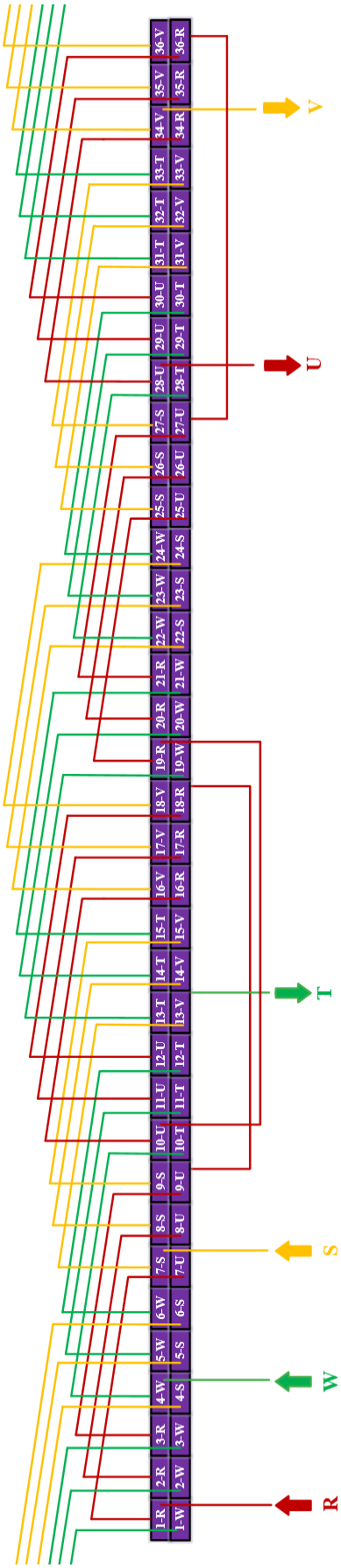
$$\varepsilon = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \rightarrow y_z = \left(1 - \frac{1}{3}\right) 9 = 6$$

$$y_p - y_z = 9 - 6 = 3$$

$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{36} = 20^{\circ} \qquad q = \frac{z}{2p.m} = \frac{36}{4\times 3} = 3$$

$$R \rightarrow 1 \qquad s \rightarrow 1 + \frac{120}{20} = 7 \qquad T \rightarrow 1 + \frac{240}{20} = 13$$





شکل ۶-۱۲ سیم‌پیچی گسترده الکتروموتور سه فاز و دو طبقه با گام کسری برای تصحیح هارمونیک سوم و دارای ۳۶ شیار

۶-۵محاسبات موتورهای الکتریکی ۳فاز:

هدف از این بخش ارائه روابط مورد نیاز برای طراحی سیم‌پیچی موتور القایی سه فاز می‌با شد. در پایان این بخش چند مثال برای درک بهتر روابط ارائه شده است که با تسلط بر آن‌ها می‌توانید اقدام به طراحی و سیم‌پیچی موتور القایی با مشخصات مورد نظر نمایید.

پیش از آنکه وارد روابط مورد نیاز جهت انجام محاسبات موتور القایی شویم؛ لازم است متغیرهای به‌کار رفته مطابق جدول زیر نامگذاری شده برای هر یک علامت اختصاری در نظر گرفته شود تا حتی الامکان درک روابط تسهیل یابد.

جدول ۶-۲ جدول نامگذاری متغیرهای مورد نیاز در روابط طراحی موتور القایی

نام متغیر	علامت اختصاری	نام متغیر	علامت اختصاری
D_S	قطر دهانه استاتور (mm) (قطر رتور)	L_S	طول موثر شیارهای رتور (mm)
γ	تعداد کلاف های هر فاز	F	فرکانس
K_d	ضریب سیم پیچی	B_m	چگالی شار ماکزیمم
V_{ph}	ولتاژ فاز موتور	V_L	ولتاژ خط موتور
k_p	ضریب کوتاهی وتر(گام)	k_z	ضریب پخش
k_d	ضریب سیم پیچی	y_p	گام قطبی
y_z	گام سیم‌بندی	B_M	چگالی شار
K	ضریب توان یابی	α_{ez}	زاویه الکتریکی
N_r	سرعت نامی رتور	N_s	سرعت سنکرون
k	1.6×10^{-9}		

$$\gamma = \frac{t - z}{m} \qquad (۶-۲۷)$$

$$k_d = k_p \times k_z \qquad (۶-۲۸)$$

$$if \quad y_p = y_z \rightarrow\rightarrow\rightarrow k_p = 1 \qquad \text{در موتورهای دو قطبی} \qquad (۶-۲۹)$$

$$if \quad y_p > y_z \rightarrow\rightarrow\rightarrow k_p < 1$$

$$\alpha_{ez} = \frac{180}{\text{تعداد شیارها در هر قطب}} \qquad (۶-۳۰)$$

$$K_P = \sin\left(\frac{y_z \cdot \alpha_{ez}}{2}\right) \qquad K_Z = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2m}\right)}{q \sin\left(\frac{\pi}{2mq}\right)} \qquad (۶-۳۱)$$

$$P_2 = K . B_m^2 . B_S^2 . L_S . N_r (KW) \qquad \eta = \frac{p_2}{p_1} \qquad (۶-۳۲)$$

$$N_r = N_s(1 - S) \qquad (۶-۳۳)$$

$$P_1 = \sqrt{3}\, V_L\, I_L Cos\, \varphi \qquad I_L = \frac{P_1}{\sqrt{3}\, V_L\, Cos\, \varphi} \qquad (۶-۳۴)$$

$$d = 1.13\sqrt{\frac{I_P}{j}} \qquad (۳۵-۶)$$

مثال ۱۰:الکترو موتور ۳فازی با مشخصات زیر در دسترس است

$V_L = 380\ V \quad f = 50\ HZ \quad 2P = 4 \quad L_S = 6\ cm \quad D_S = 6.2\ cm \quad Nr = 1391 \quad j = 7\ \frac{A}{mm^2}$

می خواهیم الکترو موتور فوق را به صورت ۲ طبقه با هدف حذف هارمونیک n=3، سیم پیچی کنیم مطلوب ا ست تعداد حلقه های هر کلاف موتور با استفاده از منحنی Bm=Fd مقدار Bm ما 0.82 به دست اورید.

۳,۵	۳	۲,۵	۲	Δu
۸	۶	۴	۲	2p

$$\gamma = \frac{t.z}{m} = \frac{2 \times 24}{3} = 16 \qquad k_p = \sin\left(\frac{4 \times 30}{2}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \qquad k_z = \frac{\sin(\frac{\pi}{2m})}{q \sin(\frac{\pi}{2m\,q})} = \frac{\sin 30}{2 \sin(\frac{\pi}{12})} = 1.03$$

$$\epsilon = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \qquad k_d = 1.03 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.88$$

$$y_z = \epsilon\, y_p = \frac{2}{3} \times 6 = 4 \qquad \propto_{ez} = \frac{180}{6} = 30^{\circ}$$

$$N_{ph} = \frac{220 \times (1 - 0.025) \times 4}{4.44 \times 50 \times 0.062 \times 16 \times 0.06 \times 0.95 \times 0.88 \times 0.82} = 94.72 = 95$$

$$q = \frac{z}{2p.m} = \frac{24}{4 \times 3} = 2$$

$$p_2 = k.Bm^2.Ds^2.Ls.Nr$$

$$p_2 = 1.6 \times 10^{-9} \times (0.82)^2 \times 62^2 \times 60 \times 1391 = 0.345\ kw$$

$$\eta = \frac{p_2}{p_1} \rightarrow p_1 = \frac{p_2}{\eta} = \frac{0.345}{0.73} = 0.472\ kw$$

$$I = \frac{472}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.72} = 0.99 \qquad d = 1.13\sqrt{\frac{I_{ph}}{j}} = 1.13\sqrt{\frac{0.99}{7}} = 0.42$$

مثال۱۰:الکترو موتور ۳ فازی با مشخصات زیر در دسترس است

$V_L = 380\,V$ $f = 50\,HZ$ $2P = 4$ $L_S = 6\,cm$ $D_S = 6.2\,cm$ $Nr = 1391$

می خواهیم الکترو موتور فوق را به صورت ۲ طبقه با هدف حذف هارمونیک n=3، سیم پیچی کنیم مطلوب ا ست تعداد حلقه های هر کلاف موتور با توجه به مقدار Bm=0.82 به دست اورید.

$$s = 7.3 \qquad j = 7\ \frac{A}{mm^2}$$

$$\gamma = \frac{t.z}{m} = \frac{1 \times 24}{3} = 8 \qquad k_p = \sin\left(\frac{6 \times 30}{2}\right) = 1$$

$$y_p = \frac{z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \qquad k_z = \frac{\sin(\frac{\pi}{2m})}{q \sin(\frac{\pi}{2m\,q})} = \frac{\sin(\frac{\pi}{6})}{2 \sin(\frac{\pi}{12})} = 1.03$$

$$k_d = 1.03 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.88 \qquad N_r = N_s(1-s) = 1500(1-0.073) = 1391$$

$$N_{ph} = \frac{220 \times (1-0.025) \times 4}{4.44 \times 50 \times 0.062 \times 16 \times 0.06 \times 8 \times 0.95 \times 1.03 \times 0.82} = 162$$

$$p_2 = k.Bm^2.Ds^2.Ls.Nr \rightarrow p_2 = 1.6 \times 10^{-9} \times (0.82)^2 \times 62^2 \times 60 \times 1391 = 0.345\ kw$$

$$\eta = \frac{p_2}{p_1} \rightarrow p_1 = \frac{p_2}{\eta} = \frac{0.345}{0.73} = 0.472\ kw$$

$$N_s = \frac{60\,f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = \frac{3000}{2} = 1500$$

۶-۶طراحی و سیم پیچی موتور ۲ سرعته ۳ فاز دالاندر

در سیم پیچی موتورها به صورت دالاندر توجه به دو اصل مهم ضروری است:

سرعت نامی موتور که روی آن ذکر شده ا ست بطوریکه طراحی های جدید برای سرعت‌های کمتر از سرعت نامی (قطب بیشتر) امکان پذیر می‌باشد. به عنوان مثال اگر پلاک موتور بیانگر یک موتور ۴قطبی باشد در طراحی جدید امکان سیم‌پیچی برای ۴ قطب و ۶قطب و ۸قطب و ... وجود دارد. اما طراحی سیم‌پیچی موتور فوق برای قطب کمتر (۲قطب) امکان پذیر نمی باشد. زیرا ارتفاع یوغ هسته ا ستاتور بر اساس ۴ قطب طراحی شده است. از این رو در قطب کمتر (نیاز به فوران بیشتر) هسته استاتور سریعا به اشباع رسیده و جریان عبوری از سیم پیچ‌ها افزایش یافته و موتور داغ کرده و می سوزد.

در موتورهای دالاندر گروه کلاف‌های موتور در اتصالات مختلف موتور (ستاره سری- مثلث سری – ستاره دوبل – مثلث دوبل) بصورت سری و موازی به هم اتصال می یابند و نوع اتصالات موتور باعث تغییر سرعت و توان موتور خواهد شد و جریان سیم‌پیچی‌ها در اثر تغییر توان متفاوت خواهد بود. از این رو در محاسبات باید قطر سیم بر اساس بیشترین جریان و تعداد دور بر اساس بیشترین ولتاژ کار انتخاب شوند.

۶-۶-۱ محاسبات موتور دالاندر

برای تبدیل الکترو موتورهای یک سرعته ۳ فاز به ۲ سرعته دالاندر باید به پلاک موتور توجه نمود بطوریکه تبدیل یک موتور ۴ قطب یک سرعته به یک موتور ۲ سرعته ۴ قطبی و ۸ قطبی میسر است اما موتور فوق را نمی توان به یک موتور ۲ قطبی تبدیل نمود در واقع وقتی موتور با قطب بیشتر به موتور با قطب کمتر تبدیل می شود فوران در هر قطب بیشتر شده و از آنجایکه هسته استاتور اشباع می‌شود؛ لذا از سیم پیچ های موتور جریان شدیدی عبور نموده و موتور داغ شده و خواهد سوخت.

۶-۶-۲ طراحی دیاگرام سیم پیچی موتور دالاندر

موتور دالاندر ۱ طبقه و ۲ طبقه قابل اجراء می باشد در طراحی این موتور $\boldsymbol{P_a}$ برای دور کند به معنی قطر بیشتر و $\boldsymbol{P_b}$ برای دور تند به معنی قطب کمتر است.

$$\begin{cases} \boldsymbol{P_a = 2P_b} \\ \propto_{eza} = \frac{360\,P_a}{z} \\ \Longrightarrow \propto_{eza} = 2 \propto_{ezb} \\ \propto_{ezb} = \frac{360\,P_b}{z} \end{cases}$$

این امر باعث می شود تا توالی فازها در دور تند و کند بهم بخورد و جابجایی توالی فاز در سرعت های مختلف باعث تغییر جهت گردش میدان دوار خواهد شد از اینرو در موتور دالاندر به هنگام تغییر اتصال از تند به کند و بلعکس جای ۲ فاز را با هم عوض می‌کنیم مانند تغییر در فازهای vb وwb در اتصال کند به تند. این تغییر اتصال توسط کلید یا کنتاکتور صورت می گیرد.

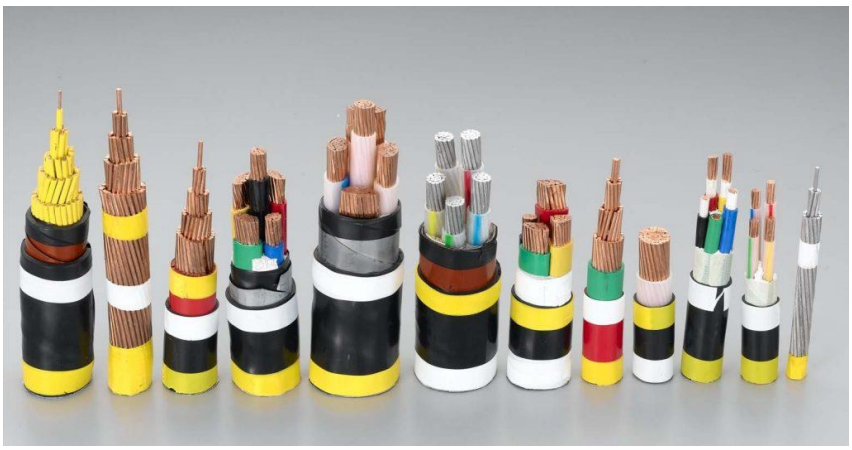
برای محاسبه yp وq از $\boldsymbol{2p_a}$ یا قطب کمتر استفاده می کنیم:

$$\boldsymbol{y_p = \frac{t.z}{2p_a}} \qquad \boldsymbol{q = \frac{t.z}{2p.m}}$$

۷ آشنایی با انواع کابل‌ها و بررسی اجزای مختلف آن

۷-۱ مقدمه

از کابل ها برای توزیع و انتقال انرژی الکتریکی در فشـــار ضـــعیف، متوســـط و قوی اســـتفاده می‌گردد؛ همچنین جهت کنترل و انتقال سـیگنال‌های الکتریکی می‌توان از کابل‌ها اسـتفاده نمود. کابل یک یا چند هادی (تک یا چند رشـته ای) اسـت به طوری که هرهادی به وســـیله عایق واحد عایق کاری گردیده و مجموعه هادی ها در داخل یک و یا چند پوشـــش اضـــافی از موادی با جنس های 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 می باشد.



