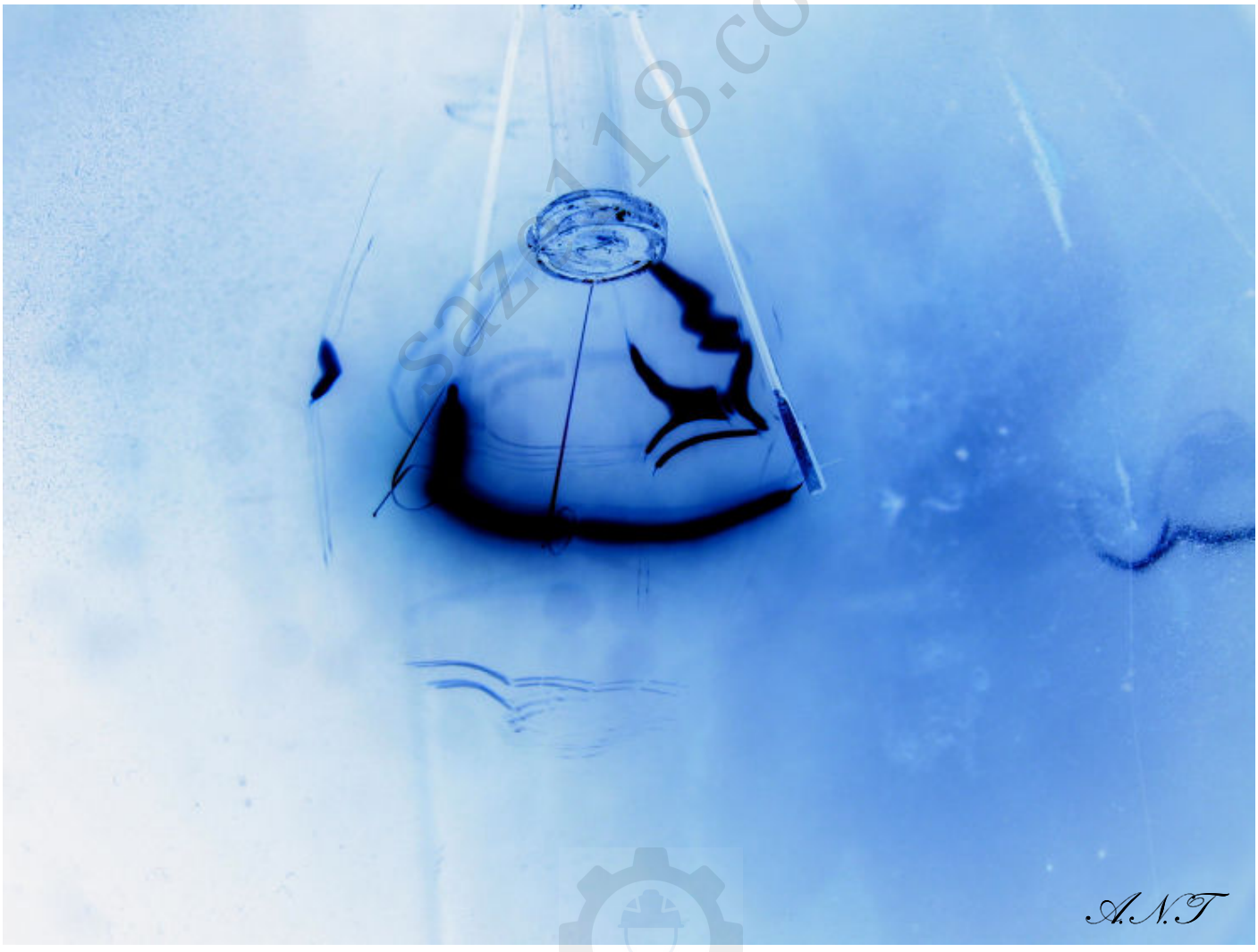
SAZE118.COM
چشم ما

مهندسی تاسیسات الکتریکی

تالیف : دکتر حسین گلهر



saze118.ccm

www.Kargosha.com

عنوان صفحه

فهرست ۱

مقدمه ٤

فصل اول :خطرات برق و مقررات ایمنی در برق رسانی ۵
۱-۱- خطرات انرژی برقی ۵
۱-۱-۱ خطر ایجاد برق ۵
۱-۱-۲- خطر برق گرفتگي ۶
۱-۲- احتياطهاي ايمني ۸
۱-۳- نجات مصدومين برق گرفتگي ۸
۱-۴- لزوم كنترل مرغوبيت وسايل و وضع و رعايت مقررات ايمني ۹
۱-۴-۱- مقررات ايمني و كنترل مرغوبيت در برخي كشورهاي خارجي ۹
۱-۴-۲- مقررات ايمني و كنترل مرغوبيت وسايل در ايران ۱۰
۱-۴-۳- مقررات بين المللي ايمني و كنترل مرغوبيت ۱۱
۱-۴-۴- علائم استاندارد ۱۱

فصل دوم : شبکه های برق رسانی و مدارهای برقی ۱۲
۲-۱- پست توزیع خصوصی ۱۲
۲-۲ مدار برقی و برخی کمینهای برقی ۱۴
۲-۳ جریان و توان در مدارهای تک فاز ۱۵
۲-۴- جریان و توان در مدارهای سه فاز ۱۷
۲-۵- شبکه های برق رسانی ۲۰
۲-۵-۱- محاسبات شبکه های شعاعی ۲۱
۲-۵-۲- محاسبات شبکه های حلقه ای ۲۲

فصل سوم : اصلاح یا تصحیح ضریب توان و تعرفه های برقی ۲۵
۳-۱- لزوم اصلاح ضریب توان ۲۵
۳-۲- جریان در خازن متصل به مدار برق متناوب ۲۶
۳-۳- تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن ۲۶
۳-۴- تعرفه های برقی ۲۸
۳-۴-۱- تعرفه یک قسمتی ۲۸
۳-۴-۲ تعرفه دو قسمتی ۲۸
۳-۴-۳-تعرفه های نرخ برق ایران ۲۹
۳-۵- اقتصادی ترین ضریب توان ۳۱

فصل چهارم :سیمهای عایق دار و کابلهای برق رسانی ۳۴
۴-۱- هادیهای مورد استفاده در سیمها و کابلها ۳۴
۴-۲- ساختمان هادی در سیمها و کابلها ۳۵
۴-۳ مقاومت الکتریکی سیمها و کابلها ۳۶
۴-۴ عایقهای مورد استفاده در سیمهای عایق دار و کابلها فشار ضعیف ۳۷
۴-۵- ساختمان سیمهای عایق دار و اندازه های استاندارد ۳۸
۴-۶- ساختمان کابلهای فشار ضعیف و اندازه های استاندارد ۴۰
۴-۷- علائم مشخصه کابلها ۴۴

فصل پنجم : جریان مجاز سیمها و کابلها فشار ضعیف ۴۵
۵-۱- جريان مجاز سيمهاي مسي با عايق پي- وي- سي ۴۵
۵-۲- جريان مجاز كابلهاي مسي با عايق و غلاف پي- وي- سي ۴۶
۵-۳- جريان هاي مجاز سيمهاي مسي بدون عايق ۴۷
۵-۴- جريان مجاز سيمها و كابلهاي آلومينيومي ۴۸
۵-۵- تحليل مسئله انتقال حرارت ۴۹
۵-۵-۱- انتقال حرارت به وسيله هدايت ۵۰
۵-۵-۲- انتقال حرارت به وسيله كنواكسيون و تشعشع ۵۲
۵-۶- محاسبه جريان مجاز ۵۲

فصل ششم : تعیین مقاطع سیمهای عایق دار و کابلها ۵۶
۶-۱- تعيين مقاطع سيمها و كابلها براساس جريان مجاز ۵۶
۶-۱-۱ مدارهای تک فاز ۵۶
۶-۱-۲ مدارهای سه فاز ۵۸
۶-۲- تعيين مقاطع سيمها و كابلها بر اساس افت ولتاژ مجاز ۶۰

www.Kargosha.com

۶-۲-۱- افت ولتاژ در مدارهای تک فاز ۶۰
۶-۲-۲- افت ولتاژ در مدارهای سه فاز ۶۴
۶-۳- تعیین مقاطع سیمهای هوایی براساس افت ولتاژ مجاز ۶۸

فصل هفتم : وسایل کنترل وحفاظت ۷۳
۷-۱- کلیدهاي يك قطبي كنترل مدارهاي روشنايي ۷۴
۷-۱-۱-کلید یك قطبي يك راهه ۷۴
۷-۱-۲- کلیدهاي دوبل ۷۶
۷-۱-۳- کلید يك قطبي دو راهه (کلید تبدیل) ۷۶
۷-۱-۴- کلید يك قطبي سه راهه (کلید صلیبي) ۷۷
۷-۲- کلیدهاي کنترل با قطع و وصل خودکار ۷۸
۷-۲-۱- کلیدهاي ساعتي ۷۸
۷-۲-۲- کلیدهاي حرارتي ۷۸
۷-۲-۳- کلید فشاري ۷۹
۷-۲-۴- کلید شناوري ۷۹
۷-۲-۵- کلید حدي ۸۰
۷-۳- پریزها و دوشاخه‌ها ۸۰
۷-۴- کلیدهاي دو قطبي ۸۰
۷-۵- کلیدهاي سه قطبي ۸۰
۷-۶- کلیدهاي فیوزدار ۸۱
۷-۷- کلیدهاي فشارقوي ۸۲
۷-۸- لزوم حفاظت و وسایل حفاظتي ۸۲
۷-۹- فیوزها ۸۳
۷-۹-۱- فیوزهاي معمولي ۸۳
۷-۹-۲- فیوزهاي تأخیري ۸۴
۷-۹-۳- فیوزها با جزء ذوب شونده دو قسمتي ۸۴
۷-۹-۴- فیوزهاي محدود کننده جریان ۸۵
۷-۱۰- اندازه‌هاي استاندارد فیوزها و مشخصات آنها ۸۵
۷-۱۰-۱- اندازه‌هاي استاندارد فیوزها ۸۵
۷-۱۰-۲- منحنیهاي قطع فیوزها ۸۵
۷-۱۰-۳- قدرت قطع فیوزها ۸۷
۷-۱۰-۴- آزمایش فیوزها ۸۷
۷-۱۱- استفاده از فیوزها براي محافظت ۸۸
۷-۱۱-۱- محافت سیمها وکابلهاي انشعابهاي معمولي ۸۸
۷-۱۱-۲- فیوزبندي مدارهاي برق‌رساني ۹۰
۷-۱۱-۳– محافظت انشعاب موتورها ۹۰
۷-۱۲- حفاظت با کلید ها با قطع خودکار (دیژنکتورها) ۹۲
۷-۱۲-۱- نحوه قطع دینژکتورها ۹۳
۷-۱۲-۱-۱- دینژکتورها با قطع حرارتی ۹۳
۷-۱۲-۱-۲- دینژکتور با قطع مغناطیسی ۹۳
۷-۱۲-۱-۳- دیژنکتور با قطع حرارتی و مغناطسی ۹۴
۷-۱۲-۲- دینژکتور کوچک (مینیاتور) یا فیوزهای اتوماتیک ۹۴
۷-۱۲-۳- دیژنکتورهاي متوسط و بزرگ ۹۵
۷-۱۳- کنتاکتورها ۹۶

فصل هشتم : سیستمهاي سیم کشي داخلي ۹۸
۸-۱- محافظت هاي کلي در سیستمهاي سیم کشي ۹۸
۸-۱-۱- محافظت علیه صدمات مکاني ۹۸
۸-۱-۲- حفاظت علیه توسعه آتش و دود ۹۹
۸-۱-۳- حفظ فاصله مناسب از لوله‌هاي تاسیسات دیگر ۹۹
۸-۱-٤- حفاظت علیه اثرات تلفات جریانهاي گردابي و هیسترسیس ۹۹
۸-۲- سیم کشي روکار بدون استفاده از لوله‌هاي محافظ ۹۹
۸-۲-۱- سیم کشي روکار با استفاده از مقره ۹۹
۸-۲-۲- سیم کشي روکار با استفاده از بستها و گیره‌ها ۱۰۰
۸-۳- سیم کشي در داخل لوله ۱۰۱
۸-٤- لوله‌هاي فولادي ۱۰۱
۸-٤-۱- نصب لوله‌هاي فولادي ۱۰۲
۸-٤-۲- اندازه‌هاي استاندارد لوله‌هاي فولادي و ظرفیت مجاز آنها ۱۰۲
۸-٤-۳- وارد کردن سیم در لوله‌ها ۱۰۳
۸-٥- لوله‌هاي پلاستیکي ۱۰٤
۸-٥-۱- اندازه‌هاي استاندارد لوله‌هاي پلاستیکي و ظرفیت مجاز آنها ۱۰٥
۸-٥-۲- نصب لوله‌هاي پلاستیکي و سیم کشي در آنها ۱۰٥
۸-٦- سیم کشي در جاسیمي ها ۱۰٦
۸-۷ سیم کشي با استفاده از کانالهاي زیر زمیني ۱۰۹

www.Kargosha.com

۸-۸- سيم كشي با كابلها با عايق معدني ۱۰۹
۸-۹- سيم كشي ضد آتش سوزي ۱۰۹

فصل نهم : طرح سيستم برق خانه‌هاي مسكوني ۱۱۱
۹-۱- بارهاي روشنايي خانگي ۱۱۱
۹-۱-۱- تعيين ميزان بار روشنايي خانگي ۱۱۲
۹-۱-۲- تعيين انشعابهاي روشنايي ۱۱۲
۹-۱-۳- كنترل چراغهاي روشنايي ۱۱۲
۹-۱-٤- حفاظت انشعابهاي روشنايي ۱۱۳
۹-۲- بارهاي كوچك خانگي ۱۱۳
۹-۲-۱- تعيين ميزان و روش تغذيه بارهاي كوچك خانگي ۱۱۳
۹-۲-۲- تعيين تعداد انشعابها براي تغذيه پريزها ۱۱۳
۹-۲-۳- كنترل بارهاي كوچك خانگي ۱۱٤
۹-۲-٤- حفاظت انشعابهاي پريزها ۱۱٤
۹-۳- بارهاي بزرگ خانگي ۱۱٤
۹-٤- نقشه برق كشي خانه‌هاي مسكوني ۱۱٤
۹-٥- تعيين تعداد و اندازه انشعابها ۱۱٥
۹-٦- كنتور و تابلو توزيع ۱۱۷

فصل دهم : طرح سيستم برق مراكز صنعتي ۱۱۹
۱۰-۱-سيستم های توزيع برق در مراكز صنعتی ۱۲۰
۱۰-۲- خصوصيات سيستم های توزيع برق در مراكز صنعتی ۱۲۱
۱۰-۳- بارهای روشنايی مراكز صنعتی ۱۲۱
۱۰-۳-۱- تعيين ميزان با روشنايي ۱۲۳
۱۰-۳-۲- تعيين تعداد انشعابهاي روشنايي ۱۲۳
۱۰-۳-۳- كنترل انشعابهاي روشنايي ۱۲۳
۱۰-۳-٤-حفاظت انشعابهاي روشنايي ۱۲٤
۱۰-٤- بارهاي غير روشنايي (صنعتي) در مراكز صنعتي ۱۲٤
۱۰-٤-۱- تعيين ميزان بار صنعتي ۱۲٤
۱۰-٤-۲- تعداد انشعابها براي بارهاي صنعتي ۱۲۷
۱۰-٤-۳- كنترل انشعابهاي موتورهاي ۱۲۷
۱۰-٤-٤- حفاظت انشعابهاي موتورها ۱۲۷
۱۰-٥- مدارهاي فرمان موتورها ۱۲۸
۱۰-٥-۱- مدار فرمان راه اندازي موتور القايي سه فاز از يك يا چند محل ۱۲۸
۲۰-٥-۲- مدار فرمان موتور القايي سه فاز چپ گرد و يا راست گرد ۱۳۱
۱۰-٥-۳- مدار فرمان متوقف نمودن سريع يك موتور سه فاز ۱۳۱
۱۰-٥-٤- مدار فرمان موتور القايي سه فاز با رتور قفسي با راه انداز ستاره- مثلث ۱۳۲
۱۰-٥-٥- مدار فرمان راه اندازي موتور القايي با رتور سيم پيچي ۱۳۲

فصل يازدهم : زمين كردن حفاظتي ۱۳٤
۱۱-۱- اصول زمين كردن حفاظتي ۱۳٥
۱۱-۲- حفاظت عليه بار اضافي ۱۳٥
۱۱-۳- حفاظت با استفاده از رله جريان نشتي به زمين ۱۳۷
۱۱-۳-۱- كليد قطع خودكار با استفاده از ولتاژ ۱۳۷
۱۱-۳-۲- كليد فطع خودكار با استفاده از جريان نشتي به زمين ۱۳۸
۱۱-٤- الكترود زمين ۱۳۸
۱۱-٥- مقاومت ويژه زمين ۱۳۹
۱۱-٦- محاسبه مقاومت الكترودها ۱٤۰
۱۱-٦-۱- محاسبه مقاومت الكترود نيم كره ۱٤۰
۱۱-٦-۲- محاسبه مقاومت الكترود ميله‌اي ۱٤۱
۱۱-٦-۳- محاسبه مقاومت مجموعه الكترودهاي ميله‌اي ۱٤۱
۱۱-۷- اندازه گيري مقاومت الكترود زمين ۱٤۲
۱۱-۸- نحوه صحيح اتصال بدنه وسايل به زمين ۱٤۳

فصل دوازدهم : بازسازی و آزمايش تأسيسات سيم كشی ۱٤٤
۱۲-۱- وسايل آزمايش ۱٤٤
۱۲-۱- آزمايش اتصال صحيح كليدها و فيوزها و پريزها ۱٤٥
۱۲-۳- آزمايش متصل بودن مدارها ۱٤٦
۱۲-٤- آزمايش اتصال صحيح سيم زمين ۱٤٦
۱۲-٥- آزمايش عايق بندی ۱٤۷
۱۲-٦- عيب يابی و رفع عيب ۱٤۸

www.Kargosha.com

saze118.com

بسمه تعالی

پیشگفتار

طراحی سیستمهای سیم کشی اماکن مسکونی و مراکز صنعتی یک فعالیت بسیار معمول مهندسان برق است. این تخصص غالباً در صنعت کسب می شود. هدف از تدوین این کتاب راهنمایی دانشجویان و مهندسان شاغل در این رشته است.

در فصل اول کتاب خطرات برق و مقررات ایمنی در برق رسانی تسریح می شود. در فصل دوم شبکه های برق رسانی و مدارهای برقی تک فاز و سه فاز بررسی می شود. تصحیح ضریب توان و تعرفه های برقی در فصل سوم تشریح می شود. فصل چهارم به سیمهای عایق دار و کابلهای استاندارد ایران و فصل پنجم به جریان مجاز آنها اختصاص یافته است .

در فصل پنجم به دادن جداول اکتفا نمی شود بلکه جریان مجاز سیمها و کابلها با حل مسئله انتقال حرارت به طور اصولی محاسبه می شود. در فصل ششم مقاطع سیمها و کابلها براساس جریام مجاز و افت ولتاژ مجاز تعیین می شود . در فصل هفتم وسایل کنترل و حفاظت که عبارت از انواع کلیدها , فیوزها و کنتاکتورها و دیژنکتورهای کوچک است تشریح می شود. فصل هشتم شیوه های مختلف سیم کشی داخلی را بررسی می کند . فصل نهم به طراحی سیستم برق خانه های مسکونی و فصل دهم به طراحی سیستم برق مراکز صنعتی اختصاص دارد. در فصل یازدهم زمین کردن حفاظتی و در فصل دوازدهم بازرسی تأسیسات سیم کشی به اختصار تشریح می شود.

با توجه به اینکه مقررات و استانداردهای کاملی فعلاً در ایران موجود نیست در این کتاب استانداردهایی از کشورهای مختلف مورد بحث قرار گرفته است. امید است به همت مهندسان برق ایران استاندارد ملی کاملی تدوین گردد.

از استاید محترم و دانشجویان عزیزی که اشکالاتی در کتاب ملاحظه می کنند تقاضا دارد آنها را به اطلاع مولف برسانند. با توجه به کمبود شدید کتاب در این رشته، امید است این کتاب مورد استفاده دانشجویان علاقه مند و دانش پژوه میهن قرار گیرد و توفیق خدمتی کوچک نصیب نویسنده شود.

دکتر حسین کلهر

www.Kargosha.com

فصل اول

خطرات برق و مقررات ایمنی در برق رسانی

انرژی الکتریکی در حدود یکصد سال پیش از طریق شبکه های کوچک توزیع مورد استفاده قرار گرفت و به علت خصوصیات جالب توجه آن خیلی سریع توسعه یافت. در مقایسه با انواع دیگر انرژی ، انرژی الکتریکی پاکیزه است، به سهولت قابل کنترل و انتقال می باشد و به آسانی به انواع انرژیهای دیگر مورد نیاز بشر قابل تبدیل است. علی رغم همه این محاسن انرژی برقی دارای دو عیب نیز می باشد. یکی اینکه به میزان قابل ملاحظه ذخیره نمی شود و دیگر اینکه در صورتی که تحت کنترل صحیح نباشد خطرات و خرابیهای زیاد به بار می آورد. اهم این خطرات را در این فصل تشریح می کنیم وبرخی پیشگریهای ایمنی را متذکر می شویم. سپس لزوم وضع و رعایت مقررات و ضوابط ایمنی در برق رسانی را مورد توجه قرار می دهیم و مقررات موجود را تشریح می کنیم.

۱-۱-خطرات انرژی برقی

خطرات مهم برق یکی ایجاد حریق و دیگری برق گرفتگی است که در ذیل تشریح می گردند.

۱-۱-۱- خطر ایجاد برق

جریان برق در عبور از سیمها و کلید ها و دیگر وسایل برقی تولید حرارت می کند. این حرارت در شرایط عادی به محیط اطراف داده می شود و درجه حرارت وسایل از حد مجاز متجاوز نمی گردد. در صورتی که وسایل مناسبی انتخاب نشده باشد ممکن است درجه حرارت وسایل برق رسانی از حد مجاز تجاوز کند. برای مثال یک کلید معیوب که محل اتصال آن خورده شده است نسبت به کلید سالم حرارت تولید می کند . همچنین سر پیچ لامپها ممکن است برای لامپهای کوچکتر در نظر گرفته شده باشد و استفاده از لامپهای بزرگتر که امروزه معمول شده اند حرارت بیشتری تولید می کند . این حرارت اضافی به سهوات جذب محیط نشده و باعث ازدیاد درجه حرارت می شود .

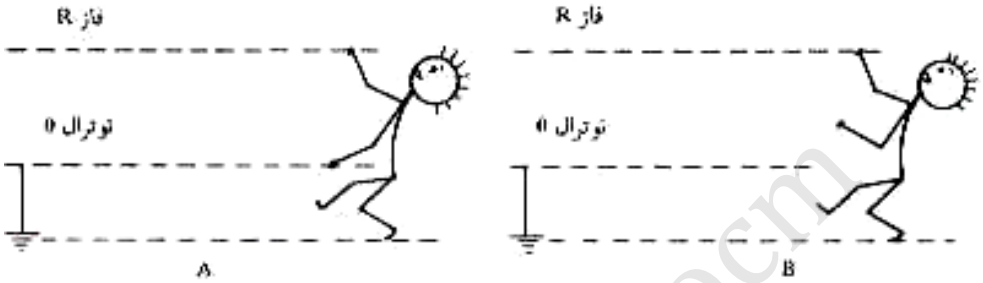
این افزایش درجه حرارت سبب فرسوده شدن و از بین رفتن عایق های سیم ها و دیگر وسایل می گردد . از بین رفتن عایق ها باعث اتصال سیم ها و ایجاد جرقه الکتریکی می شود و حرارت ناشی از جرقه ها می تواند در شرایط مساعد به سهولت سبب بروز حریق گردد . حفاظت در مورد خطر ایجاد حریق از طریق انتخاب سیم ها و سایل مناسب و حفاظت مدارها به وسیله فیوزها با اندازه های صحیح ممکن است . به این ترتیب در شرایطی که به هر دلیل جریان مجار از حد مجاز افزایش یابد , فیوز عمل کرده و مدار را قطع می نماید . همچنین با افزایش سیستم برقی هر سال یک بار می توان از ضعیف شدن عایق آن و خطرات احتمالی آگاهی یافت .

www.Kargosha.com

۱-۱-۲- خطر برق گرفتگی

برق گرفتگی اثر سوء برق روی سیستم بدن انسان است. به طوری که می دانیم فرمانها برای حرکات عضلات بدن از مغز بوسیله جریانهای برقی بسیار ضعیف از طریق سلسله اعصاب به عضلات مخابره می شود. در صورتی که جریانهای برقی از خارج روی اعصاب اثر می گذارند موجب حرکات ناگهانی و و بسیار شدید عضلانی می گردد که برق گرفتگی یا شوک نامیده می شود و ممکن است که کار آن قسمتها را به طور موقت یا دائم متوقف کند. بدیهی است که مختل شدن کار بعضی قسمتها نظیر مغز، قلب یا ششها می تواند سریعاً سبب مرگ شود.

شدت شوک گرفتگی به میزان جریانی بستگی دارد که به بدن وارد می شود این بستگی به میزان ولتاژ و مقاومت مدار تشکیل شده دارد. مقاومت مدار معمولاً شامل مقاومت قسمتی از مدار برق رسانی، مقاومت بدن و در بیشتر موارد مقاومت مربوط به تماس یا اتصال بدن با زمین است. برای روشن شدن موضوع به شکل ۱-۱ دقت کنید.



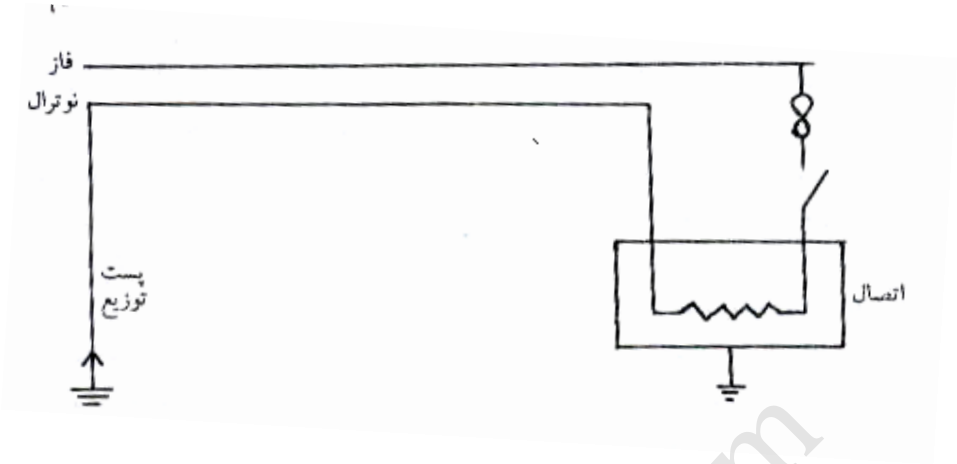
شکل ۱ ـ ۱ : نمایش دو مدار مختلف در برق‌گرفتگی

در شکل (A) مصدوم با یک دست به سیم فاز بدون عایق و با دست دیگر به سیم خنثی متصل است و از طریق بدن او و قسمتی از سیمهای مدار بسته ای تشکیل می شود. بدن انسان دارای مقادیر زیادی آب و املاح هادی الکتریسیته می باشد و لذا دارای مقاومت نسبتاً کمی است. لیکن پوست بدن دارای مقاومت بیشتری است و از یک شخص به شخص دیگر متغییر است شدیداً با شرایط پوست مثل خشک بودن یا مرطوب بودن تغییر می کند. اگر پوست مرطوب باشد آب به سوراخهای پوست نفوذ می کند. در این شرایط عادی به بدن کاملاً خشک مقاومت بین دو دست در حدود یک مگا اهم است ولی در بدن تر تا ۱۰۰۰ اهم پایین می آید. ولتاژ ۲۲۰ ولت جریانی در حدود ۲۲۰ میلی آمپر در بدن برقرار می کند که بسیار خطرناک و به احتمال قوی کشنده است. کمترین ولتاژی که سبب برق گرفتگی منجر به مرگ شده ، درتاریخ ۳۸ ولت ثبت شده است. چون اتفاقی که در عمل اتفاق می آفتد این است که پوست بدن در نقاط اتصال به سیم می سوزد و مقاومت لایه چربی از بین می رود و لذا مقاومت مدار کم می شود. در شکل (B) مدار از طریق بدن و اتصال به زمین و نوترال که در پست ترانسفور ماتور به زمین متصل است (دلیل این نحوه اتصال را بعداً خواهیم دید) تکمیل می شود. مقاومت اتصال بدن به زمین بستگی به وضعیت زمین و پاپوش شخص دارد. مثلاً اگر شخصی کفشی با کف لاستیکی به پا داشته باشد و روی قالی کلفت و خشکی ایستاده باشد مقاومت بسیار زیاد خواهد بود و این برق گرفتگی معمولاً منجر به مرگ نمی گردد .

لیکن در صورتی که شخص با پای برهنه روی زمین مرطوب یا تر ایستاده باشد مقاومت مدار کم می شود و جریانهایی که برقرار می شود کشنده خواهند بود. به طوری که ملاحظه می کنید در حالات عادی برق گرفتگی در اثر اتصال قسمتی از بدن به سیم فاز یا سیم گرم صورت می گیرد و لذا برای جلوگیری از برق گرفتگی سیمها و دیگر اجزاء فلزی را که در شرایط عادی حامل الکتریسیته هستند عایق بندی می کنیم و قسمتهای برق دار وسایل را طوری در داخل جعبه ها یا محفظه ها تعبیه می کنیم که دست زدن به آنها به طوری سهوی ممکن نباشد. به طوری که می دانید بسیاری از وسایل برقی دارای بدنه فلزی هستند که در صورت خرابی عایق سیمها یا دیگر اجزاء داخلی و اتصال فاز به بدنه گرم و خطرناک می شوند. برای جلوگیری از این پیشامدها به دو طریق عمل می کنیم. یک روش که به عایق بندی دوبل معروف شده است عبارت از این است که بدنه فلزی را کاملاً از پوشش

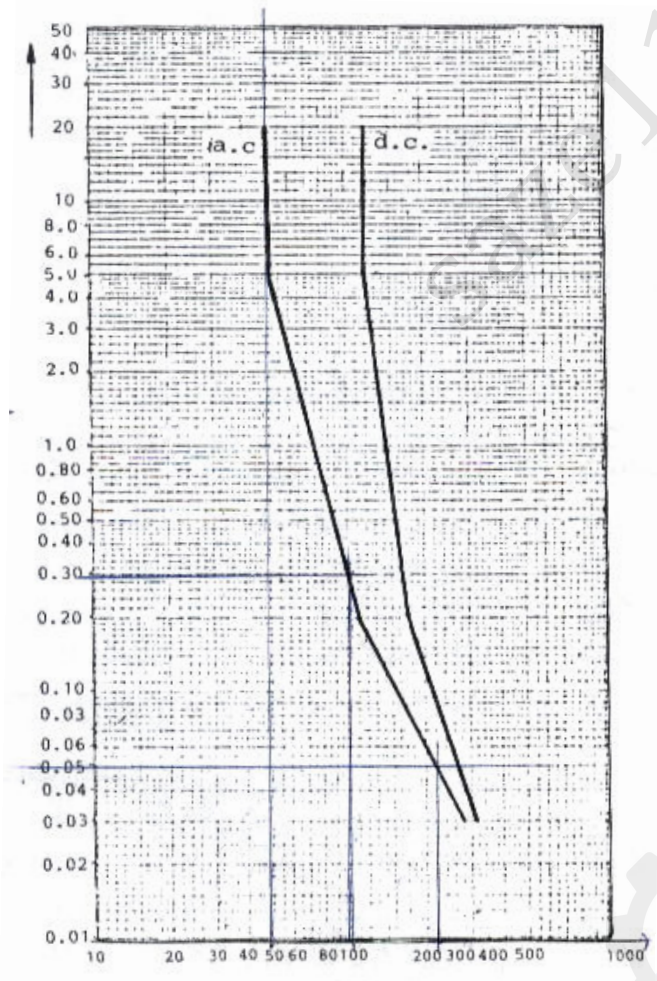
www.Kargosha.com

پلاستیکی عایق می پوشانیم به طوری که تماس با بدنه فلزی ممکن نشود و در مواردی که بدنه فلزی ضروری نباشد بدنه را کلاً از پلاستیک عایق می سازیم. روش دوم که به زمین کردن حفاظتی موسوم است عبارت از این است که بدنه فلزی دستگاهها را به زمین متصل می کنیم. نظر به اینکه سیم نوترال هم در پست توزیع به زمین متصل است در صورت خرابی و اتصال فاز به بدنه جریان زیادی ندارد شامل سیم فاز و زمین برقرار می شودکه منجر به ذوب فیوز و رفع خطر می گردد. این روش در شکل ۱-۲ نشان داده شده است و به دلیل اهمیت زمین کردن حفاظتی و زمین کردن نوترال یک فصل کتاب را به این امر اختصاص داده ایم.



شکل ۱-۲ رفع خطر برق گرفتگی از طریق زمین کردن حفاظتی درحالت اتصال فاز به بدنه

بدیهی است که مقاومت اتصال به زمین باید از حد معمولی کمتر باشد تا این روش حفاظتی به درستی عمل کند. برای مثال اگر فیوز ۱۰ آمپری باشد و مقاومت اتصال به زمین ۳۰ اهم باشد جریانی برابر $\frac{220}{30}$ یا ۷/۳ آمپر در مدار برقرار می شود که قادر به ذوب فیوز و رفع خطر نخواهد بود و بدنه دستگاه گرم باقی خواهد ماند. در چنین حالات بایستی از وسایل حفاظتی حساس تر مثل رله های اتصال زمین استفاده کرد که در صورت برقرار شدن جریانهای خیلی کوچک در مدار زمین در مدت کوتاهی عمل می کند و مدار را قطع می نماید. کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (به قسمت ب مراجعه شود) ولتاژ برق متناوب و مستقیم که در صورت تماس با بدن شخصی که روی زمین ایستاده است بی خطر می باشد را مطابق شکل ۱-۳ تعیین نموده است. به طوری که از منحنی ملاحظه می کنید ولتاژ ۵۰ ولت را می توان برای مدت طولانی تحمل کرد لیکن ولتاژ ۱۰۰ ولت برای مدتی بیشتر از ۰/۳ ثانیه و ولتاژ ۲۲۰ ولت برای مدتی بیشتر از ۰/۰۵ ثانیه قابل تحمل نمی باشد. بنابراین وسایل حفاظتی باید طوری انتخاب شوند که در مدت مجاز مدار را قطع کنند. برای مثال اگر سیم فاز ۲۲۰ ولت مستقیماً به بدنه برخورد کند ولتاژ بدنه برابر ۲۲۰ ولت خواهد شد و وسیله حفاظتی باید در مدت ۰/۰۵ ثانیه عمل کند تا شخصی که با بدنه در تماس است آسیب نبیند.



شکل ۱ ـ ۳ : تغییرات حداکثر ولتاژ قابل تحمل با مدت زمان تماس

www.Kargosha.com

اثر جریانهای برق روی بدنه انسان به وسیله آزمایشهای بسیاری که روی انسان و حیوانات هم جثه انسان انجام شده است برای برق ۵۰ هرتز به شرح زیر تعیین شده است.

اثر	جریان (بر حسب میلی آمپر)
غیر قابل تشخیص	I < ۱
همراه با ناراحتی قابل تحمل	۱ < I < ۵
همراه با ناراحتی شدید	۵ < I < ۱۲
آستانه از دست رفتن کنترل عضلات و قدرت رها کردن سیم ها	I =۱۶ (مردان) I =۱۰/۵ (زنان)
اختلال سیستم تنفسی	I > ۳۰
بی نظمی یا توقف کامل قبل یا هلاکت	I > ۷۵

در فرکانسهای کم ۵۰ تا ۶۰ هرتز جریانی که به بدن وارد می شود، تقریباً به طور یکسان در بدن تقسیم می شود ودر صورتی که قلب یا مرکز کنترل تنفس در مغز در مسیر جریان قرار گیرد موجب برق گرفتگی می شود. با احتساب مقاومت بین دو دست برابر ۱۰۰۰ اهم ملاحظه می کنید که ولتاژهای بیشتر از ۷۵ ولت بین دو دست انسان بسیار خطرناک است. در فرکانسهای بالاتر (بیشتر از ۱۰ کیلوهرتز) جریان ورودی به بدن به سطوح خارجی بدن محدود می شود و از قسمتهای حساس داخلی نمی گذرد. برای مثال در فرکانس ۵۰ هرتز جریانهای بیشتر از ۱ میلی آمپر قابل تشخیص هستند در حالی که در فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز به جریانهای کمتر از ۱۰۰ میلی آمپر قابل تشخیص نیستند.

۱-۲- احتیاطهای ایمنی

برای جلوگیری از برق گرفتگی لازم است به توصیه های زیر توجه شود:

الف – هیچگاه روی مدار برق دار (گرم) کار نکنید. معمولاً قطع برق برای مدت کوتاه در برخی ساعات بدون اشکال است.

ب – قبل از شروع کار مدار را امتحان کنید و از گرم نبودن آن اطمینان حاصل کنید. به قطع بودن کلید اکتفا نکنید زیرا ممکن است کلید اشتباهاً روی سیم نوترال نصب شده باشد.

در صورتی که کلید از محل کار دور است به ترتیبی اطمینان حاصل کنید که در طی مدت کار شخص دیگری امکان بستن کلید را نداشته باشد.با زدن قفل به درب جعبه کلید یا نصب تابلوی اعلام خطر و یا نگهداری فیوزها در جیب خود می تواند این کار را انجام دهید.

ت – در صورتی که مجبور به کار روی سیستم برق دار هستید از کفشهای کف پلاستیکی و از ابزار مناسب با عایق بندی سالم استفاده کنید. همیشه در نظر داشته باشید که عایق ابزار به مرور زمان معیوب می شود. در صورت امکان تنها با یک دست کار کنید و دست دیگر را در جیب خود نگه دارید تا مدار الکتریکی بسته از طریق نقاط حساس بدن شما تشکیل نشود.

۱-۳- نجات مصدومین برق گرفتگی

به طوری که قبلاً نیز گفته شد برق گرفتگی شدید با فلج شدن دستگاه اعصاب همراه است. در بسیاری از موارد قلب مصدوم به کار خود ادامه می دهد لیکن سیستم تنفسی از کار می آفتد و در صورتی که کمک فوری به مصدوم نرسد خواهد مرد. به محض مشاهده مصدوم که در اثر برق گرفتگی بیهوش شده است باید بدون فوت وقت عملیات زیر را انجام داد:

www.Kargosha.com

الف- اطمینان حاصل کنید که مصدوم به برق متصل نباشد چه در آن صورت به محض تماس شما هم دچار برق گرفتگی خواهید شد در صورتی که امکان کلید برق را قطع کنید یا به وسیله جسم عایقی مثل چوب ، سیم را از او دور کنید و یا به وسیله گرفتن لباس خشک مصدوم او را به آرامی کشیده و از سیم دور کنید.

ب- اگر قلب از کار ایستاده باشد باید ماساژ قلبی داده شود. در یک روش قدیمی با دست روی سینه (روی قلب) مصدوم ۶۰ تا ۸۰ مرتبه در دقیقه فشار زیاد وارد می آورند و امروزه از دستگاههایی که به این منظور ساخته شده است استفاده می شود. ماساژ قلبی کار آسانی نیست و باید توسط شخص متخصص انجام می شود لیکن چون نرسیدن خون به مغز به مدت ۵ دقیقه سبب مرگ می شود، بهتر است این کار هرچه زودتر و در صورت امکان توسط متخصص آغاز شود.

پ – اگر قلب تپش عادی دارد ولی مصدوم تنفس نمی کند، باید بدون فوت وقت تنفس مصنوعی آغاز می شود. اگر تا ۲ دقیقه بعد از سانحه تنفس شروع شود، شانس نجات خیلی زیاد است و اگر بعد از ۱۰ دقیقه تنفس آغاز شود شانس نجات کم می شود، لیکن دیده شده است که شروع تنفس حتی نیم ساعت بعد از سانحه سبب نجات شده است. در یک روش قدیمی تنفس مصنوعی، مصدوم را به روی شکم می خواباندند و با وارد کردن فشار روی شانه های او هوا را از ششهای وی خارج می کردند و با بالا کشیدن کتف های او و آزاد کردن سینه، هوا در آن وارد می کردند. این روش با اینکه جان بسیاری از مصدومین را نجات داده است روشی کند است و در مواردی که مصدوم در اثر شوک یا افتادن دچار سوختگی یا شکستگی شده باشد، ممکن است صدمات بیشتری وارد کند. روش جدیدی از امروزه معمول است روش دهان به دهان نام دارد. در این روش مصدوم را به پشت می خوابانند و سرش را تا حد امکان به عقب می کشد تا راه هوا به ششها کاملاً باز شود. بینی او را فشار دو انگشت بسته به دهان خود را روی دهان مصدوم گذاشته در آن می دمند تا سینه او بالا آید. سپس خود نفسی گرفته با باز کردن بینی مصدوم اجازه می دهند هوا از ششهای وی خارج شود. این سیکل کامل را ۱۰ تا ۱۲ مرتبه در دقیقه تکرار می کنند تا مصدوم شروع به تنفس طبیعی کند. تنفس مصنوعی را باید حوصله ادامه داد، دیده شده است که مصدومی بعد از ۱۰ ساعت تنفس مصنوعی نجات یافته است.

ت – کسی را برای مطلع ساختن پزشک بفرستید. در صورتی که دست تنها هستید در حین دادن تنفس مصنوعی با فریاد زدن طلب کمک کنید.

ث- هیچگاه مواد خوراکی یا نوشیدنی به مصدوم بیهوش ندهید .

۱-۴- لزوم کنترل مرغوبیت وسایل و وضع و رعایت مقررات ایمنی

با آنچه تاکنون دیده شده است سعی در کاهش خطرات ناشی از برق امری طبیعی به نظر می رسد که از دو طریق ممکن است. اول از طریق کنترل مرغوبیت و کیفیت مواد وسایل مورد استفاده که توسط کارخانجات مختلف ساخته و به بازار عرضه می شود و دوم از طریق وضع و اجرای مقررات که ضامن ایمنی سیستمهای برق رسانی باشد. در کشورهای مختلف از سالیان پیش سازمانهایی جهت انجام مقاصد فوق تشکیل شده است و نظر به اینکه ما مصرف کننده بسیاری مصنوعات الکتریکی از این کشورها هستیم، آشنایی مختصر با استانداردهای آنها بسیار مفید است و در مقایسه با روشهای کشور خودمان نیز سودمند است.

۱-۴-۱- مقررات ایمنی و کنترل مرغوبیت در برخی کشورهای خارجی

بسیاری از کشورهای صنعتی جهان برای سالیان دراز دارای مقررات ایمنی بوده اند. مثلاً در ایالات متحده آمریکا از سال ۱۸۹۰ مقررات ایالتی موجود بوده و در سال ۱۸۹۷ مقررات مملکتی به نام مقررات ملی برق[11] وضع شده که به طور مرتب مورد تجدید نظر قرار می گرفته است. هدف این مقرات حفاظت اشخاص، ساختمانها و محتویات آنها از خطرات ناشی از الکتریسیته می باشد. پروژه های برق رسانی اعم از خانگی یا صنعتی پس از تکمیل مورد بازرسی بازرسان دولتی قرار می گیرد و در صورتی که کارها مطابق

[1] - Nationa Electrical cod (NEC)

www.Kargosha.com

مقررات انجام شده باشد جواز لازم صادر می شود و اتصال سیستم به شبکه توسط شرکتهای برق منطقه ای بلامانع است. اجرای این مقررات در شروع صنعت برق رسانی بسیار مشکل بود لیکن با پیشرفت تکنولوژی ساختن وسایل ایمنی ممکن شده است و اجرای مقررات آسانتر گردیده است. مثلاً در قوانین سال ۱۸۹۰ آمریکا لازم بود هر مدار برقی را حداقل دوبار در روز برای اندازه گیری جریان نشتی به زمین به علت عایق معیوب مورد آزمایش قرار دهند . نظر به اینکه وسایل الکتریکی غیر مطمئن و ناقص با وجود سیم کشی صحیح و مطابق مقررات موجب بروز حوادثی می گردد ، آزمایشگاههایی به نام آزمایشگاه های بیمه گران[۲] در آمریکا دائر گردیده که دارای شعباتی در بعضی شهرهای بزرگ آمریکا می باشد. کارخانجات سازنده وسایل الکتریکی در صورت تمایل نمونه هایی از وسایل خود را برای آزمایش به این آزمایشگاه های می فرستند. در صورتی که در طی آزمایشهای دستگاهها از حداقل ایمنی مقرر برخوردار باشد به سازنده اجازه داده می شودکه علامت آزمایشگاه را به نشانه تایید روی این قبیل دستگاههای خود درج کنند. آزمایشگاها این قبیل آزمایشها را به طور مرتب روی این وسایل تکرار می کنند و هر زمان که کیفیت آنها از حداقل مقرر پایینتر باشد، استفاده از علامت تایید به ممنوع می گردد. خریداران وسایل هم طبیعتاً برای راحتی خیال خود وسایلی را که مورد تأیید این آزمایشگاهها قرار گرفته اند خریداری می کنند.

در انگلستان مقررات مشابهی به نام مقررات برای وسایل برق خانگی[۲۳] موجود است که توسط جامعه مهندسان برق وضع گردیده است. مشخصات کیفی وسایل، روشهای آزمایش تأیید وسایل برقی و غیر برقی توسط انستیتو استاندارد بریتانیا[۴] تعیین می شود.

در آلمان غربی مقررات مشابهی برقرار است که توسط جامعه مهندسان آن کشور وضع شده و کیفیت وسایل برقی توسط استانداردهای VDE[۳۵] و یا DIN معین می شود.نظر به اینکه بسیاری از مصنوعات برقی از آلمان به ایران وارد می شود و یا توسط شرکتهای دو ملیتی آلمانی و ایرانی در ایران مطابق استانداردهای آلمانی ساخته می شود آشنایی با این استانداردها دارای اهمیت زیاد است.

۱-۴-۲- مقررات ایمنی و کنترل مرغوبیت وسایل در ایران

حدود ۳۰ سال پیش سازمانی به نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تأسیس گردید که هدف آن آزمایش و تأیید همه فراورده های صنعتی می باشد و برخی تولید کنندگان علامت تأیید این مؤسسه را روی وسایل سخت خود نصب می کنند. استانداردهای برقی این مؤسسه از استانداردهای بین المللی اقتباس شده است. در حال حاضر این سازمان دارای آزمایشگاه های مجهزی برای انجام آزمایشهای تأیید وسایل برقی است.

در زمینه مقررات ملی، با این که جامعه ملی الکترونیک ایران چند سالی است موجودیت یافته است و برخی مقررات بین المللی را ترجمه کرده است، متاسفانه مقررات ملی ایمنی در برق رسانی تدوین نشده است. در قراردادهای تأسیسات بزرگ گاهی اجرای کارها بر اساس مقررات برقی کشورهای خارجی قید می شود ، لیکن در غالب موارد مخصوصاً در کارهای کوچک رعایت هیچگونه مقرراتی الزامی نیست و شرکتهای برق منطقه ای قبل از وصل برق هیچگونه مجوزی که دال بر بی عیب بودن سیستم داخلی باشد را خواستار نمی شوند .کراراً شاهد تلفات جانی و آتش سوزیها در اثر تأسیسات غیر فنی و نادرست و شبکه های توزیع معیوب بوده ایم که اسباب تأسف فراوان است. باعث تعجب بسیار است که در ایران عده زیادی از افراد بدون هیچگونه اطلاع برقی به خود اجازه نصب یا تعمیر دستگاهها و ادوات برقی را می دهند. برای جلوگیری از این نابسامانیها باید هرچه زودتر با استفاده از مقررات کشورهای پیشرفته خارجی یا مقررات بین المللی ظوابط کامل و مناسبی برای ایران تدوین گردد و همگان ملزم به رعایت آن شوند.

---

[2]- underwriter's Laboratories(UL)
[3]-Inestitution of Electricel Engineers Regulation for the Electricel Equipment of Buliding 14 th,edition, 1970
4-british standards Institution
5-Verein Deutscher Elektrotechniker

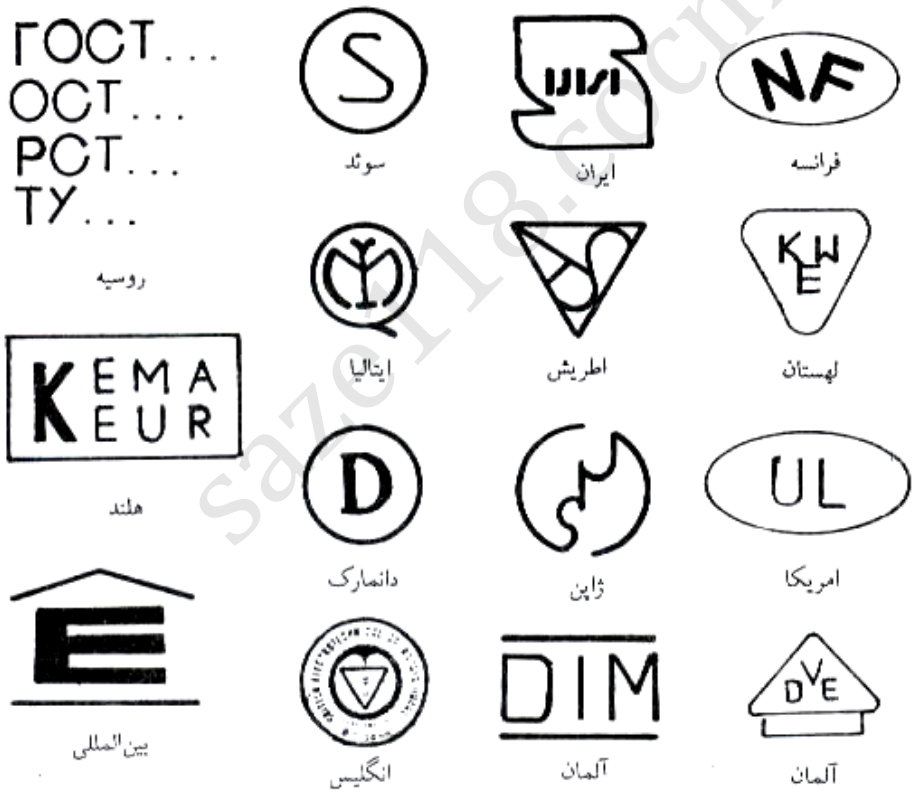
www.Kargosha.com

۱-۴-۳-مقررات بین المللی ایمنی و کنترل مرغوبیت

به منظور هماهنگ نمودن مقررات ایمنی برق و ضوابط مربوط به کنترل کیفیت وسایل برقی کشورهای مختلف، در سال ۱۹۰۴ جلسه ای از نمایندگان تعدادی از کشورهای اروپایی و آمریکایی در شهر سن لوییس آمریکا تشکیل شد. متعاقب آن در سال ۱۹۰۶ کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک[۴۶] تشکیل شد که اهم کار آن پذیرش سیستم آحاد بین المللی در دهه ۱۹۳۰ است. در سال ۱۹۶۷ این کمیسیون از طرف سازمان ملل متحد مأموریت یافت که مقررات ایمنی برق رسانی را تدوین نماید. کمیته ای به نام۶۴ tc مسئول تهیه مقررات لازم برای تاسیسات برقی ساختمانها گردید که گزارش ۳۶۴ را تدوین نمود. این مقررات برای استفاده کشورهای در حال توسعه که مقررات ملی ندارند در نظر گرفته شده است،لیکن کشورهای صنعتی جهان هم برای توسعه تجارت خارجی خود نسبت به هماهنگ نمودن مقررات ملی خود با مقررات بین المللی اقدام نموده اند.

۱-۴-۴- علائم استاندارد

علائم استاندارد که قاعدتاً معرف مرغوبیت مصنوعات الکتریکی است برای برخی از کشورها که کالاهایشان در ایران مورد استفاده قرار می گیرد جهت آشنایی در ذیل داده شده است.



شکل ۱ ـ ۴ : علائم استاندارد مرغوبیت وسایل ۱۳ کشور جهان

[4] - International Electrotechnical commi (IEC) commission Internationale d'Electrotechnique(CIE)

www.Kargosha.com

فصل دوم

شبکه های برق رسانی و مدارهای برقی

در ابتدای صنعت برق شبکه های کوچک برق مستقیم مورد استفاده بودند , لیکن برق متناوب به دلیل سهولت تولید و انتقال به سرعت جانشین برق مستقیم گردید. به طوری که می دانید تولید انرژی الکتریکی امروزه در نیروگاههای بزرگ با راندمان بالا انجام می شود. به دلایل اقتصادی و فنی ولتاژ آلترناتورها به حداکثر ۲۰ کیلو وات محدود است. به منظور کاهش دادن تلفات در انتقال انرژی به نقاط دور ولتاژ برق را با استفاده از ترانسفورماتورها افزایش می دهند و از طریق شبکه بهم پیوسته به نقاط دور منتقل می کنند (حداکثر ولتاژ شبکه ایران ۴۰۰ کیلو وات است) . در نزدیکی شهرها ولتاژ را به کمک ترانسفورماتورها به حدود ۶۳ کیلو وات کاهش می دهند و خط ۶۳ کیلو ولت به صورت حلقه ای شهر را دور می زند. در نزدیکی مراکز بار ولتاژ را به ۲۰ کیلو ولت یا ۱۱ کیلو ولت*[1] کاهش می دهند که در پستهای توزیع به ولتاژ مصرفی ۳۸۰ ولت تبدیل می شود. با اینکه غالباً در برق رسانی از ولتاژ ۳۸۰ولت استفاده می شود بسیاری از مصرف کنندگان بزرگ برق را در ولتاژ ۲۰ کیلو ولت یا ۱۱ کیلو ولت خریداری می کنند و در پست خصوصی خود ولتاژ آن را کاهش می دهند و لذا آشنایی مختصری با پستهای توزیع ضروری است.

در این فصل با پست توزیع، شبکه های توزیع و مدارهای تک فاز و سه فاز آشنا خواهیم شد.

۱-۲- پست توزیع خصوصی

پست توزیع خصوصی را در مرکز بار قرار می دهیم تا طول خطوط برق رسانی، تلفات انرژی و افت ولتاژ به حداقل ممکن برسد. ظرفیت پست تعداد ترانسفورماتورها را بر اساس میزان بار ، ضریب اطمینان لازم ، قیمت اولیه و هزینه تلفات انرژی از بین اندازه های استاندارد معین می کنیم. به منظور کاهش دادن وسایل ذخیره یا رزو یدکی در صورت امکان از ترانسفورماتورهای هم ظرفیت یکسان استفاده می شود. اندازه های استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع ۲۰ کیلو ولت به ۴۰۰ ولت برحسب کیلو ولت آمپر در جدول ۲-۱ آمده است. کارخانه ایران ترانسفورماتور بسیاری از این اندازه های استاندارد را در ایران تولید می کند.

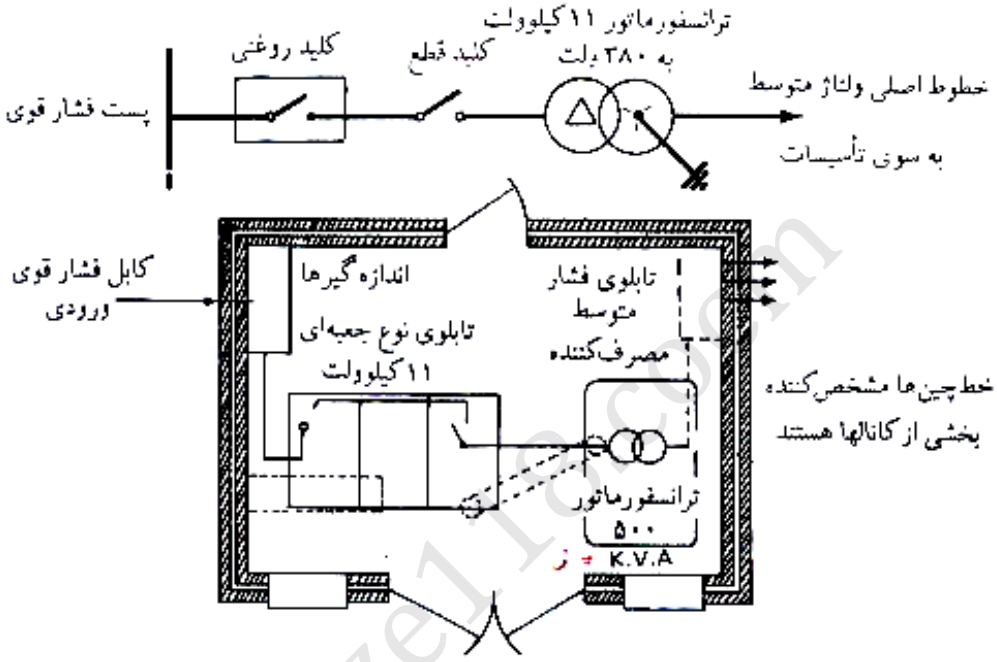
جدول ۲-۱ : اندازه های استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع به کیلو ولت آمپر

۵	۱۰	۲۰	۳۰	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰
۲۵۰	۳۱۵	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰

*شبکه های توزیع قدیمی در ولتاژ ۱۱ کیلو ولت کار می کردند. امروزه در غالب شهرهای بزرگ این شبکه ها به ۲۰ کیلو ولت تبدیل شده اند.

www.Kargosha.com

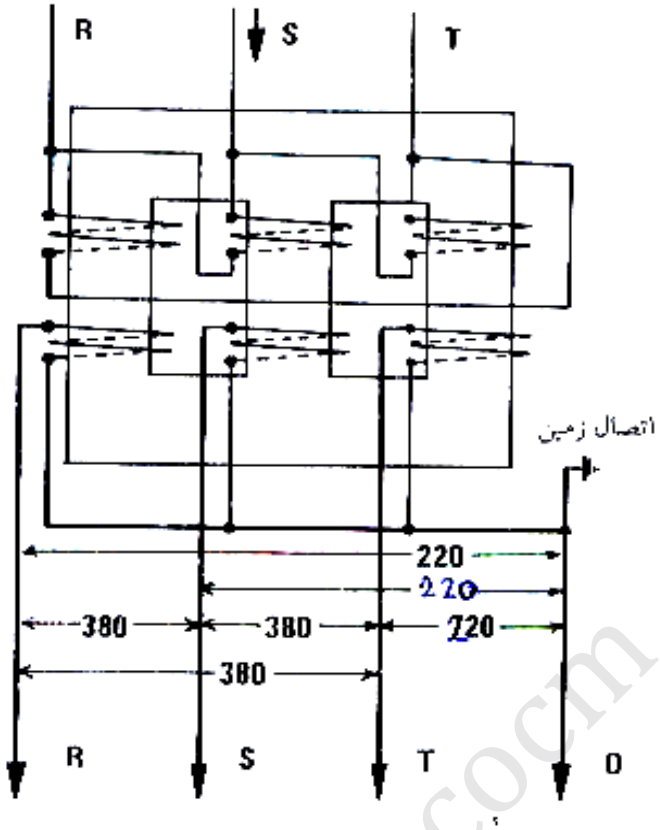
برای نمونه مدار تک سیمی و ترتیب قرار گرفتن وسایل در یک پست توزیع ۵۰۰ کیلو ولت آمپر ۱۱ کیلو ولت به ۳۸۰ ولت در شکل۲-۱ نشان داده شده است. مساحت اتاق پست در حدود ۲۰ متر مربع و ارتفاع سقف آن در حدود ۲/۷۵ متر است. درب اصلی باید بزرگ باشد و به طرف خارج باز شود به طوری که بتوان ترانسفورماتور و دیگر وسایل را به سهولت به داخل برد. سقف باید دارای استحکام کافی باشد تا بتوان با آویختن زنجیر از آن ترانسفورماتور و دیگر وسایل را در جای خود مستقر نمود. به طوری که ملاحظه می کنید کابل ولتاژی قوی و وسایل اندازه گیری و تابلو ۱۱ کیلو ولت در یک طرف اتاق قرار دارند. تابلو ولتاژ قوی به یک کلید با قطع اتوماتیک و یک کلید جدا کننده مجهز است.تابلوی ولتاژ ضعیف به دلایل ایمنی در طرف دیگر اتاق مستقر است. اولیه ترانسفورماتور به صورت مثلث و ثانویه آن به صورت ستاره متصل است. وضعیت واقعی اتصال ترانسفورماتور در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ ـ ۱ : پست توزیع ۵۰۰ کیلوولت آمپری ۱۱ کیلوولت به ۳۸۰ ولت

به طوری که ملاحظه می کنید سه سر سیم پیچهای ثانویه به هم متصل شده اند که نقطه نوترال یا خنثی نامیده می شود و با حرف o مشخص شده است. سه سر دیگر با حروف T.S.R مشخص گردیده اند. نقطه نوترال رادر محل پست به زمین اتصال می کنیم. این عمل از طریق کوبیدن میله های فلزی بلند در زمین مرطوب و اتصال آنها به یکدیگر و به نقطه نوترال انجام می شود. علت انجام این عمل این است که در صورتی که یکی از فازها به بدنه ترانسفورماتور اتصالی پیدا کند ولتاژ فازهای سالم نسبت به بدنه یا نسبت به زمین که بدنه ترانسفورماتور روی آن قرار گرفته و با آن در تماس است از مقدار اسمی آن متجاوز نگردد. اگر نوترال به زمین متصل نباشد در صورت اتصال یک فاز به بدنه ولتاژ فازهای سالم نسبت به بدنه برابر ولتاژ خط یعنی ۳۸۰ ولت می شود که کار عایق بندی را خیلی مشکلتر می کند. همچنین در محل اتصال فاز به بدنه جرقه الکتریکی برقرار می شود و دائماً قطع و وصل می شود و باعث تغییر ولتاژ فازهای سالم و اختلال در قسمت سالم شبکه میگردد. به این دلایل برخی دیگر امروزه در همه شبکه های توزیع سیم نوترال را به زمین متصل می کنیم و شبکه های با نوترال زمین نشده معمول نمی باشند. به طوری که قبلاً دیده ایم در این شبکه ها در صورتی که شخصی که روی زمین ایستاده است با یکی از فازها تماس حاصل کند دچار برق گرفتگی خواهد شد.

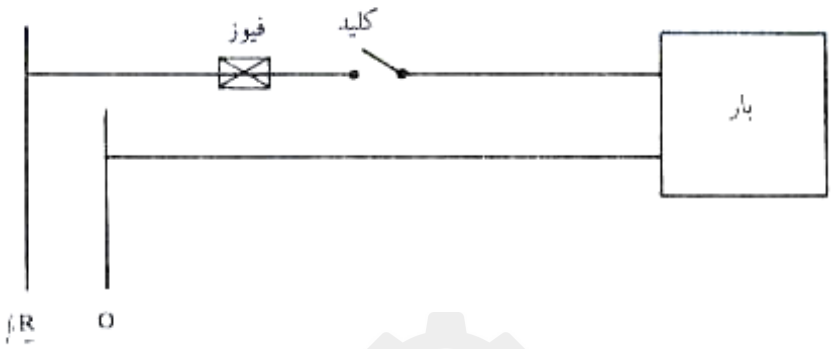
www.Kargosha.com



شکل ۲ ـ ۲ : اتصال الکتریکی یک ترانسفورماتور توزیع

۲-۲ مدار برقی و برخی کمینهای برقی

تغذیه بارهای الکتریکی توسط مدار برقی انجام می شود. هر مدار علاوه بر سیمهای رابط شامل سه جزء منبع تغذیه، وسایل حفاظت و کنترل و بار می باشد. یک مدار ساده در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.در این مدار منبع تغذیه برق تک فاز است که از شبکه توزیع گرفته می شود. وسیله حفاظت یک فیوز و وسیله کنترل یک کلید است و بار معمولاً ترکیبی از مقاومت و خود القاء می باشد. مدار برق تشابه نزدیکی به شبکه آبرسانی دارد. ولتاژ منبع تغذیه به مثابه فشاری است که تلمبه یا ارتفاع تانک ذخیره تأمین می کند واحد آن ولت است. منبع تغذیه ای که به هر کولمب بار الکتریکی یک ژول انرژی می دهد. دارای ولتاژ یک ولت است بنابراین یک ولت برابر یک ژول بر یک کولمب است.



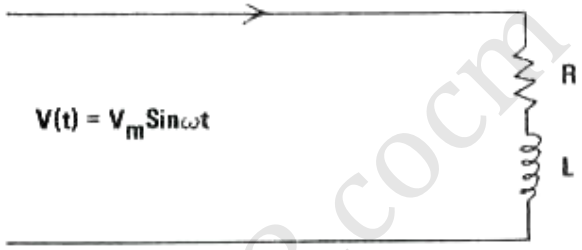
شکل ۳-۲ : یک مدار برقی ساده

www.Kargosha.com

منبع تغذیه تک فاز معمول متناوب با تغییرات سینوسی است که دامنه آن ۲۲۰ $\sqrt{2}$ ولت و مقدار موثر آن ۲۲۰ ولت است. جریان مدار مشابه میزان آبی است که در هر ثانیه از لوله آب می گذرد. در صورتی که در یک ثانیه یک کولمب بار الکتریکی از مقطع سیم مدار عبور کند جریان برابر یک آمپر است. انرژی الکتریکی بر حسب ژول اندازه گیری می شود که با توجه به تعریف ولت برابر ولت کولمب می باشد واحد توان الکتریکی وات است که برابر ژول بر ثانیه است. بنابر این ژول برابر وات ثانیه است که واحد کوچکی است و در عمل از واحد بزرگتری که کیلو وات ساعت است استفاده می شود.

۲-۳ جریان و توان در مدارهای تک فاز

بارهای الکتریکی معمولاً از دو جزء مقاومت و خود القاء تشکیل می شوند. بعضی از بارها نظیر لامپهای التهابی از مقاومت تشکیل شده و بعضی از مقاومت تشکیل شده و بعضی دیگر مانند لامپهای مهتابی و موتورهای تک فاز برقی شامل مقاومت و خود القاء می باشند. بارهای الکتریکی به ندرت شامل خازن هستند و به طوری که خواهیم دید خازنها برای اصلاح ضریب توان بارها مورد استفاده قرار می گیرند. باری متشکل از ترکیب متوالی یک مقاومت R اهم و خود القای L هنری را مطابق شکل ۲-۴ در نظر بگیرید. ولتاژ منبع تغذیع متناوب با تغییرات سینوسی با دامنه V_m و فرکانس زاویه ای ω است.



شکل ۲ ـ ۴ : مداری شامل مقاومت و خودالقاء متصل به منبع تغذیه

ولتاژ منبع تغذیه برابر مجموع ولتاژ دو سر مقاومت و ولتاژ دو سر خود القاء است. بر اساس قانون اهم ولتاژ دو سر مقاومت با جریان آن مقدار مقاومت متناسب است. همچنین آزمایش نشان می دهدکه ولتاژ دو سر خود القاء با ضریب خود القایی و مشتق جریان نسبت به زمان متناسب است. بنابراین:

$$V_m \sin \omega t = Ri + L\frac{di}{dt}$$

پس از حل معادله دیفرانسیل بالا معادله جریان از این قرار می شود:

$$i(t) = \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \Phi) + \frac{V_m}{Z}\sin\Phi e^{-t/LR} \qquad (۱-۲)$$

جمله دوم که با گذشت زمان کاهش می یابد قسمت گذاری جریان است مورد توجه ما نیست. جمله اول قسمت ماندگار است که شکل سینوسی دارد. دامنه جریان برابر است با:

$$I_m = \frac{V_m}{Z} \qquad (۲-۲)$$

در معادلات بالا Z امپدانس یا مقاومت ظاهری مدار است و به صورت زیر می باشد:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \qquad (۳-۲)$$

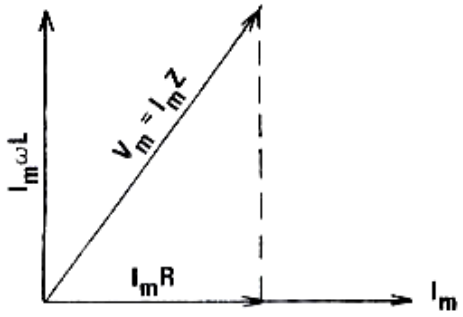
و زاویه تأخیر جریان مدار نسبت به ولتاژ است و تانژانت زاویه از این قرار است:

$$\tan\Phi = \frac{\omega L}{2} \qquad (۴-۲)$$

www.Kargosha.com

در صورتی که L را برابر صفر انتخاب کنیم Z برابر R و Ø برابر صفر می شود و هیچگونه اختلاف فازی بین ولتاژ و جریان به وجود نمی آیند. در صورتی که R را برابر صفر اختیار کنیم Z برابر ωL و Ø برابر ۹۰ درجه می شود که به این معنی است اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان برابر ۹۰ درجه است. بنابراین در حالت کلی زویه Ø بین صفر و ۹۰ درجه تغییر است.

رابطه ولتاژ و جریان را به صورت تصویری بر حسب فیزورها می توان نشان داد. در صورتی که جریان را به صورت فیزور مبنا روی محور افقی انتخاب کنیم ولتاژ دو سر مقاومت هم فاز با جریان و ولتاژ دو سر خود القاء نسبت به جریان ۹۰ درجه تقدم فاز خواهد داشت. مجموع برداری دو ولتاژ برابر ولتاژ منبع تغذیه می شود. این تصویر فیزوری در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲ ـ ۵ : نمایش فیزوری روابط مدار شکل ۲ ـ ۴

در صورتی که در شکل ۲-۴ به جای خود القاء از خازنی به ظرفیت c فاراد استفاده می شد امپدانس خازن برابر $\frac{1}{c\omega}$ می شد و جریان نسبت به ولتاژ تقدم فاز پیدا می کرد. چون بارهای شامل خازن در عمل زیاد دیده نمی شوند این بحث را بیش از این در اینجا دنبال نمی کنیم و در فصل سوم که از خازنها برای بهبود ضریب قدرت مدارها استفاده می کنیم مدار شامل خازن را مطالعه خواهیم کرد.

