

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأسیسات الکتریکی

تألیف:

علی امام حسینی

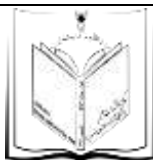
محمد رضا شایسته

اعضای هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد



۱۳۹۷

سرشناسه	امام حسینی، علی، ۱۳۲۶ -
عنوان و نام پدیدآور	تاسیسات الکتریکی/ تالیف علی امام حسینی، محمدرضا شایسته
مشخصات نشر	یزد: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، مرکز انتشارات علمی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	[۱۳۵] ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار
شابک	۲۵۰۰۰ ریال، ۸-۵۴۵۲-۱۰-۹۶۴-۹۷۸
یادداشت	کتابنامه: ص. [۱۳۵].
موضوع	برق -- سیستم‌ها -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	برق -- سیم‌کشی داخلی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	ساختمان‌ها -- تجهیزات برقی -- راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	شایسته، محمدرضا، ۱۳۵۴ -
شناسه افزوده	دانشگاه آزاد اسلامی. واحد یزد. مرکز انتشارات علمی
رده بندی کنگره	۱۳۹۷ ت ۸ الف ۱/TK1۰۰۱
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۰۷
شماره کتابشناسی ملی	۵۴۰۵۱۶۳
شماره ثبت	۵۱۲-۹۷



تاسیسات الکتریکی

■ نویسنده: علی امام حسینی، محمدرضا شایسته

■ انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

■ نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۷

■ شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

■ قیمت: ۲۵۰/۰۰۰ ریال

■ شابک: ۸-۵۴۵۲-۱۰-۹۶۴-۹۷۸

انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

E Mail: entesharat_elmi@iauyazd.ac.ir

نشانی: یزد- صفائیه- دانشگاه آزاد اسلامی - انتشارات- ۳۱۸۷۲۳۳۲-۳۱۸۲۱۴۸۱۳-۰۳۵

حق چاپ برای انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد محفوظ است

تلفن مرکز پخش: ۳۱۸۷۲۳۳۲-۳۱۸۲۱۴۸۱۳-۰۳۵

سخن ناشر

بسمه تعالی

تأسیسات الکتریکی، طراحی سیستم‌های سیم‌کشی اماکن مسکونی و مراکز صنعتی و شامل مباحثی مانند روشنایی؛ برق‌رسانی؛ هوشمندسازی ساختمان؛ تلفن؛ آنتن مرکزی؛ سیستم اعلام حریق؛ اجرای شبکه رایانه‌ای؛ منبع تغذیه اضطراری؛ اجرا و خدمات آسانسور و پله برقی و دوربین مداربسته می‌باشد.

مجموعه‌ای که به پیشگاه علاقه‌مندان تقدیم می‌شود حاصل تلاش اساتید بزرگوار جناب آقای مهندس علی امام حسینی و جناب آقای دکتر محمد رضا شایسته است که با هدف آشنایی بیشتر با این موضوع تهیه و تدوین شده است.

در پایان وظیفه خود می‌دانم که از اعضای فرهیخته شورای انتشارات و نیز داوران و ویراستاران علمی و ادبی و همه عزیزانی که در راه انتشار این مجموعه تلاش کرده‌اند به ویژه از سرکار خانم دکتر معصومه طباطبایی رئیس محترم دانشگاه و جناب آقای دکتر نوید نصیری زاده معاون محترم پژوهش و فناوری که همواره عنایت ویژه‌ای به مجموعه انتشارات علمی دانشگاه دارند، صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری نمایم.

به امید توفیق الهی

حمید صادقی

مدیر مسئول انتشارات علمی دانشگاه

مقدمه مولفان

در کشور ما استقلال از تمام جنبه‌ها مد نظر است و استقلال علمی هم جزئی تفکیک‌ناپذیر از آن به شمار می‌رود. برای رسیدن به این هدف وجود منابع علمی ضروری می‌باشد. همین انگیزه موجب ترغیب و تشویق ما در تالیف این کتاب شده است.

این کتاب دارای مجموعه‌ای از مطالب ضروری برای درس تاسیسات الکتریکی رشته مهندسی برق، با بهره‌گیری از جدیدترین مراجع علمی و با تکیه بر تجربیات تدریس مولفان تدوین شده است. این کتاب همچنین کلیه مطالب اساسی برای درس تاسیسات الکتریکی سایر رشته‌های مهندسی را هم در بر دارد.

کتاب حاضر مشتمل بر ۹ فصل از مطالب و اطلاعات زیربنایی درباره آشنایی با عناصر و قطعات پایه تاسیسات الکتریکی، نقشه‌خوانی مدارات صنعتی و خانگی، اصول طراحی سیستم‌های روشنایی، طراحی خانه‌های هوشمند و می‌باشد.

سعی مولفان در تدوین این کتاب بر این بوده است تا کتاب درسی نسبتاً جامعی، به خصوص برای آن دسته از دانشجویان که به علت عدم تسلط کافی به زبان‌های خارجی امکان بهره‌گیری کامل از مراجع غیر فارسی را ندارند، در اختیار قرار دهد. البته لازم می‌دانیم توجه دانشجویان عزیز را به اهمیت استفاده همزمان از سایر متون معتبر خارجی و حل تمرین‌های متعدد کاربردی در زمینه تاسیسات الکتریکی جلب نماییم.

با امید به اینکه این اثر به عنوان تلاش ناچیزی در جهت خدمت به دانشجویان عزیز مورد پذیرش پیشگاه خداوند متعال قرار گیرد، از همه دانشجویان عزیز و خصوصاً همکاران گرامی استعفا داریم با ارسال نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود ما را در غنای هر چه بیشتر نگارش‌های بعدی این کتاب یاری نمایند.

در این‌جا لازم است از کلیه عزیزانی که در تهیه این کتاب ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی شود. در خاتمه از آقای حمید صادقی مدیر مسئول انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد کمال قدردانی می‌گردد.

علی امام‌حسینی - محمدرضا شایسته

اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

فصل اول: ایمنی در برق ۱

- ۱-۱- مقدمه..... ۱
- ۲-۱- اصول اولیه رعایت ایمنی در برق..... ۲
- ۳-۱- آثار فیزیولوژی برق بر انسان..... ۴
- ۱-۳-۱- مراحل انجام تنفس مصنوعی..... ۶
- ۴-۱- فیوز و نحوه عملکرد آن..... ۷
- ۱-۴-۱- فیوزهای مینیاتوری..... ۸
- ۲-۴-۱- کلیدهای محافظ جان..... ۹
- ۵-۱- هشدارهایی برای محل وسایل برقی..... ۱۴

فصل دوم: آشنایی با انواع سیم و کابل ۱۵

- ۱-۲- هادی..... ۱۵
- ۲-۲- عایق..... ۱۵
- ۳-۲- سیم..... ۱۵
- ۴-۲- تقسیم‌بندی سیم‌ها..... ۱۶
- ۱-۴-۲- سیم مفتولی یا سیم تک‌لا..... ۱۶
- ۲-۴-۲- سیم افشان..... ۱۷
- ۵-۲- نام‌گذاری سیم‌ها..... ۱۸
- ۶-۲- کابل کواکسیال..... ۱۹
- ۷-۲- کابل..... ۲۰
- ۱-۷-۲- تقسیم‌بندی کابل‌ها از نظر تعداد رشته..... ۲۰
- ۲-۷-۲- تقسیم‌بندی کابل‌ها از نظر کاربرد..... ۲۰
- ۳-۷-۲- رنگ‌بندی سیم‌های داخل کابل..... ۲۳
- ۸-۲- اتصالات سیم‌ها..... ۲۳

۲۴.....	۲-۸-۱- اتصال لحیمی
۲۵.....	۲-۸-۲- اتصال پیچ و مهره‌ای
۲۶.....	۲-۸-۳- اتصال ترمینالی
۲۶.....	۲-۸-۴- اتصال فیشی (سرسیمی)
۲۶.....	۲-۹- محاسبه مقطع سیم

فصل سوم: روشنایی ۲۹

۲۹.....	۳-۱- مقدمه
۲۹.....	۳-۲- تعاریف مربوط به روشنایی
۳۰.....	۳-۳- عوامل مؤثر بر دیدن
۳۰.....	۳-۳-۱- اندازه
۳۱.....	۳-۳-۲- مدت زمان رؤیت
۳۱.....	۳-۳-۳- درخشندگی
۳۲.....	۳-۳-۴- تباین
۳۲.....	۳-۳-۵- انعکاس سطوح
۳۲.....	۳-۳-۶- طول موج
۳۲.....	۳-۳-۷- رنگ
۳۳.....	۳-۳-۸- شدت روشنایی
۳۳.....	۳-۴- اصول طراحی روشنایی طبیعی
۳۴.....	۳-۵- طراحی روشنایی مصنوعی
۳۵.....	۳-۶- تعیین نوع لامپ
۳۶.....	۳-۷- اندازه‌گیری میزان شدت روشنایی
۳۶.....	۳-۷- ضریب بهره روشنایی
۳۷.....	۳-۸- انواع لامپ‌ها
۳۷.....	۳-۸-۱- لامپ‌های التهابی
۳۸.....	۳-۸-۲- لامپ هالوژن

۳-۸-۳	لامپ تخلیه در گاز.....	۳۹
۳-۸-۴	لامپ LED.....	۴۰
۳-۹-۹	نورپردازی خارجی.....	۴۳
۳-۹-۱	رنگ و نور.....	۴۳
۳-۹-۲	سایه و نور.....	۴۴
۳-۹-۳	ابعاد و نور.....	۴۴
۳-۹-۴	جهت و نور.....	۴۴
۳-۹-۵	خیرگی.....	۴۵
۳-۹-۶	انعکاس.....	۴۵
۳-۹-۷	درخشندگی.....	۴۶
۳-۱۰-۱۰	روش‌های نورپردازی نما.....	۴۶
۳-۱۰-۱	نورپردازی از بالا به پایین.....	۴۶
۳-۱۰-۲	نورپردازی از پایین به بالا.....	۴۶
۳-۱۰-۳	نورپردازی به صورت مورب و زاویه‌دار.....	۴۷
۳-۱۰-۴	نورپردازی از مقابل نما.....	۴۷
۳-۱۰-۵	نور تأکیدی.....	۴۸

فصل چهارم: نقشه‌خوانی مدارات صنعتی و ساختمانی ۴۹

۴-۱-۱	مقدمه.....	۴۹
۴-۲-۲	تقسیم‌بندی نقشه مدارهای الکتریکی.....	۵۰
۴-۲-۱	مدارهای روشنایی الکتریکی و لوازم خانگی.....	۵۰
۴-۲-۲	مدارهای صنعتی.....	۵۰
۴-۳-۳	تقسیم‌بندی سیم‌کشی.....	۵۰
۴-۳-۱	سیم‌کشی روکار.....	۵۰
۴-۳-۲	سیم‌کشی توکار.....	۵۰
۴-۴	علائم اختصاری وسایل الکتریکی.....	۵۱

۵-۴-۵۲.....	نقشه مدارهای الکتریکی
۵-۴-۵۲.....	۱-۵-۴ شمای حقیقی
۵-۴-۵۲.....	۲-۵-۴ شمای فنی (نقشه تک خطی)
۵-۴-۵۳.....	۳-۵-۴ شمای مسیر جریان
۵-۴-۵۳.....	۶-۴ علائم اختصاری مدارهای صنعتی
۵-۴-۵۷.....	۷-۴ نقشه مدارهای صنعتی
۵-۴-۵۷.....	۱-۷-۴ نقشه مدار قدرت
۵-۴-۶۳.....	۸-۴ نقشه خوانی مدارات ساختمانی
۵-۴-۶۶.....	۹-۴ مقررات و استانداردهای اجرای تأسیسات الکتریکی
۵-۴-۶۶.....	۱-۹-۴ کابل ها
۵-۴-۶۶.....	۲-۹-۴ سیم کشی
۵-۴-۶۷.....	۳-۹-۴ کلیدها
۵-۴-۶۷.....	۴-۹-۴ پریزها
۵-۴-۶۸.....	۱۰-۴ بازرسی و آزمایش تأسیسات الکتریکی
۵-۴-۶۸.....	۱-۱۰-۴ وسایل آزمایش
۵-۴-۶۹.....	۲-۱۰-۴ آزمایش اتصال صحیح کلیدها و پریزها و فیوزها
۵-۴-۶۹.....	۳-۱۰-۴ آزمایش متصل بودن مدارها
۵-۴-۶۹.....	۴-۱۰-۴ آزمایش صحیح اتصال زمین