شکل ۷-۱ نمونه‌ای از کابل‌های فشار متوسط و قوی

۷-۲ 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 می‌با شد اما به طور کلی همه کابل ها از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. در بعضی مواقع تنها هادی و عایق برای یک کابل مناسب کافی نبوده و از کناف (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 ۷-۲ و شکل ۷-۳ چند نمونه کابل را نشان می دهد.

الف

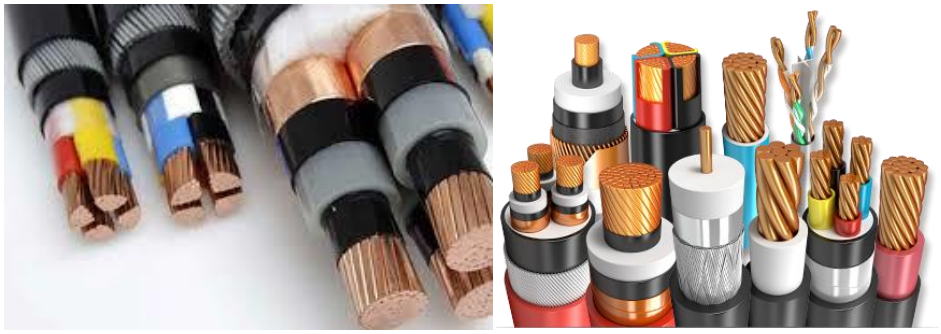
ب

ج

د

شکل ۷-۲ کابل الف) نوع NYCY؛ ب)آلومینیومی زره‌دار؛ ج) افشان تخت؛ د) مسی زره‌دار

الف ب



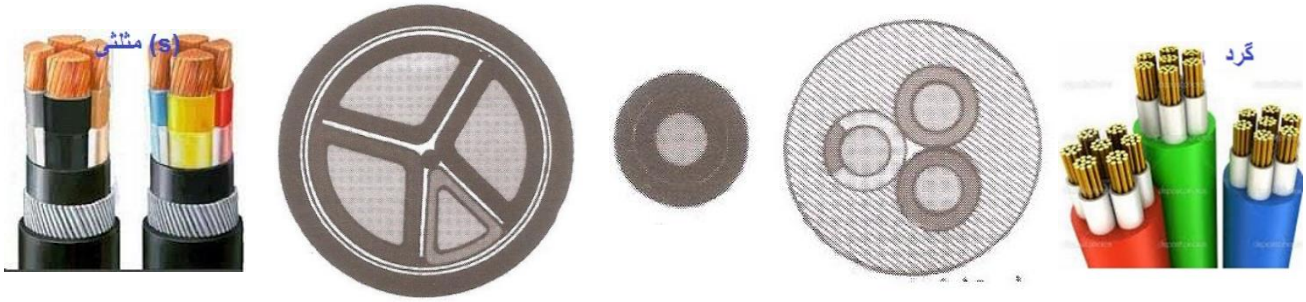
ج

شکل ۷-۳ کابل الف) نوع مخابراتی MDF؛ ب)مخابراتی مهاردار هوایی؛ ج) نمونه کابل‌های فشار قوی ومتوسط

۷-۲-۱ هادی کابل

هادی‌ها جهت عبور جریان الکتریکی با سطح مقطع‌های ا ستاندارد و به شکل های دایره‌ای و مثلثی، تک ر شته و چند ر شته‌ای ساخته می‌شـوند. جنس هادی‌ها معمولا از مس تقریبا خالص که دارای انعطاف قابل قبولی بوده و یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصـوص آن می باشد. هادی ها باید از نظر استحکام مکانیکی و هدایت الکتریکی مناسب باشند. شکل هادی ها در داخل کابل را با علامت اختصاری زیر در روی کابل مشخص می‌کنند.

هادی دایره‌ای تک ر شته با نماد اختصاری re؛ ونوع چند ر شته آن با rm مشخص می شود. به طور مشابه هادی مثلثی تک ر شته با نماد Se؛ و نوع چند رشته آن با Sm مشخص می‌شود. در شکل ۷-۳ ج) نمونه هادی‌های معرفی شده قابل مشاهده است.



شکل ۷-۴ کابل دارای هادی دایره‌ای و مثلثی

۷-۲-۲ عایق کابل‌ها

هادی‌ها برای جلوگیری از اتصـال کوتاه به یکدیگر در کابل‌های چند رشـته‌ای و جلوگیری از اتصـال کوتاه بین هادی‌ها و زمین و محیط اطراف، به موادی به عنوان عایق الکتریکی نیاز دارند. اسـتفاده از عایق دور یک هادی جهت جدایی بین هادی‌ها به کار می رود. عمدتا

عایق‌های کابل‌ها را پلیمر و به‌ندرت کاغذ آغشـــته به روغن تشـــکیل 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 می گیرد.

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 سانتی گراد می‌با شد. کابل های با روکش PVC ، دارای پایداری منا سبی 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 ه ستند؛ می شود. مانند کابل‌های آنتن، کابل‌های کنترل، کابل‌های رو شنایی و کابل‌های ویژه دفن مستقیم در زمین یا دیوار و....

از مزایای این عایق می توان، غیر قابل اشـــتعال بودن و ثبات شـــیمیایی بالا (کهنه نشـــدن) را نام برد. از این کابل‌های با عایقPVC ، در انتقال و توزیع انرژی الکتریکی کارخانجات و شبکه‌های الکتریکی تا یک‌کیلوولت استفاده می گردد.

- **عایق پلی اتیلن (PET)**

پلی اتیلن ویژگی های 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 می با شد . عیب این عایق انعطاف‌پذیری کم و قابل ا شتعال بودن می‌با شد. که مشـــکل قابل اشـــتعال بودن را با اســـتفاده 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 وســـیع حرارتی و مقاومت شـــیمیایی بســـیار عالی می باشـــد ولی پایداری مناســـبی در برابر تشعشع هسته‌ای و ولتاژ بالا ندارد. تفلون قابل تزریق بوده و برای تزریق عایق سیم و کابل به صورت طولی به کار می رود. تفلون را تنها باید روی هادی‌های با پوشش نقره یا نیکل تزریق کرد.

- **کاغذهای آغشته به روغن مخصوص**

کابل های با عایق کاغذی اشـــباع شـــده، برای ولتاژهای بالا ۳/۵ تا ۶۳ کیلووات ســـاخته می‌شـــود این نوع کابل را کابل کمربندی نیز می گویند. این کابل ف شار قوی و منا سب برای ن صب م ستقیم در زیرزمین بوده و در محل‌هایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند پمپ بنزین‌ها و مناطق نفتی نباید استفاده گردد.

۳-۲-۷ غلاف (زره) کابل‌ها

گاهی کابل ها 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 معمولا از جنس فلز (مس ، سرب ، فولاد روی اندود و آلومینیوم)، کاغذ و مواد پلاستیکی به ویژه

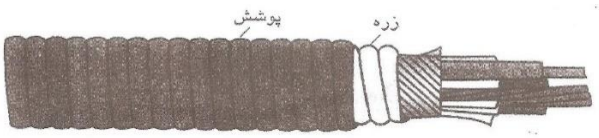
PVC است، به صورت یکنواخت بر روی کابل کشیده می شود تا با جلوگیری از فشار مکانیکی و عوامل جوی، عمر مفید و ایمنی آن را تضمین کند. به چند نمونه از غلاف در زیر اشاره می‌شود.

- **غلاف بافته شده**

غلاف بافته شده یکی از بهترین غلاف های است که از کابل محافظت می کند که ممکن است غلاف بر روی هادی ها 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 می شود طوری که هیچ درزی بین نوارها وجود ندارد. این غلاف به صورت یک لوله با لبه‌های دندانه دار به دور کابل تابیده شده است و در برابر، رطوبت، مواد شیمیایی و فشارهای فیزیکی بسیار مقاوم است.



شکل ۷-۵ زره و پوشش کابل

- **بافت حصیری**

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

- **غلاف سربی**

غلاف سربی به دلیل پایداری مناسب در برابر رطوبت در تاسیسات زیرزمینی، کانال ها و لوله های ویژه عبور کابل به کار می‌رود. همچنین این نوع غلاف در برابر اسیدهای خورنده نیز مقاوم می باشد.

- **زره سیمی**

بیشترین کاربرد زره سیمی برای کابل های دریایی می‌باشد و دلیل آن پایداری مناسب در برابر فشارهای مکانیکی در بنادر، لنگرگاه ها سنگ‌های تیز می باشد. این غلاف از مفتول‌هایی با قطره 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 می کند.

۷-۲-۴ پوشش محافظ (شیلد) کابل

پوشش محافظ (شیلد) کابل های الکتریکی، از به وجود آمدن میدان الکتریکی بین یک هادی با هادی های دیگر جلوگیری می‌کند و برای کابل های با روکش، غیر فلزی در مدارهای با ولتاژهای بالای ۲۰۰۰ ولت (کابل های تک هادی) و ۵۰۰۰ ولت (کابل های چند هادی)، کابل های کنترل و کابل های سیگنال های صوتی و تصویری به کار می رود. 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.

کابل های نصب شده در لوله های غیر فلزی و فلزی، مستهلک می شوند که استفاده از شیلد تا حدودی مانع از آن می شود. همچنین در سطح کابل‌های فاقد شیلد به دلیل امکان وجود لایه ای نمناک یا پوشیده از دوده، گریس ها یا چربی ها، احتمال انتقال ولتاژ وجود دارد.

برای کابل‌های که مستقیما در زیر زمین و یا در مجراها و کانال های غیر فلزی به کار رفته اند؛ استفاده از پوشش محافظ (شیلد) مفید می باشد.

- **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 می کند.

- **اهداف کاربرد شیلد در کابل‌ها**

۱- محافظت از کابل‌ها در مقابل تکان های شدید و کاهش خطر

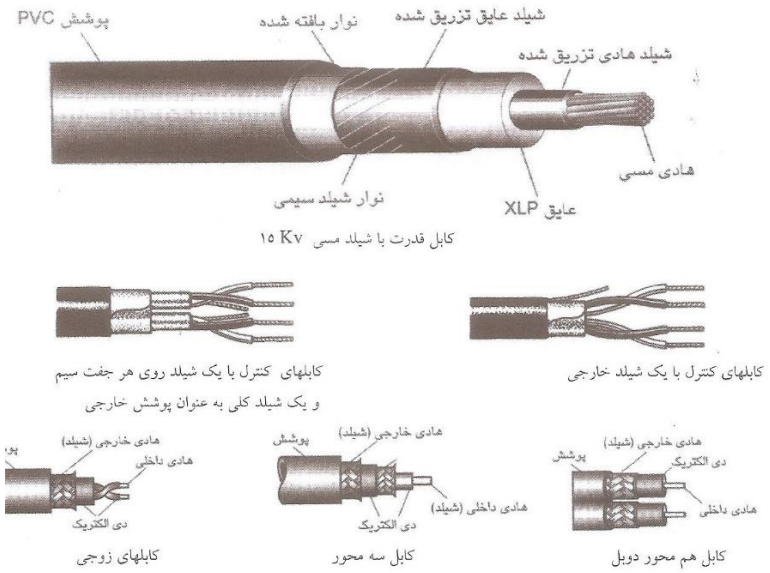
۲- حفظ مقاومت دی الکتریک و جلوگیری از جهش پوستی غلاف کابل به زمین

۳- توزیع یکنواخت فشارهای الکتریکی در سراسر عایق و کاهش فشار در متراژ زیاد

۴- مطابقت محدوده ولتاژ با میدان الکتریکی کابل‌ها و محدود کردن تداخل های رادیویی

۵- محافظت از کابل های که در مکان های مرتفع نصب شده اند یا در مقابل عوامل القایی می باشند.

۷- کم کردن خطر شوک (در صورتی که کابل ها به زمین متصل نشده باشند خطر شوک افزایش پیدا می کند)



شکل ۷-۶ اجزای مختلف کابل

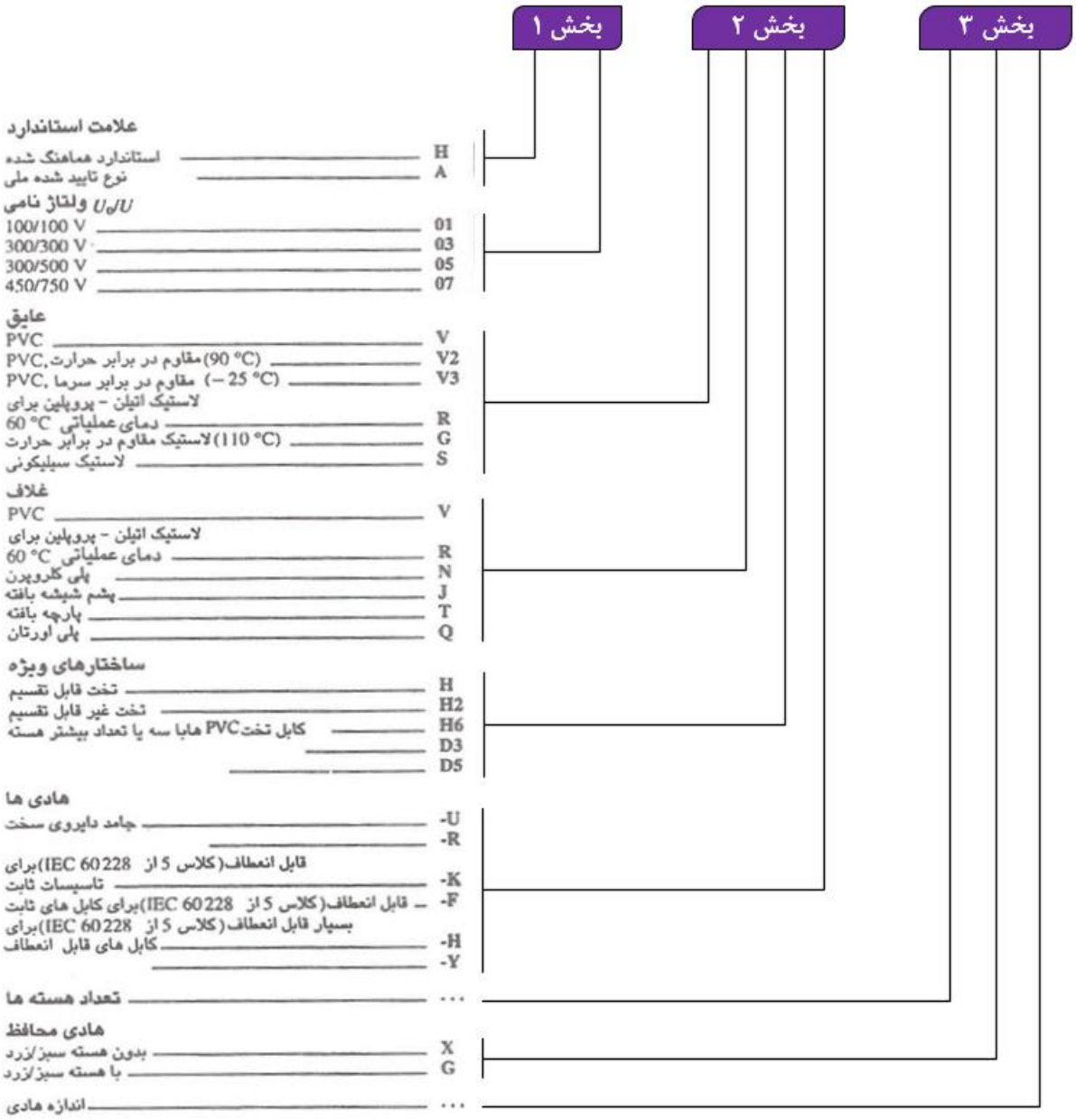
۷-۳ شناسایی کابل ها از روی علامت

کابل ها دارای علامت‌هایی هستند که در تمام کشورهایی که از کمیته اروپایی، استانداردسازی اروپا (CENELEC) تبعیت می کنند مشابه می باشند. این علامات مطابق شکل ۷-۷ به سه بخش تقسیم می گردد.