برای محاسبه توان لحظه ای مدار شکل ۲-۴ ولتاژ رادر جریان ضرب می کنیم.

$$W(t)=\frac{V_m^2}{Z}\sin\omega t.\sin(\omega t-\Phi)$$

با بسط جمله بالا چنین می نویسیم:

$$W(t)=\frac{V_m^2}{2Z}\left[\cos\Phi+\cos(2\omega t-\Phi)\right]$$

ملاحظه می کنید که توان لحظه ای دارای یک مقدار ثابت و یک جمله با فرکانس 2ω است پس توان لحظه ای در یک سیستم تک فاز ضربه ای است.

برای محاسبه توان متوسط، توان لحظه ای را روی یک دوره تناوب کامل انتگرال می گیریم و حاصل را بر دوره تناوب تقسیم می کنیم.

$$W_{av}=\frac{1}{2\pi/\omega}\int_0^{2\pi/\omega}\frac{V_m^2}{Z}\sin\omega t.\sin(\omega t-\Phi)dt$$

$$W_{av}=\frac{V_m^2}{2z}\cos\Phi$$

و یا

$$W_{av}=\frac{V_m I_m}{2}\cos\Phi \qquad (۵-۲)$$

و یا بر حسب ولتاژ و جریان موثر که $\sqrt{2}$ برابر از مقادیر ماکزیمم مربوط کوچکتر هستند چنین می نویسیم:

$$W_{av}=V_e I_e.\cos\Phi \qquad (۶-۲)$$

www.Kargosha.com

ملاحظه می کنید توان مصرفی تابع ضریب توان مدار می باشد. در صورتی که بار مقاومت خالص باشد ضریب توان برابر یک است و در صورتی که بار خود القاء خالص باشد ضریب توان صفر می شود و مشخص کننده این حقیقت است که یک خود القای خالص توان مصرف نمی کند و تنها در نیمی از سیکل انرژی می گیرد و در میدان مغناطیسی اطراف خود ذخیره می کند و در نیم سیکل بعد از آن را به منبع تغذیه پس می دهد.

معادله (۲-۶) نکته مهمی را نشان می دهد. علی رغم تغییرات سینوسی ولتاژ و جریان با زمان در مدارهای برق متناوب برای محاسبه توان متوسط تنها مقادیر موثر ولتاژ و جریان لازم می شود و از این نظر خیلی شبیه محاسبات جریانهای برق مستقیم می باشد و تنها اختلاف این دو در وجود ضریب توان $\cos\Phi$ می باشد.

رابطه (۲-۲) برای ولتاژ و جریان موثر به صورت زیر در می آید:

$$I_e = \frac{V_e}{Z} \qquad (۲-۷)$$

چون در غالب محاسبات مهندسی با مقادیر موثر و توان متوسط سرو کار داریم و چون خطر بروز اشتباه وجود ندارد از این به بعد از ذکر کلیات موثر و متوسط خودداری می کنیم.

مثال ۲-۱

سیم پیچی دارای مقاومت ۸ اهم و ضریب خود القایی ۰/۰۳ هنری است و به برق معمولی (ولتاژ موثر ۲۲۰ ولت با فرکانس ۵۰ سیکل) متصل است. جریان و توان سیم پیچ را محاسبه کنید.

$$Z = \sqrt{(8)^2 + (2\pi \times 50 \times 0.03)^2} = 12.36$$

با استفاده از معادله (۲-۷)

$$I_e = \frac{220}{21.36} = 17.80$$

با استفاده از معادله (۲-۴)

$$\tan\Phi = \frac{2\pi \times 50 \times 0.03}{8} = 1.18$$

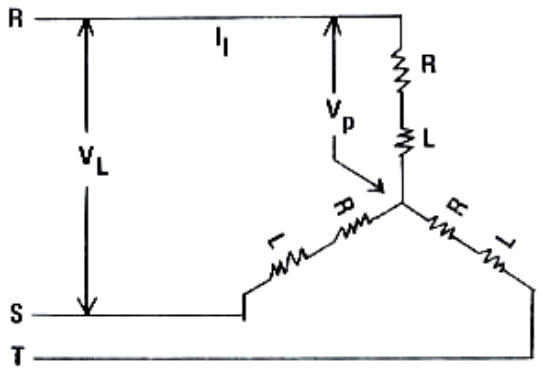
$$\Phi = 49.67$$

با استفاده از معادله (۲-۶)

$$W = 220 \times 17.80 \times \cos(49.67) = 2534.16$$

۲-۴- جریان و توان در مدارهای سه فاز

بیشتر بارهای صنعتی سه فاز هستند و از برق سه فاز تغذیه می شوند و از این نظر متعادل نامیده می شوند که امپدانس هر سه فاز یکسان است. در غالب بارهای صنعتی امپدانس معادل هر فاز ترکیبی از مقاومت و خود القاء می باشد. در شبکه های توزیع سه فاز و ولتاژ هر یک از فازها نسبت به نوترال ۲۲۰ ولت است لیکن این ولتاژها نسبت به یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند. ولتاژ بین هر دو فاز هم ۳۸۰ ولت است لیکن این ولتاژها نسبت به یکدیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز پیدا می کنند. اتصال بارهای الکتریکی سه فاز به دو صورت ستاره و مثلث انجام می شود. اتصال ستاره در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. در این اتصال امپدانس های سه فاز را در یک

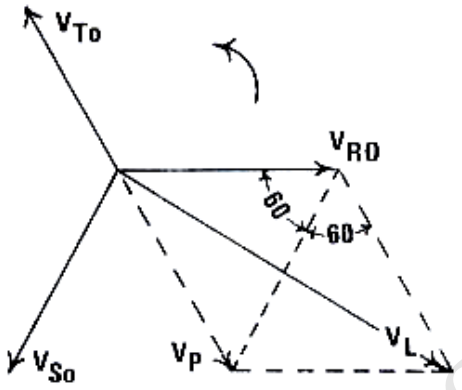


شکل ۲ ـ ۶ : اتصال بار به‌صورت ستاره

www.kargosha.com

نقطه به هم متصل می کنیم و سه خط شبکه توزیع را به سر باقیمانده متصل می کنیم.

ولتاژ بین دو خط شبکه را ولتاژ خط v_L و جریان خط را I_L می نامیم. ولتاژ هر فاز را با v_p، جریان هر فاز را I_p با نشان می دهیم. از شکل روشن است که در این اتصال جریانی که از یک خط می گذرد وارد یک فاز بار می شود و لذا جریان فاز با جریان خط برابر است. بر عکس چون دو فاز به سر v متصل است ولتاژ فاز را با ولتاژ خط برابر نیست. اگر سهواً اختلاف فاز بین ولتاژ فازهای مختلف را ندیده بگیریم ممکن است بگوییم که ولتاژ فاز نصف ولتاژ خط است که البته درست نیست . برای محاسبه رابطه بین و بایستی اختلاف فازها را در نظرگرفت و با این منظور آنها را بصورت بردار (یا اصطلاحاً فیزور) مطابق ۲-۷ در نظر می گیریم.



شکل ۲ ـ ۷ : نمایش فیزوری رابطه ولتاژهای خط و فاز در اتصال ستاره

سه ولتاژ فاز را با سه بردار به مقدار و با فازهای ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر ترسیم کرده ایم. ولتاژ بین هر دو خط را که با نشان می دهیم می توان با تفریق برداری ولتاژ دو فاز مربوط محاسبه کرد. برای این کار ولتاژ فاز اول را با منفی ولتاژ فاز دوم مطابق شکل جمع می کنیم. در مثلثهای قائم الزاویه نشان داده شده در شکل، رابطه مثلثاتی زیر برقرار است.

$$\frac{V_L/2}{V_p} = \cos(30) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

و یا

$$V_L = \sqrt{3} V_P$$

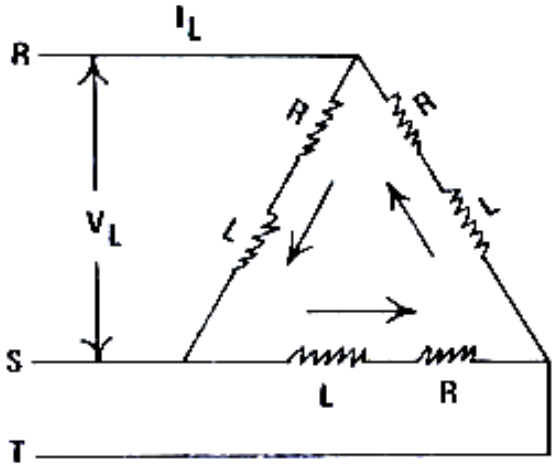
بنابر این در اتصال ستاره روابط بین ولتاژ و جریان خط با مقادیر مربوط فاز به این قرار است:

$$V_L = \sqrt{3} V_P = 1.73 \ V_P \qquad (۸-۲)$$

$$I_L = I_P \qquad (۹-۲)$$

در شکل (۲-۸) بار با اتصال مثلث نشان داده شده است و برای تغذیه آن سه خط مدار را به رئوس آن متصل می کنیم.

www.Kargosha.com



شکل ۲ ـ ۸ : اتصال بار به‌صورت مثلث

روشن است که در اتصال هر فاز بار بر سر ولتاژ متصل است و لذا فاز با ولتاژ خط برابر است. لیکن جریان خط برابر تفاضل برداری جریان دوفاز می باشد. به همان ترتیبی که برای ولتاژ ها در اتصال ستاره نشان داده ایم می توان به سهولت نشان داد که در اتصال مثلث جریان خط برابر جریان فاز است. بنابراین در اتصال مثلث روابط بین ولتاژ و جریان خط با مقادیر مربوط فاز به این قرار است.

$$V_L = V_P \qquad (۲-۱۰)$$

$$I_L = \sqrt{3} I_P \qquad (۲-۱۱)$$

توان موثر یک بار سه فاز متعادل بدون توجه به نحوه اتصال آن برابر توان یکی از فازهای آن است. بنابراین با استفاده از رابطه (۲-۶) توان سه فاز را بصورت زیر می نویسیم:

$$W = 3V_P I_P \cos\Phi$$

با توجه به روابط (۲-۸)و(۲-۹)ویا(۲-۱۰)و(۲-۱۱)ملاحظه می کنید که در هر مورد هر دو اتصال بر حسب و جریان خط به صورت زیر در می آید:

$$W = \sqrt{3} V_L I_L \cos\Phi$$

توجه داشته باشید که در رابطه بالا $\cos\phi$ ضریب توان هر یک از فازها می باشد. اگر بارهای سه فاز متعادل نباشند و یا شبکه نامتعادل باشد باید توان فازها را به طور جداگانه محاسبه و جمع کرد و استفاده از معادله (۲-۱۲) جایز نیست.

مثال ۲-۲

هر فاز یک بار سه فاز متعادل از ترکیب متوالی یک مقاومت ۵۰ اهمی و یک خود القاء ۰/۳ هنری تشکیل شده است. شبکه دارای ولتاژ خط ۳۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ سیکل است.

الف – جریان خط و توان بار را برای اتصال ستاره به دست آورید.

ب- جریان خط و توان بار را برای اتصال مثلث محاسبه کنید.

امپدانس هر فاز با استفاده از رابطه (۱-۳) چنین است:

$$X = \sqrt{(50)^2 + (2\pi \times 50 \times 0.3)^2} = 106.69$$

ضریب قدرت را با استفاده از رابطه (۱-۴) به دست می آوریم

$$\tan\Phi = \frac{2\pi \times 50 \times .3}{50} = 1.88$$

www.Kargosha.com

$$\Phi = 62.5$$

$$\cos\Phi = 0.47$$

الف – اتصال ستاره

با استفاده از (۲-۸)

$$V_P \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.39 \approx 220$$

با استفاده از (۲-۷) جریان یک فاز چنین است:

$$I_p = \frac{220}{106.69} = 2.06$$

با استفاده از رابطه (۲-۱۲) و با توجه به اینکه جریان خط با جریان فاز برابر است

$$W = \sqrt{3}\times 380\times 2.06\times 0.47 = 637.25$$

ب - اتصال مثلث

با توجه به اینکه ولتاژ فاز برابر ولتاژ خط است با استفاده (۲-۷) جریان فاز از این قرار است:

$$I_P = \frac{380}{106.69} = 3.56$$

با استفاده از (۲-۱۱) جریان خط از این قرار است

$$I_L = \sqrt{3}\times 3.56 = 6.17$$

با استفاده از (۲-۱۲) توان بار چنین است:

$$I_L = \sqrt{3}\times 3.56 = 10.68$$

$$W = \sqrt{3}\times 380\times 6.17\times 0.47 = 1908.65$$

توان لحظه ای یک بار سه فاز متعادل هم قابل بررسی است. اگر دامنه ولتاژ هز فاز و امپدانس هر فاز Z با زاویه θ باشد، توان لحظه ای سیستم سه فاز را با جمع کردن توان لحظهای فازها به صورت زیر بدست می آوریم:

$$W_{(t)} = \frac{V_m^2}{Z}\sin\omega t.\sin(\omega t - \Phi) + \frac{V_m^2}{Z}\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \Phi) + \frac{V_m^2}{Z}\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \Phi)$$

با بسط جملات نتیجه می گیریم که :

$$W(t) = \frac{V_m^2}{2Z}\left[\cos\Phi + \cos(2\omega t - \Phi) + \cos\Phi + \cos\left(2\omega t - \frac{4\pi}{3} - \Phi\right) + \cos\Phi + \cos\left(2\omega t - \frac{8\pi}{3} - \Phi\right)\right]$$

مجموع سه جمله سینوسی که نسبت به هم $\frac{2\pi}{3}$ رادیان اختلاف فاز دارند صفر است و لذا :

$$W(t) = \frac{V_m^2}{2Z}(3\cos\Phi) = 3V_e I_e \cos\Phi$$

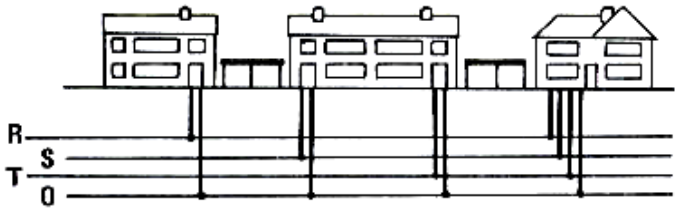
بنابراین توان لحظه ای در یک مصرف کننده سه فار مقدار ثابتی دارد و ضربه ای نیست .

۲-۵- شبکه های برق رسانی

توزیع برق از ثانویه ترانسفورماتور به وسیله خطوط هوایی یا کابلهای زیر زمین انجام می شود. در نقاط کم جمعیت به علل اقتصادی خطوط هوایی مورد استفاده قرار می گیرند لیکن در نقاط پر جمعیت به علل زیبایی و ایمنی از کابلهای زیر زمین برای

www.Kargosha.com

تغذیه بارهای صنعتی و خانه های مسکونی استفاده می شود. توزیع زیر زمین در حدود ۵ برابر توزیع هوایی هزینه بر می دارد. در شکل ۲-۹ برق رسانی به چهار خانه مسکونی نشان داده شده است.



شکل ۲ ـ ۹ : برق‌رسانی به چهار خانه مسکونی

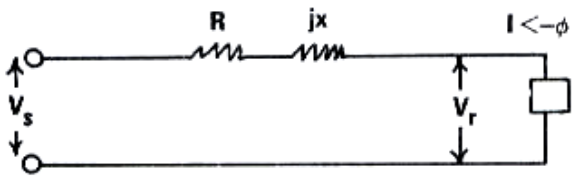
به طوری که ملاحظه می کنید سه خانه اول از برق تک فاز استفاده می کنند و هرکدام از یکی از فازها تغذیه می شوند. این عمل به منظور متعادل کردن با روی خط توزیع و در نتیجه با روی ترانسفورماتور انجام می شود. خانه چهارم که دارای احتیاجات الکتریکی بیشتر است از برق سه فاز تغذیه شده است. در صورتی که مصرف مشترکی از حدود ۱۰ کیلو وات بیشتر باشد. معمولاً برق سه فاز به مشترک داده می شود و این عمل نیز به منظور متعادل کردن بار(تساوی بار فازهای مختلف) ترانسفورماتور انجام می شود. اگر مشترک بار سه فاز مثل موتور شوفاژ سه فاز داشته باشد استفاده از این برق سه فاز الزامی است. در صورتی که مشترک هیچگونه بار سه فازی در خانه نداشته باشد بارهای تک فاز خود را به طور تقریباً برابر بین فازهای مختلف تقسیم می کند. بار الکتریکی خانه های مسکونی امروزی دائماً در حال افزایش است و لذا بیشتر خانه های نسبتاً بزرگ نوسان از برق سه فاز استفاده می کنند.

به طوری که گفته شد مشترکینی که دارای مصرف زیاد هستند به جای استفاده از شبکه توزیع ولتاژ ضعیف شهری ، برق در ولتاژ قوی (۱۱ هزار یا ۲۰ هزار ولت) خریداری می کنند و در پست خصوصی خود ولتاژ را کاهش می دهند.

در تغذیه بارهای کم اهمیت که قطع موقت برق برای آنها اشکال زیاد تولید نمی کند، به علل اقتصادی از شبکه های شعاعی که تنها از یک طرف تغذیه می شوند استفاده می شود. در این موارد هرگونه خطا در خط موجب قطع برق می شود. بارهای مهمتر که در آنها قطع موقت برق حتی به مدت کوتاه قابل تحمل نیست از شبکه های حلقه ای تغذیه می شوند. در این موارد در صورت وقوع خطا در یک قسمت شبکه مب توان قسمت معیوب را قطع کرد و بارها را از یک طرف تغذیه کرد. محاسبات افت ولتاژ در شبکه ها به سهولت قابل انجام است و در قسمتهای زیر تشریح می شود.

۲-۵-۱- محاسبات شبکه های شعاعی

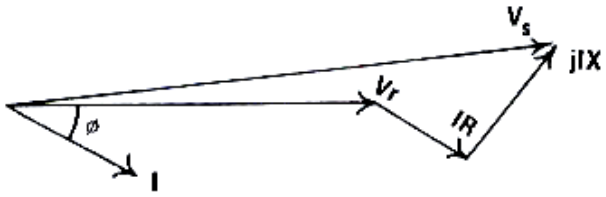
شبکه شعاعی تک فازی مطابق شکل(۲-۱۰) را در نظر بگیرید که دارای مقاومت کل R و راکتانس کل X اهم است. ولتاژ در ابتدای خط V_s و در سرباز V_r است. بار جریان I با ضریب توان تاخیری $\emptyset$ می کشد.



شکل ۲ ـ ۱۰ : شبکه تغذیه تک‌فاز

اگر را به عنوان فیزور مبنا اختیار کنیم، شکل فیزوری روابط مدار مطابق شکل ۲-۱۱ می شود.

www.Kargosha.com



شکل ۲ ـ ۱۱ : شکل فیزوری شبکه شکل ۲ ـ ۱۰

با توجه به این شکل رابطه چنین است :

$$V_s = V_r + IR + jIX \qquad (۱۳-۲)$$

برای پیدا کردن یک رابطه تقریبی بین مولفه افقی و قائم را به طور جداگانه به ترتیب به صورت زیر حساب می کنیم:

$$V_{s.h} = |V_r| + |I| R\cos\Phi + |I| X\sin\Phi$$

$$V_{s.v} = |I| R\sin\Phi + |I| X\cos\Phi$$

اگر از مولفه های قائم که نسبت به مولفه افقی خیلی کوچک است صرفنظر کنیم رابطه تقریبی زیر حاصل می شود.

$$|V_s| = |V_r| + |I| R\cos\Phi + |I| X\sin\Phi \qquad (۱۴-۲)$$

معادله تقریبی (۲-۱۴) حل مسائل مشکل را آسان می کند و جوابهای قابل قبولی به دست می دهد و در بسیاری موارد استفاده از معادله دقیق (۲-۱۳) ضرورت ندارد.

مثال ۲-۳

شبکه های تک فازی به مقاومت ۰/۴ اهم و راکتانس ۰/۱۵ اهم را در نظر بگیرید که یک بار ۵۰ آمپری با ضریب ۰/۸ تاخیری را تغذیه می کند. اگر ولتاژ سرباز ۲۲۰ ولت باشد، مقدار عددی ولتاژ سر شبکه را با استفاده از روابط دقیق و تقریبی محاسبه و مقایسه کنید.

با استفاده از (۲-۱۳) داریم:

$$V_S = 220 + 50(0.8 - j0.6)(0.4 + j0.15) = 220 + [50 < -36.87^\circ][0.427 < 20.56]$$

$$240.49 - j6 = 240.56 < -1.43^\circ$$

$$|V_s| = 240.56$$

با استفاده از (۲-۱۴) داریم :

$$V_S = 220 + 50\times 0.4\times 0.8 + 50\times 0.15\times 0.6$$

$$= 240.50$$

به طوری که ملاحظه می کنید اختلاف این دو ناچیز است.

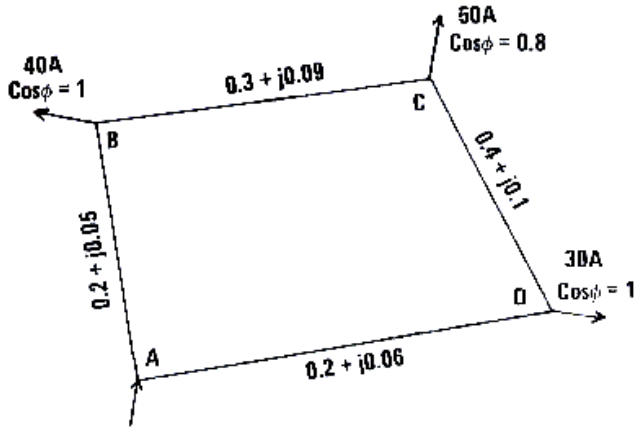
برای شبکه های سه فاز شعاعی به همین ترتیب محاسبات را برای یک فاز انجام می دهیم.

۲-۵-۲- محاسبات شبکه های حلقه ای

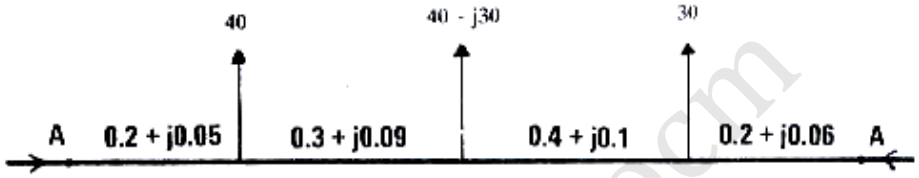
یک شبکه تک فاز حلقه ای مطابق شکل (۲-۱۲) را در نظر بگیرید که در نقطه A توسط منبعی به ولتاژ ۲۲۰ولت تغذیه می شود و امپدانس خطوط و جریان بارها به صورت زیر نشان داده شده اند و منظور محاسبه جریانهای در شبکه و ولتاژ در سر بارهاست.

این گونه شبکه ها را به شیوه های مختلف می توان حل کرد که شاید ساده ترین آن باز کردن شبکه در نقطه و نمایش آن به صورت شکل (۲-۱۳) باشد.

www.Kargosha.com



شکل ۲-۱۲ : شبکه تکفاز حلقه ای



شکل ۲ ـ ۱۳ : نمایش دیگری از شبکه حلقه‌ای شکل ۲ ـ ۱۲

اگر جریانی که از سمت چپ وارد شبکه می شود را X فرض کنیم، با توجه به اینکه دو نقطه A در سمت چپ مدار دارای ولتاژ برابر هستند رابطه زیر برقرار است:

$$X(0.2+j0.05)+(X-40)(0.3+j0.09)+(X-40-40+j30)$$
$$(0.4+j0.1)+(X-40-40+j30-30)(0.2+j0.06)=0$$

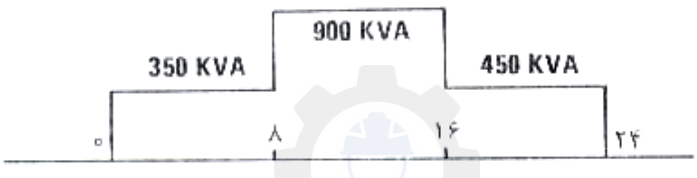
پس از حل معادله نتیجه می گیریم :

با دانستن این جریان، جریان همه قسمتهای شبکه معین و ولتاژ سر هر بار به سهولت قابل محاسبه است.

روش دیگر حل این مداراین است که قسمتی از شبکه شکل (۲-۱۲) برای مثال قسمت CD را باز کنیم و مدار معادل تونین شبکه را معین کنیم و سپس جریان در خط CD را محاسبه نماییم و آنگاه همه جریانها معلوم خواهند بود. حل شبکه از این طریق به عنوان تمرین به خوانندگان واگذار می کنیم.

مسائل فصل دوم

۱- وضعیت بار یک کارخانه در ساعات مختلف روز به صورت زیر است:



www.Kargosha.com

کارخانه برق ۲۰ کیلو ولت از شرکت برق منطقه ای خریداری می کند و دارای پست خصوصی است. چند مبدل و با چه ظرفیت برای پست توصیه می کنید.

۲- در آلترناتور خصوصی کارخانه ای با فرکانس ۵۰ هرتز، ولتاژ فاز تولیدی بدون بار به قرار زیر است:

$$v(t) = 220\sin\omega t + 11\sin 3\omega t + 3.67\sin 5\omega t$$

الف : معادله ولتاژ خط و مقدار موثر آن را برای اتصال آلترناتور به صورت ستاره و مثلث به دست آورید.

ب-جریان آلترناتور در حالت بی بار برای دو نوع اتصال چقدر است؟ راکتانس سنکرون هر فاز در فرکانس ۵۰هرتز ۵ اهم در فاز و مقاومت آن قابل صرف نظر است.

پ- مزایای اتصال ستاره کدامند.

۳- در یکم آلترناتور با اتصال ستاره ولتاژ یک فاز نسبت به نوترال چنین است:

$$v(t) = \sqrt{2}[300\sin 100\pi t + 150\sin 300\pi t + 100\sin 500t]$$

آلترناتور به باری به صورت ستاره که امپدانس هر فاز آن متشکل از مقاومت ۲۰ اهم و خود القای ۰/۰۴ هنری به صورت متوالی است متصل است. امپدانس داخلی آلترناتور قابل صرفنظر است.

الف- اگر نقطه نوترال آلترناتور به نوترال بار متصل نباشد، ولتاژ خط، جریان خط و ضریب توان آلترناتور را حساب کنید.

ب- اگر نقطه نوترال آلترناتور به نوترال بار متصل نباشد، چه جریانی در سیم نوترال برقرار می شود؟

۴- بار الکتریکی کارخانه ای از دو خط ۳۸۰ ولت تغذیه می شود. خط اول جریان متعادل ۲۰۰ آمپر با ضریب توان۰/۹ تاخیری و خط دیگر جریان متعادل ۱۰۰ آمپر با ضریب توان ۰/۷۵ تاخیری دارد. توان ظاهری، توان حقیقی و توان غیر حقیقی کارخانه چقدر است؟

۵- توان لحظه ای در یک سیستم دو فاز متعادل را به دست آورید.

الف - آیا امتیاز سیستم متعادل سه فاز در اینجا هم وجود دارد؟

ب- به نظر شما چرا سیستم سه فاز بسیار معمول و سیستم دو فاز نامعمول است؟

۶- در تابلو مشخصات موتور القایی سه فازی و ولتاز ۳۸۰ ولت برای اتصال ستاره و ۲۲۰ ولت برای اتصال مثلث قید شده است.

الف- در استفاده از این موتور در ایران چه نوع اتصالی الزامی است.

ب- آیا می توان این موتور را به اندازه ستاره – مثلث مجهز نمود؟

saze118.com

www.Kargosha.com

فصل سوم

اصلاح یا تصحیح ضریب توان و تعرفه های برقی

در این فصل لزوم اصلاح ضریب قدرت و استفاده از خازن برای بهبود آن به منظور کاهش دادن هزینه های برق مصرفی در رابطه با تعرفه های موجود را مورد بررسی قرار می دهیم.

۳-۱- لزوم اصلاح ضریب توان

ظرفیت آلترناتورها، ترانسفورماتورها و وسایل برق رسانی توسط تلفات حرارتی آنها که تنها تابع مقدار جریان است و بستگی به ضریب توان ندارد تعیین می شود. به طوری که در فصل قبل دیده ایم توان مصرفی بارهای الکتریکی بستگی به ضریب توان آنها دارد و بنابراین برای استفاده موثر از ظرفیت باشد. برای روشن کردن این حقیقت به ذکر مثالی مبادرت می کنیم.

مثال۳-۱

یک مولد تک فاز کوچک به ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۱۰ آمپر (۲/۲ کیلو وات آمپر) ۵۰ سیکل باری به امپدانس ۲۲ اهم را تغذیه می کند. توان خروجی مولد یا توان بار را برای ضرایب توان یک، نیم تاخیری و صفر تاخیری محاسبه کنید.

برای بار با ضریب قدرت یک (مقاومت خالص)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$W = 220 \times 10 \times 1 = 2200$$

برای بار با ضریب توان نیم تاخیری (مقاومت و خود القاء)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$W = 220 \times 10 \times 0.5 = 1100$$

برای بار با ضریب توان صفر تاخیری (خود القای خالص)

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

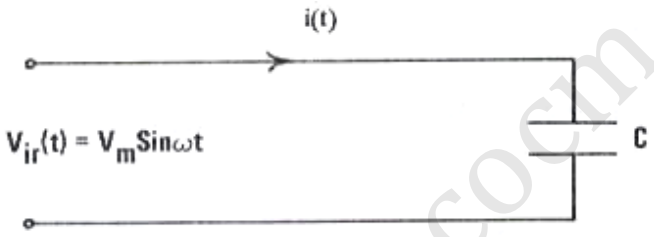
$$W = 220 \times 10 \times 0 = 0$$

www.Kargosha.com

به طوری که ملاحظه می کنید با اینکه در هر سه حالت از جریان مجاز مولد استفاده می شود و افزایش جریان بیش از این مقدار سبب سوختن مولد می گردد تنها در حالت اول یعنی بار مقاومت خالص از کل توان مولد استفاده می شود. در حالت دوم تنها از نصف توان مولد استفاده می شود و در حالت سوم یعنی بار خود القای خالص ابداً از توان مولد استفاده نمی شود. بارهای داری ضریب قدرت کوچک با اینکه جریان می گیرند و ظرفیت مولدها، ترانسفورماتورها و خطوط توزیع را اشغال می کنند حداکثر توان ممکنه را جذب نمی کنند و بهای برق مصرفی ماهیانه آنها نیز بالطبع کم خواهد بود. شرکتهای برق منطقه ای این گونه مشترکان را مجبور به اصلاح ضریب توان خود می کنند و در غیر اینصورت برای آنان جرائمی وضع می نمایند. لامپهای فلورسنت موتورهای القایی بخصوص با ابر کم و ماشینهای جوشکاری،ترکیبی از مقاومت و خود القاء هستند و ضریب قدرت کوچک دارند و برای اصلاح آنها می توان از خازن استفاده کرد.

۳-۲- جریان در خازن متصل به مدار برق متناوب

برای تعیین جریان خازن در مدار برق متناوب خازنی به ظرفیت C فاراد را متصل به منبع تغذیه با ولتاژ سینوسی مطابق ۳-۱ در نظر بگیرید.



شکل ۳ ـ ۱ : خازن متصل به منبع تغذیه با ولتاژ سینوسی

ولتاژ دو سر خازن پیوسته و انتگرال جریان نسبت مستقیم و با ظرفیت خازن C نسبت معکوس دارد.

$$V_m \sin \omega t = \frac{1}{C}\int idt$$

پس از حل معادله بالا جریان به صورت زیر در می آید:

$$i(t) = V_m C\omega \sin(\omega t + 90)$$

ملاحظه می کنید که جریان نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تقدم فاز دارد و لذا ظرفیت توان آن صفر است و خازن مثل خود القای خالص هیچگونه توان حقیقی از منبع تغذیه دریافت نمی کند. با توجه به معادله بالا رابطه جریان، ولتاژ و امپدانس یا راکتانس در مدار خازن از این قرار است

$$X_C = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_e}{I_e} = \frac{1}{C\omega} \qquad (۱-۳)$$

بنابراین خازن امپدانس یا راکتانسی برابر $\frac{1}{C\omega}$ از خود نشان می دهد.

۳-۳- تصحیح ضریب توان با استفاده از خازن

به طوری که در بالا دیدیم خازن جریانی از مدار می گیرد که بر خلاف خود القاء نسبت به ولتاژ تقدم فاز دارد. لذا با نصب خازین موازی با بار می توان مولفه جریان آن را نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تاخیر فاز دارد خنثی نمود و به این ترتیب ضریب توان را به یک رساند و یا با حذف قسمتی از آن ضریب توان را به میزان دلخواه بهبود می بخشد. محاسبات لازم را با حل مثالی روشن می کنیم.

www.Kargosha.com

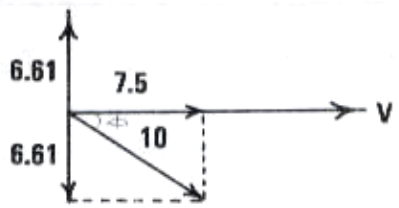
مثال ۳-۲

بار تک فازی را به امپدانس ۲۲اهم با ضریب توان ۰/۷۵ به شکبه توزیع ۲۲۰ ولت ۵۰ سیکل متصل است. ظرفیت خازنی را که ضریب توان را به یک افزایش می دهد حساب کنید.

$$I = \frac{220}{22} = 10$$

$$\cos\Phi = 0.75 \Rightarrow \Phi = 41.41^{\circ}$$

رابطه فیزوری ولتاژ و جریان به صورت زیر است:



جریان داری دو مولفه است. مولفه هم فاز با ولتاژ ۷/۵ آمپر و مولفه عمود بر ولتاژ ۶/۶۱ آمپر است. برای افزایش ضریب توان به یک لازن است مولفه عمود بر ولتاژ را با استفاده از خازن مناسب حذف کنیم.

با استفاده از معادله (۳-۱) $\frac{1}{C\omega} = \frac{220}{6.61} = 33.26$

ویا $C\omega = 0.03007$

ویا $C = 9.57\times10^{5}\ farad = 95uf$

برای اصلاح ضریب قدرت در مورد بارهای سه فاز از سه خازن که معمولاً به صورت مثلث متصل می شوند استفاده می کنیم.

مثال۳-۳

بار سه فازی از منبع ۳۸۰ ولت ۵۰ سیکل ۶۰ کیلو ولت آمپر با ضریب توان ۰/۷۵ تاخیری اخذ می کند. به منظور افزایش ضریب توان به ۰/۹۰ تاخیری از سه خازن برابر که به صورت مثلث متصل هستند استفاده می کنیم. ظرفیت هر خازن چقدر باید انتخاب شود؟ توان حقیقی و راکتیو بار به ترتیب از این قرارند:

$$60\times\cos\Phi = 60\times0.75 = 45\,KW$$

$$60\times\sin\Phi = 60\times0.66 = 39.6KW$$

ضریب قدرت بهبود یافته برابر ۰/۹ است بنابراین:

$$\cos\Phi = 0.9$$

$$\Phi = 25.84^{\circ}$$

در صورتی که توان راکیتیو را با X نشان دهیم رابطه زیر برقرار می شود:

$$\frac{39.6 - X}{45} = \tan 25.84^{\circ}$$

$$X = 17.9\,KVA$$

بنابراین جریان خط مدار خازن به ترتیب زیر محاسبه می شود:

$$17.9\times1000 = \sqrt{3}\times380 * I_L$$

$$I_L = 27.19$$

بنابراین جریان فاز از این قرار است:

$$I_P = \frac{27.19}{\sqrt{3}} = 15.7$$

www.Kargosha.com

لذا امپدانس هر خازن چنین است:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times C} = \frac{380}{15.7}$$
$$C = 1.315 \times 0^4 \; farad = 131uf$$

۳-۴- تعرفه های برقی

هزینه برق مصرفی مشترکان را تعرفه ها یا نرخ بندی های برقی معین می کنند که انواع مختلف دارند. دو نوع تعرفه معروف به تعرفه یک قسمتی و دو قسمتی در ایران معمول می باشند که در زیر تشریح می شوند.

۳-۴-۱- تعرفه یک قسمتی

در این تعرفه که ساده ترین تعرفه موجود در ایران است مشترک بدون توجه به ضریب قدرت برای هر کیلو وات ساعت مصرفی مبلغ معینی پرداخت می کند. در برخی کشورهای صنعتی برای تشویق مشترکان به مصرف بیشتر نرخهای ثابت مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد؛ به این معنی که برای ۱۰۰ کیلو وات ساعت اول نرخ بالاتر و برای ۱۰۰ کیلو وات دوم نرخ کمتری منظور می شود. گاهی هم در هنگام شب که مصرف پایین می آید برای تشویق مصرف کنندگان نرخ کمتری منظور می نمایند. البته اعمال این روشها مستلزم داشتن کنتورهای مخصوص می باشد. محاسبه هزینه ماهیانه برق براساس نرخ ثابت به سهولت قابل انجام است به این معنی که میزان مصرف انرژی را در ماه محاسبه کرده و در نرخ ثابت ضرب می کنیم. این روش در مثال زیر روشن شده است.

مثال ۳-۴

یک خانه مسکونی دارای بارهای زیر است. هزینه ماهیانه برق آن از قرار کیلو وات ساعتی ۵ ریال چقدر است؟

۱- ۱۰ لامپ ۱۰۰ واتی که هر یک به طور متوسط ۲ ساعت در شبانه روز داشتن است.

۲- یخچال و یخزن به قدرت ۱ کیلو وات که با توجه به قطع و وصل اتوماتیک به طور متوسط ۱۰ ساعت در شبانه روز کار می کند.

۳- ماشین لباسشویی به قدرت ۲ کیلو وات که هر دو روز یک بار به مدت ۲ ساعت کار می کند.

مصرف ماهیانه لامپها به کیلو وات ساعت برابر است با:

$$\frac{10 \times 100 \times 2 \times 30}{1000} = 60$$

مصرف ماهیانه یخچال و یخزن به کیلو وات ساعت برابر است با :

$$1 \times 10 \times 30 = 300$$

مصرف ماهیانه ماشین لباسشویی به کیلو وات ساعت برابر است با :

$$2 \times 2 \times \frac{30}{2} = 60$$

بنابراین هزینه ماهیانه مشترک چنین است:

$$5 \times (60 + 300 + 60) = 2100$$

۳-۴-۲ تعرفه دو قسمتی

بدون شک از نظر شرکت برق منطقه ای،مشترکی که در تمام ساعات شبانه روز مصرف یکنواختی داشته باشد از مصرف کننده ای که فقط در ساعاتی که بار شبکه زیاد است دارای مصرف زیاد است و در ساعات دیگر مصرفی ندارد جالبتر است. برای فرق

www.Kargosha.com

گذاشتن بین این دو مشترک در خصوصی حداکثر توان ظاهری مشترک را در طی ماه اندازه می گیرند. همچنین مصرف انرژی به وسیله یک کنتور معمولی اندازه گیری می شود. هزینه مصرف ماهیانه مشترک بر اساس مبلغی برای هر کیلو وات آمپر حداکثر توان ظاهری و مبلغی برای هر کیلو وات ساعت مصرفی محاسبه می شود. به طوری که می خواهیم دید این روش مشترک را تشویق به اصلاح ضریب توان خود به منظور کاهش دادن حداکثر توان ظاهری می نماید.

۳-۴-۳-تعرفه های نرخ برق ایران

در تعرفه های فعلی ایران به منظور تشویق مشترکین به مصرف کمتر از نرخهای تصاعدی استفاده می کنند. تعرفه ۱ مخصوص مشترکین خانگی و تعرفه ۲ مخصوص مشترکین کوچک تجاری است.

جدول ۳-۱ : تعرفه یک مخصوص مشترکین خانگی

مصرف ماهیانه (کیلو وات ساعت)	بهای هر کیلووات ساعت (ریال)
۲۵۰ کیلو وات ساعت اول	۳
۱۵۰ کیلو وات ساعت بعدی	۶
۱۰۰ کیلو وات ساعت بعدی	۱۰
مازاد بر ۵۰۰ کیلو وات ساعت	۲۰

جدول ۳-۱ : تعرفه دو مخصوص مشترکین تجاری کوچک

مصرف ماهیانه (کیلو وات ساعت)	بهای هر کیلووات ساعت (ریال)
۴۰۰ کیلو وات ساعت اول	۴
۱۱۶۰۰ کیلو وات ساعت بعدی	۶/۵
مازاد بر ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت	۵

در تعرفه های بالا برای مشترکین مناطق جنگی و گرمسیر تخفیف هایی در نظر گرفته شده است.

برای مصرف کنندگان صنعتی بزرگ و کوچک که از ولتاژ ضعیف استفاده می کنند، تعرفه های دو قسمتی ۳ و ۳- الف به کار گرفته می شود که این گونه مشترکین را تشویق به استفاده بیشتر از برق در ساعات غیر پیک می کند.

جدول ۳-۳: تعرفه ۳ برای مشترکین صنعتی بزرگ (ولتاژ ضعیف)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۵۰ کیلووات اول یا کمتر	۱۰۰۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۵۰	۱۳۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
هر کیلو وات ساعت	۲
ب : ساعات پیک	
هر کیلو وات ساعت	۳

www.Kargosha.com

جدول ۳-۴ : تعرفه ۳-الف برای مشترکین صنعتی کوچک (ولتاژ ضعیف)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۵۰ کیلووات اول یا کمتر	۶۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۵۰	۱۰۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
(دیماند × ۹۰) کیلو وات ساعت اول هر کیلووات ساعت	۲/۱۰
(دیماند × ۹۰) کیلو وات ساعت بعدی برای هر کیلووات ساعت	۱/۷۰
(دیماند × ۱۸۰) کیلو وات ساعت بعدی برای هر کیلووات ساعت	۱/۳۰
مازاد هر کیلووات ساعت	۱

جدول ۳-۵ : تعرفه ۴ برای مشترکین صنعتی بزرگ (ولتاژ قوی)

مصرف ماهیانه	بها (ریال)
۱- بهای دیماند :	
۳۰۰ کیلووات اول یا کمتر	۴۳۰۰۰
هر کیلووات مازاد بر ۳۰۰	۸۰
۲-بهای انرژی :	
الف : ساعات غیر پیک	
(دیماند × ۳۰۰) کیلو وات ساعت اول هر کیلووات ساعت	۱/۰۵
مازاد هر کیلووات ساعت	۰/۸۶
الف : ساعات غیر پیک	
هر کیلووات ساعت	۲/۶

مثال ۳-۵

هزینه برق یک مصرف کننده صنعتی بر اساس ۲۰۰ ریال برای هر کیلو ولت آمپر حداکثر توان ظاهری در ماه به اضافه ۱ ریال برای هر کیلو وات ساعت مصرفی می باشد. حداکثر توان ظاهری مصرف کننده ۹۰۰ کیلو وات آمپر و مصرف ماهیانه او ۱۰×۱/۵ کیلو وات ساعت و ضریب توان او ۰/۸ است.

الف- هزینه ماهیانه برق مشترک را حساب کنید.

ب- در صورتی که ضریب توان مشترک به یک برسد حداکثر توان ظاهری او به ۷۲۰ کیلو ولت آمپر تقلیل می یابد و لذا هزینه ماهیانه او چنین می شود:

الف-

$$900\times200+1.5\times10^{5}\times1=330,000$$

ب – در صورتی که ضریب توان مشترک به یک برسد حداکثر توان ظاهری او ۷۲۰ کیلو وات آمپر تقلیل می یابد و لذا هزینه ماهیانه او این چنین می شود :

$$720\times200+1.5\times10^{5}\times1=294,000$$

www.Kargosha.com

ملاحظه می کنید که با اصلاح ضریب توان هزینه ماهیانه مشترک در حدود ۱۱ درصد کاهش می یابد. در یک نوع تعرفه دوقسمتی معمول درایران به منظور تشویق مصرف کنندگان صنعتی به کاهش بیشتر حداکثر توان ظاهری و افزایش مصرف، نرخ هر کیلو ولت آمپر توان ظاهری رابه طور تصاعدی افزایش می دهند و نرخ هر کیلو وات ساعت مصرفی را برای مصارف بالاتر کاهش می دهند.

۳-۵- اقتصادی ترین ضریب توان

بدیهی است اگر تعرفه یک قسمتی باشد، اصلاح ضریب توان هزینه برق راکاهش نمی دهد.اگر تعرفه دوقسمتی باشد اصلاح ضریب توان هزینه جاری برق را کاهش می دهد لیکن چون نصب خازن خود مستلزم مخارجی است ، لازم است به مجموع هزینه برق و خازن توجه شود و اقتصادی ترین ضریب توان تعیین شود.

فرض کنید در یک تعرفه دو قسمتی هزینه برق a ریال در سال برای هر کیلو وات آمپر حداکثر تقاضا و ریال برای هر کیلو وات ساعت مصرفی است. هزینه خازن و نصب آن را برای هر کیلو وات آمپر راکتیو ظرفیت ریال و عمر مفید آن را n سال در نظر بگیرید. اگر باری با توان حقیقی حداکثر A کیلو وات و توان راکتیو حداکثر B کیلو ولت آمپر در سال داشته باشیم که مصرف سالیانه آن D کیلو وات ساعت باشد، بدون نصب خازن هزینه سالیانه چنین است:

$$|\delta D|+a\sqrt{B^2+A^2}$$

در صورتی که خازنی به ظرفیت C کیلو ولت آمپر نصب کنیم توان راکتیو برابر B-C می شود و در نتیجه حداکثر تقاضا بر حسب کیلو ولت آمپر چنین می شود:

$$\sqrt{A^2+(B-C)^2}$$

در نتیجه هزینه سالیانه برق با احتساب هزینه خازن از این قرار می شود:

$$\delta D=a\sqrt{A^2+(B-C)^2}+\frac{\beta C}{n}$$

میزان صرفه جویی سالیانه S برابر می شود با

$$S=a\sqrt{B^2+A^2}-a\sqrt{A^2+(B-C)^2}+\frac{\beta C}{n}$$

برای محاسبه مقدار خازنی که میزان صرفه جویی را به حداکثر می رساند، مشتق صرفه جویی را نسبت به C برای صفر قرار می دهیم

$$\frac{dS}{dC}=0 \quad \Rightarrow \quad a\left[A^2+(B-C)^2\right]^{-\frac{1}{2}}(B-C)=\frac{\beta}{n}$$

ویا

$$\frac{B-C}{\sqrt{A^2+(B-C)^2}}=\frac{\beta}{na}$$

چون طرف چپ معادله$\sin\phi$ پس از اصلاح ضریب توان است، اقتصادی ترین ضریب توان پس از اصلاح چنین است:

$$\cos\Phi=\cos[\sin^{-1}\frac{\beta}{na}] \qquad (۲-۳)$$

مثال ۳-۶

تعرفه یک مشترک صنعتی که از برق سه فاز ۳۸۰ ولت استفاده می کند ۵۰۰ ریال برای هر کیلو ولت آمپر حداکثر تقاضا در سال و۳ ریال هر کیلو وات ساعت مصرفی است. هزینه نصب خازن برای هر کیلو ولت آمپر راکتیو ظرفیت ۲۰۰۰ ریال و عمر مفید

www.Kargosha.com

آن ۱۰ سال است. حداکثر دیماند مشترک را ۱۲۰۰ کیلو ولت آمپر و حداقل آن را ۳۰۰ کیلو ولت آمپر و ضریب توان مشرک را ثابت و برابر ۰/۷۵ تاخیری فرض کنید.

الف- اقتصادی ترین ضریب توان برای مشترک چقدر است؟

ب- ظرفیت خازنهای لازم چیست؟

پ- اگر این خازنها درمدار باقی بمانند، ضریب توان در ساعات حداقل دیماند چقدر می شود؟

الف- با استفاده از (۳-۲)داریم

$$\cos\ \sin^{-1}[\frac{2000}{500\times10}]=0.9165$$

ب- قبل از وصل خازن داریم

$$\cos\Phi_i=0.750$$
$$\sin\Phi_i=0.6614$$

بعد از وصل خازنها داریم

$$\cos\Phi_i=0.9165$$
$$\sin\Phi_i=0.40$$

X، توان راکتیو خازنها، از رابطه زیر بدست می آید

$$X=1200\left[\sin\Phi_i-\cos\Phi_i\times\tan\Phi_f\right]=1200\left[0.6614-0.75\times0.4364\right]=400.92\ KVAR$$
$$I_c=\frac{400.92}{380\sqrt{3}}\times1000=351.69$$
$$X_c=\frac{380}{351.69}=1.08$$
$$X_c=\frac{380}{2\pi fc}=1.08$$
$$C=\frac{1}{2\pi\times50\times1.08}=2947\ uf$$
$$300\times0.6614=198.42$$

مصرف راکتیو در حالت حداقل مصرف

$$198.42-400.92=-202.5$$
$$\cos\Phi_f=\cos\left[\tan^{-1}\left(\frac{-202.5}{300\times0.75}\right)\right]=0.74$$

که تقدمی خواهد بود. پس در این مورد باید کاهش بار مقدار خازن در مدار را به طور خودکار یا دستی از مدار خارج کرد و از پیشفاز شدن ضریب توان جلوگیری نمود.

مسائل فصل سوم

تعرفه یک مرکز صنعتی که از برق سه فاز ۳۸۰ ولت استفاده می کند ۲۰۰۰ ریال در سال به ازای هر کیلو ولت آمپر حداکثر تقاضا ۰/۸ ریال برای هر کیلو وات ساعت مصرفی است.

الف- هزینه سالیانه مصرف کننده را برای حداکثر تقاضای ۹۰۰ کیلو ولت آمپر و مصرف سالیانه ۱/۵ مگاوات ساعت حساب کنید.

www.Kargosha.com

ب- اگر مصرف کننده بدون تغییر در بار حقیقی، ضریب توان خود را از ۰/۸ به ۰/۹ برساند، هزینه سالیانه برق او چقدر می شود؟

پ- چه خازنهایی برای این کار لازم است؟

۲- یک موتور القایی سه فاز ۱۰۰۰ اسب، ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز در بار کامل دارای ضریب توان ۰/۸ تاخیری و بازدهی ۰/۸۶ است. خازنهای لازم را افزایش ضریب توان به یک را حساب کنید.

۳- بار الکتریکی کارخانه ای از دو خط ۳۸۰ ولت تغذیه می شود. خط اول جریان متعادل ۲۰۰ آمپر، با ضریب توان ۰/۹ تاخیری و خط دیگر جریان متعادل ۱۰۰ آمپر با ضریب توان ۰/۷۵ تاخیری دارد.

برای تصحیح ضریب توان کارخانه به ۱ چه خازنهایی توصیه می کنید:

۴- بار یک مرکز صنعتی فرضی که از برق ۳۸۰ ولت استفاده می کند ۱ مگا ولت آمپر در حداکثر تقاضا و یک ریال برای هر کیلو وات ساعت مصرف است.

الف- هزینه سالیانه مرکز چقدر است؟

ب- اگر با نصب خازن، مشترک ضریب توان خود را به ۰/۹۵ برساند، هزینه برق سالیانه او چقدر می شود؟

پ- اندازه خازنهای لازم چقدر است و طریق نصب آنها چیست؟

saze118.cocm

www.Kargosha.com

فصل چهارم

سیمهای عایق دار و کابلهای برق رسانی

برای برق رسانی به نقاط مختلف از سیمها و کابلها استفاده می شود که در ساختمان آنها فلزات هادی جهت حمل جریان برق به نقاط مورد نظر و عایقهای مناسب به منظور جلوگیری از نشت جریان به نقاط دیگر به کار گرفته می شود. یک هادی با روکش عایق ، سیم روکش دار یا سیم عایق دار نامیده می شود و در صورتی که چند هادی عایق بندی شده در داخل یک غلاف مشترک قرار گیرند، این مجموعه کابل نامیده می شود . در برق رسانی هوایی از سیمهای بدون روکش استفاده می شود که سیم لخت نامیده می شوند. در این فصل به شرح ساختمان سیمهای عایق دار و کابلها می پردازیم.

۴-۱- هادیهای مورد استفاده در سیمها و کابلها

از بین فلزاتی که به عنوان هادی در ساختمان سیمها و کابلها مورد استفاده قرار می گیرند مس از همه معمولتر است و معمولاً از مس با درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۵ درصد استفاده می شود تا از فعل و انفعالات شیمیایی ناخالصیها جلوگیری به عمل آید. مس در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد مقاومت مخصوصی برابر اهم بر متر در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می دهد. علاوه بر داشتن مقاومت الکتریکی کم، مس در مقابل اثرات جوی مقاوم است و دارای استحکام مکانیکی مطلوب می باشد و به سهولت می توان آن را به اشکال دلخواه درآورد. فلز دیگری که به این منظور مورد استفاده قرار می گیرد آلومینیوم است که مقاومت مخصوص آن ۱/۶۵ برابر مس است و وزن مخصوص آن سه برابر کمتر از مس می باشد و قیمت آن نیز کمتر است، لیکن عوامل جوی بخصوص رطوبت روی آن تاثیرات سوء نظیر خوردگی می گذارد و در اثر اکسیده شدن آن اکسید آلومینیوم حاصل می شودکه جسمی عایق است. استحکام مکانیکی آلومینیوم و نرم شدن آن برای قبول اشکال دلخواه به خوبی مس نیست و به این دلایل آلومینیوم کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن در سالهای اخیر به علت افزایش سریع قیمت مس، آلومینیوم بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. در خطوط انتقال هوایی به علت وزن و قیمت کمتر، آلومینیوم مورد استفاده قرار می گیرد و جهت استحکام مکانیکی این سیمها به دور سیمهای فولادی پیچیده می شود و یا آلیاژی از آلومینیوم و فولاد مورد استفاده قرار می گیرد. در سالهای اخیر برای رفع مشکلات ناشی از حساسیت آلومینیومی نسبت به عوامل جوی مانند رطوبت، سیمهای آلومینیومی را به جدار نازکی تر مس مجهز می کنند. این سیمها ، سیمهای آلومینیومی با جدار مسی[1] نام گرفته اند.

[1] . Copperclad

www.Kargosha.com

۴-۲- ساختمان هادی در سیمها و کابلها

برای اینکه سیمهای عایق دار یا کابلها دارای قابلیت انعطاف برای حمل ونقل ونصب باشند، هادی را از تعدادی رشته های یکنواخت که به صورت مارپیچ دور هم تابیده می شوند می سازند. در این نوع ساختمان معمولاً یک سیم در وسط قرار می گیرد و شش سیم به دور آن تابیده می شود و در طبقه بعدی ۱۲ سیم مطابق شکل ۴-۱ (a) پیچیده می شود. بدیهی است که در این ساختمان تعداد رشته های هر طبقه ۶ عدد بیشتر از عدد سیمهای طبقه قبلی است و یا به صورت کلی تعداد رشته ها چنین می شود:

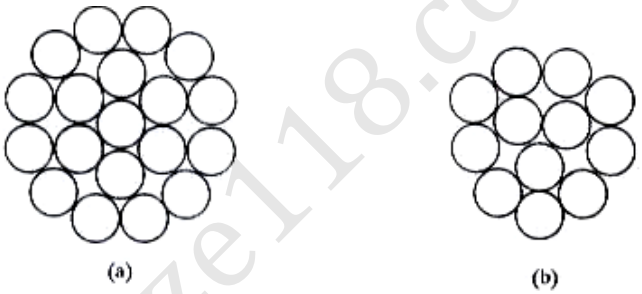
$$N = 3n(n+1)+1 \qquad (۱-۴)$$

در معادله بالا n تعداد طبقات است و دقت کنید که سیم وسط طبقه صفر محسوب می شود. با عددگذاری در رابطه بالا ملاحظه می کنید که تعداد رشته به ترتیب ۱و ۷ و ۱۹ و ۳۷ و ۶۱ و غیره می شود.

در ساختمان دیگری مطابق شکل ۴-۱ (b) سه رشته در وسط اختیار می شود و تعداد رشته ها در این ساختمان از این قرار می شود:

$$N = 3n(n+2)+3 \qquad (۲-۴)$$

ملاحظه می کنید که در این ساختمان تعداد رشته های ممکنه به ترتیب ۳و۱۲و۲۷و غیره خواهد بود. در برخی سیمهای عایق دار با مقاطع کوچک که قابلیت انعطاف خیلی زیاد لازم است از تعدا خیلی زیادی رشته های بسیار نازک استفاده می کنند و آنها را به هم می تابند. دراین نوع ساختمان تعداد رشته ها مطابق روابط (۴-۱) یا (۴-۲) نمی باشند.



شکل ۴ ـ ۱ : نمایش دو نوع سیم رشته‌ای
(a) یک رشته در وسط (b) سه رشته در وسط

دقت کنید در این سیمهای رشته ای یا افشان طول حقیقی رشته ها به استثنای رشته یا رشته های وسط از طول سیم عایق دار بیشتر است و به این دلیل مقاومت سیم معمولا چند درصد از مقاومتی که بر اساس طول سیم محاسبه می کنیم بیشتر است.

مثال ۴-۱

یک سیم عایق دار ۲/۵ (سطح مقطع ۲/۵ میلیمتری مربع) از ۷ رشته تشکیل شده است. قطر هر یک از رشته ها چقدر است؟

مقطع هر رشته سیم برابر است با :

$$\frac{2.5}{7} = 0.357 = \pi r^2$$

بنابراین قطر هر رشته از این قرار است:

$$\frac{\pi}{4} d^2 0.357$$

که در جدول ۴-۲ ، ۰/۶۷میلیمتر آمده است.

www.Kargosha.com

مثال ۴-۲

یک سیم عایق دار از ۱۹ رشته هر یک به قطر ۱/۵۳ میلیمتر تشکیل شده است. سطح مقطع سیم چقدر است؟

$$a = 19\times\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)$$

$$= 19\times\frac{\pi}{4}(1.53)^2 = 34.93$$

این سیم در بازار به سیم ۳۵ معروف است.

۴-۳ مقاومت الکتریکی سیمها و کابلها

به طوری که گفته شد مقاومت ویژه مس خالص برای برق مستقیم در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد برابر 1.724×10^{-8} اهم متر است. هرچه درجه حرارت افزایش یابد مقاومت ویژه مس نیز بیشتر می شود. مقاومت ویژه مس برای جریان مستقیم در t درجه سانتیگراد از این قرار است:

$$\rho(T) = 1.724\times10^{-8} + 0.68\times10^{-10}(T-20) \qquad (۴-۳)$$

مثال ۴-۳

مقاومت ویژه مس را برای جریان مستقیم برای درجه حرارت کار ۷۰ درجه سانتیگراد معین کنید.

با استفاده از (۴-۳)

$$\rho(70) = 1.724\times10^{-8} + 0.68\times10^{-10}(70-20)$$

$$= 2.064\times^{-8}\ \Omega m$$

در برق متناوب مقاومت سیم به علت خاصیت خود القایی و تقسیم غیر یکنواخت جریان در سطح مقطع سیم از مقدار آن برای برق مستقیم قدری بیشتر است. میزان افزایش مقاومت بستگی به فرکانس و ساختمان و اندازه سیم دارد. در فرکانس ۵۰ سیکل ضریب افزایش مقاومت برای سیم یک رشته ای ۱/۰۲ است که برای سیمهای افشان با تعداد رشته های زیاد ال ۱/۰۵ افزایش می یابد. این ضریب را با K_1 نشان می دهیم.

به طوری که می دانیم در سیمهای افشان، رشته ها به طور مارپیچ به هم تابیده می شوند و لذا طول رشته به استثناء رشته ای که در وسط قرار می گیرد از طول کابل با سیم عایق دار بیشتر است . نظر به اینکه مقاومت را بر اساس طول سیم عایق دار یا کابل محاسبه می کنیم برای محاسبه مقاومت واقعی استفاده از ضریبی برابر یک برای سیمهای یک رشته ای تا ۱/۰۴ برای سیمهای افشان با رشته های زیاد ضروری است. این ضریب را با K_2 نشان می دهیم.

در مورد کابلهای چند سیمی چون سیمها به طور مارپیچ به هم تابیده می شوند طول حقیقی هر سیم از طول کابل بیشتر است لذا استفاده از ضریبی برابر یک برای کابل یک سیمی تا ۱/۰۴ برای کابلهای چند سیمی ضروری است که با K_3 نشان داده می شود.

با توجه به مطلب فوق محاسبه مقاومت موثر هر سیم یک کابل چند سیمی در واحد طول در درجه حرارت کار T با استفاده از فرمول زیر انجام می شود.

$$R(T) = \frac{K_1K_2K_3\rho(T)}{n\times\frac{\pi}{4}(d)^2} \qquad (۴-۴)$$

www.Kargosha.com

در معادله بالا ضرایب $K_1K_2K_3$ قبلاً تعریف شده اند $\rho(T)$ مقاومت ویژه مس بر حسب اهم متر برای برق مستقیم در درجه حرارت کار سیم است. n تعداد رشته ها و d قطر هر رشته بر حسب متر است.

مثال۴-۴

مقاومت موثر یک کابل یک سیمی ۵۰ میلیمتر مربع مسی که از ۱۹ رشته به قطر ۱/۷۸ میلیمتر تشکیل شده است را در حرارت کار ۷۰ درجه سانتیگراد برای برق ۵۰ سیکل در واحد طول حساب کنید.

با استفاده از مقادیر زیر در رابطه (۴-۴)

$$K_1 = 1.02$$

$$K_2 = 1.02$$

$$K_3 = 1$$

$$\rho(70) = 2.064\times10^{-8}\ \Omega m$$

$$R = \frac{1.02\times1.02\times1.0\times2.064\times10^{-8}}{19\times\frac{\pi}{4}(1.78\times10^{-3})^2} = 4.54\times10^{-4}\ \Omega m$$

که در جدول ۲-۴ برابر ۰/۴۵۳ اهم آمده است.

مثال۴-۵

مقاومت موثر سیم عایق دار ۲/۵ میلیمتر مربع یک رشته ای به قطر ۱/۷۸ میلیمتر را در حرارت کار ۷۰ درجه در فرکانس ۵۰ سیکل در واحد طول حساب کنید.

با استفاده از مقادیر زیر در رابطه (۴-۴)

$$K_1 = 1.02$$

$$K_2 = 1.02$$

$$K_3 = 1$$

$$\rho(70) = 2.064\times10^{-8}\ \Omega m$$

$$R = \frac{1.02\times1.02\times1.0\times2.064\times10^{-8}}{1\times\frac{\pi}{4}(1.78\times10^{-3})^2}$$

$$R = 8.64\times10^{-3}\ \Omega m$$

که مقدار آن در جدول ۲-۴ برابر ۸/۵۲ اهم در کیلومتر آمده است.

به طوری که گفته شد در سالهای اخیر آلومینیوم بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. چون مقاومت ویژه آلومینیوم در حرارت کار ۷۰ درجه ۱/۶۵ برابر مقاومت ویژه مس است، مقاومت سیمهای عایق دار و کابلهای آلومینیومی ۱/۶۵ برابر سیمهای عایق دار و کابلهای هم اندازه مسی می باشد.

مقاومت سیمهای آلومینیوم با جدار مسی که در برخی کشورها نظیر انگلستان استاندارد شده است به علت کوچکی ضخامت روکش مسی مانند سیمهای آلومینیومی محاسبه می شود.

۴-۴ عایقهای مورد استفاده در سیمهای عایق دار و کابلها فشار ضعیف

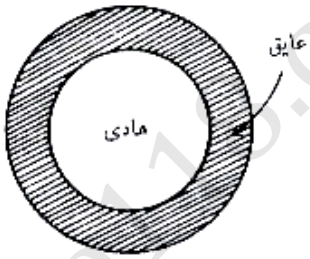
برای عایق کردن سیمها و کابلها از کاغذ آغشته به روغن، لاستیک طبیعی، لاستیک مصنوعی، و پلاستیک استفاده می شده است. کاغذ که از چوبهای جنگلی کشورهای اسکاندیناویا ساخته می شود اولین عایق بود که مورد استفاده قرار گرفت و به علت خصوصیات بسیار خوبی که دارد امروزه نیز جزء لاینفک کابلهای فشار قوی می باشد لیکن در فشار ضعیف به علل اقتصادی کمتر

www.Kargosha.com

دیده می شود. لاستیک طبیعی که از شیره درختی که در مناطق استوایی می روید استفاده قرار می گرفته است، لیکن به علت برخی معایب امروزه کمتر معمول است. لاستیک به سهولت می سوزد ، در نور آفتاب و در گرما ترک می خورد و به سهولت رطوبت جذب می کند که خواص عایقی آن را از بین می برد. در سالهای اخیر پلاستیکهای متعددی برای عایق بندی مورد استفاده قرار گرفته که اهم آنها کلرورپلی وینیل است که به نام تجاری pvc معروف شده است. Pvc دارای استحکام مکانیکی خوب و قابلیت انعطاف بوده، به سهولت نمی سوزد و رطوبت جذب نمی کند، لیکن در درجه حرارت نسبتاً کمی ذوب می شود. نظر به اینکه pvc در درجه حرارتهای بالا ارزش عایقی خود را از دست می دهد آنها را صورتی مورد استفاده قرار می دهیم که درجه حرارت آنها در حین کار از ۷۰ درجه متجاوز نگردد. عایقهای pvc در سیمهای عایق دار و کابلهای فشار ضعیف امروزه بسیار مورد استفاده هستند و در فشارهای متوسط حدود ۱۱ کیلو ولت نیز دیده می شوند، لیکن در ولتاژهای بالاتر به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند.

۴-۵- ساختمان سیمهای عایق دار و اندازه های استاندارد

ولتاژ مورد استفاده در برق رسانی که مورد نظر ماست ۲۲۰ ولت تک فاز و ۳۸۰ ولت سه فاز است که به فشار ضعیف معروف است . سیم های عایق دار فشار ضعیف , ساختمان ساده ای مطابق شکل ۴-۲ دارند . هادی از رشته های به هم تابیده تشکیل شده و روی آن عایق PVC قرار می گیرد . سطح مقطع هادی طوری انتخاب شده است که بتواند جریان لازم برای بدون افزایش درجه حرارت از حد مجاز عبور دهد و ضخامت PVC طوری انتخاب می شود که بتواند موجود را تحمل کند و همچنین دارای استحکام مکانیکی کافی باشد .



شکل ۴ ـ ۲ : مقطع سیم عایق‌دار

مشخصات برخی سیم های عایق دار معمول در ایران که مطابق استانداردهای اروپایی توسط شرکت کابل سازی آیکو در تهران ساخته می شوند در جدول ۴-۱ و ۴-۲ آمده است . در جدول ۴-۱ برخی سیم های عایق دار خیلی قابل انعطاف در مقاطع کوچک آمده است و در جدول ۴-۲ کلیه اندازه های استاندارد داده شده است و در ستون اول سمت راست سطح مقطع هادی بر حسب میلی متر مربع آمده است که در محیط کار و بازار مشخصه سیم عایق دارمحسوب می شوند . ستون دوم تعداد رشته ها و قطر هر رشته را بر حسب میلی متر معین می کند . ستون سوم ضخامت عایق PVC را بر حسب میلی متر به دست می دهد و سه ستون بعدی قطر خارجی , وزن و مقاومت الکتریکی سیم را برای هر کیلومتر مشخص می کند . ملاحظه می کنید که تعداد رشته های در جدول ۴-۱ با معادلات (۴-۱) و (۴-۲) تطبیق ندارد , لیکن در جدول ۴-۲ این مطابقت موجود است . این سیم های عایق دار برای سیم کشی عمومی نظیر نصب در لوله ها , روکار یا توکار مناسب هستند .

www.Kargosha.com

جدول ۴-۱ : مشخصات سیم های عایق دار خیلی قابل انعطاف استاندارد ایران

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	تعداد و قطر رشته ها (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	قطر خارجی سیم (میلیمتر)	وزن سیم (کیلوگرم در کیلومتر)	مقاومت در ۷۰° (اهم در کیلومتر)
۰/۵	۱۶×۰/۲۰	۰/۶	۲/۲	۹	۴۴/۴
۰/۷۵	۲۴×۰/۲۰	۰/۶	۲/۳	۱۱	۲۹/۴
۱	۳۲×۰/۲۰	۰/۶	۲/۵	۱۴	۲۲/۴
۱/۵	۳۰×۰/۲۵	۰/۷	۳	۱۹	۱۵/۴
۲/۵	۵۱×۰/۲۵	۰/۸	۳/۲	۳۱	۹/۴
۴	۵۶×۰/۳۰	۰/۸	۴/۲	۴۷	۵/۴
۶	۸۴×۰/۳۰	۰/۸	۵/۲	۷۰	۳/۴

جدول ۴-۲ : مشخصات سیم های عایق دار استاندارد ایران

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	تعداد و قطر رشته ها (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	قطر خارجی سیم (میلیمتر)	وزن سیم (کیلوگرم در کیلومتر)	مقاومت در ۷۰° (اهم در کیلومتر)
۱	۱ × ۱/۱۳	۰/۸	۲/۷	۱۶	۲۱/۲
۱/۵	۱ × ۱/۳۸	۰/۸	۳	۲۱	۱۴/۲
۱/۵	۷ × ۰/۵۰	۰/۸	۳/۱	۲۱	۱۵/۹
۲/۵	۱ × ۱/۷۸	۰/۸	۳/۴	۳۱	۸/۵۴
۲/۵	۷ × ۰/۶۷	۰/۸	۳/۶	۳۳	۸/۷۰
۴	۷ × ۰/۸۵	۰/۸	۴/۲	۴۹	۵/۴۱
۶	۷ × ۱/۰۴	۰/۸	۴/۷	۶۹	۳/۶۱
۱۰	۷ × ۱/۳۵	۱	۶/۱	۱۱۶	۲/۱۴
۱۶	۷ × ۱/۷۰	۱	۷/۱	۱۷۶	۱/۳۵
۲۵	۷ × ۲/۱۴	۱/۲	۸/۸	۲۷۶	۰/۸۵۲
۳۵	۱۹ × ۱/۵۳	۱/۲	۱۰	۳۶۸	۰/۶۱۵
۵۰	۱۹ × ۱/۷۸	۱/۴	۱۱/۷	۵۰۰	۰/۴۵۳
۷۰	۱۹ × ۲/۱۴	۱/۴	۱۳/۵	۷۰۶	۰/۳۱۳
۹۵	۱۹ × ۲/۵۲	۱/۶	۱۵/۸	۹۷۵	۰/۲۲۶
۱۲۰	۳۷ × ۲/۰۳	۱/۶	۱۷/۴	۱۲۱۰	۰/۱۷۹
۱۵۰	۳۷ × ۲/۲۵	۱/۸	۱۹/۴	۱۴۸۹	۰/۱۴۶
۱۸۵	۳۷ × ۲/۵۲	۲	۲۱/۶	۱۸۶۶	۰/۱۱۶
۲۴۰	۶۱ × ۲/۲۵	۲/۲	۲۴/۷	۲۴۳۶	۰/۰۸۸۵
۳۰۰	۶۱ × ۲/۵۲	۲/۴	۲۷/۵	۳۰۴۸	۰/۰۷۰۶
۴۰۰	۶۱ × ۲/۸۵	۲/۶	۳۰/۹	۳۸۸۳	۰/۰۵۵۲
۵۰۰	۶۱ × ۳/۲۰	۲/۸	۳۴/۴	۴۸۷۷	۰/۰۳۶۶
۶۳۰	۱۲۷ × ۲/۵۲	۲/۸	۳۸/۴	۶۲۷۶	۰/۰۳۳۹

www.Kargosha.com

مثال ۴-۶

وزن سیم عایق دار ۱ میلی متر مربع یک رشته ای را محاسبه کنید و با مقدار داده شده در جدول مقایسه کنید . وزن مخصوص مس ۸/۹ گرم و وزن مخصوص PVC ۱/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب است .