فصل پنجم: مشخصات و شرایط محیط های ورزشی ۷۷

۵-۱-۷۷.....	۱-۵ نور در ورزشگاه ها
۵-۲-۷۸.....	۲-۵ انواع نور در فضاهای ورزشی
۵-۱-۲-۷۸.....	۱-۲-۵ نور طبیعی
۵-۲-۲-۷۹.....	۲-۲-۵ نور مصنوعی
۵-۳-۲-۷۹.....	۳-۲-۵ نور تلفیقی
۵-۳-۸۰.....	۳-۵ بدمینتون و تنیس روی میز

۸۰	۵-۴- نکته مهم در ورزش تنیس
۸۰	۵-۵- زمین‌های فوتبال
۸۱	۵-۶- استخر شنا
۸۱	۵-۶-۱- ملاحظات محیطی ویژه ورزش شنا
۸۲	۵-۶-۲- روشنایی اضطراری
۸۲	۵-۶-۳- سیستم‌های برقی
۸۳	۵-۶-۴- ضوابط طراحی و اجرای تأسیسات برقی استخرهای شنا
۸۳	۵-۶-۵- درجه حفاظت لوازم و تجهیزات برقی

فصل ششم: سیستم ارت ۸۵

۸۵	۶-۱- مقدمه
۸۶	۶-۲- اهمیت اتصال زمین
۸۷	۶-۳- روش‌های اجرای ارت (زمین حفاظتی)
۸۷	۶-۳-۱- اجرای ارت به روش عمقی
۹۲	۶-۴- اجرای ارت به روش سطحی
۹۳	۶-۵- نکات عمومی و مهم در خصوص سیستم‌های ارت
۹۴	۶-۶- تفاوت بین نول، زمین حفاظتی و زمین الکتریکی
۹۵	۶-۶-۱- نول
۹۵	۶-۶-۲- زمین حفاظتی
۹۵	۶-۶-۳- زمین الکتریکی
۹۵	۶-۷- انواع سیستم‌های نیرو از نظر اتصال به زمین
۹۶	۶-۷-۱- سیستم نیروی نوع TN-S
۹۷	۶-۷-۲- سیستم نیروی نوع TN-C-S
۹۷	۶-۷-۳- سیستم نیروی نوع TN-C

فصل هفتم: اندازه‌گیری توان و اصلاح ضریب قدرت ۹۹

۹۹	۷-۱- اندازه‌گیری توان
----	-----------------------

۱۰۱.....	۲-۷- اندازه‌گیری توان راکتیو.....
۱۰۲.....	۳-۷- اندازه‌گیری توان در مدارات سه فاز.....
۱۰۲.....	۱-۳-۷- ستاره (سیستم سه فاز چهار سیمه).....
۱۰۲.....	۲-۳-۷- مثلث (سیستم سه فاز سه سیمه).....
۱۰۲.....	۳-۳-۷- اندازه‌گیری توان در مدارات سه فاز چهار سیمه.....
۱۰۳.....	۴-۳-۷- اندازه‌گیری توان در مصرف‌کننده سه فاز سه سیمه.....
۱۰۴.....	۴-۷- اندازه‌گیری ضریب قدرت ($\cos\phi$ متر).....
۱۰۵.....	۵-۷- اصلاح ضریب قدرت.....
۱۰۶.....	۱-۵-۷- خازن گذاری به‌صورت ستاره.....
۱۰۷.....	۲-۵-۷- خازن گذاری به‌صورت مثلث.....
۱۰۷.....	۶-۷- اندازه‌گیری انرژی.....
۱۰۷.....	۱-۶-۷- کنترلر تک فاز.....
۱۰۸.....	۲-۶-۷- کنترلر سه فاز اکتیو.....
۱۰۹.....	۳-۶-۷- کنترلر سه فاز راکتیو.....
۱۰۹.....	۴-۶-۷- کنترلر سه فاز تعرفه دار.....
۱۱۰.....	۵-۶-۷- کنترلر دیجیتالی.....
۱۱۱.....	۶-۷- ضریب بهره (راندمان) الکتریکی.....

فصل هشتم: خانه هوشمند ۱۱۳

۱۱۳.....	۱-۸- خانه هوشمند.....
۱۱۴.....	۲-۸- تجهیزات قابل کنترل از طریق BMS.....
۱۱۶.....	۳-۸- مزایای اجرای سیستم BMS در ساختمان.....
۱۱۸.....	۴-۸- انواع سیستم‌های کنترل.....
۱۱۹.....	۵-۸- استانداردها و پروتکل‌های ارتباطی.....
۱۲۰.....	۶-۸- واسط کاربر وب.....
۱۲۰.....	۷-۸- معماری سیستم BMS.....

فصل نهم: سنسورها و کاربرد آن‌ها ۱۲۳

۱-۹- مقدمه.....	۱۲۳
۲-۹- سنسور.....	۱۲۴
۳-۹- سنسورهای باینری و آنالوگ.....	۱۲۵
۴-۹- سوئیچ‌های بدون تماس.....	۱۲۵
۵-۹- سنسورهای القایی - مغناطیسی.....	۱۲۶
۶-۹- سنسورهای خازنی.....	۱۲۶
۷-۹- سنسورهای نوری.....	۱۲۷
۸-۹- سنسور دما.....	۱۲۸
۹-۸-۱- انواع سنسورهای اندازه‌گیری دما.....	۱۲۹
۹-۸-۲- سنسورهای بی متال.....	۱۲۹
۹-۸-۳- سنسورهای ترموکوپل.....	۱۳۰
۹-۸-۴- سنسورهای RTD.....	۱۳۲
۹-۸-۵- ترمیستورها.....	۱۳۳

منابع ۱۳۵

فصل اول:

ایمنی در برق

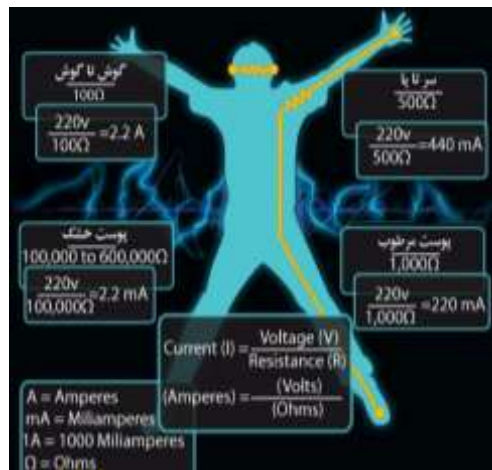
۱-۱- مقدمه

در صنعت برق اگر ایمنی رعایت نشود، خطر برق‌گرفتگی حتمی است. با گسترش شبکه برق و بهره‌گیری از این انرژی، خطراتی نیز در کمین است و کوچک‌ترین بی‌توجهی به آن می‌تواند فاجعه‌آفرین باشد. طبق آمار موجود، حوادث برق‌گرفتگی در شبکه توزیع و مصرف‌کنندگان برق به‌مراتب بیش از حوادث روی شبکه فشارقوی است. علت آن بیشتر بی‌دقتی، سهل‌انگاری و عدم آگاهی افراد می‌باشد.

قرارداشتن وسایل برقی در دسترس همگان، از سوی دیگر عدم رعایت مقررات ایمنی در مراحل طراحی و تولید لوازم الکتریکی که بعضی از سازندگان این‌گونه لوازم کمتر به فکر ایمنی آن‌ها هستند. پیشرفت صنعت زمانی دارای معنی و مفهوم است که هدف سازنده در راستای بهبود کالای ساخته‌شده باشد و از نظر کیفیت راه کمال و مرغوبیت را در پیش گیرد.

بدن موجودات زنده نیز مانند سایر اجسام دارای مقاومت الکتریکی می‌باشد. ولی چون موجودات از عناصر گوناگون و با ترکیبات متفاوت ساخته شده‌اند، بنابراین دارای مقاومت یکسان و ثابتی نیستند. پوست بدن انسان اگر سالم و خشک باشد (رطوبت نداشته باشد) عایق نسبتاً خوبی است و مقاومتی حدود $100\text{ K}\Omega$ یا بیشتر از آن را دارا می‌باشد؛ اما مقاومت درون بدن کم است.

اگر پوست بدن مرطوب یا پوست معیوب (بریدگی و زخم) باشد، مقاومت الکتریکی بدن خیلی کم می‌شود و تا حدود $500\ \Omega$ می‌رسد که در این حالت برق‌گرفتگی خطرناک است. به‌طور کلی در جریان متناوب مقاومت بدن کمتر است. مقاومت بدن در شرایط مختلف گرسنگی، خستگی، خواب و بیداری و ... تغییر می‌کند.



شکل (۱-۱) مقاومت الکتریکی بدن

۲-۱- اصول اولیه رعایت ایمنی در برق

- ۱- قبل از شروع تعمیر وسایل برقی حتما مجوز لازم را اخذ نمایید.
- ۲- قبل از شروع به کار (تعمیر) کلید اصلی برق شبکه را قطع نموده و درب جعبه تقسیم را قفل نمایید.

- ۳- چنانچه امکان قفل کردن جعبه وجود نداشته باشد، با درآوردن فیوز جریان را قطع نمایید.
- ۴- در صورت امکان، برچسب تعمیرات نیز زده شود.
- ۵- فقط برق کاران مجهز به وسایل ایمنی اجازه کار بر روی شبکه یا دستگاه‌ها را دارند.
- ۶- تمامی دستگاه‌های برقی باید دارای سیم ارت باشند.
- ۷- تمامی کابل‌های معیوب باید تعویض شوند.
- ۸- هر کابل متناسب با قطر آن به مصرف‌کننده وصل شود.
- ۹- تمامی دستگاه‌ها باید از دوشاخه ارت‌دار استفاده کنند.
- ۱۰- برای تعمیر یک وسیله برقی حتما باید دوشاخه آن را از برق جدا کنید.
- ۱۱- در کارهای برقی هیچ‌گاه شانس عمل نکنید.
- ۱۲- هیچ‌گاه دوشاخه را با کشیدن کابل از پریز جدا نکنید.
- ۱۳- هرگز یک سیم برق لخت را لمس نکنید.
- ۱۴- در زمان حفاری اگر به کابل برقی برخورد نمودید قبل از هر کاری به مسئولین اطلاع دهید.
- ۱۵- توجه داشته باشید که کار در زمین‌های مرطوب با وسایل برقی می‌تواند منجر به برق‌گرفتگی شود.
- ۱۶- فقط دستگاه‌هایی که ولتاژ آن‌ها کمتر از ۲۵ ولت می‌باشد، خطر برق‌گرفتگی در آن‌ها کاهش یافته است.
- ۱۷- کابل‌های برق که در مسیر عبور و مرور وسایل نقلیه هستند را حتما باید از درون یک لوله عبور داد.
- ۱۸- برای هر دستگاه فیوز متناسب با آن را استفاده کنیم.
- ۱۹- از فیوزهای محافظ جان استفاده شود.
- ۲۰- توجه داشته باشید که آتش‌سوزی ناشی از برق را فقط باید با گاز یا پودر خاموش نمود، استفاده از آب خطرناک است.

۲۱- در صورتی که قبل از شروع تعمیرات، محیط ایمن سازی می شود باید پس از اتمام عملیات و برقرار کردن مدار، علائم هشداردهنده و به طور کلی تجهیزات ایمنی سازی محیط برداشته شود.

۱-۳- آثار فیزیولوژی برق بر انسان

مقدار جریانی که ممکن است بدون هیچ گونه خطری از بدن انسان عبور کند به ویژگی های جسمی، دامنه جریان، نوع جریان، مسیر و طول مدت جریان بستگی دارد. در این حالت مقاومت بدن در اثر رطوبت به حداقل و در اثر خشکی به حداکثر می رسد. خراش، زخم و سوختگی نیز می تواند باعث پایین آمدن مقاومت بدن شود.