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 ۷-۷ مفهوم علامت‌گذاری کابل‌ها

۴-۷ 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.

۷-۴-۱ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی یک کابل قدرت، ولتاژی است که بر اساس آن ساخته می شود و تستهای تعیین مشخصات الکتریکی در آن ولتاژ انجام می‌گیرد. ولتاژ نامی برحسب دو مقدار ولتاژ AC (U0, U) بیان می‌گردد که U0، 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.

۷-۴-۲ ولتاژ کار

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

- **ولتاژ کار پیوسته مجاز**

کابل‌های با ولتاژ نامی U0 /U > 0.6/1 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 سیستم های DC بین هادی‌ها، نباید از ولتاژ کار مجاز AC ، بیش از ضریب ۱,۵ برابر تجاوز نماید.

در سیستم های DC با اتصال زمین تک فاز، این مقدار باید در ضریب ۰,۵ ضرب گردد.

۷-۴-۳ محل نصب

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

- نصب نوع A: نصب در دیوارهای عایق حرارتی
- نصب نوعB: 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

۷-۴-۴ شرایط کار

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

جدول ۷-۱ 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 هسته ای بدون غلاف در کانال
	A_2	کابل چند هسته ای در کانال
	A_2	کابل چند هسته ای در دیوار
B_1 و B_2 نصب در کانال یا داکت	B_1	کابل تک هسته ای بدون غلاف درون کانال روی دیوار
	B_1	کابل چند هسته ای بدون غلاف درون کانال روی دیوار
	B_1	کابل تک هسته ای، بدون غلاف یا با غلاف نازک، یا کابل چند هسته ای در کانال داخلی دیوار یا زیر گچ
	B_2	کابل یک هسته ای یا چند هسته ای در کانال روی دیوار یا روی زمین
C نصب مستقیم	C	- کابل چند هسته ای روی دیوار یا زمین - کابل تک هسته ای با غلاف نازک روی دیوار یا زمین - کابل چند هسته ای روی دیوار یا زیر گچ - کابل تخت زیر گچی
E نصب در هوای آزاد	E	- 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 برروی دیگری، فاصله، بزرگتر از دو برابر قطر خارجی کابل

۷-۴-۵ 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 شـــرایط کار نرمال از ظرفیت عبور جریان هادی تجاوز ننماید و دمای هیچ بخشـــی 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 می‌آید. ظرفیت عبور جریان برای کابل های دارای عایق PVC با درجه حرارت کار مجاز ۷۰ درجه سانتیگراد و متناسب با نوع نصب از جدول ۷-۲ و برای کابل های دارای عایق XLPE با درجه حرارت کار مجاز ۹۰ درجه متناسب با نوع نصب با توجه به

جدول ۷-۳ بدست می‌آید. مقادیر مشخص شده جداول زیر برای دمای محیط ۳۰ درجه سانتیگراد صادق است.

جدول ۷-۲ ظرفیت عبور جریان برحسب سطح مقطع کابل دارای عایق PVC؛ با توجه به شرایط کاری

عایق	PVC											
علامت	NHXMH-H07VK-H07VR-NHYRUZY- NYBUY-NYM											
حداکثر دمای کاری	۷۰ درجه سانتی‌گراد											
دمای محیط	۳۰ درجه سانتی‌گراد											
محل نصب	دیوارهای عایق حرارتی				کانال یا داکت				مستقیم		هوای آزاد	
نوع نصب	A1		A2		B1		B2		C		E	
تعداد هادی بارگذاری شده	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳
سطح مقطع نامی هادی مسی	ظرفیت عبور جریان برحسب آمپر											
۱٫۵mm²	۱۵٫۵	۱۳٫۵	۱۵٫۵	۱۳٫۰	۱۷٫۵	۱۵٫۵	۱۶٫۵	۱۵٫۰	۱۹٫۵	۱۷٫۵	۲۲	۱۸٫۵
۲٫۵mm²	۱۹٫۵	۱۸٫۰	۱۸٫۵	۱۷٫۵	۲۴	۲۱	۲۳	۲۰	۲۷	۲۴	۳۰	۲۵
۴mm²	۲۶	۲۴	۲۵	۲۳	۳۲	۲۸	۳۰	۲۷	۳۶	۳۲	۴۰	۳۴
۶mm²	۳۴	۳۱	۳۲	۲۹	۴۱	۳۶	۳۸	۳۴	۴۶	۴۱	۵۱	۴۳
۱۰mm²	۴۶	۴۲	۴۳	۳۹	۵۷	۵۰	۵۲	۴۶	۶۳	۵۷	۷۰	۶۰
۱۶mm²	۶۱	۵۶	۵۷	۵۲	۷۶	۶۸	۶۹	۶۲	۸۵	۷۶	۹۴	۸۰
۲۵mm²	۸۰	۷۳	۷۵	۶۸	۱۰۱	۸۹	۹۰	۸۰	۱۱۲	۹۶	۱۱۹	۱۰۱
۳۵mm²	۹۹	۸۹	۹۲	۸۳	۱۲۵	۱۱۰	۱۱۱	۹۹	۱۳۸	۱۱۹	۱۴۸	۱۲۶
۵۰mm²	۱۱۹	۱۰۸	۱۱۰	۹۹	۱۵۱	۱۳۴	۱۳۳	۱۱۸	۱۶۸	۱۴۴	۱۸۰	۱۵۳
۷۰mm²	۱۵۱	۱۳۶	۱۳۹	۱۲۵	۱۹۲	۱۷۱	۱۶۸	۱۴۹	۲۱۳	۱۸۴	۲۳۲	۱۹۶
۹۵mm²	۱۸۲	۱۶۴	۱۶۷	۱۵۰	۲۳۲	۲۰۷	۲۰۱	۱۷۹	۲۵۸	۲۲۳	۲۸۲	۲۳۸
۱۲۰mm²	۲۱۰	۱۸۸	۱۹۲	۱۷۲	۲۶۹	۲۳۹	۲۳۲	۲۰۶	۲۹۹	۲۵۹	۳۲۸	۲۷۸

جدول ۷-۳ ظرفیت عبور جریان برحسب سطح مقطع کابل دارای عایق XLPE؛ با توجه به شرایط کاری

عایق	XLPE											
علامت	N2XY-N2XSY-N2XH-N2XCH											
حداکثر دمای کاری	۹۰ درجه سانتی‌گراد											
دمای محیط	۳۰ درجه سانتی‌گراد											
محل نصب	دیوارهای عایق حرارتی				کانال یا داکت				مستقیم		هوای آزاد	
نوع نصب	A1		A2		B1		B2		C		E	
تعداد هادی بارگذاری شده	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳
سطح مقطع نامی هادی مسی	ظرفیت عبور جریان برحسب آمپر											
۱,۵mm²	۱۹	۱۷	۱۸,۵	۱۶,۵	۲۳	۲۰	۲۲	۱۹,۵	۲۴	۲۲	۲۶	۲۳
۲,۵mm²	۲۶	۲۳	۲۵	۲۲	۳۱	۲۸	۳۰	۲۶	۳۳	۳۰	۳۶	۳۲
۴mm²	۳۵	۳۱	۳۳	۳۰	۴۲	۳۷	۴۰	۳۵	۴۵	۴۰	۴۹	۴۲
۶mm²	۴۵	۴۰	۴۲	۳۸	۵۴	۴۸	۵۱	۴۴	۵۸	۵۲	۶۳	۵۴
۱۰mm²	۶۱	۵۴	۵۷	۵۱	۷۵	۶۶	۶۹	۶۰	۸۰	۷۱	۸۶	۷۵
۱۶mm²	۸۱	۷۳	۷۶	۶۸	۱۰۰	۸۸	۹۱	۸۰	۱۰۷	۹۶	۱۱۵	۱۰۰
۲۵mm²	۱۰۶	۹۵	۹۹	۸۹	۱۳۳	۱۱۷	۱۱۹	۱۰۵	۱۳۸	۱۱۹	۱۴۹	۱۲۷
۳۵mm²	۱۳۱	۱۱۷	۱۲۱	۱۰۹	۱۶۴	۱۴۴	۱۴۶	۱۲۸	۱۷۱	۱۴۷	۱۸۵	۱۵۸
۵۰mm²	۱۵۸	۱۴۱	۱۴۵	۱۳۰	۱۹۸	۱۷۵	۱۷۵	۱۵۴	۲۰۹	۱۷۹	۲۲۵	۱۹۲
۷۰mm²	۲۰۰	۱۷۹	۱۸۳	۱۶۴	۲۵۳	۲۲۲	۲۲۱	۱۹۴	۲۶۹	۲۲۹	۲۸۹	۲۴۶
۹۵mm²	۲۴۱	۲۱۶	۲۲۰	۱۹۷	۳۰۶	۲۶۹	۲۶۵	۲۳۳	۳۲۸	۲۷۸	۳۵۲	۲۹۸
۱۲۰mm²	۲۷۸	۲۴۹	۲۵۳	۲۲۷	۳۵۴	۳۱۲	۳۰۵	۲۶۸	۳۸۲	۳۲۲	۴۱۰	۳۴۶

در جدول ۷-۲ و

جدول ۷-۳ 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 بسته ای مانند کانال و لوله ها باعث کندی تبادل حرارت با محیط اطراف می گردد. در چنین شرایطی باید کابلی با جریان مجاز بیشتر از جریان مصرفی بار انتخاب نمود. به‌عبارت دیگر برای تبدیل جریان مصرفی بار به جریان مجاز کابل، باید از ضرائب معینی، بنام ضرایب تصحیح جریان که در جدول ۷-۴ تا جدول ۷-۶ داده شده، طبق رابطه مقابل استفاده نمود.

ضرایب 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 ۷-۴ ضرایب تصحیح جریان کابل‌ها در خاک

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

جدول ۷-۵ ضرایب تصحیح جریان کابل‌ها در هوا

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

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

تعداد کابل‌های مجاور	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰
ضریب تصحیح ($^{\circ}C$)	۱	۰,۸۵	۰,۷۵	۰,۶۸	۰,۶۴	۰,۶	۰,۵۶	۰,۵۳

۷-۴-۶ 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 می شود. افت ولتاژ معمولاً بر حسب درصد بیان می شود. برای محاسبه افت ولتاژ در یک کابل مشخص، با مراجعه به جدول ۷-۷، ضریب افت ولتاژ مربوط به آن را پیدا نموده و سپس با استفاده از روابط زیر می توان درصد افت ولتاژ کابل را محاسبه نمود. در رابطه زیر ΔV، افت ولتاژ کابل به ولت؛ V، ولتاژ شبکه به ولت؛ L، طول کابل برحسب 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 درنظر می گیرند.

همانطور که در جدول شماره ۴ ملاحظه می گردد، با افزایش سطح مقطع، ضریب افت ولتاژ و نتیجتاً در صد افت ولتاژ کابل، کاهش می یابد که این امر نیز به نوبه خود منجر به تقلیل توان الکتریکی تلف شده در کابل می شود. اما از طرفی با افزایش سطح مقطع کابل قیمت آن نیز بالا می رود. لذا برای رسیدن به بهترین نوع انتخاب کابل، توجه به نکات زیر ضروری می باشد:

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 ۷-۷ ضریب افت ولتاژ سیم ها و کابلها

	۱,۵	۲,۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۳۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰
تکفاز ۲۲۰V	۰,۱۰۸	۰,۰۶۵	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۱۶۲	۰,۰۰۱	-	-	-	-	-	-
سه فاز ۳۸۰V	۰,۰۳۱	۰,۰۱۹	۰,۰۱۲	۰,۰۰۸	۰,۰۰۴	۰,۰۰۲۹	۰,۰۰۱۸۸	۰,۰۰۱۳۴	۰,۰۰۰۹۴	۰,۰۰۰۶۷	۰,۰۰۰۵۰	۰,۰۰۰۳۹

۷-۵ 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

۶-۷سوالات آزمایش

۱- با مراجعه به پیو ست ه شتم و مطالعه جدول پ- ۷ در رابطه با علامت کابل ها در ا ستاندارد VDE ، ن سبت به تعیین م شخ صات 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 می کنند که با توجه به تعداد هادی‌ها در داخل کابل و ا ستاندارد ساخت کابل متفاوت می با شد. در مورد رنگ‌بندی عایق سیم ها، مطابق با ا ستاندارد VDE تحقیق کنید؟

۳- در مورد استانداردهای موجود در زمینه کابل‌ها تحقیق کنید؟

۸ اصول کابل‌کشی

۸-۱ 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 می گردد. 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.

۸-۲ 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

۸-۲-۱ 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 پی وی سی فشار قوی (در صورت نیاز) استفاده می‌گردد. ماسه‌های ریخته شده علاوه بر حفاظت و نرمی زیر کابل، دما را به‌خوبی 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 به‌طوری‌که فاصله معمول بین کابل‌ها، ۲۰ سانتیمتر و فاصله هر کابل از دیواره کانال ۱۵سانتیمتر 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

حداقل عرض کانال = ((۱- تعداد کابل)*۲۰)+۳۰

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.

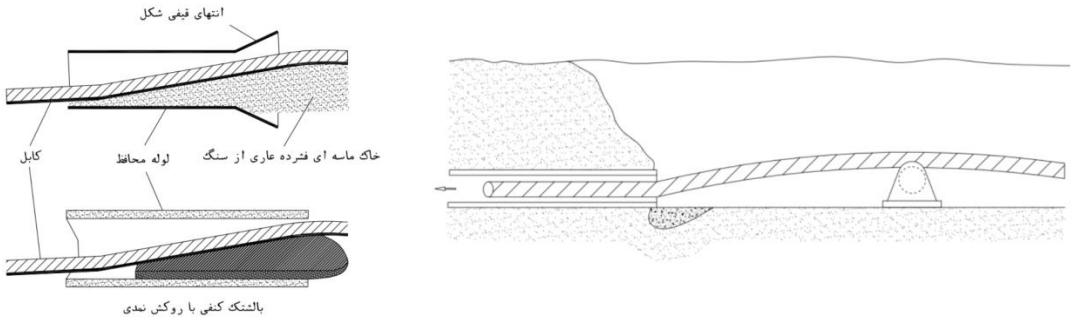
در صورتیکه تعداد کابل‌ها زیاد باشد بهتر است بجای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر آنها را در کنار یکدیگر قرار داد؛ در این حالت فاصله بین دو کابل مجاور ۲۰ سانتیمتر انتخاب می‌شود.

برخی اوقات نیز از کانال هایی به عمق ۱۱تا ۱۰سانتی متر که در اطراف و کف آن سیمان به کار می رود؛ استفاده می‌گردد. کابل های برق را در کف آن قرار می دهند چنانچه تعداد کابلها زیاد باشد کانال را طبقه بندی می کنند

۸-۲-۲ کابل‌کشی با روش عبور کابل از لوله

هنگامی‌که 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 آ سیب وارد نکند. 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 ۸-۱ الف) حفر شود تا از ورود سنگ و مواد اضافی دیگر به آن جلوگیری شود. بعد از اتمام کابل‌کشی از داخل لوله، انتها و ابتدای کابل داخل لوله با استفاده از خاک کوبیده شده یا بالشتک کنفی به‌صورت شکل ۸-۱ 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 کابل‌کشی استفاده کرد

حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال و یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن به آ سانی امکانپذیر با شد. با توجه به این ا صل تو صیه میشود که قطر داخلی کانال یا لوله بیش از ۱,۵ برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.