حجم مس در یک کیلومتر چنین است :

$$1\times(1000\times1000)=10^6\,mm^3=10^3\,cm^3$$

وزن مس در یک کیلومتر طول از این قرار می شود :

$$10^3\times(8.9\times10^{-3})=8.9\ \ Kg$$

نظر به این که شعاع هادی برابر ۰/۵۶۵ میلیمتر و شعاع خارجی سیم برابر ۱/۳۶۵ میلیمتر است حجم عایق در یک کیلومتر طول چنین است:

$$\pi\left[(1.356)^2-(0.565)^2\right]\times1000\times1000=4850000mm^3=4850cm^3$$

وزن عایق در یک کیلومتر طول کابل از این قرار است:

$$4850\times1.35\times0^{-3}=6.55\ \ kg$$

لذا وزن این سیم عایق دار در هر کیلومتر طول از این قرار است :

$$8.9+6.55=15.54\ \ kg$$

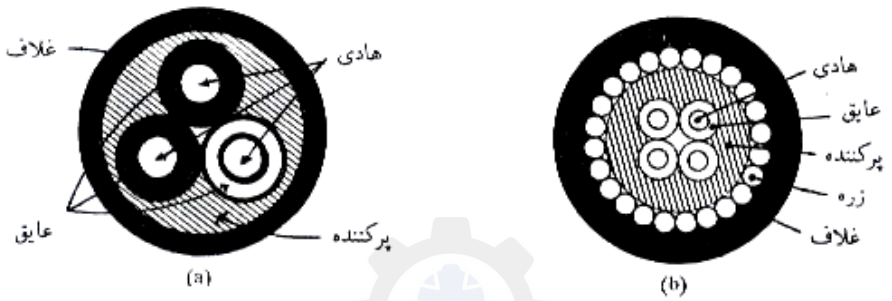
که در جدول به طور تقریب ۱۶ کیلوگرم آمده است.

در جداول ملاحظه می کنید که ضخامت عایق ، با زیاد شدن سطح مقطع هادی افزایش یافته است. با توجه به اینکه این سیمها همه برای ولتاژ پایین(۳۸۰ولت و ۲۲۰ ولت) طرح ریزی شده اند دلیل این امر چیست؟ دقت کنید که طاقت تحمل الکتریکی PVC در حدود ۲۰ کیلوولت در هر میلیمتر است و لذا کوچکترین ضخامت عایق در جداول که برابر ۰/۶است به مراتب از میزان لازم برای عایق بندی بیشتر است .

۴-۶- ساختمان کابلهای فشار ضعیف و اندازه های استاندارد

کابلهای فشار ضعیف (تا ۱۰۰۰ ولت) امروزه کلاً با استفاده از هادی مس و عایق PVC ساخته می شوند . در محیطهایی که خطر ضربات مکانیکی کم باشد از کابل بدون زره استفاده می شود و در محلهایی که خطر صدمات مکانیکی موجود باشد از کابل دارای زره محافظ استفاده می شود.

مقاطع دو کابل از این دو نوع در شکل ۴-۳ نشان داده شده اند.



شکل ۴ ـ ۳ : مقاطع دو کابل سه سیمه (a) بدون زره، (b) با زره محافظ

www.Kargosha.com

به طوری که در شکل ملاحظه می کنید هر یک از هادیها ابتدا از عایق PVC پوشانده می شود در شکل هادیها با مقاطع دایره ای نشان داده شده اند لیکن در بسیاری موارد آنها را تقریبا به شکل قطاعی از دایره می سازند که رأس آن در مرکز و قاعده آن به موازات سطح خارجی قرار می گیرد. هادیهای عایق شده به هم تابیده می شوند و در صورتی که مطابق شکل دایره شکل باشند با استفاده از پر کننده PVC شکل مجموعه را به صورت دایره در می آورند. در صورتی که هادیها قطاعی اختیار شده باشند مجموعه خود به خود تقریبا دایره شکل می گردد و در این صورت به جای پرکننده آنها را در نوار پلاستیک می پیچند. در کابل بدون زره با کشیدن غلاف PVC به روی کابل کار خاتمه می یابد لیکن در کابل دارای زره محافظ ، به منظور افزایش استحکام مکانیکی زرهی از سیم فولاد گالوانیزه به دور کابل تابیده می شود و سپس غلاف PVC روی آن کشیده می شود. غلاف علاوه بر ایجاد استحکام مکانیکی از نفوذ آب به داخل کابل و از اثرات فعل و انفعالات شیمیایی بر روی کابل جلوگیری می کند. در کابل با عایق کاغذی که نسبت به رطوبت بسیار حساس است از غلاف فلزی از جنس سرب یا آلومینیوم استفاده به عمل می آید.

در کابلهای چهار سیمی که در شبکه های توزیع سه فاز (سه فاز و نوترال) مورد استفاده قرار می گیرند نظر به اینکه جریان سیم نوترال معمولا از جریان فازها خیلی کمتر است سیم نوترال را با مقطعی در حدود نصف مقطع سیم فازها در نظر می گیرند (توجه داشته باشید که در سیستمهای سه فاز کاملا متعادل هیچ جریانی از سیم نوترال نمی گذرد).

در جدول ۴-۳ مشخصات برخی کابلهای سه سیمی یا چهار سیمی بدون زره ساخت شرکت آیکو آمده است که برای کابل کشی در داخل یا خارج ساختمان ودر رو یا زیرزمین در اماکنی که خطر ضربات مکانیکی موجود نباشد مناسب هستند. در جدول ۴-۴ مشخصات برخی کابلهای چهار سیمی مسلح به زرهی از سیمهای فولادی گالوانیزه با غلاف PVC آمده است که برای مصارف زیرزمینی در اماکنی که احتمال وجود ضربات مکانیکی زیاد است مناسبند.

در ستون اول این جداول تعداد سیمها و مقطع هر یک از آنها داده شده است. در مورد کابلها ی چهار سیمی که مقطع سیم چهارم کمتر از سه سیم دیگر است مقطع سیم چهارم بعد از علامت ممیز آمده است. برای مثال۳×۳۵/۱۶ مشخص کننده یک کابل چهار سیمی است که سه سیم آن مقطع ۳۵ میلیمتر مربع و سیم چهارم آن مقطع ۱۶ میلیمتر مربع دارد. شکل هادیها مورد استفاده در کابلها نیز در این ستون مشخص شده است. در ستون دوم تعداد وقطر رشته های سیمهای اصلی کابل داده شده است. در مورد کابلهای چهار سیمی که سیم چهارم آنها کوچکتر است این ستون مربوط به سیم چهارم نمی شود. در ستونهای بعدی ضخامت عایق سیمهای اصلی ، ضخامت غلاف ، قطر خارجی کابل وزن کابل در کیلومتر طول و مقاومت هر یک از سیمهای اصلی در کیلومتر آمده است.

در مقایسه کابلهای یک اندازه ملاحظه می کنید که کابلهایی که از هادیهای دایره ای ساخته شده اند دارای قطر و وزن بیشتر هستند که در نتیجه گرانتر می باشند.

www.Kargosha.com

جدول۴-۳ : مشخصات کابلهای سه سیمی یا چهار سیمی بدون زره استاندارد ایران

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	تعداد و قطر رشته ها (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	ضخامت غلاف (میلیمتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	مقاومت در ۷۰° (اهم در کیلومتر)
هادی دایره ای						
۳ × ۱۰	۱ × ۱/۳۵	۱	۱/۸	۱۸/۲	۶۳۸	۲/۱۶
۳ × ۱۶	۱ × ۱/۷۰	۱	۱/۸	۲۱/۳	۹۲۵	۱/۳۶
هادی قطاعی						
۳ × ۲۵	۱۹ × ۱/۳۷	۱/۲	۱/۸	۲۰/۹	۱۰۲۹	۰/۸۶۳
۳ × ۳۵	۱۹ × ۱/۵۸	۱/۲	۱/۸	۲۲/۹	۱۳۴۲	۰/۶۲۷
۳ × ۵۰	۱۹ × ۱/۸۶	۱/۴	۱/۸	۲۶/۳	۱۷۷۰	۰/۴۶۳
۳ × ۷۰	۱۹ × ۲/۲۶	۱/۴	۱/۹	۲۹/۴	۲۴۸۲	۰/۳۲۱
۳ × ۹۵	۳۷ × ۱/۸۶	۱/۶	۲/۱	۳۴	۳۳۱۵	۰/۲۳۲
۳ × ۱۲۰	۳۷ × ۲/۰۸	۱/۶	۲/۲	۳۶/۹	۴۱۲۶	۰/۱۸۴
۳ × ۱۵۰	۳۷ × ۲/۳۰	۱/۸	۲/۳	۴۰/۸	۵۱۱۷	۰/۱۵۰
۳ × ۱۸۵	۳۷ × ۲/۵۴	۲	۲/۵	۴۵/۱	۶۲۸۸	۰/۱۲۰
۳ × ۲۴۰	۶۱ × ۲/۲۶	۲/۲	۲/۶	۵۰/۴	۸۱۱۱	۰/۰۹۲
هادی دایره ای						
۳ × ۲۵/۱۶	۷ × ۲/۱۴	۱/۲	۱/۸	۲۷/۳	۱۵۸۵	۰/۸۶۳
۳ × ۳۵/۱۶	۱۹ × ۱/۵۳	۱/۲	۱/۸	۳۰/۳	۲۰۱۱	۰/۶۲۷
هادی قطاعی						
۳ × ۲۵/۱۶	۱۹ × ۱/۳۷	۱/۲	۱/۸	۲۲/۹	۱۲۲۸	۰/۸۶۳
۳ × ۳۵/۱۶	۱۹ × ۱/۵۸	۱/۲	۱/۸	۲۵/۲	۱۵۴۹	۰/۶۲۷
۳ × ۵۰/۲۵	۱۹ × ۱/۸۶	۱/۴	۱/۹	۲۹/۳	۲۰۹۷	۰/۴۶۳
۳ × ۷۰/۳۵	۱۹ × ۲/۲۶	۱/۴	۲	۳۳	۲۹۳۷	۰/۳۲۱
۳ × ۹۵/۵۰	۳۷ × ۱/۸۶	۱/۶	۲/۱	۳۷/۶	۳۹۱۵	۰/۲۳۲
۳ × ۱۲۰/۷۰	۳۷ × ۲/۰۸	۱/۶	۲/۲	۴۰/۹	۴۹۲۳	۰/۱۸۴
۳ × ۱۵۰/۷۰	۳۷ × ۲/۳۰	۱/۸	۲/۴	۴۵/۵	۵۹۴۸	۰/۱۵۰
۳ × ۱۸۵/۹۵	۳۷ × ۲/۵۴	۲	۲/۵	۵۰	۷۳۷۰	۰/۱۲۰
۳ × ۲۴۰/۱۲۰	۶۱ × ۲/۲۶	۲/۲	۲/۷	۵۶/۱	۹۴۷۸	۰/۰۹۲

saze118.com
www.Kargosha.com

جدول۴-۳ : مشخصات کابلهای چهار سیمی زره دار استاندارد ایران

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	تعداد و قطر رشته ها (میلیمتر)	ضخامت عایق (میلیمتر)	ضخامت غلاف (میلیمتر)	قطر خارجی (میلیمتر)	وزن کابل (کیلوگرم در کیلومتر)	مقاومت در ۷۰° (اهم در کیلومتر)
هادی دایره ای						
۳ × ۲۵/۱۶	۷ × ۱/۳۵	۱/۲	۱/۸	۳۰/۱	۶۳۸	۰/۸۶۳
۳ × ۳۵/۱۶	۱۹ × ۱/۷۰	۱/۲	۱/۸	۳۳/۱	۹۲۵	۰/۶۲۷
هادی مثلثی						
۳ × ۲۵/۱۶	۱۹ × ۱/۳۷	۱/۲	۱/۸	۲۶/۸	۱۹۵۴	۰/۸۶۳
۳ × ۳۵/۱۶	۱۹ × ۱/۵۸	۱/۲	۱/۹	۲۹/۳	۲۳۶۱	۰/۶۲۷
۳ × ۵۰/۲۵	۱۹ × ۱/۸۶	۱/۴	۱/۹	۳۲/۲	۳۰۱۹	۰/۴۶۴
۳ × ۷۰/۳۵	۱۹ × ۲/۲۶	۱/۴	۲	۳۷/۴	۴۱۹۹	۰/۳۲۲
۳ × ۹۵/۵۰	۳۷ × ۱/۸۶	۱/۶	۲/۲	۴۲/۴	۵۳۶۱	۰/۲۳۳
۳ × ۱۲۰/۷۰	۳۷ × ۲/۰۸	۱/۶	۲/۳	۴۹/۵	۶۹۰۱	۰/۱۸۵
۳ × ۱۵۰/۷۰	۳۷ × ۲/۳۰	۱/۸	۲/۴	۵۰/۹	۸۱۱۵	۰/۱۵۱
۳ × ۱۸۵/۹۵	۳۷ × ۲/۵۸	۲	۲/۵	۵۵/۴	۹۷۴۶	۰/۱۲۲
۳ × ۲۴۰/۱۲۰	۱۲۶ × ۱/۵۸	۲/۲	۲/۷	۶۱/۷	۱۲۲۳۰	۰/۰۹۴۵
هادی دایره ای						
۴ × ۱۰	۷ × ۱/۳۵	۱	۱/۶	۲۱/۹	۱۱۷۲	۲/۸۶۳
۴ × ۱۶	۷ × ۱/۷۰	۱	۱/۷	۲۵/۷	۱۷۲۵	۱/۶۲۷
هادی قطاعی						
۴ × ۲۵	۱۹ × ۱/۳۷	۱/۲	۱/۸	۲۶/۸	۲۰۵۲	۰/۸۶۳
۴ × ۳۵	۱۹ × ۱/۵۸	۱/۲	۱/۹	۲۹/۳	۲۵۵۸	۰/۶۲۷
۴ × ۵۰	۱۹ × ۱/۸۶	۱/۴	۲	۳۴/۲	۳۴۹۱	۰/۴۶۴
۴ × ۷۰	۱۹ × ۲/۲۶	۱/۴	۲/۱	۳۷/۶	۴۵۷۲	۰/۳۲۲
۴ × ۹۵	۳۷ × ۱/۸۶	۱/۶	۲/۲	۴۲/۲	۵۸۴۲	۰/۲۳۳
۴ × ۱۲۰	۳۷ × ۲/۰۸	۱/۶	۲/۴	۴۶/۷	۷۴۲۴	۰/۱۸۵
۴ × ۱۵۰	۳۷ × ۲/۳۰	۱/۸	۲/۵	۵۱/۱	۸۹۴۹	۰/۱۵۱
۴ ×۱۸۵	۳۷ × ۲/۵۸	۲	۲/۶	۵۵/۶	۱۰۶۸۳	۰/۱۲۲
۴ × ۲۴۰	۱۲۶ × ۱/۵۸	۲/۲	۲/۸	۶۱/۹	۱۳۵۰۵	۰/۰۹۴۵

www.Kargosha.com

۴-۷- علائم مشخصه کابلها

در استاندارد آلمانی که در ایران معمول شده است ساختمان کابلها با حروف الفبا مشخص می شود. در این روش حرف اول جنس هادی را مشخص می کند. N علامت مس و NA علامت آمومینیوم است . حرف دوم عایق سیمها رو مشخص می کند . Y علامت پلاستیک و G علامت لاستیک است و در صورتی که حرفی وجود نداشته باشد عایق کاغذی مورد نظر است . قسمت بعد معین کننده نوع غلاف است. Y غلاف پلاستیکی ،K غلاف سربی و KL غلاف آلومینیومی است . قسمت بعد مشخص کننده نوع زره است. B مشخص کننده سیمهای فولادی و Gb معین کننده سیم فولاد گالوانیزه است. بالاخره قسمت آخر جنس روپوش خارجی را مشخص می کند و در آن A معین کننده الیاف گیاهی (جوت) می باشد. در ذیل علائم چند کابل ولتاژ ضعیف که در برق رسانی مورد استفاده قرار می گیرند آماده است.

NYY کابل با هادی مس، عایق وغلاف پلاستیک
NAYY کابل با هادی آلومینیوم ، عایق و غلاف پلاستیک
NGG کابل با هادی مس، عایق و غلاف لاستیک
NAGG کابل با هادی آلومینیوم، عایق و غلاف لاستیک
NYKB کابل با هادی مس، عایق پلاستیک ، غلاف سرب و زره فولادی
NYYGb کابل با هادی مس، عایق و غلاف پلاستیک و زره فولاد گاوانیزه
NKBA کابل با هادی مس , عایق کاغذ , غلاف سرب , زره فولاد و روپوش خارجی الیاف گیاهی

کابلهای ولتاژ بالا دارای ساختمان مفصلتری هستند و توضیح آنها در اینجا مورد نظر ما نمی باشد.

مسائل فصل چهارم

۱- وزن و مقاومت اهمی (در ۷۰ درجه سانتیگراد) در هر کیلومتر سیم ۲۵ مسی عایق دار با عایق پی- وی- سی را تعیین و با جدول مقایسه کنید.
۲- وزن و مقاومت هر سیم (در ۷۰ درجه سانتیگراد) یک کابل مسی، با عایق و غلاف پی- وی- سی ۳×۱۲۰/۷۰ را تعیین و با جدول مقایسه کنید.
۳- وزن و مقاومت هر سیم یک کابل ۴×۲۵ مسی قطاعی با عایق و غلاف پی- وی- سی را معین کنید.

www.Kargosha.com

فصل پنجم

جریان مجاز سیمها و کابلها فشار ضعیف

به طوری که می دانیم جریان برق در عبور از سیمها و کابلها ایجاد حرارت می کند که سبب افزایش درجه حرارت اجزاء متشکله آنها می گردد. در صورتی که این افزایش درجه حرارت ادامه یابد، موجب خرابی عایقها می شود. زیرا به طوری که دیدیم برای مثال حداکثر درجه حرارت مجاز برای عایق پلاستیکی پی- وی – سی برابر ۷۰ درجه سانتیگراد است. بنابراین برای حفاظت عایقها لازم است در حالت تعادل درجه حرارت آنها از حداکثر مجاز متجاوز نگردد. لازمه ثابت ماندن درجه این است که حرارت تولید شده کلا به محیط خارج منتقل گردد. انتقال حرارت به خارج از طریق هدایت، کنواکسیون و تشعشع صورت می گیرد و تابع درجه حرارت نهایی، درجه حرارت محیط، ضریب انتقال حرارت، مساحت و وضعیت سطح خارجی کابل و وضعیت استقرار آن می باشد. بنابراین جریان مجاز سیمها و مقاومت الکتریکی آنها بوده و تعیین دقیق آن مستلزم حل مسئله انتقال حرارت مربوط می باشد.

در قسمت اول این فصل جریانهای مجاز سیمها و کابلها تحت شرایط مختلف به صورت جداولی داده شده است و در قسمت دوم تجزیه و تحلیل مسئله انتقال حرارت برای علاقه مندان به انجام این گونه محاسبات آمده است.

۵-۱- جریان مجاز سیمهای مسی با عایق پی- وی- سی

سیمهای عایق دار را بسته به وضعیت نصب آنها به سه گروه تقسیم می کنیم.

گروه ۱ سیمهای داخل لوله را شامل می شود و تعداد سیمها در هر لوله یک تا سه در نظر گرفته شده است.

گروه ۲ سیمهای دولا یا سه لا ، که آزادانه در هوا کشیده می شوند ومعمولا برای تغذیه مصرف کننده های قابل حمل و نقل به کار می روند را شامل می شود.

گروه ۳ تعداد سیمهای یک لا را که آزادانه در هوا کشیده شده و فاصله بین سیمهای مجاور حداقل برابر قطر سیم باشد را شامل می گردد.

جریان مجاز سیمهای استاندارد مسی با عایق پی- وی- سی برای حداکثر حرارت مجاز ۷۰ درجه و حرارت محیط ۲۵ درجه در جدول۵-۱ آمده است.

www.Kargosha.com

جدول ۵-۱ : جریان مجاز سیمهای عایق دار

سطح مقطع سیم (میلیمتر مربع)	جریان مجاز گروه ۱ تا سه سیم در لوله	جریان مجاز گروه ۲ سیم چند لا درهوا	جریان مجاز گروه ۳ چند سیم یک لا درهوا
۰/۷۵	-	۱۳	۱۶
۱	۱۲	۱۶	۲۰
۱/۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۷	۳۶
/۴	۲۷	۳۶	۴۵
۶	۳۵	۴۷	۵۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۵	۸۷	۱۰۴
۲۵	۸۸	۱۱۵	۱۳۷
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۸
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

در صورتی که درجه حرارت محیط اطراف سیم ۲۵ درجه نباشد، جریانهای مجاز داده شده در جدول ۵-۱ را با ضرایبی که در جدول ۵-۲ داده شده است تصحیح می کنیم.

جدول ۵-۲ : ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجه حرارت فضا	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
ضریب تصحیح	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۶۷

۵-۲- جریان مجاز کابلهای مسی با عایق و غلاف پی- وی- سی

کابلهای مسی با عایق وغلاف پی- وی- سی با یا بدون زره فولادی را بسته به وضعیت نصب آنها به دو گروه تقسیم می کنیم. گروه اول کابلهای نصب شده در زیر زمین است که در عمق ۷۰ سانتیمتر ودرجه حرارت زمین ۲۰ درجه درنظر گرفته می شود. گروه دوم کابلهای مستقر در هوا با درجه حرارت ۳۰ درجه است. جریانهای مجاز کابلهای یک سیمی، دو سیمی و سه تا چهار سیمی برای حرارت کار ۷۰ درجه در جدول ۵-۳ داده شده است.

www.Kargosha.com

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	کابل یک سیمی		کابل دو سیمی		کابل سه یا چهار سیمی	
	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°
۱/۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸
۲/۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۸	۴۴
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	۲۱۰	۱۸۰	۱۸۵	۱۶۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۰۰
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	۳۱۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۴۵
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	۳۶۰	۳۲۰	۳۱۵	۲۸۵
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۵۵	۳۲۵
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	۴۶۰	۴۳۰	۴۰۰	۳۷۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	۵۳۰	۵۱۰	۴۶۵	۴۳۵
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	۵۹۰	۵۹۰	۵۲۰	۵۰۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	۶۸۰	۷۱۰	۶۰۰	۶۰۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	–	–	–	–

جدول ۵-۳: جریان مجاز کابل ها با هادی مسی و عایق وغلاف پی – وی – سی

در صورتی که درجه حرارت هوا غیر از ۳۰ درجه و حرارت زمین غیر از ۲۰ درجه باشد مقادیر جریانهای مجاز جدول ۵-۳ را با ضرایب جدول ۵-۴ تصحیح می کنیم.

۵-۴- ضریب تصحیح جریان مجاز کابل ها

درجه حرارت هوا	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۱/۲۷	۱/۱۲۱	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱

درجه حرارت زمین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵
ضریب تصحیح	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۴

۵-۳- جریان های مجاز سیمهای مسی بدون عایق

سیمهای بدون عایق که در شبکه های هوایی مورد استفاده قرار می گیرند باید دارای استحکام مکانیکی کافی برای تحمل وزن خود و فشار باد و یخ و برف باشند. به این دلیل معمولا از سیمهای کوچکتر از ۶ میلیمتر مربع در سیم کشی هوایی استفاده نمی شود. با توجه به اینکه این سیمها فاقد عایق می باشند ممکن است این تصور پیش آید که افزایش درجه حرارت به هر میزان بدون اشکال است. لیکن با در نظر گرفتن این حقیقت که با افزایش درجه حرارت به هر میزان بدون اشکال است. لیکن با در نظر گرفتن این حقیقت که با افزایش درجه حرارت مقاومت کششی سیم کاهش می یابد لزوم محدود کردن درجه حرارت کار سیم

www.Kargosha.com

روشن می شود. جریان مجاز این سیمها برای حرارت کار ۶۰ درجه و هوای ۲۵ درجه در جدول ۵-۵ آمده است. در برخی استانداردها نظیر استاندارد انگلستان حرارت کار سیمهای هوایی ۷۵ درجه در نظر گرفته می شود که جریان مجاز سیمها را به میزان قابل ملاحظه ای بالا می برد.

جدول ۵-۵ : جریان مجاز سیم های بدون عایق هوایی

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	جریان مجاز (آمپر)
۶	۵۰
۱۰	۶۵
۱۶	۹۰
۲۵	۱۲۰
۳۵	۱۵۵
۵۰	۱۸۵
۷۰	۲۴۰
۹۵	۳۰۵
۱۲۰	۳۵۵
۱۵۰	۴۲۵
۱۸۵	۴۷۰
۲۴۰	۵۴۵
۳۰۰	۶۵۰

در صورتی که حرارت هوا ۲۵ درجه نباشد جریان های مجاز داده شده در جدول ۵-۵ را با ضرایب جدول ۶-۵ تصحیح می کنیم.

جدول ۶-۵ : ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجه حرارت	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۳۸

۵-۴- جریان مجاز سیمها و کابلهای آلومینیومی

به طوری که قبلا گفته شده است مقاومت ویژه آلومینیوم ۱/۶۵ برابر مقاومت ویژه مس است و لذا جریان مجاز سیمهای عایق دار و کابلهای آلومینیومی از سیمها و کابلهای مسی هم اندازه آنها کمتر است. در صورتی که جریان مجاز یک سیم عایق دار با کابل مسی را I آمپر فرض کنیم و جریان مجاز سیم عایق دار یا کابل آلومینیومی هم اندازه آن را I' فرض کنیم با مساوی قرار دادن توان حرارتی ایجاد شده در یک متر طول آنها رابطه زیر حاصل می شود :

$$\frac{\rho_C I^2}{a} = \frac{\rho_a I'^2}{a}$$

در رابطه بالا ρ_C و ρ_a به ترتیب مقاومت ویژه مس و آلومینیوم و a سطح مقطع سیم یا کابل است. با توجه به نسبت مقاومتهای ویژه مس و آلومینیوم رابطه بالا از این قرار می شود :

$$I^2 = 1.65 I'^2$$

و یا

www.Kargosha.com

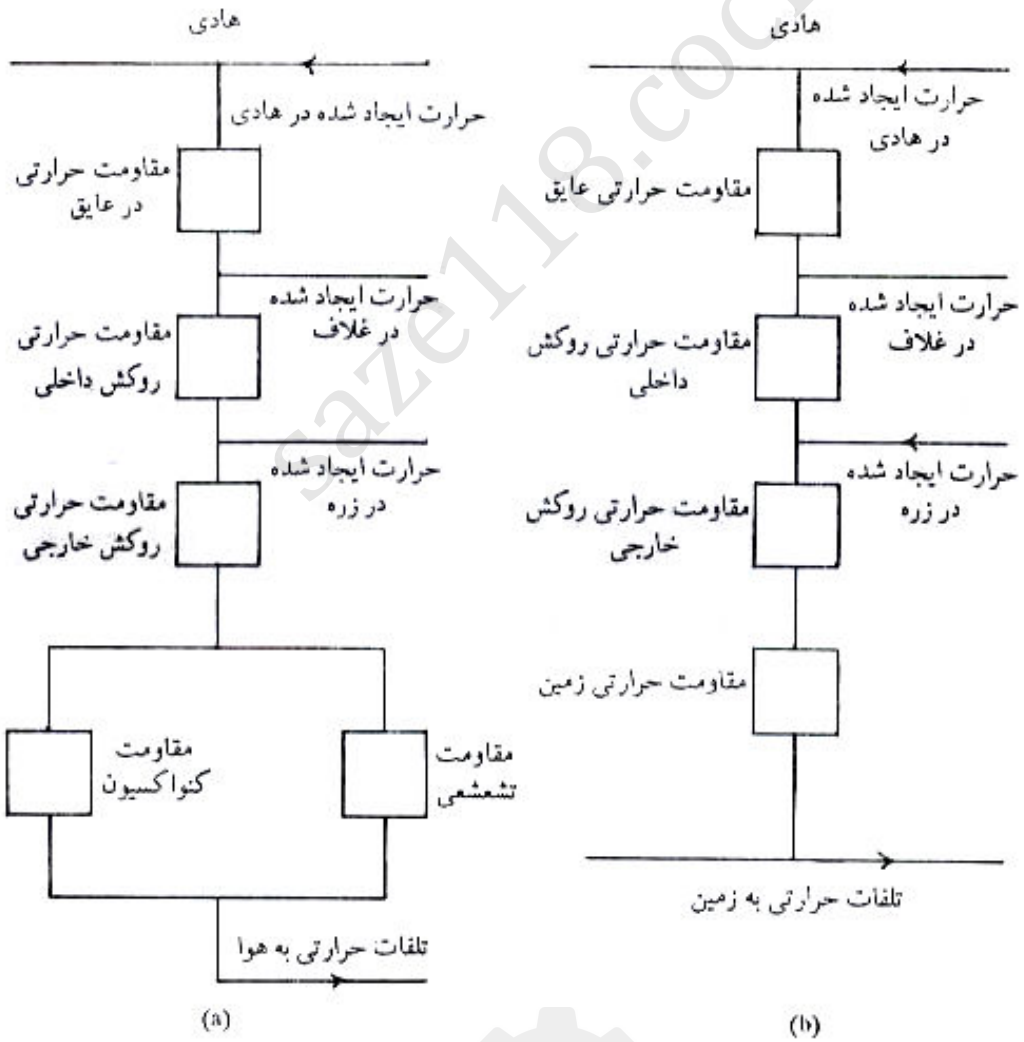
$$I' = 0.778\,I \qquad (۱-۵)$$

رابطه بالا نشان می دهد که جریان مجاز کابلها یا سیمها ی عایق دار آلومینیومی ۷۷/۸ درصد جریان مجاز کابلها و سیمهای عایق دار و کابلهای آلومینیومی را می توان از طریق ضرب مقادیری جداول مربوط به هادی های مسی در ضریب ۰/۷۷۸ به سهولت محاسبه کرد.

۵-۵- تحلیل مسئله انتقال حرارت

به طوری که می دانیم حرارت ایجاد شده در کابل در حین کار باید به فضای اطراف منتقل شود به طوری که درجه حرارت عایق آن از حداکثر مجاز که بستگی به نوع عایق دارد متجاوز نگردد.

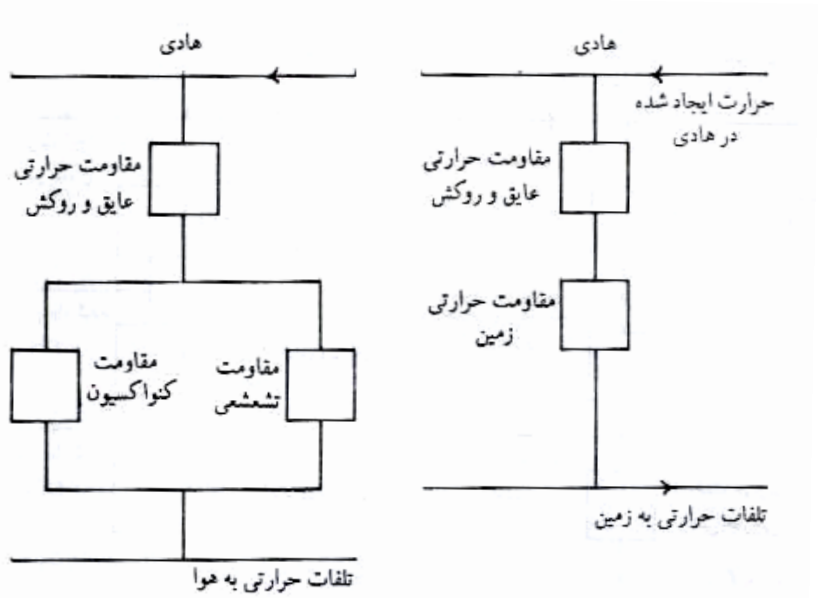
حرارت بیشتر در هادی حامل جریان ایجاد می شود، لیکن مقداری هم در غلاف فلزی و زره فلزی ممکن است در اثر القاء ایجاد شود. در کابلهای سه سیمی یا چهار سیمی که جریانهای سه فاز حمل می کنند، مجموع جریانهای پیوسته برابر صفر است و اثرات القایی، قابل صرفنظر می باشند. لیکن در کابلهای یک سیمی اثرات القایی قابل ملاحظه می باشند و لذا به ندرت کابلهای یک سیمی را مجهز به غلاف یا زره می بینید. انتقال حرارت به فضای خارج از طریق هدایت ، کنواکسیون و تشعشع انجام می پذیرد. شکل ۵-۱ نحوه ایجاد حرارت و انتقال آن را در حالات کلی در کابل واقع در هوا و در زیرزمین نشان می دهد.



شکل ۵ ـ ۱ : نحوه ایجاد و انتقال حرارت در کابل واقع در هوا و زیرزمین
(a) هوا، (b) زیرزمین

www.Kargosha.com

در صورتی که از حرارت ایجاد شده در غلاف فلزی و زره فلزی صرفنظر کنیم شکل ۵-۱ به صورت ساده تر زیر در می آید.



شکل ۵ ـ ۲ : ایجاد و انتقال حرارت در کابلها

۵-۵-۱- انتقال حرارت به وسیله هدایت

قانون انتقال حرارت به وسیله هدایت در حالت تعادل شبیه قانون هدایت جریان برق است.

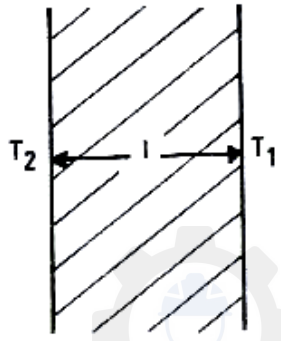
در صورتی که دو دیواره با وسیله حرارتهای T_1 و T_2 را مطابق شکل ۵-۳ در نظر بگیرید میزان توان حرارتی Q بر حسب وات که از دیوار عبور می کند با اختلاف درجه حرارت دو طرف متناسب است. این رابطه را معمولا به صورت زیر می نویسیم :

$$Q = \frac{T_2 - T_1}{S}$$

ملاحظه می کنید که رابطه بالا صورت قانون اهم را به خود گرفته که در آن درجه حرارت نقش ولتاژ، توان حرارتی نقش جریان و مقاومت حرارتی نقش مقاومت الکتریکی را ایفا می کنند. به همان ترتیبی که مقاومت الکتریکی تابع جنس و وضعیت هندسی مدار است مقاومت حرارتی نیز تابع مقاومت حرارتی ویژه ρ ، طول دیوار و مساحت دیوار است. نظر به اینکه A متر مربع از سطح دیوارها مورد نظر ماست S به قرار زیر می شود:

$$S = \frac{\rho I}{A}$$

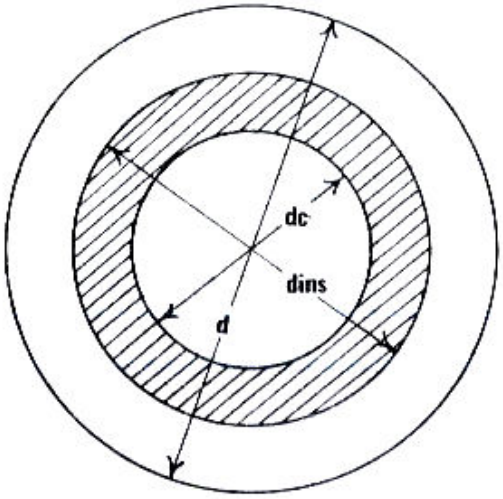
در روابط بالا a بر حسب وات، S بر حسب درجه سانتیگراد بر وات و ρ بر حسب درجه سانتیگراد متر بر وات است.



شکل ۵ ـ ۳ : نمایش انتقال حرارت به وسیله هدایت

www.Kargosha.com

حالا یک کابل یک سیمی را مطابق شکل ۵-۴ در نظر بگیرید. قطر هادی برابر d_c متر، قطر عایق برابر d_{ins} متر و قطر خارجی کابل برابر d متر است. ضرایب مقاومت حرارتی ویژه عایق و غلاف را به ترتیب ρ_{ins} و ρ_{sh} درجه سانتیگراد متر بر وات می نامیم.



شکل ۵ ـ ۴ : مقطع کابل یک سیمی

در این صورت برای محاسبه کل مقاومت حرارتی کابل برای یک متر طول کابل لازم است دو انتگرال به شرح زیر را محاسبه کرد.

$$S_C = \int_{d_c/2}^{d_{ins}/2} \frac{\rho_{ins}\, dr}{2\pi r \times 1} + \int_{d_{ins}/2}^{d_c/2} \frac{\rho_{sh}\, dr}{2\pi r \times 1}$$

$$S_C = \frac{\rho_{ins}}{2\pi} Ln \frac{\rho_{ins}}{d_c} + \frac{\rho_{sh}}{2\pi} Ln \frac{d}{d_{ins}} \qquad (۴-۵)$$

در صورتی که کابلی با قطر خارجی d متر در عمق h متر در زیرزمین با ضریب مقاومت حرارتی ویژه ρ_g نصب شود مقاومت حرارتی در واحد طول به این قرار می شود.

$$S_g = \frac{\rho_g}{2\pi} Ln \frac{4h}{d} \qquad (۵-۵)$$

رابطه بالا مقاومت حرارتی بین سطح کابل تا محل تصویر کابل نسبت به سطح زمین است که با جواب مسئله واقعی یکسان است. (نظیر حل مسائل الکترواستاتیک از طریق بارهای تصویری). بنابراین در مورد کابل زیر زمینی مقاومت حرارتی کل از مجموع مقاومت حرارتی کابل از معادله (۵-۴) و مقاومت حرارتی زمین از رابطه (۵-۵) به دست می آید.

۵-۵-۲- انتقال حرارت به وسیله کنواکسیون و تشعشع

در صورتی که کابلی با قطر خارجی d متر و درجه حرارت T_0 در هوای آزاد با درجه حرارت T_a قرار داشته باشد، مقداری حرارت از طریق کنواکسیون و مقداری توسط تشعشع انتقال می یابد. به منظور انجام محاسبات مقائمت حرارتی معادل S_{eq} که این دو اثر که به طور موازی عمل می کنند را در بر می گیرد به صورت زیر تعریف می کنیم.

$$S_{eq} = \frac{1}{\pi d (a_c + a_r)}$$

www.Kargosha.com

a_c ضریب انتقال حرارت از طریق کنواکسیون بر حسب وات بر متر مربع بر درجه سانتیگراد است و به طور تجربی به صورت زیر به دست می آید.

$$a_c = (\frac{0.0185}{d} + 1.081\sqrt[4]{\frac{T_0 - T_a}{d}})$$

در رابطه بالا جمله اول مربوط به ضریب انتقال لایه کوتاه هوا روی سطح کابل و جمله دوم ضریب انتقال حرارت به وسیله کنواکسیون از جسم استوانه ای شکل به قطر d متر و درجه حرارت سطحی T_0 واقع در هوای T_a درجه است.

a_r ضریب انتقال حرارت به صورت تشعشع بر حسب وات بر متر مربع بر درجه سانتی گراد است. مطابق قانون تشعشع یک جسم گداخته که به قانون تشعشع وین[1] معروف است توان تشعشعی از هز متر مربع سطح یک جسم گداخته در T_0 درجه سانتی گراد و واقع در محیط T_a درجه سانتی گراد برابر است با:

$$Q = 5.77\times10^{-8} \in_0 \{(273+T_0)^4 - (273+T_0)^4\}$$

در معادله بالا $5/77\times10^{-8}$ضریب ثابت بولتزمن[2] و $\in_0$ ضریب تشعشع سطح و عددی نزدیک به یک است. لذا a_rکه توان تشعشعی از واحد سطح به ازای درجه اختلاف درجه حرارت است برابر می شود.

$$a_r = \frac{5.77\times10^{-8} \in_0 \{(273+t_0)^4 + (273+ta)^4\}}{t_0 - t_a}$$

صورت رابطه بالا میزان تشعشع حرارت است وپس از تقسیم بر اختلاف درجه حرارت ضریب انتقال حرارت به صورت تشعشع به دست آمده است. در رابطه بالا $\in_0$ ضریب تشعشع سطح است که بستگی به رنگ سطح کابل دارد. حداکثر مقدار $\in_0$ یک است ودر مورد روکش پی وی سی ۰/۹۵ در نظر گرفته می شود.

۵-۶- محاسبه جریان مجاز

حرارت تولید شده در کابل n سیمی که هر سیم ان جریان I حمل می کند از این قرار است:

$$Q = nRI^2$$

در رابطه بالا R مقاومت موثر هر سیم در درجه حرارت کار سیم در واحد طول است و لذا Q حرارت ایجاد شده بر حسب وات در متر طول می باشد. این حرارت تولید شده باید با حرارت تلف شده برابر باشد. در صورتی که مقاومت حرارتی کل را در واحد طول S_tبنامیم و اختلاف درجه حرارت هادی و فضا را با ΔTنشان دهیم نتیجه زیر به دست می آید:

$$nRI2 = \frac{\Delta T}{S_t}$$

و یا جریان مجاز چنین می شود:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta T}{nRS_t}} \qquad (۹-۵)$$

مثال ۵-۱

یک کابل یک سیمی ۵۰ میلیمتر مربع با عایق پی وی سی به ضخامت ۱/۴ میلیمتر و غلاف پی وی سی به ضخامت ۱/۶ میلیمتر و قطر خارجی ۱۴ میلیمتر در عمق ۷۰ سانتیمتر در زمین ۲۰ درجه انداخته شده است . جریان مجاز کابل را حساب کنید. مقاومت حرارتی ویزه pvc ، ۶درجه سانتیگراد متر بر وات و مقاومت حرارتی ویژه زمین ۱ درجه سانتیگراد متر بر وات می باشد. مقاومت موثر الکتریکی سیم در حرارت کار ۷۰درجه (درجه حرارت مجاز پی وی سی) برابر 0.453×10^{-3} اهم در متر طول است.

[1] . Wien Law Of radiation
[2] . Boltzman's Constant

www.Kargosha.com

قطر هادی برابر ۸ میلیمتر و قطر خارجی کابل در حدود ۱۴ میلیمتر است. مقاومت حرارتی کابل در واحد طول مقابل رابطه (۵-۴) از این قرار است:

$$S_C = \frac{6}{2\pi}\ln\frac{14}{8} = 0.534$$

مقاومت حرارتی زمین در واحد طول کابل مطابق رابطه(۵-۵) از این قرار است:

$$S_g = \frac{1}{2\pi}\ln\frac{700\times 4}{14} = 0.843$$

مقاومت حرارتی کل درواحد طول چنین است:

$$s_t = 0.534 + 0.843 = 1.377$$

بنابراین جریان مجاز مطابق رابطه(۵-۹) از این قرار است:

$$I = \sqrt{\frac{50}{1\times 0.453\times 10^{-3}\times 1.377}} = 283$$

که در جدول ۵-۳ ، ۲۸۰ آمپر امده است.

مثال ۵-۲

کابل یک سیمی ۵۰ میلیمتر مربع مثال ۲-۷ در هوای ۳۰درجه نصب شده است . جریان مجاز کابل را در حرارت کار ۷۰ درجه محاسبه کنید.

مقاومت حرارتی کابل همان مقدار قبلی را خواهد داشت. برای محاسبه مقاومت هوا با فرضا اینکه T_0 برابر ۵۵ درجه سانتیگراد باشد به ترتیب زیر عمل می کنیم:

$$a_c = \frac{0.0185}{14\times 10^{-3}} + 1.081\sqrt[4]{\frac{55-30}{14\times 10^{-3}}}8.35$$

با فرض T_0 برابر ۵۵درجه و $\in_0$ برابر ۰/۹۵ a_r چنین می شود:

$$a_r = 5.77\times 10^{-8}\times 0.95\left[\frac{(273+55)^4-(273+30)^4}{55-30}\right] = 6.90$$

لذا

$$s_{eq} = \frac{1}{\pi\times 14\times 10^{-3}(6.90+8.35)} = 1.49$$

لذا مقاومت کل از این قرار است

$$S_t = 0.534 + 1.49 = 2.02$$

با استفاده از رابطه (۲-۱۳) جریان مجاز از این قرار می شود:

$$I = \sqrt{\frac{40}{1\times 0.453\times 10^{-3}\times 2.02}} = 209$$

که در جدول ۲۱۵ آمپر آمده است . توجه داشته باشید که T_0 را برابر۵۵ درجه انتخاب کردیم که ممکن است انتخاب کاملاً درستی نباشد. البته حالا می توانیم این فرض را بررسی کنیم و در صورتی که درست نباشد در T_0 تغییر بدهیم و محاسبات را تکرار کنیم تا جواب دقیقتری به دست آید.

$$T_0 = 70 - (70-30)(\frac{0.534}{2.02}) = 59.43$$

حال اگر محاسبات رابرای T_0 برابر ۶۰درجه تکرار کنیم، جریان مجاز ۲۱۱/۵ آمپر به دست می آید. جریان مجاز در جدول ۵-۳ برابر ۲۱۵ آمپر آمده است.

www.Kargosha.com

مثال ۵-۳

جریان مجاز یک سیم ۲/۵ یک رشته ای با عایق pvc واقع در هوای ۲۵ درجه را تعیین کنید. با مراجعه به جدول ۲-۲ ملاحظه می کنیم که قطر هادی این سیم ۱/۷۸ میلیمتر و قطر خارجی آن ۳/۴ میلیمتر حرارتی کابل از این قرار است.

$$s_c = \frac{6}{2\pi}\ln\frac{3.4}{1.78} = 0.615$$

با فرض درجه حرارت ۵۵برای سطح خارجی سیم عایق دار و برابر ۰/۹۵

$$a_c = \frac{0.0185}{3.4\times10^{-3}} + 1.081\sqrt[4]{\frac{55-25}{3.4\times10^{-3}}} = 15.92$$

$$a_c = 5.77\times10^{-8}\times0.95\frac{(273+55)^4-(273+25)^4}{55-25} = 6.74$$

لذا

$$s_{eq} = \frac{1}{\pi\times3.4\times10^{-3}\times(15.92+6.74)} = 4.132$$

بنابراین مقاومت کل از این قرار است:

$$s_t = 4.132 + 0.615 = 4075$$

لذا جریان مجاز از این قرار است:

$$I = \sqrt{\frac{45}{1\times8.54\times10^{-3}\times4.75}} = 33.31$$

که در جدول ۵-۱ برابر ۳۴ آمپر آمده است.

لازم است صحت فرض درجه حرارت سطح کابل برابر ۵۵ درجه را بررسی کنیم.

$$T_0 = 70-(70-25)(\frac{0/615}{4/75}) = 64/17$$

اگر محاسبات رابرای T_0 برابر ۶۴ درجه تکرار کنیم جریان مجاز ۳۳/۹۴ آمپر نتیجه می شود.

مثال ۵-۴

جریان مجاز سیم هوایی مسی بدون عایق ۳۵ میلیمتر مربع را در هوای ۲۵ درجه حساب کنید. حرارت سیم نباید از حداکثر ۶۰درجه متجاوز گردد. مقاومت موثر سیم در حرارت کار ۶۰ درجه برابر 5.93×10^{-4} اهم در متر طول است.

چون سیم بدون عایق بوده و در هوا واقع است تنها و را لازم است محاسبه کنیم . قطر سیم از این قرار است:

$$\frac{\pi}{4}d^2 = 35 \Rightarrow d = 6.68mm$$

$$a_c = \frac{0.0185}{6.68\times10^{-3}} + 1.081\sqrt[4]{\frac{35}{6.68\times10^{-3}}15.92} = 11.97$$

با احتساب $\in_0$ برابر ۰/۹۰

$$a_r = 5.77\times10^{-8}\times0.9\frac{(273+90)^4-(273+25)^4}{60-25} = 6.54$$

$$s = \frac{1}{\pi\times6.68\times10^{-3}(11.97+6.54)} = 2.57$$

$$I = \sqrt{\frac{35}{2.57\times5.93\times10^{-4}}} = 151.54$$

که در جدول ۵-۵ برابر ۱۵۵ آمپر آمده است.

www.Kargosha.com

مسائل فصل پنجم

۱- جریان مجاز یک سیم ۴ میلیمتر مربع مسی با عایق pvc را در هوای ۴۰درجه حساب کنید و با مقادیر داده شده در جداول ۵-۱ و۵-۲ مقایسه کنید.

۲- در یک کابل ۴×۲۵ با هادیهای مسی قطاعی با عایق pvc ضخامت عایق روی هر سیم ۱/۲ میلیمتر، ضخامت غلاف pvc ۱/۸ میلیمتر و قطر خارجی کابل ۲۶/۸ میلیمتر است. مقاومت هر سیم در حرارت کار۷۰ درجه ۰/۸۶۳ اهم در کیلومتر است. جریان مجاز هر سیم کابل را برای نصب در عمق ۷۰ سانتیمتر در زمین ۲۰ درجه و۳۵ درجه محاسبه، و با مقادیر داده شده در جداول ۵-۳ و۵-۴ مقایسه کنید.

۳- در یک کابل ۴×۵۰ با هادیهای مسی قطاعی با عایق pvc ، ضخامت عایق روی هر سیم ۱/۴ میلیمتر، ضخامت غلاف pvc ۲ میلیمتر و مقاومت هر سیم در حرارت کار۷۰ درجه ۰/۴۶۴ اهم در کیلومتر است . جریان مجاز هر سیم را در هوای ۳۰ درجه محاسبه ، و با مقدار داده شده در جدول ۵-۳ مقایسه کنید.

۴- برای کابلهای خوابانده در زمین اگر درجه حرارت زمین به جای ۲۰درجه ، T_0 درجه باشد، نشان دهید که ضریب تصحیح چنین است.

$$\sqrt{\frac{70-t_g}{70-20}}$$

آیا ضرایب تصحیح جدول ۵-۴ از این فرمول تبعیت می کنند؟ آیا این رابطه در مورد سیمهای واقع در هوا هم صادق است؟

۵- جریان مجاز هر سیم یک کابل چهار سیمی برای نصب در عمق ۷۰ سانتیمتر در درجه حرارت زمین ۲۰ درجه ۲۰۰ آمپر است . جریان مجاز این کابل را برای نصب در عمق ۴۰ سانتیمتر در زمین ۲۰ درجه تخمین بزنید.

۶- فرمول مقاومت حرارتی زمین رابرای کابلی به قطر خارجی d که در عمق h در زمین به مقاومت حرارتی ویژه ρ_g نصب شده است را به دست اورید. دلیل فیزیکی افزایش مقاومت حرارتی با عمق چیست؟ چرا مقررات حداقل عمق ۷۰ سانتیمتر را توصیه می کنند.

۷- جریان مجاز هر سیم کابل مسی ۳×۲۵ با هادی قطاعی بدون زره در عمق ۷۰ سانتیمتر در زمین ۲۰ درجه ۱۳۰آمپر است.

الف- مقاومت حرارتی برای هر سیم کابل را معین کنید. سهم عایق و زمین به تفکیک چقدر است؟

ب- جریان مجاز این کابل برای نصب در عمق۳۰ سانتیمتر در زمین ۲۰درجه چقدر است؟

پ- چرا جریان مجاز با افزایش عمق نصب کاهش می یابد؟ چرا مقررات عمق ۷۰ سانتیمتر را توصیه می کنند؟

۸- سیمی با عایق پی وی سی به قطر هادی d_c و قطر خارجی d_0 در عمق h به مقاومت حرارتی ویژه a_g درزمین خوابانده شده است.

الف: نشان دهید که مقاومت حرارتی زمین در واحد طول برابر است با:

$$s_g = \frac{\sigma_g}{2\pi} \ln \frac{4n}{d_0}$$

ب- حرارت تولید شده در سیم به کجا دفع می شود. با ترسیم مسیر انتقال حرارت نحوه دفع حرارت را نشان دهید.

www.Kargosha.com

فصل ششم

تعیین مقاطع سیمهای عایق دار و کابلها

مقاطع سیمهای عایق دار و کابلها توسط جریان مجاز و حداکثر افت ولتاژ مجاز معین می شود . جریان مجاز سیمها و کابلها و عوامل تعیین کننده آن را در فصل پنجم دیده ایم و لذا به طوری که خواهیم دید انتخاب مقاطع صحیح بر این اساس تنها مستلزم محاسبه جریان مدار و استفاده از جداول مربوط می باشد. انتخاب مقاطع صحیح براساس افت ولتاژ مستلزم اشنایی با ضوابط مربوط و محاسبه افت ولتاژ است که در قسمت دوم این فصل بررسی می شود.

بارهای روشنایی در مکانهای مسکونی ؛ تجاری و صنعتی عموماً از مدارهای تک فاز تغذیه می شوند. موتورهای کوچک که در وسایل خانگی مثل کولرها, ماشین لباسشویی, ماشین ظرفشویی, یخچال , یخزن ، چرخ گوشت ، آبمیوه گیری و غیره مورد استفاده قرار می گیرند ، تک فاز هستند . بسیاری از موتورها که در وسایل الکتریکی مراکز تجاری مانند کولرها، پنکه ها و آب سردکنها مورد استفاده قرار می گیرند نیز تک فاز هستند. موتورهای بزرگ صنعتی غالباً سه فاز هستند. در قسمتهای این فصل انشعابهای تک فاز و سه فاز را به تفکیک در نظر می گیریم.

۶-۱- تعیین مقاطع سیمها و کابلها براساس جریان مجاز

۶-۱-۱ مدارهای تک فاز

دربارهای روشنایی توانهای قید شده توان ورودی بوده و جریان این گونه مدارها از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$I = \frac{w}{v \cos\phi} \qquad (۱-۶)$$

در رابطه بالا W توان ورودی بار متصل به مدار بر حسب وات، V ولتاژ مدار برحسب ولت $\cos\phi$ وضریب توان مدار می باشد. در مورد چراغهای رشته دار ضریب توان برابر یک و در مورد لامپهای فلورسنت مجهز به خازن اصلاح ضریب توان در حدود ۰/۹ و در مورد لامپهای فلورسنت غیر مجهز ۰/۵ تا۰/۶ است.

در محاسبه جریان از رابطه (۶-۱) فرض براین است که کلیه چراغها به طور همزمان مورد استفاده قرار می گیرند که در عمل چنین نیست و همه چراغهای متصل به یک مدار به ندرت به طور همزمان روشن می شوند. نسبت حداکثر توان مصرفی همزمان را به کل توان بارهای متصل ضریب مصرف یا ضریب همزمانی می گوییم و آن را با k_d نشان می دهیم. با به کار گرفتن این ضریب معاده (۶-۱) به صورت زیر در می آید:

$$I = k_d \frac{w}{v \cos\phi}$$

www.Kargosha.com

ضریب مصرف برای بارهای روشنایی مختلف را به صورتی که در جدول ۶-۱آمده است در نظر می گیریم. سوال مهم دیگر که در تعیین مقطع انشعاب یا انشعابها تاثیر دارد این است که حداکثر چند لامپ را می توان روی یک انشعاب قرار داد. مثلاً در یک خانه مسکونی استفاده از یک مدار روشنایی کافی است و یا اینکه لازم است از مدارهای متعدد استفاده به عمل آید. شک نیست که استفاده از یک انشعاب ارزانتر تمام می شود لیکن در این صورت اتصال کوتاه در سر پیچ یکی از لامپها سبب قطع فیوز و در تاریکی فرو رفتن همه خانه خواهد شد. هر چه تعداد انشعابها را بیشتر کنیم ضریب اطمینآن افزایش می یابد، لیکن هزینه نیز بالا می رود. براساس ضوابط بسیاری از کشورها با روشنایی بیشتر از صد متر مربع را هیچگاه روی یک انشعاب قرار نمی دهند .در بعضی مقررات حتی برابر هر ۵۰ متر مربع یک انشعاب جداگانه در نظرگرفته می شود. در ساختمانهای دو طبقه اگر چه کوچک باشند، بهتر است برای هر طبقه از انشعابهای جداگانه استفاده شود. براساس همین مقررات جریان هر انشعاب روشنایی نباید در هر حال از ۱۵ آمپر متجاوز گردد.

جدول ۶-۱: ضریب مصرف بارهای روشنایی

نوع بار روشنایی	ضریب مصرف
مدار روشنایی خانگی	۱/۰
مدار روشنایی مراکز صنعتی مراکز از قسمتهای بزرگ مجاور هم	۰/۹۵
مدار روشنایی مراکز صنعتی مرکب از قسمتهای بزرگ	۰/۸۵
مدار روشنایی انبارهای بزرگ	۰/۳۵
مدار روشنایی مراکز تجاری	۰/۹۵
مدار روشنایی مخلوط روشنایی و وسایل خانگی	۰/۸۰

مثال ۶-۱

محاسبات روشنایی لزوم استفاده از ۵۰ لامپ ۱۰۰ولتی را در یک خانه مسکونی نشان می دهد. جریان انشعاب یا انشعابهای لازم و اندازه سیم مناسب برای سیم کشی در لوله را معین کنید.

محیط را ۳۵درجه و مساحت خانه را ۱۸۰ متر مربع فرض کنید.

با استفاده از رابطه (۶-۲) جریان مربوط از این قرار است:

$$I = 1 \times \frac{50 \times 100}{220} = 22.73$$

براساس ضوابط یاد شده استفاده از حداقل دو انشعاب الزامی است و جریان هر انشعاب چنین است:

$$22.73 / 2 = 11.37$$

با توجه به درجه حرارت محیط ۳۵درجه و استفاده از ضریب تصحیح از جدول۵-۲ ظرفیت سیم در ۲۵ درجه باید چنین باشد.

$$11.37 / 0 = 12.91$$

با استفاده از جدول (۵-۱)سیمهای ۱/۵ در لوله با ظرفیت مجاز ۱۶ آمپر در حرارت ۲۵ درجه انتخاب می شود.

در مقررات بسیاری از کشورها برای داشتن استحکام مکانیکی کافی از سیم کوچکتر از۱/۵ در لوله استفاده نمی شود.

موتورهای کوچک در حدود یک کیلو وات یا کمتر از نوع القایی با رتور قفسی در کلیه وسایل خانگی و نیز در مراکز تجاری مورد استفاده قرار می گیرند. این موتورها در مراکز صنعتی کوچک مانند کارگاهها نیز برای گرداندن ماشین الات کوچک و ابزار کار برقی مورد استفاده قرار می گیرند. جریان یک موتور تک فاز با ظرفیت اسمی W وات با استفاده از رابطه زیر به دست می اید.

$$I = \frac{w}{v \eta \cos \phi} \qquad (۶-۳)$$

دررابطه بالا W توان خروجی موتور برحسب وات، V ولتاژ مدار تغذیه برحسب وات و η راندمان موتور و $\cos\phi$ضریب قدرت موتور می باشد. راندمان این موتورها ۰/۵ تا۰/۶ و ضریب قدرت آنها ۰/۶ تا۰/۷ می باشد. تنها دریک نوع از این موتورها که در حالت

www.Kargosha.com

کار خازنی در مدار دارند، ضریب قدرت تا ۰/۹ بالا می رود. در برخی استانداردها، بخصوص استاندارد آمریکایی ظرفیت انشعاب را ۱/۲۵ برابر مقدار محاسبه شده در نظر می گیرند. این کار به این علت انجام می شود که موتورهای ممکن است برای مدتهای محدود بار اضافی حمل کنند. توجه کنید که جریان راه اندازی موتورها که در حدود ۷ برابر جریان نامی است چون تنها مدت کوتاهی برقرار است ملاک تعیین مقاطع سیمها و کابلها نمی باشد.

در برق کشی خانه ها وسایل موتوردار کوچک را به پریزهای معمولی متصل می کنیم، لیکن برای هر یک از بارهای بزرگتر نظیر ماشین لباسشویی ، ظرفشویی، یخچال و یخزن بهتر است از انشعابهای مستقل استفاده شود.

مثال ۶-۲

یک ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۵ کیلو وات ۲۲۰ ولت از طریق سیم با عایق پلاستیکی واقع در لوله تغذیه می شود. مقطع سیم را با توجه به حرارت محیط ۴۰ درجه محاسبه کنید.

با فرض ضریب توان ۰/۷ و راندمان ۰/۶ جریان چنین می شود:

$$I = \frac{1500}{220 \times 0.6 \times 0.7} = 16.23$$

از جدول ۵-۲ ضریب تصحیح رابرابر ۰/۸۲ به دست می آوریم.بنابراین ظرفیت سیم در حرارت ۲۵درجه چنین است:

$$16.23 / 0.82 = 19.79$$

با استفاده از جدول ۵-۱ کابل ۲/۵ ولت جریان مجاز ۲۱ آمپر اختیار می شود.

۶-۱-۲ مدارهای سه فاز

بیشتر بارهای صنعتی را موتورهای القایی سه فاز با رتور قفسی تشکیل می دهند. البته در برخی موارد معدود نیز از موتورهای برق مستقیم ، موتورهای سنکرون و یا موتورهای القایی با رتور سیم پیچی استفاده به عمل می آید. جریان خط یک موتور سه فاز در حالت کار در ظرفیت اسمی آن از این قرار است:

$$I = \frac{w}{\sqrt{3} v \eta \cos\phi} \qquad (۴-۶)$$

دررابطه بالا w توان اسمی موتور برحسب وات ، vولتاژ خط برحسب ولت ، ηراندمان موتور و $\cos\phi$ ضریب توان موتور می باشد. راندمان بستگی به ظرفیت موتور و سرعت آن دارد و در موتورهای بزرگتر با سرعت بیشتر دارای مقدار بزرگتری است. ضریب توان موتور نیز تابع قدرت و سرعت آن می باشد. البته رابطه (۶-۴) جریان اسمی موتور را در حالت کار به دست می دهد، لیکن به طوری که می دانیم جریان این گونه موتورها در لحظه شروع کار ممکن است از ۵ تا ۷ برابر این مقدار باشد. جریان شروع برای مدت کمی برقرار است و سبب ایجاد حرارت زیاد در سیمها نمی شود و لذا در محاسبه مقطع اشنعاب در نظر گرفته نمی شود. در برخی استانداردها بخصوص استاندارد امریکایی ظرفیت اشنعاب را ۱/۲۵ برابر جریان اسمی موتور اختیار می کنند. این عمل به علت اینکه موتورها ممکن است برای مدتی محدود مقداری بار اضافی حمل کنند انجام می شود. تغییرات راندمان و ضریب توان موتورهای سه فاز القایی بارتور قفسی با ظرفیت و سرعتهای مختلف در جدول ۶-۲ امده است.

مثال ۶-۳

کابلی با عایق پلاستیکی در زیر زمین نصب شده و یک موتور القایی سه فاز دو قطب با رتور قفسی ۱۰ کیلو وات ۳۸۰ ولت را تغذیه می کند. مقطع مناسب کابل را با فرض حرارت زمین برابر۲۰ درجه حساب کنید.

با استفاده از جدول ۶-۲

$$\eta = 0.86 \qquad \cos\phi = 0.87$$

www.Kargosha.com

با استفاده از معادله (۶-۴)

$$I = \frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.86 \times 0.87} = 20.31$$

با استفاده از جدول ۵-۳ کابل ۱/۵ با ظرفیت مجاز ۲۷ آمپر مناسب است.

در بسیاری مراکز صنعتی یک انشعاب اصلی تعدادی موتور را تغذیه می کند که به ندرت به طور همزمان کار می کنند. در این موارد برای محاسبه جریان انشعاب و تعیین مقطع کابل می توان از ضریب مصرف همزمان مطابق جدول ۶-۳ استفاده نمود.

جدول ۶-۲ راندمان و ضریب قدرت موتورهای القایی سه فاز رتور قفسی

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	جریان مجاز (آمپر)
۶	۵۰
۱۰	۶۵
۱۶	۹۰
۲۵	۱۲۰
۳۵	۱۵۵
۵۰	۱۸۵
۷۰	۲۴۰
۹۵	۳۰۵
۱۲۰	۳۵۵
۱۵۰	۴۲۵
۱۸۵	۴۷۰
۲۴۰	۵۴۵
۳۰۰	۶۵۰

جدول ۶-۳: ضریب مصرف همزمان تعدادی موتور

تعداد موتورها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱۰
ضریب مصرف همزمان	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۴

مثال ۶-۴

یک کابل پلاستیکی ۴رشته ای، سه موتور سه فاز القایی چهار قطبی با رتور قفسی ۵ کیلو وات ۳۸۰ولت را تغذیه می کند. کابل روکار نصب شده و حداکثر حرارت محیط ۵۰ درجه است. مقطع کابل را تعیین کنید.

با استفاده از جدول ۶-۳ ضریب مصرف همزمان برابر ۰/۹ به دست می اید. با استفاده از جدول ۶-۲ راندمان برابر ۰/۸۳ و ضریب توان برابر ۰/۷۴ است. با استفاده از معادله (۶-۴) با احتساب ضریب مصرف ۰/۹ جریان انشعاب چنین است.

$$I = 0.9 \times \frac{3 \times 5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.83 \times 0.74} = 33.39$$

با استفاده از جدول ۵-۴ برای درجه حرارت ۵ درجه ضریب تصحیح ۰/۷۱ است،بنابراین جریانی که کابل در حرارت ۳۰ درجه حمل می کند از این قرار می شود:

$$33.39 / 0.71 = 47.76$$

www.Kargosha.com

با استفاده از جدول ۵-۳ کابل با مقطع ۱۰میلیمتر مربع با ظرفیت ۶۰ آمپر در هوای ۳۰ درجه انتخاب می کنیم. در شرایط اضطراری استفاده ازکابل ۶ میلیمتر مربع با ظرفیت ۴۴ آمپر در هوای ۳۰ درجه نیز اشکال به بار نمی آورد.

۶-۲- تعیین مقاطع سیمها و کابلها بر اساس افت ولتاژ مجاز

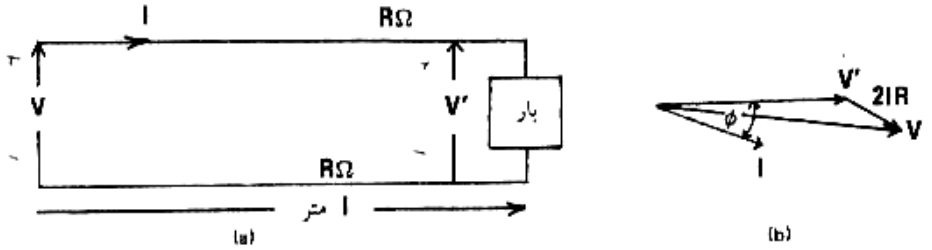
به طوری که می دانید ولتاژ استاندارد تک فاز و سه فاز در ایران به ترتیب ۲۲۰ ولت و ۳۸۰ولت می باشد. در صورتی که ولتاژ از این مقادیر اسمی به طور قابل ملاحظه افزایش یابد، خرابیهایی در دستگاههای برقی موجود می اورد، و در صورتی که از این مقادیر کاهش قابل ملاحظه یابد نیز مشکلات و اختلالاتی در کادر دستگاههای به وجود می آید. در موتورهای برقی توان موتور با مجذور ولتاژ متناسب است. در صورتی کم می شودو در صورتی که ولتاژ تغذیه یک موتور برقی ۵ درصد افت داشته باشد، توان موتور ۱۹ درصد کاهش می یابد. در مورد لامپهای رشته دار کاهش ولتاژ به اندازه ۵ درصد توان نورانی خروجی را۱۶ درصد کاهش می دهد و کاهش ولتاژ به اندازه ۱۰درصد، میزآن نور را ۳۰درصد کاهش می دهد. دلیل این امر این است که با کاهش ولتاژ درجه حرارت کار لامپ شدیداً کاهش می یابد و نور تولید شده، بستگی به درجه حرارت کار لامپ دارد. با توجه به نکات فوق روشن است که در برق رسانی باید سعی شود از کاهش قابل ملاحظه ولتاژ جلوگیری به عمل آید. البته افت ولتاژ را نمی توان به طور کامل از بین برد و لذا مقررا حداکثر افت ولتاژ مجاز را معین کرده اند. این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی ۴ درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورهای ۶ درصد است. معمولاً نیمی از این افت ولتاژ را به شبکه توزیع و نیم دیگر را به سیم کشی داخلی اختصاص می دهند .

افت ولتاژ به علت مقاومت، ضریب خود القایی و ظرفیت خازن مدارها می باشد. در خطوط برق رسانی بخصوص در سیمهای داخل لوله به علت نزدیکی سیمهای دفت و برگشت به یکدیگر اثرات القایی قابل صرفنظر است. همچنین به علت طول کم مدارها اثرات خازن خط نیز قابل صرنظر است. بنابراین در محاسبات سیم کشی داخلی تنها مقاومت سیمها در محاسبات وارد می شوند. در محاسبات خطوط برق رسانی هوایی به علت فاصله قابل ملاحظه بین سیمهای مدار از خود القایی نمی توان صرفنظر کرد، لیکن به علت کوتاهی طول اثر خازنی در این موارد هم کوچک و قابل صرفنظر است.

در قسمتهای ذیل ابتدا افت ولتاژ مدارهای تک فاز و سپس افت ولتاژ مدارهای سه فاز برق رسانی داخلی را مورد بررسی قرار می دهیم.

۶-۲-۱- افت ولتاژ در مدارهای تک فاز

مدار تک فازی مطابق شکل۶-۱را در نظر بگیرید که دارای طول L متر است و مقاومت هر سیم آن r اهم می باشد با جریان I آمپر و ضریب توان $\cos\Phi$ را که در انتهای خط متصل است تغذیه می کند.