جریان کم در حد ۱۲ میلی آمپر باعث خواهد شد که عضلات دست منقبض شود. البته آسیب این چنین شوکی بستگی به مدت تماس، وضع جسمی و به خصوص وضع قلبی فرد دارد. به طور کلی جریان ۵۰ میلی آمپر به بالا کشنده است. جریان های کمتر از این هم در صورتی که از مسیر قلب عبور کند خطرناک هستند. از نظر نوع جریان، جریان متناوب به ویژه فرکانس ۵۰ هرتز از جریان مستقیم خطرناک تر است.

حد ولتاژ خطرناک برای این که جریان از ۵۰ میلی آمپر بیشتر باشد ۶۵ ولت است. این ولتاژ برای حداقل مقاومت بدن محاسبه شده است.

$$U = 1300 \times 0.05 = 65 \text{ V}$$

جدول (۱-۱) عکس العمل فیزیولوژی بدن در مقابل افزایش جریان

نوع جریان		شدت جریان (میلی آمپر)
جریان مستقیم	جریان متناوب (۵۰ تا ۶۰ هرتز)	
محسوس نیست	احساس عبور جریان، لرزش کم انگشتان دست	۰/۶ تا ۱/۵
محسوس نیست	لرزش شدید انگشتان دست	۲ تا ۳
درد با خارش،	تشنج دست	۵ تا ۷

نوع جریان		شدت جریان (میلی آمپر)
جریان مستقیم	جریان متناوب (۵۰ تا ۶۰ هرتز)	
احساس گرما		
احساس گرمای شدید	دست‌ها به‌سختی تکان می‌خورد ولی می‌توان آن‌ها را از الکتروود جدا نمود. درد شدید مفاصل، بی‌حسی دست‌ها	۸ تا ۱۰
احساس گرمای شدید	تشنج عضلات تا شانه‌ها ادامه دارد، درد شدید تماس با الکتروودها را تا ۳۵ ثانیه می‌توان تحمل کرد	۱۱ تا ۱۲
احساس گرمای شدید	امکان رها کردن الکتروودها مشکل است و تماس با الکتروودها را تا ۱۵ ثانیه می‌توان تحمل کرد	۱۳ تا ۱۴
احساس گرمای شدید	رها کردن الکتروودها غیرممکن است و دست‌ها دچار ترقق می‌شود	۱۵
انقباض کم عضلات دست	دست ناگهان فلج می‌شود، الکتروودها را می‌توان رها کرد، درد شدید عارض می‌شود و تنگی نفس	۲۰ تا ۲۵
احساس ازدیاد گرما، انقباض عضلات، تشنج و سختی نفس	نفس بند می‌آید و در بطن‌های قلب لرزش به وجود می‌آید	۵۰ تا ۸۰
خفگی	اگر قطع نفس بیش از ۳ ثانیه طول بکشد قلب فلج شده و حرکت بطن‌های قلب قطع می‌شود	۹۰ تا ۱۰۰

بعد از مجموعه اقداماتی که برای پیشگیری از برق گرفتگی ایجاد می شود، اگر فردی دچار برق گرفتگی شد، اقداماتی که برای نجات شخص برق گرفته می توان انجام داد عبارت است از:

- ۱- قطع مدار از برق
 - ۲- جدا کردن شخص برق گرفته از مدار
 - ۳- تنفس مصنوعی
 - ۴- رساندن به پزشک
- مرگ در اثر برق گرفتگی معمولاً نتیجه به هم ریختن کار منظم قلب و متوقف شدن دستگاه تنفس است. چنانچه مسیر برق گرفتگی از سمت چپ بدن یا از سمت سر باشد خطرناک تر است.
- مسئله مهم در برق گرفتگی تنفس مصنوعی می باشد که باید در کمتر از ۳ دقیقه پس از برق گرفتگی با انجام این کار جریان تنفس را به حالت عادی بازگردانیم. برای این کار از تنفس مصنوعی استفاده می شود.

۱-۳-۱- مراحل انجام تنفس مصنوعی

- ۱- ابتدا فرد را به پشت بخوابانید.
- ۲- سپس در یک طرف بیمار بنشینید.
- ۳- راه تنفس او را باز کنید.
- ۴- اجسامی که مانع تنفس او می شود را رفع کنید مانند کف و ...
- ۵- کف دست را روی پیشانی فرد گذاشته و سر او را کمی به عقب برگردانید.
- ۶- فک او را با دست دیگر کمی به سمت بالا فشار دهید تا دندان های فک پایین مقابل فک بالا قرار گیرد.
- ۷- با دستی که سمت سر قرار دارد بینی فرد را بگیرید تا مسدود شود.
- ۸- دهان خود را بر روی دهان بیمار قرار دهید.
- ۹- سپس به آرامی هوا را به درون ریه ها بدمید و از گوشه ی چشم به ریه ها نگاه کنید تا سینه ی فرد حتی الامکان بالا بیاید.
- ۱۰- دهانتان را بردارید و بینی فرد را رها کنید تا هوا خارج شود.

۱۱- ماساژ قلبی انجام دهید.

۱۲- این مراحل را ۲ یا ۳ بار انجام دهید تا فرد به تنفس طبیعی دست یابد.



شکل (۱-۲) مراحل تنفس مصنوعی و CPR

۴-۱- فیوز و نحوه عملکرد آن

فیوز وسیله‌ای است که مدارهای الکتریکی را در برابر جریان غیرمجاز محافظت می‌کند. اگر جریانی بیش از جریان نامی از فیوز بگذرد فیوز قطع می‌شود و بدین ترتیب جریان برق، قطع خواهد شد. به عبارت ساده، فیوز وسیله‌ای حفاظتی است که در تجهیزات و مدارات الکتریکی به کار می‌رود تا در مواقعی که جریانی بیشتر از حد مجاز از وسیله عبور می‌کند، با قطع فیوز مدار قطع شود تا تجهیزات دیگر آسیبی نبینند. این وسیله اولین بار توسط توماس ادیسون در سال ۱۸۹۰ میلادی اختراع شد.

عنصر اصلی ساخت فیوز، نواری فلزی است که در یک محفظه غیر رسانا قرار دارد. با عبور بیش از حد مجاز جریان، نوار فلزی ذوب شده و مدار الکتریکی قطع می‌شود.

فیوزها از نظر سرعت عملکرد به دو دسته کندکار و تندکار تقسیم می‌شوند.

۱- فیوزهای کندکار: این نوع فیوزها در برابر عبور جریان بیش از حد، واکنش ملایم‌تری از خود نشان می‌دهند و برق را دیرتر قطع می‌کنند. با این همه واکنش این فیوزها در برابر جریان اتصال کوتاه تقریباً لحظه‌ای است.

۲- فیوزهای تندکار: این فیوزها زمان قطع کمتری نسبت به فیوزهای کندکار داشته و به همین دلیل در مصارف روشنایی استفاده می‌شوند.

۱-۴-۱- فیوزهای مینیاتوری

فیوزهای مینیاتوری نوعی از فیوزها هستند که می‌توانند مدارات را در برابر جریان اتصال کوتاه و جریان اضافه بار محافظت نمایند. یک فیوز مینیاتوری از دو مکانیزم برای عملکرد خود استفاده می‌کند. اول اینکه تشخیص جریان اتصال کوتاه به وسیله یک سیم پیچ که دارای تعداد دور کم و قطر زیاد و می‌باشد. دوم اینکه تشخیص جریان اضافه به عهده یک فلز (بیمتال) می‌باشد که به وسیله عبور جریان مدت‌دار بیش از جریان نامی گرم شده و بر اثر خم شدن باعث عمل کنتاکت فیوز شده و مدار را قطع می‌کند.



شکل (۱-۳) فیوز مینیاتوری

فیوزهای مینیاتوری برحسب نوع کاربرد به دو گروه تندکار و کندکار تبدیل می‌شوند. از فیوز تندکار جهت مدارهای روشنایی (غیر موتوی) و از فیوز کندکار جهت مدارات موتوری استفاده می‌شود. فیوز ترانسفورماتور که اغلب کات اوت (CUT OUT FUSE) نامیده می‌شود، یک المنت است و چون با برداشتن تیغه فولادی یا نگه‌دارنده فیوز مدار مانند قطع یک کلید، باز می‌شود به آن کات اوت می‌گویند.

فیوز کات اوت جهت حفاظت ترانسفورماتور در مقابل جریان‌های زیاد احتمالی ناشی از اتصال کوتاه یا اضافه‌بار در شبکه فشار ضعیف و سیم‌پیچی‌های داخل ترانسفورماتور به کار می‌رود.

۱-۴-۲- کلیدهای محافظ جان

یکی از عوامل اصلی در بروز خسارات مالی، صدمات و تلفات جانی به‌ویژه در منازل مسکونی، مراکز اداری، تجاری و مجتمع‌های صنعتی عدم رعایت مسائل ایمنی در استفاده از انرژی برق می‌باشد.

به‌منظور حفاظت از جان افراد در مقابل خطر برق‌گرفتگی و جلوگیری از خطرات جریان ناشی از کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی (محافظ جان) استفاده می‌شود. این کلیدها که بر اساس حساسیت خود به دو نوع خانگی و صنعتی تقسیم می‌شوند، علاوه بر حفاظت افراد در مقابل تماس مستقیم و یا غیرمستقیم برق، با جلوگیری از ناشی جریان در حفاظت دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی نیز مؤثر می‌باشند. بر این اساس در صورتی که حساسیت کلیدها تا ۳۰ میلی‌آمپر باشد این کلید به‌عنوان حفاظت از جان و در صورتی که حساسیت آن بیشتر از ۳۰ میلی‌آمپر باشد به‌عنوان حفاظت از تجهیزات صنعتی به کار می‌رود.

اساس کار کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، مقایسه جریان ورودی با جریان خروجی کلید می‌باشد به‌طوری‌که اگر جریان ناشی در مداری که کلید در آن واقع شده است بیشتر از حساسیت کلید باشد کلید عمل کرده و جریان ورودی و در نتیجه مدار را قطع می‌نماید.

از مزایای دیگر استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی جلوگیری از بروز آتش‌سوزی در اثر وجود جریان ناشی می‌باشد. با توجه به اینکه جریان ۰/۵ آمپری می‌توان باعث بروز آتش‌سوزی شود، کلید حفاظت از خط برق‌گرفتگی با تشخیص جریان ناشی و قطع جریان ورودی، مانع از بروز آتش‌سوزی می‌شود.

همچنین از آنجاکه در صورت وجود جریان ناشی در بدنه وسایل برقی و یا سیستم سیم‌کشی ساختمان، این جریان به‌مرور زمان زیاد می‌شود و احتمال سوختن وسایل برقی و سیستم سیم‌کشی ساختمان را به وجود می‌آورد، لذا استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، با توجه به

کاهش میزان هدر رفت انرژی الکتریکی و برق مصرفی، صرفه جویی اقتصادی و حفظ ثروت های ملی را نیز در بر خواهد داشت.



شکل (۱-۵) کلید محافظ جان

الف) مشخصات کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (جریان نشتی)

- ۱- جهت حفاظت کلیدها و مدار مصرفی در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار بایستی فیوز پشتیبان (Back-Up Fuse) با توجه به جریان نامی کلید و مشخصات ارائه شده در کاتالوگ نصب گردد.
- ۲- کلیدها با جریان نامی ۱۶-۱۲۵ آمپر تولید می شوند.
- ۳- کلیدها جهت استفاده مشترکین تک فاز (خانگی) به صورت دو پل و مشترکین سه فاز (صنعتی) به صورت چهار پل که می تواند همراه با نول و یا بدون نول (در سیستم های سه سیمه) به کار رود.
- ۴- میزان جریان قطع خودکار کلیدها (حساسیت) از ۱۰ میلی آمپر تا ۱/۵ آمپر و مدت زمان قطع حداکثر ۲۰۰ میلی ثانیه است.

ب) دستورالعمل نصب فیوزهای محافظ جان

با توجه به مقررات و استانداردهای بین المللی، رعایت موارد ذیل در نصب فیوزهای محافظ جان ضروری می باشد.