الف **ب**

شکل ۸-۱ الف) ایجاد گودال در محل ورود کابل به لوله؛ ب) محافظت کابل با تغییر دهانه لوله به‌صورت قیفی شکل

۸-۲-۳ کابل‌کشی 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 ۳۰تا ۳۵ برابر قطر خارجی

- **سینی کابل:**

برای انتقال تعداد زیادی کابل به صورت رو کار و برای نصب آن از پایه های پیش ساخته استفاده می شود یک طرف این پایه ها به دیوار رول پلاک می شوند و سینی کابل بر روی پایه ی دیگر قرار می گیرد و به پایه پیچ می شود مسیر سینی کابل ها باید کاملا بسته باشد و سیم اتصال به زمین داشته باشد. در خم ها می توان از زانو سه راهه یا چهار راهه استفاده کرد و یا می توان مانند داکت ها زاویه سازی 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 اندازه ی قطر کابل بین آن ها 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.

۸-۲-۴ داکت یا باس داکت

در جاهایی که نتوان کانال ایجاد کرد، کابل‌کشی به وسیله داکت یا باس داکت صورت می‌پذیرد و اگر تعداد کابل ها زیاد باشد از باس داکت استفاده می کنیم

۸-۳ ملاحظات کابل کشی

۸-۳-۱ حمل و نقل

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

برای حمل کابل تا محل نصب کابل، استفاده از وسایل چرخدار همانند شکل ۸-۲ توصیه می شود. در صورتیکه قرقره با یاتاقان به بدنه وسیله 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 ۸-۲ نمونه وسایل حمل قرقره

۸-۳-۲ 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 اطاقی با دمای ۲۵درجه سانتیگراد برای حداقل ۲۴ساعت قرار داده شود. لازم است که حتماً از گرم شدن تمام نقاط کابل اطمینان حاصل شود. دمای کابل نباید از ۴۰درجه 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.

۸-۳-۳ 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 ۸-۱ رعایت گردد؛ که d، قطر خارجی کابل و R حداقل شعاع خمش کابل می‌باشد.

جدول ۸-۱ حداقل شعاع خمش کابل

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

۸-۳-۴ 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.

۸-۴ ابزار مورد نیاز برای کابلکشی

لوازم و و سایل کابل‌ک شی باید به نحوی انتخاب شوند که چه در موقع ن صب و یا در زمان بهره‌برداری از ایجاد خرابی در کابل‌ها به علت وجود قطعات تیز و برنده جلوگیری به عمل آید.

۸-۴-۱ قرقره‌های کابل‌کشی زمینی

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

۸-۴-۲ سایر تجهیزات مورد استفاده در عملیات کابل‌کشی

در شکل ۸-۳ نمونه‌ای از تجهیزات مفید در اجرای عملیات کابل‌کشی جهت آشنایی و بهره‌برداری ارائه شده است

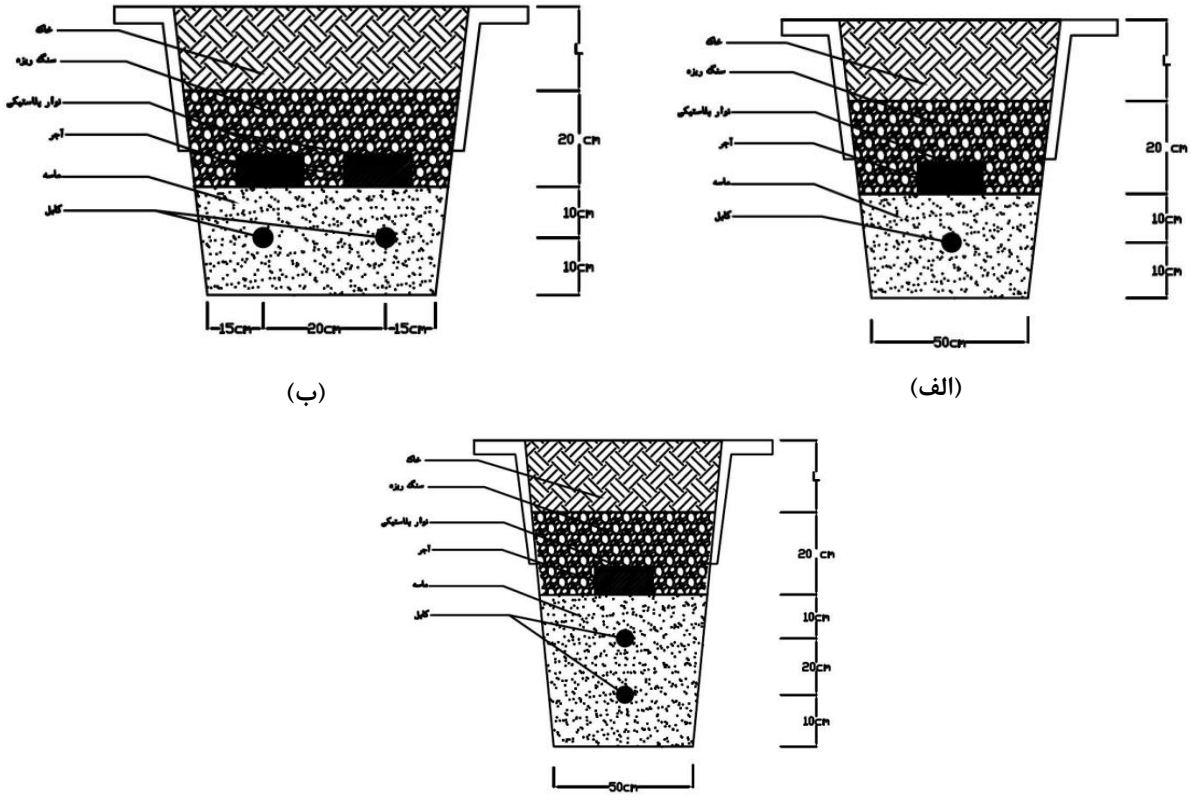
شکل ۸-۳ الف) قطعات مخصوص هدایت کابل به درون لوله؛ ب) جوراب کابل؛ ج) طناب مخصوص کابل‌کشی؛ د) مفصل گردان

۸-۵ 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 ما سه نرم پو شانیده شود. به‌منظور 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 ۸-۴ آمده است.



(ب) (الف)

(ج)

شکل ۸-۴ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل فشار ضعیف الف) تک مداره؛ ب) در یک ردیف افقی؛ ج) در یک ردیف عمودی

جدول ۸-۲ تعیین پارامتر L یا ارتفاع خاک ریخته شده بر روی سنگ ریزه

کابل	کابل فشار ضعیف	کابل تا ۲۰kV	کابل تا۳۳kV
L (cm)	۳۰	۶۰	۷۰

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

۸-۶سوالات آزمایش

۱- در مورد ا ستانداردهایی که میزان ک شش مجاز کابل‌های ف شار ضعیف و ف شار متو سط را تعیین می‌کنند؛ تحقیق و نتیجه در کلاس بحث شود

۹ عیب یابی کابل‌ها

۹-۱ مقدمه

امروزه برای تشـــخیص محل عیب کابل‌ها روش‌های پیشـــرفته 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 می شوند با استفاده از میگر و چند قطعه ســـاده می‌توانند محل عیب را با تقریب تعیین کنند. اما قبل از اینکه محل عیب مشـــخص شـــود باید نوع عیب کابل مشخص گردد.

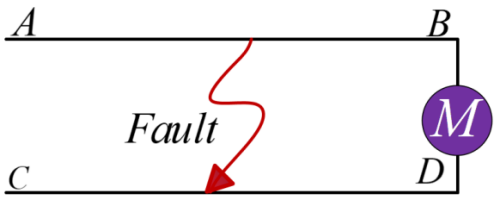
برای تشخیص نقطه معیوب یک کابل و تعیین محل آن بدون خاکبرداری، در ابتدا نیازمندیم که انواع عیب‌هایی که برای یک کابل ممکن است روی بدهد؛ را بشناسیم. این عیب‌ها عبارتند از:

- **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.

۹-۲ تشخیص نوع عیب

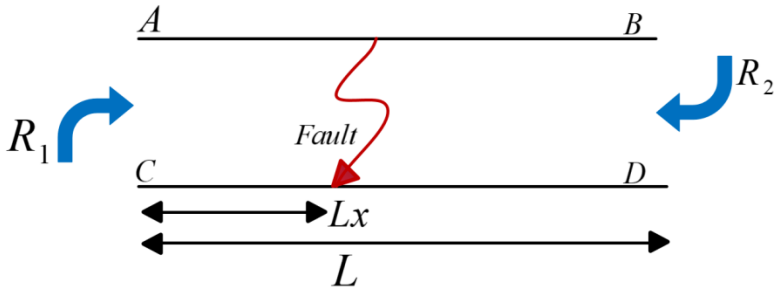
۹-۲-۱ نحوه تشخیص عیب اتصال کوتاه

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 ۹-۱ 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.

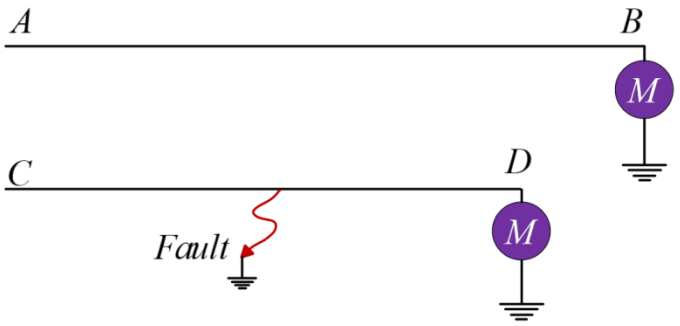


شکل ۹-۲ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

$$R_1 = k \times Lx$$
$$R_2 = k \times (L - Lx)$$
$$Lx = (\frac{R_1}{R_1 + R_2}) \times L$$

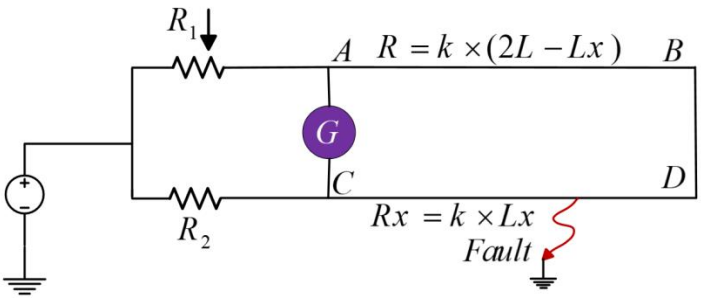
۹-۲-۲ تشخیص عیب اتصال به زمین

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 ۹-۳ 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 میکروآمپرمتر 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 پیداکرد. برای به تعادل رسیدن گالوانومتر باید مقاومت متغیر را آنقدر تغییر داد تا هیچ جریانی از آن عبور نکند.

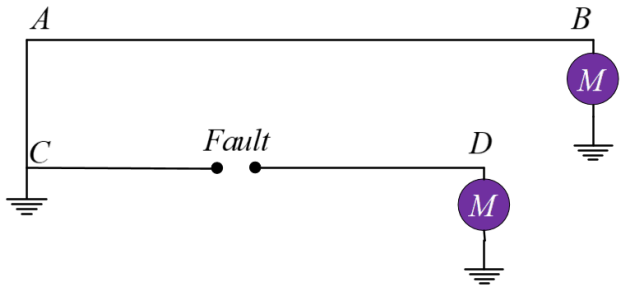


شکل ۹-۴ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

$$R_1 \times Rx = R \times R_2$$
$$R_1 \times k \times Lx = k\,(2L - Lx) \times R_2$$
$$Lx = (\frac{2LR_2}{R_1 + R_2})$$

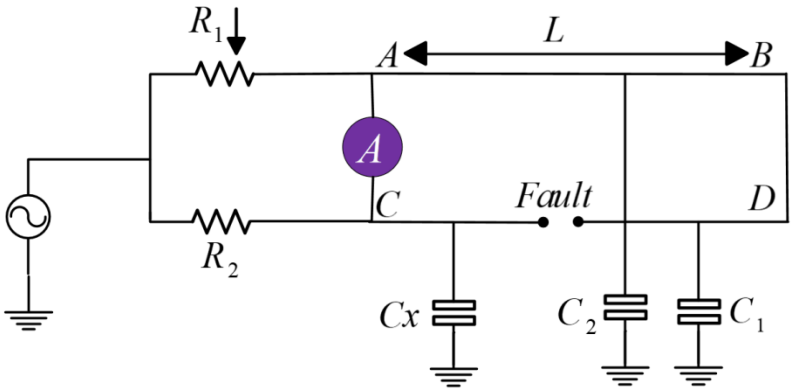
۹-۲-۳ تشخیص عیب پارگی کابل

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 ۹-۵ نحوه تشخیص خطای پارگی کابل

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



شکل ۹-۶ تعیین فاصله خطا از ابتدای کابل

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

$$C_2 = kL$$

$$Cx = kLx$$

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

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

۹-۳ طرز استفاده از میگر

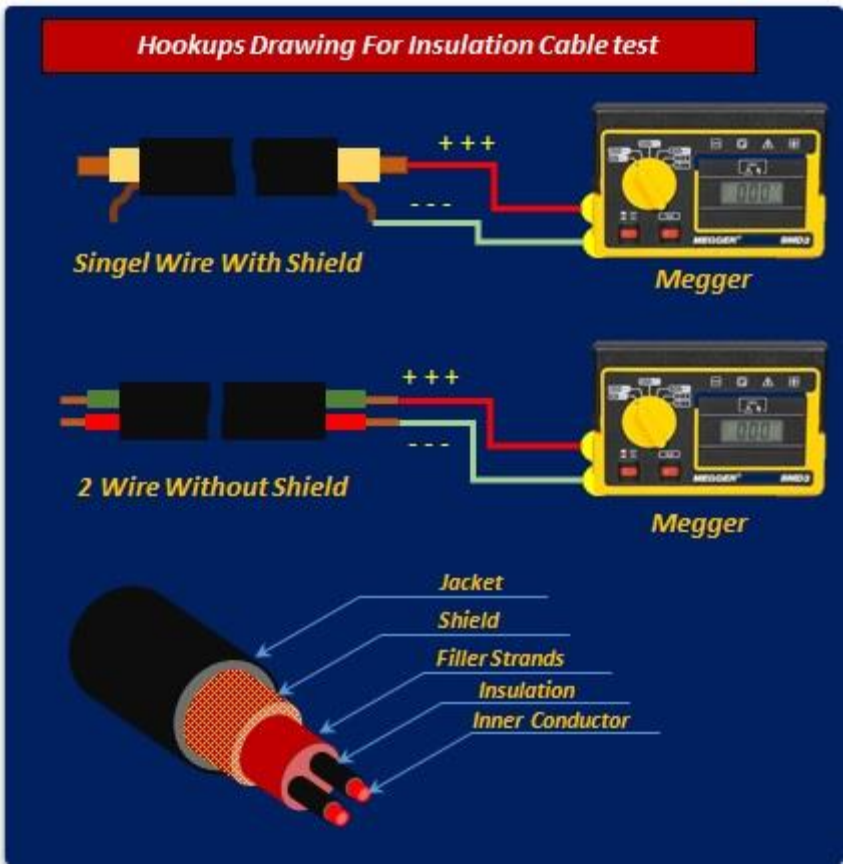
طرز کار با میگر دقیقا همانند اندازه‌گیری مقاومت توسط دستگاه اهم مترمی باشد. وجه تمایز میگر با اهم متر ،توانایی ساخت ولتاژ مستقیم بسیار زیاد توسط میگر است زیرا جهت اندازه گیری مقاومت عایقی با اهم بسیار بالا، نیاز به ولتاژ بالا است.