شکل ۶ ـ ۱ : مدار تک‌فاز (a) و نمایش فیزوری آن (b)

در شکل فیزوری ولتاژ دو سربار V به عنوان فیزور مبدا اختیار شده، و در روی محور افقی ترسیم گردیده است و جریان مدار با فاز تاخیری Φ کشیده شده است . ولتاژ سرخط با توجه به اینکه $2IR$ نسبت به V' خیلی کوچک است تقریباً چنین می شود.

$$V \approx V' + 2IR\cos\phi$$

و بنابراین افت ولتاژ در خط ΔV چنین می شود.

$$\Delta V = 2IR\cos\phi$$

www.Kargosha.com

در صورتی که مقاومت ویژه هادی سیم برحسب اهم متر در درجه حرارت کار باشد مقاومت موثر هر سیم به طول L متر از اینق قرار است:

$$R=\frac{\rho l}{a}$$

در رابطه بالاش a مقطع سیم بر حسب متر مربع است.

در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را با a نشان دهیم رابطه زیر حاصل می شود:

$$a=100\times\frac{\Delta v}{v}=\frac{100\times\frac{2\rho l}{a}I\cos\phi}{v}$$

ویا

$$a=\frac{200\rho 1I\cos\phi}{av}$$

روابط بالا مقطع سیم را بر حسب متر مربع برای درصد افت مجاز a به دست می دهد.

مثال ۶-۵

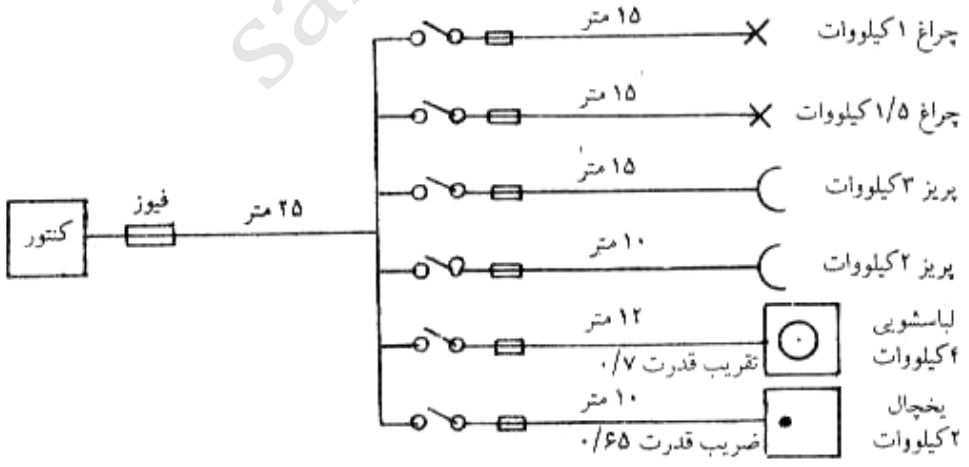
در مثال ۶-۲ فاصله ماشین لباسشویی از تابلو توزیع ۲۰ متر است . آیا مقطع محاسبه شده از نظر افت ولتاژ۳ درصد کافی است و با استفاده از رابطه(۶-۵) و برابر $2/064\times10^{-8}$اهم متر (مقاومت ویژه مس در ۷۰درجه) چنین می نویسیم.

$$a=\frac{2002\times2.064\times10^{-8}\times20\times16.23\times0.7}{3\times220}=1.42\times10^{-6}m^2=1.42mm^2$$

بنابراین سیم ۲/۵ میلیمتر مربع انتخاب شده از نظر افت ولتاژ نیز مناسب است.

مثال ۶-۶

یک خانه مسکونی که از برق تک فاز استفاده می کند، دارای دو انشعاب برای چراغها، دو انشعاب برای پریزها و دو انشعاب برای یخچال و ماشین لباسشویی مطابق شکل می باشد.



مقاطع سیمهای اصلی و انشعابها را با فرض ۱درصد افت ولتاژ در خط اصلی و۱/۵ درصد در هر یک از انشعابها تعیین کنید. ضریب مصرف همزمان انشعابهای فرعی را یک و انشعاب اصلی را ۰/۶۰ فرض کنید. آیا مقاطع محاسبه شده از نظر جریان مجاز هم مناسبند؟

۱) برای مدار ورشنایی ۱کیلو واتی

$$I=\frac{1\times1000}{220}=4.55$$

www.Kargosha.com

با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times4.55\times1}{1.5\times220}=0.85\times10^{-6}m^2=0.85mm^2$$

با استفاده از جدول ۵-۱ سیم ۱ میلیمتر مربع هم از نظر افت ولتاژ و هم از نظر جریان کافی است لیکن از نظر استحکام مکانیکی از سیم ۱/۵ استفاده می کنیم.

۲) برای مدار روشنایی ۱/۵ کیلو واتی

$$I=\frac{1.5\times1000}{220}=6.82 \text{ آمپر}$$

با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times6.82\times1}{1.5\times220}=1.28\times10^{-6}m^2=1.28mm^2$$

سیم ۱/۵ از نظر افت ولتاژ و جریان کافی است.

۳) برای انشعاب پریزهای ۳کیلو واتی با فرض ضریب توان توسط ۰/۸

$$I=\frac{3\times1000}{220\times0.8}=17.05$$

با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times17.05\times0.8}{1.5\times220}=2.56\times10^{-6}m^2=2.56mm^2$$

لذا سیم ۲/۵ از نظر جریان کافی است لیکن از نظر افت ولتاژ مجاز کمی کوچک است اگر مورد استفاده قرار گیرد افت ولتاژ ۱/۵۴ درصد می شود که بدون اشکال است و استفاده از سیم۴ میلیمتر مربع لزومی ندارد.

۴)برای انشعاب پریزهای دو کیلو واتی با در نظر گرفتن ضریب توان متوسط ۰/۸

$$I=\frac{2\times1000}{220\times0.8}=11.36$$

و با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times10\times11.36\times0.8}{1.5\times220}=1.14\times10^{-6}m^2=1.14mm^2$$

لذا سیم ۱/۵ میلیمتر مربع کافی است.

۵) برای ماشین لباسشویی ۴کیلو واتی

$$I=\frac{4\times1000}{220\times0.7}=25.97$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times12\times25.97\times0.7}{1.5\times220}=2.73\times10^{-6}m^2=2.73mm^2$$

لذا از سیم ۴ میلیمتر مربع استفاده می کنیم که ظرفیت حمل ۲۷ آمپر جریان دارد.

۶)برای یخچال ۲ کیلو واتی

$$I=\frac{2\times1000}{220\times0.65}=13.99$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times10\times13.99\times0.65}{1.5\times220}=1.14\times10^{-6}m^2=1.14mm^2$$

لذا سیم ۱/۵ از نظر ولتاژ و جریان مجاز کافی است .

جریان مدار اصلی از این قرار است:

www.Kargosha.com

$$I = 4.55\angle 0 + 6.82\angle 0 + 17.5\angle -\cos^{-1}0.8 + 11.36\angle -\cos^{-1}0.8 + 25.97\angle -\cos^{-1}0.7$$
$$+13.99\angle -\cos^{-1}0.65 = 76.83\angle -36.99$$

با احتساب ضریب همزمانی ۰/۶ جریان کل از این قرار می شود:

$$I = 76.83\times 0.6 = 46.10$$

$$a = \frac{200\times 2.064\times 10^{-8}\times 2564010\times \cos 36.99}{1\times 220} = 17.27\times 10^{-6} m^2$$

$$= 17.27 mm^2$$

با مراجعه به جدول ۵-۱ ملاحظه می کنیم که سیم ۲۵ میلیمتر مربع از نظر جریان مجاز هم مناسب است. استفاده از سیم ۱۶ میلیمتر مربع هم از نظر جریان مناسب است، لیکن افت ولتاژ را کمی افزایش می دهد که احتمالاً خالی از اشکال است.

در صورتی که خط تغذیه بارهای مختلفی در فواصل مختلف را تغذیه کند معادله سطح مقطع سیم شکل جدیدی پیدا می کند. در شکل ۶-۲ سه بار مختلف نشان داده شده است که به ترتیب در فواصل 1_1. $1_3.1_2$ قرار دارندو جریانهای 1_1. $1_3.1_2$ با فازهای تأخیری $\phi_3.\phi_2.\phi_1$ اخذ می کنند. افت ولتاژ در این حالت می شود:

$$\Delta v = 2r_1 I_1 \cos\phi_1 + 2r_2 i_2 \cos\phi_2 + 1r_3 1_3 \cos\phi_3$$

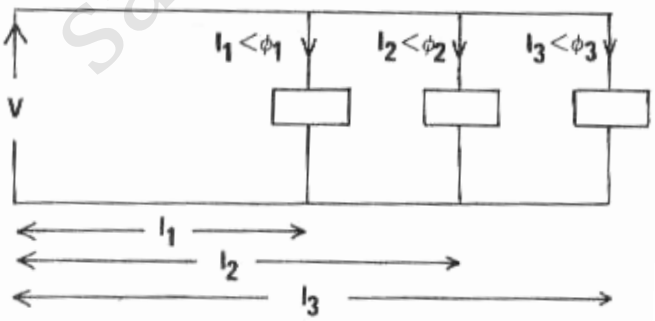
$$a = 100\times\frac{\Delta v}{v} = \frac{200\times\frac{\rho}{a}(1_1 I_1\cos\phi + 1_2 I_2\cos\phi + 1_3 I_3\cos\phi}{v}$$

$$a = 200_\rho \sum_{i=1}^{3}\frac{1_i I_i\cos\phi_i}{av}$$

در صورتی که صورت و مخرج رابطه بالا را در ولتاژ اسمی v ضرب کنیم معادله زیر به دست می آید:

$$a = \frac{200_\rho \sum_{i=1}^{3} 1_i W}{av^2}$$

که درآن wi توان گرفته شده توسط بار متصل در فاصله 1i است. در حالت کلی که به عوض ۳ بار n بار مختلف موجود باشد به جای ۳ از عدد n استفاده می کنیم.



شکل ۶ ـ ۲ : مدار تک‌فاز با سه بار مختلف

مثال: ۶-۷

برای روشنایی خیابانی به طول ۵۰۰ متر از ۱۱ لامپ رشته دار ۱۵۰ وات ۲۲۰ ولت استفاده شده است. لامپ اول درابتدای مدار تغذیه قرار دارد و فاصله بین دو لامپ مجاور ۵۰متر است.

اندازه سیم لخت مسی مدار تغذیه را با افت ولتاژ مجاز ۳ درصد حساب کنید. آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز مناسب است؟ حرارت محیط ۳۵ درجه است . با استفاده از رابطه (۶-۷) و مقاومت ویژه مس $\rho(60) = 1/996\times 10^{-8}$ داریم :

www.Kargosha.com

$$a=\frac{200\times1.996\times10^{-8}\sum_{i=1}^{11}(i-1)\times50\times150}{3\times(220)^2}=11.34\times10^{-6}m^2=11.34mm^2$$

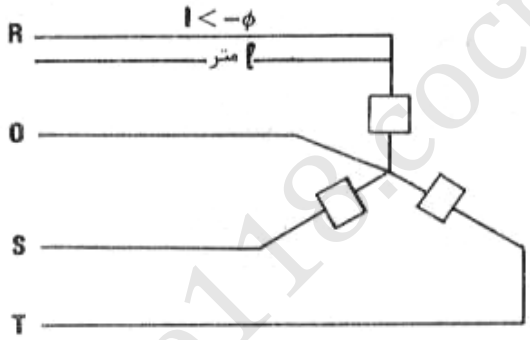
لذا سیم ۱۶ میلیمتر مربع از این نظر کافی است . جریان مجاز چنین سیم بدون روکش در هوای ۳۵ درجه از جدول ۵-۵ و ۵-۶ برابر ۷۶/۵آمپر است و با توجه به اینکه این بار روشنایی جمعاً ۷/۵ آمپر جریان لازم دارد، این سیم از نظر جریان مجاز به مراتب بزرگتر از اندازه لازم است.

۶-۲-۲- افت ولتاژ در مدارهای سه فاز

مدار سه فازی مطابق شکل ۶-۳ را در نظر بگیرید که دارای طول ۱متر و مقاومت هر یک از سیمهای آن r اهم است و در انتهای آن بار متعادلی که جریان I با ضریب توان cosΦ می گیرد. متصل است.

بدیهی است که جریان سیم نوترال صفر آمپر خواهد بود. نظر به تشابه کامل فازها برای تجزیه و تحلیل مدار می توان تنها یکی از فازها را به صورت زیر در نظر گرفت.

شکل ۶-۴ : یک فاز از بار متعادل سه فاز (a) و شکل فیزروی آن (b) .



شکل ۶ ـ ۳ : یک مدار سه‌فاز با بار متعادل

با توجه به شکل فیزوری ۶-۴ (b) در نظر گرفتن این حقیقت که IR نسبت به V' کوچک است ولتاژ دو سر بار چنین می شود.

$$V\approx V'+2IR\cos\phi$$

ولذا افت ولتاژ خط Δv از این قرار می شود.

$$\Delta V=IR\cos\phi=I(\frac{\rho l}{a})\cos\phi$$

در رابطه بالا a سطح مقطع سیم برحسب متر مربع و l طول آن برحسب متر است . در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را با a نشان دهیم رابطه زیر حاصل می شود:

$$a=\frac{100\rho lI\cos\phi}{\alpha V}\qquad(۸-۶)$$

رابطه بالا مقطع سیم را برحسب متر مربع برای درصد افت ولتاژ مجاز a به دست می دهد. دقت کنید که V در رابطه بالا ولتاژ فاز نسبت به نوترال است . در صورتی که صورت و مخرج رابطه (۶-۸) را در 3V ضرب کنیم چنین می شود:

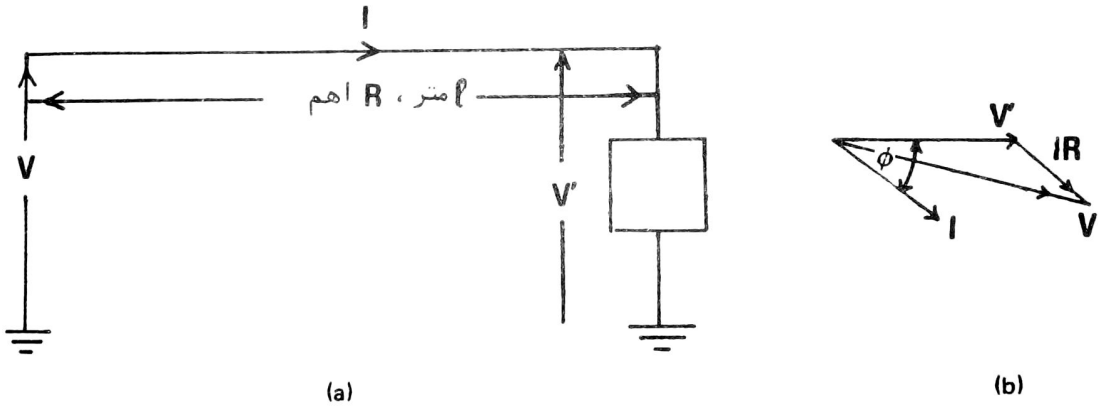
$$a=\frac{100\rho 1(3VI\cos\phi)}{3\alpha V^2}$$

جمله داخل پرانتز توان گرفته شده W توسط بار می باشد لذا

$$a=\frac{100\rho 1w}{av^2{}_1}\qquad(۹-۶)$$

www.Kargosha.com

در معادلات بالا V ولتاژ فاز V1 ولتاژ خط و w توان بار است.



شکل ۶ ـ ۴ : یک فاز از بار متعادل سه فاز (a) و شکل فیزوری آن (b)

مثال ۶-۸

یک کابل چهار سیمی به طول ۷۰ متر در هوا کشیده شده و یک مصرف کننده سه فاز متعادل ۳۸۰ ولت ۴۰ کیلو وات با ضریب توان ۰/۸ را تغذیه می کند. سطح مقطع کابل برای افت ولتاژ مجاز ۲درصد چقدر باید اختیار شود؟ آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز کافی است؟

$$a=\frac{100\times 2.064\times 10^{-8}\times 70\times 40\times 1000}{3\times (380)^2}=20.01\times 10^{-6}\,m^2=20.01mm^2$$

لذا کابل ۳×۲۵/۱۶ (کابل چهار سیمه با سه سیم ۲۵ میلیمتر مربع برای فازها و یک سیم ۱۶ میلیمتر مربع برای نوترال) از نظر افت ولتاژ مجاز مناسب است . جریان مجاز این کابل در هوای ۳۰ درجه برابر ۱۰۵ آمپر و در هوای ۴۰ درجه ۹۱ آمپر است که بایستی با جریان بار مقایسه شود.

جریان بار از این قرار است:

$$I=\frac{40\times 1000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.8}=75.97$$

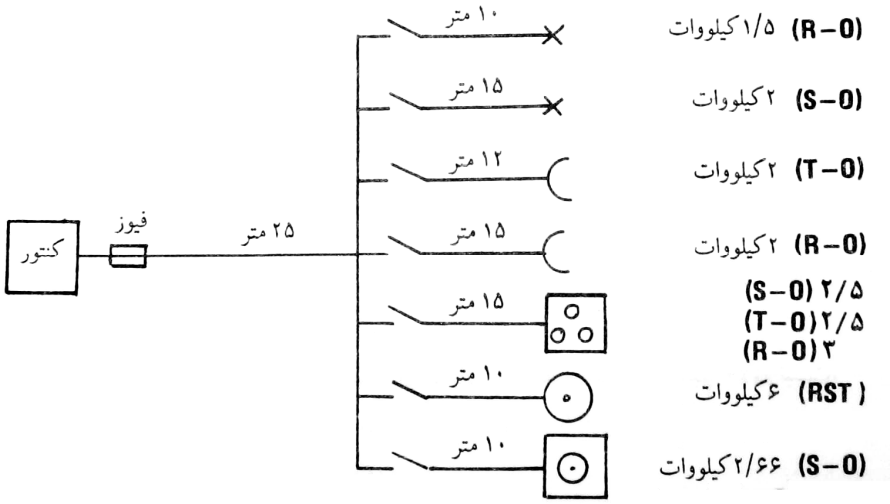
بنابراین کابل انتخاب شده از نظر جریان مجاز نیز مناسب است. در بارهای سه فاز متعادل جریان سیم نوترال پیوسته برابر صفر است و به این دلیل سیم نوترال را هر اندازه کوچک دلخواه می توان در نظر گرفت . در بسیاری موارد در صنعت یا خانه همه بارها سه فاز نیستند. و سعی براین است که بارهای تک فاز را به طور تقریباً مساوی بین فازها تقسیم کرده تا جریان سیم نوترال به صفر نزدیک شود. در این موارد در صورتی که بارهای تکفاز دوتا از فازها را قطع کنیم جریان قابل ملاحظه ای در سیم خنثی خواهیم داشت و لذا برای سیم خنثی باید اندازه مناسبی انتخاب نمود.

مثال ۶-۹

یک منزل مسکونی از برق سه فاز چهار سیمی ۳۸۰/۲۲۰ ولت استفاده می کند و دارای ۷ انشعاب به صورت زیر می باشد. افت ولتاژ مجاز در انشعابها ۱درصد و در خط اصلی ۱/۵ درصد است. سیم کشی با استفاده از سیم مسی با عایق پلاستیکی در لوله انجام می شود. ضریب مصرف هم انشعاب ۱ و ضریب مصرف خط اصلی ۰/۶۵ است. اندازه سیمها را بر اساس افت ولتاژ مجاز معین گنید. آیا اندازه های محاسبه شده از نظر جریان مجاز مناسب هستند؟

www.Kargosha.com

قبل از اینکه به حل مسئله بپردازیم توجه شما را به چند نکته جلب می کنیم. مدار تغذیه اصلی چهار سیمی مرکب ازسه فاز و نوترال است و فیوز محافظ و کلید قطع دستی تنها روی سه فاز تعبیه می شود. هر یک از دو انشعاب چراغها دوسیمی است و به ترتیب از فازهای r,s استفاده می کنند.



هر یک از دو انشعاب پریزها دو سیمی است و به ترتیب از فازهای T,R روی یک فاز قرار گرفته، به طوری که فاز 3R کیلو وات و دو فاز دیگر هر کدام ۲/۵ کیلو وات بار را تغذیه می کنند. بنابراین اجاق برقی در حقیقت مرکب از چند بار تک فاز است. آیا می دانید به چه علت برای آن انشعاب سه فاز در نظر گرفته ایم ؟ آبگرمکن برقی سه کیلو واتی یک بار سه فاز متعادل است و بالاخره ماشین رختشویی ۳/۸ کیلو واتی یک بار تک فاز است که روی فاز S قرار دارد.

انشعاب چراغهای ۱/۵ کیلو واتی

$$1\frac{1.5\times1000}{220}=6.82$$

با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times10\times6.82\times1}{1\times220}=1.28\times10^{-6}m^2=1.28mm^2$$

لذا سیم ۱/۵ از هر نظر کافی است .

$$I\frac{2\times1000}{220}=9.09$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times9.09\times1}{1\times220}=2.56mm^2$$

لذا سیم ۲/۵ کمی کوچک است لیکن خالی از اشکال می باشد و استفاده از سیم ۴ لازم نیست.

پریز دو کیلوواتی در فاصله ۱۵ متری با فرض ضریب توان متوسط ۰/۸

$$I\frac{2\times1000}{220\times0.8}=11.36$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times11.36\times0.8}{1\times220}=2.56\times10^{-6}m^2=2.56mm^2$$

لذا سیم ۲/۵ کمی کوچک است لیکن خالی از اشکال می باشد و استفاده از سیم ۴ لازم نیست.

برای انشعاب دیگر پریزها هم به همین ترتیب سیم ۲/۵ مناسب است.

انشعاب اجاق برقی:

فازR بیشترین بار را دارد و بدترین وضع از نظر نوترال این است که بارهای دوفاز T.S قطع باشد.

www.Kargosha.com

$$I\frac{3\times1000}{220\times1}=13.64$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times13.64\times0.8}{1\times220}=3.84\times10^{-6}m^2=3.84mm^2$$

لذا چهار رشته ۴میلیمتر مربع یا کابلی به این اندازه مناسب است و جریان مجاز آنها خیلی بیشتر از جریان بار می باشد.

انشعاب آبگرمکن:

آبگرمکن بار سه فاز متعادل است و لذا جریان نوترال صفر و جریان هر فاز از این قرار است:

$$I\frac{6\times1000}{\sqrt{3}\times380\times1}=9.12$$

با استفاده از رابطه(۶-۸)

$$a=\frac{100\times2.064\times10^{-8}\times10\times9.12\times1}{1\times220}=0.86\times10^{-6}M^2=0.86mm^2$$

با توجه به استحکام مکانیکی لازم ۴ رشته سیم ۱/۵ انتخاب می شود. سیم چهارم برای اتصال به نقطه نوترال آبگرمکن مورد استفاده قرار می گیرد و در شرایط عادی جریانی حمل نمی کند.

انشعاب ماشین رختشویی :

با فرض ضریب توان ۰/۷ راندمان ۰/۷

$$I\frac{2066\times1000}{220\times0.7\times0.7}=24.67$$

با استفاده از رابطه (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times24.67\times0.7}{1\times220}=3.24\times10^{-6}M^2=3.24mm^2$$

لذا دو رشته سیم ۴ میلیمتر مربع کافی است.

انشعاب اصلی:

نظر به اینکه بار فازهای مختلف یکنواخت جمع بار هر فاز را به صورت زیر محاسبه می کنیم.

مقطع سیم را بر اساس بالاترین جریان فاز محاسبه می کنیم که با احتساب ضریب مصرف ۰/۶۵ چنین می شود.

$$I_S=[50.05\angle-140.59]\times0.65=32.53\angle-140.59$$

جریان سیم نوترال با احتساب ضریب مصرف ۰/۶۵ چنین است.

$$I_O=[13.05\angle-132.92]\times0.65=8.84\angle-132.92$$

با احتساب افت ولتاژ در سیم نوترال و با توجه به ۱۲۰- درجه فاز ولتاژ فاز S چنین می نویسیم:

$$a=\frac{100\times2.064\times10^{8}\times25\times(32.53\cos20.59+8.84\cos12.92)}{1.5\times220}$$

$$a=6.05\times10^{-6}m^2=6.05mm^2$$

با مراجعه به جدول (۵-۱) ملاحظه می کنید که سیم ۶ میلیمتر مربع در لوله در حرارت ۲۵ درجه ۳۵ آمپر حمل می کند و کافی به نظر می رسد، لیکن درجه حرارت معمول ایران بالاتر است و بهتر است از سیم ۱۰ استفاده کنیم که حتی در درجه حرارت ۴۵ درجه هم ۳۶ آمپر حمل می کند. لذا از چهار رشته سیم۱۰ استفاده می کنیم.

www.Kargosha.com

انشعاب	جریان R	جریان S	جریان T	جریان O
چراغها ۱/۵ کیلووات	$6.82 \angle 0°$	–	–	$6.82 \angle 0°$
چراغها ۲ کیلوات	–	$9.09 \angle -120°$	–	$9.09 \angle -120°$
پریزها ۲ کیلوات	–	–	$11.36\angle -276.87°$	$11.36\angle -276.87°$
پریزها ۲ کیلووات	$11.36\angle -36.87°$	–	–	$11.36 \angle -36.87°$
اجاق برقی	$13.64 \angle 0°$	$11.37 \angle -120°$	$11.37 \angle -210°$	$2.27 \angle 0°$
آبگرمکن برقی	$9.12 \angle 0°$	$9.12 \angle -120°$	$9.12 \angle -240°$	0
ماشین رختشویی	–	$24.67\angle -165.57°$	–	$24.67\angle -165.57°$
جمع	$39.26 \angle -10°$	$50.05\angle -140.59°$	$30.35 \angle 107.02°$	$13.05\angle -132.92°$

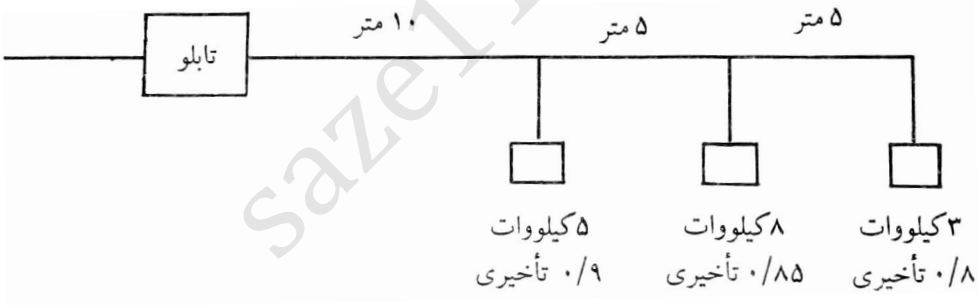
در صورتی که خط تغذیه سه فاز N بار سه فاز واقع در فواصل مختلف را تغذیه کند؛ برای محاسبه صطح مقطع به همان ترتیبی که در مورد مدار یک فاز عمل کردیم روی یک فاز سیستم سه فاز عمل می کنیم و نتیجه زیر حاصل می شود:

$$a = \frac{100\rho\sum_{i=1}^{N} I_i W_i}{\alpha V_I^2}$$

مثال ۶-۱۰

یک کابل سه فاز چهار سیمی ۳۸۰ ولت واقع در هوا سه بار مختلف سه فاز را مطابق شکل زیر تغذیه می کند. سطح مقطع سیم را برای افت ولتاژ مجاز ۳درصد حساب کنید.

آیا مقطع حساب شده از نظر جریان مجاز کافی است؟



با استفاده از رابطه(۶-۱۰)

$$a = \frac{100\times 2.064\times 10^{-8}\times(10\times 5+15\times 8+20\times 3)\times 1000}{3\times(380)^2}$$

$$= 1.1\times 10^{-6} m^2 = 1.1 mm^2$$

ملاحظه می کنید که از نظر افت ولتاژ مجاز کابل چهار سیمی ۱/۵ میلیمتر مربع کافی است که جریان مجاز آن در هوای ۳۰ درجه از جدول ۵-۳ برابر ۱۸آمپر و در هوای ۴۵درجه از جدول۵-۴ برابر ۱۴/۲۲ آمپر است که باید با جریان بار ما مقایسه شود.

جریان بار ما را از این قرار است:

$$I = \frac{5000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.9}\angle -\cos^{-1}0.9 + \frac{8000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.85}\angle -\cos^{-1}0.85 + \frac{3000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.8}\angle -\cos^{-1}0.8$$

$$I = 8.44\angle -25.84 + 14.30\angle -31.74 + 5.7\angle -36.87$$

$$= (7.60 - j3.68) + (12.15 - j7.53) + (4.56 - j3.42)$$

$$= 24.31 - j14.63 = 28.37\angle -31.04$$

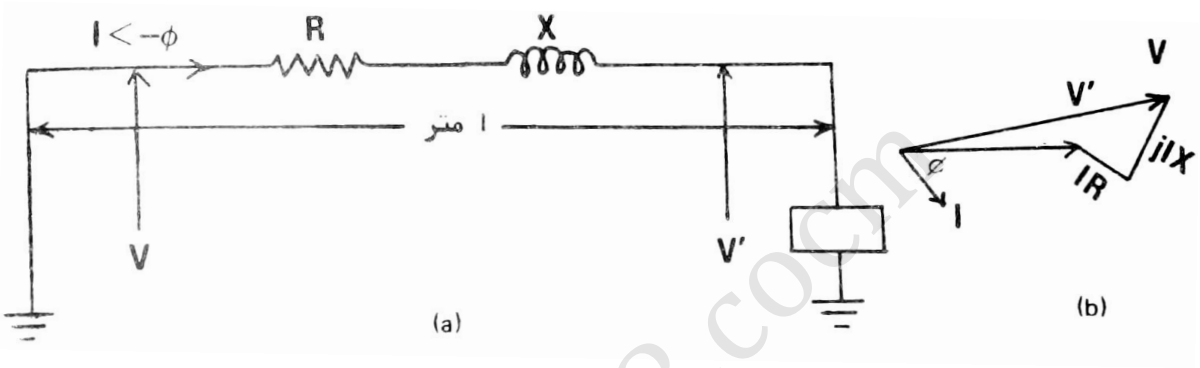
www.Kargosha.com

از جدول ۵-۳ ملاحظه می کنید از نظر جریان مجاز برای کار در هوای ۳۰ درجه استفاده از کابل ۲/۵ میلیمتر مربع که ظرفیت ۳۵ آمپر دارد، لازم است.

۶-۳- تعیین مقاطع سیمهای هوایی براساس افت ولتاژ مجاز

به طوری که ملاحظه گردید در قسمت ۶-۲ در محاسبه افت ولتاژ در سیمهای عایق دار کابلهای تاثیرات خودالقایی قابل صرفنظر بود. در خطوط توزیع هوایی به علت فاصله قابل ملاحظه بین سیمهای مدار این اثر قابل صرف نظر نیست و باید در محاسبات منظور گردد. برای بررسی این وضعیت یک فاز از یک سیستم سه فاز متعادل را مطابق شکل ۶-۵ در نظر بگیرید.

طول خط ۱متر است . مقاومت خط R اهم و راکتانس القایی آن X اهم میباشد ولتاژ فاز درابتدای خط تغذیه V ولت و در دو سر بار V ولت است و جریانI با فاز تاخیری ϕ در مدار برقرار است. درشکل V (B) به عنوان فیزور مبنا اختیار شده است. نظریه به اینکهIR و IX نسبت بهV کوچک هستند مقدار V از این قرار می شود:



شکل ۶-۵ یک فاز از سیستم سه فاز متعادل(A) و شکل فیزوری مربوط(B) .

$$V = V' + IR\cos\Phi + IX\sin\Phi$$

و با افت ولتاژ ΔVدر خط چنین می شود:

$$\Delta V = V - V' \approx IR\cos\Phi + IX\sin\Phi$$

در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را A بنامیم رابطه زیر را می توان نوشت:

$$a = \frac{\Delta V}{V}\times 100 = \frac{100\left(IR\cos\Phi + IX\sin\Phi\right)}{V}$$

و یا

$$\frac{\alpha V}{100I} = R\cos\Phi + X\sin\Phi$$

همان طور که می دانیم .

$$R = \frac{\rho l}{a}$$

که در آن ρ مقاومت ویژه هادی در حرارت کاربرحسب اهم متر، l طول برحسب متر وa مقطع هادی بر حسب متر مربع است. راکتانس القایی برابر ωLاست که در مورد یک فاز از سیستم سه فاز متعادل به طوری که در درس قدرت دیده اید از این قرار می شود:

$$X = 100\pi L = 100\pi\left[\mu_0\left(\frac{1}{8\pi} + \frac{1}{8\pi}Ln\frac{D}{r}\right)\right]l$$

$$X = 10^{-5}\pi l\left(0.5 + 2Ln\frac{D}{r}\right)$$

در رابطه بالا d فاصله دو فاز از یکدیگر و r شعاع هر یک از هادیها می باشدوi طول خط برحسب متر است.

www.Kargosha.com

لذا

$$\frac{\alpha V}{100I}=\frac{\rho l}{a}\cos\Phi+10^{-5}\pi l\left(0.5+2Ln\frac{D}{r}\right)\sin\Phi$$

و یا

$$\frac{\alpha V}{100I}-10^{-5}\pi l\left(0.5+2Ln\frac{D}{r}\right)\sin\Phi=\frac{\rho l}{a}\cos\Phi$$

و یا

$$a=\frac{\rho l\cos\Phi}{\frac{\alpha V}{100I}-10^{-5}\pi l\left(0.5+2Ln\frac{D}{\sqrt{a/\pi}}\right)\sin\Phi} \qquad (۶-۱۱)$$

در مقایسه (۶-۱۱) و(۶-۸) ملاحظه می کنید که جمله دوم مخرج به علت راکتانس خط می باشد و اگر از آن صرفنظر کنید رابطه (۶-۸) حاصل می شود . به طوری که ملاحظه می کنید در این جمله سطح مقطع a نیز وجود دارد که مجهول است که درصد محاسبه آن هستیم و به نظر می رسد که از رابطه (۶-۱۱) محاسبه a آسان نیست. معادله را از طریق حدس و آزمایش حل می کنیم، بدین معنی که مقداری برای a حدس زده و در فرمول به کار می بریم و مقدار جدیدی برای a محاسبه می کنیم . با تکرار این عمل در چند مرحله مقدار دقیق a را به دست می آوریم. خوشبختانه مقدار لگاریتمی تغییرات زیادی با a ندارد. برای مثال دوحالت مختلف را با هم مقایسه می کنیم.

در حالت اول D را برابر یک متر و a را برابر ۵۰ میلیمتر مربع و در حالت دوم D را همان یک متر و aرا برابر ۲۰۰ میلیمتر مربع در نظر می گیریم. جمله لگاریتمی در این دو حالت فقط ۱۳ درصد تغیر می کند . برای انجام محاسبات با صرفنظر از جمله دوم مخرج که به معنی استفاده از رابطه (۶-۸) است، مقداری تقریبی برای A به دست می آوریم وبا استفاده از رابطه(۶-۱۱) مقدار واقعی تری برای a محاسبه می کنیم و با تکرار جواب دقیقتری به دست می آوریم. این روش را با حل مثالی روشن می کنیم.

مثال ۶-۱۱

یک خط توزیع سه فاز هوایی ۳۸۰ولت بار سه فاز متعادلی به میزآن ۳۶ کیلو وات با ضریب توان ۰/۶۵ را که در فاصله ۷۰متری دارد تغذیه می کند. فاصله سیمها از یکدیگر ۷۵ سانتیمتر می باشد. مقطع سیم را برای افت ولتاژ مجاز ۲ درصد تعیین کنید. آیا این مقطع از نظر جریان مجاز کافی است؟

$$I=\frac{36\times1000}{\sqrt{3}\times380\times.65}=84.15$$

با صرنظر از جمله دوم مخرج و استفاده از مقاومت ویژه مس در ۶۰ درجه سانتیگراد داریم:

$$A=\frac{1.996\times10^{-8}\times70\times0.65}{\frac{2\times220}{100\times84.15}}=17.37\times10^{-6}m^2=17.37mm^2$$

با استفاده از (۶-۱۱) و $\sin\Phi=0.76$ چنین می نویسیم .

$$A=\frac{1.996\times10^{-8}\times70\times0.65}{\frac{2\times220}{100\times84.15}-10^{-5}\pi\times70\left(0.5+2Ln\frac{0.75}{\sqrt{17.37\times10^{-6/\pi}}}\right)}=28.22mm^2$$

در صورتی که مقطع به دست امده را مجدداً در معادله (۶-۱۱) قرار دهیم a برابر ۲۷/۵۳ میلیمتر مربع به دست می آید که اگر باز در معادله (۶-۱۱) قرار گیرد a برابر ۲۷/۵۶ میلیمتر مربع حاصل می شود که به حد کافی دقیق است. بنابراین از نظر افت ولتاژ مجاز سیم بدون روپوش ۳۵ میلیمتر مربع کافی است. با مراجعه به جداول ۵-۵ و ۶-۵ ملاحظه می کنید که این سیم حتی در هوای ۵۰ درجه از نظر جریان مجاز کافی است.

www.Kargosha.com

در به دست آوردن معادله(۶-۱۱) بار متعادل با اتصال ستاره در نظر گرفته شده است. تایید کنید که این معادله برای اتصال بار به صورت مثلث هم صحیح است.

مسائل فصل ششم

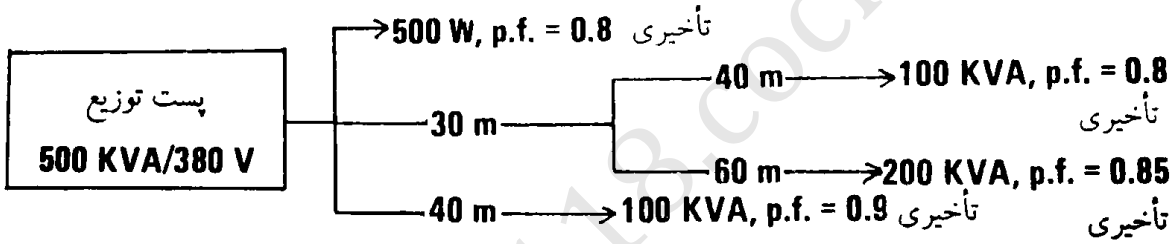
۱- یک موتور القایی سه فاز ۵۰ کیلو وات، ۳۸۰ ولت و ۵۰ هرتز به وسیله کابلpvc خوابانده شده درزمین ۲۰ درجه به طول ۵۰ متر تغذیه می شود. مقطع کابل را براساس جریان افت ولتاژ مجاز ۳ درصد تعین کنید.

۲- یک ماشین لباسشویی تک فاز ۳ کیلو وات در فاصله ۲۰ متر از تابلوی توزیع قرار دارد. مقطع سیم در لوله را براساس جریان .و افت ولتاژ مجاز ۳درصد تعیین منید. حرارت محیط ۲۵ درجه است.

۳- شماتیک توزیع کارخانه ای با کابلPVC زیر زمینی به صورت زیر است.

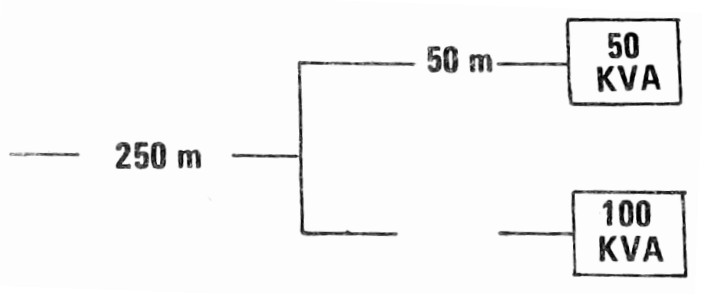
الف: ولتاژ پست را توسط tap changer درچه میزآن تنطیم می کنید؟

ب: مقاطع کابلها را براساس جریان و افت ولتاژ مجاز به دست می آورید؟



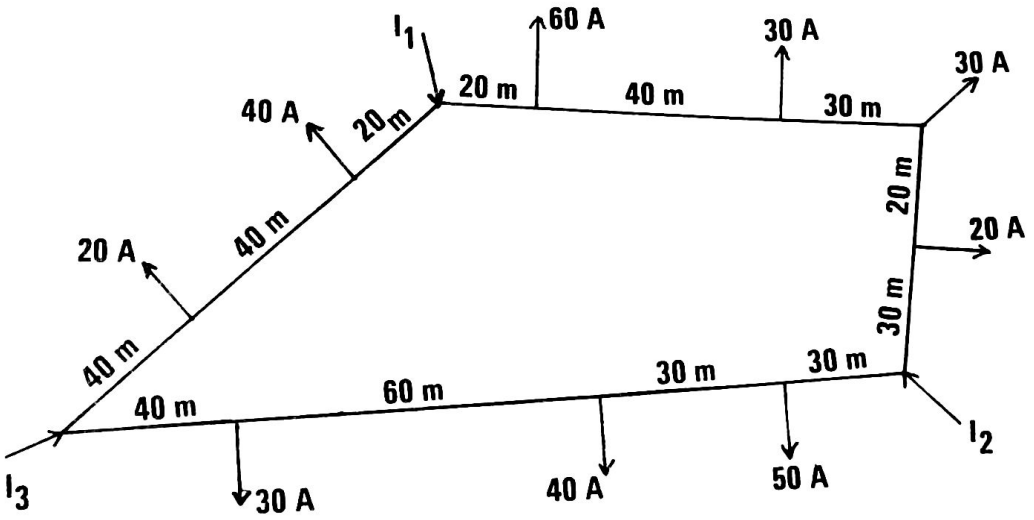
۴- یک خط توزیع هوایی ۳۸۰ ولت به طول ۱۰۰متر، بار سه فاز متعادل 100kva با ضریب توان تاخیری ۰/۸ را تغذیه می کند. فاصله سیمهااز یکدیگر ۷۵ سانتیمتر است. مقطع سیم ضریب مسی را براساس افت ولتاژ مجاز ۲ درصد و جریان مجاز حساب کنید اگر از سیم آلومینیومی استفاده شود مقطع را چقدر اختیار می کنید؟ چرا سیمهای آلومینیمومی در توزیع کمتر به کار گرفته می شوند؟

۵- دو موتور سه فاز ۱۰۰ کیلو وات آمپر و۵۰ کیلو وات آمپر، ۵۰هرتز و۳۸۰ولت با خط هوایی مس به طول ۲۵۰متر تغذیه می شوند. مقطع انشعاب اصلی و انشعابهای فرعی رابراساس جریان مجاز و افت ولتاژ مجاز ۲درصد حساب کنید.



۶- به شکبه حلقه ای تک فاز ۲۲۰ ولت از سه نقطه جریان می رسد. مقطع کابل حلقه رابرای افت ولتاژ مجاز ۲درصد محاسبه کنید. ضریب توان همه بارها را یک فرض کنید.

www.Kargosha.com

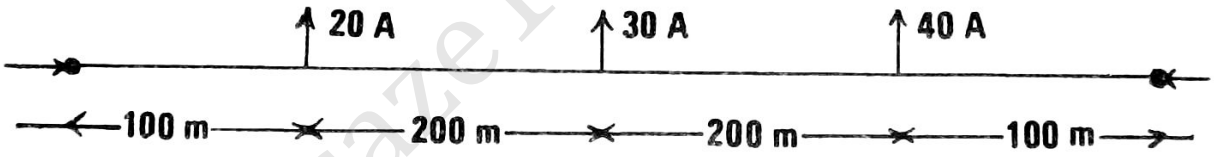


۷- یک خط توزیع هوایی سه فاز سه سیمی از جنس مس لخت، ۳۸۰ ولت به طول ۵۰ متر بار سه فاز متعادل ۱۰۰ کیلو وات آمپر با ضریب توان ۰/۸ تاخیری را تغذیه می کند، فاصله سیمهای مجاور از یکدیگر ۰/۷۵ متر است.

الف: اندازه سیم را چقدر باید انتخاب کنیم تا جریان لازم را حمل کند. اگر جریان به علت افزایش بار بیشتر از این حد شود، چه ضایعه ای برای سیم هوایی ممکن است اتفاق بیفتد.

ب: اگر بخواهیم حداکثر افت ولتاژ در بار ۱۰۰ کیلو وات آمپر به ۲/۵ درصد محدود شود مقطع را مقطعی را برای سیم توصیه می کنید؟ در این صورت چند درصد افت ولتاژ را باید تحمل کرد؟ برای کاهش افت ولتاژ چه اقداماتی می توان کرد؟

۸- مدار برقی تک فاز کابل زیر زمینی (زمین ۲۰ درجه) نشان داده شده است دارای مقطع یکسان درهمه نقاط است و از دو طرف با ولتاژ برابر و هم فاز ۲۲۰ ولت تغذیه می شود. ضریب توان همه بارها ۰/۸ تاخیری است.



الف: مقطع کابل را براساس جریان مجاز وافت ولتاژ مجاز ۶ درصد در شبکه تعیین کنید.

ب: اگر خط سمت راست قطع شود، این کابل ظرفیت حمل همه بار رادارد . در این صورت افت ولتاژ چقدر است؟

www.Kargosha.com

فصل هفتم

وسایل کنترل وحفاظت

برای اینکه استفاده از برق به طور صحیح و با ایمنی لازم انجام شود، استفاده از وسایل کنترل و حفاظت الزامی است. وسایل کنترل، قطع و وصل مدارها را در هر زمان دلخواه امکان‌پذیر می‌کند و وسایل حفاظت در هنگام بروز خطر، مدار را به طور خودکار قطع می‌کنند. وسایل کنترل ابتدایی کلیدهای کاردی ساده بودند که با حرکت دسته ای مدار را قطع و وصل می‌کردند. کار این کلیدها با جرقه همراه بود که سبب سوختن محل اتصال می‌گردد. با افزایش ولتاژ و جریان، این گونه کلیدها جوابگوی نیازمندیها نبودند و کلیدهای مناسبتری که عمل قطع ووصل را با سرعت انجام می‌دهند، به کار گرفته شده است. ساده‌ترین وسایل کنترل امروزی کلیدهای معمولی در مدارهای روشنایی خانگی است. این کلیدها برای قطع و وصل بارهای صنعتی که جریان زیاد می‌کشند کافی نیست و در این موارد جای خود را به کلیدهای بزرگتر دو یا سه قطبی یا به کنتاکتورها و دیژنکتورهای سه قطبی می‌دهند. به طور کلی عمل قطع و وصل کلید یا از طریق گرداندن بازوی متحرک یا از طریق حرکت دادن دسته کلید و یا از طریق وارد آوردن فشار بر میله حامل کنتاکت متحرک انجام می‌شود.

چون باز کردن مدارها پیوسته با جرقه همراه است، لازم است عمل قطع و وصل کلید با سرعت انجام شود و به این منظور کلیدها به یک وسیله مکانیکی مجهز هستند که این اعمال را با سرعت انجام می‌دهد. در کلیدهای کوچک با عمل سریع که در مکانهای مسکونی یا تجاری برای کنترل جریانهای کم مورد استفاده قرار می‌گیرند، جرقه مشکلاتی ایجاد نمی‌کند، لیکن کلیدهای بزرگ صنعتی که برای کنترل جریانهای بالا ساخته می‌شوند معمولاً به وسایلی جهت سرد کردن و از بین بردن جرقه مجهز هستند تا از بروز سوختگی در نقاط تماس کنتاکتها جلوگیری به عمل آید.

کلیدهای برقی باید استحکام الکتریکی کافی برای تحمل ولتاژ مدار و ظرفیت کافی برای حمل جریان مداری راکه کنترل می‌کنند دارا باشند. این بدان معنی است که کلیدها بدون افزایش درجه حرارت آنها از حد مجاز جریان مدار را به طور دائم حمل کنند. علاوه بر این در صورت اتصال کوتاه کلیدها باید جریان زیادی را برای مدت کوتاهی تحمل کنند تا وسایل حفاظتی عمل کرده و مدار را قطع نمایند در شبکه‌های برق رسانی جریانهای اتصال کوتاه مقادیر بزرگی دارند و کلیدها و دیژگتورها باید قدرت کافی برای حمل این جریانهای بزرگ داشته باشند. این امر موجب افزایش حجم و قیمت اینگونه کلیدها و دیژگتورها می‌گردد. بنابراین در انتخاب کلیدها باید به ولتاژ اسمی، جریان اسمی و قدرت قطع آنها توجه شود.

ساده‌ترین وسایل حفاظت فیوزها هستند. فیوزهای اولیه قطعات سیمهای سربی بود که به طورمتوالی با مدار قرار می‌گرفت و در صورت ذوب به اطراف پرتاب می‌شد که خطراتی دربر داشت. فیوزها امروزه به حدکمال رسیده و در اماکن مسکونی ، تجاری و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر فیوزها ، رله‌های حرارتی ، رله‌های الکترومکانیکی و رله‌های القایی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند که به کنتاکتورها و دیژنکتورها فرمان قطع می‌دهند.

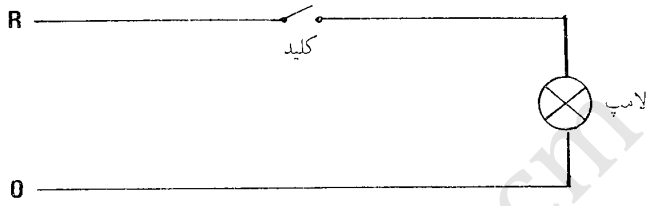
در این فصل به تشریح این وسایل و طرز استفاده از آنها در مدارهای برقی می‌پردازیم. در ابتدا کلیدها سپس فیوزها و رله‌ها و در آخر کنتاکتورها و دیژنکتورها را مورد بحث قرار می‌دهیم.

www.Kargosha.com

۷-۱- کلیدهای یک قطبی کنترل مدارهای روشنایی

مدارهای روشنایی اماکن مسکونی وتجاری کوچک توسط کلیدهای ساده یک قطبی با بدنه پلاستیکی با اندازه استاندارد ۱۰ آمپر کنترل می‌شوند. این کلیدها برای کنترل مدارهای روشنایی مراکز تجاری و صنعتی بزرگ کافی نیستند و استحکام کافی ندارند. در این مدارها روشنایی از کلیدهای گردان با کلیدهای کاردی بزرگ که برای جریانهای بالا ساخته می‌شوند و دارای استحکام مکانیکی بیشتر هستند استفده می‌شود. در مراکز صنعتی که گازهای قابل اشتعال موجود باشد از کلیدهایی با بدنه فلزی محکم که به کلیدهای ضد شعله معروف هستند استفاده به عمل می‌آید.

ساده‌ترین مدار برق‌رسانی مرکب از دو سیم فاز و نوترال است که به دو سر یک وسیله الکتریکی مثل یک لامپ متصل می‌شود. برای اینکه بتوانیم روشن یا خاموش بودن لامپ را کنترل کنیم به یک کلید نیازمندیم. این کلید می‌تواند دو سیم مدار را وصل یا قطع کند لکن واضح است که قطع و وصل یکی از سیمها برای کنترل عملکرد لامپ کافی است. چنین مدار ساده‌ای در شکل ۷-۱ زیر نشان داده شده است.



شکل ۷ ـ ۱ : کنترل یک لامپ توسط یک کلید

نظر به اینکه این کلید تنها یک بازوی متحرک دارد، کلید یک قطبی (یک پل) نامیده می‌شود. در بسیاری از مصارف صنعتی از کلیدهای دو قطبی و سه قطبی استفاده می‌شود که بعداً تشریح می‌گردند . به طوری که ملاحظه می‌کنید کلید روی سیم فاز تعبیه شده است. در صورتی که کلید را روی سیم نوترال (خنثی) قرار دهیم همین کار کنترل انجام می شود، لیکن از نظر فنی روشی اشتباه است. در صورتی که کلید روی فاز باشد با باز کردن کلید چراغ فاقد برق و بی‌خطر خواهد بود لیکن اگر کلید روی سیم نوترال قرار داشته باشد، با باز کردن آن نیز سیم فاز (گرم) در پشت چراغ برق‌دار و خطرناک است و ممکن است در موقع تعمیر یا تعویض لامپ سوخته به سهولت سبب برق‌گرفتگی شود.

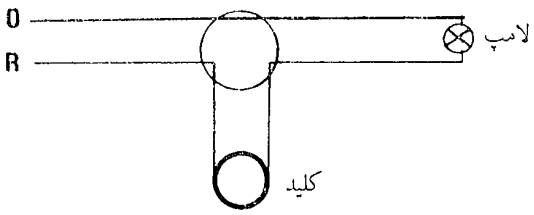
۷-۱-۱-کلید یک قطبی یک راهه

نظر به اینک کلید شکل ۷-۱ تنها یک تیغه یا بازوی متحرک دارد یک قطبی نامیده می‌شود و چون این کلید تنها یک سیم مدار را قطع یا وصل می‌کند یک راهه نامیده می‌شود. بنابراین کلید نشان داده شده یک قطبی یک راهه می‌باشد. شکل ۷-۲ شماتیک یک مدار برقی برای کنترل یک لامپ را نشان می‌دهد، لیکن اطلاعات کافی به سیم‌کش نمی‌دهد. در عمل کلید را در نقطه مناسب و دلخواهی قرار می‌دهیم و لامپ معمولاً در محل دیگری قرار می‌گیرد و نقشه عملی‌تر سیم‌کش به صورت زیر در می‌آید.

در نصب واقعی که معمولاً سیمها در داخل لوله قرار می‌گیرند یک لوله محتوی دو سیم به قوطی تقسیم کشیده می‌شود و از آنجا یک لوله محتوی دو سیم به کلید و لوله دیگری با دو سیم به لامپ کشیده می‌شود و اتصالهای لازم در قوطی، کلید و لامپ انجام می‌شود. در سیم‌کشی روکار به منظور حفظ زیبایی لوله‌ها در خطوط صاف و با زوایای ۹۰ درجه کشیده می‌شوند، لیکن در سیم‌کشی توکار معمولاً کوتاهترین مسیر برای لوله‌ها انتخاب می‌شود.

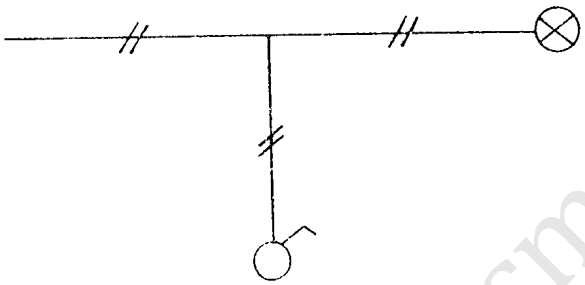
در کشیدن نقشه‌های برقی برای سادگی کار و جلوگیری از شلوغ شدن نقشه، مدارها را به شکل ساده تک سیمی می‌کشیم و از علائم قبول شده استفاده می‌کنیم. برای مثال نقشه سیم‌کشی مدار بالا را به صورت زیر که روش استاندارد ایران و غالب کشورهای دیگر است ترسیم می‌کنیم.

www.Kargosha.com



شکل ۷ ـ ۲ : نقشه عملی سیم‌کشی کنترل یک لامپ توسط یک کلید

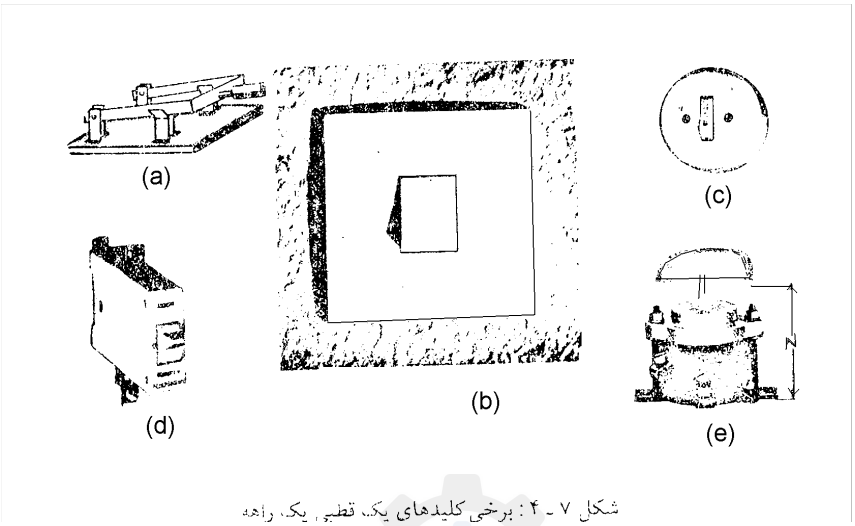
دقت کنید که در این نقشه تعداد سیمها در هر نقطه مسیر با گذاشتن خطهایی مشخص شده است. در صورتی که تعداد سیمها خیلی زیاد باشد می‌توان تعداد آنها را نوشت. در نقشه از علائم قبول شده چراغ و کلید یک قطبی یک راهه استفاده شده است.



شکل ۷ ـ ۳ : نقشه معمول کنترل یک لامپ توسط یک کلید

این کلیدها را در آزمایشگاه مطابق شکل ۷-۴-(a) دیده‌ایم و به نام کلید کاردی می‌شناسیم.

آنها دارای دو محل اتصال هستندکه در روی پایه عایقی نظیر چوب نصب می‌شوند و با حرکت دسته تیغه مدار را قطع یا وصل می‌کند. بدیهی است که چنین کلیدی به علت در دسترس بودن اتصالهای برق‌دار و سرعت کم آن خطرناک است. برای استفاده در اماکن مسکونی بر همین اساس کلیدهای سریع با پایه چینی یا عایق پلاستیکی ساخته می‌شوند (پایه چینی مرغوبتر است). این کلیدها به اشکال و رنگهای مختلف برای ولتاژ ۲۲۰ ولت وجریان استاندارد ۱۰ آمپر توسط کارخانجات مختلف آدمیرام، ایران رشت وغیره در ایران ساخته می‌شود. در شکلهای (b) و (c) نوع توکار و روکار این کلیدها نشان داده شده است. در نوع توکار قسمتی از بدنه کلید داخل دیوار قرار می‌گیرد، به طوری که سطح خارجی کلید، هم سطح با دیوار است. در نوع روکار، کلید کلاً روی دیوار نصب می‌شود.



شکل ۷ ـ ۴ : برخی کلیدهای یک قطبی یک راهه

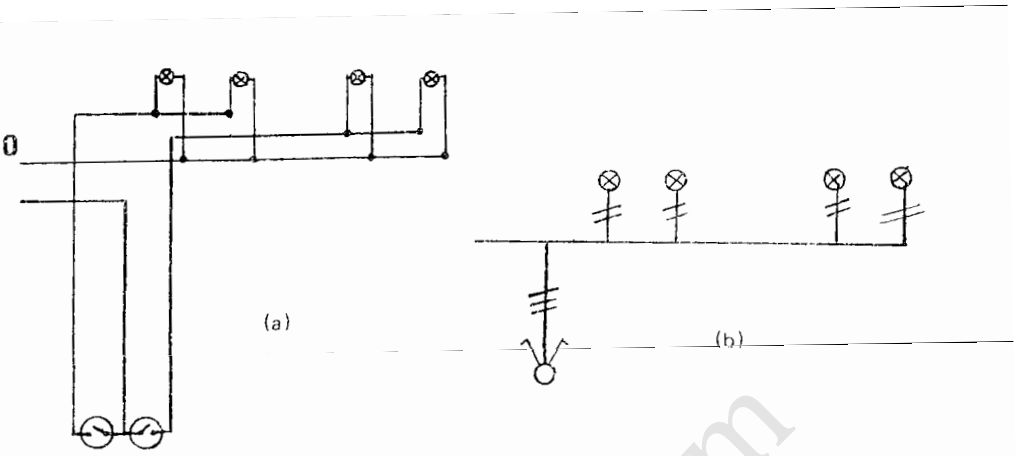
در شکل d نوع قویتر کلید یک قطبی یک راهه با حجم کوچک تا ظرفیت ۴۰ آمپر ساخته می‌شود و برای کنترل مدارهای روشنایی تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، دیده می‌شود. در شکل e نوع گردان که تا ظرفیت ۶۳۰ آمپر ساخته می‌شود نشان داده شده است.

www.Kargosha.com

۷-۱-۲- کلیدهای دوبل

در بسیاری از موارد دوکلید یک قطبی یک راهه را در یک بدنه قرار می‌دهند که به طور مستقل عمل می‌کنند و دو مدار مختلف را کنترل می‌کنند. چنین کلیدی کلید دوپل یا دوقلونامیده می‌شود.

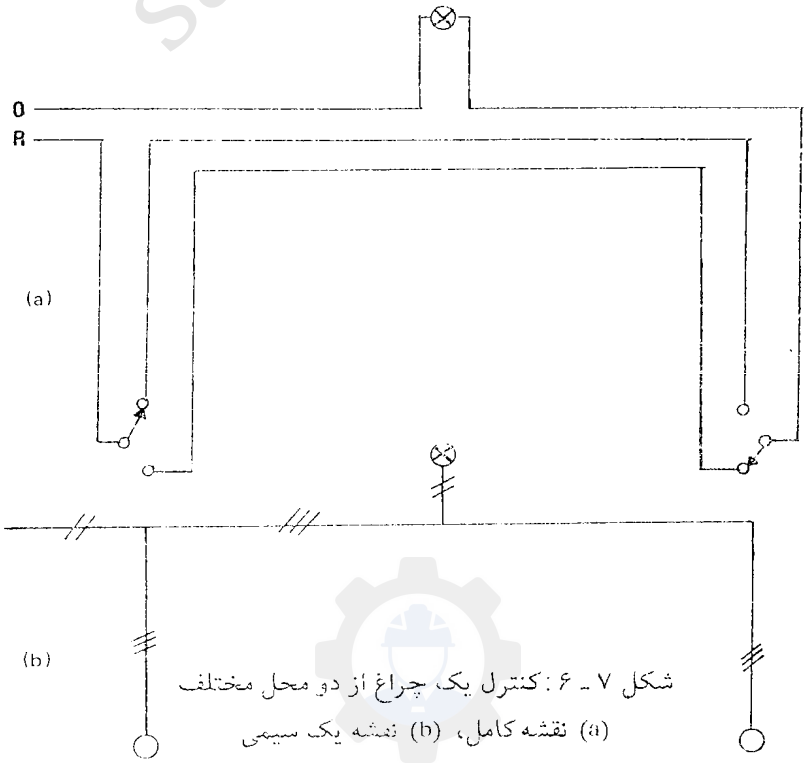
نقشه برقی کامل و نقشه یک سیمی یک کلید دوپل که هر قسمت آن دو چراغ را کنترل می‌کند در شکل ۷-۵ نشان داده شده است.



شکل ۷ ـ ۵ : کنترل مدار توسط کلید دوپل
(a) نقشه کامل، (b) نقشه یک سیمی

۷-۱-۳- کلید یک قطبی دو راهه (کلید تبدیل)

کلید دیگری که در سیم‌کشی خیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به نام کلید یک قطبی دو راهه یا کلید تبدیل معروف است. این کلید در مکانهایی نظیر راه‌پله‌ها یا راهروها که لازم باشد یک یا چند چراغ را از دو محل مختلف کنترل کنیم ، مورد استفاده قرار می‌دهیم . شکل ۷-۶ مدار و نقشه برقی کنترل یک لامپ را به وسیل دو کلید تبدیل نشان می‌دهد.



شکل ۷ ـ ۶ : کنترل یک چراغ از دو محل مختلف
(a) نقشه کامل، (b) نقشه یک سیمی

www.Kargosha.com

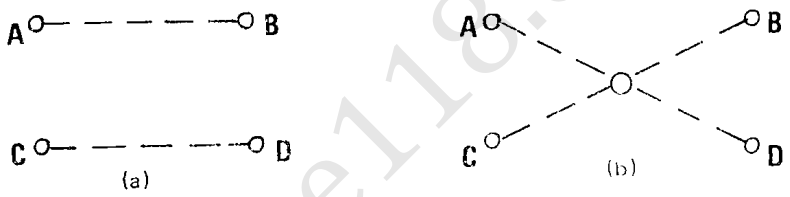
در شکل بالا ملاحظه می‌کنید که کلید در حالت قطع است و با اسفتاده از هر یک از دو کلید می‌توان چراغ را روشن کرد. پس از روشن کردن نیز هر یک از دو کلید می‌تواند چراغ را خاموش کنند. ملاحظه می‌کنید این کلیدها یک جزء متحرک دارند لیکن در دو وضعیت مختلف خود دو سیم مختلف را وصل می‌کنند و به این دلیل کلید یک قطبی دو راهه نامیده می‌شوند. برای اینکه نحوه صحیح اتصال این کلید به خاطرتآن بماند دقت کنیدکه هر کلید دارای سه نقطه اتصال است.

یکی نقطه‌ای که بازوی متحرک به دورش حرکت می‌کند که در همه حالات کلید، به سیم متصل است و معمولاً در روی کلید با گذاردن علامتی مشخص می‌گردد که آن را نقطه مشترک کلید می‌گوییم. از دو نقطع تماس دیگر بسته به وضعیت کلید تنها یکی از آنها در هر حال با بازوی متحرک در تماس خواهد بود. برای سیم‌کشی صحیح فاز را به نقطه مشترک کلید اول برده و نوترال را از طریق لامپ به نقطه مشترک کلید دوم وصل کنید. دو نقطه باقی مانده روی دو کلید را به وسیله دو سیم دو به دو به یکدیگر متصل کنید تا مدار تکمیل شود.

شکل ظاهری کلیدهای یک قطبی دو راهه ۱۰ آمپری که درخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد مثل کلید یک قطبی معمولی است. نوع قویتر آن مطابق شکل ۷-۴ (d) و نوع گردان آن مطابق شکل ۷-۴(e) تا جریان ۶۳۰ آمپر ساخته می‌شوند.

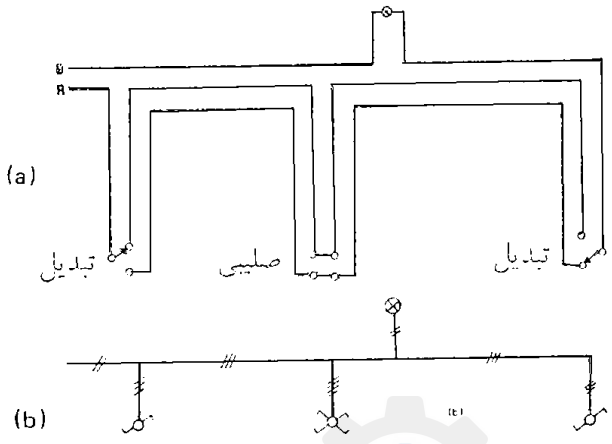
۷-۴-۱- کلید یک قطبی سه راهه (کلید صلیبی)

در بخری موارد در برق رسانی داخل لازم می‌شود که چراغ یا وسیله دیگری را از سه نقطه مختلف کنترل کنیم. برای انجام این کار از دو کلید دو راهه (تبدیل) و یک کلید سه راهه (صلیبی) استفاده می‌کنیم. این کلید دارای چهار نقطه اتصال است و وضعیت الکتریکی آن در دو حالت کار در شکل۷-۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ ـ ۷ : وضعیت اتصال داخلی کلید سه راهه در دو حالت
(a) دسته بالا، (b) دسته پایین

نمایش کنترل یک لامپ از سه نقطه در شکل ۷-۸ آمده است .



شکل ۷ ـ ۸ : مدار و نقشه برقی کنترل یک چراغ از سه محل مختلف

www.Kargosha.com

برای کنترل چراغ از بیش از سه نقطه تعداد کلیدهای صلیبی را افزایش می‌دهیم. مثلاً برای کنترل چراغ از چهار نقطه دوکلید تبدیل را در دو انتها نگاه داشته و بین آنها از دو کلید صلیبی استفاده می‌کنیم. این روش را می‌توان بدون اشکلا برای هر تعداد نقطه کنترل تعمیم داد. نوع معمول این کلید مطابق شکل۷-۴-(b) به ظرفیت ۱۰ آمپر ساخته می‌شوند. و نوع گردان آن به شکل ظاهری۷-۴ (e) تا ظرفیت ۶۳۰ آمپر ساخته می‌شود.

۷-۲- کلیدهای کنترل با قطع و وصل خودکار

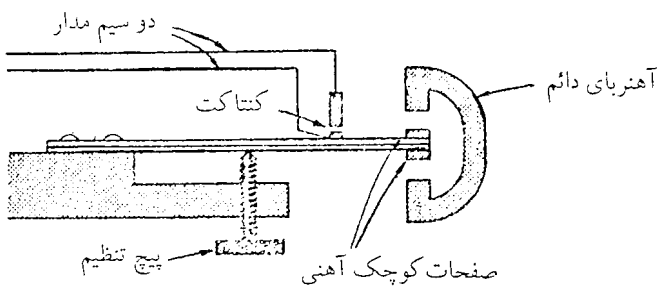
در وسایل خانگی، صنعتی وتجاری کلیدهای بسیاری یافت می‌شوندکه فرمان قطع خود را از سیستم یا وسیله دیگری دریافت می‌کنند و در نتیجه وسایل متصل به مداری را به طور اتوماتیک کنترل می‌کنند. برخی انواع مهم این کلیدها را در ذیل تشریح می‌کنیم.

۷-۲-۱- کلیدهای ساعتی

این کلیدها برای قطع و وصل اتوماتیک مدارها در ساعت معین به کار گرفته می‌شوند. برخی از این مدارها نظیر چراغ ویترینها و چراغ خیابانها می‌باشند. در انخاب این کلیدها لازم است به جریان مدار و ظرفیت کلید که بر حسب آمپر داده می‌شود توجه شود. این کلیدها ساختمانهای مختلف دارند. در یک نوع آن از موتور کوچکی که از نوع سنکرون انتخاب می‌شود استفاده می‌شود که البته در صورت قطع برق از کار می آیستد. در نوع دیگر ساعت مجهز به فنر است که توسط موتور برقی کوک می‌شود و در صورت قطع برق به کار خود ادامه می‌دهد و دچار اختلال نمی‌گردد. در وصل کلیدهای ساعتی حتماً باید فیوزی برای حفاظت موتور و فیوز دیگری برای حفاظت مدار به کار برد.