- ۱- قبل از نصب بایستی با آمپر متر مخصوص میزان نشتی جریان در مداری که قرار است کلید فوق نصب گردد، اندازه گیری شود. در صورتی که میزان جریان نشتی بیشتر از ۰.۲٪ حساسیت نامی کلید باشد پس از نشتیابی و رفع نقص، اقدام به نصب کلید گردد. این نشتی می تواند بین فاز و زمین، نول و

زمین، فاز یا نول با فازها و نول های مدارهای مجاور باشد که در تمام حالت های فوق، کلید اقدام به قطع مدار می نماید.

۲- در مورد کلیدهای دو پل سیم نول به ترمینال مشخص شده با علامت N و سیم فاز به ترمینال مشخص شده با علامت L متصل می شود.

۳- در سیستم تک فاز، دو سیم نول و فاز و در سیستم سه فاز، چهار سیم (سه فاز و یک نول) بایستی به ورودی و خروجی کلید متصل گردد.

۴- با توجه به موقعیت نصب، سیم های ورودی و خروجی می توانند از بالا و یا پائین به کلید متصل شوند که این امر در کارکرد کلید اثری نخواهد داشت.

۵- درجه حفاظت کلیدها برای جلوگیری از ورود اجسام خارجی برابر با IP 40 می باشد.

۶- کلید عملیات نصب و رفع نقص بایستی توسط فرد متخصص انجام شود.

۷- ترمینال های ورودی و خروجی کلیدها با توجه به آمپر کلید برای بالاترین قطر کابل یا سیم در نظر گرفته شده و از این نظر مشکلی وجود نخواهد داشت.

۸- همراه با کلید محافظ جان امکان استفاده از کنتاکت کمکی نیز وجود دارد.

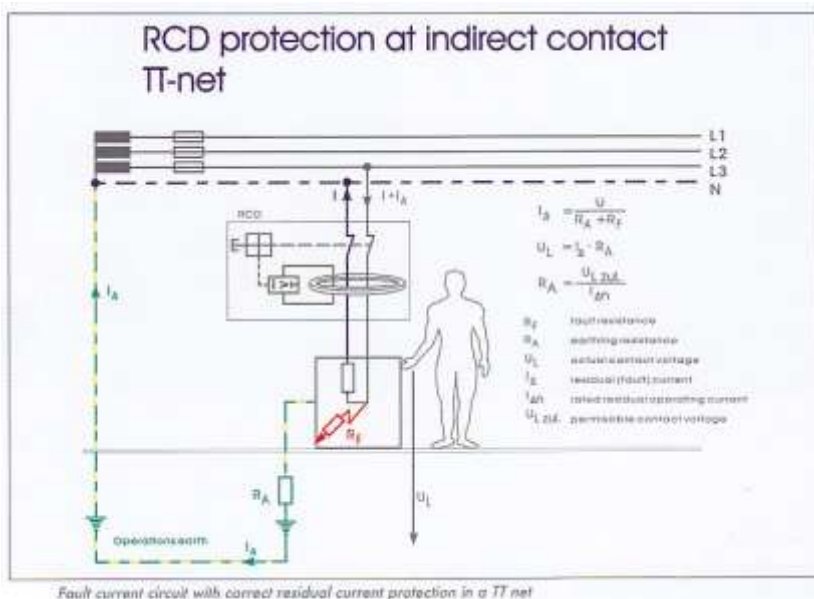
پ) عملکرد فیوزهای محافظ جان

عملکرد کلیدهای محافظ جان در ۳ بخش مختلف انجام می شود.

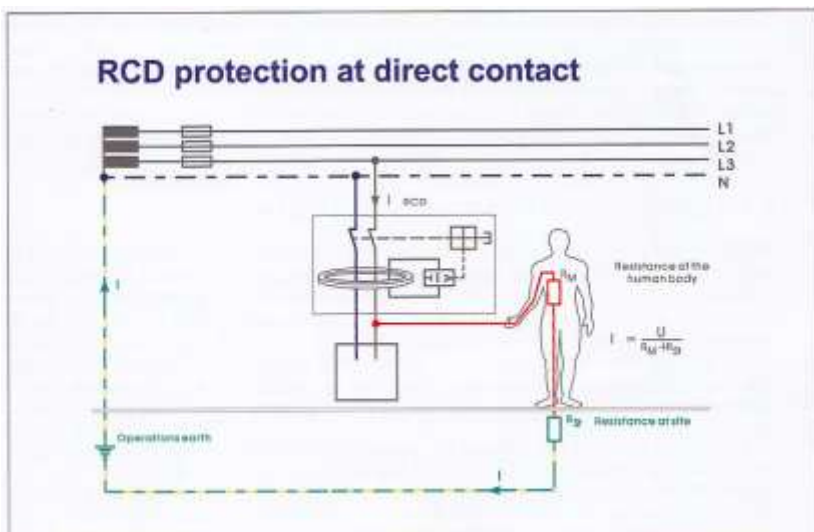
۱- آشکارسازی جریان نشتی که وظیفه ردیابی جریان نشتی را بر عهده دارد. این قسمت توسط یک ترانس جریان (CT) انجام می شود.

۲- اندازه گیری جریان نشتی به وجود آمده توسط یک رله که جریان نشتی در مدار را با جریان حد که همان حساسیت کلید و یا آستانه قطع است، مقایسه می کند.

۳- واحد قطع مدار (Tripping)، در این قسمت اگر جریان نشتی اندازه‌گیری شده بیشتر از حساسیت کلید محافظ جان باشد، مدار قطع می‌شود.



شکل (۶-۱) حفاظت فیوز محافظ جان در هنگام تماس غیرمستقیم



شکل (۷-۱) حفاظت فیوز محافظ جان در هنگام تماس مستقیم

ت) دستورالعمل دوره بهره‌برداری فیوزهای محافظ جان

قطع جریان برق توسط کلید محافظ جان نشان‌دهنده آن است که حداقل یکی از وسایل برقی موجود در مدار و یا اینکه سیم‌کشی ساختمان دارای جریان نشستی می‌باشد. در این صورت باید ابتدا دو شاخه کلیه وسایل برقی را از پریزها بیرون آورده و پس از وصل مجدد کلید حفاظت از خطر برق‌گرفتگی مطابق با موارد زیر عمل نمود:

۱- چنانچه کلید دوباره جریان برق را قطع نمود؛ این امر بدین معنی است که در سیستم سیم‌کشی داخل ساختمان و یا سیم‌های خروجی از مدار کلید حفاظت از خطر برق‌گرفتگی جریان نشستی به وجود آمده است و تا زمانی که این نشستی وجود داشته باشد کلید قابل وصل نخواهد بود. هر بار پس از وصل کلید، بلافاصله فرمان قطع می‌دهد که در این صورت بایستی توسط فرد متخصص نسبت به رفع نقص اقدام گردد.

۲- در صورتی که بعد از خارج نمودن کلیه وسایل برقی از مدار، کلید حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، جریان برق را قطع نکرد. این امر بدین معنی است که در سیستم سیم‌کشی ساختمان مشکلی وجود ندارد و یکی از وسایل برق دارای جریان نشستی به بدنه می‌باشد که در این صورت وسایل برقی را تک‌تک به برق وصل نموده تا کلید قطع نماید. قطع کلید نشان‌دهنده آن است که آن وسیله برقی، دارای جریان نشستی به بدنه می‌باشد که بایستی نسبت به رفع نقص آن اقدام گردد.

۳- روی هر کلید حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، یک کلید قطع و وصل جهت قطع و وصل جریان عبوری از کلید و یک شاسی فشاری زرد رنگ به‌منظور تست عملکرد کلید، نصب شده است. با فشار شاسی تست، یک جریان نشستی مجازی به وجود می‌آید و باعث قطع کلید می‌گردد. لذا حداقل ماهی یک‌بار می‌بایست از این دکمه استفاده نمود. در صورت استفاده از شاسی تست و عدم قطع مدار، بایستی حتماً به مسئول برق اطلاع داده شود تا نسبت به تعویض کلید اقدام نماید.

۱-۵- هشدارهایی برای محل وسایل برقی

برای جلب توجه عمومی بایستی اطلاعیه یا اطلاعیه‌هایی با مضمون‌های زیر در محل‌های مناسب نصب کرد؛

- ◀ ورود افراد غیرمجاز و متفرقه به محل‌های تأسیسات الکتریکی ممنوع
- ◀ هرگونه تعمیر و یا دست‌کاری تأسیسات الکتریکی توسط افراد غیرمجاز ممنوع
- ◀ روش‌های مقابله با آتش‌سوزی در هنگام بروز حریق
- ◀ روش‌های نجات افراد برق‌گرفته و کمک‌های اولیه به افرادی که دچار برق‌گرفتگی شده‌اند
- ◀ مشخص نمودن افراد معینی برای مقابله با خطرات الکتریکی احتمالی و اعلام نحوه ارتباط با آنها
- ◀ شماره تلفن‌های اضطراری

فصل دوم:

آشنایی با انواع سیم و کابل

۲-۱- هادی

به‌طور کلی به موادی که دارای رسانایی بالایی هستند و می‌توانند برق را با تلفات کم منتقل کنند هادی گفته می‌شود. در بین مواد مختلف طلا، مس، نقره جزوه بهترین هادی‌ها هستند.

۲-۲- عایق

موادی که دارای رسانایی صفر هستند و یا به عبارت دیگر برق را از خود عبور نمی‌دهند عایق گفته می‌شود. همانند انواع پلاستیک، شیشه، چوب و غیره.

۲-۳- سیم

سیم‌ها وسایلی هستند که در آن از یک هادی به‌منظور انتقال برق و از یک عایق به‌منظور جلوگیری از نشت برق به اطراف و محافظت استفاده می‌شود. برای مقایسه مقدار مقاومت و اندازه‌گیری فیزیکی یک هادی با هادی دیگر باید واحد استاندارد در دست باشد. برای اندازه‌گیری قطر یک سیم، میلی‌متر و برای طول آن، متر واحد

مناسبی است. استاندارد سطح مقطع سیم‌ها، میلی‌متر مربع است و از آن برای شماره‌گذاری سیم‌های روکش دار استفاده می‌شود.

مثلا سیم شماره یک و نیم به معنی آن است که سطح مقطع سیم ۱/۵ میلی‌متر مربع است. سطح مقطع سیم‌های دایره‌ای برحسب میلی‌متر مربع از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

در رابطه فوق A سطح مقطع و D قطر هادی است. اگر سیمی دارای قطری برابر ۱/۳۸۲ میلی‌متر باشد سطح مقطع آن ۱/۵ میلی‌متر مربع است.



شکل (۲-۱) انواع سیم

۲-۴- تقسیم‌بندی سیم‌ها

۲-۴-۱- سیم مفتولی یا سیم تک‌لا

این نوع سیم که به سیم خشک نیز معروف است دارای یک رشته هادی می‌باشد و به دلیل این که قابلیت فرم‌دهی دارد، عموماً در تابلوهای برق استفاده می‌شود. ولتاژ نامی این نوع سیم ۷۵۰/۴۵۰ ولت است و برای جریان‌های مختلف، با سطح مقطع عادی ۱/۵ تا ۲۴۰ میلی‌متر مربع ساخته می‌شود.

ولتاژ اسمی سیم یا کابل ولتاژ مرجعی است که سیم یا کابل برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی سیم و کابل بر اساس آن انجام می‌گردد. بر اساس استاندارد DIN VDE 0289 و IEC 183، ولتاژ کابل به صورت U_0/U بیان می‌گردد.

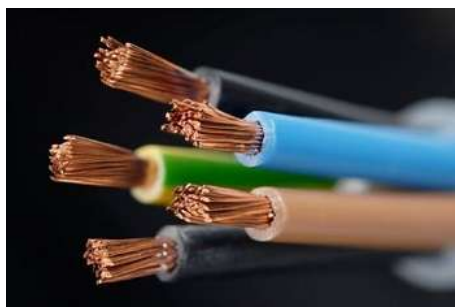
U_0 مقدار مؤثر ولتاژ (r.m.s) بین هر رشته و زمین (پوشش فلزی کابل و یا هر پوشش دیگر یا سیم ارت) می‌باشد. U مقدار مؤثر ولتاژ (r.m.s) بین هر دو فاز هادی‌های یک کابل چند رشته‌ای و یا سیستمی از کابل‌های تک رشته می‌باشد، برای سیستم سه فاز نیز $U = U_0 \sqrt{3}$ است.