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

نمونه جدید میگر ۱۵ کیلوولت دیجیتال محصول کمپانیSEW 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 می‌گیرد. از میگر بدین منظور می‌توان استفاده نمود. شکل ۹-۷ شکل زیر آرایش چگونگی اتصال دستگاه تست کیگر را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۷ 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) رانصب نمائید. وایرهای اتصال را کاملاً از هم جدا کنید، کلید انتخاب ولتاژ را در حالت حداقل ولتاژ قرارداده و شاسی تزریق ولتاژ را برای مدت ۱۰ ثانیه تحریک نمائید. دستگاه در این حالت می‌بایست 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 برروی 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 به‌کار می‌باشد.

۲- آماده سازی کابل: دو سر کابل مورد آزمایش را تا آنجایی‌که 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 نمی شود) 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 ۹-۱)، 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 ۹-۱ مقایسه کرده چنانچه منطبق با دامنه قابل قبول باشد کابل مورد آزمایش را تائید خواهیم کرد.

۵- پایان تست کابل: دستگاه تستر را از کابل جدا کرده و با احتیاط هادی کابل را به یکدیگر متصل نموده تا ولتاز 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 ۹-۱ 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

۹-۴ 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.

۹-۴-۱ 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 ۹-۲-۱ 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 ۹-۲ نتایج حاصل از خطای اتصال کوتاه خط

مقاومت اندازه‌گیری شده میگر	R_1	R_2	Lx	L

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 ۹-۲-۲ استفاده نمایید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۹-۳ نتایج حاصل از خطای اتصال به زمین

مقاومت اندازه‌گیری شده میگر	R_1	R_2	Lx	L

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 ۹-۲-۳ را مطالعه کنید. نتایج حاصل از آزمایش را در جدول زیر یادداشت کنید.

جدول ۹-۴ نتایج حاصل از خطای پارگی کابل

مقاومت اندازه‌گیری شده میگر	R_1	R_2	Lx	L

۹-۴-۲ تعیین مقاومت عایقی کابل فشار ضعیف و فشار متوسط

د راین بخش از آزمایش، با توجه به مطالب ارائه شده در بخش ۹-۳ 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 ۹-۱ 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 ۹-۵ 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					

۱۰ سرکابل‌بندی

۱-۱۰ مقدمه

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

۲-۱۰ 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 ۱۰۰۰میلیمتر مربع تولید می‌شوند (شکل ۱۰-۱)

شکل ۱۰-۱ انواع کابل‌شو

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:۱ـ پرسی؛ ۲ـ پیچی و ۳ـ لحیمی

۱-۲-۱۰ مقایسه انواع کابل‌شو

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

کابلشوهای پرسی در دو نوع بی متال و تک فلز ساخته می‌شود.

۱- کابلشو بی متال: هنگامیکه جنس هادی و محل اتصال متفاوت باشد به‌منظور 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 ۱۰-۲ نمونه‌ای از این نوع کابلشو قابل مشاهده است.

شکل ۱۰-۲ انواع کابل‌شو بی متال

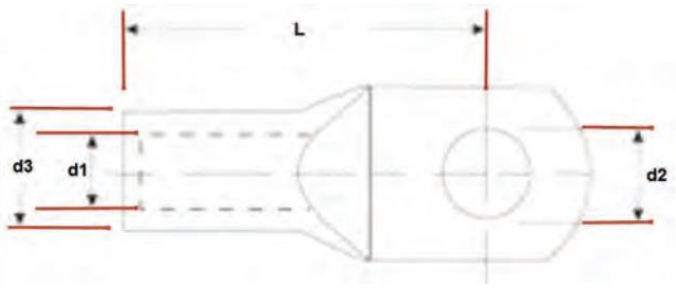
۲- کابلشو تک فلز (مسی): کابلشو تک فلز از یک فلز ساخته می شود. کابلشو مسی متداولترین نوع کابلشو تک فلز است و در چند مدل استاندارد، دو سوراخه و زاویه‌دار ساخته می‌شود. در شکل ۱۰-۳ انواع کابل‌شو مسی قابل مشاهده است.

الف

ب

شکل ۱۰-۳ انواع کابل‌شو مسی الف) دو سوراخه؛ ب) چهار سوراخه و پیچی

در جدول زیر ابعاد کابلشوهای متناسب با سطح مقطع هادی های 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 ۱۰-۴ ابعاد مهم کابل‌شو را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۴ ابعاد مهم در کابل‌شو

جدول ۱۰-۱ طول، قطر و ابعاد کابل‌شو

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

۱۰-۳ مواد و ابزار مورد نیاز در سرکابل‌بندی

۱۰-۳-۱ کابل لخت‌کن

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 به‌وسیله آن می‌توان ارتفاع تیغه روکش‌بردار کابل (لبه برنده) را با توجه به ضخامت عایق کابل تنظیم نمود. بازوی فنری که برای نگهداری کابل روی تیغه می‌باشد، برای حرکت دورانی به دور کابل نیز تکیه‌گاه مناسبی است.

شکل ۱۰-۵ کابل لخت کن دستی

۱۰-۳-۲ 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 می شود. در شکل ۱۰-۶ نمونه‌ای از دستگاه پرس کابلشو هیدرولیکی و دستی قابل مشاهده است.

شکل ۱۰-۶ دستگاه کابلشو هیدرولیکی و دستی

۱۰-۳-۳ عایق حرارتی

عایق حرارتی نوعی عایق است که تحت تأثیر حرارت منقبض‌شده و یک لایه خارجی روی اجسام هادی ایجاد می‌کند. عایق در سایزهای مختلفی برای مصارف مختلف مانند عایق‌کاری 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 ۱۰-۷ عایق حرارتی قرمز رنگ نصب شده بر روی کابل‌شو

۱۰-۴ انواع سرکابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

سرکابل یکی از تجهیزات کابل‌ها بوده که وظیفه آن برقراری ارتباط بین هادی کابل و دیگر تجهیزات می‌با شد. سرکابل پس از برقراری ارتباط هادی کابل به قسمت های برقدار شبکه وظیفه ایزولاسیون هادی را در محل اتصال به عهده دارد. دسته بندی سر کابل‌ها 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.

سرکابل‌ها از لحاظ محدوده ولتاژ عملکردی به دو نوع تقسیم می‌شود: 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

۱۰-۴-۱ سرکابل‌ها حرارتی: HEAT SHRINKABLE TERMINATIONS

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 سر کابل‌ها از روکش Heat shrink که اساسا 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 سر کابل 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 ۱۰-۸ سرکابل حرارتی

۱۰-۴-۲ سرکابل‌های سرد: Cold Shrink Terminations

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 می شوند 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 سر کابل 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 ۱۰-۹ سرکابل سرد

۱۰-۴-۳ 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 انبساط و انقباض کابل، چسبندگی سیلیکون تغییر نمی‌کند و در همه جهات یکنواخت است.

خاصیت نرمی سیلیکون باعث می شود که این ماده بهتر از هر ماده سخت دیگری به سطوح ناصاف 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 ۱۰-۱۰ سرکابل فشاری ولتاژ بالا

این نوع سرکابل انواع مختلفی دارد که هر یک از انها 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 ۱۰-۱۱ انواع سرکابل‌های فشاری

۱۰-۴-۴ سرکابل PLUG-IN: PLUG-IN TERMINATIONS

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

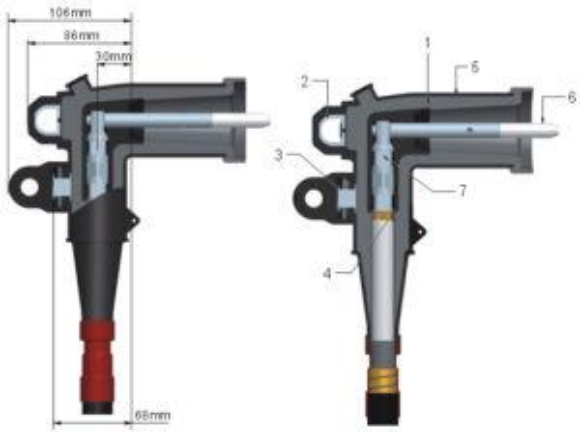
- طول کوتاه‌تر در مقایسه با سرکابل‌های طراحی شده مطابق استاندارد IEC ۶۰۸۵۹
- قابلیت نصب به صورت افقی، عمودی و وارونه
- قابل استفاده به‌صورت خشک و بدون نیاز به روغن عایق کننده
- نصب و جداسازی سریع و آسان
- آماده بودن قطعات و سهولت کاربری
- قابلیت قطع سریع اتصال از سیستم در موقع بروز مشکل

شکل ۱۰-۱۲ سرکابل Plug in

۱۰-۴-۵ سرکابل زانویی: LOADBREAK ELBOWS

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 بوشینگ‌های 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 ۱۰-۱۳ سرکابل زانویی

۱۰-۵ 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.

۱۰-۵-۱ کار عملی در ارتباط با اتصال کابل‌شو به کابل

برای اتصال کابلشو، ابتدا روکش کابل به اندازه استوانه کابلشو برداشته می‌شود، به‌صورتیکه بعد از قرار گرفتن قسمت روکش‌برداری 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 عایق‌کاری کنید

۱۰-۵-۲ سرکابل‌بندی فشار ضعیف و فشار متوسط

بر مبنای مطالب ارائه شده در بخش ۱۰-۴ 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.

۱۱ مفصل‌بندی کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط

۱-۱۱ مقدمه

جهت اتصال کابل ها در مسیر های 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.

مفصل ها و سرکابل ها 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.

۲-۱۱ 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

۱-۲-۱۱ 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 ۱۱-۱ مفصل حرارتی الف) برای کابل تک کور؛ ب) برای کابل ۳ کور

۲-۲-۱۱ 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 ا ست. بدنه این مف صل‌ها 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 محدوده‌ی 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

۱۱-۲-۳ مفصل‌های رزینی تزریقی: Cast-resin Transition Injection joint

این مف صل‌ها جهت ات صال انواع کابل‌های ولتاژ پایین و نیز به عنوان پو شش محافظ برای مف صل‌های ولتاژ متو سط ا ستفاده می شوند. مهمترین مزایای این نوع مفصل عبارتند از:

- استفاده از زرین تحت فشار ترزیقی
- 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

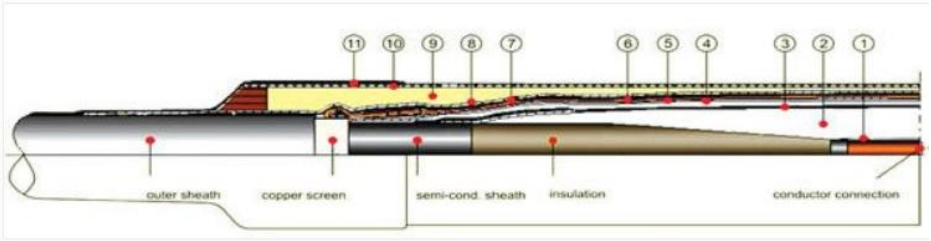
شکل ۱۱-۲ مفصل رزینی

۱۱-۲-۴ 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
- نوارPVC
- روکش آب بندی چسبدار
- رزین(در صورت نیاز
- کیس رزین(در صورت نیاز)
- روکش آب بندی جسبدار(در صورت نیاز)



شکل ۱۱-۳ مفصل نواری

۱۱-۲-۵ مفصل‌های نواری kV ۶۳:

این نوع مفصـــل نواری با اســـتفاده از نوار Self-amalgamating به عنوان عایق و روکش نهایی حرارتی، به عنوان محافظ مکانیکی یکی از متداول‌ترین مفصـل‌های فشـار قوی می‌باشـد. این نوع مفصـل‌ها 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 ویژگی های این نوع مفصل عبارتند از:

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

شکل ۱۱-۴ مفصل نواری ۶۳kV

۱۱-۲-۶ 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 کابل هایی 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.

۱۱-۳ 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؟

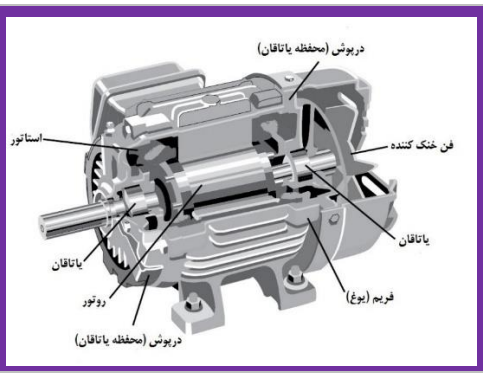
با توجه به نحوه مفصل بندی لیست ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای این‌کار را بنویسید؟

۱۱-۴ سوالات آزمایش

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

آموزنده کارگاه سیم‌پیچی

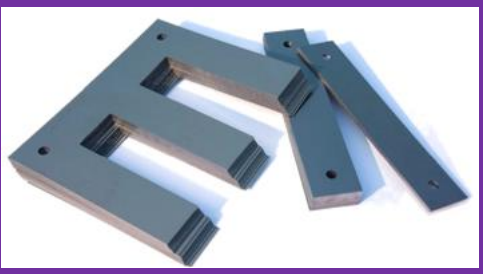
موتور القایی



در این شکل ساختمان داخلی یک موتور القایی قابل مشاهده است. موتورهای القایی از نظر ساختار روتور به دو نوع روتور قفس سنجابی و روتور سیم پیچی‌شده تقسیم‌بندی می‌شوند و در دو تکفاز و سه فاز ساخته شده است. توضیحات تکمیلی در این زمینه در پایان همین پیوست ارائه گردیده است.

WW-100	Induction Motor

هسته ورق آهن



از هسته جهت هدایت شار مغناطیسی استفاده می شود. هسته‌های آهنی EI در شکل رو به رو قابل ملاحظه است

WW-100	Touch Screen

هویه

و سیله‌ای است که برای ذوب لحیم و اتصال قطعات به یکدگیر به کار می‌رود. هویه‌ها را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد، هویه‌های چکشی (غیرالکتریکی) و هویه‌های الکتریکی

با توجه به نقطه اتصال و اندازه آن باید هویه مناسب که بتواند دمای لازم را ایجاد کند انتخاب نمود.

WW-100	

سیم لحیم‌کاری

لحیم آلیاژی است از دو یا چند فلز مختلف که در اتصال ثابت فلزات، به‌ویژه سیم‌ها و کابل‌ها به یکدیگر به کار می‌رود. ترکیب‌های اصلی لحیم قلع و سرب هستند، نسبت بین این دو عنصر می‌تواند نقطه ذوب لحیم را مشخص کند. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که اگر نسبت قلع و سرب در حدود ۶۳٪ قلع و ۳۷٪ سرب باشد، نقطه ذوب در کمترین حد خود و حدود ۱۹۰ درجه سلسیوس خواهد بود.

WW-100	

کلاف پیچ

از این وسیله برای پیچیدن کلاف های انواع ترانس و موتور استفاده می‌شود.

WW-100

میکرومتر

ابزاری برای اندازه‌گیری طول با دقت زیاد اســت. طرز کار این تجهیز در پایان پیوست جاری شرح داده شده است

Micrometer	WW-100

اتوترانسفورماتور

گونه‌ای ترانسفورماتور الکتریکی است که تنها یک سیم‌پیچ دارد. سیم‌پیچ اتوترانسفورماتور حداقل ســه نقطه برای اتصــال الکتریکی دارد که به آن‌ها تپ می‌گویند. ولتاژ ورودی و بار الکتریکی به دو تپ مت صل می شوند و یک تپ که در انتهای سیم‌پیچ قرار دارد م شترک است. هر تپ می‌تواند با منابع ولتاژی و بار الکتریکی متفاوتی ارتباط داشته باشد. سیم‌پیچ موجود در اتوترانســفورماتور در واقع می‌تواند عمل ســیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه موجود در ترانسفورمر را انجام دهد.