۷-۲-۲- کلیدهای حرارتی

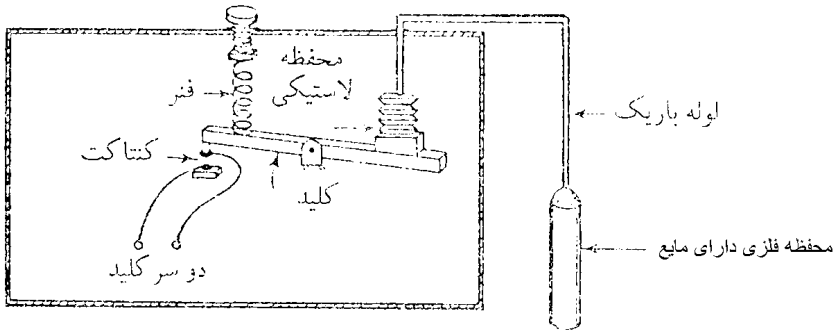
این کلیدها از تغییرات درجه حرارت، فرمان قطع و وصل می گیرند و در وسایلی مثل سیستم حرارت مرکزی و یا یخچال مورد استفاده وقاع می‌شوند و انواع مختلف دارند. نوع اول دارای یک باریکه بی‌متال هستندکه از دو فلز با ضرایب انبساط مختلف تشکیل شده ودر اثر حرارت خم می‌شود و به این ترتیب اتصال الکتریکی را وصل یا قطع می‌کند. برای قطع و وصل سریع مدار و جلوگیری از جرقه وسوختگی محل اتصال از آهنربایی استفاده می‌شود که نیروی مغناطیسی آن به بسته شدن سریع اتصال کمک می‌کند شکل ۷-۹ ساختمان این گونه کلید را نشان می‌دهد.



شکل ۷ ـ ۹ : کلید حرارتی بی‌متال

در نوع دیگر آن مطابق شکل ۷-۱۰ یک محفظه فلزی دارای مایعی است که در اثرگرم شدن بخار می‌شود. فشار بخار از طریق لوله به محفظه لاستیکی آکاردئونی منتقل می‌شود و سبب تغییر طول آن و در نتیجه قطع کلید می‌گردد.

www.Kargosha.com



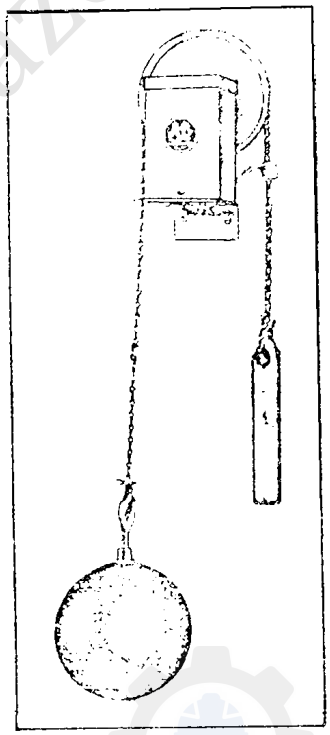
شکل ۷ ـ ۱۰ : کلید حرارتی

۷-۲-۳- کلید فشاری

این کلیدها از تغییرات فشار فرمان می‌گیرند و برای کنترل موتورهایی که تلمبه‌ها یا کمپرسورها را می‌گردانند یا برای قطع توربین‌های بزرگ در صورت کم شدن فشار روغن یا طاقانها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اساس کار آنها مطابق شکل ۷-۱۰ است با این تفاوت که فشار مایع یا گاز یا روغن به محفظه لاستیکی بادکنکی واردمی‌شود. و سبب عمل کلید می‌گردد.

۷-۲-۴- کلید شناوری

این کلید از شناوری که در سطح مایع قرار دارد فرمان می‌گیرد و برای کنترل موتور پمپ‌هایی که آب یا مایع دیگر به منبع ذخیره تلمبه می‌کنند، مورد استفاده واقع می‌شود. اگر سطح مایع پایینتر از میزان معین باشد، شناور اهرمی را به حرکت در می‌آورد و کلید را می‌بندد و موتور شروع به کار می‌کند و یا پس از اینکه سطح به میزان معین رسید، کلید باز می‌شود و موتور متوقف می‌شود. یک کلید شناوری در شکل ۷-۱۱ نشان داده شده است که کارش بر اصل دیگری استوار است. وقتی که شناور در سطح مایع قرار می‌گیرد بر اساس قانون ارشمیدس سبک می‌شود و نیروی وزنه برای باز کردن کلید کافی است. و زمانی که سطح آب پایین می‌رود وزن شناور از وزن وزنه بیشتر می‌شود و کلید را می‌بندد.



شکل ۷ ـ ۱۱ : کلید شناوری

www.Kargosha.com

۷-۲-۵- کلید حدی

این کلیدها از حرکت و برخورد ماشین یا وسایل متحرک به نقطه ثابتی فرمان می‌گیرد وحرکت آنها راکنترل می‌کند. این کلیدها در جرثقیلها و آسانسورها در مکانی که حداکثر تغییر مکان مجاز دستگاه را معین می‌کند، نصب میشود ودستگاه در برخورد به دسته آن مدار را قطع میکند و سبب توقف می‌گردد.

۷-۳- پریزها و دوشاخه‌ها

پریزها و دوشاخه‌ها به انضمام سیمها یاکابلهای قابل انعطاف برای تغذیه وسایل برقی که محل معینی ندارند و جابه‌جا می‌شوند، به کار گرفته می‌شوند. برق به ساکتها[1] یا پریزها که معمولاً روی دیوارها یا در کف اتاقها نصب می‌شوند، متصل می‌شود و دو شاخه که به وسیله برقی متصل است در داخل ساکت فرو برده می‌شود و یا خارج می‌شود. بیشتر ساکتها و دوشاخه‌ها که در ایران مورد استفاده هستند تنها دارای دو سیم فاز و نوترال و فاقد سیم زمین می‌باشند. استفاده از این گونه پریزها و دوشاخه‌ها طبق ضوابط غالب کشورها و مقررات بین‌المللی جز در مورد وسایلی که عایق دوبل دارند، مجاز نمی‌باشد. در انگلستان از پریزهای سه سوراخی و سه شاخه استفاده می‌شود که یک شاخه آن مربوط به سیم زمین است که به بدنه وسیله الکتریکی متصل می‌شود. در سایر کشورهای اروپایی دو شاخه مورد استفاده قرار می‌گیرد و سیم زمین از طریق بدنه دو شاخه به سیم زمین پریز متصل می‌شود. بیشتر پریزهای امروزی به دریچه اطمینانی مجهز هستند که وقتی دو شاخه را از آن بیرون می‌اورند سوراخهای پریز بسته می‌شود و اطفال نمی‌توانند چیزی در آن وارد کنند و به این ترتیب از بسیاری از خطرات احتمالی جلوگیری به عمل می‌آید. ساکتها و دو شاخه‌های خانگی معمولاً برای جریان ۱۰ آمپر ساخته می‌شوند و قطع و وصل وسایل کوچک به وسیله داخل و خارج کردن دو شاخه در ساکت بدون استفاده از کلید مجاز است. در کاربردهای صنعتی از پریزها و ساکتهای بزرگتر با استحکام مکانیکی بیشتر استفاده می‌شودکه برای قطع و وصل برق به کلید مجهز هستند.

۷-۴- کلیدهای دو قطبی

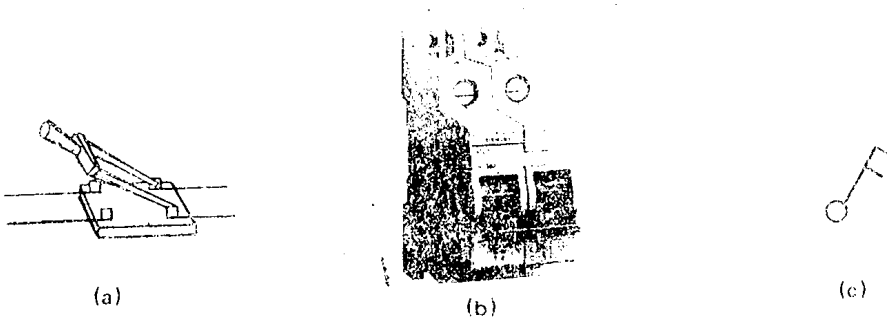
گاهی در عمل لازم می‌شود که دو سیم یک مدار به طور همزمان قطع یا وصل شوند. نمونه این موارد مدارهای جریان مستقیم که در آنها معمولاً هیچکدام از سیمها زمین نمی‌شود و مقررات قطع و وصل همزمان هر دوسیم را الزامی میدانند. در برخی موارد خاص نیز به دلایلی سیم خنثای سیستم برق متناوب به زمین متصل نمی‌شود که در این صورت نیز سیم خنثی سیم برق‌دار محسوب می‌شود و قطع و وصل آن همزمان با سیم فاز الزامی است. در شکل ۷-۱۲ نوع کاردی آزمایشگاهی این کلید، نوع عملی آن که تا جریان حدود ۶۳ آمپر ساخته می‌شود وعلامت قبول شده این کلید نشان داده شده است.

۷-۵- کلیدهای سه قطبی

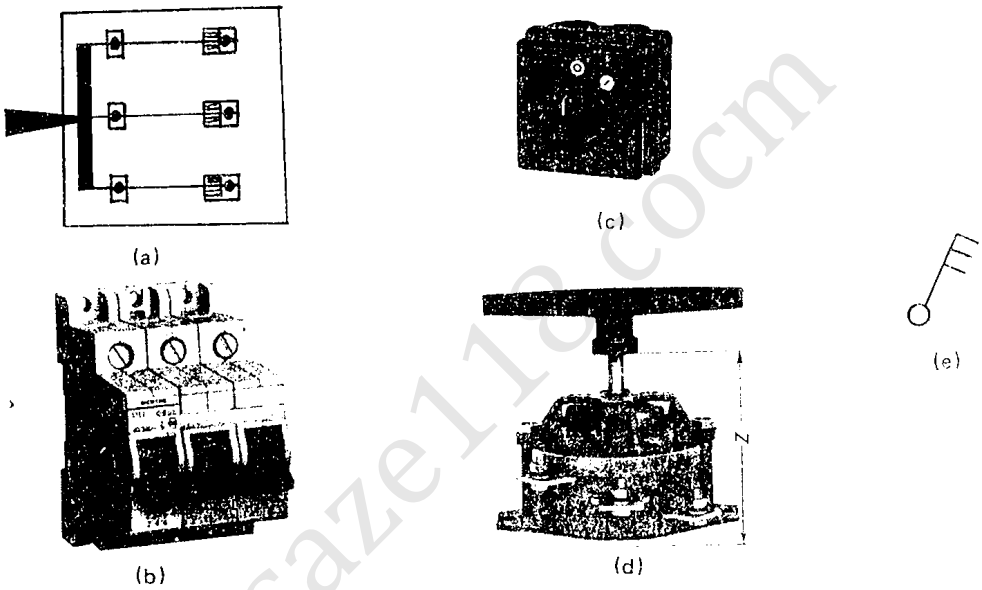
برای قطع و وصل مدارهای قدرت که غالباً سه فاز هستند از کلیدهای سه قطبی استفاده می‌شود سیم نوترال این سیستمها که در پست توزیع زمین شده است به طور دائم متصل باقی می‌ماند وقطع و وصل نمی‌شود. در این کلیدها هر سه سیم مدار به طور همزمان قطع و وصل می‌شوند. در شکل ۷-۱۳ نوع کاردی آزمایشگاهی این کلید و نوع عملی‌تر آن که حدود ۱۰۰ آمپر ساخته می‌شود ، نوع جعبه‌ای آن، نوع گردان آن وعلامت اختصاری آن نشان داده شده است. نوع گردان این کلیدها در ولتاژ ۳۸۰ ولت تا ۶۳۰ آمپر موجود است و اندازه‌های استاندارد آن ۱۶، ۲۵، ۴۰، ۶۳، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۳۰ آمپر می‌باشد.

[1] . Socket

www.Kargosha.com



شکل ۷ ـ ۱۲ : کلید دو قطبی
(a) نوع آزمایشگاهی، (b) نوع عملی، (c) علامت اختصاری



شکل ۷ ـ ۱۳ : کلید سه قطبی (a) نوع آزمایشگاهی، (b) نوع عملی،
(c) نوع جعبه‌ای، (d) نوع دورانی، (e) علامت اختصاری

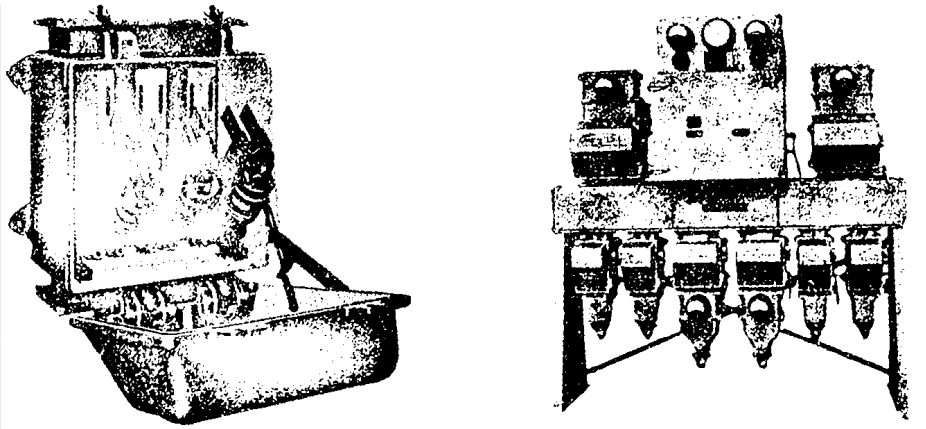
۷-۶- کلیدهای فیوزدار

نظر به اینکه برای کنترل مدارها کلید و برای حفاظت آنها فیوز لازم است در کلیدهای فیوزدار این دو وسیله را درجعبه‌ای مجتمع نموده‌اند که کلید فیوزدار نامیده می‌شود. این کلیدها در اندازه‌های استاندارد به صورت یک قطبی دو قطبی و سه قطبی ساخته می‌شود. در یک نوع آن فیوزها روی دیواره جعبه نصب می‌شوند و در نوع دیگر فیوزها روی تیغه‌های متحرک کلید قرارمی‌گیرند. یک نوع ساختمان در شکل ۷-۱۴ نشان داده شده است. در شکل ۷-۱۴ تابلو توزیع صنعتی که از ترکیب این کلیدها ساخته شده است ملاحظه می‌شود. در این شکل سرکابلها، کلیدها، محفظه فیشها و وسایل اندازه‌گیری دیده می‌شوند.

در ساختمان کلیدهای فیوزدار چندنکته قابل توجه است. اول اینکه در کلید درحالت قطع تیغه‌ها بدون برق هستند. دیگر اینکه زمانی که دسته به طرف بالا کشیده می‌شود، کلید وصل می‌شود و به این ترتیب از وصل شدن اتفاقی آن زیر اثر وزن قسمت متحرک کلید جلوگیری به عمل می‌آید. سوم اینکه بسیاری از این کلیدها به یک ضامن مکانیکی مجهز هستند که بدون قطع کلید

www.Kargosha.com

نمی‌توان درب آنها را باز کرد که از نظرایمنی حائز اهمیت است. این کلیدها برای ولتاژ ۳۸۰ ولت تا اندازه‌هایی در حدود ۶۳۰ آمپر ساخته می‌شوند.



شکل ۷ ـ ۱۴ : کلید فیوزدار (a) یک کلید، (b) تابلو کلیدها

۷-۷- کلیدهای فشارقوی

کلیدهایی که در این فصل مورد بررسی قرار گرفته است، کلیدهای فشار ضعیف ۳۸۰ ولت بوده است. در کلیدهای ولتاژ قوی به علت مشکلات ناشی از جرقه از این ساختمانهای ساده نمی‌توان استفاده کرد. در کلیدهای ولتاژ قوی باید سرعت قطع و وصل کلید را با استفاده از نیروی فنر بالا برد و همچنین برای سرد کردن و از بین بردن جرقه چاره‌ای اندیشید که برخی از روشهای آن استفاده از روغن، خلأ، هوا یاگازهای فشرده می‌باشد. در مواردی که کلید جریان را قطع نمی‌کند و صرفاً برای قطع مدار بدون جریان به کار می‌رود، کلیدهای کاردی ساده را می‌بینیم که جدا کننده یا قطع کننده یا ایزولاتور نامیده می‌شوند. کلیدهای ولتاژ قوی به صورت دیژنکتورها ساخته می‌شوند که در آخر این فصل تشریح می‌شوند.

۸-۸- لزوم حفاظت و وسایل حفاظتی

به طوری که در قبل دیدیم سیمها و کابلها بسته به اندازه و نحوه نصب آنها و درجه حرارت قادرند جریان معینی را بدون اتخاذ خطر حمل کنند، که جریان مجاز نامیده می‌شود. در صورتی که جریان بیشتر از جریان مجاز برای مدت قابل ملاحظه‌ای از سیم عبور کند حرارت اضافی تولید شده، درجه حرارت سیم یا کابل را از حد مجاز بالاتر می برد که موجب خرابی عایق، اتصال کوتاه و ایجاد حریق می‌گردد. بنابراین لزوم یک وسیله حفاظتی که نمی‌تواند درتنظیم جریان نقش ایفا کند و تنها می‌تواند در صورت افزایش جریان از حد مجاز مدار را قطع کرده و به این ترتیب مانع خرابی سیم یا کابل گردد. به عنوان مثالی دیگر موتوری را در نظر بگیرید که زیر بار کامل جریانی برابر ۵ آمپر از منبع تغذیه می‌گیرد. این موتور بالا می‌رود و حرارت تولید شده ممکن است درجه حرارت موتور می‌تواند ساعتهای متوالی بدون خطر زیر بار به کار ادامه دهد. در صورتی که بار مکانیکی روی موتور به دلایلی افزایش یابد، جریان موتور بالا می‌رود و حرارت تولید شده ممکن است درجه حرارت موتور را از حد مجاز افزایش دهد وخطراتی برای موتور ایجاد کند. یک مشکل که برای موتورهای القایی اتفاق می‌افتد این است که به علت روغن‌کاری نکردن به موقع یاطاقانها، محور موتورگیر می‌کند و پس از وصل کلید موتور حرکت نمی‌نماید. در این وضعیت موتور جریانی در حدود ۷ برابر جریان اسمی خود می‌کشد که سبب ایجاد حرارت زیاد می‌شود. در صورتی که تحت این شرایط وسایل حفاظتی سریعاً عمل نکنند و مدار موتور را قطع نکنند ، موتور خواهد سوخت. این وسایل حفاظتی شامل فیوزها و دیژنکتورها هستند که در قسمتهای بعدی تشریح می‌شوند.

www.Kargosha.com

۷-۹- فیوزها

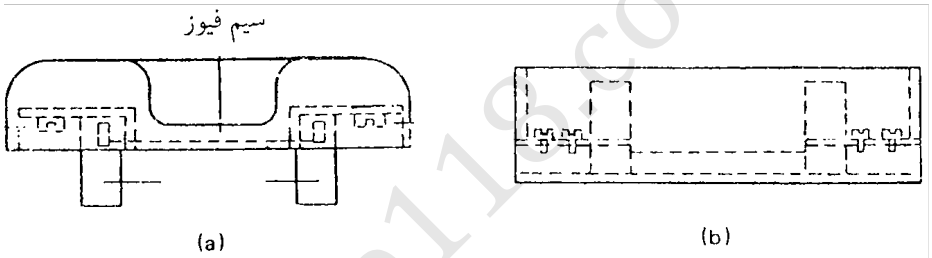
ساده‌ترین و قدیمیترین وسایل حفاظتی فیوزها هستند. فیوزها سیمهایی از جنس بخصوص با سطح مقطع کوچک هستند که به طور متوالی در مدار برقی قرار می‌گیرند، اندازه سیم فیوز را طوری انتخاب می‌کنیم که جریان اسمی مدار را بدون ایجاد حرارت خارج از حدود ذوب شدن حمل کند و در صورتی که به دلیل بار اضافی یا اتصال کوتاه، جریان از حد مجاز افزایش یابد، سیم فیوز گرم و بالاخره ذوب شده و مدار را قطع کند. بار اضافی کم و کوتاه مدت معمولاً صدمه‌ای به مدار و وسایل وارد نمی‌کند و لزومی به قطع مدار توسط فیوز نیست، لیکن در موارد اتصال کوتاه فیوز باید به سرعت عمل کند و مدار را قطع کند.

۷-۹-۱- فیوزهای معمولی

فیوزهای اولیه یک تکه جسم سربی بودکه به طور متوالی با مدار قرار می‌گرفت و در صورت تجاور جریان از حد معینی ذوب می‌شد و مدار را قطع می‌کرد. ذرات مذاب سرب به اطراف پرتاب می‌شد و به اشخاصی که در نزدیکی آن بودند آسیب می‌رساند. همچنین جرقه ناشی از قطع مدار خطرات ایجاد آتش‌سوزی به همراه داشت. فیوزهای امروزی محصور و ایمن هستند و از سه قسمت مطابق شکل ۷-۱۵ تشکیل شده‌اند:

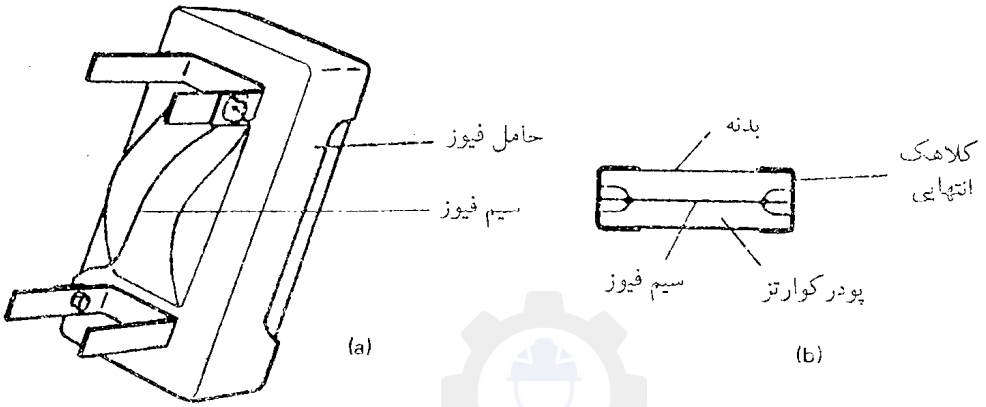
قسمت اول پایه فیوز است که روی تابلو نصب می‌شود و سیمهای مدار به دو طرف آن متصل می‌شود.

قمست دوم حامل جزء ذوب شونده است که در داخل پایه فیوز قرار می‌گیرد و بالاخره قسمت سوم جزء ذوب شونده است که از یک سیم ساده ویا از یک استوانه‌ای که فلز ذوب شونده را در بر دارد تشکیل می‌شود.



شکل ۷ ـ ۱۵ : نقشه ساختمان فیوز

دو نوع قسمت ذوب شونده در شکل ۱۶ نشان داده شده است. در شکل a ذوب شونده یک سیم ساده است که از آلیاژی از قلع وسرب ساخته می‌شود و به وسله دو پیچ به حامل متصل است. در شکل b جزء ذوب شونده در استوانه محصور شده است و اتصال آن به حامل به وسله پیچ کردن دو تیغه فلزی انتهای آن انجام شده است. در برخی طرحها تیغه‌های انتهایی وجود ندارد و قسمتهای فلزی انتهای استوانه در داخل زبانه‌های فلزی فنری قرار می‌گیرد. گاهی هم جزء ذوب شونده به جای استوانه در داخل محفظه‌ای به شکل فشنگ محصور می‌شود که فیوز فشنگی نامیده می‌شود.



شکل ۷-۱۶ : نمایش دو نوع جزء ذوب شونده

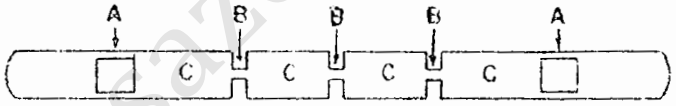
www.Kargosha.com

فیوز شکل a ارزانتر است و پس از ذوب سیم قابل ترمیم و استفاده مجدد می‌باشد، لیکن دارای معایب بسیار نیز است. سیم ذوب شونده این گونه فیوزها در معرض هواست و به علت درجه حرارت بالای آن به سهولت اکسیده می‌شود و سطح مقطع آن کاهش می‌یابد که سبب سوختن آن در جریانی کمتر از جریان اسمی فیوز می‌شود. در صورت بروز معایبی نظیر اتصال کوتاه این فیوزها به کندی عمل می‌کنند (گاهی چند ثانیه طول می‌کشد) و ممکن است طی این مدت به مدار و وسایل آن آسیبهای وارد شود. حتی پس از ذوب شدن و تبخیر شدن سیم فیوز، جریان از طریق جرقه برای مدتی ادامه خواهد یافت که احتمال رسیدن آسیبها را فزایش می‌دهد. عیب دیگر این فیوزها دقت عمل کم آنهاست به این معنی که دقیقاً روشن نیست که در چه مدت زمانی عمل خواهند کرد.

جریانی که سبب ذوب سیم فیوز می‌شود گاهی تا سه برابر جریان اسمی آن بالا می‌رود. عیب مهم دیگر این فیوزها این است که گرم و سرخ شدن سیم ممکن است سبب ایجاد حریق گردد. برای رفع برخی از این معایب از فیوز با جزء ذوب شونده محصور شده استفاده می‌شود. بدنه استوانه با فشنگ از جسم عایق که در مقابل حرارت مقاوم است ساخته می‌شود که در دو انتهای آن اتصالهای فلزی قرار دارند. نوار فلزی ذوب شونده از آلیاژ مخصوص و گاهی از نقره ساخته می‌شود و اطراف نوار از پودر فشرده کوارتز پر می‌شود. در صورت افزایش جریان از حد مجاز نوار که سطح مقطع کوچک دارد ذوب و تبخیر می‌شود و در اثر حرارت حاصل، باکوارتز ترکیب شده و جسم جامد غیرهادی ایجاد می‌کند که از برقراری جرقه جلوگیری به عمل می‌آورد. فیوزهای فشنگی گرانتر از فیوزهای ساده سیمی هستند لیکن به دلیل سرعت عمل بیشتر ، دقت عمل بالاتر ونداشتن جرقه در مصارف صنعتی بسیار مورد استفاده می‌باشند لیکن در مصارف خانگی به ندرت دیده می‌شوند و فیوزهای سیمی معمول می‌باشند.

۷-۹-۲- فیوزهای تأخیری

با اینکه فیوزهای معمولی بسته به میزان جریان مدار را پس از گذشت مدت زمانی از شروع جریان اضافی قطع می‌کنند برای بسیاری از کاربردها تأخیر زمانی بیشتر لازم است. یکی از این موارد فیوز محافظ مدار موتورهای برقی ست که در آنها باید مانع سوختن فیوز در طی دوره راه‌اندازی شویم. ساختمان تیغه یا نوار ذوب شونده این فیوزها مطابق شکل ۷-۱۷ می باشد.



شکل ۷ ـ ۱۷ : ساختمان نوار ذوب شونده فیوز تأخیری

حرارتی که به علت جریانهای بیشتر از حد مجاز کوتاه مدت در قسمتهای B ایجاد می‌شود به سطوح نسبتاً بزرگ C داده می‌شود و از سوختن فیوز جلوگیری به عمل می‌آید. در صورت بروز جریانهای زیاد دراز مدت قسمتهای A و B ذوب می‌شوند و قسمتهای C فرصتی برای ذوب شدن به دست نمی آورند. بنابراین ملاحظه می‌کنید که این فیوز در مقایسه با فیوزی که از نواری با عرض یکسان B ساخته شده است با تأخیر عمل می‌کند. تعداد قسمتهای دارای عرض کم را بسته به ولتاژ انتخاب می‌کنند، به طوری که جرقه به حداقل برسد.

۷-۹-۳- فیوزها با جزء ذوب شونده دو قسمتی

فیوز سریع از نظر حفاظت در مقابل اتصال کوتاه بسیار مناسب است لیکن اضافه بارهای کوچک کوتاه مدت هم باعث قطع بی‌اهمیت آن می‌گردند. فیوزهای تأخیری به علت اضافه بارهای کوچک کوتاه مدت عمل نمی‌کند، لیکن عملکرد آنها در مقابل جریانهای اتصال کوتاه ممکن است به علت کندی صدماتی وارد آورد. برای رفع این معایب گاهی از فیوزهایی استفاده می‌شود که جزء ذوب شونده آنها از دو قسمت متوالی تشکیل شده است. یک قسمت آن تأخیری است و حفاظت در مقابل اضافه بار را عهده‌دار

www.Kargosha.com

است و قسمت دیگر سریع است که جریانهای زیاد اتصلا کوتاه را درکمتر از یک دوره تناوب جریان قطع می‌کند. این فیوزها برای محافظت موتورها، ترانسفورماتورها و سیم‌پیچهای رله‌ها و کنتاکتورها مناسب می‌باشند وجریان شروع بالا سبب قطع آنها نمی‌گردد.

۷-۹-۴- فیوزهای محدود کننده جریان

جریان‌های اتصال کوتاه می‌توانند شین‌ها راخم کنند و یا بشکنند و ماشینها و وسایل کنترل آنها را ذوب نمایند. بنابراین قطع فوری آنها ومحدود کردن میزان جریان در هنگام قطع ضروری است. این فیوزها به گونه‌ای ساخته می‌شوند که همانطور که سیکل جریان اتصال کوتاه از صفر شروع شده و رو به افزایش می‌رود، حرارت تولید شده شروع به ذوب فیوز می‌کند به طوری که قبل از اینکه جریان در سیکل به حداکثر معینی برسد، فیوز ذوب شده و جرقه نیز خاموش گردیده و مدار قطع می‌شود. در صورتی که این جریان برای مثال یک پنجم دامنه جریان اتصال کوتاه انتخاب شود ، نیروهای الکترومکانیکی و اثرات حرارتی با ضریب ۲۵ کاهش می‌یابند و از بسیاری از خطرات و صدمات جلوگیری می‌شود.

۷-۱۰- اندازه‌های استاندارد فیوزها و مشخصات آنها

۷-۱۰-۱- اندازه‌های استاندارد فیوزها

فیوزهای استاندارد از ۲ آمپر تا ۱۰۰۰ آمپر موجود می‌باشند. اندازه‌های استاندارد شده در اروپا که در ایران نیز معمول می‌باشد به شرح زیر می‌باشند.

جدول ۷ ـ ۱ : اندازه‌های استاندارد فیوزها

۶۳	۵۰	۳۵	۲۵	۲۰	۱۵ یا ۱۶	۱۰	۶	۴	۲
۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۲۶۰	۲۲۵	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۸۰
					۱۰۰۰	۸۰۰	۶۳۰	۵۰۰	۴۳۰

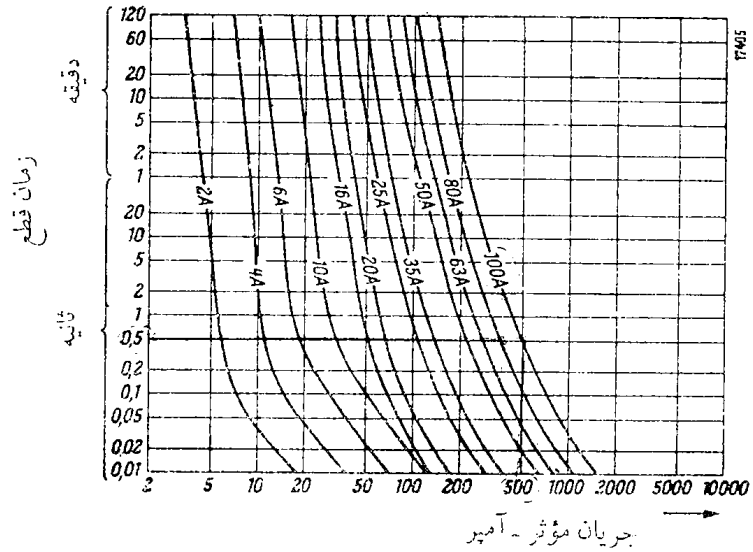
این اندازه‌ها حداکثر جریانهایی است که فیوزها می‌توانند برای مدت نامحدود بدون سوختن تحمل کنند ونباید با جریانی که سبب سوختن فیوز می‌شود اشتباه شود.

۷-۱۰-۲- منحنیهای قطع فیوزها

در صورتی که جریان فیوز مقدار اسمی آن افزایش یابد بسته به میزان جریان فیوز در مدت معینی عمل می‌کند. منحنی که زمان متوسط لازم برای ذوب فیوز و قطع مدار را برای جریانهای مختلف نشان می‌دهد، مشخصات فیوز نامیده می‌شود. مشخصات فیوزهای فشنگی ۳۸۰ ولتی سریع ساخت زیمنس که در ایران معمول هستند در شکل ۱۸ نشان داده شده است. فیوزهای تولید کنندگان دیگر مشخصات مشابهی دارند.

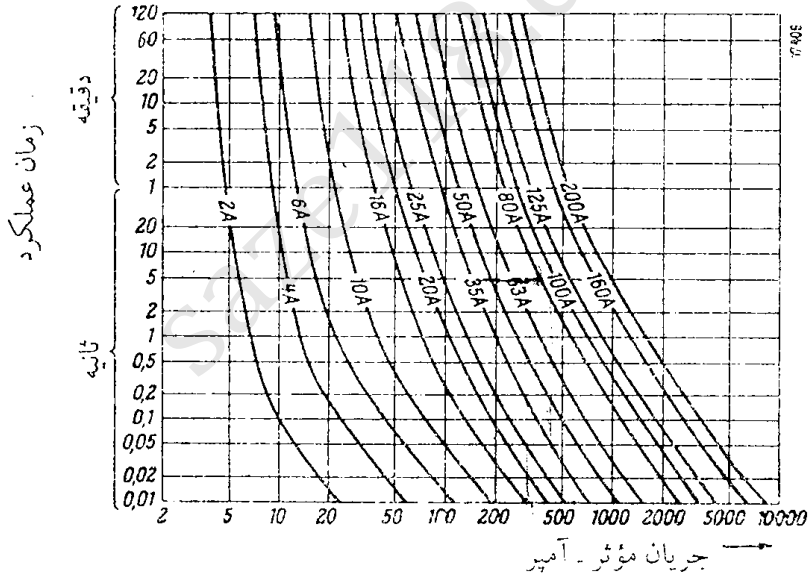
به طوری که ملاحظه می‌کنید فیوز ۲ آمپری حداقل جریانی در حدود ۳ آمپر برای ذوب شدن می‌خواهد. این فیوز جریان ۵ آمپر را در ۵ ثانیه و جریان ۱۰ آمپر را در ۰/۰۴ ثانیه قطع می‌کند. به همین ترتیب فیوز ۱۰۰ آمپری جریان ۲۰۰ آمپر را در ۲ دقیقه و جریان ۵۰۰ آمپر را در ۰/۵ ثانیه قطع می‌کند.

www.Kargosha.com



شکل ۷ ـ ۱۸ : مشخصات فیوزهای سریع زیمنس

نظر به اینکه اضافه بارهای خیلی کوتاه مدت خطراتی برای سیمها و کابلها و موتورها ایجاد نمی‌کند در سالهای اخیر فیوزهای تأخیری ساخته شده است که در مقایسه با فیوزهای سریع، عمل قطع را به تأخیر زمانی انجام می‌دهند. مشخصات فیوزهای فشنگی ۳۸۰ ولتی تأخیری ساخت زیمنس که در ایران معمول هستند در شکل ۷-۱۹ نشان داده شده است. فیوزهای تولیدکنندگان دیگر مشخصات مشابهی دارند.



شکل ۷ ـ ۱۹ : مشخصات فیوزهای تأخیری زیمنس

به طوری که ملاحظه می‌کنید فیوز ۲ آمپری تأخیری جریان ۵ آمپر را در ۲۰ ثانیه و جریان ۱۰ آمپر را در ۰/۱ ثانیه قطع می‌کند. این زمانها به ترتیب ۴ باربر و ۲/۵ برابر زمانها فیوز نوع سریع هستند فیوز ۱۰۰ آمپری از این نوع جریان ۲۰۰ آمپر را در ۵ دقیقه وجریان ۵۰۰ آمپر را در ۵ ثانیه قطع می‌کند که خیلی بیشتر از زمانهای قطع فیوزهای سریع هم اندازه می‌باشد.

در سیستم انگلیس نحوه عملکرد فیوزها را برحسم ضریب ذوب فیوز تعریف ومشخص می‌کنند. در این روش نسبت حداقل جریانی راکه سبب قطع فیوز می‌گردد به جریان اسمی آن را ضریب ذوب فیوز می‌گویند. و بسته به مقدار آن فیوزها را به چهار گروه تقسیم می‌کنند. فیوز نوع p ضریب ذوبی بین ۱ تا ۱/۲۵ فیوز نوع O_1 ضریب ذوبی بین ۱/۲۵ تا ۱/۵، فیوز نوع O_2 ضریب ذوبی بین ۱/۵ تا ۱/۷۵ و بالاخره فیوز نوع R دارای ضریب ذوبی بین ۱/۷۵ تا ۲/۵ می‌باشد.

www.Kargosha.com

منحنیهای مشخصات ، زمانهای متوسط قطع فیوزها را نشان می‌دهد به این معنی که اگر تعداد زیادی فیوز یک اندازه مورد آزمایش قرار گیرند معدل با مقدار متوسط نتایج حاصله با منحنی تطبیق خواهد داشت، لیکن هر نتیجه به تنهایی لزوماً با منحنی مطابقت نخواهد داشت. البته مقررات حداقل زمان قطع فیوزها را در جریانهای معینی تعیین کرده ومشخصات همه فیوزها باید در این محدوده واقع باشند. در جدول ۲/۷ حداقل وحداکثر زمانهای قطع فیوزهای سریع وتأخیری برحسب ثانیه درجریانهای ۲/۵ برابر و ۴ برابر جریان اسمی نشان داده شده است.

۷-۱۰-۳- قدرت قطع فیوزها

حداکثر جریانی را که فیوز بدون آسیب رساندن به پایه وحامل خود حمل می‌کند، قدرت قطع فیوزنامیده می‌شد و برحسب کیلوآمپر اندازه‌گیری می‌شود و گاهی نیز با ضرب این جریان در مقدار اسمی ولتاژ مدار قدرت قطع فیوز را برحسب کیلوولت آمپر با مگاولت آمپر مشخص می‌کنم. در انتخاب فیوز لازم است جریان اتصال کوتاه مدار در محل استقرار فیوز محاسبه شود و فیوزی که قدرت قطع لازم را دارا می‌باشد انتخاب شود.

۷-۱۰-۴- آزمایش فیوزها

برای کسب اطمینان از سالم بودن فیوزها ضوابط آلمانی، آزمایشهای استانداردی برای فیوزها وضع کرده‌اند. در این استاندارد برای آزمایش هر فیوز دو مقدار جریان به صورت ضریبی از جریان اسمی فیوز در نظر گرفته شده است. یکی جریان کوچک آزمایش نام گرفته است و این جریان را فیوزهای تا ۶۳ آمپر برای حداقل یک ساعت و فیوزهای بزرگتر از ۶۳ آمپر برای حداقل دوساعت باید بدون ذوب شدن تحمل کنند. دیگری جریان بزرگ آزمایش نام گرفته و برابر جریانی است که در آن فیوزهای تا ۶۳ آمپر در طی یک ساعت و فیوزهای بزرگتر از ۶۳ آمپر در مدت دو ساعت باید ذوب شوند و مدار را قطع کنند. جریانهای کوچک و بزرگ آزمایش به صورت ضریبی از جریان اسمی فیوز برای فیوزهای استاندارد در جدول ۷-۳ آمده است برای مثال یک فیوز ۵۰ آمپری باید جریان ۶۵ آمپر را حداقل برای یک ساعت بدون ذوب شدن تحمل کند وجریان ۸۰ آمپر را در کمتر از یک ساعت قطع کند.

جدول ۷-۲: حداکثر و حداقل زمان قطع فیوزها

جریان اسمی	جریان آزمایش I ۲/۵				جریان آزمایش I ۳				جریان آزمایش I ۴			
	سریع		تأخیری		سریع		تأخیری		سریع		تأخیری	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۲	۰/۱	—	۴	—	—	—	—	—	—	—	—	—
۴	۰/۲	—	۵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
۶	۰/۲	۷	۱۵	۱۲۰	۰/۰۸	۱/۶	۳	۲۰	۰/۰۲	۰/۳	۰/۶	۲/۵
۱۰	۰/۳	۸/۵	۱۶	۱۲۰	۰/۱۲	۲/۲	۳/۵	۲۳	۰/۰۴	۰/۵۵	۰/۹	۳/۶
۱۶	۰/۳۵	۹	۱۷	۱۲۰	۰/۱۴	۲/۵	۴	۲۵	۰/۰۵	۰/۵۵	۱/۱	۴
۲۰	۰/۳۵	۱۰	۱۹	۱۳۰	۰/۱۵	۲/۸	۶	۲۸	۰/۰۷	۰/۸	۱/۳	۴/۵
۲۵	۰/۶	۱۲	۲۲	۱۴۰	۰/۲۵	۳/۵	۸	۳۴	۰/۱۰	۱/۱	۱/۸	۶/۱
۳۵	۱	۱۶	۲۵	۱۵۰	۰/۴	۵/۶	۸	۳۴	۰/۱۳	۱/۴	۲	۶/۱
۵۰	۱/۲	۲۰	۲۵	۱۵۰	۰/۵	۷	۱۰	۴۰	۰/۱۸	۱/۸	۳	۹
۶۳	۱/۵	۲۴	۲۵	۱۵۰	۰/۶	۸	۱۰	۴۰	۰/۲	۲	۳	۹
۸۰	۲/۵	۳۴	۳۵	۱۸۰	—	—	—	—	۰/۲۵	۲/۵	۳/۶	۱۱
۱۰۰	۳	۴۰	۴۱	۲۱۰	—	—	—	—	۰/۳	۳	۴	۱۳
۱۲۵	۴	۴۶	۴۸	۲۵۰	—	—	—	—	۰/۴	۴	۴/۸	۱۵
۱۶۰	۵	۵۵	۵۷	۳۰۰	—	—	—	—	۰/۵	۴/۵	۵/۵	۱۸
۲۰۰	۶/۵	۶۵	۶۷	۳۶۰	—	—	—	—	۰/۵۵	۵	۶/۳	۱۹

www.Kargosha.com

۷-۱۱- استفاده از فیوزها برای محافظت

به طوری که دیده‌ایم ذوب فیوزها در اثر حرارت صورت می‌گیرد. میزان حرارت تولید شده در فیوز تابع مقدار جریان در مدت برقرای آن است و لذا فیوز در جریانهای زیاد در مدتی کوتاه ودرجریانهای کم در زمانی بیشتر عمل می‌کند.صدماتی که به سیمها ، کابلها و ادوات الکتریکی وارد می‌شود نیز به علت حرارت است که به میزان جریان و مدت برقراری آن بستگی دارد به این معنی که این وسایل می‌توانند جریانهای کم را برای مدت بیشتر وجریانهای آزاد را برای مدتی کوتاهتر بدون آسیب‌پذیری تحمل کنند. بنابراین ملاحظه می‌کنید که به علت تطابق مشخصات فیوزها با خصوصیات حرارتی وسایل برقی فیوزها طبیعی‌ترین وسایل حفاظتی محسوب می‌شوند.

جدول ۳:جریانهای آزمایش فیوزها به صورت ضرایب جریان اسمی

جریان اسمی فیوز	ضریب جریان کوچک	ضریب جریان بزرگ
۲	۱/۵	۲/۱
۴	۱/۵	۲/۱
۶	۱/۵	۲/۱
۱۰	۱/۵	۱/۹
۱۵ یا ۱۶	۱/۴	۱/۷۵
۲۰	۱/۴	۱/۷۵
۲۵	۱/۴	۱/۷۵
۳۵	۱/۳	۱/۶
۵۰	۱/۳	۱/۶
۶۳	۱/۳	۱/۶
۸۰	۱/۳	۱/۶
۱۰۰	۱/۳	۱/۶
۱۲۵	۱/۳	۱/۶
۱۶۰	۱/۳	۱/۶
۲۰۰	۱/۳	۱/۶

۷-۱۱-۱- محافت سیمها وکابلهای انشعابهای معمولی

برای حفات سیمها وکابلهای انشعابی معمولی که موتورهای برقی را تغذیه نمی‌کنند و در لحظه شروع جریانهای زیادی برای مدت قابل ملاحظه‌ای از مدار نمی‌گیرند از فیوزها با اندازه مناسب و ضریب ذوب کم استفاده می‌کنیم. برای این کار فیوز استانداردی که اندازه اسمی آن برابر جریان مجاز سیم یا کابل است یاکمی با آن اختلاف دارد انتخاب می‌گردد. چنین فیوزی هم در صورت بار اضافی و هم در صورت بروز اتصال کوتاه ذوب شده مدار را قطع می‌کند و با جدا نمودن قسمت معیوب بقیه مدار یا شبکه را مصون نگاه می‌دارد. فیوزهای مناسب برای سیمهای عایق‌دار مسی با عایق پلاستیکی برای شرایط مختلف نصب که بر اساس جریانهای مجاز جدول ۵-۱ و ضرایب تصحیح جدول ۵-۲ تعیین شده است در جدول ۷-۴ آمده است.

www.Kargosha.com

جدول ۴: فیوزهای مناسب برای مدارها با سیمهای مسی با عایق پی.وی.سی

سطح مقیاس سیم میلیمتر مربع	گروه ۱- چند سیم در لوله		گروه ۲ سیم چند لا در هوا		گروه ۳ چند سیم یک لا در هوا	
	۲۵ درجه	۴۵ درجه	۲۵ درجه	۴۵ درجه	۲۵ درجه	۴۵ درجه
۰/۷۵	–	–	۱۰	۶	۱۶	۱۰
۱	۱۰	۶	۱۵	۱۰	۲۰	۱۶
۱/۵	۱۵	۱۰	۲۰	۱۵	۲۵	۲۰
۲/۵	۲۰	۱۵	۲۵	۲۰	۳۵	۲۵
۴	۲۵	۲۰	۳۵	۲۵	۵۰	۳۵
۶	۳۵	۲۵	۵۰	۳۵	۶۳	۳۵
۱۰	۵۰	۳۵	۶۳	۵۰	۸۰	۵۰
۱۶	۶۳	۵۰	۸۰	۶۳	۱۰۰	۶۳
۲۵	۸۰	۶۳	۱۰۰	۸۰	۱۲۵	۱۰۰
۳۵	۱۰۰	۸۰	۱۲۵	۱۰۰	۱۶۰	۱۲۵
۵۰	۱۲۵	۱۰۰	۱۶۰	۱۲۵	۲۰۰	۱۶۰
۷۰	۱۶۰	۱۲۵	۲۲۵	۱۶۰	۲۶۰	۲۰۰
۹۵	۲۰۰	۱۶۰	۲۶۰	۲۰۰	۳۰۰	۲۲۵
۱۲۰	۲۲۵	۲۰۰	۳۰۰	۲۲۵	۳۵۰	۲۶۰
۱۵۰	–	–	۳۵۰	۲۶۰	۴۰۰	۳۰۰
۱۸۵	–	–	۴۰۰	۳۰۰	۴۳۰	۳۵۰
۲۴۰	–	–	۴۳۰	۳۵۰	۵۰۰	۴۳۰
۳۰۰	–	–	۵۰۰	۴۰۰	۶۳۰	۵۰۰
۴۰۰	–	–	–	–	۸۰۰	۵۰۰
۵۰۰	–	–	–	–	۱۰۰۰	۶۳۰

مثال ۷-۱:

فیوز مناسب باری حفات سیم ۴ میلیمتر مربع با عایق پلاستیکی در لوله را برای محیط ۲۵ درجه و ۴۵ درجه تعیین کنید.

با استفاده از جدول ۱-۵ جریان مجاز سیم در ۲۵ درجه باربر ۲۷ آمپر است و لذا فیوز استاندارد ۲۵ آمپری انتخاب می کنیم.

ظرفیت مجاز همین سیم در حرارت ۴۵ درجه با توجه به ضریب تصحیح ۰/۷۵ از جدول ۵-۲ چنین است.

$$27\times0.75=20.25$$

بنابراین فیوز استاندارد ۲۰ آمپری انتخاب می‌کنیم.

این گونه محاسبات برای سیمهای مسی با عایق پی – وی – سی و حالات نصب به ترتیب بالا انجام شده است و در جدول ۷-۴ آمده است. در این جدول اندازه فیوز مناسب برای سیمهای عایق دار برای سه گروه مختلف بسته به نحوه نصب (گروه ۱ تا سه سیم در لوله، گروه ۲ سیم چند لا در هوا، گروه ۳ چند سیم یک لا در هوا با حداقل فاصله برابر قطر یک سیم) برای محیط ۲۵ درجه و ۴۰ درجه تا ۴۵ درجه داده شده است. در مورد سیمهای داخل ساختمانها که به وسایل خنک کننده مجهز هستند فیوزهای مربوط به ۲۵ درجه و در مورد امکنه فاقد خنک کننده با محیط خارج در بسیاری نقاط ایران مقادیر مربوط به ۴۰ تا ۴۵ درجه مناسب هستند.

www.Kargosha.com

اندازه فیوزهای مناسب برای کابلها و سیمهای هوایی را با توجه به جریانهای مجاز جداول ۵-۳ و ۵-۵ و ضرایب تصحیح مربوط تعیین می‌کنیم.

مثال۷-۲ :

یک کابل ۱۰/۶×۳ مسی با عایق پلاستیکی در زمین ۳۰ درجه کشیده شده است. اندازه مناسب فیوز برای سیمهای فاز ونوترال را معین کنید.

جریان مجاز هر سیم فاز در حرارت ۲۰ درجه از جدول ۵-۳ برابر ۷۷ آمپر است. با توجه به ضریب تصحیح ۰/۸۹ برای حرارت ۳۰ درجه از جدول ۵-۴ جریانمجاز چنین است.

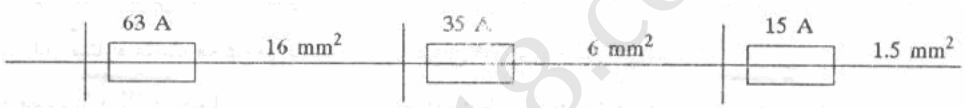
$$77\times0.89=68053$$

بنابراین فیوز استاندارد ۶۳ آمپری انتخاب می‌شود.

نظر به اینکه سیم نوترال زمین شده است مقررات، نصب فیوز روی آن را مجاز نمیدانند.

۷-۱۱-۲- فیوزبندی مدارهای برق‌رسانی

در سیستمهای برق‌رسانی که سطح مقطع قسمتهای مختلف خط بر حسب جریان آن مختلف است، لازم است برای حفاظت هر قسمت فیوز مناسبی به کار بریم. برای مثال سیستم شکل ۷-۲۰ را در نظر بگیرید.



شکل ۷-۲۰ : سیستم برق رسانی با مقاطع مختلف

در این شکل در یه قسمت مدار از سیم مسی با عایق پلاستیکی با مقاطع مختلف استفاده شده است. برای حفاظت هر قسمت بر علیه بار اضافی و اتصال کوتاه با توجه به حرارت هوای ۲۵ درجه استفاده از فیوز های مناسب مطابق شکل الزامی است. فیوز بندی این گونه خط های پله ای باید طوری انجام شود که در صورت پیش آمدن عیبی فیوز محافظ نزدیک به محل عیب عمل کند تا از قطع غیر ضروری قسمتهای سالم جلوگیی به عمل آید . به این منظور حتماً باید فیوز قبلی حداقل یک پله از فیوز بعدی بزرگتر انتخاب شود و در مورد فیوز های سریع بهتر است این اختلاف برابر دو پله در نظر گرفته شود . به همین دلیل در صورتی که این خطوط از فیوزهای سریع و تأخیری هر دو استفاده شود حتما فیوز سریع را قبل از فیوز تاخیری قرار می دهیم.

در صورتی که طول قسمتی کمتر از یک متر باشد به شرط اینکه فیوز قسمت قبل حد اکثر سه پله بزرگتر از فیوز قسمت کوتاه باشد ، حذف فیوز قسمت کوتاه مجاز است . برای مثال در شکل بالا در صورتی که طول قسمت وسط ، کمتر از یک متر باشد ، چون فیوز ۶۳ آمپری دو پله از ۳۵ آمپری بالاتر است ، فیوز ۳۵ آمپری را حذف کنیم تنها با استفاده از یک فیوز ۳۵ آمپری به جای فیوز ۶۳ آمپری در ابتدا ی خط میتوان این کار را انجام داد.

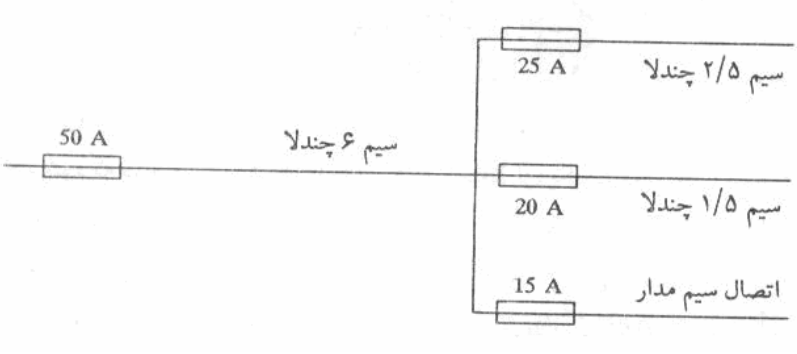
در صورتی که مداری به چند انشعاب موازی تقسیم شود ، محافظت هر یک از قسمتها بسته به ظرفیت مجاز آن ضروری است. برای مثال در شکل ۷ – ۲۱ مدار اصلی سیم ۶ میلیمتر مربع چند لا در هوای ۲۵ درجه است که به سه انشعاب ۲/۵ ، ۱/۵ و ۱ میلیمتر مربع تقسیم شده است. اندازه فیوز های مناسب که در شکل نشان داده شده اند از جدول ۷ – ۲ به دست آمده اند.

۷-۱۱-۳- محافظت انشعاب موتورها

در موتورهای القایی ممکن است جریان شروع تا حدود ۷ برابر جریان بار کامل باشد. بنابر این در صورتی که انتخاب فیوز محافظ بر اساس جریان اسمی انجام شود و به جریان راه اندازی توجه نشود ، فیوز در زمان راه اندازی خواهد سوخت . به این منظور

www.Kargosha.com

در استانداردهای آلمانی برای موتورهای القایی بدون راه انداز که مستقیماً به منبع تغذیه متصل می شوند کوچکترین فیوزی اختیار می شود که ۶ برابر جریان اسمی را برای مدت ۵ ثانیه تحمل کند. و در مورد موتورهایی که به راه انداز ستاره مثلث مجهز می باشند ، کوچکترین فیوزی اختیار می شود که ۲ برابر جریان اسمی را به مدت ۱۵ ثانیه تحمل کند. در استاندارد آمریکایی اندازه فیوز سریع را ۳ برابر جریان اسمی موتور و اندازه فیوز تأخیری را ۱/۷۵ برابر جریان اسمی موتور انتخاب می کنند. این روش محاسباتی را با حل مثالی روشن می کنیم.



شکل ۷-۲۱ : تقسیم مدار اصلی به سه انشعاب موازی

مثال ۷-۳

یک موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت ۳۰ کیلو وات دارای ضریب توان ۰/۸۶ و راندمان ۰/۹۰ است . اندازه فیوز تأخیری مناسب را برای انشعاب موتور حساب کنید. موتور فاقد راه انداز است.

جریان اسمی موتور چنین است:

$$I = \frac{30 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.86 \times 0.9} = 58.89$$

$$6 \times 58.89 = 353.34$$

با استفاده از منحنی ۷-۱۹ اندازه فیوز تأخیری که این جریان را به مدت ۵ ثانیه تحمل کند ، فیوز ۸۰ آمپری است.

بر اساس استاندار آمریکایی اندازه فیوز تأخیری چنین است:

$$1.75 \times 58.89 = 103.06$$

بنابر این فیوز ۱۰۰ آمپری انتخاب می شود.

اندازه فیوز های تأخیری لازم برای حفاظت تعدادی از موتورهای استاندارد سه فاز القایی ۳۸۰ ولت ۵۰ سیکل بدون راه انداز وبا راه انداز ستاره مثلث که بر اساس ضوابط آلمانی محاسبه شده است در جدول ۷-۵ آمده است.

در صورتی که انشعابی بیش از یک موتور برقی را تغذیه کند جز در مواردی که دو موتور یا بیشتر در یک لحظه راه انداخته می شوند در محاسبه اندازه فیوز جریان شروع بزرگترین موتور و جریان اسمی بقیه موتورها در نظر گرفته می شود.

مثال ۷-۴

مداری دو موتور ۵۰ کیلووات و یک موتور ۲۰ کیلووات القایی سه فاز دو قطبی را تغذیه می کند. اندازه فیوز مناسب مدار اصلی و مدارهای فرعی هر موتور را تعیین کنید.

با استفاده از معادله (۶-۴) و جدول ۶-۲ جریان این موتورها از این قرار است:

$$I = \frac{50 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.90 \times 0.90} = 93.79$$

$$I = \frac{20 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.88 \times 0.89} = 38.80$$

www.Kargosha.com

جریان راه اندازی که فیوز اصلی باید به مدت ۵ ثانیه تحمل کند از این قرار است:

$$6 \times 93.79 + 38.80 = 601.54$$

با استفاده از منحنی ۷- ۱۹ فیوز ۱۶۰ آمپری تأخیری انتخاب می شود. جریان راه اندازی که فیوز موتور ۵۰ کیلوواتی باید به مدت ۵ ثانیه تحمل کند چنین است:

$$93.79 \times 6 = 562.74$$

از منحنی ۷-۱۹ فیوز ۱۲۵ آمپری تأخیری اختیار می شود.

جریان راه اندازی که فیوز موتور ۲۰ کیلو واتی باید به مدت ۵ ثانیه تحمل کند چنین است:

$$6 \times 38.80 = 232.80$$

بنابر این فیوز تأخیری ۶۳ آمپری انتخاب می شود.

جدول ۷-۵ : اندازه فیوز تأخیری برای انشعاب موتورهای القایی سه فاز ۳۸۰ ولت

اندازه موتور		اندازه فیوز	
کیلووات	اسب بخار	بدون راه‌انداز	با راه‌انداز
۰/۲۵	۰/۳۳	۲	–
۰/۳۷	۰/۵۰	۲	–
۰/۵۵	۰/۷۵	۴	–
۱/۱	۱/۵	۶	۴
۲/۲	۳	۱۰	۶
۴	۵/۴	۱۶	۱۰
۵/۵	۷/۵	۲۰	۱۶
۷/۵	۱۰/۲	۲۵	۲۰
۱۱	۱۵	۳۵	۲۵
۱۵	۲۰	۵۰	۳۵
۲۲	۳۰	۶۳	۵۰
۳۰	۴۰	۸۰	۶۳
۳۸	۵۲	۱۰۰	۸۰
۵۰	۶۸	۱۲۵	۱۰۰
۶۱	۸۶	۱۶۰	۱۲۵
۹۰	۱۲۱	۲۰۰	۱۶۰

لازم به تذکر است که فیوز هایی که به ترتیب بالا انتخاب می شوند دارای اندازه ای خیلی بزرگتراز جریان موتورها و سیم های انشعابی می باشند ولذا موتور و مدار را در مقابل بار اضافی حفاظت نمی کنند. لذا استفاده از این گونه فیوز ها تنها زمانی جایز است که موتورها به وسیله حفاظت در مقابل بار اضافی مجهز باشند. در این صورت فیوز مدار انشعاب، موتور و وسایل کنترل متور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می کند و وسیله حفاظتی موتور مدار را نیز در مقابل بار اضافی حفظ می نماید . روشهای حفاظت موتور در مقابل بار اضافی بعداً تشریح می شوند.

۷-۱۲- حفاظت با کلید ها با قطع خودکار (دیژنکتورها)

کلید با قطع خودکار یا دینژکتور دو عمل کنترل و حفاظت را توأماً انجام می دهد و از این نظر مانند یک کلید به انضمام یک فیوز عمل می کند . در شرایط عادی دیژنکتور مانند یک کلید عمل می کند که به طور دستی یا به طور الکتریکی از راه دور با قطع

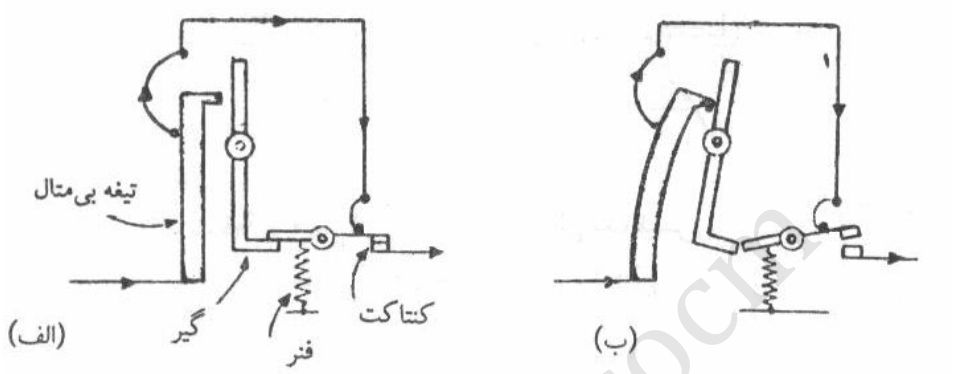
www.Kargosha.com

یا وصل می شود. در شرایط غیر عادی مانند بار اضافی یا اتصال کوتاه دیژنکتور خود به خود قطع شده و مدار را باز می کند. قطع اتوماتیک به چند صورت مختلف نظیر قطع حرارتی، قطع مغناطیسی یا ترکیبی از این دو انجام می شود.

۷-۱۲-۱- نحوه قطع دینژکتورها

۷-۱۲-۱-۱- دینژکتورها با قطع حرارتی

قطع حرارتی با تأخیر عمل می کند و برای حفاظت در مقابل بار اضافی مورد استفاده قرار می گیرد. شماتیک این نوع کلید خودکار در حالت قطع و وصل در شکل ۷-۲۲ نشان داده شده است.

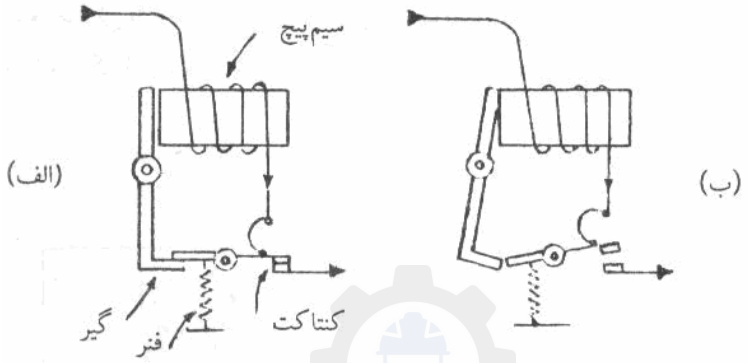


شکل ۷-۲۲: کلید خودکار با قطع حرارتی : الف- حالت وصل، ب- حالت قطع

کلید مطابق شکل به طور متوالی با مداری که کنترل می کند قرار گرفته و جریان مدار از یک نوار بی متال می گذرد. این نوار از دو فلز با ضرایب انبساط مختلف ساخته شده و در صورتی که جریان از حد معینی افزایش یابد حرارت تولید شده در بی متال سبب خم شدن آن می شود که با فشار بر اهرم مقابل، گیره نگاه دارنده، کنتاکت را آزاد می کند و سبب قطع کلید می شود. این کلیدها برای ولتاژ ۳۸۰ ولت تا حدود ۶۳ آمپر ساخته می شوند.

۷-۱۲-۱-۲- دینژکتور با قطع مغناطیسی

قطع مغناطیسی بدون تأخیر عمل می کند و به منظور حفاظت در مقابل اتصال کوتاه مورد استفاده قرار می گیرد. شماتیک این گونه کلید در شکل ۷-۲۳ نشان داده شده است. جریان مدار از حد معینی سیم پیچی که دور هسته مغناطیسی پیچیده شده عبور می کند. در صورتی که جریان از حد معینی افزایش یابد نیروی مغناطیسی به حدی می رسد که اهرم آهنی را به خود می کشد و با آزاد کردن آن کنتاکت کلید را قطع می کند.

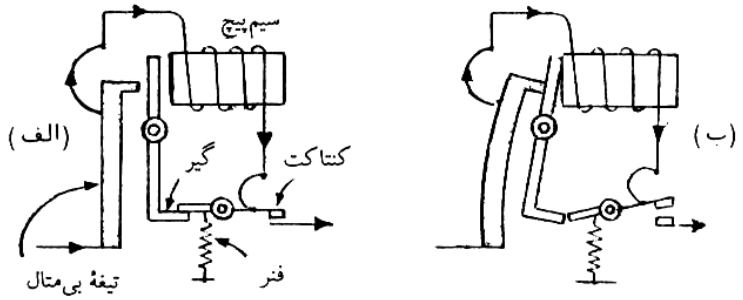


شکل ۷-۲۳: کلید خودکار با قطع مغناطیسی:
الف- حالت وصل، ب- حالت قطع

www.Kargosha.com

۷-۱۲-۱-۳- دیژنکتور با قطع حرارتی و مغناطسی

این کلید که در شکل ۷-۲۴ نشان داده شده است به قطع حرارتی و مغناطیسی مجهز است. قطع حرارتی حفاظت در مقابل بار اضافی را عهده دار است و به علت عملکرد تأخیری اضافه بارهای کوچک لحظه ای سبب قطع آن نمی گردد. قطع مغناطیسی در صورت بروز اتصال کوتاه، مدار را فوراً قطع می کند. قطع مغناطیسی همچنین قطعه بی متال را در صورت بروز اتصال کوتاه حفظ می کند و از سوختن آن جلوگیری به عمل می آورد.

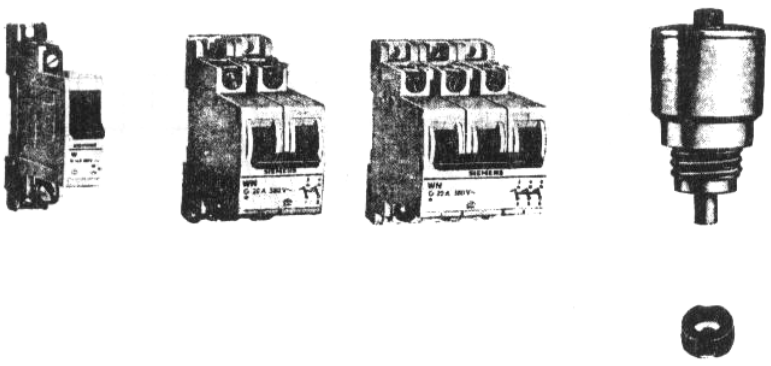


شکل ۷-۲۴: کلید خودکارباقطع حرارتی ومغناطیسی، الف- حالت وصل، ب- حالت قطع

۷-۱۲-۲- دینژکتور کوچک (مینیاتور) یا فیوزهای اتوماتیک

برای کنترل مدار روشنایی و بارهای خانگی و تجاری امروزه از دینژکتورهای کوچک استفاده می شود که عمل کنترل و حفاظت توأماً انجام می دهند.

با این وسیله در حالت عادی قطع و وصل دستی انجام می شود و در صورت بروز بار اضافی یا اتصال کوتاه مدار بی متال یا قطع کننده مغناطیسی مدار را قطع می کند و دسته به محل قطع بر می گردد. دیژنکتورهای کوچک از نظر حفاظت به فیوزها ارجح هستند چون دقت عمل بیشتر دارند و پس از قطع صدمه نمی بینند و می توان پس از رفع عیب به سرعت مدار را مجدداً وصل کرد. علی رغم قیمت بالاتر آنها در مقایسه با کلید و فیوز ، استفاده از آنها روز به روز معمولتر می شود. در شکل ۷-۲۵ سه دینژکتور کوچک یک قطب، دو قطب و سه قطب، جهت نصب در تابلوها و یک دینژکتور پیچی که بیشتر در خانه ها معمول هستند را ملاحظه می کنید.

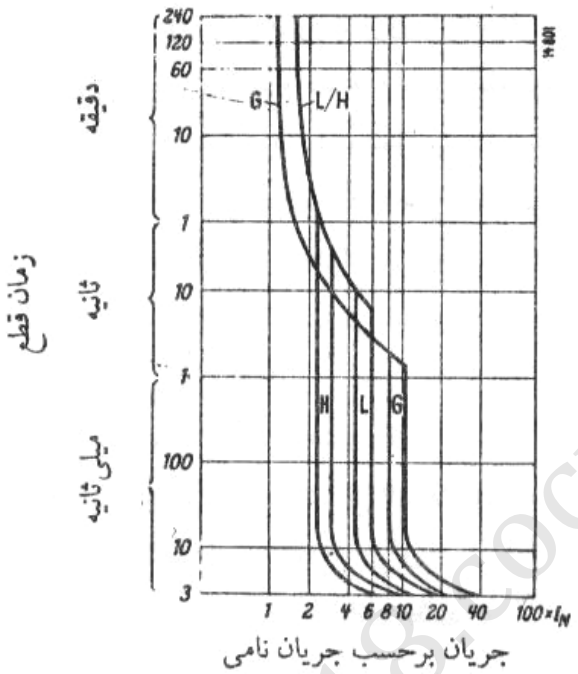


شکل ۷-۲۵: دینژکتورهای یک قطبی، دو قطبی و سه قطبی و نوع پیچی

این دینژکتورهای کوچک در اندازه های ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۰و ۲۵ آمپر موجود است. مشخصات دو نمونه از این دینژکتورها در شکل ۷-۲۶ نشان داده شده استاین منحنی ها زمان متوسط قطع را با میزان جریان نشان می دهد.

www.Kargosha.com

در دینژکتور نوع H قطع فوری در جریانی حدود ۳ برابر جریان اسمی انجام می شود و به این دلیل برای کنترل مدار چراغهای التهابی مناسب نیست زیرا این چراغها در شروع به علت سرد بودن چراغ و کم بودن مقاومت آنها برای مدت کوتاهی جریانی در حدود ۱۲ برابر جریان اسمی مدار می کشد که سبب قطع این کلیدها می گردد و بهتر است از نوع G استفاده شود. در چراغهای فلورسنت که به خازن ضریب قدرت مجهز نیستند، این عیب موجود نیست. خازن های اصلاح ضریب قدرت در شروع جریان زیادی میگیرند که ممکن است سبب قطع دینژکتور شود.