شکل (۲-۲) سیم مفتولی

۲-۴-۲- سیم افشان

سیم‌های افشان به دلیل این‌که از تعداد زیادی سیم مسی نازک به هم تابیده تشکیل شده‌اند نرم بوده و قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی دارند. به همین دلیل از آن‌ها در سیم‌کشی ساختمان استفاده می‌شود. ولتاژ نامی این سیم‌های افشان ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. با توجه به جریان‌های عبوری مختلف، در سطح مقطع‌های مختلفی ساخته می‌شود.



شکل (۳-۲) سیم افشان

۲-۴-۳- سیم نیمه افشان

این سیم‌ها چیزی بین سیم‌های مفتولی و افشان می‌باشند؛ یعنی تعداد رشته‌های این نوع سیم به مراتب از سیم‌های افشان کم‌تر بوده و در نتیجه انعطاف آن نیز از سیم‌های افشان کمتر است. ولتاژ نامی این سیم ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و زمینه‌های کاربرد آن مشابه سیم‌های مفتولی است.



شکل (۲-۴) سیم نیمه افشان

۲-۵- نام‌گذاری سیم‌ها

برای نام‌گذاری سیم‌ها و کابل‌ها به مؤلفه‌هایی همچون نوع عایق، جنس هادی، شکل هادی و غیره حروفی را نسبت داده‌اند که از کنار هم قرار گرفتن این حروف دقیقاً می‌توان به نوع سیم و کابل و مورد مصرف آن پی برد. این حروف عبارت‌اند از:

N : نشان‌دهنده سیم مسی نرم شده یا به عبارتی سیمی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.

Y : عایق PVC دور هر رشته است.

S و Z: علامت سیم‌های مخصوص است.

F : علامت سیم‌های نرم است.

A : برای سیم‌کشی داخل لوله‌ها است.

M : به مفهوم سیم‌های مقاوم در مقابل رطوبت است.

جدول (۲-۱) موارد مصرف و حروف مشخصه سیم‌ها

حروف مشخصه	موارد مصرف
NYA	سیم تک‌لا با روکش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان در محل خشک داخل لوله پی‌وی‌سی و فولادی
NYAF	سیم افشان با روکش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان در محل خشک داخل لوله پی‌وی‌سی و فولادی
NSYA	سیم مخصوص با روکش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان
NYM	سیم مقاوم در مقابل رطوبت زیر گچ بدون لوله یا کولر
NYZ	سیم با روکش پلاستیک مخصوص برای روشنایی و لوازم‌خانگی
NYFA	سیم برای مصرف لوستر و چراغ‌ها برای اشیا قابل حمل استفاده نمی‌شود
Y	سیم مکالمه و خبری و تلفن
T	سیم کواکسیال

۲-۶- کابل کواکسیال

کابل‌های کواکسیال به‌عنوان آنتن و یا رابط دستگاه‌های صوتی و تصویری استفاده می‌شوند. در این نوع سیم‌ها از دو نوع هادی استفاده می‌شود. یک هادی در مرکز سیم از نوع مفتولی است و سیم اصلی می‌باشد، سیم دوم به‌صورت بافته‌شده در دور سیم است و به‌منظور جلوگیری از پارازیت می‌باشد. همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، سیم اصلی توسط یک لایه PVC از سیم خارجی عایق شده و در نهایت یک عایق دوم کل مجموعه را محافظت می‌کند.



شکل (۲-۵) سیم کواکسیال

۲-۷-۲- کابل

در صورتی که چند سیم در کنار یکدیگر به کمک یک غلاف و یا لایه عایقی دوم قرار گیرند تشکیل یک کابل می‌دهند.



شکل (۲-۶) تقسیم‌بندی کابل‌ها از نظر شکل هادی

کابل‌ها از نظر شکل هادی (شکل سطح مقطع) به دو دسته تقسیم می‌شوند و هر دسته با حروف خاصی نمایش داده می‌شود. هادی‌های گرد را با حرف (r) و هادی‌های مثلی (سکتور) را با حرف (s) نمایش می‌دهند.

۲-۷-۲-۱- تقسیم‌بندی کابل‌ها از نظر تعداد رشته

کابل‌ها از نظر تعداد رشته در نوع تک‌رشته‌ای (مفتولی) و افشان یا چند رشته‌ای ساخته می‌شوند. کابل‌های تک‌رشته‌ای را با (m) و کابل‌های چند رشته‌ای را با حرف (e) نمایش می‌دهند.

۲-۷-۲-۲- تقسیم‌بندی کابل‌ها از نظر کاربرد

کابل‌ها از نظر کاربرد به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ کابل‌های مسلح که برای تحمل ضربه، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظ هستند و دیگر کابل‌های غیرمسلح که فاقد محافظ هستند. متناسب با نوع مصرف کابل، عایق کابل از مواد مختلف ساخته می‌شود، مانند کاغذهای آغشته به روغن‌های مخصوص، مواد لاستیکی و PVC.

جدول (۲-۲) حروف مورد استفاده برای نام‌گذاری کابل‌ها

حروف	شرح
N	کابل ترم شده یا استاندارد طبق استاندارد VDE با هادی مسی
NA	کابل ترم شده یا استاندارد طبق استاندارد VDE با هادی آلومینیومی
Y	عایق PVC یا پرتودور (اولین Y در ردیف حروف)
Y	غلاف یا روپوش پرتودور یا PVC (دومین Y در ردیف حروف)
B	کابل مسلح با نوار فلزی یا بانداز فولادی
F	کابل مسلح با سیم تخت
R	کابل مسلح با سیم گرد یا مقتول فولادی قلع اندود شده
Z	کابل مسلح با سیم پروفیلی
G	حفاظ فولادی نواری شکل
GB	حفاظ فولادی نواری شکل یا تسمه فولادی مارپیچ برای محکم کردن زره F یا زره R
C	کابل دارای سیم نول
CW	سیم مسی متحدالمرکز یا غلاف از مقتول نازک مسی که به صورت موجی دور تا دور کابل قرار گرفته است.
K	کابل دارای غلاف سربی
E	کابل سه غلافه سربی (پرروی هریک از سیم‌های کابل یک غلاف سربی جداگانه وجود دارد)
H	علامت ورق متالیزه می باشد که دور سیم یا دور عایق برای محدود کردن میدان‌های مغناطیسی پیچیده می شود
T	کابل دارای سیم تحمل کننده (کابل هوایی)
A	غلاف خارجی دوبل (در صورتی که مستقیماً بعد از حرف N نباشد)
S	حفاظ مسی از تسمه پهن ولی نازک که دور عایق سیم پیچیده می شود (به جای H)
SE	حفاظ مسی دور هر یک از سیم‌ها در کابل‌های چند رشته به منظور محدود کردن میدان‌های مغناطیسی به جای کاغذ متالیزه H
J	کابل دارای سیم به رنگ سبز - زرد برای ارت

جدول (۲-۴) جریان مجاز کابل بر حسب مسافت

مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع	شدت جریان مجاز سیم بر حسب آمپر		
	سیم های عایق دار حداکثر 3 سیم در لوله	کابل های با روکش p.v.c	سیمهای هوایی
75/.	4 آمپر	6 آمپر	10 آمپر
1	6 آمپر	10 آمپر	15 آمپر
1.5	10 آمپر	15 آمپر	20 آمپر
2.5	15 آمپر	20 آمپر	25 آمپر
4	20 آمپر	25 آمپر	35 آمپر
6	25 آمپر	35 آمپر	50 آمپر
10	35 آمپر	50 آمپر	60 آمپر
16	50 آمپر	60 آمپر	80 آمپر
25	60 آمپر	80 آمپر	100 آمپر
35	80 آمپر	100 آمپر	125 آمپر
50	100 آمپر	125 آمپر	160 آمپر
70	-----	160 آمپر	200 آمپر
95	-----	200 آمپر	225 آمپر
120	-----	225 آمپر	260 آمپر
150	-----	260 آمپر	300 آمپر
185	-----	300 آمپر	350 آمپر
240	-----	350 آمپر	430 آمپر
300	-----	430 آمپر	500 آمپر

متر mm ²	10	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
1.5	27	15	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	36	25	12	8	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	46	40	20	13	10	8	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	58	58	30	20	15	12	10	8	7	6.5	6	5	—	—	—	—
10	77	77	50	33	25	20	16	14	12	11	10	8	7	6	5	5
16	100	100	80	53	40	32	26	22	20	17	16	13	11	10	8	8
25	130	130	125	83	62	50	41	35	31	27	25	20	17	15	13	12
35	155	155	155	115	86	69	57	49	43	38	34	28	24	21	18	17
50	185	185	185	156	117	93	78	66	58	52	46	38	32	28	25	23
70	230	230	230	222	166	133	111	95	83	74	66	55	47	41	36	33
95	275	275	275	225	180	150	129	112	100	90	80	75	64	56	50	45
120	315	315	315	278	222	185	159	139	123	111	92	89	69	67	55	55
150	355	355	355	330	264	220	189	165	147	132	110	94	82	73	66	66
185	400	400	400	393	314	267	224	196	174	157	131	112	98	87	78	78
240	465	465	465	437	349	291	249	218	194	174	145	124	109	97	87	87
300	550	550	550	496	397	331	283	248	220	189	165	141	124	110	99	99

۲-۷-۳- رنگ‌بندی سیم‌های داخل کابل

در کابل‌ها به دلیل اینکه چندین سیم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند این امکان وجود دارد که سیم‌ها با یکدیگر اشتباه گرفته شوند. به همین دلیل عایق سیم‌ها را در رنگ‌های متفاوت تولید می‌کنند.



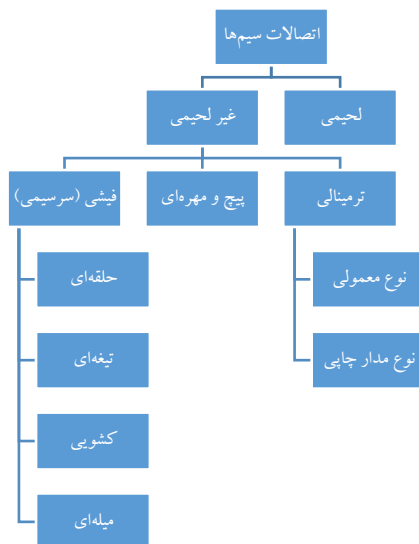
شکل (۲-۷) مشخصات نوشته‌شده روی کابل

مثال (۱): اگر روی کابلی نوشته‌شده باشد $\text{NYY } 3 \times 35 + 16 \text{ mm } 0.6/1 \text{ kv}$ به چه معنی می‌باشد؟

این کابل از نوع نرم شده مسی، عایق شده با پروتودور و روکش پروتودور است که سه رشته هادی با ۳۵ میلی‌متر مربع و یک سیم صفر (MP) با مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع دارد که به صورت گرد و چند رشته‌ای ساخته شده است. این کابل ولتاژ ۰/۶ کیلوولت بین فاز و زمین و ۱ کیلوولت بین دو فاز را تحمل می‌کند.

۲-۸- اتصالات سیم‌ها

منظور از اتصالات سیم‌ها، به هم بستن هادی‌ها می‌باشد. صحت اتصالات حائز اهمیت است؛ زیرا یک مدار الکتریکی وقتی خوب کار می‌کند که اتصالات معیوب نداشته باشد. اتصال باید از نظر مکانیکی محکم و از نظر الکتریکی هادی خوب باشد. این نمودار انواع اتصالات سیم‌ها را نشان می‌دهد.