Autotransformer	WW-100

بوبین پیچ

از این وسیله برای پیچیدن بوبین انواع ترانس و موتور استفاده می‌شود .

WW-100

	مولتی متر	
	مولتی‌متر دستگاهی است برای مشاهده چندین کمیت الکتریکی از قبیل ولتاژ یا اختلاف پتانسیل و امپراژ یا جریان و مقاومت الکتریکی . مولتی‌مترها در دو نوع آنالوگ و دیجیتال وجود دارند نوع دیجیتال آن برای مصارف گوناگونی طراحی می‌شوند . که به وسیله یک سلکتر مدور بین کمیت‌های الکتریکی می‌تواند بر حسب نیاز گردش نماید .	
	WW-100	Multimeter

	سیم لاکی	
	از سیم لاکی برای سیم‌پیچی ترانس و موتور استفاده می‌شود که با توجه به پارامترهای درخواستی قطر سیم فرق می‌کند .	
	WW-100	

روش کار با میکرومتر:

مقیاس اندازه‌گیری در میکرومتر می‌تواند اینچ یا میلی‌متر باشد. اندازه طول خط‌کش میکرومتر ۲۵ میلی‌متر است. این به آن معنی است که نوعی میکرومتر از مقدار صفر تا ۲۵ میلی‌متر را اندازه می‌گیرد و نوع دیگر از ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر را اندازه می‌گیرد.

میکرومترهای اینچی معمولا با قابلیت تفکیک ۰,۰۰۰۵inch ؛ ۰,۰۰۰۱inch و ۰,۰۰۱ inch ساخته می‌شوند.

میکرومتر از بخش‌های مختلفی تشکیل شده‌است، که عبارتند از: فک ثابت، فک متحرک، استوانه مدرج و یا همان خط‌کش میکرومتر، پوسته مدرج یا ورنیه میکرومتر، و کمانی که برای گرفتن میکرومتر از آن استفاده می‌شود. در قسمت انتهایی میکرومتر یک جغجغه است و اهرمی که در هنگام اندازه‌گیری قفل می‌شود.

- **خواندن میکرومتر:**

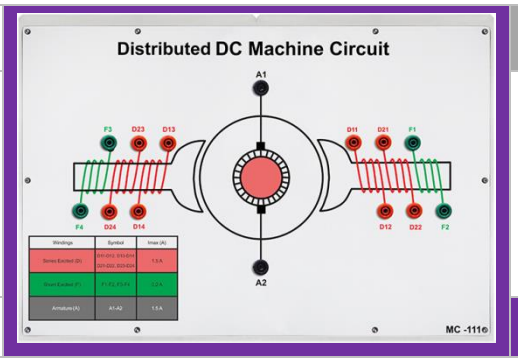
اگر به خط‌کش میکرومتر توجه شود، دیده می‌شود که دارای یک خط افقی است. یک‌سری تقسیم‌بندی بالای خط افق است و یک‌سری زیر خط افق است. تقسیم‌بندی‌ای که بالای خط افق است فاصله بین آنها یک میلی‌متر است، و تقسیم‌بندی‌ای که زیر خط افق است فاصله بین آنها نیم میلی‌متر می‌باشد. استوانه‌ای مدرج وجود دارد که روی خط‌کش اصلی ما حرکت می‌کند، معمولاً میکرومترها با دقت ۰,۰۱ میلی‌متری ساخته می‌شوند. اگر دقت کنیم، می‌بینیم که روی ورنیه از صفر تا ۵۰ قسمت مساوی تقسیم‌بندی شده‌است.

برای خواندن میکرومتر به‌این صورت عمل می‌کنیم که به آخرین خط، خط‌کش که از زیر ورنیه مشخص است، دقت می‌کنیم. این اندازه اندازه اصلی ما است. برای به‌دست آوردن مقدار خُرده آن، توجه می‌کنیم که کدام خط ورنیه روبه‌روی خط، خط‌کش به‌صورت کامل قرار گرفته‌است. هنگام استفاده از میکرومتر باید به نکات زیر توجه کرد

۱-در زمان خواندن میکرومتر باید درست مقابل چشمان قرار دهیم.

۲-در زمانی که ما قطعه‌ای را در بین دو فک متحرک و ثابت قرار می‌دهیم، و اندازه می‌گیریم به‌وسیله دست استوانه مدرج را می‌چرخانیم تا با قطعه کار، تماس پیدا کند، و وقتی تماس پیدا کرد، بقیه کار را با جغجغه انجام می‌دهیم.

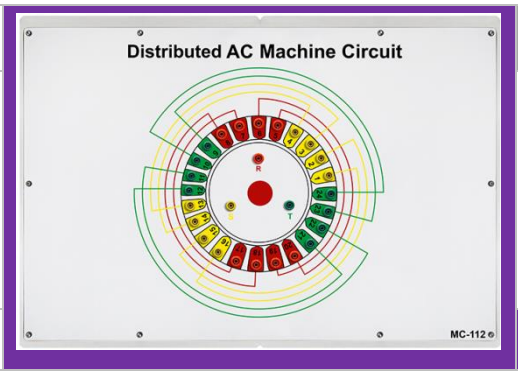
آموزنده‌های ماشین الکتریکی DC و AC مدل گسترده



مدل گسترده ماشین الکتریکی DC

دارای ۶ سیم پیچ مستقل از هم جهت طراحی اتصالات سیم پیچ‌های تحریک می‌با شد که ۲ سیم پیچ شنت و ۴ سیم پیچ سری ا ست. قابلیت اتصال موازی و سری بین ۴ سیم پیچ سری وجود دارد

MC-111	Distributed DC Machine Circuit



مدل گسترده ماشین الکتریکی AC

۱۲ سیم پیچ مستقل از هم جهت طراحی سیم بندی استاتور دارد و امکان تغییر سیم‌بندی روتور جهت تبدیل ما شین الکتریکی به انواع القایی روتور سیم پیچی شده، القایی قفس سنجابی و سنکرون فراهم شده ا ست. همچنین امکان اتصال ستاره و مثلث برای سیم بندی استاتور وجود دارد

MC-112	Distributed AC Machine Circuit

موتور القایی سه فاز و تکفاز

موتور القایی نوعی از موتور جریان متناوب موتور AC آسنکرون (غیرهمزمان) است که توان مورد نیاز در قسمت متحرک آن از طریق القای الکترومغناطیسی تأمین می‌شود. موتورهای القایی AC پرکاربردترین موتورهایی هستند که در سامانه‌های کنترل حرکت صنعتی و همچنین خانگی به کار گرفته می‌شوند. طراحی ساده و پایدار، بهای ارزان، هزینه نگه داری پایین و اتصال آسان و کامل به یک سرچشمه نیروی AC برتری‌های بنیادی موتورهای القایی AC هستند. انواع گوناگونی از موتورهای القایی AC در بازار هست. موتورهای گوناگون برای کارهای گوناگونی شایسته‌اند. با اینکه طراحی موتورهای واداشتیی AC آسانتر از موتورهای DC است، ولی کنترل سرعت و گشتاور در انواع مختلف موتورهای القایی AC نیازمند دریافتی ژرفتر در طراحی و ساخت این نوع موتورهاست.

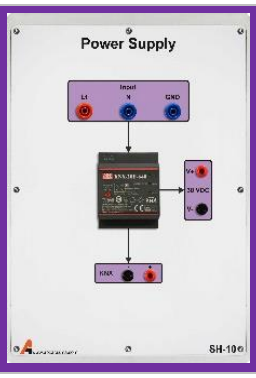
یک موتور الکتریکی در روتور خود انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. برای تأمین توان مورد نیاز روتور راه‌های مختلفی وجود دارد. در یک موتور DC توان آرمیچر مستقیماً به وسیله یک منبع جریان مستقیم تأمین می شود در حالی که در یک موتور القایی این توان از طریق ا ستاتور در روتور القا می شود. موتورهای القایی را به علت شباهت بسیار زیاد آنها به ترانسفورماتور ترانسفورماتور دوار نیز می‌نامند چرا که استاتور این موتورها از نظر عملکرد شباهت زیادی به سیم‌پیچ اولیه و روتور آنها به سیم‌پیچ ثانویه ترانس دارد. از موتورهای القایی به ویژه موتورهای القایی سه فاز به طور گسترده‌ای در صنعت استفاده می‌شود.

قدرت بالا، ساختار ساده و عدم وجود جاروبک‌ها (که به تعمیر و نگه‌داری زیادی نیاز دارند) و قابلیت بالای موتورهای القایی برای کنترل سرعت از جمله دلایل استفاده از آنهاست.

پیوست شماره اول

آموزنده ساختمان هوشمند

منبع تغذیه



این تجهیز یک منبع تغذیه با ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت تکفاز و همراه با سیم ارت است و دارای یک خروجی DC با دامنه ۳۰ ولت جهت تغذیه ماژول ها می باشد. این ماژول همچنین دارای یک پورت ارتباطی پروتکل KNX بوده که به سایر ماژول‌ها متصل می‌شود.

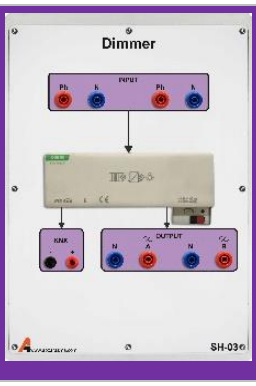
Power Supply	SH-10

کلید لمسی هوشمند دارای ۶ پل

این ماژول برای روشن و خاموش کردن ۶ عدد لامپ مستقل به روش لمسی مورد استفاده قرار می گیرد. دارای ۶ کلید لمسی مستقل از هم بوده و مجهز به پروتکل ارتباطی KNX است.

Touch Switch	SH-02

دیمر



این ماژول به منظور تنظیم میزان روشنایی لامپ از طریق تغییر ولتاژ ورودی مورد استفاده قرار می گیرد. دارای دو کانال کنترل ولتاژ ا ست و ولتاژ خروجی بین ۰ تا ۲۲۰ ولت متغیر است.

Dimmer	SH-03

سنسور تشخیص حرکت و شدت نور

این ماژول به منظور آشکارسازی حرکت و همین‌طور اندازه گیری میزان روشنایی بکار می رود. دارای دارای حسگرهای حرکت و شدت نور بوده و مجهز به پروتکل ارتباطی KNX است.

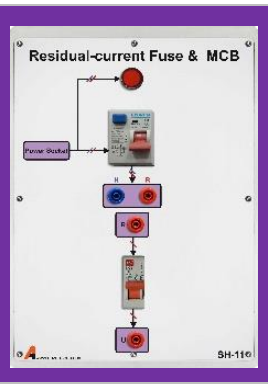
Lux & Motion Sensor	SH-01

صفحه نمایشگر لمسی

این ماژول به منظور ارتباط با رله هو شمند از طریق صفحه نمای شگر ۵ اینچی لم سی و همین‌طور نمایش وضـــعیت تجهیزات، مورد اســـتفاده قرار می گیرد و از طریق نرم افزار قابل برنامه ریزی می‌باشـــد. تغذیه ورودی این تجهیز از طریق ماژول Power Supply تامین می‌گردد.

SH-30	Touch Screen

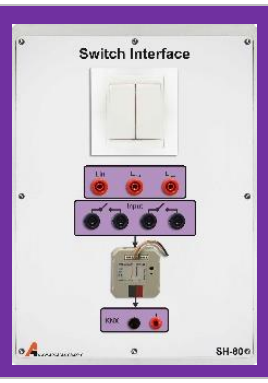
کلید محافظ جان و مدار شکن مینیاتوری



این ماژول از دو نوع کلید محافظ جان و مدار شکن مینیاتوری ت شکیل شده ا ست.کلید محافظ جان با جریان ن شتی آ ستانه ۳۰mA، با مقایسه جریان سیم‌های رفت و برگشت، در صورت بروز ن شتی عمل می نماید. مدار شکن مینیاتوری با جریان قطع ۵ آمپر، برای قطع اتوماتیک جریان های زیاد می باشد

IE-10	3-Phase AC Source

رابط کلید سنتی با تجهیزات هوشمند



این ماژول به جهت کنترل تجهیزات تحت پروتکل KNX توســـط کلیدهای کنتاکتی سنتی مورد ا ستفاده قرار می گیرد. دارای یک کلید دوپل سنتی ویک مبدل کلید مجهز به کانال ارتباطی KNX است

SH-80	Switch Interface

بار لامپی

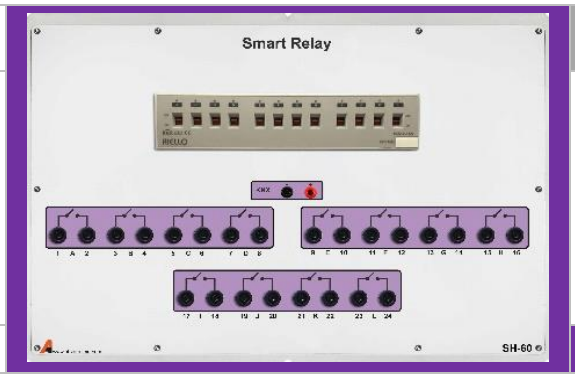
در این تجهیز از ۹ عدد بار لامپی ۵۰ وات ا ستفاده شده ا ست. حداکثر ولتاژ مجاز هر بار ۲۲۰ ولت می¬تواند باشـد و امکان سـری و یا موازی کردن و همچنین اتصـال سـتاره یا مثلث وجود دارد. با توجه به تلفات حرارتی بالای این لامپ¬ها یک عدد فن در داخل ماژول تعبیه شده است که توصیه اکید می¬گردد پیش از استفاده از این ماژول از روشن بودن فن اطمینان حاصل نمایید.

SH-40	Resistive Load

رابط USB به KNX

از این تجهیز به منظور بارگذاری برنامه نوشته شده در نرم‌افزار ETS بر روی تجهیزات ساختمان هوشمند استفاده می‌شود. از طریق پورت USB و کامپیوتر برنامه بر روی تجهیزات بارگذاری خواهد شد.

USB to KNX Interface	SH-81



رله هوشمند

این ماژول به منظور کنترل ادوات و تجهیزات بکار می رود و دارای ۱۲ کنتاکت مستقل از هم می‌باشد. دارای پروتکل ارتباطی KNX جهت ارسال و دریافت فرمان در این بستر ارتباطی می‌باشد و براساس فرمان دریافتی اقدام به تغییر وضعیت کنتاکت‌های خود خواهد نمود.

Smart Relay	SH-60

پیوست شماره دوم

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 قابلت 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 برقبه 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 عمدتا 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 می یابد 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 به‌خصوص 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 ۴۲۰۰ Ω می‌باشد.