شکل۷-۲۶: مشخصات دینژکتورهای مینیاتوری زیمنس

۷-۱۲-۳- دیژنکتورهای متوسط و بزرگ

دیژنکتورهای ۳۸۰ ولتی متوسط تا ظرفیت ۳۰۰۰ آمپر و با قدرت قطع حداکثر ۲۵ کیلو آمپر با ساختمانی شبیه دیژنکتورهای کوچک ساخته می‌شوندو در بدنه‌های قالب گیری شده از جنس پلاستیک یا فیبر شیشه قرار می‌گیرند و به دیژنکتورهای دارای بدنه قالب ریزی شده (molded case circuit breakers) معروف شده‌اند. قطع و وصل این دیژنکتورها دستی است و قطع اتوماتیک آن به وسیله قطع کننده حرارتی و مغناطیسی صورت می‌گیرد.

در ولتاژ ۳۸۰ ولت برای جریانهای بیشتر تا حدود ۶۰۰۰ آمپر با قدرت قطع تا ۱۳۰ کیلو آمپر از دیژنکتورهای بزرگتر که دیژنکتور قدرت نام گرفته‌اند و در جعبه‌های فلزی نصب می‌شوند استفاده می‌شود. که قطع و وصل آنها از طریق پر کردن فنر به طور دستی یا با موتور برقی می‌باشد. قطع اتوماتیک این دیژنکتورها با فرمان رله‌های الکترومغناطیسی انجام می‌شود.

کلیه دیژنکتورهای ولتاژ ضعیف ۳۸۰ ولت امروزه هوایی هستند، به این معنی که قطع و وصل کنتاکتهای آنها در هوا صورت می‌گیرد و جرقه گیرهای عایقی که روی کنتاکتهای ثابت قرار می‌گیرند جرقه را محدود کرده و از انتشار آن جلوگیری می‌کنند. در مصارف صنعتی علاوه بر ولتاژ ۳۸۰ ولت وسایلی با ولتاژهای ۳/۳ کیلو ولت، ۶/۶ کیلوولت و گاهی ۱۱ کیلو ولت مورد استفده قرار می گیرند. دیژنکتورهایی که در این موارد مورد استفاده بوده ، در گذشته روغنی بوده‌اند که به علت نیاز تعمیراتی زیاد ، خطرات آتش سوزی به علت روغن امروزه کمتر دیده می‌شوند و دیژنکتورهای هوایی جانشین آنها شده‌اند. در ولتاژهای بالاتر از ۱۱ کیلو ولت که مورد بحث ما نمی‌باشد استفاده ا زدیژنکتورها که ا زروغن، هوای فشرده، خلا یا گاز SF6 استفاده می‌کنند الزامی است.

www.Kargosha.com

۷-۱۳- کنتاکتورها

کنتاکتورها کلیدهای مغناطیسی هستند و برای قطع و وصل مدارها از دور مورد استفاده قرار می‌گیرند. کنتاکتورها به صورت دو قطبی، سه قطبی و حتی چهار قطبی ساخته می‌شوند. در روی قسمت ساکن کنتاکتور به ازاء هر قطب دو کنتاکت وجود دارد و هر قسمت متحرک به تعداد قطبها تیغه های فلزی دارد که در هنگام وصل هر کدام به صورت پلی بر روی کنتاکتهای ثابت می‌نشینند. حرکت قسمت متحرک به وسیله جذب بازوی آهنی توسط یک آهنربای الکتریکی انجام می‌شود. با وصل یا قطع مدار آهنربای الکتریکی از هر نقطه دلخواه به وسیله کلیدهای دکمه‌ای می‌توان کنتاکتور را کنترل نمود. به این ترتیب سیمهای مدار اصلی که جریان زیاد حمل می‌کند مستقیما به سرکنتاکتور می‌روند و تنها یک مدار فرعی کنترل به محل کنترل کشیده می‌شود. این کنتاکتورها به وسایل قطع اتوماتیک نیز مجهز هستند و بیشتر برای کنترل موتورهای برقی به کار گرفته می‌شوند. این کنتاکتورها برای ولتاژ ۳۸۰ ولت در اندازه‌های استاندارد تا ۶۳۰ آمپر ساخته می‌شوند.

مسائل فصل هفتم

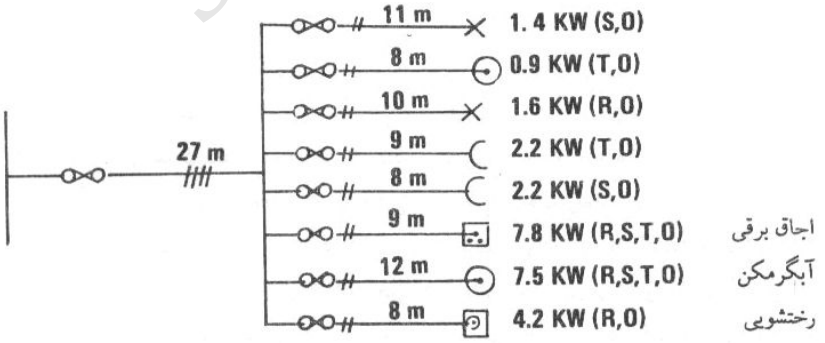
۱- برای مدار یک موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت ۱۰۰ کیلو وات اندازه فیوز مناسب را حساب کنید. موتور به راه انداز ستاره مثلث مجهز است.

۲- دو موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت ۵۰ و ۱۰ کیلو وات توسط یک انشعاب اصلی تغذیه می‌شوند. فیوز مناسب کند کار برای انشعابهای فرعی و اصلی را حساب کنید. آیا این فیوزها موتور را علیه بار اضافی حفاظت می‌کنند؟ در صورتی که نمی‌کنند چه باید کرد؟

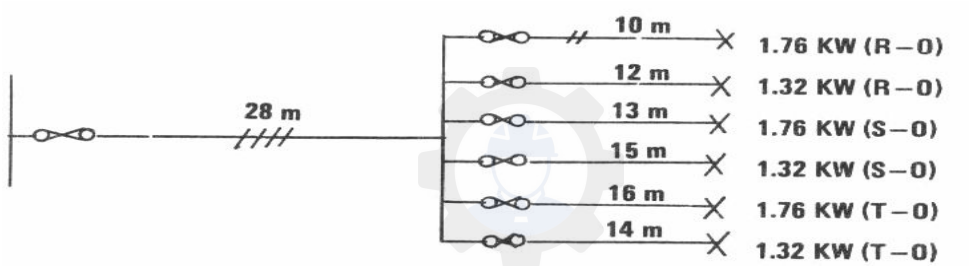
۳- می‌خواهیم یک موتور القایی سه فاز ۳۸۰ ولت ۱۰ کیلو وات و مدار تغذیه آن را حفاظت کنیم. چه وسیله‌ای برای این کار توصیه می‌کنید؟ اندازه مناسب آن چیست؟

۴- یک منزل مسکونی بزرگ دارای ۸ انشعاب فرعی است و از برق سه فاز استفاده می‌کند.

افت ولتاژ مجاز ۲/۵ درصد (سیم اصلی ۱/۵ درصد و سیمهای فرعی ۱ درصد) و ضرب مصرف همزمان خانه ۰/۷۵ و برای انشعابها ۱ است. مقاطع سیمها واندازه فیوزها مناسب را حساب کنید.

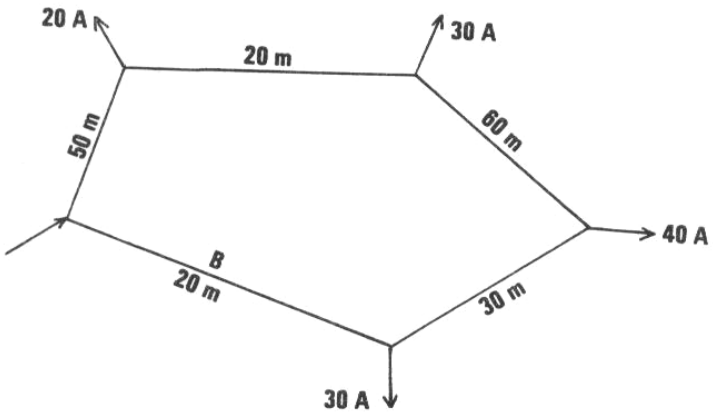


۵- مدارهای روشنایی کارگاهی به صورت زیر است. افت ولتاژ در سیم اصلی ۱ درصد و برای انشعاب‌ها ۱/۵ درصد و ضریب مصرف همزمان ۱ است. مقطع سیمها و فیوز مناسب را حساب کنید



www.Kargosha.com

۶- در شبکه تک فاز حلوقوی زیر از کابل دو سیمی زیر زمینی با مقطع یکسان استفاده شده است. شبکه از یک نقطه تغذیه می شود و ضریب توان همه بارها برابر یک است.



الف- سطح مقطع کابل دو سیمی لازم را بر اساس جریان مجاز افت ولتاژ مجاز ۲/۱۸ درصد حساب کنید.

ب- برای حفاظت شبکه در نقاط ورودی استفاده از چه فیوزهایی را توصیه می‌کنید.

پ- اگر کابل در نقطه B اتصالی پیدا کند، آیا به عنوان مهندسی قسمت توصیه می‌کنید با قطع کابل در این نقطه تغذیه همه بارها را از یک طرف به طور موقت ادامه دهند. در این صورت حداکثر افت ولتاژ چند درصد می شود.

۷- یک خط توزیع هوایی سه فاز سه سیمی ۳۸۰ ولت به طول ۶۰ متر بار سه فاز متعادل ۱۰۰ کیلو ولت آمپر در ضریب توان ۰/۸ تاخیری را تغذیه می‌کند. فاصله سیمهای مجاور ۷۵ سانتیمتر است.

الف- مقطع سیم مسی لازم را بر اساس جریان مجاز و افت ولتاژ مجاز ۲ درصد حساب کنید و اندازه فیوز مناسب برای حفاظت خط را تعیین کنید.

ب- اگر باریک موتور القایی سه فاز ۱۱۱ اسب بخار با ضریب توان ۰/۹ و ضریب بهره ۰/۹۲ مجهز به راه انداز ستاره- مثلث باشد، آیا فیوز انتخاب شده در موقع راه اندازی موتور را قطع می‌کند؟ آیا فیوز انتخاب شده موتور را در مقابل بار اضافی حفاظت می‌کند؟

saze118.com
A.N.T
www.Kargosha.com

فصل هشتم

سیستمهای سیم کشی داخلی

در ابتدای صنعت برق رسانی سیمهای عایق دار را بدون هیچ گونه حفاظتی در روی دیوار و سقف نصب می‌کردند و از داخل دیوارها عبور می دادند. کلیدها و پریزها هم روی سطح دیوارها قرار می‌گرفت و اتصال برقی آنها نیز آشکار و در دسترس بود. با این که این سیستمهای غیر ایمن در کشورهای پیشرفته امروزه کاملا مطرود است، درایران هنوز بسیاری از آنها موجودند. البته به طوری که خواهیم دید برق کشی نباید لزوما زیر کار یعنی در داخل دیوارها باشد و سیستمهای روکار به شرط رعایت مقررات ایمنی لازم، بدون اشکال می‌باشند. کابلها و سیمهای عایق دار را که غلاف مناسب دارند می توان بدون حفاظ اضافی رو کار یا توکار مورد استفاده داد، لیکن سیمهای عایق دار بدون غلاف را لازم است جهت حفاظت در داخل لوله یا جا سیمی یا کانالهای مخصوص نصب کرد.

هدف این فصل معرفی روشهای صحیح نصب سیمها و کابلها در سیم کشی داخلی است. انتخاب بهترین روش، کار مشکلی است زیرادر آن بایستی به حفاظت مکانیکی لازم ، زیبایی ظاهر ، هزینه، امکان توسعه و غیره توجه شود. برای مثال کابلهای PVC که معمولا در اماکن مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرند به علت نداشتن حفاظت مکانیکی کافی برای مراکز صنعتی نظیر کارخانه ذوب آهن مناسب نیستند. بر عکس کابلهای زرده دار که در مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند به علت حجم، وزن و قیمت زیاد و زشتی ظاهر در مصارف خانگی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

۸-۱- محافظت های کلی در سیستمهای سیم کشی

کلیه سیستمهای سیم کشی داخلی باید بعضی حفاظتهای لازم را تامین کنند که برای جلوگیری از تکرار در اینجا جمع آوری شده‌اند.

۸-۱-۱- محافظت علیه صدمات مکانی

کابلها و سیمهای روکار یا توکار باید طوری محافظت شوند که ضربات مکانی نتوانند آسیبی به آنها وارد کنند. سیم کشی روکار در معرض دید است و از ضربات مکانیکی غیر عمدی مصون می‌باشد. سیم کشی توکار در معرض دید نیست و به سهولت می‌توان در وقت کوبیدن میخ برای نصب یک تابلو نقاشی، سیم یا کابل را معیوب کرد که ممکن است با خطرات جانی نیز همراه باشد. به این دلیل اغلب مقررات ایمنی در برق رسانی مقرر می‌دارند که کابلها و سیمهای بدون غلاف که توکار نصب می شوند به وسیله نصب در لوله حفاظت شوند.

www.Kargosha.com

۸-۱-۲- حفاظت علیه توسعه آتش و دود

غالبا برای عبور دادن سیمها از اتاقی به اتاق دیگر سوراخهایی در دیوارها یا کفها تعبیه می‌شود و در تکمیل کار به زیبایی ظاهری کفایت می‌شود و سوراخها را به طور موثر پر نمی‌کنند. از این نقاط آتش می‌تواند به سهولت به اتاقهای دیگر سرایت کند ولازم است که این گونه سوراخها با همان موادی که در ساختمان دیوارها به کار رفته است کاملا پر شود. به این ترتیب آتش سوزی احتمالی که در یک اتاق به وقوع می‌پیوندد، نمی‌تواند به سهولت به اتاقهای دیگر ساختمان سرایت کند. همچنین آتش و حرارت می‌تواند به سهولت از داخل لوله‌ها، کانالها یا جا سیمی‌ها از اتاقی به اتاق دیگر برسد و لازم است در مکانهایی که این وسایل از دیوارها یا کفها عبور می‌کنند با قرار دادن موانعی که در مقابل آتش مقاوم باشند، مانع پیشرفت آتش شویم.

۸-۱-۳- حفظ فاصله مناسب از لوله‌های تاسیسات دیگر

در غالب مقررات قوی توصیه شده است که تاسیسات سیم کشی برق رسانی را از تلفن و وسایل مخابراتی دیگر و همچنین از لوله‌های گاز و آب دور نگاه داریم. در مواردی که این امر ممکن نشود لازم است که بدنه فلزی لوله‌های برقی با دیگر لوله‌ها متصل شود. در صورتی که این کار به خوبی انجام نشود، در صورت اتصال فاز به لوله برق اختلاف پتانسیلی بین لوله‌های برق و دیگر لوله‌ها نظیر آب و گاز به وجود می‌آید که ممکن است سبب برق گرفتگی و یا برقرار شدن جرقه و آتش سوزی گردد.

۸-۱-۴- حفاظت علیه اثرات تلفات جریانهای گردابی و هیسترسیس

در کابلهای دو سیمی که در مدارهای تک فاز مورد استفاده قرار می‌گیرند جریان رفت با جریان برگشت برابر است و اثر مغناطیسی یکدیگر را خنثی می‌کنند و در صورتی که این کابلها به غلاف و زره فلزی نیز مجهز باشند جریانی در آنها القاء نمی‌شود. کابلهای سه سیمی یا چهار سیمی که در مدارهای سه فاز مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز همین خصوصیت را دارند، چون مجموع جریانها در هر لحظه برابر صفر است. در مواردی که از کابلهای یک سیمی یا یک سیم در لوله استفاده می‌شود این امر صادق نمی‌باشد و جریان سیم سبب برقراری میدان مغناطیسی در غلاف و زره فلزی یا لوله می‌شود که سبب ایجاد تلفات حرارتی به علت جریانهای گردابی در غلاف و زره می‌گردد. در صورتی که غلاف و زره یا لوله از فلزات مغناطیسی از خانواده آهن باشند، علاوه بر تلفات فوق تلفات هیسترسیس نیز موجود خواهند بود. به این علت مقررات نسبت به استفاده از کابلهای یک سیمی که به غلاف و زره فلزی مجهز هستند خیلی بی میل هستند و ارجح است که مورد استفاده قرار نگیرند.

۸-۲- سیم کشی روکار بدون استفاده از لوله‌های محافظ

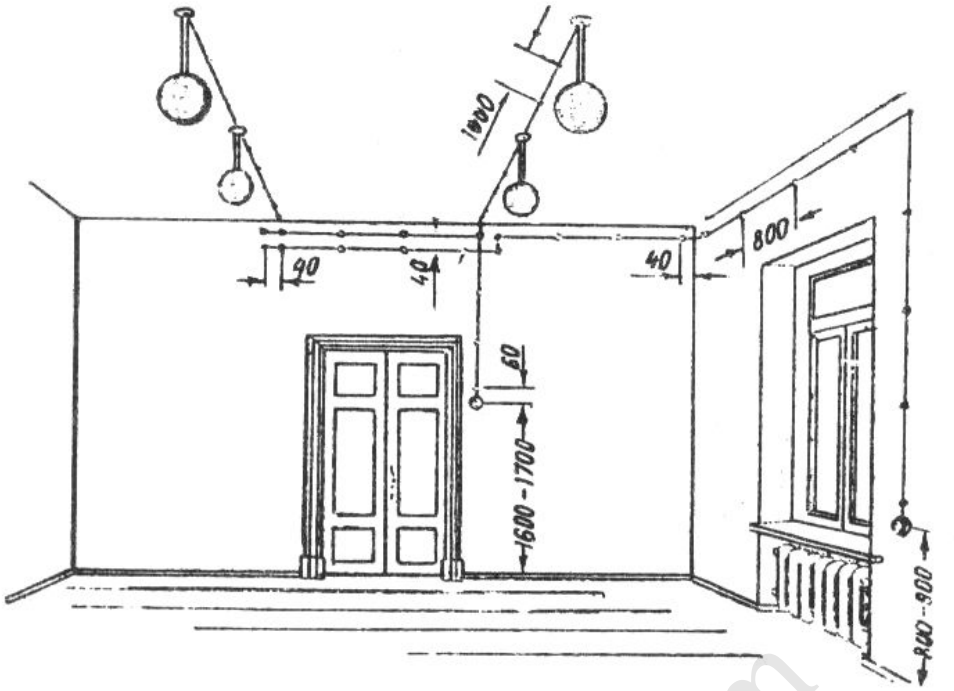
در سیم کشی روکار از سیمهای عایق دار بدون غلاف یا با غلاف استفاده می شود. سیمهای عایق دار بدون غلاف را روی مقره‌های عایق نصب می کنیم و سیمهای غلاف دار را به وسیله گیره‌های مخصوصی به دیوار یا سقف محکم می‌کنیم.

۸-۲-۱- سیم کشی روکار با استفاده از مقره

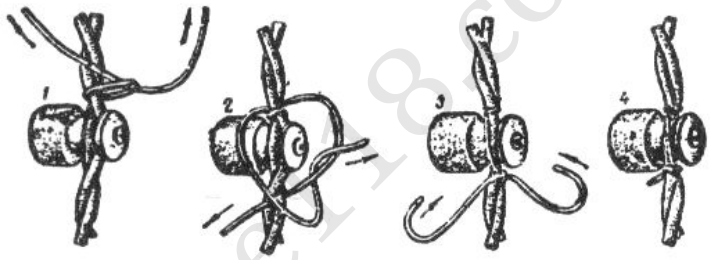
این قبیل سیم کشی برای اماکنی مثل انبارها، راهروها، راه پله‌ها و خانه‌های ارزان قیمت که زیبایی ظاهری عامل مهمی به حساب نمی‌آید مناسب است. کار تمام شده مطابق شکل ۸-۱ می‌باشد.

به طوری که ملاحظه می‌کنیم در این روش سیم کشی سیمها در ارتفاع زیاد نصب می‌شوند و کلیدها هم در حدود ۱/۵ متر از کف و خارج از دسترس بچه‌ها می‌باشد. سیم در فواصلی در حدود یک متر به مقره‌ها محکم می‌شود. روش صحیح اتصال سیمها به مقره‌ها در شکل ۸-۲ نشان داده شده است. در هنگام گذشتن از جرزها و دیوارها سیمها را از داخل لوله‌ها عبور می‌دهیم.

www.Kargosha.com



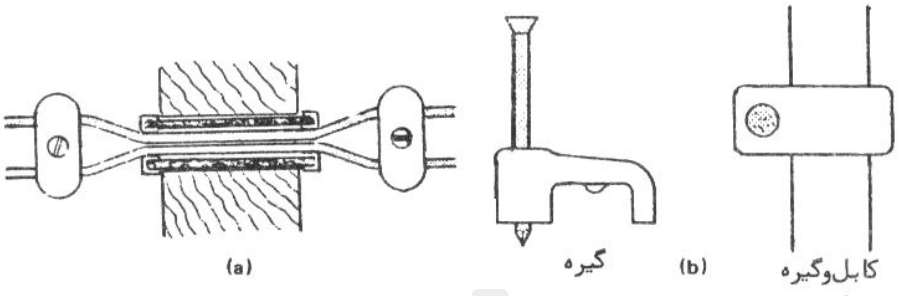
شکل ۸ ـ ۱ : سیم‌کشی با استفاده از مقره



شکل ۸ ـ ۲ : اتصال صحیح سیم به مقره

۸-۲-۲- سیم کشی روکار با استفاده از بستها و گیره‌ها

سیمها و کابلها با غلاف پی- وی- سی را می توان در سیم کشی روکار مورد استفاده قرار داد و به وسیله بستهای مخصوص به دیوارها متصل نمود. در شکل ۸-۳-(a) بستهای مخصوص برای اتصال سیمهای عایق دار و در شکل ۸-۳-(b) گیره‌های مخصوص پلاستیکی برای کابل با غلاف پلاستیک نشان داده شده است.



شکل ۸ ـ ۳ : سیم‌کشی روکار با استفاده از بستها و گیره‌ها

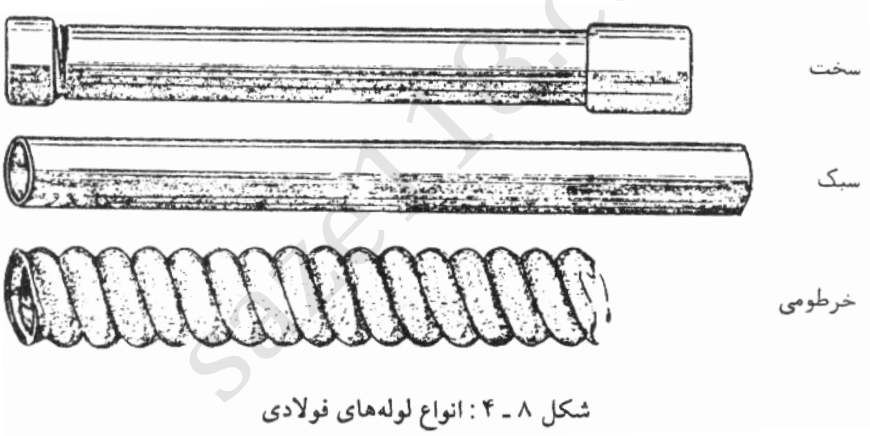
غلاف این سیم ها را می‌توان همرنگ دیوارها انتخاب کردو یا در زمان نقاشی آنها را همرنگ کرد. در این صورت این گونه سیم کشی لطمه‌ای به زیبایی نخواهد زد.

www.Kargosha.com

۸-۳- سیم کشی در داخل لوله

سیم کشی در داخل لوله به منظور حفاظت مکانیکی انجام می‌شود و در تاسیسات توکار یا روکار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برق رسانی صنعتی معمولا نیازی به پنهان کردن لوله‌ها در داخل دیوار و سقف ها نیست، لیکن در مراکز مسکونی و تجاری به منظور زیبایی، لوله‌ها توکار نصب می شوند. فایده مهم دیگر استفاده از لوله در این است که در صورت صدمه دیدن سیمی می‌توان بدون وارد آوردن خرابی به ساختمان آن را بیرون کشید و سیم سالمی در لوله جا داد. همچنین لوله‌ها محیط خارج را از داخل جدا می کنند و در صورت اتصال سیمها جرقه به خارج راه پیدا نمی‌کند که در مرازی که گازهای قابل اشتعال وجود دارند، امتیاز مهمی به شما می‌آید. لوله‌های فلزی می‌توانند نقش سیم زمین را ایفا کنند و بنابراین در استفاده از لوله‌ها، کشیدن سیم زمین جداگانه ضرورت ندارد.

نصب لوله‌های توکار بایستی در زمان مناسب انجام شود تا موجب کندن و تعمیرات غیر ضروری نگردد. بعد از اتمام سفت کاری ساختمان می توان سطوح تمام شده را شمشه گیری مشخص کرد و برق کار می‌تواند کار لوله کشی را شروع کند. لیکن به طور معمول این کار بعد از کاه گل یا گچ خاک کردن و قبل از سفید کاری انجام می‌شود ودر این صورت لازم است که کاه گل مسیر لوله‌ها با تیشه کنده شود که کار خیلی مشکلی نیست. حتما باید توجه داشت که لوله‌های روی سقف قبل از قیرگونی بام انجام گردد. لوله‌ها انواع مختلف دارند. لوله‌های فلزی دارای سابقه طولانی می‌باشند و لوله‌های پلاستیکی در سالهای اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. لوله‌های فلزی معمولا فولادی هستندو لوله‌های آلومینیومی و مس ممکن است خیلی به ندرت دیده شوند. لوله‌های فولادی از سه نوع لوله سخت یا سنگین، لوله برکمن یا سبک به لوله خرطومی تشکیل می‌شوند که در شکل ۸-۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۸ ـ ۴ : انواع لوله‌های فولادی

لوله های سخت یا سنگین دارای دیوار ضخیم هستند و اتصال آنها به یکدیگر و به قوطیها به وسیله پیچ و مهره انجام می‌شود. لوله‌هی برکمن یا سبک دارای ضخامت کمتر و اتصال آنها با استفاده از بستها صورت می‌گیرد. لوله‌های خرطومی درمواردی که به علت وجود ارتعاشات مکانیکی، انعطاف پذیری لازم باشد، به کار گرفته می‌شوند.

لوله‌های پلاستیکی به علت قیمت ارزانتر و نصب آسانتر در سالهای اخیر خیلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و آنها هم در سه نوع سخت یا سنگین، سبک و خرطومی ساخته می‌شوند. نوع سخت آن می‌تواند ضربات مکانیکی شدید را تحمل کند. نوع سبک آن نیز دارای استحکام کافی برای نصب توکار می‌باشد، لیکن نوع خرطومی برای مواردی که به علت وجود ارتعاشات مکانیکی، انعطاف پذیری لازم باشد، مناسب است.

۸-۴- لوله‌های فولادی

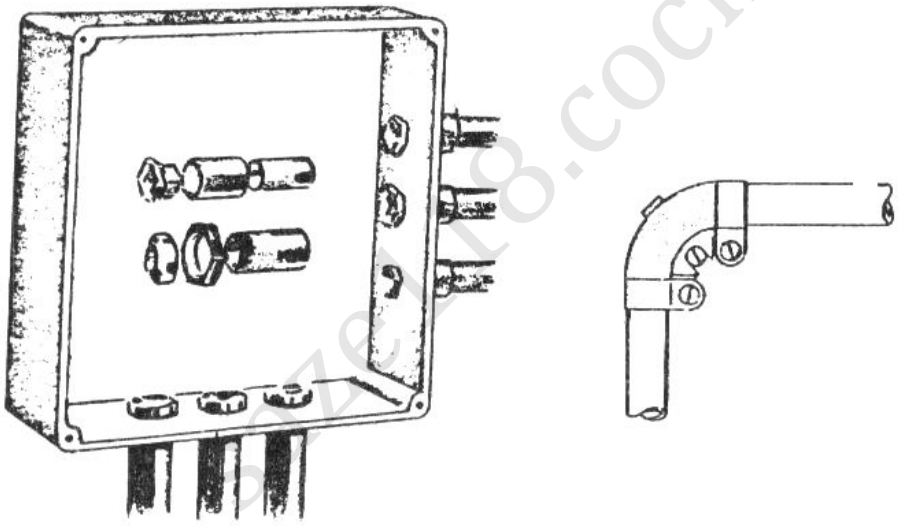
در این قسمت با روشهای نصب لوله‌های فولادی، اندازه‌های استاندارد وظرفیت مجاز آنها و طریق وارد کردن سیمها به داخل آنها آشنایی کسب می‌کنیم.

www.Kargosha.com

۸-۴-۱- نصب لوله‌های فولادی

بهترین و گرانترین روش استفاده از لوله‌های سخت یا سنگین بدون درز و جوش است. این سیستمها استحکام مکانیکی زیاد وعمر دراز و در تاسیسات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. برای اماکن مسکونی، لوله‌های برکم یا سبک که ارزانتر هستند و کار نصب آن هم با هزینه کمتر انجام می‌شود کافی هستند. اختلاف اساسی این دو در اتصالهاست و به طوری که گفته شده لوله‌های سنگین به وسیله پیچ کردن به هم متصل می‌شوند و لوله‌های سبک به وسیله بستهای فلزی متصل می‌گردند. بقیه مراحل نصب یکسان است. این لوله‌ها در طولهای ۳-۴ متر ساخته می‌شوند. قبل از استفاده برقکار باید حتما نگاهی به داخل آن بکند و از نداشتن گرفتگی اطمینان حاصل کند. سپس لوله‌ها را به اندازه مناسب بریده و تیزی را صاف می کنیم تا عایق سیمها را خراش ندهد.

سپس لوله‌ها را مطابق شکل ۸-۵ به هم و به قوطیهای مربوط متصل می‌کنیم. شکل ۸-۵- (a) اتصال لوله سنگین به قوطی را نشان می دهد که با پیچ و مهره انجام شده است. شکل ۸-۵-(b) اتصال دو لوله سبک را نشان می‌دهد که به وسیله بست فلزی انجام شده است. ملاحظه می کنید که به این ترتیب همه لوله‌ها و قوطیها از نظر الکتریکی به هم متصل می‌گردند. در صورتی که در لوله کشی خمهای ۹۰ درجه لازم باشد لازم است شعاع خمها را بزرگ بگیریم (حداقل ۲/۵ برابر قطر لوله) تا عبور دادن سیمها به سهولت انجام گیرد. ضوابط مقرر می‌دارند که هر قسمت لوله کشی واقع بین دو نقطه‌ای که سیم عبور می‌دهیم بیشتر از دو خم ۹۰ درجه یا معادل آن نداشته باشد.



شکل ۸ ـ ۵ : اتصال لوله‌ها به قوطی و یا به یکدیگر

۸-۴-۲- اندازه‌های استاندارد لوله‌های فولادی و ظرفیت مجاز آنها

لوله‌ها را بر حسب قطر خارجی آنها مشخص می‌کنند واندازه‌های معمول ۱۶ میلیمتر، ۲۰میلیمتر، ۲۵ میلیمتر و ۳۲ میلیمتر است، تعداد سیمهایی که می‌توان در هر لوله جا داد بستگی به اندازه سیمها دارد. در صورتی که در هر فرد قسمت لوله کشی بیش از دو خم ۹۰ درجه یا معادل آن وجود نداشته باشد ضوابط مجاز میدانند که ۴۰ درصد سطح مقطع لوله‌ها توسط سیمها اشغال شود. با دانستن تعداد و سطح مقطع سیمها می توان به سهولت اندازه لوله لازم را مطابق روش زیر محاسبه کرد.

مثال ۸-۱

می‌خواهیم ۴ سیم ۲/۵ میلیمتر مربع هفت رشته‌ای و چهار سیم ۶ میلیمتر مربع هفت رشته‌ای و عایق PVC را در لوله‌ای قرار دهیم اندازه لوله مناسب را حساب کنید.

www.Kargosha.com

با مراجعه به جدول ۴-۲ ملاحظه می‌کنید که قطر خارجی سیم ۲/۵، برابر ۳/۶ میلیمتر و قطر خارجی سیم ۶، برابر ۴/۷ میلیمتر است. در صورتی که سطح مقطع لوله را در Aو قطر داخلی آن را برابر d فرض کنیم چنین می‌نویسیم:

$$\frac{40}{100}A = 4\times\frac{\pi}{4}(3.6)^2 + 4\times\frac{\pi}{4}(4.7)^2$$

$$\frac{40}{100}\frac{\pi}{4}d^2 = 110.11$$

$$D=18.72\ mm$$

و بنابراین لوله ۲۰ میلیمتری مناسب است.

ظرفیت لوله‌های معمول از نوع سبک و سنگین برای سیمهای عایق‌دار PVC که بر اساس روش بالا محاسبه شده است درجدول ۸-۱ گرد آوری شده است. به طوری که ملاحظه می کنید ظرفیت لوله‌های سبک به علت داشتن دیواره نازکتر قدری از لوله‌های سنگین هم اندازه بیشتر است.

در صورتی که تعداد خمهای لوله در هر قسمت بیش از دو زاویه ۹۰ درجه باشد، لازم است به منظور سهولت عبور دادن سیمها تعداد سیمهای مجاز را قدری کاهش دهیم.

جدول ۸ـ۱ : ظرفیت مجاز لوله‌های فولادی

اندازه سیم (میلیمترمربع)	تعداد و قطر رشته‌ها	اندازه لوله							
		۱۶ میلیمتر		۲۰ میلیمتر		۲۵ میلیمتر		۳۲ میلیمتر	
		سبک	سنگین	سبک	سنگین	سبک	سنگین	سبک	سنگین
۱	۱ × ۱/۱۳	۸	۷	۱۳	۱۲	۳۲	۱۹	۳۸	۳۵
۱/۵	۱ × ۱/۳۸	۷	۶	۱۲	۱۰	۱۹	۱۷	۳۳	۳۱
۲/۵	۱ × ۱/۷۸	۵	۴	۹	۸	۱۵	۱۳	۲۶	۲۴
۲/۵	۷ × ۰/۶۷	۴	۴	۸	۷	۱۳	۱۱	۲۲	۲۰
۴	۷ × ۰/۸۷	۳	۳	۶	۵	۱۰	۹	۱۷	۱۶
۶	۷ × ۱/۰۴	۳	۲	۵	۴	۷	۷	۱۳	۱۲
۱۰	۷ × ۱/۳۵	–	–	۳	۲	۴	۴	۸	۷
۱۶	۷ × ۱/۷۰	–	–	–	–	۳	۳	۶	۵
۲۵	۷ × ۲/۱۴	–	–	–	–	۳	۲	۴	۳
۳۵	۱۹ × ۱/۵۳	–	–	–	–	–	–	۳	۲
۵۰	۱۹ × ۱/۷۸	–	–	–	–	–	–	۲	۲

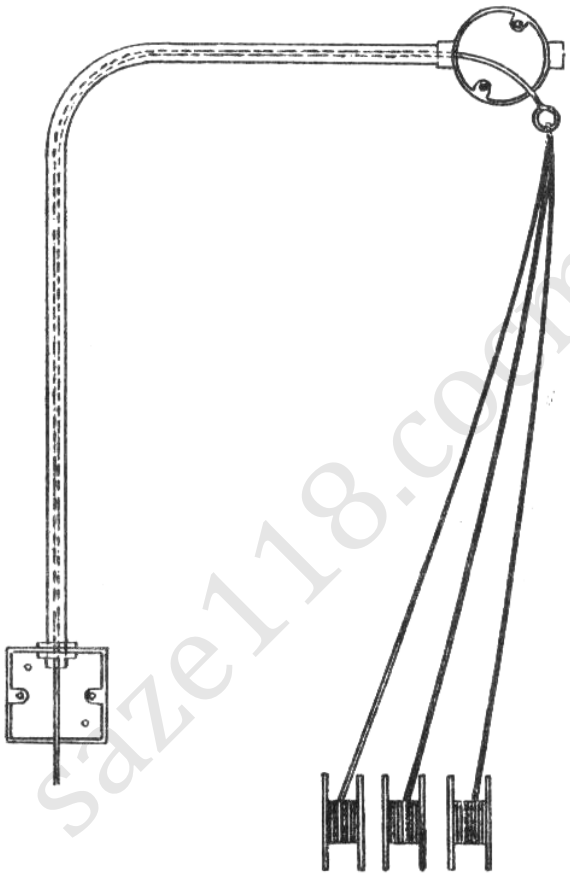
۸-۴-۳- وارد کردن سیم در لوله‌ها

پس از تکمیل لوله‌ها کار داخل کردن سیمها آغاز می‌شود. همه سیمها که در یک لوله قرار می‌گیرند بایستی همزمان به داخل لوله کشیده شوند.

به این منظور ابتدا سیم فلزی مخصوصی در داخل لوله وارد می کنیم و سر سیمها را به آن محکم کرده و مطابق شکل ۸-۶ آنها را به داخل می کشیم. در کشیدن سیمهای یک رشته‌ای به داخل لوله ممکن است که عایق سیم خراشیده شود، لذا لازم است عایق و سیم هر دو به سیم کش محکم شوند و یا عایق را با چسب به سیم مسی محکم کنیم. هیچگاه نباید سیم دو تکه در داخل لوله کشید چون داشتن اتصال در داخل لوله هر قدر هم خوب انجام شود مجاز نیست.

www.Kargosha.com

در کشیدن سیمها در لوله‌های عمود در صورتی که طول بیشتر از ۵ متر باشد لازم است سیم را به وسیله بست مخصوصیت محکم کرد تا وزن کابل فشار زیاد بر عایق سیمها وارد نکند و سبب خرابی آنها نگردد. این گونه بستها را در قوطیهای میان راه می‌توان قرار داد. حتما باید سیم رفت و برگشت، هر دو در یک لوله قرار گیرد در غیر این صورت مجموع جریانها صفر نمی‌شود و میدان مغناطیسی قابل توجهی ایجاد می شود که سبب برقراری جریانهای القایی در لوله و سبب تلفات و بالا رفتن درجه حرارت می‌گردد. دیده شده است که یک سیم حامل ۱۶ آمپر در داخل یک لوله ۲۰ میلیمتری باعث برقراری ۲/۵ آمپر در لوله گردیده است. کشیدن سیمهای ولتاژ ضعیف مانند زنگ اخبار و تلفن , همراه با سیمهای برق در همان لوله جایز نیست مگر این که این سیمها برای ولتاژ ۲۲۰ ولت عایق بندی شده باشند.



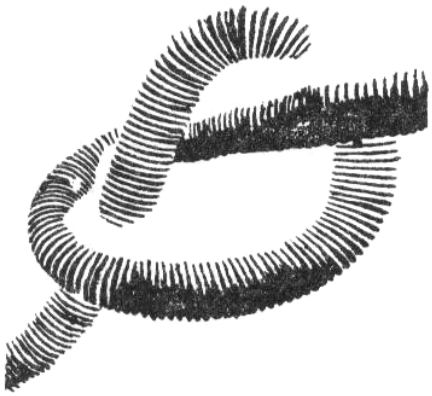
شکل ۸ ـ ۶ : کشیدن سیمها به داخل لوله

۸-۵- لوله‌های پلاستیکی

در برخی کشورها استفاده از لوله‌های فلزی آن قدر رایج بوده که سبب بروز تعصب علیه لوله‌های پلاستیکی از جنس « پی- وی- سی » گردیده است. در بعضی کشورهای دیگر اصولا عایق بندی سیم و سپس قرار دادن آن در لوله هادی کاری خلاف منطق به شمار می‌رفته و تکمیل لوله‌های پلاستیکی با استقبال روبه رو شده است به طوری که در بعضی کشورها تنها از این لوله‌ها استفاده می‌شود و حتی در برخی کشورها استفاده از لوله‌های فلزی قدغن است. لوله‌های پلاستیکی به خصوص نوع سنگین یا سخت آن برای بسیاری کاربردها مقاومت مکانیکی لازم را داراست و از زنگ زدگی و خردگی مصون است و تعویض سیمهای معیوب داخل آنها نیز امکان پذیر است. وزن مخصوص پی- وی- سی ۱۸ درصد فولاد است و قیمت این لوله‌ها و هزینه نصب آنها هم از لوله‌های فلزی سخت کمتر است. در صورت خرابی عایق یک فاز اتصال کوتاه برقرار نمی‌شود و مدار به کارش ادامه می‌دهد. به علت هادی نبودن لوله نمی‌توان از وجودش به عنوان سیم زمین استفاده کرد و بنابراین لازم است یک سیم اضافی به عنوان سیم زمین در لوله کشیده شود. این لوله‌ها در درجه حرارتهای بالا نرم می‌شوند و در درجه حرارت پایین شکننده می شوند. میزان انبساط یک

www.Kargosha.com

لوله ۴ متری برابر ۶/۵ میلیمتر به ازاء افزایش درجه حرارت به میزان ۴۵ درجه است که بیش از انبساط لوله های فولادی است و باید در لوله کشی در نظر گرفته شود. لوله‌های پلاستیکی از جنس پی – وی – سی ساخته می شوند و در سه نوع سخت یا سنگین- سبک و خرطومی موجود می‌باشند. نوع سخت و سبک آن در طولهای ۳ تا ۴ متر ساخته می‌شوند و لوله‌های خرطمی به طولهای تا ۴۵ متر موجودند. لوله پلاستیکی خرطومی مطابق شکل ۸-۷ می‌باشد. لوله سخت برای سیم کشی روکار و نوع سبک برای سیم کشی توکار مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۸ـ ۷ : لوله پلاستیکی خرطومی

۸-۵-۱- اندازه‌های استاندارد لوله‌های پلاستیکی و ظرفیت مجاز آنها

اندازه های استاندارد لوله‌های پلاستیکی با لوله‌هی فولادی یکی است و ظرفیت آنها از نظر تعداد سیمهای مجاز مطابق جدول ۸-۲ می‌باشد که با ظرفیت مجاز لوله‌های فولادی تفاوت چندانی ندارد.

جدول ۸ـ ۲ : تعداد سیمهای مجاز در لوله‌های پلاستیکی

اندازه سیم	تعداد و قطر رشته‌ها	۱۶ میلیمتر	۲۰ میلیمتر	۲۵ میلیمتر	۳۲ میلیمتر
۱	۱ × ۱/۱۳	۷	۱۲	۲۰	۳۴
۱/۵	۱ × ۱/۳۸	۶	۱۱	۱۸	۳۰
۲/۵	۱ × ۱/۷۸	۵	۸	۱۴	۲۳
۲/۵	۷ × ۰/۶۷	۴	۷	۱۲	۲۰
۴	۷ × ۰/۸۷	۳	۵	۹	۱۵
۶	۷ × ۱/۰۴	۲	۴	۷	۱۲
۱۰	۷ × ۱/۳۵	–	۲	۴	۷
۱۶	۷ × ۱/۷۰	–	۲	۳	۵
۲۵	۷ × ۲/۱۴	–	–	۲	۳
۳۵	۱۹ × ۱/۵۳	–	–	–	۲
۵۰	۱۹ × ۱/۷۸	–	–	–	۲

۸-۵-۲- نصب لوله‌های پلاستیکی و سیم کشی در آنها

لوله های نوع سنگین را می‌توان به یکدیگر یا به قوطیها پیچ کرد. این کار باعث ضعیف شده نقاط اتصال می‌گردد و امروزه بیشتر برای اتصال از چسب مخصوص استفاده می‌شود که سطح لوله را حل می‌کند و به آن جوش می‌خورد. انواع قوطیهای

www.Kargosha.com

پلاستیکی در اندازه‌های مختلف در بازار موجودهستند. خم کردن این لوله‌ها از طریق وارد کردن فنر مخصوصی در داخل لوله انجام می‌شود. در درجه حرارتهای کم این لوله‌ها شکننده می‌شوند و برای خم کردن، آنها را ابتدا قدری حرارت می‌دهند. نکته قابل ذکر دیگر این است که خم این لوله‌ها تمایل به باز شدن دارند و معمولا باید آنها را حدود ۵ درجه بیشتر از مقدار دلخواه خم کرد.

سیم کشی در داخل لوله‌های پلاستیکی بخصوص در مورد لوله‌های خرطومی به علت کم بودن مقاومت مکانیکی ممکن است مشکلاتی ایجاد کند. به این منظور در هنگام نصب لوله‌ها سیمهایی در لوله‌ها قرار می دهیم تا کشیدن سیمها را به داخل ممکن کند. ضوابط مقرر می‌دارند که علاوه بر سیمهای مدار، سیم عایق داری به اندازه ۱/۵ میلیمتر مربع به عنوان سیم زمین در لوله‌ها کشیده شود.

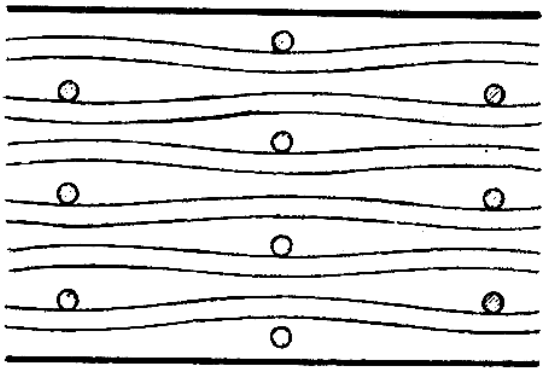
۸-۶- سیم کشی در جاسیمی ها

سیم کشی در جا سیمی‌ها از حدود ۷۰ سال پیش معمول گردیده است و تدریجا جانشین لوله‌های فولادی با قطر بزرگ شده است. جا سیمی‌های ابتدایی فولادی بوده لیکن امروزه جاسیمی‌های پلاستیکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقطع جا سیمی‌ها به شکل مربع یا مستطیل با اندازه‌های حدود ۱۶×۱۶ میلیمتر تا ۱۵۰×۱۵۰ میلیمتر ساخته می‌شوند. جاسیمی‌ها در دو نوع سنگین یا ضخیم و سبک ساخته می‌شوند. دیواره بالای جا سیمی که حکم در جاسیمی را درد به سهولت بیرون می‌آید تا سیمها را به راحتی در داخل آن قرار دهند.

جا سیمی‌ها از لوله‌های هم ظرفیت خود سبک ترند و در مقایسه با لوله‌های روکار نصب آنها آسانتر است. قرار دادن سیمها در داخل جا سیمی آز کشیدن آنها در لوله آسانتر استو دادن تغییرات یا توسعه سیم کشی در جا سیمی آسانتر است. امتیاز دیگر جا سیمی‌ها در این است که می توان آنها را با قسمتهای مجزا جهت جا دادن سیمهای مربوط به خدمات مختلف مثل تلفن و تلویزیون و غیره ساخت.

اجزاء مختلف مانند خمهای گوناگون، قوطیها، زانوها، و اتصال‌های دیگر برای متصل نمودن جا سیمی‌ها موجود می‌باشند.

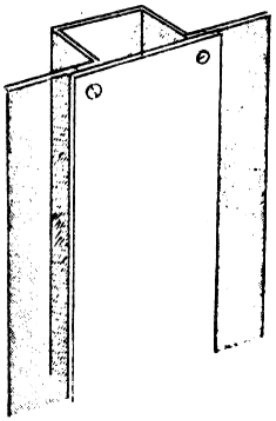
قرار دادن سیمها در داخل جاسیمی یا باز کردن درب آن به سهولت انجام می‌شود و سیمها را در فواصل سه متری با استفاده از میله‌های مخصوص مطابق شکل ۸-۸ مهار می کنیم. اتصال کابلها با سیمهای ورودی به جا سیمی با تعبیه سوراخهایی در دیواره‌های جا سیمی ممکن است. ضوابط مقرر می‌دارند که ۴۵ درصد مقطع جا سیمی برای جا دادن سیمها اختصاص داده شود که کار عوض کردن سیمهای معیوب و بازرسی به سهولت انجام شود.



شکل ۸ ـ ۸ : مهار سیمها در داخل جاسیمی

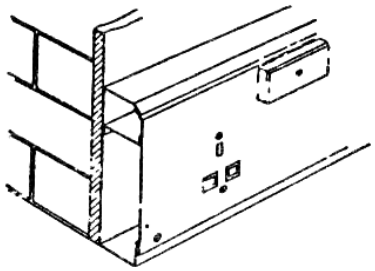
جاسیمی‌ها انواع مختلف دارند. نوع همسطح با دیوار آن مطابق شکل ۸-۹ می‌باشد.

www.Kargosha.com



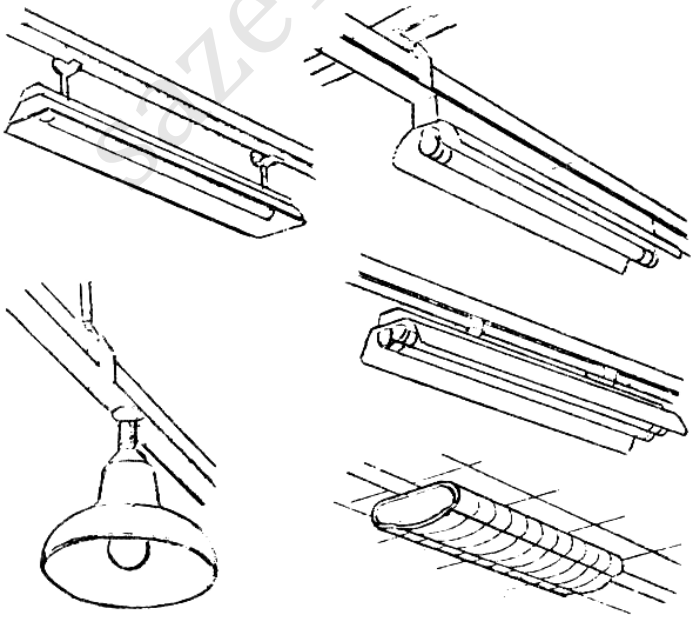
شکل ۸ ـ ۹ : جاسیمی همسطح با دیوار

نوع روکار آن در شکل ۸-۱۰ نشان داده شده است. جاسیمی نشان داده شده در شکل دارای دو قسمت مجزاست.



شکل ۸ ـ ۱۰ : جاسیمی روکار

در اماکن صنعتی و تجاری که لامپهای فلورسنت زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند جا سیمی‌های مخصوص در طول ساختمان در سقف تعبیه ، و چراغهای فلورسنت مطابق شکل ۸-۱۱ روی آنها نصب می‌شوند.

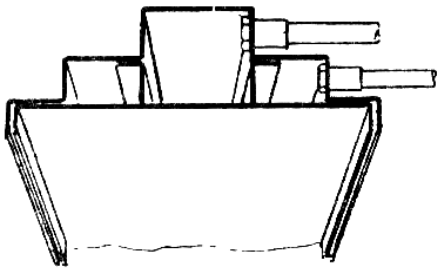


شکل ۱۱-۸: جاسیمی مدارهای روشنایی

در کارخانجات و دفاتر امروزه بیشتر از فضاهای باز وسیع استفاده می‌شود و لازم است به نقاطی دور از دیوارها برق رسانی شود واین تنها از دو طریق ممکن است. در مراکز تجاری بیشتر از جاسیمی‌های زمینی یا از کانالها استفاده می‌شود.

www.Kargosha.com

در مراکز صنعتی به طوری که بعدا خواهیم دید زیبایی چندآن مورد نظر نیست و این کار از طریق برق رسانی هوایی انجام می‌شود. یک جاسیمی زمینی با سه قسمت مجزا در شکل ۸-۱۲ نشان داده شده است.



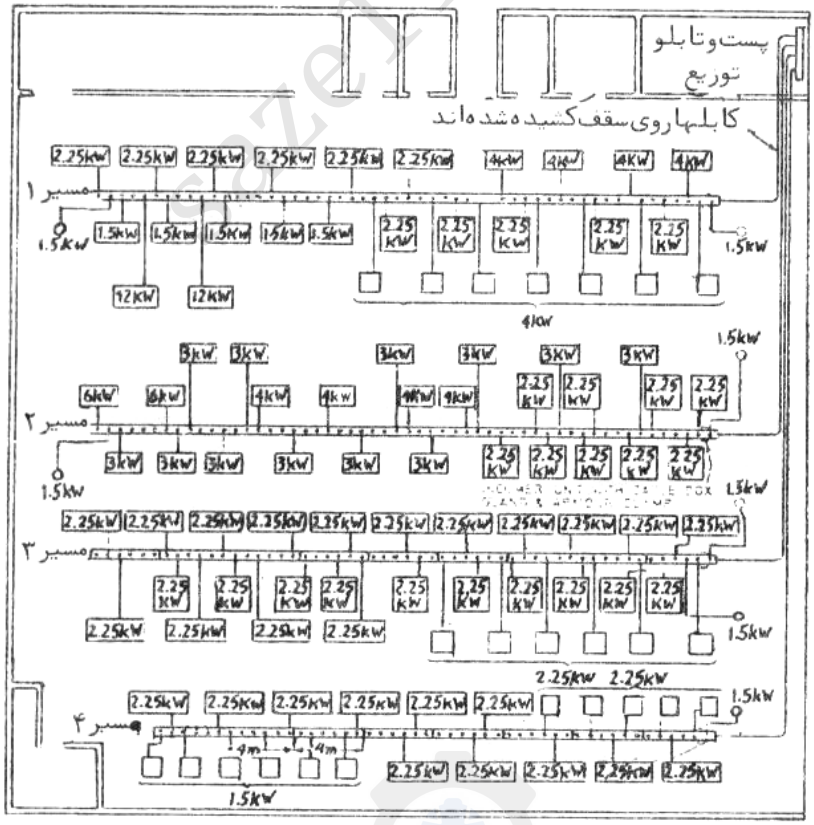
شکل ۸ ـ ۱۲ : جاسیمی زمینی

این جاسیمی طوری نصب می‌شود که سطح بالای آن با کف تمام شده همسطح می‌شود و در بالای جا سیمی را از جنس کف ساختمان می‌پوشانند تا لطمه‌ای به زیبایی ساختمان نخورد.

در کارخانجات که از فضاهای وسیع باز و از ماشینهای برقی متعدد استفاده می‌کنند، از جاسیمی شینه‌ای استفاده می‌شود. در این روش به جای سیم عایق دار از شین‌های مسی یا آلومینیومی لخت که روی عایقها سوار می‌شوند استفاده می شود که در داخل یک جاسیمی فلزی قرار می‌گیرد. این جاسیمی هم ارتفاع با جرزهای ساختمان در طول کارگاه گاهی در چند ردیف قرار می‌گیرد. موتورهای برقی به طرق مختلف به جاسیمی متصل می‌شوند. برق رسانی به یک کارگاه با این روش در شکل ۸-۱۳ نشان داده شده است.

کابلهای ورودی و خروجی به طرق مختلف به جاسیمی متصل می‌شوند.

استفاده از جعبه‌های اتصال در فواصل ۶۰ سانتیمتری ممکن است و در صورتی که لازم شود که ماشین جابجا شود بیرون کشیدن جعبه اتصال از جاسیمی در حالی که شین‌ها برق دار هستند بدون اشکال است.



شکل ۸ ـ ۱۳ : برق‌رسانی با استفاده از جاسیمی شینه

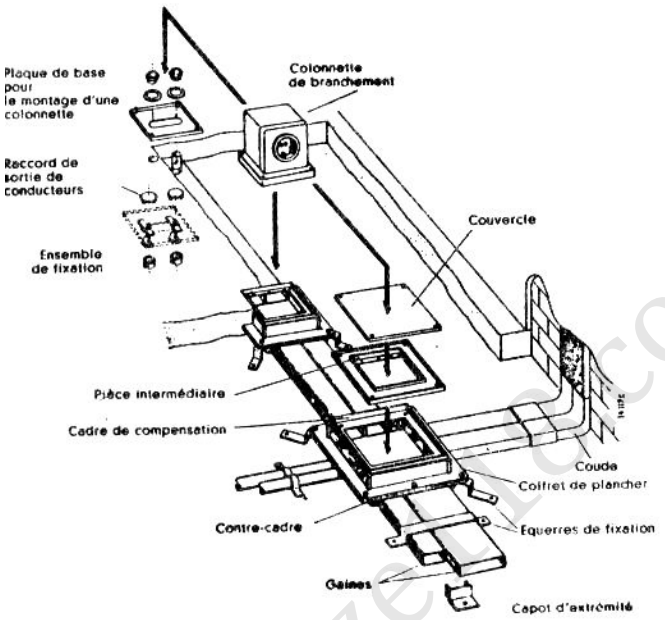
www.Kargosha.com

برای برق رسانی به آپارتمانهای چندین طبقه از این نوع جاسیمی‌ها که به طور عمودی نصب می‌شوند استفاده می‌شود که به سیمهای بالا رونده معروف شده است.

۸-۷ سیم کشی با استفاده از کانالهای زیر زمینی

در مراکز تجاری و اداری امروز که از فضاهای باز استفاده می شود و به منظور زیبایی و سهولت برق رسانی از کانالهای زیر زمینی استفاده می شود که در جهات طول و عرض کشیده می‌شوند و در فواصل معین قوطیهای خروجی که با کف همسطح هستند قرار می‌گیرند. به علت کمبود گردش هوا در کانالهای زیر زمینی ضوابط اختصاص ۳۵ درصد مقطع کانال را به سیمها جایز دانسته‌اند.

این گونه کانالهای زیر زمینی رد شکل ۸-۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۸ ـ ۱۴ : کانال زیرزمینی

۸-۸- سیم کشی با کابلها با عایق معدنی

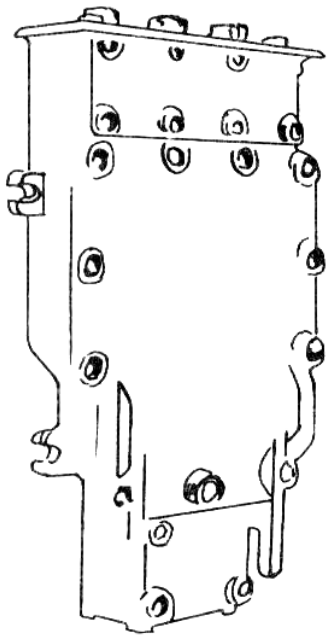
در این کابلها هادیها از سیم یک رشته تشکیل شده که در داخل غلاف مسی قرار می‌گیرند. فضای داخل غلاف از اکسید منگنز فشرده پر شده که نقش عایق را ایفا می‌کند. امتیاز اساسی این کابلها این است که در درجه حرارتهای بالا تا حدود ۲۵۰ درجه سانتیگراد می توانند مورد استفاده قرار گیرند. اکسید منگنز به راحتی رطوبت جذب می‌کند و لذا در محل اتصال کابلها از بستهای مخصوص استفاده می شود به طوری که رطوبت قادر به نفوذ در آن نباشد .

۸-۹- سیم کشی ضد آتش سوزی

در مراکز صنعتی که هوا آلوده به مواد قابل اشتعال یا انفجار است از سیم کشی ضد آتش سوزی استفاده می‌شود. نمونه این گونه مراکز پالایشگاههای نفت و معادن زغال سنگ می‌باشد. در این گونه سیم کشی، سیمها را در داخل لوله‌های سخت قرار می‌دهیم یا از کابلها با عایق معدنی استفاده می‌کنیم. کلیه وسایل مورد استفاده مانند کلیدها و شین‌ها و غیره از نوع ضد آتش سوزی انتخاب می شوند. وسایل ضد آتش سوزی آن قدر محکم ساخته می‌شوند که در صورت انفجار اشتعال در داخل آنها صدمه‌ای به آنها نمی‌رسد و لذا هیچگونه شعله‌ای از آنها خارج نمی‌شود تا سبب اشتعال در خارج گردد. وسایل ضد آتش سوزی، ساختمان محکمی دارند و در آنها به خوبی با آنها جفت می‌شود و با تعداد زیادی پیچ به آن محکم می‌گردند. فشاری که در داخل

www.Kargosha.com

آنها به دلیل انفجار ایجاد می‌شود از فاصله بسیار کوچک بین بدنه و در خارج می شود و هنگام خروج به قدر کافی سرد می‌شود که نتواند سبب اشتعال در خارج گردد. یک کلید ضد آتش سوزی در شکل ۸-۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۸ ـ ۱۵ : نمایش کلید ضد آتش‌سوزی

saze118.com
www.Kargosha.com

فصل نهم

طرح سیستم برق خانه‌های مسکونی

سیستم برق خانه‌های مسکونی باید به صورتی طرح و اجرا شود که از ایمنی کامل برخوردار باشد و حداکثر استفاده و راحتی را برای ساکنان خانه تامین نماید. در خانه باید نور کافی چه به صورت چراغهای ثابت یا قابل تغییر مکان در دسترس باشد و ساکنان باید به سهولت بتوانند چراغها را روشن یا خاموش کنند، بدون این که لازم شود در تاریکی به زحمت دنبال کلیدها برگردند و یا مجبور شوند چراغهای غیر ضروری را در پشت در سر خود روشن باقی بگذارد. ساکنان باید قادر باشند چراغ، رادیو، تلویزیون، جاروبرقی و دیگر وسایل را در هر نقطه دلخواه به پریز متصل کنند بدون این که مجبور به استفاده از سیمهای رابطه بلند باشند. در اثر برخورد پاهای ساکنان خانه با این سیمهایی رابط بلند ضایعات بسیاری به بار آمده است. برای برآوردن مقاصد فوق لازم است به نکات زیر توجه شود.

الف- انشعاب، وسیله حفاظت و کنتور خانه باید با ظرفیت کافی انتخاب شوند تا با توجه به افزایش آنی بار الکتریکی خانه موجب افت ولتاژ غیر قبل تحمل یا قطع غیر ضروری وسایل حفاظتی نگردد.

ب- سیمهای انشعابهای داخلی با اندازه‌های مناسب انتخاب شود. با این که در انشعابهای کم اهمیت از سیم ۱/۵ استفاده می‌شود در بسیاری تاسیسات خانگی امروزی کوچکترین سیم مورد استفاده ۲/۵ می باشد.

پ- تعداد انشعاب های داخلی باید به طور مناسبی انتخاب شود تا به علت سوختن یک فیوز قسمت بزرگ یا همه خانه در تاریکی و بی برقی فرو نرود. هر چه تعداد انشعابها بیشتر باشد ضریب اطمینان، افزایش می‌یابد، لیکن هزینه نیز بالا می‌رود.

ت- تعداد پریزها باید طوری انتخاب شود که استفاده از سیمهای رابط لازم نباشد.

ث- تعداد چراغها باید با میزان نور لازم در قسمتهای مختلف خانه تناسب داشته باشد و کلیدهای کنترل آنها باید در مناسبترین نقاط نصب شوند.

در این فصل ابتدا بارهای الکتریکی خانگی را که از بارهای روشنایی وسایل کوچک خانگی و وسایل بزرگ خانگی تشکیل می شوند مورد بررسی قرار می‌دهیم و براساس این مطالعه تعداد و اندازه‌های انشعابها و انشعاب اصلی را محاسبه می‌کنیم.

۹-۱- بارهای روشنایی خانگی

برای تامین روشنایی عمومی در قسمتهای مختلف از چراغهای سقفی ثابت استفاده می شود و برای تامین روشنایی موضعی از پروژکتورهای قابل تنظیم و یا چراغهای سیار استفاده به عمل می‌آید. محاسبه میزان بارهای روشنایی، تعداد انشعابهای روشنایی، کنترل و حفاظت انشعابها در این قسمت تشریح می‌شود.

www.Kargosha.com

۹-۱-۱- تعیین میزان بار روشنایی خانگی

بار روشنایی را می‌توان با انجام محاسبات روشنایی به طور دقیق به دست آورد. در صورتی که این محاسبات انجام نشده باشد آن را برابر ۲۰ تا ۳۰ وات بر متر مربع مساحت زیربنا در نظر می‌گیرم (در استاندارد آمریکایی حداقل توان ۳ وات بر فوت مربع یا برابر ۳۲ وات بر متر مربع است). در محلهایی نظیر زیر زمین که به صورت انباری مورد استفاده قرار می‌گیرند و احتیاج به نور زیاد ندارند می توان ۱۰ تا ۱۵ وات بر متر مربع به کاربرد. برای حیاط خانه ۵ تا ۱۰ وات بر متر مربع کافی است. این مقادیر برای استفاده از لامپهای رشته‌دار معتبر هستند و در مورد لامپهای فلورنت که به ندرت در خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به علت راندمان نورانی بالاتر ۱/۴ مقادیر بالا کافی است.

۹-۱-۲- تعیین انشعابهای روشنایی

به طوری که قبلا دیده‌ایم در برق رسانی خانگی سیمها را در داخل لوله‌ها قرار می‌دهیم و به منظور استحکام مکانیکی کوچکترین سیم مورد استفاده را سیم ۱/۵ انتخاب می‌کنیم. این سیم تحت شرایط عادی می‌تواند بدون اشکال ۱۶ آمپر حمل کند و با توجه به این که هر لامپ ۱۰۰ وات ۰/۴۵۵ آمپر می‌گیرد، تعداد ۳۵ لامپ ۱۰۰ وات را می‌توان از یک انشعاب تغذیه نمود لیکن به طوری که خواهیم دید در بسیاری موارد این روش محاسبه خالی از اشکال نخواهد بود.

مثال ۹-۱

بار روشنایی و تعداد انشعابهای روشنایی یک آپارتمان مسکونی با ۱۱۵ متر مربع مساحت را حساب کنید.

بار روشنایی بر اساس ۳۰ وات بر متر مربع از این قرار است:

$$۱۱۵\times۳۰=۳۴۵۰$$

توانی که یک انشعاب ۱/۵ در حرارت ۲۵ درجه حمل می کند از این قرار است:

$$۲۲۰\times۱۶=۳۵۲۰$$

تعداد انشعابها از این قرار است:

$$۳۴۵۰\div۳۵۲۰=۰/۹۸$$

بنابراین یک انشعاب ۱/۵ کافی است.

استفاده از یک انشعاب روشنایی در مثال بالا با این مشکل همراه است که در صورت اتفاق یک اتصالی در سر پیچ یکی از چراغها همه آپارتمان در تاریکی فرو می‌رود. برای جلوگیری از این گونه مشکلات بیشتر مقررات توصیه می‌کنند. که برای هر ۵۰ متر مربع بنا یک انشعاب روشنایی به کار گرفته شود. بر این اساس تعداد انشعابها در مثال ۹-۱ برابر ۲/۳ است که دو یا سه مدار انتخاب می‌شود.

۹-۱-۳- کنترل چراغهای روشنایی

در ایران بر خلاف کشورهای آمریکایی و اروپایی که بیشتر از لامپهای سیار و رومیزی استفاده می‌شود از لامپهای سقفی و دیواری استفاده می‌کنیم و کلیدها را روی دیوار نصب می‌کنیم. در اتاقهای نشیمن و غذا خوری که معمولا از لوستر استفاده می‌شود، لوسترها را در مرکز اتاق در وسط میز غذا خوری قرار می‌دهیم و چراغهای دیگر را به نحوی قرار می‌دهیم که نور عمومی یکنواخت به دست آید. در مواردی که اتاق یک در داشته باشد کلید را نزدیک در قرار می‌دهیم و در صورتی که اتاق دو در ورودی داشته باشد از دو کلید دو راهه در نزدیک دو در استفاده می‌کنیم. در مورد راه پله‌ها و راهروها دو کلید دوراهه در دو انتها تعبیه می‌کنیم. کلیدها را معمولا در ارتفاع ۱۱۰ سانتیمتر ا زکف تمام شده نصب می‌کنیم.

www.Kargosha.com

۹-۱-۴- حفاظت انشعابهای روشنایی

برای حفاظت انشعابهای روشنایی از فیوزها یا دیژنکتورهای مینیاتوری استفاده می‌کنیم و اندازه آنها را بر اساس ظرفیت سیم انشعاب یا کمتر انتخاب می‌کنیم. در صورتی که سیم انشعاب ۲/۵ انتهاب شده باشد، فیوز یا دیژنکتور ۱۶ آمپری و در مواردی که سیم انشعاب ۱/۵ باشد از فیوز یا دیژنکتور ۱۰ آمپری استفاده می‌کنیم. این وسایل حفاظتی را در تابلو فیوز که ممکن است نزدیکی کنتور باشد، یا در خانه‌های بزرگتر که هر طبقه تابلو فیوز مخصوص به خود دارد قرار می دهیم. هیچگاه نباید فیوزها را در نقاط مختلف خانه پخش کرد زیرا علاوه بر ظاهر زشتی که پیدا می‌کند تعویض آنها در مواقع اضطراری کار مشکلی است.

۹-۲- بارهای کوچک خانگی

بارهای کوچک خانگی نظیر رادیو، تلویزیون، ضبط صوت، گرام، جاروبرقی، چراغ رومیزی، بخاری برقی، وسایل برقی آشپزخانه و غیره محل ثابتی ندارند و از طریق پریزهای استاندارد ۱۰ آمپری تغذیه می‌شوند. در این قسمت تعیین میزان این بارها، تعداد انشعابهای لازم کنترل و حفاظت این انشعابها را بررسی می کنیم.

۹-۲-۱- تعیین میزان و روش تغذیه بارهای کوچک خانگی

بارهای برقی آشپزخانه‌های امروزی قابل ملاحظه است و دائما در حال افزایش می‌باشد. بارهای دیگر خانگی به استثنای بخاریهای برقی معمولا کوچک هستند و به طور متوسط جریانی از ۰/۵ تا ۰/۷۵ آمپر می‌گیرند. هر بخاری برقی ۲ کیلوواتی در حدود ۹ آمپر جریان می‌گیرد، لیکن به ندرت اتفاق می‌افتد که بیش از دو بخاری برقی در یک لحظه زمانی در خانه‌ای روشن باشد. با توجه به این که همه پریزها در یک زمان بار حمل نمی‌کنند، برای برآورد میزان بار می توان برای هر پریز عمومی جریانی در حدود ۰/۵ تا ۰/۷۵ آمپر و برای هر پریز آشپزخانه ۱ تا ۱/۵ آمپر در نظر گرفت.

بیشتر مقررات توصیه می‌کنند که پریزها به تعداد زیات نصب شوند به طوری که هیچ نقطه‌ای از دیوارهای اتاق بیشتر از ۲ تا ۳ متر از نزدیکترین پریز فاصله نداشته باشد. فضاهای کوچک بین درها مشمول این قاعده نیستند. در استاندارد آمریکایی که بسیاری از چراغها سیار هستند واز پریزها تغذیه می شوند فاصله ۲ متر رعایت می‌شود. این ترتیب نصب دستگاه‌ها را به نحو احسن امکان پذیر می‌کند و استفاده از سیمهای رابط را غیر ضوری می نماید. پریزهای آشپزخانه را در ارتفاع ۱۱ سانتیمتری در امتداد قفسه بندی و پریزهای نقاط دیگر را در ارتفاع حدود ۳۰ سانتیمتر نصب می کنیم.