۲-۸-۱- اتصال لحیمی

عمل لحیم‌کاری به وسیله آلیاژی از قلع و سرب گاهی همراه با سایر فلزات که آن‌ها را لحیم می‌نامند انجام می‌شود. برای انجام لحیم‌کاری، ابتدا محل اتصال دو فلز را با هویه در حدی گرم می‌کنیم که دمای آن محل به نقطه ذوب لحیم برسد و لحیم در محل اتصال ذوب شود. در نتیجه، پس از سرد شدن محل اتصال دو قطعه به هم متصل می‌شوند. برای ایجاد یک اتصال معمولاً از دو نوع لحیم‌کاری سخت و لحیم‌کاری نرم استفاده می‌شود. در لحیم‌کاری سخت درجه حرارت کار بالا است و در لحیم‌کاری نرم درجه حرارت کار نسبتاً پایین است.

یکی از مهم‌ترین موادی که در عملیات لحیم‌کاری از آن استفاده می‌شود روغن لحیم است. تمام فلزاتی که می‌خواهند به یکدیگر متصل شوند ممکن است در اثر عوامل جوی اکسید شده باشند و یا سطوح خارجی آن‌ها کثیف و آلوده باشد. برای از بین بردن این عوامل، از روغن لحیم استفاده می‌شود.

این مواد علاوه بر آنکه آلودگی سطوح قطعات را پاک می‌کنند مانع از اکسید شدن محل اتصال در خلال عمل لحیم‌کاری نیز می‌شوند. در کارهای الکترونیکی یا

لحیم کاری نرم، از روغن های نان کروسو^۱ یا غیرساینده استفاده می شود که از نوع مواد آلی کربنی هستند. این مواد در خلال عمل لحیم کاری تجزیه و تبخیر می شوند و در نتیجه مواد زائد و اکسیدها را در محل اتصال از بین می برند.

لحیم آلیاژی است از سرب و قلع که نقطه ذوب آن پایین است. آلیاژ لحیم را به صورت سیم های مفتولی با قطرهای محدود نیم تا ۴ میلی متر می سازند. در داخل اغلب این سیم ها معمولا سوراخی سرتاسری وجود دارد که روغن لحیم در داخل آن قرار می گیرد (سیم لحیم با مغزی روغن). نسبت قلع و سرب در آلیاژ لحیم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد تغییر می کند. هرچه درصد قلع بیش تر باشد لحیم در درجه حرارت کمتری ذوب می شود.



شکل (۲-۸) یک نمونه اتصال سیم با استفاده از لحیم

۲-۸-۲- اتصال پیچ و مهره ای

اتصال پیچی با پیچ و مهره انجام می شود و از واشرها برای جلوگیری از آسیب رساندن مهره یا سرپیچ به سیم در هنگام کشش استفاده می شود. از این نوع اتصال برای اتصال سیم های نول یا سیم اتصال زمین در تابلوهای برق، اتصال پیچی روی تسمه مسی (شین) به کار می رود.



شکل (۲-۹) اتصال پیچ و مهره ای سیم ها

۲-۸-۳- اتصال ترمینالی

در این نوع اتصال منبع تغذیه با مصرف کننده با یک ارتباط دهنده به نام ترمینال متصل می شود که دارای دو سری پیچ اتصال است. در شکل زیر یک نمونه ترمینال نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۰) اتصال ترمینالی سیم ها

۲-۸-۴- اتصال فیشی (سر سیمی)

برای بستن سیم های رشته ای در زیر پیچ باید از سرسیم های فیشی استفاده کرد. این فیش ها دارای انواع مختلف حلقه ای، تیغه ای، کشویی و میله ای هستند که هر یک از آن ها کاربرد ویژه ای دارند.



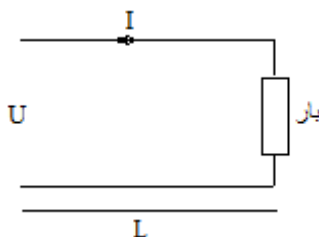
شکل (۲-۱۱) اتصال فیشی سیم

۲-۹- محاسبه مقطع سیم

انتخاب سطح مقطع مناسب سیم، علاوه بر جریان مصرف کننده و دمای محیط، به افت ولتاژ در سیم ها نیز بستگی دارد. افت ولتاژ درون سیم ها باعث می شود که ولتاژ دو سر مصرف کننده از مقدار مجاز کمتر شود و موجب بد کارکردن یا سوختن وسیله الکتریکی شود. هر چه طول سیم ها زیادتر شود، افت ولتاژ مسیر بیشتر می شود.

مصرف کننده های الکتریکی ولتاژ نامی معینی دارند. اگر ولتاژ دو سر آن ها از مقدار نامی بیشتر شود، باعث سوختن آن ها می شود. همچنین اگر ولتاژ آن ها از مقدار نامی کمتر شود، اختلالاتی در کارشان پیش می آید. افت ولتاژ را نمی توان به طور کامل از بین

برد اما می‌توان آن را در حد معینی کنترل کرد. به این افت ولتاژ مجاز می‌گویند. در مدارهای تک فاز اگر افت ولتاژ را با Δu نشان دهیم، با توجه به شکل ۲-۱۲ مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:



شکل (۲-۱۲) مدار تک فاز

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

$$\Delta u = 2RI \cos \varphi$$

که در آن R مقاومت هر سیم، φ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان بار، P توان مصرف‌کننده و I جریان مصرف‌کننده است. اگر افت ولتاژ مجاز را با α نشان دهیم خواهیم داشت:

$$\alpha = \frac{\Delta u}{U} \times 100$$

و نیز داریم:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

که ρ مقاومت مخصوص ($\Omega \cdot m$)، L طول سیم (m) و A سطح مقطع سیم (m^2) است.

$$\alpha = \frac{2RI \cos \varphi}{U} \times 100 = \frac{2I \cos \varphi \times \frac{\rho L}{A}}{U} \times 100$$

و نتیجه این خواهد شد:

$$A = \frac{200 \rho I L \cos \varphi}{\alpha U}$$

مثال (۲): اگر یک مصرف‌کننده تک فاز با جریان مصرفی ۱۶/۲۳ آمپر و ضریب قدرت ۰/۷ توسط با مقاومت مخصوص 2.064×10^{-8} اهم‌متر و به طول ۲۰ متر از منبع ۲۲۰ ولتی تغذیه شود، سطح مقطع سیم باید چقدر باشد تا افت ولتاژ از ۳ درصد بیشتر نشود؟

$$A = \frac{200 \rho I L \cos \varphi}{\alpha U} = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 16.23 \times 20 \times 0.7}{3 \times 220}$$

$$= 1.42 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = 1.42 \text{ mm}^2$$

بنابراین، سیم استاندارد نرم شده باید ۱/۵ میلی‌متر مربع انتخاب شود.

فصل سوم:

روشنایی

۳-۱- مقدمه

در دنیای امروز اکثر مردم بیشتر اوقات خود را در داخل اماکن و ساختمان‌های سربسته‌ای می‌گذرانند که حتی در طول روز نیز با نور مصنوعی چراغ‌ها روشن می‌گردد. از طرفی با توسعه و پیشرفت و صنعتی‌شدن جوامع و نیازهای به وجود آمده است، فعالیت انسان‌ها به امری شبانه‌روزی تبدیل گشته که تأمین روشنایی برای انجام کارها مسئله‌ای اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

روشنایی به‌عنوان یک عامل فیزیکی در محیط‌های کار مطرح می‌باشد که در صورت فراهم نبودن کیفیت و کمیت مناسب آن، می‌توان به پیدایش برخی عوارض یا اختلالات بینایی، جسمی و روحی و یا حوادث در محیط‌های کاری مبدل گردد.

۳-۲- تعاریف مربوط به روشنایی

شدت نور (I): تراکم نور ساطع‌شده از منبع نورانی در فضا را گویند و با واحد کاندلا اندازه‌گیری می‌شود.

شار نوری: میزان نور ساطع‌شده از یک منبع نورانی را گویند و با واحد لومن بیان می‌شود.

بهره نوری لامپ: نسبت شار نوری منبع به توان الکتریکی مصرفی و با واحد لومن بر وات بیان می‌شود.

شدت روشنایی (E): میزان توان نوری تابیده بر واحد سطح را گویند و با واحد لومن بر مترمربع (لوکس) بیان می‌شود. واحد انگلیسی شدت روشنایی لومن بر فوت مربع یا فوت کندل (fc) می‌باشد.

$$10.76 \text{ lux} = 1 \text{ lum/ft} = 1 \text{ fc}$$

درخشندگی (L): نسبت مقدار نور منتشرشده از یک منبع به سطح منبع و با واحد کاندلا بر مترمربع یا نیت و کاندلا بر سانتیمتر مربع یا استیلب بیان می‌شود.

$$1 \text{ استیلب} = 10000 \text{ نیت}$$

کنتراست (C): بیان‌کننده اختلاف درخشندگی بین جسم با زمینه‌ای که جسم در آن قرار دارد می‌باشد و هرچه بیشتر باشد دید راحت‌تر است.

$$C = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

رنگ دهی: شاخصی که قدرت تمایز رنگ حقیقی اجسام و تصاویر رنگی را در زیر نور لامپ در مقایسه با نور طبیعی بیان می‌کند.

۳-۳- عوامل مؤثر بر دیدن

علاوه بر سلامتی چشم انسان و لزوم کیفیت مطلوب روشنایی، عوامل زیر نیز در رویت اشیاء و تصاویر نقش مهمی دارند:

۳-۳-۱- اندازه

هرچه اندازه جسم یا تصویر بزرگ‌تر و فاصله آن به چشم نزدیک‌تر باشد رویت آن آسان‌تر خواهد بود.

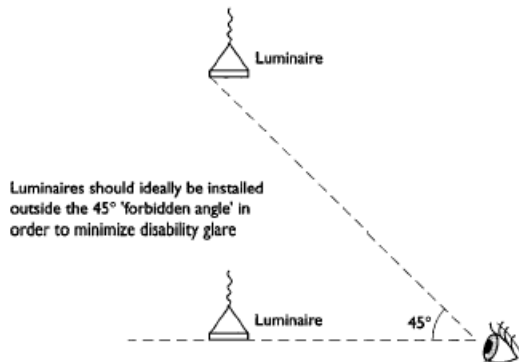
۲-۳-۳- مدت زمان رؤیت

هر چه مدت زمان دیدن جسم یا تصویر برای بیننده بیشتر باشد قدرت درک آن برای فرد بیشتر خواهد بود. حداقل زمان رؤیت برای تشخیص تصویر ۰/۱۷ ثانیه است.

۳-۳-۳- درخشندگی

به طور کلی رؤیت اشیا در درخشندگی زیر ۰/۰۱ کاندلا بر مترمربع با تفکیک رنگ اجسام مقدور نمی باشد (دید شب). اما در محدوده درخشندگی بین ۰/۰۱ تا ۳ کاندلا بر مترمربع دید برخی رنگ های تیره امکان پذیر می گردد (دید میانی). ولی در درخشندگی بالاتر از ۳ کاندلا بر مترمربع تشخیص رنگ به طور کامل امکان پذیر می گردد (دید روز). بیشترین میزان درخشندگی قابل تحمل برای چشم ها در حین دیدمستقیم، به طور تقریبی ۷۵۰۰ کاندلا بر مترمربع می باشد.

خیرگی یکی از عوامل آزاردهنده در انجام فعالیت های بصری است که ناشی از افزایش مفرط روشنایی در میدان بصری افراد به وجود می آید که معمولا از دو طریق محدودیت فعالیت و آزار چشمی باعث اختلال در کارکرد می شود. بنابراین توصیه می گردد که منابع روشنایی تا حد امکان خارج از محدوده زاویه ای ۴۵ درجه از خط دیدمستقیم فرد قرار گیرند.



شکل (۱-۳) محل مناسب نصب منابع روشنایی

۳-۳-۴- تباین

هر چه اختلاف نسبی بین درخشندگی جسم با زمینه‌ای که در آن قرار گرفته است بیشتر باشد دیدن جسم در آن زمینه راحت‌تر خواهد بود. جهت رؤیت خوب بایستی تباین از ۰/۵ بیشتر باشد.

۳-۳-۵- انعکاس سطوح

هر چه ضریب انعکاس سطح اشیا و سطوح داخلی بنا مناسب باشد، دیدن تصاویر و اجسام راحت‌تر ممکن می‌گردد. به‌طور مثال توصیه می‌گردد که در طراحی سطوح داخلی بنا برای سقف ضریب انعکاس ۰/۷ برای دیوارها ۰/۵ و برای کف ۰/۳ لحاظ گردد.