در جریان ۵۰mA تا ۸۰mA نفس بند می‌آید و بطن‌های قلب دچار لرزش می‌شوند. در جریان ۹۰mA تا ۱۰۰mA اگر قطع تنفس بیشتر 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 A ۴ 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

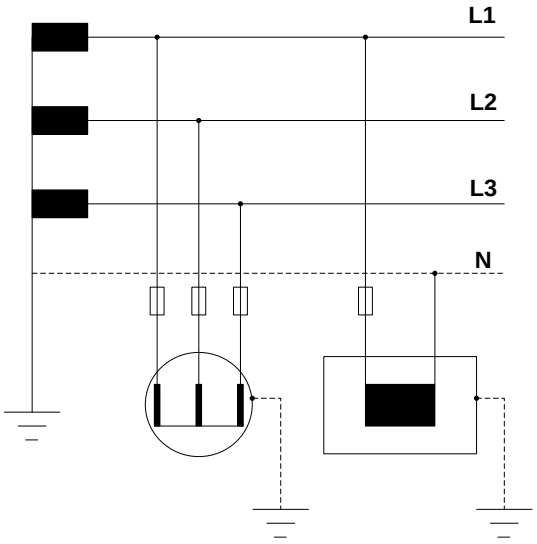
۴- حفاظت توسط ترانسفورماتور جدا کننده (تراس ایزوله)

۵- حفاظت بوسیله عایق‌کردن

۶- حفاظت توسط ولتاژ کم

حفاظت توسط سیم زمین:

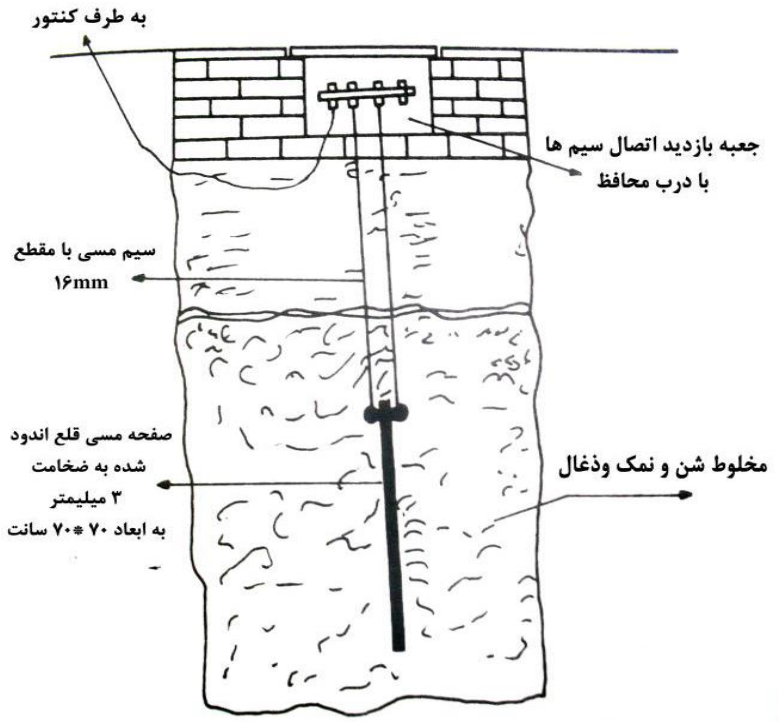
در این روش قسمت‌های فلزی بدنه دستگاه‌های برقی توسط یک سیم موسوم به سیم ارت به زمین وصل می شود. در این صورت اگر دستگاهی اتصال بدنه پیدا کند، جریان برق به جای عبور از بدن شخص از طریق سیم ارت به زمین منتقل می شود، زیرا مقاومت بدن شخص با مقاومت سیم زمین موازی شده و مقاومت سیم زمین (سیم ارت) بسیار کم تر از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

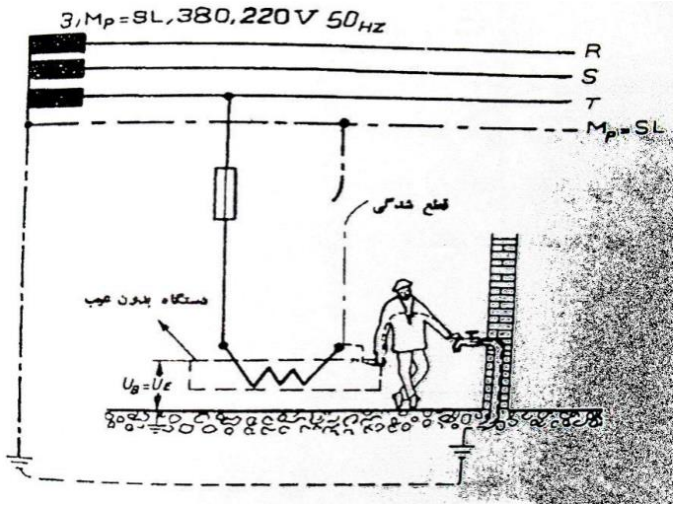


شکل پ- ۲ اتصال زمین(چاه ارت)

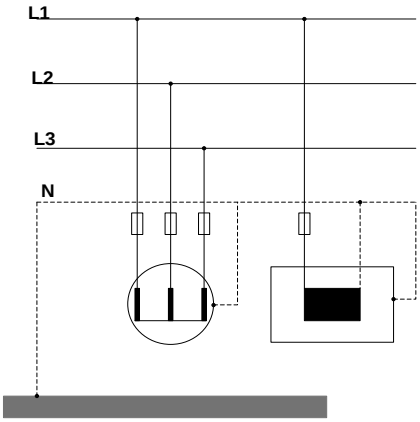
حفاظت توسط سیم نول:

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 و صل شده و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق‌گرفتگی شدید می‌شود. برای رفع این عیب می‌توانیم سیم نولی را که برای حفاظت از آن استفاده می کنیم جدا از سیم نول مصرف‌کننده‌ها 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 برق‌گرفتگی 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 جریان هایی 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 نمی شود 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 جریان هادی‌ها یکسان نباشد (شرایط اتصالی)، میدان حاصل باعث ایجاد نیروی محرکه در سیم پیچ شده و رله جریانی که توسط این سیم‌پیچ تغذیه می‌شود را تحریک می‌کنند، 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 ۲ Ω یا ۴ Ω برسد بلکه این مقاومت می‌تواند در حدود چندصد اهم نیز باشد.

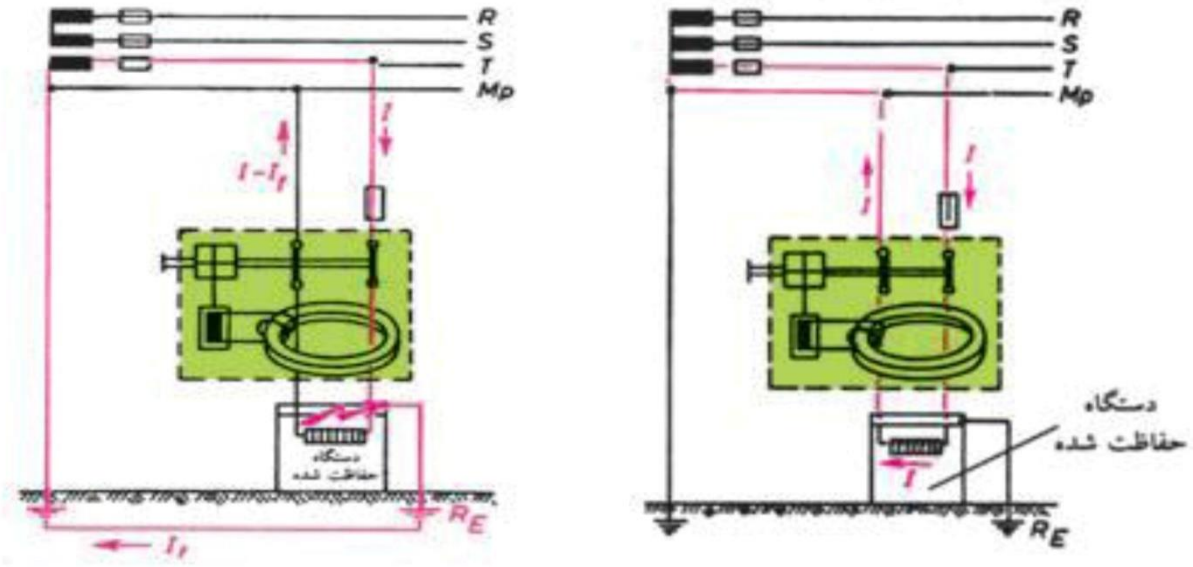
(ب) (الف)

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 سیم‌پیچ مجزای یک به یک و یا کاهنده استفاده می شود که ولتاژ خروجی آن بیش از ۴۲V است. در ترانسفورماتور یک به یک ولتاژ ثانویه برابر ولتاژ شبکه می‌باشد. 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 برق‌گرفتگی نخواهد شد.

اتصال بیش از یک مصرف کننده به ثانویه ترانسفورماتور حفاظتی مجاز نمی‌باشد. زیرا در صورت اتصال بدنه همزمان دو مصرف‌کننده، احتمال خطر برق‌گرفتگی وجود دارد. همچنین ثانویه این نوع ترانسفورماتور نباید اتصال زمین داشته باشد.



(ب) (الف)

شکل پ- ۶ (الف) سیستم سالم(رله عمل نمی‌کند)، (ب) سیستم معیوب (رله عمل می‌کند)

حفاظت بوسیله عایق کردن:

در این روش تمام قسمت‌هایی را که امکان اتصال برق با بدن انسان دارد عایق می‌کنند، در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند، می‌توان کف زمین را عایق‌کاری 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 می‌کند، در این روش نیازی به اتصال زمین وجود ندارد.

حفاظت توسط ولتاژ کم:

در حفاظت توسط ولتاژ کم از ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم‌پیچ مجزا استفاده می شود، ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور باید کمتر از ۴۲V باشد. استفاده از اتوترانسفورماتور در این نوع حفاظت مجاز نمی‌باشد. 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 می‌کند.

اگر جریانی بیش از جریان نامی از فیوز بگذرد فیوز می‌سوزد 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 می‌شود تا در مواقعی که جریانی بیشتر از حد انتظار از وسیله عبور می‌کند

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

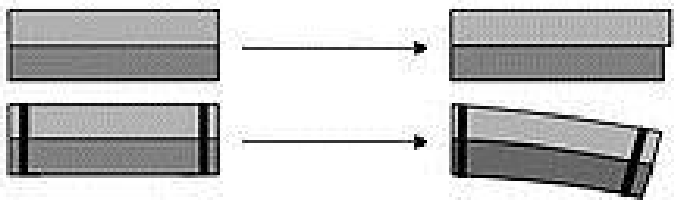
فیوز ذوب شونده معمولی را فیوز فشنگی نیز می‌نامند. سیم حرارتی آن در داخل براده‌هایی از سرامیک، پودر چینی، یا خاک نرم کوارتز همراه با ماسه قرار دارد و جرقه حاصل از قطع شدن سیم حرارتی را سریع خنک کرده و بلافاصله قطع می‌کند. این مواد همچنین باعث خنک شدن سیم ذوب شونده داخل فیوز می‌گردد تا هنگام عبور جریان، 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.

نکته۱: برخی از کابل ها فاقد غلاف می‌باشند.

نکته۲: 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.

نکته۳: در بعضی از کابل‌ها برای خنک کردن کابل از روغن استفاده می شود که محلی جهت ریختن روغن در مرکز کابل و یا در اطراف آن در نظر گرفته می شود که در نتیجه روغن مورد نیاز برای این کابل‌ها را توسط پمپ‌های مخصوص، تحت فشار مشخص وارد محفظه کابل می‌نمایند.

نکته۴: 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 وبروز 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 Yدر ردیف حروف)

Y: روپوش پروتودور (دومین حرف Yدر 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؟

NYY 4*4 re0/61KV

یعنی کابل زمینی نرمال چهار سیمه با مقطع گرد تک رشته به مقطع mm^2 ۴ با روپوش و عایق پروتودور و برای فشار KV ۰/۶ بین سیم فاز و نول و KV۱بین 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 مصرف‌کننده از ولتاژ شبکه کمتر بوده و ممکن است مصرف کننده درست کار نکند. مقدار افت ولتاژ بوجود آمده درکابل 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

$$A = \sqrt{3}.L.I.COS\varphi / K.\Delta V.U \qquad A = 2.L.I.COS\varphi / K.\Delta V.U$$

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 فاز۳۸۰V و برای تک فاز ۲۲۰V)

مثال :

می خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فاز که جریان آن۲۰A و ضریب توان آن ۰/۷۵ می‌باشد و در فاصله ۵۰m از تابلو قرار دارد از یک کابل استفاده کنیم مطلوبست محاسبه سطح مقطع کابل؟ K =۵۶ و افت ولتاژ مجاز Δ v۰=/۰۲

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

$$A = \mathbf{1.73*50*20*0.75/56/0.02*380 = 3.04}$$

چون سطح مقطع بد ست آمده جزء کابل های ا ستاندارد نی ست بنابراین اولین شماره کابلی که مقطع آن بی شتر از مقدار محا سبه شده است را انتخاب می‌کنیم که کابل نمره ۴ خواهد بود (مراجعه شود به جدول جریان مجاز سیم‌ها)

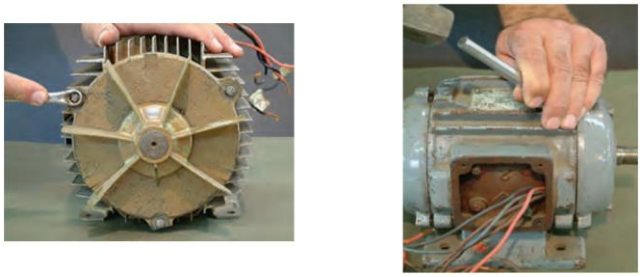
بازپیچی موتور سه‌فاز

مرحله اول: باز کردن قطعات مکانیکی و آماده کردن استاتور است. به ترتیب زیر عمل نمایید

۱ـ ابتدا با پولیکش، پولی موتور را از محور جدا کنید

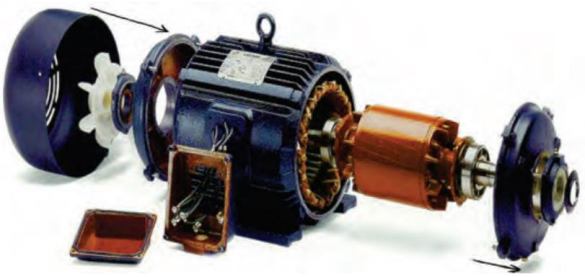
شکل پ- ۱۲ جدانمودن پولی از محور موتور

۲ـ بعد با سمبه درپوش بدنه را علامت‌گذاری کنید. سپس پیچ‌های موتور را با انتخاب آچار مناسب باز کرده و پس از باز کردن جعبه اتصالات با قلم درپوش‌ها را جدا کنید



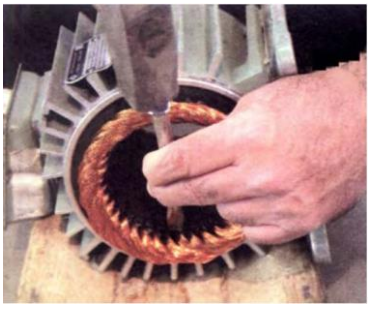
شکل پ- ۱۳ بازکردن پیچ‌ها و درپوش

۳- ترتیب و توالی بازنمودن موتور در شکل زیر نشان داده شده است



شکل پ- ۱۴ ترتیب و توالی بازکردن قطعات موتور

۴ـ در این مرحله باید با قلم و چکش سیم‌های داخل استاتور را از یک سمت قطع کنید تا آماده خارج شدن از داخل شیار باشد.