۹-۲-۲- تعیین تعداد انشعابها برای تغذیه پریزها

با توجه به این که غالب بارها که از پریزها تغذیه می‌شوند کوچک هستند و به طور همزمان بارها به همه پریزها متصل نمی‌شوند به منظور کاهش هزینه سیم کشی می توان تعدادی از پریزها را روی یک انشعاب قرار دد. قرار دادن تا ۱۲ پریز روی یک انشعاب ۲/۵ خالی از اشکال است و در مواردی که بارهای بزرگتر مثل بخاریهای برقی مورد استفاده قرار نگیرند می‌توان تعداد بیشتری پریز را روی یک انشعاب قرار داد. با توجه به این که در آشپزخانه‌های امروزی وسایل برقی بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد توصیه می‌شود که حداقل یک انشعاب برای تغذیه پریزهای آشپزخانه در نظر گرفت. در استاندارد انگلیسی برای تغذیه پریزها از مدارهای حلقوی استفاده می‌شود، به این معنی که یک انشعاب ۲/۵ از روی یک فیوز ۱۶ آمپری شروع و پس از اتصال آخرین پریز به سر همان فیوز بر می‌گردد. بر اساس مقررات این گونه انشعاب می‌تواند هر تعداد پریز را که در ۱۰۰ متر مربع مساحت زیر بنا قرار داشته باشد تغذیه کند.

www.Kargosha.com

۹-۲-۳- کنترل بارهای کوچک خانگی

برای کنترل بارهای کوچک دو شاخه متصل به وسیله برقی برای قطع و وصل وسیله به کار گرفته می‌شود و سیستم کنترل بخصوصی به کار گرفته نمی‌شود. در مورد بارهای بزرگتر مثل بخاریهای برقی و جارو برقی خود وسایل به کلید کنترل مجهز هستند. برخی انواع پریزها هم به کلید کنترل مجهز هستند.

۹-۲-۴- حفاظت انشعابهای پریزها

حفاظت انشعابهای پریزها نظیر حفاظت انشعابهای روشنایی به اندازه سیم انشعاب بستگی دارد و اندازه وسایل حفاظتی با استفاده از جدول ۴-۷ انتخاب می شوند و در تابلو فیوزها قرار می‌گیرند.

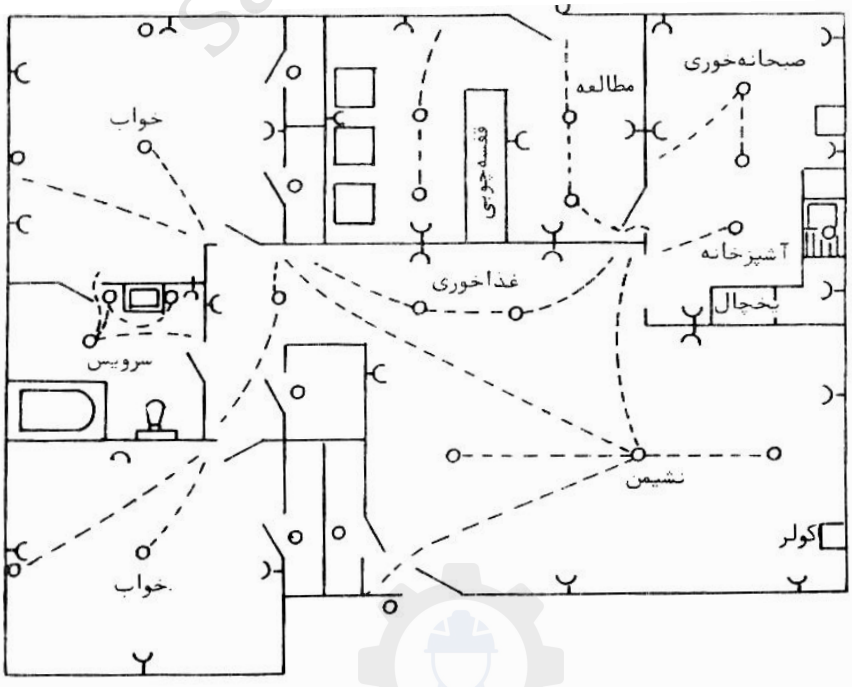
۹-۳- بارهای بزرگ خانگی

برای تغذیه بارهای بزرگ خانگی مثل اجاق برقی، آبگرمکن برقی، ماشین لباسشویی، ماشین خشک کن، ماشین اشغال خوردکن، ماشین ظرفشویی و تهویه مطبوع از انشعابهای جداگانه استفاده می‌کنیم. اندازه انشعاب و وسیله حفاظتی بر اساس ظرفیت وسیله انتخاب می شود. کنترل این گونه بارها توسط کلیدها در نزدیکی وسیله قرار می‌گیرد انجام می شود و حفاظت توسط فیوزها یا دیژنکتورهای مینیاتوری واقع در تابلو فیوزها انجام می شود.

۹-۴- نقشه برق کشی خانه‌های مسکونی

بر اساس ضوابط گفته شده محل چراغها و کلیدهای کنترل آنها و محل پریزها عمومی و همچنین محل بارهایی که نیاز به مدار مخصوص دارند روی نقشه (پلان) ترسیم می‌شود که نقشه برق کشی نامیده می‌شود. در بسیاری از این نقشه ها محل پریزهای تلفن، تلویزیون و زنگ اخبار نیز مشخص می گردد. شکل ۹-۱ نقشه برقی معمول یک خانه مسکونی دو اتاق خوابه را نشان میدهد.

در شکل تعداد چراغها ۳۰ عدد انتخاب شده است که بیشتر آنها سقفی و بعضی دیواری هستند. در بالای درهای ورودی خانه و بالای دستشویی، سرویس و ظرفشویی آشپزخانه چراغهایی نصب شده است. کلیدهای معمولی یک پل و دو پل که چراغ را از یک نقطه کنترل می کنند با حرف S_I مشخص شده‌اند.



شکل ۹ ـ ۱ : نقشه برقی یک خانه مسکونی دو اتاق خوابه

www.Kargosha.com

کلیدهای تبدیل برای کنترل روشنایی از دو نقطه بوده و با حرف S_2 مشخص شده‌اند. کلیدهای صلیبی در این نقشه فقط برای کنترل روشنایی اتاق نشیمن بوده و از سه نقطه کنترل می‌شود. این کلید با حرف S_3 مشخص شده است با فشار کلید S_3 همزمان سه لامپ در اتاق روشنایی روشن می‌شود. این لامپها با نقطه چین به هم وصل شده‌اند. در نقشه فوق هر کلید با علامت مربوط تعیین کنندهٔ نوع کلید مشخص شده است. با فشار یک کلید تبدیل همزمان دو لامپ در اتاق غذاخوری روشن می‌شود که می‌توان آن را از در خروجی آشپزخانه نیز کنترل نمود. با دقت در شکل ملاحظه می شود کلیدها در نزدیکی درهای ورودی و در سمت باز باز شدن آنها (طرف خلاف محل لولاها) قرار گرفته اند. تعداد پریزهای عمومی ۲۴ عدد در نظر گرفته شده است و تعداد پریزهای مخصوص آشپزخانه ۶ عدد می باشد که در شکل با حرف K در مقابل علامت پریز مشخص شده است. بارهایی که نیاز به مدار تغذیه مخصوص دارند ماشین لباسشویی به ظرف ۱/۳ اسب، ماشین فریزر به ظرفیت ۱/۳ اسب، ماشین خشک کن به ظرفیت ۱ اسب و کولر به ظرفیت ۱ اسب می‌باشند که در شکل نشان داده شده‌اند.

این گونه نقشه‌ها تعداد انشعابها، اندازه سیمها و اندازه وسایل حفاظتی را معین نمی‌کند و این مسئله مهم حتی در کارهای مهندسی که برق کشی با نقشه انجام می‌شود به عهده سیم کش گذاشته می‌شود. به منظور انجام کار به طور فنی و صحیح ارجح است که نقشه‌های کاملتری که تعداد انشعابها، اندازه سیمها و وسایل حفاظتی را نشان می‌دهد ترسیم و در اختیار سیم کش قرار گیرد.

۹-۵- تعیین تعداد و اندازه انشعابها

با توجه به این که سطح زیر بنا در حدود ۱۲۲ متر مربع است با روشنایی بر اساس ۳۰ وات بر متر مربع از این قرار می‌شود.

$$۱۲۲\times۳۰=۳۶۰۰\,\text{Watt}$$

$$I=\frac{3660}{220}=16.64\ Amp$$

بنابراین دو انشعاب اختیار می‌کنیم که هر یک از آنها در حدود ۱۵ چراغ را تغذیه کند. برای تغذیه پریزهای عمومی با توجه به آنها که ۲۴ عدد است ۲ انشعاب اختیار می کنیم که هر کدام ۱۲ پریز را تغذیه کند. برای تغذیه ۶ پریز مخصوص آشپزخانه یک انشعاب مخصوص در نظر می گیریم. برای تغذیه ماشین لباسشویی، خشک کن، فریزر و کولر نیز ۴ انشعاب جداگانه در نظر می‌گیریم. بنابراین تعداد کل انشعابها ۹ عدد می‌شود.

مقاطع انشعابها را از طریق روشهای فصل ششم محاسبه می کنیم. نظر به کوتاهی طول انشعابها معمولا افت ولتاژ کمتر از حد مجاز است و جریان مدار عامل تعیین کننده می باشد. نوع و اندازه وسایل حفاظتی را مطابق روشهای فصل هفتم انتخاب می کنیم. برای انشعابهای چراغها با توجه به جریان حدود ۸ آمپر در هر انشعاب سیم ۱/۵ با فیوز یا دیژنکتور مینیاتوری ۱۰ آمپری کافی است.

برای محاسبه انشعابهای پریزهای عمومی نظر به کوچکی بارها می توان ۰/۵ تا ۰/۷۵ آمپر برای هر پریز عمومی و ۱ تا ۱/۵ آمپر برای هر پریز آشپزخانه منظور نمود. به این ترتیب ظرفیت هر انشعاب پریزها در حدود ۱۵۰۰ وات می‌گردد که با استاندارد آمریکایی تطابق دارد و لذا سیم ۱/۵ برای انشعابها کافی است. لیکن با توجه به استفاده روز افزون از انرژی برقی ارجح است از سیم ۲/۵ با وسیله حفاظتی ۱۶ آمپری استفاده کنیم. به این ترتیب هر انشعاب حدود ۳/۵ کیلووات ظرفیت دارد و استفاده همزمان ا زدو بخاری برقی روی هر انشعاب در موقع اضطراری خالی از اشکال است.

برای انشعابهای ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۳ اسب و همچنین فریزر به ظرفت ۱/۳ اسب با استفاده از معادله (۶-۴) با احتساب راندمان ۰/۶ و ضریب قدرت ۰/۷ چنین می‌نویسیم:

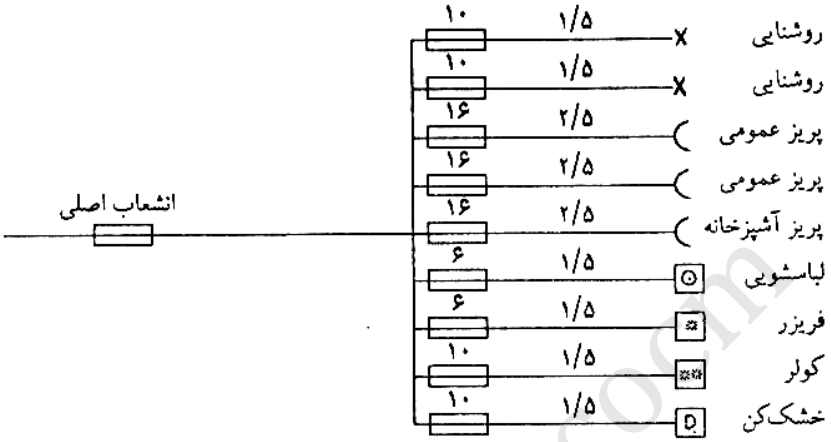
$$I=\frac{(\frac{1}{3})\times 746}{220\times 0.6\times 0.7}=2.69\ \ Amp$$

www.Kargosha.com

با استفاده از جداول (۵-۱) و (۵-۲) سیم ۱/۵ که دارای استحکام مکانیکی کافی می‌باشد انتخاب می‌کنیم و برای حفاظت آن بر اساس اصول فصل هفتم و شکل ۷-۱۹ فیوز ۶ آمپری تاخیری اختیار کنیم. برای انشعابهای کولر و خشک کن به ظرفیت ۱ اسب با استفاده از معادله (۶-۴) و احتساب راندمان و ضریب قدرت ۰/۷۰ چنین می‌نویسیم:

$$I = \frac{1 \times 746}{220 \times 0.7 \times 0.7} = 6.92 \quad Amp$$

با استفاده از جداول (۵-۱) و (۵-۲) سیم ۱/۵ با ظرفیت ۱۲ آمپر در حرارت ۴۵ درجه انتخاب می‌شود و با استفاده از اصول فصل هفتم و منحنی ۷-۱۹ فیوز تاخیری ۱۰ آمپری اختیار می کنیم. بنابراین شماتیک سیستم توزیع و انشعابهای خانه مسکونی شکل ۹-۱ به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۹ ـ ۲ : شماتیک سیستم توزیع خانه مسکونی شکل ۹ ـ ۱

برای محاسبه اندازه انشعاب اصلی مجموع بارها را در نظر گرفته و با توجه به این که این بارها به طور همزمان مورد بهره برداری نخواهند بود از ضریب مصرف همزمان استفاده می کنیم. در این محاسبات بار روشنایی و بارهای دیگر را بر اساس ظرفیت محاسبه شده در نظر می‌گیریم. بار هر پریز عمومی را ۰/۵ آمپر با ضریب قدرت متوسط ۰/۸ و بار هر پریز آشپزخانه را برابر ۱ آمپر با ضریب قدرت متوسط ۰/۸ در نظر می گیریم. به این ترتیب مجموع جریان بارها I_t از این قرار می‌شود.

$$I_t = 16.64\angle 0 + 6\times 1\angle -0.8 + 2\times 12\times 0.5\angle -0.8 + 2\times 2.69\angle -0.7 + 2\times 6.92\angle -0.7$$

$$I_t = 50.81\angle -28.86$$

با احتساب ضریب مصرف همزمان ۰/۵ جریان انشعاب اصلی چنین می‌شود.

$$50.81\times 0.5 = 25.40 \quad Amp$$

بنابراین کابل ۴ میلیمتر مربع و فیوز یا دیژنکتور ۳۵ آمپری انتخاب می‌شود.

با این که مقرراتی برای انتخاب ضریب مصرف همزمان وضع شده است انتخاب صحیح آن بستگی به تجربه مهندس محاسب دارد. در استاندارد آمریکایی برای مثال مجموع بارهای روشنایی و پریزها را بر اساس ۱۵۰۰ وات برای هر انشعاب محاسبه می کنند و برای ۳۰۰۰ وات اول ضریب ۱ و برای مابقی ضریب ۰/۳۵ در نظر می‌گیرند. برای بارهایی که از انشعابهای جداگانه تغذیه می‌شوند نیز ضریب ۱ اعمال می‌کنند. ضمنا جهت سهولت کار محاسبات اختلاف فازها را در نظر نمی‌گیرند.

مثال ۹-۲

به منظور مقایسه جریان انشعاب اصلی خانه مسکونی مورد بحث را با استفده استاندارد آمریکایی محاسبه کنید بارها به شرح جدول زیر می باشند.

www.Kargosha.com

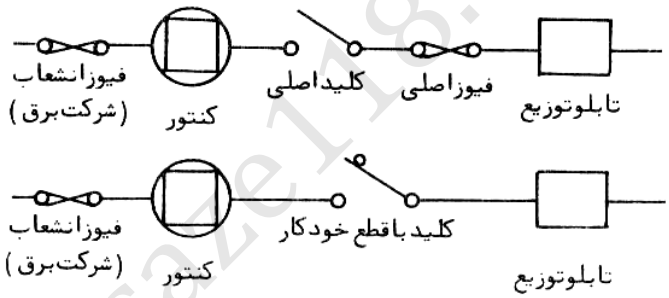
بار	توان کل	ضریب مصرف همزمان	توان
روشنایی	۳۶۶۰		
سه مدار پریز	۴۵۰۰		
مجموع روشنایی و پریز	۸۱۶۰		
۳۰۰۰ وات اول		۱	۳۰۰۰
۵۱۶۰ باقیمانده		۰/۳۵	۱۸۰۶
لباسشویی	۴۱۴/۵	۱	۴۱۴/۵
فریزر	۴۱۴/۵	۱	۴۱۴/۵
کولر	۱۰۶۵/۷	۱	۱۰۶۵/۷
خشک‌کن	۱۰۶۵/۷	۱	۱۰۶۵/۷
جمع			۷۷۶۶

$$I_t=7766\div220=35.3A$$

روشن است که این استاندارد محافظه کارانه است چون احتمال کار همزمان چهار ماشین کم است.

۹-۶- کنتور و تابلو توزیع

سیستم برق وردی به خانه‌های مسکونی مطابق شکل ۹-۳ می‌باشد



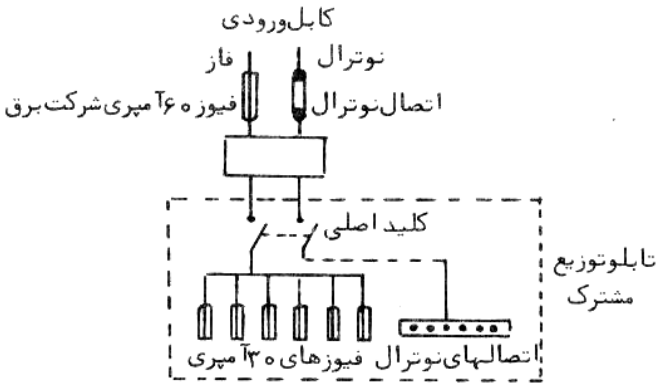
شکل ۹ ـ ۳ : سیستم برق ورودی به خانه

در غالب کشورها فیوز سر خط ورودی توسط شرکت برق نصب و مهر می‌گردد و مصرف کننده حق دست زدن به آن را ندارد. پس از این فیوز کنتور قرار دارد که میزان مصرف انرژی الکتریکی را بر حسب کیلو وات ساعت اندازه گیری می‌کند. در شکل (a) پس از کنتور از کلید اصلی و فیوز و در شکل (b) از دیژنکتور استفاده شده که در اختیار مصرف کننده می باشند. این کلید و فیوز با دیژنکتور برای کنترل و حفاظت سیستم خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از این وسایل تابلو توزیع قرار می‌گیرد که از آن انشعابهای لازم از طریق فیوزها یا دیژنکتورهای محافظ گرفته می شود. نقشه دو خطی یک سیستم تک فاز در شکل ۹-۴ نشان داده شده است.

به طوری که ملاحظه می‌کنید فیوز شرکت برق تنها روی فاز تعبیه شده و سیم نوترال از طریق تیغه‌ای که در هنگام تعمیر یا آزمایش به سهولت قابل باز شدن است متصل می‌باشد. تابلو توزیع نشان داده شده در شکل ۶ راهه است، به این معنی که ۶ انشعاب از آن خارج می‌شود. دقت کنید که در تابلو توزیع هم فیوزها تنها روی سیمهای فاز قرار دارند و نوترال مدار بدون فیوز از طریق تیغه نوترال به سیم نوترال متصل می‌باشند.

این تابلوهای توزیع برای سیستمهای تک فاز یا سه فاز با فیوزها یا دیژنکتورهای محافظ در شکلهای مختلف به صورت ۶، ۹ یا ۱۲ راهه می شوند. تابلوهای توزیع امروزی از نظر اندازه کوچک و از نظر شکل و رنگ زیبا هستند وبه زیبایی ساختمان لطمه نمی‌زنند.

www.Kargosha.com



شکل ۹ ـ ۴ : سیستم برق تک‌فاز ورودی به خانه

خانه‌های کوچک معمولا از برق تک فاز تغذیه می شوند و کنتورهای تک فاز در اندازه‌های استاندارد، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ آمپر ساخته می شوند. خانه‌های بزرگتر که مصرف بیشتر دارند از برق سه فاز استفاده می‌کنند. کنتورهای سه فاز در اندازه‌های استاندارد ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۶۰ آمپر ساخته می‌شوند.

نظر به این که بارهای بزرگتر برقی در خانه‌های مسکونی در آشپزخانه و زیر زمین متمرکز هستند کابل ورودی را در نزدیکی این مراکز به خانه وارد می کنیم و کنتور و متعلقات آن و تابلو توزیع نیز در چنین محلی نصب می شود به طوری که خواندن کنتور توسط مامور اداره برق و دسترسی به تابلو توزیع به سهولت میسر باشد.

saze118.com
A.N.T
www.Kargosha.com

فصل دهم

طرح سیستم برق مراکز صنعتی

سیستم برق مراکز صنعتی به منظور تغذیه مصرف کننده‌هایی نظیر موتورهای برقی، کوره‌های برقی ، تاسیسات تجزیه الکتریکی و آبکاری، ماشینهای جوشکاری الکتریکی و غیره طرح ریزی می‌شود. در بیشتر مصارف صنعتی برق به صورت متناوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی کاربردها نظیر تجزیه الکتریکی و آبکاری از برق مستقیم استفاده به عمل می‌آید. برق متناوب غالبا در فرکانس ۵۰ سیکل بر ثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد لیکن در بعضی کاربردها نظیر کوره‌های القایی از فرکانس بالاتر تا حدود ۸۰۰۰ سیکل بر ثانیه استفاده به عمل می‌آید. ولتاژ مصرفی هم از ۳۸۰ ولت در بارهای کوچک تا ۱۱۰۰۰ ولت در بارهای بزرگ فرق می‌کند. در ابتدا نیروگاه‌های برقی در مجاورت یا در داخل کارخانه‌ها یا مراکز صنعتی بزرگ ساخته می‌شد. امروزه بیشتر نیروگاه‌ها در نقاطی که سوخت و منابع آبی موجود است و معمولا دور از مراکز مصرف هستند ساخته می شوند و انرژی برقی ارزان قیمت از طریق خطوط انتقال ولتاژ قوی به مراکز مصرف منتقل می‌گردد. در زمان حاضر هم با وجود استفاده از انرژی برقی شبکه، در غالب کارخانجات به دلایل زیر نیروگاه‌های کوچکی ساخته می شود:

الف- نیاز به انرژی اضطراری برای بارهای مهم

ب- نیاز به بخار آب برای احتیاجات حرارتی یا صنعتی.

پ- لزوم استفاده از گازهای سوختنی تولیدی درکارخانه

به طور کلی چه مواردی که از برق شبکه استفاده می شود و چه در مواردی که از نیروگاه اختصاصی استفاده به عمل می‌آید شبکه توزیع کارخانه باید طوری طرح ریزی شود که خصوصیات زیر را دارا باشد:

الف- انرژی قابل اطمینان به همه بارها برسد. میزان اطمینان لازم برای بارهای مختلف متفاوت است و بر این اساس بارها را به سه نوع مختلف تقسیم می‌کنیم. در بارهای نوع اول هر گونه قطع برق موجب به خطر افتادن جان کارکنان و وارد شدن صدمات به وسایل می گردد. در بارهای نوع دوم قطع برق موجب توقف خط تولید و وضایع شدن وقت کارگران می‌شود. بارهای کم اهمیت تر دیگر را بارهای نوع سوم می گوییم. بارهای نوع اول باید حداقل از طریق دو منبع مستقل تغذیه شوند تا در صورت قطع یک منبع، منبع دیگر به کار تغذیه ادامه دهد (منابعی مستقل نامیده می شوند که اختلال در یکی از آنها موجب اختلال در دیگری نشود.) بارهای نوع دوم ممکن است از دو منبع مستقل استفاده کنند. در تغذیه بارهای نوع سوم استفاده از دو خط کافی است.

ب- بهره برداری از دستگاه ها به سهولت ممکن باشد.

پ-سیستم توزیع کمترین هزینه اولیه را داشته باشد.

ت- سیستم کمترین هزینه تعمیراتی و تلفات انرژی را داشته باشد.

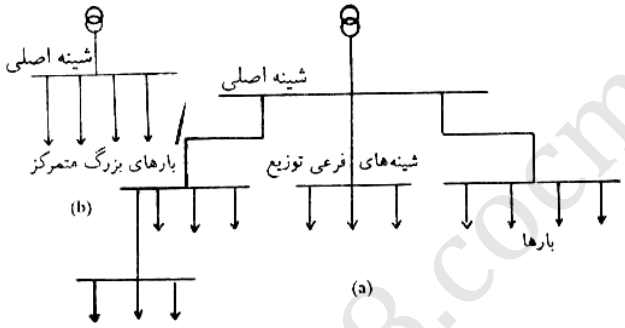
www.Kargosha.com

ث- سیستم به طور سریع قابل نصب و تکمیل باشد.

در این فصل سیستم برق مراکز صنعتی، محاسبات انشعابها و کنترل و حفاظت انشعابها را مورد توجه قرار می دهیم.

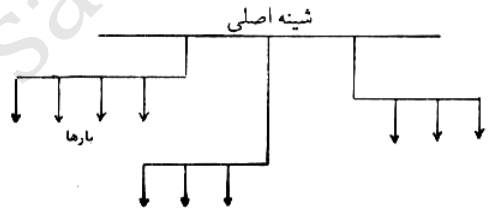
۱۰-۱-سیستم های توزیع برق در مراکز صنعتی

غالب مراکز صنعتی دارای پست یا پستهای خصوصی هستند که در آنها انرژی خریداری شده در ولتاژ بالا یا انرژی تولید شده به ولتاژ مصرفی تبدیل می شود. توزیع برق در مراکز صنعتی به دو صورت مختلف انجام می شود. در روش اول که به روش شعاعی معروف است و دو نوع آن در شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است خطوط معمولاً به صورت کابل زیرزمینی از شینهای اصلی توزیع به مراکز بار کشیده می شود. خصوصیات مهم سیستم های شعاعی این است که خطوط تغذیه کننده در امتداد طول خود باری را تغذیه نمی کنند و تنها توان الکتریکی رابه مراکز بارها می رسانند و لذا برای تغذیه بارهای متمرکز مناسب هستند. در شکل (a) هر مرکز بار شامل بارهای متعدد کوچک یا متوسط است. در شکل (b) هر مرکز بار تنها دارای یک بار بزرگ است.



شکل ۱۰-۱: سیستم توزیع شعاعی

در روش دوم که به روش مداری معروف است و در شکل ۱۰-۲ نشان داده شده است خطوط از شینها کشیده می شوند و در امتداد طول خود بارها را تغذیه می کنند و بنابراین برای تغذیه بارهای غیر متمرکز مناسب هستند.



شکل ۱۰-۲: سیستم توزیع مداری

در مقایسه دو روش نتایج زیر گرفته می شود:

الف- هزینه سیستم های مداری به دلیل اینکه وسایل کنترل و حفاظت کمتری دارند از سیستم های شعاعی کمتر است.

ب- در سیستم های مداری می توان از روش های نوین سیم کشی مانند سیستم شینه ای که در فصل هشتم مورد بحث قرار گرفت استفاده نمود.

ج- سیستم مداری از اطمینان کمتری برخوردار است چون در صورت بروز اشکالی در هر نقطه مدار اصلی برق رسانی به بارهای دیگر غیر ممکن می شود.

لذا نتیجه می گیریم که سیستم های شعاعی از وسایل کنترل و حفاظت بیشتری استفاده می کنند، نصب آنها مدت بیشتری طول می کشد و هزینه بیشتری در بردارد لیکن از اطمینان بالاتری برخوردار است.

www.Kargosha.com

۱۰-۲- خصوصیات سیستم های توزیع برق در مراکز صنعتی

دو خصوصیت مهم سیستم های برقی ولتاژ و فرکانس آنهاست و لازم است برای عملکرد صحیح دستگاه ها ثابت نگاه داشته شوند. براساس مقررات تغییر ولتاژ برای مدارهای روشنایی چراغهای روشنایی نباید از۲/۵ درصد مقدار اسمی و در مورد موتورها از ۵± درصد مقدار اسمی متجاوز گردد. در چراغ های روشنایی ولتاژ کمتر از مقدار اسمی میزان روشنایی را خیلی کاهش می دهد و ولتاژهای بیشتر از مقدار اسمی عمر مفید آنها را کاهش می دهد. در مورد موتورها ولتاژهای کمتر از مقدار اسمی کوپل تولید شده موتورها را کاهش می دهد و ولتاژهای بالاتر سبب بالا رفتن فلوی مغناطیسی ماشین و افزایش تلفات حرارتی و کاهش عمر مفید موتورها می گردد. با اینکه در نیروگاه ها ولتاژ به طور اتوماتیک ثابت نگاه داشته می شود، به علت تغییر بار در کارخانه و تغییرات افت ولتاژ در خطوط انتقال و توزیع ولتاژ تغییر می کند. برای نگاه داشتن ولتاژ در محدوده مجاز از خازن های تصحیح ضریب قدرت یا تغییر دهنده های خودکار تعداد دورهای سیم پیچ در ترانسفورماتورهای توزیع ویا اتصال موازی مولد خصوصی کارخانه با شبکه توزیع استفاده می شود.

با این فرکانس در نیروگاهها به طور اتوماتیک کنترل می شود تغییرات ناگهانی بار موجب نوساناتی در فرکانس می شود. غالب مقررات تغییرات فرکانس را در حدود ۱± درصد و یا ۰/۵± سیکل بر ثانیه در فرکانس استاندارد ۵۰ مجاز می دانند. زیاد شدن فرکانس سبب کاهش فلوی مغناطیسی در موتورها و افزایش سرعت آنها می شود. کم شدن فرکانس موجب افزایش فلوی مغناطیسی و ازدیاد تلفات حرارتی می گردد.

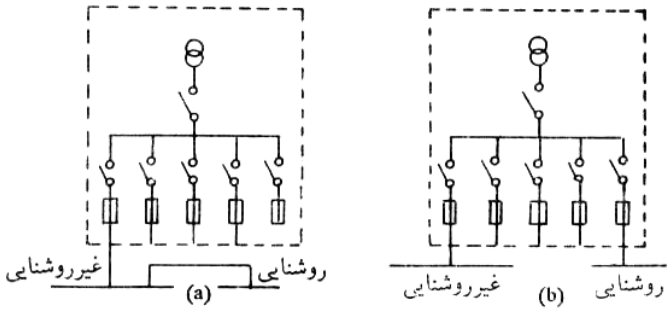
۱۰-۳- بارهای روشنایی مراکز صنعتی

در مراکز صنعتی دو نوع بار روشنایی دیده می شود. یکی بار روشنایی اصلی که هدف آن تأمین رو شنایی لازم برای انجام کارها و عملیات است، دیگری بار روشنایی اضطراری که در صورت قطع روشنایی اصلی مورد استفاده قرار میگیرد و هدف آن تأمین روشنایی به طور موقت برای ادامه کارهای ضروری و یا تخلیه کارکنان از ساختمان هاست. بارهای روشنایی اصلی هم به دو دسته تقسیم می شوند؛ یکی روشنایی عمومی که هدف آن تأمین روشنایی در یک ناحیه نسبتاً بزرگ نظیر یک کارگاه یا یک انبار است و دیگری روشنایی موضعی که هدف آن ایجاد روشنایی در ناحیه کوچک نظیر محدوده یک ماشین تراش و یا اطراف چراغ های سیار می باشد. در بیشتر مراکز صنعتی نظیر خانه های مسکونی برای روشنایی از ولتاژ ۲۲۰ ولت استفاده به عمل می آید. باید توجه داشت که استفاده به عمل می آید. باید توجه داشت که استفاده از این ولتاژها تنها در مکانهای خشک و خنک بدون گرد و خاک و بخار آب که دارای کفهای غیر هادی و فاقد اجسام فلزی متصل به زمین باشند ممکن است، زیرا در این گونه مراکز خطر برق گرفتگی زیاد است و لازم است از ولتاژهای کم در حدود ۱۲ تا ۳۶ ولت استفاده شود که از طریق ترانسفورماتورهای مخصوص تأمین می شود. بارهای روشنایی موضعی چه ثابت و چه سیار به دلیل اینکه درست در محل کار قرار می گیرند و کارگرآن در حال کار به کرات با آنها تماس حاصل می کنند حتماً باید از ولتاژ کم استفاده کنند. در این موارد به دلایل امنیتی از ولتاژ بیشتر از ۳۶ ولت استفاده نمی شود. در چراغهای دستی که در مواقع بازسازی داخل دیگهای بخار و مخازن مورد استفاده قرار نمی گیرند عموماً از ولتاژ ۱۲ ولت استفاده به عمل می آید. برای تغذیه بارهای روشنایی می توان از مدارهای مخصوص که به این منظور از پست توزیع کشیده می شود استفاده کرد و یا تابلو روشنایی را از طریق خط تغذیه که بارهای صنعتی را تغذیه می کنند تغذیه نمود. درشکل ۱۰-۱۳ این دو روش تغذیه بارهای روشنایی نشان داده شده است. در شکل (a) بارهای روشنایی و غیر روشنایی از یک مدار تغذیه شده اند و در شکل (b) دو مدار مختلف برای این دو نوع بار در نظر گرفته شده است روش (a) ارزانتر تمام می شود لیکن در آن کاهش نور چراغها در موقع راه اندازی موتورهای بزرگ بیشتر است و ممکن است در مواردی غیر قابل قبول باشد درحالات کلی استفاده از روش (b) علی رغم هزینه بیشتر آن ارجح است . در مواردی که روشنایی از طریق ترانسفورماتورهای کاهنده تغذیه می شود این ترانسفورماتورها قبل از تابلو روشنایی مربوط قرار می گیرند .

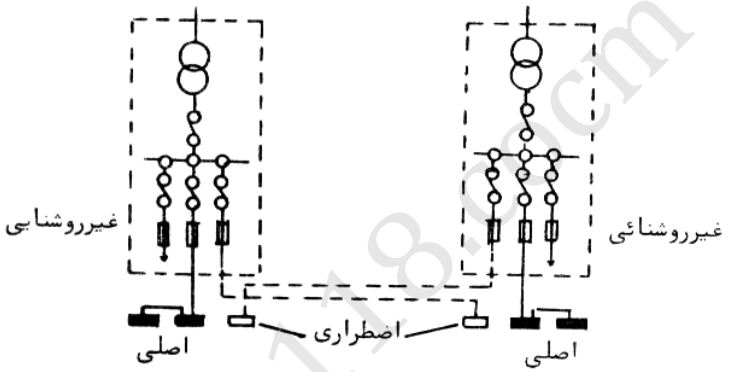
قطع برق روشنایی و خاموشی کامل در مراکز صنعتی ممکن است ضایعاتی به بار آورد به این منظور چراغهای اضطراری به تعداد محدود در نقاطی که بروز حوادث محتمل است نصب می شوند روشنایی اضطراری از مدار مستقل و در صورت امکان از

www.Kargosha.com

ترانسفورماتور دیگری در پست اصلی که حکم یک منبع مستقل را دارد تامین می شود . این روز در شکل ۱۰-۴ نشان داده شده است پست نشان داده شده دارای دو ترانسفورماتور کاهنده است و روشنایی اصلی و اضطراری هر قسمت ، از ترانسفورماتورهای مختلف گرفته شده است .



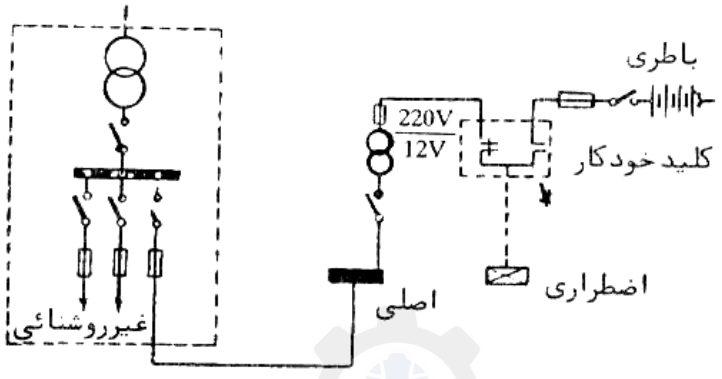
شکل ۱۰ ـ ۳ : دو روش تغذیه مدارهای روشنایی



شکل ۱۰ ـ ۴ : تغذیه مدارهای روشنایی اضطراری

در مواردی که احتمال قطع همزمان دو ترانسفورماتور وجود داشته باشد و روشنایی اضطراری هم ضرورت داشته باشد که از یک سیستم جریان مستقیم استفاده می شود که در صورت قطع برق به طور خودکار مدار روشنایی اضطرارای را می بندد (شکل ۱۰-۵)

کلید دو راهه نشان داده که در شکل ۱۰-۵ در عمل یک کلید خودکار است ، در صورت قطع برق متناوب بسته می شود و روشنایی اضطراری را از باطریها تغذیه می کند .



شکل ۱۰ ـ ۵ : روشنایی اضطراری با استفاده از جریان مستقیم و متناوب

www.Kargosha.com

۱۰-۳- ۱- تعیین میزان با روشنایی

میزان بار روشنایی را می توان با انجام محاسبات روشنایی به طور دقیق تعیین کرد میزان روشنایی لازم بسته به نوع و ظرافت فعالیت صنعتی از حدود ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰ لوکس متغیر است . ارقام کوچک برای کار غیر ظریف روی قطعات بزرگ و ارقام خیلی بزرگ برای بخشهای بازرسی و کنترل کیفیت مصنوعات ظریف مثل پارچه هاست . با توجه به اینکه لامپهای التهابی به ازاء هر وات در حدود ۲۰ لومن توان نوری تولید می کنند ارقام فوق در حدود ۱۵ تا ۱۳۳۰ وات بر متر مربع می شود به علت راندمان نوری بالاتر (حدود ۸۰ لومن بر وات در لامپهای فلورسنت و حدود ۱۲۰ لومن بر وات در لامپهای سدیم) در استفاده از لامپهای فلورسنت $\frac{1}{4}$ و در مورد لامپهای سدیم $\frac{1}{6}$ توانهای ذکر شده در بالا کافی است .

مثال ۱۰-۱

در کارگاه سیم پیچی یک کارخانه سازنده وسایل برقی ، روشنایی لازم ۱۲۰۰ لوکس است و چراغهای التهابی مورد استفاده می باشد ابعاد کارگاه ۱۰×۲۰ متر است میزان توان برای تامین روشنایی لازم چقدر است ؟

$$۲۰\times۱۰=۲۰۰$$

$$۲۰۰\times۱۲۰۰=۲۴۰،۰۰۰$$

با فرض راندمان نوری ۲۰ لومن بر وات توان لازم چنین است .

$$۲۴۰،۰۰۰\div۲۰=۱۲۰۰۰ \qquad w=۱۲\ Kw$$

۱۰-۳-۲- تعیین تعداد انشعابهای روشنایی

هر انشعاب روشنایی را برای جریان در حدود ۱۰ آمپر یا ۶ آمپر طرح ریزی می کنیم در این حالات به ترتیب از سیمهای استاندارد ۱/۵ و ۲/۵ در لوله استفاده می کنیم مقررات تغذیه بیش از ۲۰ چراغ را از یک انشعاب جایز نمی دانند تا در صورت قطع یک فیوز قسمت بزرگی از ساختمان در تاریکی فرو نرود . بر ای اساس ملاحظه می کنید که در مراکز صنعتی تعداد مدارهای روشنایی خیلی زیاد است . برای جلوگیری از افت ولتاژ زیاد ، تابلوهای توزیع روشنایی متعددی در نقاط مختلف کارگاهها قرار می دهیم این تابلوهای توزیع را در مرکز نقل بار قسمت مربوط نصب می کنیم تابلوهای توزیع تک فاز می توانند محوطه ای به شعاع حدود ۲۵ متر و تابلوهای سه فاز می توانند محوطه ای به شعاع حدود ۷۵ متر را بدون افزایش افت ولتاژ از حد مجاز تغذیه کنند .

مثال ۱۰-۲

تعداد انشعابهای و تابلوهای توزیع لازم را در مثال ۱۰-۱ تعیین کنید .

$$۱۲۰۰۰\div۲۲۰ = ۵۴۵\ Amp$$

تعداد انشعابها $۵۴/۵\div۱۶\approx۴$

فاصله هیچ نقطه کارگاه از دورترین نقطه ممکنه بیش از ۲۵ متر نیست و لذا یک تابلو توزیع لازم است .

۱۰-۳-۳- کنترل انشعابهای روشنایی

انشعابهای روشنایی طوری انتخاب می شوند که هر کدام چراغهای قسمت معینی از کارگاه را روشن یا خاموش کنند و روشنایی قسمتهای مختلف روی یک انشعاب قرار داده نمی شود . در این موارد جهت کنترل چراغها از کلیدهایی که در تابلوی توزیع انشعابها قرار می دهیم استفاده می کنیم و هر کلید یک انشعاب را قطع یا وصل می کند در مواردی که تغذیه چراغهای قسمت معینی از کارگاه را روشن یا خاموش کنند و روشنایی قسمتهای مختلف روی یک انشعاب قرار داده نمی شود در این موارد جهت کنترل چراغها از کلیدهایی که در تابلوی توزیع انشعابها قرار می دهیم استفاده می کنیم و هر کلید یک انشعاب را قطع یا وصل می کند در

www.Kargosha.com

مواردیکه تغذیه چراغهای قسمتهای مختلف از طریق یک انشعاب ضروری باشد کلید کنترل هر قسمت را نزدیک درب ورودی آن قسمت قرار می دهیم کلیدها بسته به مداری که کنترل می کنند یک قطبی یا سه قطبی انتخاب می شوند .

۱۰-۳-۴-حفاظت انشعابهای روشنایی

برای حفاظت مدارهای روشنایی مراکز صنعتی از فیوزها یا دیژنکتورهای مینیاتوری استافده می کنیم و آنها را در تابلو توزیع انشعابها قرار می دهیم . در صورتی که سیم انشعاب ۲/۵ انتخاب شده باشد از وسیله حفاظتی ۱۶ آمپری و در موارد نادری که سیم ۱/۵ انتخاب شده باشد از وسیله حفاظتی ۱۰ آمپری استفاده می کنیم.

۱۰-۴- بارهای غیر روشنایی (صنعتی) در مراکز صنعتی

بارهای برقی صنعتی از چند گروه تشکیل می شوند :

دسته اول موتورهای برقی که کمپرسورهای ،پنکه ها ونتیلاتورها و تلمبه ها را می گردانند می باشند . در این موارد به علت قیمت نسبتاً ارزان و نیازهای تعمراتی کم و تغییرات سرعت کم با تغییرات بار ، غالباض موتورهای القایی سه فاز انتخاب می شوند که با برق ۵۰ سیکل و ولتاژی از ۳۸۰ ولت در موتورهای کوچک تا ۱۱ کیلو ولت در موتورهای بزرگ کار می کنند ضریب قدرت این موتورهای در حدود ۰/۸۵ است به ندرت برای ضریب قدرت بهتر از موتورهای سنکرون که گرانتر هستند استفاده به عمل می آید .

دسته دوم موتورهایی است که وسایل بالابرنده (جراثقال) و تسمه های نقاله را به حرکت در می آورند در سالیان گذشته در این موارد از موتورهای جریان مستقیم که کنترل سرعت آنها به سهولت ممکن است استفاده به عمل می آمد لیکن امروزه با پیدایش روشهای مناسبی برای کنترل سرعت موتورهای القایی این موتورهای رفته رفته جانشین موتورهای جریان مستقیم گردیده اند .

دسته سوم موتورهای گرداننده ابزار برقی و وسایل کار مانند انواع مته ها و ماشینهای تراش و غیره است که از نظر تعداد بسیار با اهمیت است این موتورها غالباً از برق ۵۰ سیکل ۳۸۰ ولت تغذیه می شوند .

دسته چهارم بارهای برقی صنعتی مثل کوره های برقی و کوره های القایی هستند که برای ذوب فلزات به کار گرفته می شود و مصرف کننده های خیلی بزرگی به شمار می آیند در کوره های برقی از فرکانس استاندارد ۵۰ سیکل و در کوره های القایی از فرکانسهای زیاد تا حدود ۱۰ کیلو سیکل استفاده به عمل می آید که توسط مولدهای مخصوصی تولید می شود ضریب قدرت کوره های برقی در حدود ۰/۹ است و در کوره های القایی تا حدود ۰/۷ پایین می آید بارهای دیگر با اهمیت ماشینهای جوشکاری ، برش و پرس و غیره است که غالباً از برق ۵۰ سیکل ۳۸۰ ولت استفاده می کنند .

۱۰-۴-۱- تعیین میزان بار صنعتی

به طوری که در بالا دیدیم بیشتر بارهای برقی صنعتی را موتورها تشکیل می دهند در انتخاب موتور برقی برای انجام یک کار معین پیوسته به علل اقتصادی سعی بر این است که کوچکترین موتور ممکنه که قادر به انجام مورد نظر است انتخاب شود . موتور بزرگتر همین کار را انجام می دهد لیکن به علت قیمت بیشتر اقتصادی نمی باشد . حداکثر کاری که یک موتور می تواند انجام دهد و یا ظرفیت یک موتور برقی را درجه حرارت آن در حین کار معین می کند در صورتی که از موتوری بیشتر از ظرفیت آن کار گرفته شود تلفات حرارتی آن افزایش می یابد و با بالا رفتن درجه حرارت آن از حد مجاز موجب خرابی عایق بندی آن و بالاخره سوختن موتور می شود . در صورتی که بار مکانیکی ثابت باشد موتوری به ظرفیت اسمی برابر میزان بار انتخاب می شود .

برای مثال تلمبه ای را در نظر بگیرید که باید Q متر مکعب از مایعی به وزن مخصوص ۲ کیلوگرم بر متر مکعب را در هر ثانیه به ارتفاع h متر تلمبه کند توان مکانیکی لازم از این قرار است :

www.Kargosha.com

$$p = \gamma Q h \quad \text{kgm/sec}$$

$$= 9.81 \gamma Q h \quad Nm/sec$$

$$\frac{\gamma O h}{101.94} \; KW$$

در صورتی که راندمان تلمبه را برابر π فرض کنیم ظرفیت موتور لازم از این قرار است :

$$p = \frac{\gamma O h}{101.94 \eta} \qquad (۱-۱۰)$$

مثال ۱۰-۳

یک الکتروپمپ ۱ متر مکعب نفت را در هر ثانیه تلمبه می کند اختلاف سطح لازم با احتساب اصطکاک لوله ها برابر ۵۰ متر است . وزن مخصوص نفت ۸۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب است راندمان تلمبه را ۰/۹ فرض و ظرفیت موتور را محاسبه کنید .

با استفاده از (۱-۱۰) $p = \frac{870 \times 1 \times 50}{101.94 \times 0.9} = 474.15 \; kw$

در صورتی که بار پیوسته برقرار باشد لیکن با زمان تغییراتی داشته باشد انتخاب موتور بر اساس حداکثر بار ممکن است لیکن گرآن تمام می شود و بهتر است موتور براساس بار معادل انتخاب شود . اگر توان بار در مدت زمان t_1 برابر p_1 و در مدت زمان t_2 برابر p_2 باشد توان معادل چنین است

$$p_{eq} = \sqrt{\frac{p_1 t_1 + p_2 t_2}{t_1 + t_2}} \qquad (۲-۱۰)$$

البته در این روش انتخاب فرض بر این است که موتور برای مدت کوتاه می تواند باری بیشتر از ظرفیت خود حمل کند در صورتی که به جای دو وضعیت بار حالات متعدد تغییر بار داشته باشیم معادله بالا را به سهولت تعمیم می دهیم .

مثال ۱۰-۴

یک موتور القایی انتخاب کنید که بار متغیری را در سرعت ۷۳۰ دور در دقیقه بگرداند میزان کوپل به مدت ۱۰ ثانله برابر ۴۱ کیلوگرم متر (۴۱×۹/۸۱ نیوتن متر) و برای ۳۰ ثانیه بعدی ۲۸/۱۶ کیلوگرم و در ۴۶ ثانیه اخر ۸ کیلوگرم متر است و این سیکل مرتباً تکرار می شود .

$$T_{eq} = \sqrt{\frac{(41)^2 \times 10 + (28.16)^2 \times 30 + (8)^2 \times 46}{10 + 30 + 46}} = 22.50 \; kgm$$

حال باید دید که آیا این موتور با کوپل اسمی ۲۲/۵ کیلوگرم متر قادر به ایجاد کوپل ۴۱ کیلوگرم متر می باشد در بسیاری موتورهای القایی نسبت کوپل حداکثر قابل تولید به کوپل اسمی برابر ۱/۷ است

بنابراین کوپل اسمی چنین است :

$$T_r = \frac{41}{1.7} = 24.12$$

که قدری بزرگتر از مقدار معادل محاسبه شده است و لذا این مقدار انتخاب می شود بر این اساس ظرفیت موتور از این قرار می شود :

$$P_r = (24.12 \times 9.81)\left(\frac{730 \times 2\pi}{60}\right) = 18 \text{ kw}$$

www.Kargosha.com

در بارهای نظیر جراثقال بار به مقدار p_1 برای مدت کوتاه t_1 برقرار است سپس برای مدتی برداشته می شود و موتور برای مدت t_{c1} قطع می شود و سپس بار با میزان p_2 برای مدت t_2 وارد می شود و سپس بار برداشته و موتور برای مدت t_2 وار می شود و سپس بار برداشته و موتور برای مدت t_{c2} قطع می گردد و این سیکل همچنآن تکرار می شود . در این صورت توان معادل برای کار غیر مداوم را مطابق رابطه زیر معین می کنیم .

$$p_{eq} = \sqrt{\frac{p_1 t_1 + p_2 t_2}{t_1 + tc_1 + t_2 + tc_2}} \qquad (۳-۱۰)$$

$$p_{eq} = \sqrt{\frac{p_1 t_1 + p_2 t_2}{t_1 + t_2}} \cdot \sqrt{\frac{t_1 + t_2}{t_1 + tc_1 + t_2 + tc_2}}$$

و یا

و با استفاده از تعاریف زیر برای توان معادل برای کار مداوم $P_{eq,id}$ و نسبت برقراری $\in$

$$P_{eq,id} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2}{t_1 + t_2}} \qquad (۴-۱۰)$$

$$\in = \frac{t_1 + t_2}{t_1 + tc_1 + t_2 + tc_2} \qquad (۵-۱۰)$$

رابطه بالا چنین می شود

$$p_{eq} = p_{eq,id}\sqrt{\in}$$

ظرفیت موتورهای برای کار غیر مداوم بر حسب $\in$و$p_{eq,id}$ معین می شود و این مقادیر در تابلو مشخصات موتورهای درج می شود این گونه موتورها را برای مقادیر استاندارد $\in$ و $p_{eq,id}$ می سازند .

تعیین جریان موتور به منظور انتخاب اندازه انشعاب مطابق روشهای فصل ششم انجام می شود در استاندارد امریکایی با توجه به بار اضافی که موتورگاه به گاه حمل می کند ظرفیت سیم انشعاب را ۱/۲۵ برابر اسمی موتور اختیار می کنند

مثال ۱۰-۵

یک موتور القایی مناسب برای حمل بار غیر مداوم تناوبی زیر انتخاب کنید .

P_1 برابر ۳۵ کیلو وات به مدت ۳ ثانیه

P_2 برابر ۱۷ کیلو وات به مدت ۲۰ ثانیه

توقف به مدت ۲۰ ثانیه

P_3 برابر ۳۵ کیلووات به مدت ۲ ثانیه

P_4 برابر ۱۳ کیلو وات به مدت ۱۵ ثانیه

توقف به مدت ۴۰ ثانیه

$$p_{eq,id} = \sqrt{\frac{35^2 \times 3 + 17^2 \times 20 + 35^2 \times 2 + 13^2 \times 15}{3 + 2 + 2 + 15}} = 19\,kw$$

$$\in = \frac{3 + 20 + 2 + 15}{3 + 20 + 20 + 2 + 15 + 40} = 0.4$$

بنابراین موتوری با توان اسمی ۱۹ کیلو وات و نسبت برقراری بار ۰/۴ انتخاب می کنیم که بار معادل مداوم آن به شرح زیر می شود .

$$P_{eq}=19\sqrt{0.4}=12\ \text{kw}$$

www.Kargosha.com

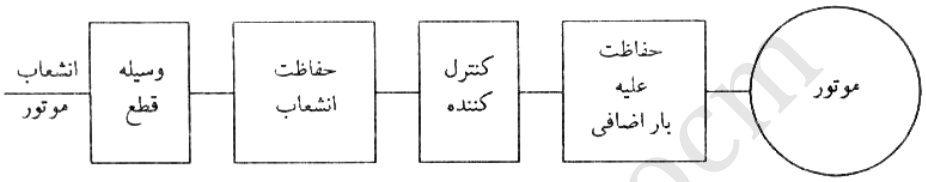
میزان بارهای دیگر مثل کوره های حرارتی را براساس میزان حرارت مورد نیاز محاسبه می کنیم.

۱۰-۴-۲- تعداد انشعابها برای بارهای صنعتی

بیشتر ضوابط توصیه می یکنند که برای تغذیه هر موتور و یا هر وسیله صنعتی دیگر از یک انشعاب اختصاصی استفاده به عمل آید در صورتی که بیش از یک موتور یا وسیله برقی در نقطه ای مستقر باشد یک مدار تغذیه کننده (مداری که در بین راه هیچ وسیله ای را تغذیه نمی کند) به تابلو توزیعی در محل آورده می شود و از آنجا انشعابهای اختصاصی برای هر موتور یا وسیله برقی گرفته می شود . البته قرار دادن بیش از یک موتور یا وسیله برقی روی یک انشعاب در مورد موتورهای کوچک براساس بسیاری از استانداردها مجاز بوده و تابع مقررات مخصوص به خود می باشد .

۱۰-۴-۳- کنترل انشعابهای موتورهای

وسایل کنترل و حفاظت هر انشعاب موتور در شکل ۱۰-۶ نشان داده شده است



شکل ۱۰ ـ ۶ : وسایل کنترل و حفاظت انشعاب موتور

به طوری که ملاحظه می کنید دو وسیله کنترل یکی قطع کننده و دیگری کنترل کننده به کار گرفته شده‌اند. وظیفه وسیله قطع کننده قطع کامل برق از مدار است به طوری که کار تعمیر روی موتور یا وسیله گردانده شده، وسایل حفاظتی و یا کنترولر را امکان پذیر نماید. این وسیله باید دارای ظرفیت کافی برای حمل جریان موتور در حین کار باشد و باید بتواند همه سیمهایی را که زمین نشده‌اند به طور همزمان قطع کند. این وسیله باید از محل استقرار موتور قابل رویت باشد و باز یا بسته بودن آن مشخص باشد. در غیر این صورت باید بتوان آن را در وضعیت باز قفل نمود.

کنترولر عمل روشن کردن، خاموش کردن یا معکوس نمودن جهت گردش موتور را انجام می‌دهد. این وسیله می‌تواند دستی یا خودکار عمل کند. این وسیله باید ظرفیتی برابر ظرفیت موتور داشته باشد و تنها تعدادی از سیمها را که برای انجام عمل لازم است قطع یا وصل کند.

در برخی شرایط قطع کننده و کنترولر را در یک وسیله مجتمع می‌کنیم.

۱۰-۴-۴- حفاظت انشعابهای موتورها

به طوری که در شکل ۱۰-۶ نشان داده شده است وسایل حفاظت مدار انشعابهای موتورها شامل دو وسیله است؛ یکی وسیله حفاظت انشعاب که کارش حفاظت سیمها، کنترولر و موتور علیه جریانهای اتصال کوتاه است، دیگری حفاظت علیه بار اضافی که کار حفاظت موتور کنترولر وسیله قطع سیمها را علیه بارهای اضافی عهده دار است. همچنین در صورتی که موتور قادر به شروع به گردش نباشد این وسیله سبب قطع برق موتور می‌گردد لیکن در موارد اتصال کوتاه نقشی ایفا نمی‌کند.

برای این که وسیله حفاظت انشعاب به بهترین وجه عمل کند کوچکترین اندازه ممکنه را برای‌آن انتخاب می‌کنیم. این وسیله باید جریان اسمی موتور و جریان در لحظه راه اندازی که در موتورهای القایی ۵ تا ۷ برابر اسمی است را برای مدت کوتاه تحمل کند و در صورت اتصال کوتاه در مدت کوتاهی عمل کرده مدار را قطع نماید. برای این کار از فیوزهای معمولی، فیوزهای تاخیری و کلید با قطع خودکار استفاده می شود که ظرفیت آنها مطابق جدول زیر انتخاب می‌شوند.

www.Kargosha.com

جدول ۱۰ ـ ۱ : اندازه وسایل حفاظتی انشعاب موتورها

وسیله حفاظت	درصد جریان اسمی	حداکثر ممکنه
فیوز معمولی	۱۵۰ تا ۳۰۰	۴۰۰
فیوز تأخیری	۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۲۵
کلید با قطع خودکار	۱۵۰ تا ۲۵۰	۴۰۰

مقادیر کوچکتر برای موتورهای بزرگ و مقادیر بزرگتر در مورد موتورهای خیلی کوچک به کار می‌رود. در صورتی که وسایلی که به این صورت انتخاب می‌شوند قادر به تحمل جریان شروع (راه اندازی) نباشند این مقادیر را بزرگتر انتخاب می‌کنیم به طوری که از مقادیر حداکثر قید شده در جدول متجاوز نگردد. وسیله حفاظت علیه بار اضافی باید طوری عمل کند که هیچ گونه آسیبی به موتور و دیگر وسایل وارد نشود. بسیاری از موتورهای امروزی به وسیله حفاظت حرارتی مجهز هستند که در صورت افزایش درجه حرارت از حد مجاز سبب قطع موتور می‌گردد. این وسایل به وسایل خارجی دیگر نظیر فیوزها و کلیدها با قطع خودکار ارجح هستند زیرا در صورت گرم شدن حرارت محیط هم حفاظت موتور را تامین می‌کنند.در موتورهایی که به این وسیله مجهز نیستند از فیوزها یا کلید ها با قطع خودکار استفاده می‌شود که در صورت افزایش جریان از حد معین مدار را سریعا قطع کنند. به طوری که در فصل هفتم دیدیم این دو وسیله حفاظتی را می‌توان در یک کلید با قطع خودکار مجهز به رله حرارتی و مغناطیسی ترکیب نمود.

در بسیاری موارد برخی از این وسایل کنترل و حفاظت را با هم ترکیب می کنند مثلا معمولا برای موتورهای از راه اندازهایی استفاده می شود که وظایف کنترل و حفاظت علیه بار اضافی را انجام می‌دهد. این وسایل بر دو گونه هستند دستی و مغناطیسی که مغناطیسی آن برای کنترل اتوماتیک و کنترل از راه دور بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در نوع دستی با فشار دادن دکمه وصل یا قطع اهرمهای مکانیکی سبب وصل یا قطع مدار می گردند. در نوع مغناطیسی فشار بر دکمه وصل یا قطع سبب برقراری میدان مغناطیسی و جذب دسته آهنی می‌گردد که باعث وصل یا قطع مدار می‌شود. این وسایل از یک کنتاکتور مغناطیسی مجهز به وسیله حفاظت علیه جریان اضافی ساخته می‌شود.

این وسایل و بعضی مدارهای برقی مهم مربوط به آنها را در قسمت بعد می‌بینیم.

۱۰-۵- مدارهای فرمان موتورها

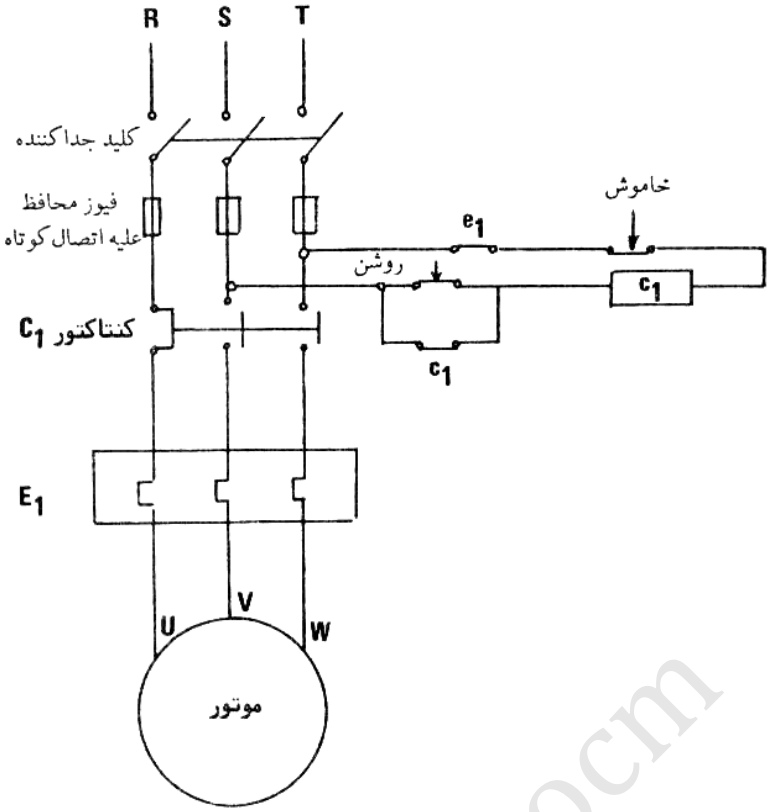
مدارهای فرمان، عملیات راه اندازی، تنظیم نحوه کار و متوقف یا قطع نمودن موتورها و دیگر بارهای صنعتی را به عهده دارند. طرز کار و سیم کشی این مدارها به وسیله نقشه‌های برقی نشان می‌دهیم.

نقشه‌های برقی مدارهای فرمان موتورها معمولا به دو صورت مختلف کشیده می‌شوند. در نوع اول که نقشه شماتیک نامیده می‌شود هدف نشان دادن ترتیب کار هر یک از اجزاء مدار به منظور درک آسان طرز کار مدار است. در این نقشه‌ها توجهی به محل استقرار اجزاء مدار نمی‌شود. نقشه‌های نوع دیگر که نقشه سیم کشی نامیده می‌شوند برای انجام کار سیم کشی ترسیم می‌شوند که هر دستگاه یا وسیله را در محل حقیقی خود نشان می‌دهند و در آنها اتصال بین دستگاه‌ها دقیقا نشان داده می شود. در ذیل برخی از مدارهای معمول را بررسی می‌نماییم و نقشه‌های لازم را ترسیم می‌کنیم.

۱۰-۵-۱- مدار فرمان راه اندازی موتور القایی سه فاز از یک یا چند محل

موتورهای القایی کوچک عموما با رتور قفسی ساخته می‌شوند و در راه اندازی مستقیما به منبع اغذیه ۳۸۰ ولت متصل می‌گردند. نقشه شماتیک مدار کنترل به صورت زیر است:

www.Kargosha.com

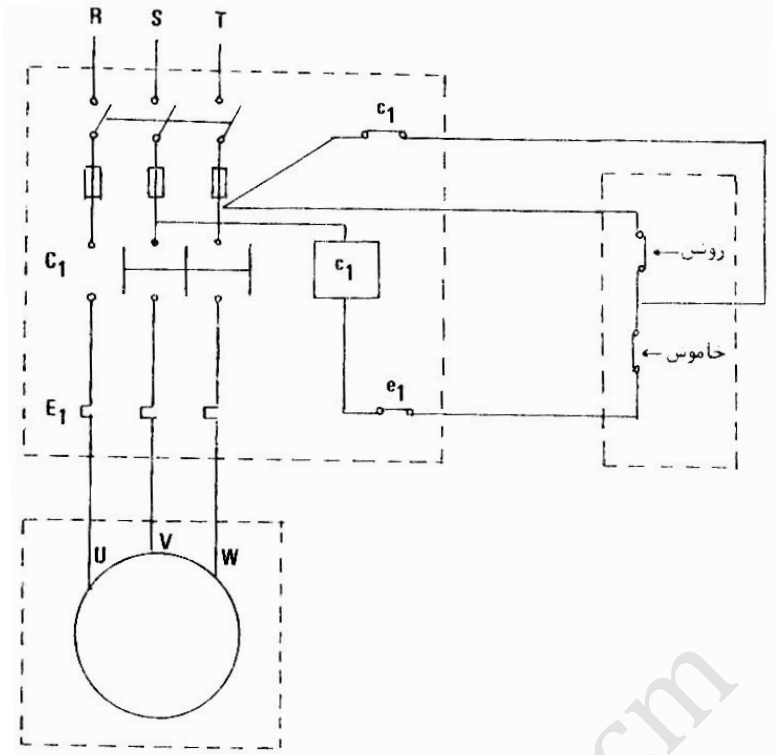


ملاحظه می کنید که مدار سه فاز از طریق کلید جدا کننده، فیوز محافظ علیه اتصال کوتاه کنتاکتور C_1 و رله حرارتی حفاظت علیه بار اضافی E_1 موتور را تغذیه می‌کند که مدار اصلی تغذیه محسوب می‌شود و با خط ضخیم ترسیم شده است و بقیه مدار که با خط نازک کشیده شده است مربوط به کنترل می‌باشد. در این شکل مدار کنترل از دو فاز تغذیه می‌شود و در برخی مدارهای کنترل از فاز و نوترال استفاده می‌شود.

برای راه اندازی موتور دکمه روشن یا شروع (استارت) را فشار می‌دهیم و به این ترتیب سیم پیچ کنتاکتور C_1 تحریک می‌شود و کنتاکتور C_1 بسته می‌شود و موتور شروع به گردش می‌کند. پس از برداشتن انگشت از دکمه استارت این کلید باز می‌شود ولی مدار از طریق کنتاکت فرعی یا نگهدارنده C_1 که با بسته شدن کنتاکتور بسته شده است برقرار می‌ماند. در صورتی که در حین کار موتور جریان اضافی بکشد رله حرارتی E_1 عمل می‌کند و کنتاکت e_1 را باز می‌نماید که سبب قطع تحریک C_1 می‌شود و کنتاکتور باز می‌شود و موتور می‌ایستد.

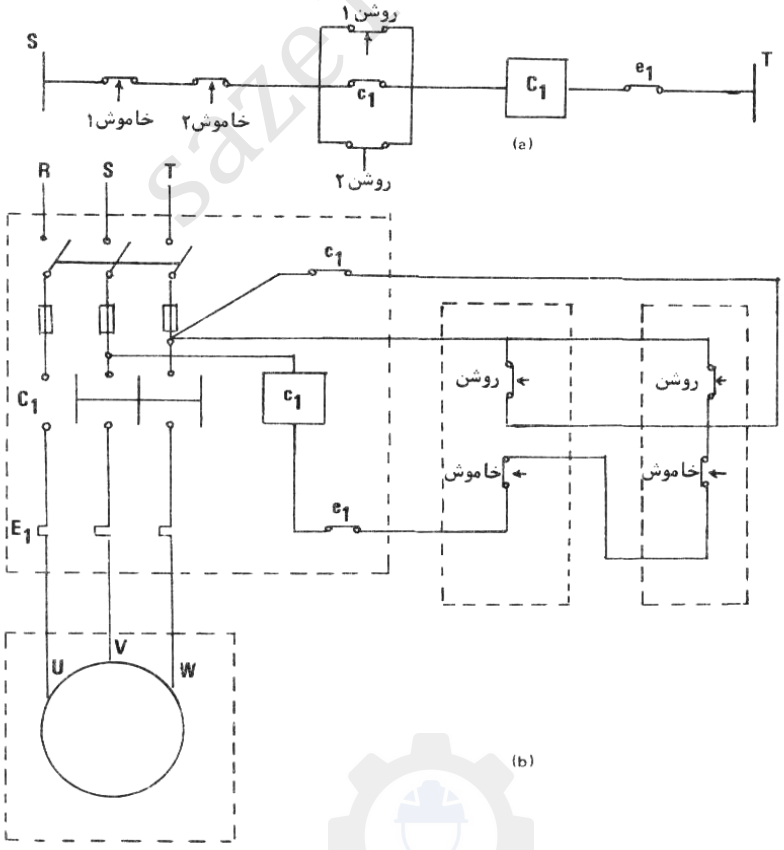
همچنین در حین کار در صورت لزوم با فشار بر دکمه خاموش یا توقف (استاپ) تحریک C_1 را قطع و موتور را متوقف می‌کنیم. در صورت قطع برق C_1 باز می‌شود و پس از بازگشت برق کنتاکتور خود به خود بسته نمی‌شود و موتور به طور غیر منتظره شروع به کار نمی‌کند که مانع وقوع بسیاری خطرات می‌گردد. در شکل ۱۰-۷ ملاحظه می‌کنید که کنتاکتور C_1 داراس سه کنتاکت اصلی است که مدار موتور را وصل یا قطع می‌کند و یک کنتاکت فرعی دارد که در مدار کنترل است. مطابق قرار داد در نقشه‌های برقی همه کنتاکتها را در حالتی که کنتاکتور بدون تحریک است ترسیم می‌کنیم که می‌توانند کنتاکتهای باز یا بسته باشند. به کنتاکتهایی که در زمان بدون تحریک بودن کنتاکتور بسته‌اند کنتاکتهای «معمولا بسته» و به کنتاکتهایی که در زمان بدون تحریک بودن کنتاکتور باز هستند کنتاکتهای «معمولا باز» گفته می‌شود. نقشه سیم کشی مربوط در شکل ۱۰-۸ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌کنید نقشه دارای سه قسمت مجزاست که در داخل سه مستطیل نقطه چین نشان داده شده‌اند. این سه قسمت می‌توانند در مکانهای مختلف قرار داشته باشند ولازم است سیم کشی لازم بین آنها انجام شود. بین تابلو و موتور یک کابل سه رشته‌ای کشیده می‌شود که جریان موتور را حمل می‌کند. بین تابلو و ایستگاه روشن و خاموش کردن سه رشته سیم برای کنترل کشیده شده است. در بسیاری موارد تابلو توزیع اصلی در پست توزیع قرار دارد که می‌تواند تا موتور فاصله قابل ملاحظه داشته باشد و ایستگاه روشن و خاموش کردن در محل موتور قرار دارد.

www.Kargosha.com



شکل ۱۰ ـ ۸ : نقشه سیم‌کشی کنترل موتور القایی سه‌فاز از یک محل

در صورتی که کنترل موتور از دو محل مثلا از محل تابلو و محل موتور مورد نظر باشد دو دکمه استارت را به طور موازی و دو دکمه استاپ را به صورت متوالی متصل می‌کنیم. نقشه شماتیک قسمت کنترل در این حالت مطابق شکل ۱۰-۹ (a) و نقشه سیم کشی مربوط مطابق شکل (۱۰-۹)(b) می‌باشد.