۳-۳-۶- طول موج

چشم انسان نسبت به طیف نور مرئی حساسیت متفاوتی دارد. به‌طوری‌که در نور روز بیشترین حساسیت چشم انسان در ناحیه طول موج ۵۵۵ نانومتر (ناحیه طیف رنگی سبز و زرد) است و در شب در ناحیه ۵۰۷ نانومتر (ناحیه طیف رنگ آبی) قرار دارد.

۳-۳-۷- رنگ

از لحاظ روانشناسی، رنگ‌ها دارای اثرات و پیام‌های متفاوتی روی انسان هستند و می‌توانند حالاتی از قبیل اضطراب، سردی، گرمی، افسردگی و یا تحریک‌کنندگی ایجاد کنند.

جدول (۳-۱) اثرات روانشناسی رنگ‌ها

نام رنگ	تفیل مزاجی رنگ	اثر روانی
آبی	سرد	آرامش بخش
سبز	فیلی سرد	آرامش بخش
قرمز	گرم	تحرک کننده
زرد	فیلی گرم	ممرک ضعیف
قهوه ای	بی اثر	بی موصلی
بنفش	سرد	اضطراب

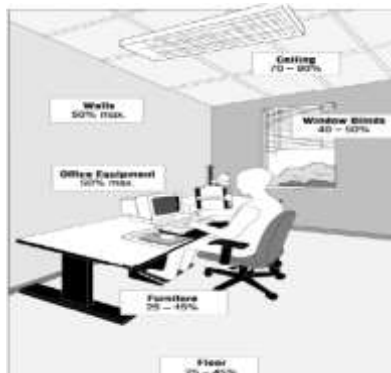
۳-۳-۸- شدت روشنایی

چنانچه شدت روشنایی روی سطوح از ۱۰۰ لوکس (۱۰ فوت کندل) کمتر باشد دید رنگ‌ها محدود می‌گردد و تشخیص مشکل می‌شود.

۳-۴- اصول طراحی روشنایی طبیعی

در تأمین روشنایی منازل مسکونی، اماکن عمومی و محیط‌های کار اولویت با نور روز می‌باشد. اصولاً یکسری از مواردی که در طراحی روشنایی طبیعی بایستی در نظر گرفته شود به شرح زیر می‌باشد:

- وضعیت قرارگیری پنجره‌ها یا نورگیرها مناسب باشد. به‌طور مثال پنجره‌های اصلی رو به سمت جنوب نصب گردند. مساحت پنجره‌ها بایستی برای نورگیری مکان کافی باشد.
- پوشش سطوح داخلی بایستی دارای رنگ و ضریب انعکاس مناسب در جهت توزیع نرمال روشنایی باشند. به‌طور مثال ضریب انعکاس حدود برای سقف ۰/۷، برای کف ۰/۳ و برای دیوارها ۰/۵ در نظر گرفته شود.
- موقعیت‌های اقلیمی فصول سال و ساعاتی از شبانه‌روز که فعالیت صورت می‌پذیرد در نظر گرفته شود. محل نصب پنجره‌ها تا حد امکان در نزدیکی سقف باشد. تمامی دستگاه‌ها و ابزارآلات مورد استفاده و یا سطوح کار دارای پوشش رنگ مناسب با ضریب انعکاس حدود ۰/۵ باشند. پیش‌بینی روشنایی مناسب از نوع مصنوعی جهت مواقع موردنیاز مانند روزهای ابری. همچنین نظافت مرتب و دوره‌ای سیستم روشنایی مصنوعی، سطوح کارگاه و ابزار و ماشین‌آلات.



شکل (۳-۲) ضریب انعکاس مناسب سطوح در محیط کار

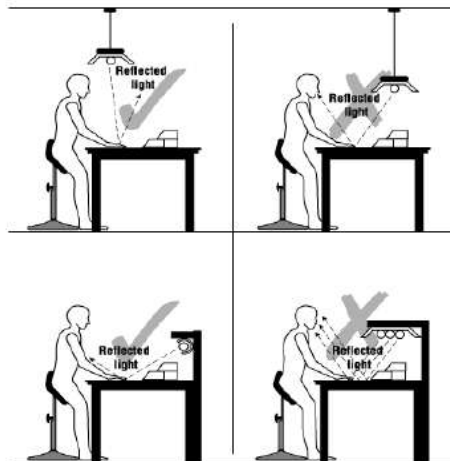
۳-۵- طراحی روشنایی مصنوعی

مسئله‌ای که در طراحی روشنایی مصنوعی بایستی در نظر گرفت این است که اثر روشنایی روز در این نوع طراحی دخالت داده نشود تا سیستم روشنایی ما در شب یا زمان‌هایی که اثر روشنایی روز حداقل است کارایی کافی داشته باشد. انواع سیستم‌های روشنایی مصنوعی عبارت‌اند از سیستم روشنایی عمومی، سیستم روشنایی موضعی و سیستم روشنایی ترکیبی (عمومی و موضعی).



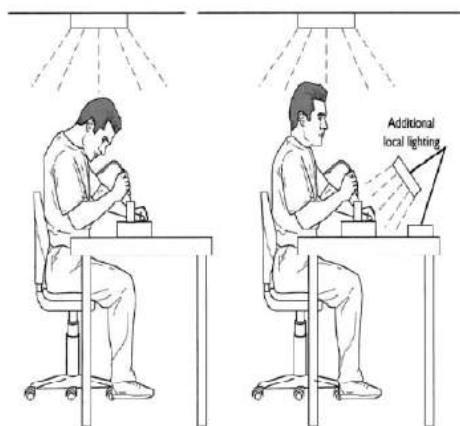
شکل (۳-۳) انواع روشنایی مصنوعی

شکل زیر نمایش طراحی روشنایی مصنوعی مناسب و نامناسب را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۳) طراحی روشنایی مصنوعی مناسب و نامناسب

شکل زیر تأثیر روشنایی مناسب و کافی بر وضعیت بدنی فرد را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۵) تأثیر روشنایی مناسب و نامناسب بر وضعیت بدن

۳-۶- تعیین نوع لامپ

تعیین منبع نور مناسب با کار و کیفیت نور موردنظر از مهم‌ترین فاکتورهای طراحی سیستم‌های روشنایی مصنوعی می‌باشد. در تعیین نوع لامپ عواملی از قبیل توان الکتریکی لامپ، ضریب بهره نوری لامپ و نوع کار در حال انجام دخیل می‌باشد. به‌طور مثال لامپ‌های رشته‌ای (التهابی) باوجود توان الکتریکی بالا و رنگ دهی بسیار خوب موجب ایجاد حرارت بالا شده درحالی‌که ضریب بهره نوری پایینی دارند ولی لامپ‌های فلورسنت بهره نوری بالاتر اما رنگ دهی پایین‌تری نسبت به نوع التهابی دارند.

در مواردی که ارتفاع محل عامل محدودکننده‌ای باشد مثلاً نصب لامپ‌های فلورسنت در ارتفاع بالاتر از ۶ متر از سطح کار به دلیل پایین بودن توان نوری لامپ تأمین روشنایی موردنیاز را با اشکال مواجه می‌سازد، ولی برای این ارتفاع لامپ‌های با توان نوری بالا مانند لامپ‌های گازی فشار بالا مناسب می‌باشند.

۷-۳- اندازه‌گیری میزان شدت روشنایی

برای اندازه‌گیری میزان شدت روشنایی از لوکس متر استفاده می‌شود. شکل زیر یک مدل از لوکس متر را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۳) لوکس متر

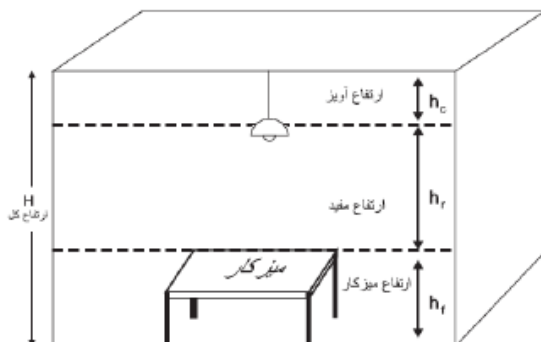
۷-۳- ضریب بهره روشنایی

میزان بهره روشنایی هر چراغ با مقدار انعکاس نور که از جهات مختلف فضای موردنظر ساطع می‌شود متناسب است. ازجمله مشخصات هر چراغ جدول ضریب بهره روشنایی آن است؛ که بر اساس ابعاد موردنظر و همچنین میزان انعکاس نور سقف، دیوار و کف آن تعیین می‌شود. برای استخراج عدد از این جدول ابتدا باید ضریبی بنام RCR را مطابق رابطه زیر محاسبه نمود:

$$RCR = \frac{(5h_r)(L + W)}{(L * W)}$$

$$h_r = H - (h_c + h_f)$$

L: طول فضای موردنظر، W: عرض فضای موردنظر، H: ارتفاع کل از کف،
h_r: ارتفاع مفید، h_c: ارتفاع آویز چراغ، h_f: ارتفاع میز کار.

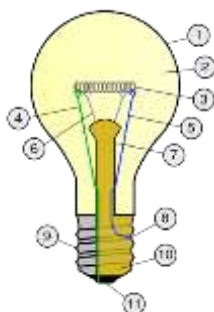


شکل (۳-۷) پارامترهای موجود برای اندازه‌گیری RCR

۳-۸- انواع لامپ‌ها

۳-۸-۱- لامپ‌های التهابی

گروهی از لامپ‌ها هستند که جریان برق از رشته فلزی داخل لامپ عبور کرده و باعث ایجاد حرارت و تشعشع می‌گردد. حباب شیشه‌ای مانع از رسیدن اکسیژن به داخل لامپ می‌شود زیرا در اثر اکسیژن، رشته به سرعت اکسید و خراب می‌شود. لامپ‌های رشته‌ای در اندازه‌ها و ولتاژهای مختلفی ساخته می‌شوند. توان این نوع لامپ‌ها به مقاومت رشته بستگی دارد و مقاومت رشته خود نیز به طول و جنس و سطح مقطع بستگی دارد. این نوع لامپ‌ها با ولتاژ متناوب و مستقیم روشن می‌شوند.



شکل (۳-۸) لامپ رشته‌ای

جدول (۲-۳) اجزای لامپ رشته‌ای

شماره	عنوان	شماره	عنوان
۱	حباب شیشه‌ای	۷	ساقه (پایه شیشه‌ای)
۲	گاز بی‌اثر کم‌فشار	۸	سیم اتصال
۳	رشته تنگستن	۹	کلاهک
۴	سیم اتصال	۱۰	عایق (ویترایت)
۵	سیم اتصال	۱۱	اتصال الکتریکی
۶	سیم‌های محافظ		

۳-۸-۲- لامپ هالوژن

لامپ هالوژن نوعی لامپ رشته‌ای است که در آن رشته به‌وسیله گازهای فشرده و خنثی و مقدار اندکی از عناصر هالوژن مانند ید و برم احاطه شده است. چرخه موجود در لامپ‌های هالوژن که موجب ته‌نشین شدن مجدد تنگستن بخار شده بر روی رشته می‌شود نقش مؤثری در افزایش عمر این نوع لامپ‌ها دارد. در این لامپ‌ها به علت وجود همین چرخه امکان بالابردن دمای رشته بدون کاهش یافتن عمر لامپ نسبت به لامپ‌های معمولی نیز به وجود می‌آید که به افزایش بهره‌وری این لامپ‌ها می‌انجامد. این لامپ‌ها همچنین به علت اندازه کوچک‌ترشان کاربردهای خاصی در سیستم‌های روشنایی دارند.

در این لامپ‌ها وظیفه هالوژن ایجاد یک چرخه شیمیایی است که در آن تنگستن بخار شده در اثر حرارت از روی سطح رشته دوباره بر روی آن ته‌نشین شود. از آنجاکه در لامپ‌های التهابی معمولی، تنگستن بخار شده، بر روی حباب لامپ ته‌نشین می‌شود، ته‌نشین نشدن تنگستن بر روی حباب در لامپ‌های هالوژن موجب تمیز ماندن حباب و ثابت ماندن نور لامپ در طول عمر این لامپ‌ها می‌شود.