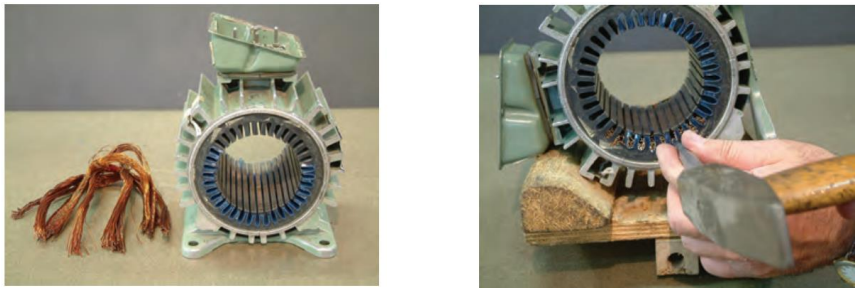
شکل پ- ۱۵ نحوه استفاده از قلم جهت قطع سیم‌پیچی ها

در این مرحله حرارت دادن استاتور و یا غوطه‌ور نمودن آن در حلال لاک سیم‌پیچی به خارج کردن آسانتر سیم‌پیچی ها کمک می‌کند

۵- چون سیم‌پیچی گرم و انعطاف‌پذیر شده است، حالا می‌توانید مطابق شکل زیر عایق روی سیم‌پیچی‌هارا خارج کنید

شکل پ- ۱۶ خارج نمودن سیم‌پیچی ها از داخل شیار

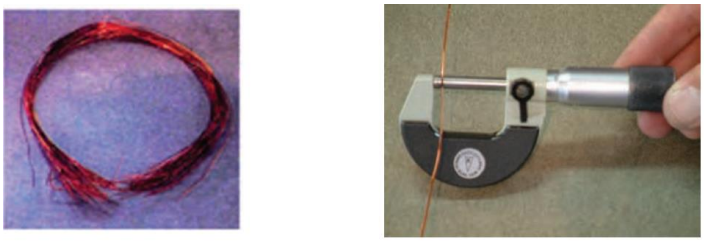
۶- پس از خارج کردن عایق‌ها می‌توانید سیم‌پیچ‌های سوخته داخل موتور را مطابق شکل زیر از داخل استاتور خارج کنید



شکل پ- ۱۷ سیم‌های خارج شده از داخل شیار

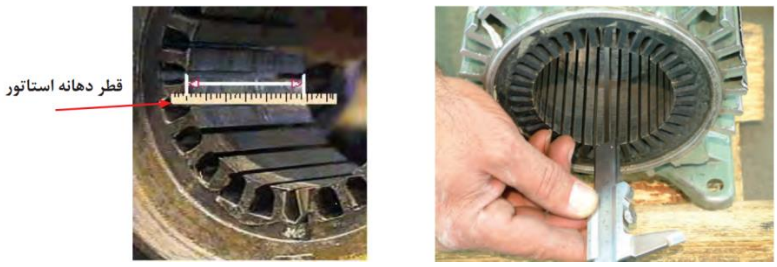
۷- برای سیم‌پیچی مجدد داخل استاتور لازم است تا داخل آن را به‌طور کامل تمیز کرد. برای این کار می‌توانید از برس سیمی و یا به کمک هوای متراکم بادگیری کنید

۸- در این مرحله باید قطر سیم‌های خارج شده از استاتور را توسط میکرومتر اندازه‌گیری کرده و همچنین تعداد دور یک کلاف را شمارش نموده و سپس مقدار آنها را به پرونده موتور انتقال دهید



شکل پ- ۱۸ اندازه‌گیری قطر سیم و شمارش تعداد دور یک کلاف

۹- در این قسمت مطابق شکل زیر طول و قطر داخلی استاتور را اندازهگیری کرده و در شناسنامه موتور ثبت کنید



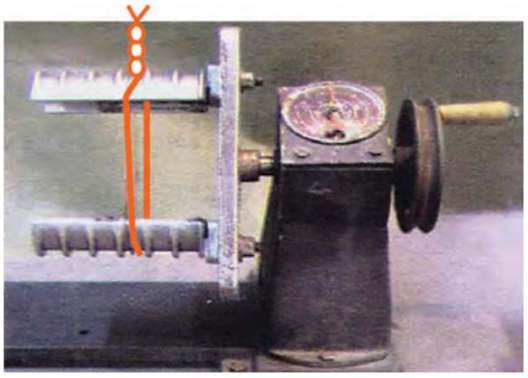
شکل پ- ۱۹ اندازه‌گیری طول و قطر داخلی استاتور

۱۰- داخل شیارهای استاتور را باید با کاغذ عایق (کاغذ پرشمان) متناسب با ولتاژ فازی موتور انتخاب کرده و عایق‌بندی کنید. با توجه به اینکه ولتاژ خطی شبکه ایران ۴۰۰ ولت و ولتاژ فازی ۲۳۰ ولت است لذا ضروری است شیارها را با کاغذ به ضخامت ۰,۳ تا ۰,۵ عایق‌بندی کرد تا سیم‌ها در داخل استاتور با هسته استاتور تماس نداشته باشند

شکل پ- ۲۰ محل قرارگیری کاغذ عایق پرشمان

مرحله دوم: در این مرحله اقدام به تهیه قالب مناسب جهت پیچیدن کلاف و سپس سیم‌پیچی مجدد موتور خواهد شد

۱۱- پس از تهیه اندازه مناسب کلاف، باید قالب‌ها را به اندازه تهیه شده، بر روی دستگاه کلاف‌پیچ تنظیم کرده و سپس کفشک‌ها را با پیچ مهره روی بدنه محکم کنید تا تنظیم قالب‌ها به هم نخورد



شکل پ- ۲۱ تنظیم کفشک‌های کلاف‌پیچ بر اساس قالب تهیه شده

۱۲- پس از مشخص شدن اندازه کلاف الگو و تنظیم کلاف‌پیچ می‌توانید اقدام به پیچیدن کلاف‌های موتور کنید. با توجه به تعداد دور شمارش شده، شکل سیم‌پیچی و به تعداد q باید اقدام به پیچیدن کلاف‌ها کنید.

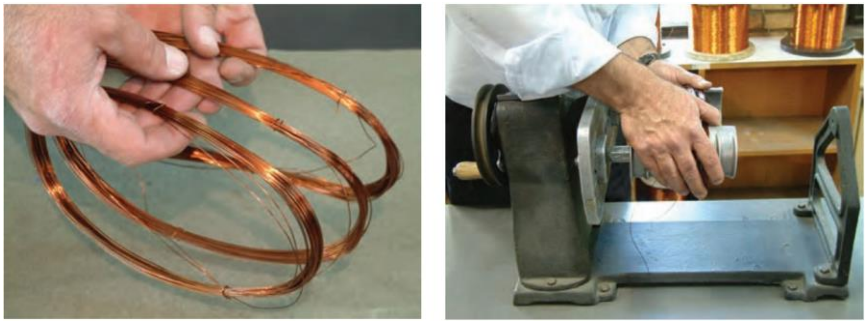
شکل پ- ۲۲ کلاف الگو و کلاف‌پیچی

۱۳- در شکل زیر یک کلاف که به‌طور صحیح پیچیده شده و یک کلاف که به طور غلط پیچیده شده و حلقه‌های آن در هم است، مشاهده می‌کنید

شکل پ- ۲۳ کلاف صحیح و کلاف غلط

۱۴- پس از اتمام کار سیم‌پیچی کلاف‌ها باید بازوهای کلاف‌ها را، با نخ یا سیم‌های مستعمل بست تا در هنگام جا زدن بازوها در داخل شیارها، رشته سیمهای کلاف باز نشده و مزاحمتی ایجاد نکنند.

۱۵- در این مرحله مهره کلاف‌پیچ را شل نموده و فک‌های کلاف‌پیچ را جمع کنید تا کلاف‌ها آزاد شوند سپس کلاف‌ها را به گونه‌ای تقسیم کنید که هر کلاف q پیچک داشته باشد و از کلاف‌پیچ جدا کنید



شکل پ- ۲۴ آزاد کردن کلاف و تقسیم‌بندی آن

۱۶- جا زدن کلاف‌های موتور را خود تا تکمیل شدن تمامی شیارها باید ادامه داده و تمامی شیارهای استاتور را کامل کنید

شکل پ- ۲۵ جازدن سیم‌پیچ

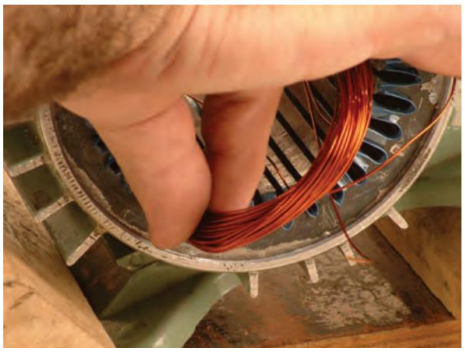
۱۷- هنگام جا زدن، با قرار دادن سیم‌ها در درون شیار استاتور، باید دقت داشت که مانند شکل پ- ۲۶ الف) یک یا چند حلقه از کلاف کشیده نشود یا به صورت متقاطع قرار نگیرد، زیرا در این صورت، علاوه بر اینکه زیبایی سیم پیچ از بین می‌رود، خطر پاره شدن یا اتصال کوتاه بین سیم‌ها نیز وجود دارد. در عین حال، زمان بیشتری صرف جا زدن بازوها در داخل شیار خواهد شد.

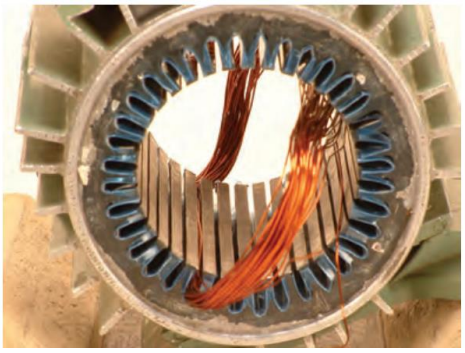
الف

ب

شکل پ- ۲۶ جازدن کلاف به طور الف) غلط؛ ب) صحیح

۱۸- پس از جا زدن هر کلاف، برای اینکه برای کلاف‌های بعدی جای کافی با شد و علاوه بر آن، در هنگام جا زدن و چرخیدن موتور نیز به سیم‌ها صدمه‌ای وارد نشود باید به کمک انگشتان شست و سبابه مانند شکل ۴۱در دو محلی که کلاف از شیار خارج میشود، کلاف را به سمت خارج از استاتور فشار دهید تا کلاف در دو لبه شیار، تا خورده و فضای خالی مناسب برای کلاف‌های بعدی ایجاد شود.





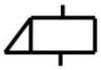
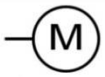
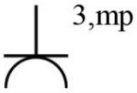
شکل پ- ۲۷ طریقه کلاف‌گذاری

جداول راهنما

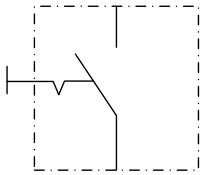
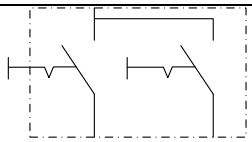
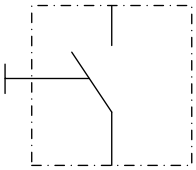
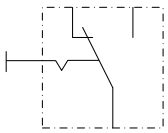
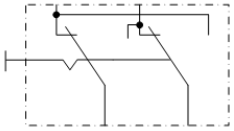
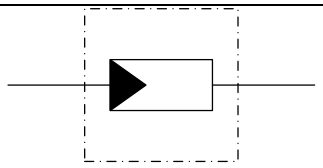
جدول پ- ۱: علائم استاندارد الکتریکی

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	بوبین	
۵	سیم حامل جریان (فاز)		۲۱	فتوسل	
۶	سیم نول	- - - - - -	۲۲	دیمر	
۷	سیم محافظ (ارت)	— · — · — ·	۲۳	لامپ	
۸	سیم خبر (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	A
۱۴	انشعاب از سیم		۳۰	ولت متر	V
۱۵	تابلوی تقسیم		۳۱	وات متر	W
۱۶	کنتور	wh	۳۲	فرکانس متر	HZ

جدول پ- ۲: ادامه علائم استاندارد الکتریکی

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

جدول پ- ۳: جدول شمای حقیقی انواع کلید

	نام تجهیز	شمای حقیقی		نام تجهیز	شمای حقیقی
	کلیدتک پل			کلید دوپل	 خروجی۲ خروجی۱
	شستی راه پله یا شستی زنگ			کلید تبدیل	غیر مشترک‌ها  مشترک
	کلید صلیبی (کراکس)	ورودی‌ها  خروجی‌ها		دیمر	

جدول پ- ۴: جریان مجاز سیم‌های عایقدار و کابل‌های سیم‌کشی با حداکثر دمای هادی مسی۷۰ درجه و دمای محیط ۲۰ درجه

	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 به فاصله یکقطر از یکدیگر
	NYA یا ISIRI (607) 01	NYM یا ISIRI (607) 10	
سطح مقطع mm^2	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 درجه‌سانتیگراد	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	5 0	"
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 کابل ها در استاندارد قدیم VDE

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

مثال:

مشخصات کابل های 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 ۳۵ mm^2 و یک رشته هادی سیم صفر (نول) با سطح مقطع ۱۶ mm^2 به صورت گرد رشته ای برای ولتاژ فازی ۰٫۶ kv(فاز زمین) و ولتاژ خط ۱ KVولتاژ فاز به فاز(

2-NYCYffGbY 3×120sm 3.5/6KV

پاسخ: کابل سه رشته با سطح مقطع ۱۲۰ 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 PVCبرای حفاظت در برابر ضربات مکانیکی، از دو ردیف زره فولادی به صورت نوارهای تخت استفاده می شود و بانداژ فولادی نیز بر روی آن ها قرار می گیرد.

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

المان	نوع	نماد	مثال
رشته	کابل با هادی مسی	N	**N**YY
	کابل با هادی آلومینیومی	NA	**NA**YCWY
عایق	عایق PVC (اولین Y در ردیف علامت‌گذاری)	Y	NA**Y**Y
	عایق PE (اولین 2Y در ردیف علامت‌گذاری)	2Y	N**2Y**SY
	عایق XLPE	2X	N**2X**SY
هادی هم‌مرکز و پوشش الکترواستاتیکی فلزی	هادی هم‌مرکز با هادی مسی که دارای نوارها یا سیم‌های مارپیچی مسی است	C	NY**C**YFGY
	هادی هم‌مرکز با هادیهای مسی که به‌صورت موجی شکل داده شده و همراه نوار مسی مارپیچی می‌باشد.	CW	NAY**CW**Y
	هادی هم‌مرکز با هادی مسی و نوار مسی به‌صورت مارپیچی روی هر رشته به‌صورت جداگانه بکار رفته است	CE	N2X**CE**Y
	پوشش الکترواستاتیکی از هادی‌های مسی و نوار مسی که به‌صورت مارپیچی استفاده شده است	S	NY**S**Y
	پوشش الکترواستاتیکی از هادی‌های مسی و نوار مسی که به‌صورت جداگانه هر رشته بکار رفته است.	SE	NY**SE**Y
	پوشش ضد آب به‌صورت طولی	F	NA2XS(**F**)2Y
زره	زره گالوانیزه از هادی فولادی تخت	F	NY**F**GbY
	زره گالوانیزه از نوار فولادی به‌صورت مارپیچی	G	NYF**G**bY
	زره به‌صورت مفتول فولادی قلع اندود	R	NYCY**R**GbY
غلاف	غلاف سربی	K	NY**K**Y
	غلاف PVC (دومین Y در ردیف علامت‌گذاری)	Y	NAY**Y**
	غلاف PE (دومین 2Y در ردیف علامت‌گذاری)	2Y	NA2XS**2Y**
	کابل شامل رشته با رنگ سبز زرد – با هادی حفاظتی	J	NAYY-**J**
	کابل بدون رشته با رنگ سبز زرد – بدون هادی حفاظتی	O	NAYY-**O**