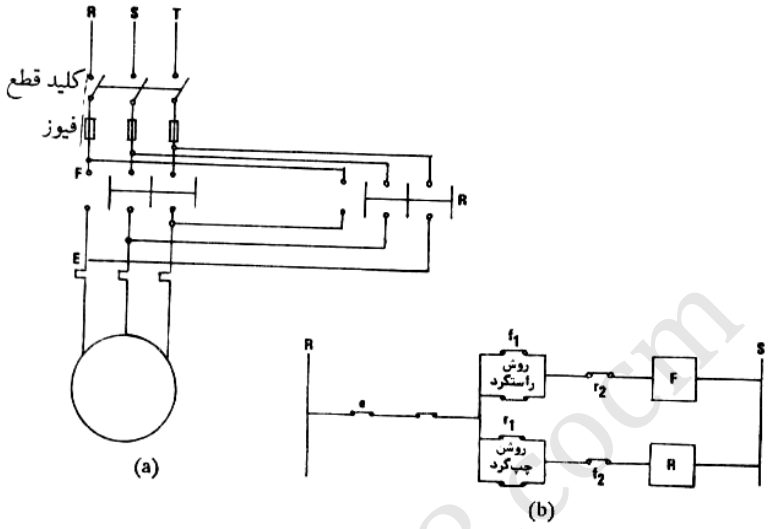
شکل ۱۰ ـ ۹ : کنترل موتور القایی سه‌فاز، (a) شماتیک، (b) سیم‌کشی کامل

www.Kargosha.com

ملاحظه می‌کنید که با فشار بر هر دکمه روشن، موتور شروع به کار می‌کند و با فشار بر هر دکمه خاموش، موتور از گردش باز می‌ایستد.

۲۰-۵-۲- مدار فرمان موتور القایی سه فاز چپ گرد و یا راست گرد

در برخی مواقع لازم است موتور گاهی از یک طرف و زمانی از طرف دیگر گردش کند. این کار با استفاده از دو کنتاکتور مطابق شکل ۱۰-۱۰ انجام می‌شود.



شکل ۱۰ ـ ۱۰ : شماتیک مدار راه‌اندازی موتور دو جهت گرد،
(a) مدار قدرت، (b) مدار کنترل

در صورتی که کنتاکتور F بسته و R باز باشد موتور به راست و در حالت مخالف به علت جابجا شدن دو عدد از فازها موتور در جهت عکس می‌گردد. در شکل ۱۰-۱۰(b) شماتیک مدار کنترل را ملاحظه می‌کنید که در آن با فشار بر هر یک از دو دکمه استارت موتور در یک جهت می‌چرخد، و در صورتی که موتور در جهتی در گردش است تنها پس از فشار بر دکمه خاموش می‌توان موتور را در جهت دیگر به کار انداخت. عیب مهم این سیستم ساده کنترل در این است که زمانی که هنوز موتور در جهتی سرعت زیاد دارد می‌توان کنتاکتور دیگر را بست که موجب برقراری جریان زیاد می‌شود. در صورتی که این جریانها برای موتور خطرناک باشد موتورها را به رله سرعت مجهز می کنیم که می‌تواند از فرکانس رتور یا ولتاژ القایی آن فرمان بگیرد و تنها در صورتی که سرعت موتور به مقدار کم و ایمنی کاهش یافته است تحریک کنتاکتور معکوس ممکن باشد.

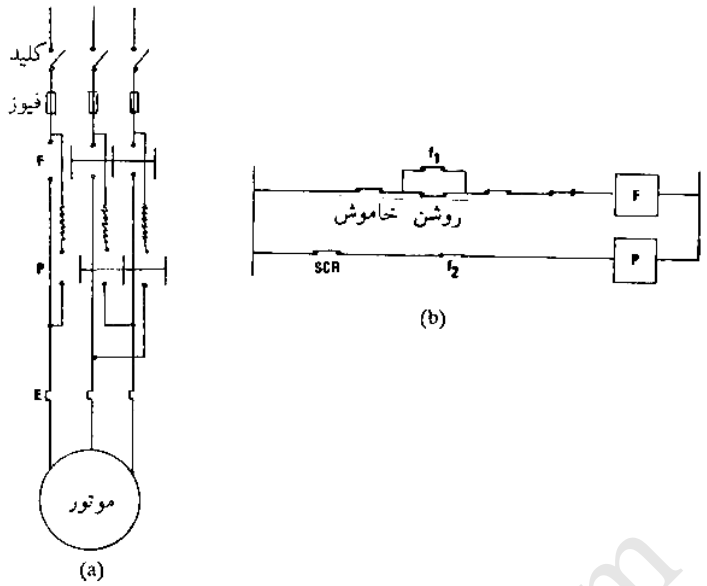
۱۰-۵-۳- مدار فرمان متوقف نمودن سریع یک موتور سه فاز

در بعضی کاربردها لازم است موتور برقی پس از کمدتی کار به طور سریع متوقف شود. در موتورهای القایی با رتور قفسی این کار با استفاده از دو کنتاکتور مطابق شکل ۱۰-۱۱ انجام می‌شود.

راه اندازی موتور طبق معمول با فشار بر دکمه روشن انجام می‌شود. در صورتی که کنتاکتور P باز باشد کنتاکت P_1 بسته است و اگر رله حرارتی E عمل نکرده باشد e_1 نیز بسته است و فشار بر دکمه شروع سبب تحریک سیم پیچ کنتاکتور F و بستن آن می شود. زمانی که موتور به سرعت معین می‌رسد کنتاکت رله سرعت SCR بسته می‌شود. برای توقف سریع موتور دکمه خاموش را فشار می‌دهیم که تحریک F را قطع می‌کند و f_2 بسته می‌شود و مدار کنتاکتور P بسته می‌شود. کنتاکتور P هر یک از فازها را از طریق یک مقاومت R به موتور متصل می‌کند و نسبت به حالت قبل دو فاز را جابه جا می‌کند که موجب معکوس شدن کوپل تولیدی و در نتیجه کاهش سریع سرعت موتور می‌شود. هدف از مقاومتها محدود کردن جریان است. پس از این که سرعت به

www.Kargosha.com

نزدیک صفر کاهش یافت رله سرعت SCR باز می شود و موجب قطع مدار موتور می‌گردد و موتور می‌ایستد. رله سرعت معمولا روی رتور موتور قرار می‌گیرد و بر اساس گریز از مرکز عمل می‌کند و در شکل نشان داده نشده است.



شکل ۱۰ ـ ۱۱ : شماتیک مدار توقف سریع موتور القایی سه‌فاز با رتور قفسی

۱۰-۵-۴- مدار فرمان موتور القایی سه فاز با رتور قفسی با راه انداز ستاره- مثلث

موتورهای القایی با رتور قفسی را به منظور کاهش دادن جریان راه‌اندازی و کاهش اختلال در شبکه توزیع برای کار به صورت مثلث طرح ریزی می‌کنیم لیکن در لحظه راه اندازی آن را به صورت ستاره متصل می‌نماییم. این کار با استفاده از سه کنتاکتور به صورت زیر قابل انجام است.

برای شروع کار دکمه روشن را فشار می‌دهیم. چون کنتاکتور C_3 باز است کنتاکت C_3 بسته است و کنتاکت d_1 هم که توسط رله زمانی D باز و بسته می‌شود در ابتدا بسته است(کنتاکت معمولا بسته) و لذا C_1 تحریک و بسته می‌شود. در همین زمان کنتاکتور C_2نیز بسته می شود و به صورت ستاره شروع به کار می کند. در همین زمان رله زمانی D نیز شروع به کار می‌کند که پس از مدت زمان معینی d_1 را باز می‌کند که موجب باز شدن کنتاکتور C_1و رله زمانی Dمی‌شود. در نتیجه کنتاکت C_1 بسته می‌شود که کنتاکتور C_3 را می‌بندد و موتور به صورت مثلث به کار خود ادامه می‌دهد. فشار بر دکمه خاموش در هر لحظه زمانی دلخواه سبب توقف موتور می‌گردد.

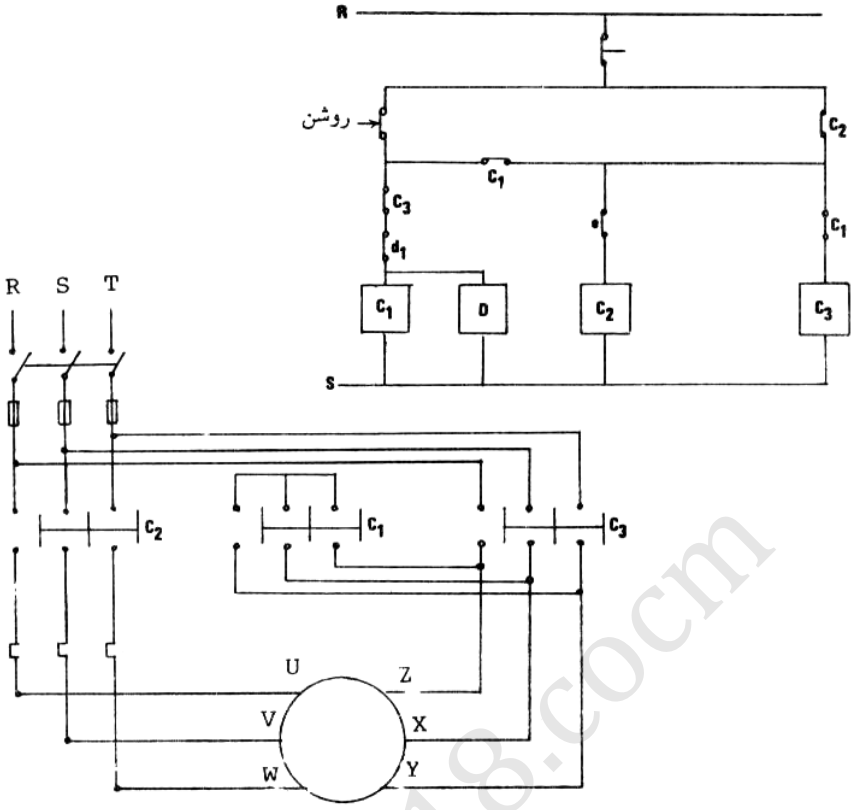
۱۰-۵-۵- مدار فرمان راه اندازی موتور القایی با رتور سیم پیچی

در موتورهای القایی با رتور سیم پیچی به منظور کاهش دادن جریان راه اندازی در لحظه شروع مقاومتی در مدار رتور قرار می‌دهیم که با کاهش جریان پله پله از مدار خارج می‌شود. در شکل ۱۰-۱۲ مدار فرمان با مقاومت رتور سه پله‌ای نشان داده شده است.

با فشار بر دکمه روشن کنتاکتور Fبسته و موتور شروع به کار می‌کند و کنتاکت F_1 مدار را متصل نگاه می‌دارد. جریان زیاد رتور باعث تحریک و بستن سه رله AR1، AR2 و AR3 که در جریانهای مختلف عمل می‌کنند می‌شود. با بسته شدن F_2 رله IR با قدری تاخیر زمانی بسته می شود که موجب بستن ir می‌گردد. پس از مدتی جریان رتور کاهش کافی پیدا می‌کند به طوری که تحریک AR1 کافی نیست و ar1 بسته می‌ود و کنتاکتور AC1عمل می‌کند که قسمتی از مقاومت رتور را از مدار خارج می‌کند. پس از مدتی جریان رتور کمتر می شود و تحریک AR2 کافی نیست و با بسته شدن ar2 کنتاکتور AC2 بسته می‌شود که مقدار

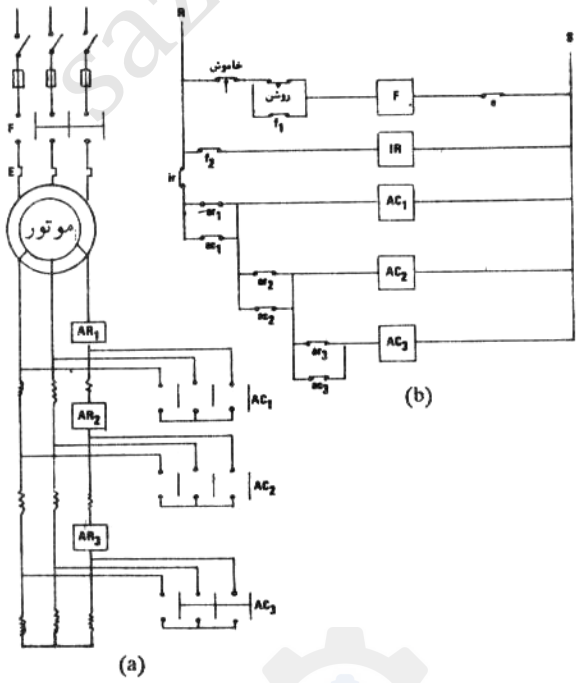
www.Kargosha.com

بیشتری از مقاومت رتور را از مدار خارج می‌کند. به همین ترتیب با کاهش بیشتر جریان رتور تحریک AR3 کافی نیست و ar3 بسته می شود و کنتاکتور AR3 بسته می‌شود که همه مقاومت رتور را از مدار خارج می‌کند.



شکل ۱۰ ـ ۱۲ : شماتیک مدار فرمان راه‌اندازی ستاره ـ مثلث

با فشار بر دکمه استاپ موتور متوقف می‌شود و همه رله‌ها به حالت اول بر می‌گردند و برای راه اندازی مجدد آماده می‌شوند.



شکل ۱۰ ـ ۱۳ : شماتیک مدار فرمان راه‌اندازی موتور القایی سه‌فاز با مقاومت رتور

www.Kargosha.com

فصل یازدهم

زمین کردن حفاظتی

زمین از موادی تشکیل یافته که غالبا الکتریسته هستند به خصوص در حالاتی که مرطوب باشند. بنابراین اگر شخصی که روی زمین قرار دارد با جسمی که نسبت به زمین دارای پتانسیل است تماس حاصل نماید به علت برقرار شدن جریان دچار برق گرفتگی می شود.

در ابتدای پیدایش صنعت برق نقطه نوترال (خنثی) آلترناتور ترانسفورماتورها را به زمین متصل نمی‌کردند . برای شبکه‌های کوچک آن دوران که دارای طول کم و ولتاژ پایین بودند نیازی به زمین کردن نوترال احساس نمی‌شد. این شبکه‌ها به شبکه‌های «نوترال مجزا» یا «غیر متصل به زمین» یا «زمین نشده» معروف بودند. البته حتی این شبکه‌ها هم از طریق خازن‌های کوچ بین فازها و زمین با زمین اتصال الکتریکی با امپدانس زیاد داشتند. این شبکه‌ها نسبت به شبکه‌های زمین شده امروزی دارای چند امتیاز بودند. یکی از این که اتصال اتفاقی یک فاز به زمین موجب برقراری جریان قابل ملاحظه و سبب قطع جریان برق و خاموشی نمی‌شد. دیگر این که در صورت تماس بدن شخص که روی زمین قرار داشت با یکی از فازها به علت برقرار نشدن جریان خطرناک، شخص دچار برق گرفتگی نمی‌گردید.

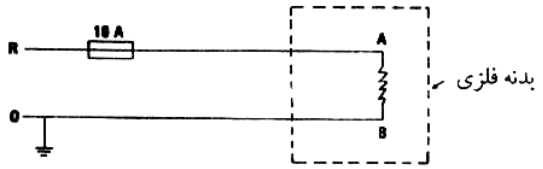
با توسعه شبکه‌ها و افزایش ولتاژ آنها جریانها در حالت اتصال یک فاز به زمین قابل ملاحظه گردید که متناوبا خود به خود قطع و وصل می‌شد و در محل اتصالی جرقه‌ای ایجاد می‌نمود. که به پدیده «زمین جرقه زن» معروف گردید. این پدیده سبب افزایش ولتاژ فازهای سالم نسبت به زمین و موجب اختلالات شبکه می‌گردید که به وسایل متصل صدمات و خساراتی وارد می آورد.

اتصال نوترال شبکه به زمین مانع این افزایش ولتاژها می‌گردد زیرا در صورت اتصال اتفاقی یک فاز به زمین جریان زیادی در مدار برقرار می‌شود که سبب قطع مدار توسط رله‌های حفاظتی می گردد. یک عیب مهم سیستمهای زمین شده این است که اگر شخصی روی زمین قرار داشته باشد در صورت تماس با یکی از فازها دچار برق گرفتگی می‌شود که جلوگیری از آن با عایق بندی مناسب سیمهای گرم به سهولت ممکن است. این عیب با فایده بزرگی همراه است و آن این است که همه بدنه‌های فلزی دستگاه‌های برقی را می‌توان به زمین متصل نمود. به این ترتیب هیچ گاه پتانسیلی بین بدنه فلزی دستگاه‌ها و زمین برقرار نمی‌شود که سبب برق گرفتگی گردد. در صورت اتصال یک فاز به بدنه جریان زیادی از طریق زمینی در مدار برقرار می‌شود که سبب قطع برق توسط رله‌های حفاظتی و رفع خطر می‌شود. اتصال بدنه فلزی دستگاه های برقی که در حالات عادی جریان برقی حمل نمی‌کنند به زمین را «زمین کردن حفاظتی» می‌نامیم که موضوع بحث این فصل کتاب می‌باشد. در قسمتهای بعدی این فصل به تشریح اصول و نحوه زمین کردن حفاظتی و مقررات مربوط به آن می‌پردازیم.

www.Kargosha.com

۱۱-۱- اصول زمین کردن حفاظتی

هدف از زمین کردن حفاظتی جلوگیری از برقرار شدن ولتاژهای زیاد و خطرناک روی بدنه فلزی وسایل و تجهیزات برقی نسبت به زمین است. برای پی بردن به خطرات بالقوه دستگاه‌های زمین نشده یک وسیله برقی زمین نشده را مطابق شکل ۱۱-۱ در نظر بگیرید.



شکل ۱۱ ـ ۱ : وسیله برقی تک‌فاز با بدنه زمین نشده

نوترال شبکه در پست توزیع به زمین متصل شده و دارای مقاومت محدودی مثلا ۲ اهم نسبت به زمین است. در صورتی که نقطه A وسیله برقی با بدنه اتصالی پیدا کند ولتاژ ۲۲۰ ولت نسبت به زمین روی بدنه برقرار می‌شود که بسیار خطرناک است. دقت کنید این گونه اتصالی موجب قطع فیوز نمی‌گردد و کسی از وقوع آن مطلع نمی‌شود. در صورتی که شخصی که روی زمین ایستاده با بدنه وسیله که پیوسته بدون خطر فرض می‌شود تماس حاصل کند دچار برق گرفتگی شددی خواهد شد. حال ببینیم اتصال بدنه به زمین چگونه خطر برق گرفتگی را دفع می‌کند. فرض کنید بدنه فلزی وسیله برقی به زمین متصل باشد و مقاومت اتصال آن نیز ۲ اهم باشد. حال به محض اتصال نقطه A به بدنه یک مدار برقی کامل از طریق فاز R، نقطه اتصالی A، بدنه فلزی ، اتصال به زمین بدنه فلزی و اتصال به زمین نوترال که دارای مقاومت کل ۴ اهم است تشکیل می‌شود که جریانی برابر ۵۵=۴÷۲۲۰ آمپر حمل می کند که سریعا موجب قطع فیوز ۱۰ آمپری مدار و قطع ولتاژ خطرناک از بدنه وسیله می شود.

حالا وضعیت دیگری را در نظر بگیرید. فرض کنید مقاومتهای اتصال به زمین نوترال و بدنه هر کدام به جای ۲ اهم برابر ۱۰ اهم باشند. در این حالت مقاومت کل مدار اتصال ۲۰ اهم خواهد بود که جریانی برابر ۱۱=۲۰÷۲۲۰ آمپر می‌کشد که البته قادر به قطع کردن فیوز ۱۰ آمپری نخواهد بود . در این حالت بدنه وسیله برقی در ولتاژ ۲۲۰ ولت باقی می‌ماند و می‌تواند موجب برق گرفتگی و هلاکت افراد شود. بنابراین دقت کنید که کار حفاظت از طریق ایجاد مسیری با امپدانس کم برای جریان انجام می‌شود به طوری که جریان زیادی برقرار شود و سبب عمل کردن رله‌ها یا فیوزهای حفاظتی که خفاظت علیه بار اضافی را عهده داری هستند گردد.

از بحث بالا روشن است تنها در حالاتی که امپدانس کل مداری که در صورت اتصالی برقرار می‌شود از حد متعارفی کمتر باشد وسایل حفاظتی علیه بار اضافی نظیر فیوز یا رله می توانند موجب قطع مدار و رفع خطر گردند. در حالاتی که مقاومت کل مدار شامل مقاومت اتصالهای زمین، مقاومت محل اتصالی و غیره از حد متعارف بیشتر باشد وسایل حفاظت علیه بار اضافی قادر به قطع برق و رفع خطر نخواهند بود و لازم است از وسایل دیگر مانند رله جریان نشتی به زمین استفاده به عمل آید. این دو طریق حفاظت در دو قسمت بعدی فصل تشریح می‌شوند.

۱۱-۲- حفاظت علیه بار اضافی

اتکاء به وسایل حفاظت علیه بار اضافی برای تامین ایمنی در موارد اتصالی زمین تنها مواردی مجاز است که جریانی که در مدار برقرار می شود حداقل سه برابر ظرفیت اسمی فیوز محافظ مدار یا بیشتر ۱/۵ برابر ظرفیت اسمی کلید خودکار محافظ مدار باشد تا از قطع کردن به موقع آن اطمینان حاصل شود. بنابراین در مورد مدارهای تک فاز که با فیوز و کلید اتوماتیک محافظت می شوند حداکثر امپدانس مجاز مدار اتصالی زمین به ترتیب از این قرارند:

$$Z = \frac{220}{3I} \qquad (۱-۱۱)$$

www.Kargosha.com

$$Z = \frac{220}{1.5I_{ch}} \qquad (۲-۱۱)$$

در معادلات بالا I_f و I_{cb} به ترتیب ظرفیت اسمی فیوز و کلید خودکار محافظ است.

مثال ۱۱-۱

حداکثر امپدانس مجاز مدار اتصالی زمین را برای مدار تک فازی که با فیوز ۱۰ آمپری و همچنین برای مدار تک فازی که با کلید خودکار ۱۰ آمپری محافظت می‌شود حساب کنید. برای مداری که با فیوز محاظت می‌شود با استفاده از (۱۱-۱)

$$Z = \frac{220}{3 \times 10} = 7.33\,\Omega$$

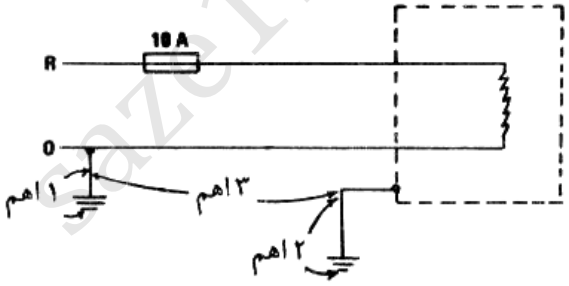
برای مداری که با کلید خودکا حفاظت می شود با استفاده از (۱۱-۲)

$$Z = \frac{220}{1.5 \times 10} = 14.66\,\Omega$$

در حالاتی که امپدانس مدار اتصال زمین از حداکثر مقدار مجاز متجاوز گردد وسیله حفاظت علیه بار اضافی به احتمالی زیاد قادر به قطع مدار و رفع خطر نخواهد بود و در این صورت بدنه فلزی دستگاه در ولتاژی نسبت به زمین باقی می‌ماند. اگر این ولتاژ بیش از ۴۰ ولت باشد خطرناک است و در این گونه موارد باید برای حفاظت از رله‌های جریان نشتی به زمین استفاده کرد.

مثال ۱۱-۲

در مدار اتصال زمین یک بخاری برقی تک فاز ۲ کیلووات ۲۲۰ ولت مطابق شکل ۱۱-۲ مقاومت بین الکترود زمین پست و ترمینال زمین خانه ۳ اهم است (الکترود زمین خانه ۲ اهم و الکترود زمین پست ۱ اهم) مقاومت اتصالی و سیمها قابل صرف نظر است. در صورت بروز اتصال آیا حفاظت کافی توسط فیوز حفاظتی ۱۰ آمپری مدار تامین می‌شود؟



شکل ۱۱ ـ ۲ : مدار بخاری مثال ۱۱ ـ ۲

برای تامین حفاظت کافی، مقاومت کل مدار اتصالی نباید از مقدار زیر متجاوز گردد.

$$Z = \frac{220}{3 \times 10} = 7.33\,\Omega$$

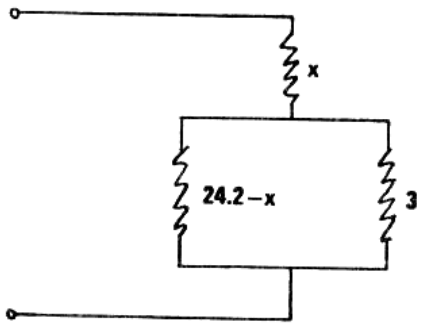
مقاومت بخاری برابر است با

$$R = \frac{(220)^2}{2000} = 24.2\Omega$$

بسته به محل اتصالی ممکن است مقاومت کل مدار اتصالی از ۷/۳۳ اهم متجاوز گردد. فرض کنید اتصالی در محلی که تا انتهایی که به فاز متصل است مقاومت X اهم دارد اتفاق بیفتد. مدار معادل چنین می‌شود:

$$x + \frac{(24.2 - x)(3)}{(24.2 - x) + 3} = 7.33 \Rightarrow x = 4.73$$

www.Kargosha.com



شکل ۱۱ ـ ۳ : مدار معادل اتصالی مثال ۱۱ ـ ۲

بنابراین روشن است که اگر اتصالی تا محل ۴/۷۳ اهم از انتهایی که به فاز متصل است اتفاق بیفتد می‌توان اطمینان داشت که فیوز قطع و خطر رفع می‌گردد. در صورتی که محل اتصالی پایینتر از این نقطه باشد احتمالا فیوز عمل نمی‌کند و موجب رفع خطر نمی‌گردد. ولتاژ بدنه نسبت به زمین در این حالت حداکثر مقدار خود را خواهد دات. ولتاژ بدنه نسبت به زمین پست برابر است با

$$220 - \frac{220}{7.33} \times 4.73 = 78.04$$

ولتاژ بدنه نسبت به زمین ۲/۳ مقدار بالاست

$$78.04 \times \frac{2}{3} = 52$$

که ولتاژی خطرناک است. لذا حفاظت با فیوز محافظ مدار علیه بار اضافی کافی نیست.

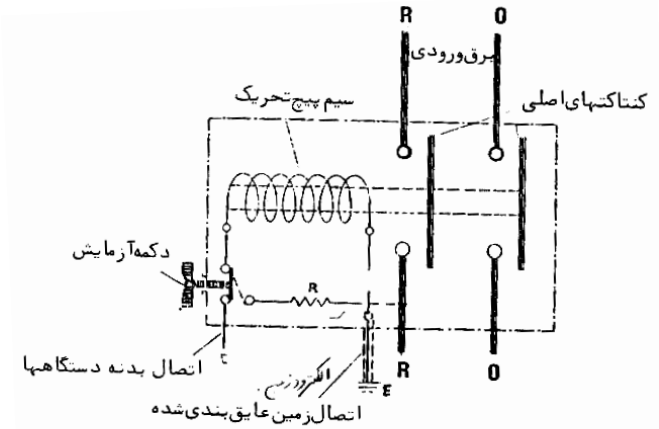
۱۱-۳- حفاظت با استفاده از رله جریان نشتی به زمین

در بسیاری موارد به علت سیمهای زمین معیوب یا قطع شده و با افزایش مقاومت بین الکترود و زمین به علت خشک شدن زمین اطراف الکترود مقاومت مدار اتصالی بیش از حد مجاز می‌شود و در این صورت لازم است از رله‌های جریان نشتی به زمین و کلیدهای خودکار برای قطع برق و رفع استفاده کنیم. دو نوع کلید خودکار معمول یکی بر اساس ولتاژ بدنه دستگاه‌ها نسبت به زمین و دیگری بر اساس جریان نشتی به زمین عمل می‌کنند.

۱۱-۳-۱- کلید قطع خودکار با استفاده از ولتاژ

این روش محافظت در شکل ۱۱-۴ نشان داده شده است. این کلید خودکار به صورت یک کنتاکتور روی برق ورودی قرار می‌گیرد. سیم پیچ کنتاکتور بین سیم زمین که بدنه همه وسایل برقی را به هم متصل نموده و الکترود زمین ساختمان متصل است. سیمی که الکترود زمین را به سیم پیچ متصل می کند عایق بندی شده است به طوری که مانع نشت جریان به مسیرهای دیگر شود. کنتاکتور را طوری طرح ریزی می کنیم که در صورتی که ولتاژی در حدود ۴۰ ولت بین سیم زمین و الکترود برقرار شود جریان کافی در مدار سیم پیچ جاری شود و سبب باز شدن کنتاکتور گردد. برای کسب اطمینان از درست کار کردن کلید آن را به مداری برای آزمایش مجهز می کنیم و هر چند وقت یک بار آن را مورد آزمایش قرار می‌دهیم. با فشار بر دکمه آزمایش ولتاژی برابر ۴۰ ولت به سیم پیچ اعمال می شود که باید موجب قطع کنتاکتور گردد. با برداشتن انگشت از دکمه مدار به حالت کار بر می‌گردد.

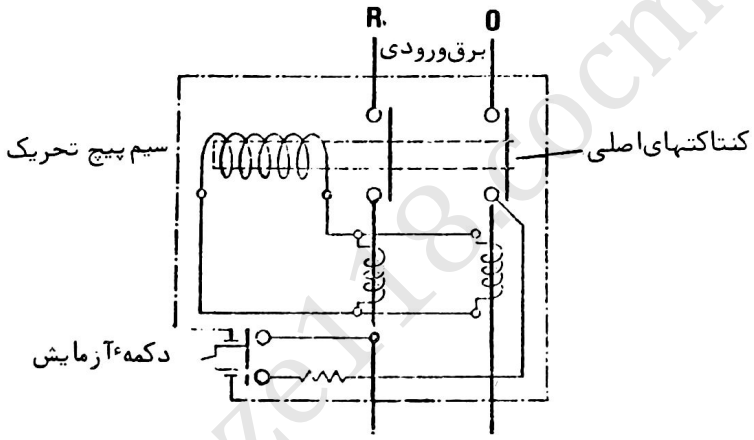
www.Kargosha.com



شکل ۱۱ ـ ۴ : کلید قطع خودکار با استفاده از ولتاژ

۱۱-۳-۲- کلید فطع خودکار با استفاده از جریان نشتی به زمین

این روش مطابق شکل ۵-۱۱ است .



شکل ۱۱ ـ ۵ : کلید قطع خودکار با استفاده از جریان نشتی به زمین

به طوری که ملاحظه می کنید در این روش دو سیم پیچ ثانویه روی فاز و نوترال پیچیده شده و به طور موازی متصل شده‌اند. در حالات عادی که سیستم اتصالی ندارد و جریانی به زمین نشت نمی‌کند جریانهای فاز و نوترال برابرند. مجموع جریان ثانویه القایی صفر می شود و هیچ گونه جریانی از مدار سیم پیچ کنتاکتور نمی‌گذرد. در صورت بروز اتصالی قسمتی از جریان فاز از طریق اتصال زمین بر می‌گردد و جریان نوترال کمتر از جریان فاز می شود که موجب برقراری جریانی در مدار سیم پیچ و باعث تحریک آن و باز شدن کنتاکتور می شود. برای کسب اطمینانی از درست بودن کلید خودکار آن را به مدار آزمایش مجهز می‌کنیم. با فشار بر دکمه آزمایش جریان مناسب در مدار سیم پیچ برقرار می‌شود که باید موجب قطع کنتاکتور گردد. با برداشتن انگشت از دکمه آزمایش مدار به حالت کار بر می‌گردد.

۱۱-۴- الکترود زمین

الکترود زمین عبارت از یک قطعه جسم هادی است که در زمین قرار داده می شود و سیم زمین به آن متصل می شود. الکترودها به اشکال مختلف ساخته می‌شوند که اهم آنها از این قرار است:

الف- میله‌های مسی معمولا به قطر ۱۶ میلیمتر که با چکش در زمین کوبیدن می‌شوند. این میله‌ها دارای نوک تیز فولادی هستند که فرو رفتن در زمین را آسان می‌کنند. پس از کوبیدن یک میله می‌توان میله دیگری به آن پیچ کرد و کوبیدن را ادامه داد تا میله‌ای با طول مورد نظر تا حدود ۳ متر به دست آید.

www.Kargosha.com

ب- صفحه‌های مسی که در عمق ۶۰ سانتیمتر یا بیشتر به صورت افقی خوابانده می شود. به این ترتیب زمین بسیار مناسبی عاید می شود لیکن اجرای این روش با زحمت بیشتری همراه است.

پ- استفاده از لوله های آب شهری در گذشته بسیار معمول بوده است ولی امروزه که بیشتر از لوله های پلاستیکی استفاده به عمل می‌آید این روش قابل استفاده نیست.

ت- غلاف یا زره فلزی کابلهای زیر زمینی امروزه بیشتر و بیشتر به عنوان الکترود زمین و سیم زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. غلاف و زره کابل در پست به نوترال متصل هستند. در این سیستمها در صورت اتصالی جریان از غلاف یا زره عبور میکند و به زمین نفوذ نمی‌کند.

ث- سیم زمین در سیستمهای توزیع هوایی گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش در توزیع هوایی علاوه بر سیمهای سه فاز و نوترال سیم پنجمی کشیده می شود که در پست به نوترال متصل می‌گردد و در طی مسیر نیز در نقاطی به زمین متصل می شود و در نقاط مصرف به عنوان الکترود زمین مورد استفاده قرار می گیرد.

ج- زمین کردن نوترال در نقاط متعدد در مکانهایی که مقاومت ویژه زمین زیاد است و یا در فصول مختلف به علت تغییرات میزان رطوبت تغییرات فاحش دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش که در ایران نیز معمول است در سیستمهای توزیع سیم نوترال را در طی مسیر در فواصل معین (سه تیر در میان) به الکترودی در زمین متصل می کنند. در این روش در صورت بروز اتصالی جریان دارای دو مسیر یکی از طریق سیمی نوترال و دیگری از طریق زمین دارد که مقاومت را کاهش می‌دهد.

ج- در بسیاری موارد برای کاهش دادن مقاومت زمین از مجموعه‌ای از میله‌ها استفاده می‌کنند و با اتصال الکتریکی آنها به یکدیگر آنها را به صورت الکترود واحد مورد استفاده قرار می‌دهند.

۱۱-۵- مقاومت ویژه زمین

مقاومت بین الکترود وزمین بستگی به مقاومت ویژه زمین دارد که خود بسته به جنس زمین و میزان رطوبت آن تغییر می کند. خاکهای سطحی به علت داشتن رطوبت کمتر دارای مقاومت ویژه بالاتر هستند. برای کاهش مقاومت الکترود در این موارد از الکترودهای بلندتر استفاده می‌کنیم و یا با اضافه کردن املاح هادی در اطراف الکترود ویژه زمین را کاهش می‌دهیم. مقاومت ویژه انواع معمول زمین به صورت جدول زیر است.

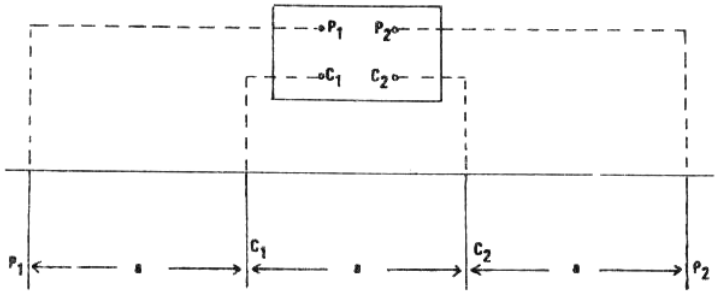
جدول ۱۱ ـ ۱ : مقاومت ویژه انواع معمول زمین

نوع زمین	مقاومت ویژه (اهم‌متر)
خاک باغچه	۵ـ۵۰
گل	۱۰ـ۱۰۰
گل شن‌زار	۱۰۰ـ۲۰۰
شنزار	۲۵۰ـ۵۰۰
صخره	۱۰۰۰ـ۱۰۰۰۰

برای اندازه گیری مقاومت ویژه زمین می توان از دستگاه مخصوصی به نام مگر (megger) چهار ترمینالی با ضمائم مربوط شامل چهار الکترود و کابلهای اتصال استفاده کرد (مگر که شرحش در فصل بعد خواهد آمد اساسا یک مولد دستی است که با گرداندن دسته آن تولید برق می کند و می‌تواند با استفاده از ولتاژ تولید شده مقاومت بین دو نقطه را اندازه گیری کند). چهار الکترود میله‌ای را مطابق شکل ۱۱-۶ به فاصله‌های بیشتر از ۱۰ برابر طول میله از یکدیگر می‌کوبیم (a>200) میله‌ها را می‌توان تا

www.Kargosha.com

حداکثر یک متر در زمین فرو برد لیکن طول لوله در زمین نباید از ۱/۲۰ فاصله بین الکترودهای مجاور تجاوز کند. تحت این شرایط به طوری که در قسمت بعد خواهیم دید مقاومت هر الکترود زمین تقریبا $\frac{100p}{2\pi a}$ اهم می‌شود



شکل ۱۱ ـ ۶ : اندازه‌گیری مقاومت ویژه زمین به وسیله مگر چهار ترمینالی

اگر مقاومت خوانده شده توسط مگر R اهم باشد مقاومت ویژه زمین از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\frac{2\pi aR}{100}$$

با استفاده از a معین می‌توان دستگاه را طوری کالیبره کرد که مستقیما مقاومت ویژه را نشان دهد.

۱۱-۶- محاسبه مقاومت الکترودها

برای محاسبه مقاومت بین الکترود و زمین می‌توان به منظور سهولت زمین را بی نهایت بزرگ فرض کرد. بسته به شکل الکترودها محاسبه مقاومت برخی از آنها آسان و بعضی دیگر مشکل است.

۱۱-۶-۱- محاسبه مقاومت الکترود نیم کره

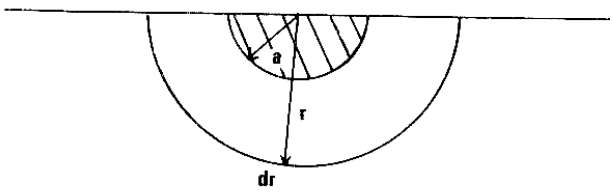
یک الکترود که حل ریاضی آن آسان است الکترود نیم کره است که مطابق شکل ۱۱-۷ در زمین قرار گیرد. شعاع نیم کره a متر است و مقاومت یک المان نشان داده شده زمین چنین است.

$$dR = \frac{pdr}{2\pi p^2}$$

برای محاسبه مقاومت کل رابطه بالا را بین a و ∞ انتگرال می گیریم.

$$R = \int_a^{\infty} \frac{pdr}{2\pi r^2}$$

$$R = \frac{p}{2\pi a} \qquad (۲-۱۱)$$



شکل ۱۱ ـ ۷ : الکترود نیم کره در زمین

دقت کنید که بیشتر مقاومت در نزدیک الکترود که چگالی جریان زیاد می‌باشد متمرکز است به طوری که اگر به عوض فاصله بی نهایت، مقاومت را تا فاصله ۱۰a محاسبه کنید ۹۰ درصد مقاومت کل حاصل می شود.

www.Kargosha.com

مثال ۱۱-۳

الکترود نیم کره‌ای به شعاع ۲۰ سانتیمتر در زمین گلی با مقاومت ویژه ۱۰۰ اهم متر کار گذاشته شده است. مقاومت الکترود چقدر است؟ مقاومت بین الکترود و نقطه‌ای از زمین به فاصله ۴ متر از الکترود چقدر است؟ با استفاده از (۱۱-۲)

$$R = \frac{100}{2\pi \times 0.2} = 80\Omega$$

مقاومت بین الکترود و نقطه‌ای از زمین در فاصله ۴ متری برابر است با

$$R = \frac{100}{2\pi}\left[\frac{1}{0.20} - \frac{1}{4}\right] = 76\Omega$$

۱۱-۶-۲- محاسبه مقاومت الکترود میله‌ای

محاسبه مقاومت الکترود میله‌ای مانند الکترود نیم کره به آسانی میسر نیست برای محاسبه از فرمول تقریبی که با تجربه نیز وفق می‌دهد استفاده می‌کنیم. مقاومت میله‌ای به شعاع r مترکه ۱ متر در زمین با مقاومت ویژه P فرو رفته شده است برابر است با:

$$R = 2.05\left(log\frac{21}{r}\right)\left(\frac{P}{2\pi l}\right) \quad (۱۱-۴)$$

مثال ۱۱-۴

مقاومت یک میله ۱۶ میلیمتری که به طول ۱/۵ متر در زمین باغچه فرو برده شده است را حساب کنید.

$$\frac{l}{r} = \frac{1500}{16} = 93.7$$

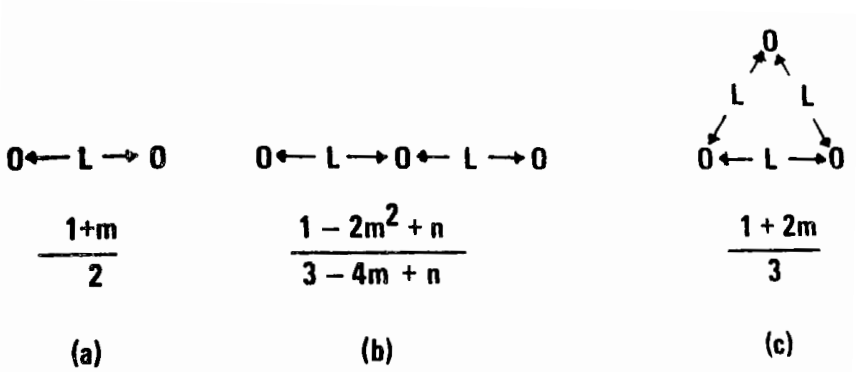
با فرض مقاومت ویژه ۲۰ اهم متر، مقاومت برابر می‌شود با

$$R = 2.05[Log(2 \times 93.7)].\left(\frac{20}{2\pi \times 1.5}\right)$$

$$R=8.5\ \Omega$$

۱۱-۶-۳- محاسبه مقاومت مجموعه الکترودهای میله‌ای

برای کاهش دادن مقاومت الکترودها می‌توان از مجموعه‌هایی از میله‌های به طور l متر در زمین استفاده نمود. سه مجموعه معمول دو و سه الکترودی به شکل زیر هستند. مقاومت هر یک از این مجموعه‌ها ضریبی از مقاومت یک میله است. این ضرایب نیز در شکل نشان داده شده است.



شکل ۱۱ ـ ۸ : مجموعه الکترودها دو و سه‌تایی

m و n در ضرایب بالا به شرح زیر هستند.

www.Kargosha.com

$$m = \frac{Lnx}{Ln\frac{1}{r}} \qquad x = \frac{1+L}{L} \qquad (۵-۱۱)$$

$$n = \frac{Lny}{Ln\frac{1}{r}} \qquad y = \frac{1+2L}{2L} \qquad (۶-۱۱)$$

ملاحظه می‌کنید در حالتی که فاصله بین میله‌های مجموعه خیلی بیشتر از طول آنها باشد ضریب کاهش مقاومت برابر عکس تعداد میله‌های مجموعه می‌شود که حداکثر کاهش ممکنه است. در فاصله‌های کمتر به علت استفاده اشتراکی میله‌ها از یک حوزه زمین ضریب کاهش مقاومت مجموعه کوچکتر است.

مثال ۱۱-۵

سه میله ۱۶ میلیمتر ۱/۵ متری (L=1.5,r=16mm) را مطابق شکل ۱۱-۸ (c) به فاصله یک متر (L=1m) از یکدیگر در زمین با مقاومت ویژه ۲۰ اهم متر می‌کوبیم. مقاومت آن چقدر است؟

$$X = \frac{1.5+1}{1} = 2.5$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1500}{16} = 93.7$$

$$m = \frac{Ln\ 2.5}{Ln\ 93.7} = 0.202$$

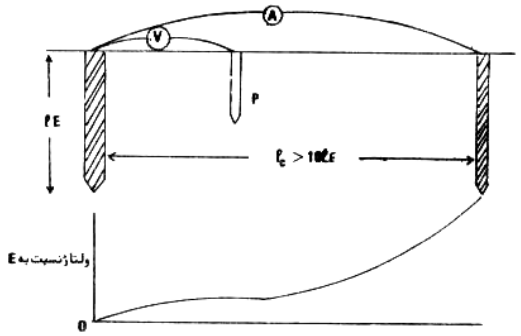
$$\frac{1+2m}{3} = \frac{1+2\times 0.202}{3} = 0.47$$

با استفاده از نتیجه مثال ۱۱-۴

$$R=8.5\times 0.47=4\Omega$$

۱۱-۷- اندازه گیری مقاومت الکترود زمین

مقاومت یک الکترود و یا یک مجموعه الکترود زمین را پس از نصب می‌توان به سهولت اندازه‌گیری کرد. برای این کار مطابق شکل ۱۱-۹ عمل می‌کنیم.



شکل ۱۱ ـ ۹ : اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

در این شکل E الکترودی است که مقاومتش اندازه گیری می‌شود. در فاصله‌ای بیشتر از ده برابر طول الکترود E الکترود کمکی C را در زمین می‌کوبیم. با اتصال یک منبع تغذیه متناوب به این دو جریانی در زمین برقرار می‌کنیم که با آمپرمتر A اندازه گیری

www.Kargosha.com

می‌شود. حالا با جابجا کردن الکترود P می‌توان ولتاژ بین نقطه Pو الکترود E را اندازه گیری کرد. تجربه نشان می‌دهد که این ولتاژ با فاصله تغییراتی نظیر منحنی نشان داده شده در زیر شکل دارد که در وسط دو الکترود تغییرات زیادی ندارد. به این دلیل معمولا الکترود P را در وسط دو الکترود دیگر قرار می‌دهند و ولتاژ را اندازه گیری می‌کنند. حال مقاومت الکترود E به زمین از تقسیم ولتاژ بر جریان به دست می‌آید. برای مجموعه الکترودها فاصله I_C را بزرگتر از ۲۰۱ انتخاب می‌کنیم تا مسیر جریان در زمین برای هر الکترود مستقل باشد

۱۱-۸- نحوه صحیح اتصال بدنه وسایل به زمین

بدنه فلزی همه وسایل برقی باید به سیم زمین متصل باشد و سیم زمین هم به ترمینال الکترود زمین متصل می‌شود که خود به الکترود متصل است. بدنه فلزی بسیاری از وسایل خود در مجاورت زمین قرار دارند لیکن هیچگاه نمی‌توان به این اتصال ناقص اکتفا کرد و اتصال الکتریکی آنها ضرورت دارد. سیم زمین ممکن است یک سیم لخت مسی، یک رشته سیم مخصوص در داخل کابل، لوله‌های فولادی سیم کشی یا جا کابلهای فلزی، غلاف یا زره فلزی کابلها یا ترکیبی از اینها باشد. در مواقعی که از سیم مخصوص استفاده می‌شود اندازه آن نباید از نصف اندازه بزرگترین سیمی که برای حمل جریان به کار گرفته شده است کمتر باشد.

بیشتر مقررات امروزه لازم میدانند که تجهیزات فلزی غیر برقی نظیر لوله‌های آب و گاز، رادیاتورهای فلزی، تیرهای آهنی ساختمان اگر در دسترس باشند به هم و به سیم زمین متصل گردند. این کار از برقرار شدن ولتاژهای خطرناک بین اجسام فلزی جلوگیری می‌کند و به ایمنی کمک می‌نماید.

saze118.com
A.N.T
www.Kargosha.com

فصل دوازدهم

بازسازی و آزمایش تأسیسات سیم کشی

پس از تکمیل سیم کشی چه در اماکن مسکونی و تجاری و چه در مراکز صنعتی نباید فوراً به وصل برق مبادرت کرد. اتصال برق تنها پس از انجام آزمایشهایی که مؤید انجام صحیح سیم کشی باشد مجاز می باشد. این آزمایشها ابتدا توسط سیم کش انجام می شود و سپس باید توسط مأموران شرکت برق منطقه ای قبل از اتصال سیستم به شبکه توزیع انجام گردد. همچنین چون سیستمهای سیم کشی با گذشت زمان رفته رفته کهنه و فرسوده می شوند، بسیاری از مقررات توصیه می کنند که این آزمایشها به طور مرتب حداکثر هر پنج سال یک بار تکرار شود. در ایران در حال حاضر انجام این آزمایشها الزامی نیست و مأموران برق هم در وقت اتصال برق به بازدید ظاهری جعبه کنتور اکتفا می کنند. در این فصل با وسایل آزمایش و آزمایشهای لازم که ایمنی سیستم های سیم کشی را تضمین می کنند آشنا می شویم.

۱۲-۱- وسایل آزمایش

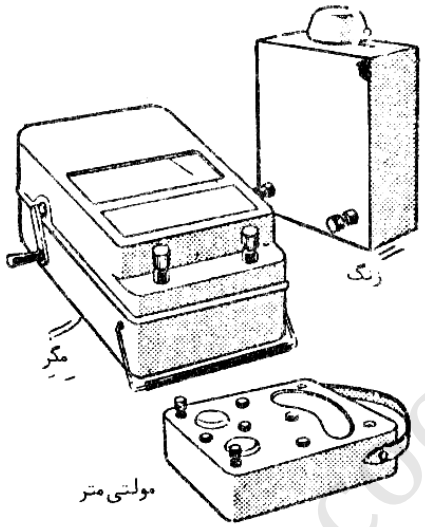
سه وسیله آزمایش امروزه معمول است. اول مولتی متر یا آومتر است که ولتاژ، جریان و مقاومت را اندازه گیری می کند. جریان لازم برای اندازه گیری مقاومت از یک قوه داخل مولتی متر گرفته می شود . چون ولتاژ قوه در اثر استفاده قدری کاهش می یابد این وسایل به یک مقاومت تنظیم مجهز هستند. اتصال دو سیم مولتی متر در حالت اندازه گیری مقاومت به یکدیگر باید مقاومت صفر نشان دهد. بنابراین قبل از هر اندازه گیری مقاومت، با استفاده از مقاومت تنظیم، صفر وسیله را تنظیم می کنیم. وسیله دیگر که بسیار مورد استفاده قرار می گیرد زنگ اخبار است که از چند قوه تغذیه می شود. با استفاده از دو سیم بلند می توان اتصال هر قسمت مدار را امتحان کرد. به این صورت که سر دو سیم را به دو انتهای قسمت مورد آزمایش مدار وصل می کنیم و صدای زنگ سالم بودن اتصال مدار را نشان می دهد.

وسیله سوم که بسیار با اهمیت است به نام تجاری مگر معروف است که یک مولد دستی است و برای ولتاژهای ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ ولت ساخته می شود. در ساختمان آنها از یک کلاچ لغزنده استفاده می شود به طوری که پس از اینکه سرعت گردان دسته به مقدار معینی رسید ولتاژ به حداکثر مقدار اسمی خود می رسد و افزایش سرعت سبب افزایش بیشتر ولتاژ نمی شود. امروزه وسایل مشابه ترانزیستوری که با قوه کار می کنند و با استفاده از تقویت کننده ها ولتاژ مستقیم بالا تولید می کنند ساخته شده و مورد استفاده می باشند. مگرها به یک کلید دو وضعیتی مجهز هستند که در یک وضعیت متصل بودن مدار و در وضعیت دیگر مقاومت عایقی آن را آزمایش می کنند. شکل ظاهری این سه دستگاه در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است . یک وسیله آزمایش دیگر که در سیستم ها پس از وصل برق بسیار مورد استفاده قرار می گیرد به فازمتر معروف است که سیم گرم را مشخص می کند. در این وسیله از یک لامپ نئون استفاده به عمل می آید که جریان بسیار کمی ار طریق بدن آزمایش کننده و زمین می کشد. روشن شدن

www.Kargosha.com

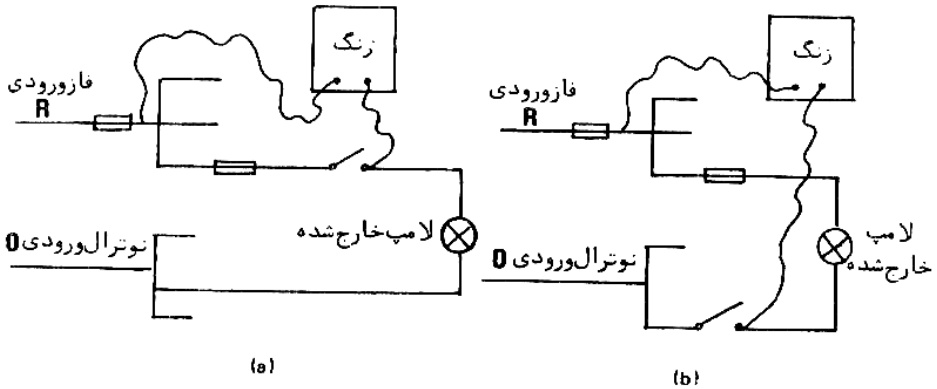
لامپ نئون گرم بدون سیم مورد آزمایش را نشان می دهد. استفاده از این وسیله باید با احتیاط کافی انجام شود. چون بدن آزمایش کننده جزئی از مدار است. در صورت معیوب بودن فازمتر این روش می تواند خطرات جانی به همراه داشته باشد. همچنین در مواردی که سیم نوترال نسبت به زمین دارای ولتاژ کمی است تماس فازمتر با سیم نوترال هم باعث روشن شدن لامپ نئون و به اشتباه انداختن آزمایش کننده می شود.

۱۲-۱- آزمایش اتصال صحیح کلیدها و فیوزها و پریزها



شکل ۱۲-۱: شکل ظاهری سه وسیله آزمایش

به طوری که قبلاً گفته شده است فیوزهای محافظ و کلیدهای کنترل مدارها باید روی سیم فاز نصب شوند. در غیر این صورت سوختن فیوز یا قطع کلید،برق را از وسایل متصل به مدار قطع نمی کند که ممکن است در حین تعمیر یا تعویض وسیله موجب خطراتی گردد. در اتصال پریزها هم فاز به سوراخ سمت راست و نوترال به سوراخ سمت چپ متصل می شود و در پریزهای سه سوراخی زمین شده سیم زمین به سوراخ بالا متصل می گردد. رعایت نکردن این مسأله به خصوص در مورد پریزهای مجهز به کلید موجب خطرات جانی گردیده است.برای کسب اطمینان از اتصال صحیح این اجزاء قبل از اتصال برق می توان مطابق شکل ۱۲-۲ مدار را با زنگ اخبار مورد آزمایش قرار داد.



شکل ۱۲-۲: آزمایش اتصال صحیح کلیدها

یکی از سیم های زنگ اخبار را به فاز ورودی در جعبه کنتور (فاز مربوط در سیستم سه فاز) متصل می کنیم و با اتصال سر دیگر به فیوزها، کلیدها و سوراخ سمت راست پریزها آنها را مورد آزمایش قرار می دهیم. بدیهی است که در این آزمایش باید بارهای الکتریکی (لامپ در شکل ۱۲-۲) را از مدار خارج کنیم تا تکمیل مدار از طریق سیم نوترال ممکن نشود. صدای زنگ به معنی

www.Kargosha.com

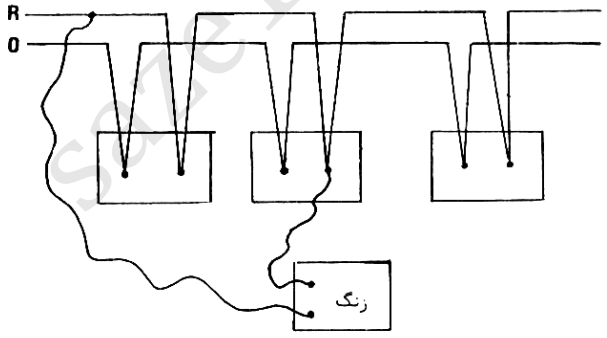
برقرار بودن مدار و اتصال صحیح اجزاء است و برقرار نبودن مدار به معنی عدم اتصال صحیح یا اتصال احتمالی آنها روی سیم نوترال می باشد. در شکل (a) قطع کلید یا فیوز موجب قطع مدار می شود که نشان دهنده اتصال صحیح این اجزاء روی فاز است. در صورتی که لامپ را از مدار خارج نکرده باشیم و کلید یا فیوز روی سیم نوترال متصل شده باشد (شکل۱۲-۲ b) اتصال را اشتباهاً صحیح تشخیص می دهیم.

۱۲-۳- آزمایش متصل بودن مدارها

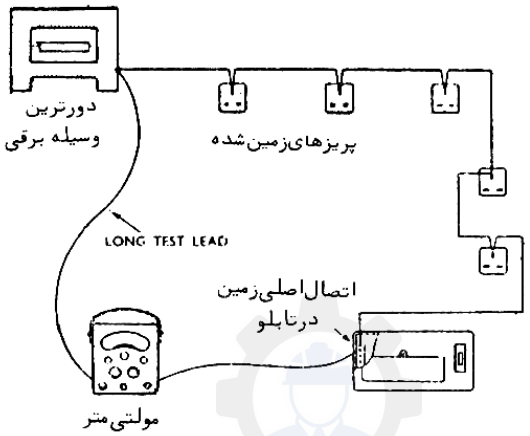
برای حصول اطمینان از اتصال صحیح مدارها از زنگ اخبار استفاده می کنیم. برای این کار یکی از دو سیم زنگ اخبار را به ابتدای مدار (در تابلو توزیع) متصل می کنیم و سیم دوم را به نقاط دیگر مدار حرکت می دهیم تا از اتصال آنها اطمینان حاصل شود. در شکل ۱۲-۳ اتصال سیم فاز چند پریز را به یک مدار مورد آزمایش قرار داده ایم. آزمایش اتصال سیم نوترال هم به همین ترتیب انجام می شود.

۱۲-۴- آزمایش اتصال صحیح سیم زمین

به طوری که در فصل قبل دیده ایم بدنه فلزی همه دستگاه های برقی و دیگر اجسام فلزی در دسترس باید به سیم زمین متصل باشند. این آزمایش را می توان به وسیله آومتر مطابق شکل ۱۲-۴ انجام داد. مقاومت بدنه دورترین وسیله متصل نسبت به اتصال اصلی زمین نباید از حداکثر ۱ اهم متجاوز گردد. البته باید در نظر داشت که به نتیجه این آزمایش با آومتر نمی توان اکتفا نمود. زیرا در صورتی که بدنه دستگاهی اتصال شلی به بدنه داشته باشد این آزمایش اتصال را صحیح نشان می دهد لیکن عبور جریان زیاد در عمل این گونه اتصال را گرم می کند و سبب ذوب آن می شود که ممکن است سبب بروز جرقه یا خطرات دیگر شود. بیشتر مقررات لازم می دانند پس از این آزمایش مقدماتی سیم زمین با جریانی معادل یک و نیم برابر جریان مجاز مدار تا حداکثر ۲۵ آمپر مورد آزمایش قرار گیرد تا هرگونه اتصال ناقص یافت شود و اصلاح گردد.



شکل ۱۲-۳: آزمایش متصل بودن مدارها



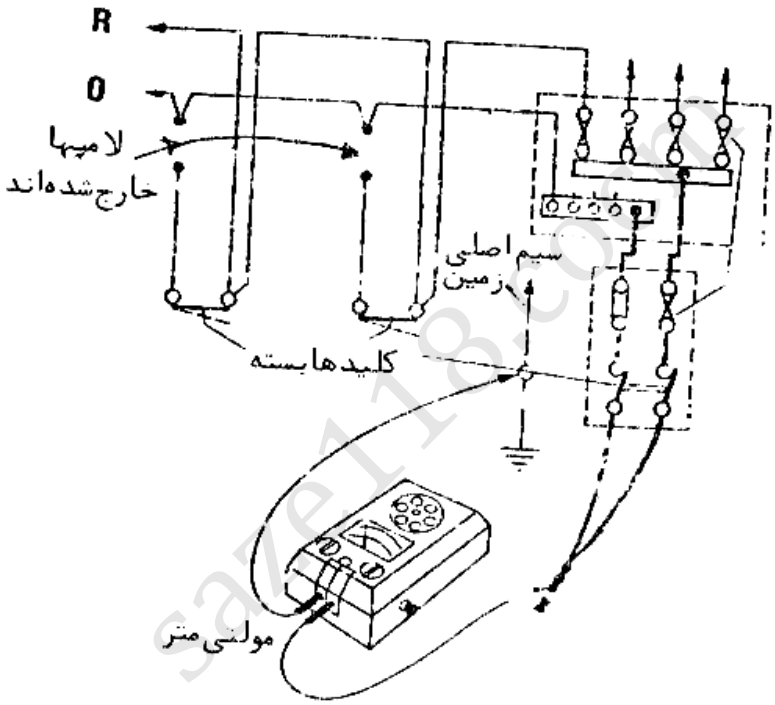
شکل ۱۲-۳: آزمایش متصل بودن سیم زمین

www.Kargosha.com

۱۲-۵- آزمایش عایق بندی

هدف از این آزمایش کسب اطمینان از سالم بودن عایق سیمها می باشد. عایق های معیوب سبب برقراری جریان های نشتی می شوند که بالاخره منجر به خرابی کامل عایقها و اتصال کوتاه می شود.

برای این منظور بیشتر مقررات لازم می دانند در آزمایش تعیین مقاومت عایقی سیستم های سیم کشی از ولتاژ مستقیمی به میزان دو برابر ولتاژ اسمی مدار به شرطی که از ۵۰۰ ولت متجاوز نگردد استفاده شود. بنابراین معمولاً از مگر ۵۰۰ ولتی استفاده به عمل می آید. استفاده از ولتاژ مستقیم این مزیت را دارد که جریانی از خازن های موجود نمی گذرد و لذا تنها مقاومت به طور دقیق اندازه گیری می شود برای تعیین مقاومت عایقی یک سیستم قبل از اتصال آن به شبکه همه فیوزها و کلیدها را در حالت متصل باقی می گذاریم و تمام بارهای برقی را از مدار خارج میکنیم. سیمهای حامل جریان (فاز و نوترال) را در تابلو توزیع به هم متصل می کنیم و مطابق شکل ۱۲-۵ مگر را بین سیمهای متصل شده به هم و زمین در تابلو توزیع وصل می کنیم.

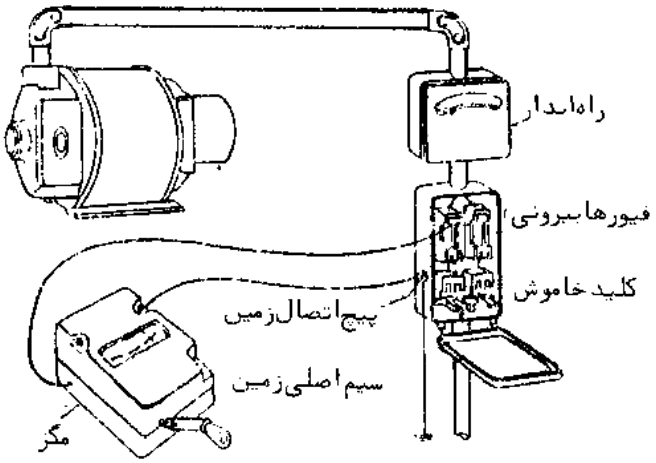


شکل ۱۲-۵: آزمایش مقاومت عایقی

مقدار مقاومت قابل قبول بستگی به اندازه سیستم تحت آزمایش دارد.

سیستم های خیلی بزرگ را به سیستم های کوچکتر تقسیم می کنیم به طوری که هر سیستم کمتر از ۵۰ شعله نداشته باشد. مقاومت اندازه گیری شده نباید کمتر از ۱ مگااهم کمتر باشد. مقاومت عایقی موتورها و دستگاه های دیگر هم به طور جداگانه آزمایش نمود. در شکل ۱۲-۶ یک موتور جریان مستقیم با راه انداز و فیوزها مورد آزمایش قرار گرفته است.

www.Kargosha.com



شکل ۱۲-۶: آزمایش مقاومت عایقی موتور جریان مستقیم با قسمتی از تجهیزات

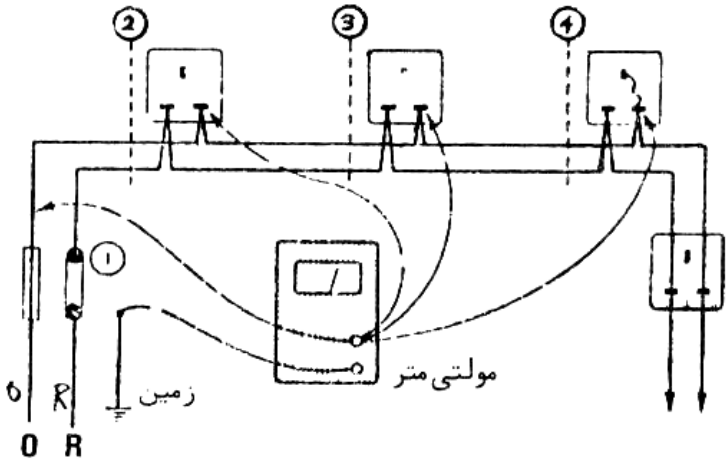
به طوری که ملاحظه می کنید کلید جداکننده باز است. دو سیم مثبت و منفی با سیمی به هم متصل شده اند و مگر بین سیمها و بدنه کلید که زمین شده است وصل است. در صورتی که آزمایش موتور به تنهایی مورد نظر باشد دو سیم ورودی به موتور را در سر موتور باز می کنیم و از این محل آزمایش را انجام می دهیم. در صورت لزوم می توان با بلند کردن جاروبکها آزمایش را تنها روی سیم پیچ تحریک انجام داد. اگر مقاومت عایقی سیم کشی قدری کمتر از ۱ مگااهم و مقاومت عایقی وسایل الکتریکی کمتر از ۰/۵ مگااهم باشد ممکن است به علت جذب رطوبت باشد. در این صورت می توان با عبور دادن جریان آنها را گرم و خشک کرد و مجدداً مورد آزمایش قرار داد. در صورتی که مقاومت عایقی در اثر صدمه مکانیکی و زخمی شدن سیمها کاهش یافته باشد باید عیب یابی و رفع عیب به عمل آید.

۱۲-۶- عیب یابی و رفع عیب

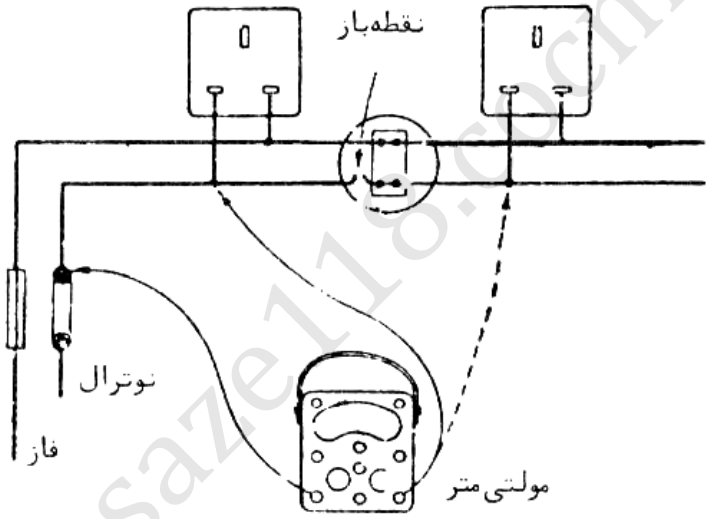
در یک سیستم سیم کشی سالم مقاومت عایقی باید بیش از ۱ مگااهم باشد. مقاومت عایقی بین فاز و نوترال هم کمتر از ۱ مگااهم نباشد و اتصالهای الکتریکی لازم برقرار باشد. در سیستم های برقی پس از تکمیل ممکن است سه نوع عیب دیده شود:

اول اینکه مقاومت سیستم از ۱ مگااهم خیلی کمتر باشد که ممکن است به علت وجود یک اتصالی ناقص با زمین باشد. برای پیدا کردن اتصالی به زمین در تابلو اصلی فیوزها و اتصال نوترال ورودی را باز می کنیم و هر مدار را به طور جداگانه با زمین آزمایش می کنیم. تا مدار یا مدارهای معیوب پیدا شوند. حال اتصالی می تواند در خود مدار یا وسایل متصل به مدار باشد. با قطع کردن وسایل متصل یک به یک وسیله معیوب را پیدا می کنیم. در صورتی که عیب از خود مدار باشد برای پیدا کردن آن اولین جعبه اتصال را باز می کنیم و اتصال سیم های مدار معیوب را باز کرده و از تابلو سیم فاز و نوترال مدار را مورد آزمایش قرار می دهیم. در صورت سالم بودن مدار را از جعبه اتصال دوم باز کرده و از جعبه اول آزمایش می کنیم به همین ترتیب کار را ادامه می دهیم تا قسمت معیوب معین شود. در سیستم سیم کشی داخل لوله، تعویض سیم معیوب معمولاً به سهولت ممکن است. در شکل ۱۲-۷ نحوه پیدا کردن اتصالی فاز به بدنه در مداری که تعدادی پریز را تغذیه می کند نشان داده شده است. عیب دیگری که گاهی دیده می شود اتصالی فاز و نوترال به هم است بدون اینکه اتصالی به زمین موجود باشد این گونه عیبها معمولاً به علت اتصال اشتباه در کلیدها، فیوزها و سرپیچها به وجود می آیند. احتمال اینکه دو سیم فاز و نوترال در داخل لوله به هم متصل شده باشند بدون اینکه به زمین وصل شده باشند بسیار کم است. این گونه عیبها با همان روشی که برای اتصال به زمین گفته شد با استفاده از مولتی متر یافته می شوند. عیب سوم که ممکن است دیده شود باز بودن مدار است. این عیب معمولاً به علت لخت کردن ناقص سر سیمها یا زخمی کردن رشته های سیم هاست که متعاقباً در اثر کشش مکانیکی باعث قطع سیم می شود. این گونه عیبها هم به کمک مولتی متر به سهولت یافته می شوند. در شکل ۱۲-۸ طریقه یافتن نقطه باز یک مدار تغذیه تعداد پریز نشان داده شده است.

www.Kargosha.com



شکل ۱۲ ـ ۷ : آزمایش تعیین محل اتصال به زمین



شکل ۱۲ ـ ۸ : آزمایش یافتن نقطه باز مدار

saze118.com
A.N.T
www.Kargosha.com