عملکرد هالوژن در لامپ به این صورت است که هالوژن در قسمت‌های کم دما تر حباب با بخار تنگستن ترکیب می‌شود. این ترکیب با رسیدن با نقاط بسیار داغ لامپ یعنی روی رشته جدا شده و دوباره به‌صورت هالوژن و تنگستن درمی‌آید و به این ترتیب هالوژن تنگستن بخار شده را دوباره به رشته بازمی‌گرداند. برای آنکه

هالوژن و بخار تنگستن باهم ترکیب شیمیایی شوند دمای داخلی حباب لامپ باید از لامپ‌های معمولی بیشتر باشد. برای جلوگیری از آسیب دیدن حباب در این دما حباب این لامپ‌ها باید از کوارتز یا انواع دیگر شیشه‌ها با دمای ذوب بالا (مانند آلومینوسیلیکا) ساخته شود.

از آنجایی که کوارتز از مقاومت خوبی در مقابل فشار برخوردار است استفاده از این ماده این امکان را فراهم می‌آورد تا فشار گاز داخل حباب افزایش یابد و افزایش فشار گازهای داخل حباب باعث کاهش تبخیر تنگستن از روی رشته و افزایش عمر لامپ می‌شود. به‌هرحال در این لامپ‌ها تنگستن بخار شده معمولاً بر روی محل اولیه خود ته‌نشین نمی‌شود و در نهایت رشته در قسمت‌هایی که بیشتر گرم می‌شوند نازک شده و قطع می‌شود.



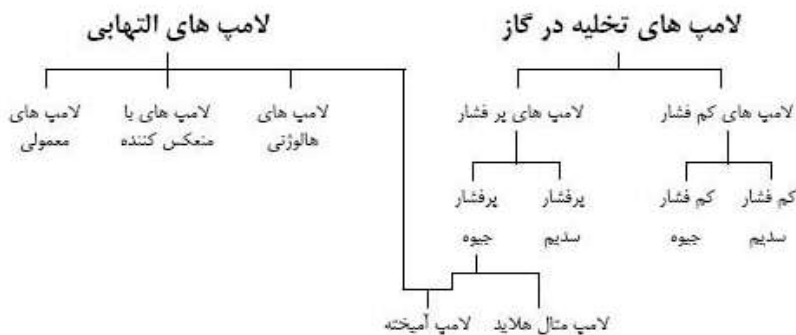
شکل (۳-۹) لامپ هالوژن

۳-۸-۳- لامپ تخلیه در گاز

لامپ تخلیه در گاز نوعی لامپ است که بر اثر گذشتن الکترون‌های پر انرژی از داخل گاز نور تولید می‌کند. این الکترون‌ها به اتم‌های خنثی درون گاز برخورد می‌کنند و سبب تحریک آن‌ها می‌شوند. لامپ‌های تخلیه در گاز را از نظر روش تولید نور مرئی می‌توان به دو دسته تقسیم کرد، یکی دسته لامپ‌هایی که مستقیماً نور مرئی تولید می‌کنند مانند لامپ بخار جیوه و لامپ بخار سدیم و دسته دیگر لامپ‌هایی هستند که نور تولیدی آن‌ها غیرمرئی است و برای تولید نور مرئی در آن‌ها از تحریک یک جسم فلورسنت استفاده می‌شود که نمونه رایج آن لامپ مهتابی است.

از سوی دیگر با توجه به فشار گاز داخل لامپ می‌توان این لامپ‌ها را به دو دسته کم‌فشار (شامل لامپ‌های فلورسنت، فلورسنت فشرده) و پرفشار (شامل لامپ جیوه‌ای پرفشار، متال هالید و سدیمی پرفشار) تقسیم کرد.

لامپ تخلیه در گاز را نمی‌توان مستقیماً به منبع تغذیه الکتریکی متصل کرد زیرا در این لامپ‌ها با افزایش یونیزاسون گاز، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد، با کاهش مقاومت الکتریکی جریان افزایش خواهد یافت که خود موجب افزایش بیشتر یونیزاسیون می‌شود و این چرخه به سرعت ادامه پیدا می‌کند به‌طوری‌که اگر به ترتیبی از لامپ محافظت نشود در کمتر از یک ثانیه لامپ خواهد سوخت. برای محافظت لامپ از یک مقاومت یا امپدانس موازی (چوک یا بالاست) استفاده می‌کنند. در لامپ‌های تخلیه‌ای که با جریان متناوب تغذیه می‌شوند می‌توان از خودالقا استفاده کرد، اما در لامپ‌های تخلیه جریان مستقیم به‌ناچار باید از مقاومت استفاده نمود که باعث هز رفتن توان می‌شود.

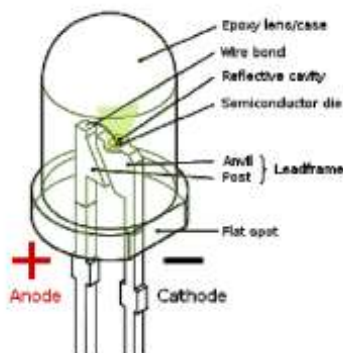


۳-۸-۴- لامپ LED^۱

نوعی لامپ که از تکنولوژی دیود نور افشان استفاده می‌کند و به‌عنوان منبع روشنایی به کار می‌رود. این لامپ‌ها که در ابتدا بیشتر به‌عنوان یک چراغ قرمز رنگ در درون دستگاه‌های الکترونیکی کاربرد داشتند، با توجه به مصرف برق کم نسبت به سایر لامپ‌ها، عمر بالا و فناوری جدید ساخت رنگ‌های دیگر توانسته‌اند جای خود را در صنعت روشنایی در دنیا باز کنند.

LED به معنی دیود ساطع کننده نور می‌باشد. خاصیتی که LED ها را از سایر نیمه‌هادی‌ها متمایز می‌کند این است که با گذر جریان از آن‌ها مقداری انرژی به صورت نور از آن‌ها ساطع می‌شود.

کارشناسان معتقدند که لامپ‌های معمولی یا همان لامپ‌های رشته‌ای یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش حجم تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان می‌باشند؛ بنابراین بسیاری از کشورها، برنامه چندساله‌ای را برای جایگزینی مدل‌های دیگر لامپ به جای لامپ‌های رشته‌ای تدوین کرده‌اند تا شاید بتوانند در درازمدت استفاده از لامپ‌های رشته و به تبع آن حرارت زمین را کاهش دهند.



شکل (۳-۱۰) اجزای داخلی لامپ LED

مزایا و معایب لامپ‌های LED

۱- طول عمر: اولین و مهم‌ترین پارامتر، طول عمر لامپ‌های LED می‌باشد. لامپ‌های LED طول عمری بین ۵۰ هزار تا ۶۰ هزار ساعت دارند. این طول عمر قابل مقایسه با طول عمر لامپ‌های دیگر نمی‌باشد.

۲- بازده نوری (lum/watt): از دیگر مزیت‌های لامپ‌های LED می‌توان به بازده نوری بالای این لامپ‌ها اشاره نمود. در حال حاضر لامپ‌های LED بازده‌ای بین ۷۴ تا ۱۲۰ لومن بر وات را دارا می‌باشند و این در حالی است که این مقدار برای

لامپ‌های رشته‌ای ۱۰ تا ۱۵ لومن بر وات، برای لامپ‌های کم‌مصرف ۴۵ تا ۶۵، برای لامپ‌های بخار جیوه ۳۵ تا ۶۰، برای لامپ‌های بخار سدیم ۶۰ تا ۱۱۰ و برای لامپ‌های متال هالید ۷۵ تا ۸۵ لومن بر وات می‌باشند.

۳- پاسخ زمانی: لامپ‌های LED به‌محض رسیدن ولتاژ به آن‌ها روشن می‌شوند (کمتر از ۲۰ میکروثانیه) ولی به‌عنوان مثال لامپ‌های متال هالید زمانی بالغ‌بر ۵ دقیقه لازم دارند تا به حداکثر نور خود برسند، یعنی لامپ‌های LED (پانزده میلیون بار) سریع‌تر روشن می‌شوند. مشکل دیگر لامپ‌های متال هالید این است که اگر این لامپ‌ها بیش از ۵ دقیقه روشن باشند گرم می‌شوند و بعد از خاموشی دیگر فوراً روشن نمی‌شوند. چراکه لامپ گرم‌کننده و سنسور داخل لامپ اجازه روشن کردن مجدد لامپ را تا زمانی که لامپ سرد نشده نمی‌دهد که حدوداً ۳ دقیقه طول می‌کشد تا سنسور اجازه ورود ولتاژ را بدهد و بعد از آن ۴ تا ۵ دقیقه زمان لازم است تا به حداکثر نور خود برسد.

۴-On/off: طول عمر لامپ‌های LED به هیچ‌وجه تابعی از تعداد روشن و خاموش شدن نیست، می‌توان لامپ‌های LED را میلیون‌ها بار روشن و خاموش کرد. در واقع طول عمر LEDها تنها به مدت‌زمان روشن ماندن بستگی دارد.

۵- تنظیم شدت نور: امکان تنظیم نور در لامپ‌های LED با استفاده از تکنولوژی PWM که کنترل سطح ولتاژ به کمک تغییر پهنای پالس است و در اکثر میکروکنترلرها موجود است به‌راحتی امکان‌پذیر است.

۶- تنظیم زاویه تابش: در لامپ‌های LED نور در تمام جهات منتشر نمی‌شود و به دلیل موجود بودن لنزهایی با زوایای دلخواه نوری، کاملاً قابل کنترل است.

۷- جریان راه‌اندازی: همان‌طور که در بالا ذکر شد لامپ‌های متال هالید ۵ دقیقه زمان نیاز دارند تا به حداکثر نوردهی خود برسند. در این مدت‌زمان برای یونیزه کردن گاز داخل لامپ نیاز به آمپر بیشتری است. در آزمایش انجام‌شده مشاهده گردید که در ابتدای روشن شدن لامپ ۴۰۰ وات متال هالید، جریان مصرفی ۲/۷ آمپر بود که این جریان رفته رفته کاهش‌یافته و پس از ۵ دقیقه به ۵ آمپر رسید. به عبارت دیگر یک لامپ ۴۰۰ وات متال هالید در مدت‌زمان راه‌اندازی ۱۱۰۰ وات مصرف خواهد داشت یعنی تقریباً ۳ برابر واتی که باید مصرف کنند. (درمجموع به میزان ۸۴۱ KWH در

سال صرفه‌جویی در مصرف برق خواهید داشت). این عملکرد، تجهیزاتی ۳ برابر قوی‌تر را نیاز دارد که پیرو آن هزینه‌های تابلو برق و تجهیزات را افزایش خواهد داد.

۸- کاهش نور: کلیه لامپ‌های به‌جز LED با گذشت زمان دچار افت شدید شدت نور می‌گردند.

۹- LED ها قابلیت تغذیه هم با جریان AC و هم جریان DC با مصرف کم را دارد، لذا می‌توانند از منابع انرژی خورشیدی و یا باتری نیز جهت تأمین نیروی خود استفاده کنند.

۳-۹- نورپردازی خارجی

نور نه تنها به عمل دیدن کمک می‌کند بلکه آدمی را قادر به احساس کلی و منسجم از محیط اطراف می‌نماید و عاملی است که کنترل فرد را بر محیط اطراف افزایش می‌دهد. تأثیرات نور به اشکال مختلف می‌تواند منجر به ایجاد آسایش یا عدم آرامش روانی شود. ویژگی‌های کمی و کیفی نور در رنگ، سایه، حرکت، ابعاد، جهت و کمیت نور جدا از ویژگی‌های محیطی آن در زیر معرفی شده است.

۳-۹-۱- رنگ و نور

رنگ تأثیری است که به وسیله مجموعه طول‌موج‌های مختلف دریافت شده و توسط چشم آنالیز می‌شود. رنگ نور را نباید به عنوان یک مشخصه سطوح منعکس کننده نور تلقی نمود. نور با توجه به نوع رنگ آن، با انعکاس سطوح رنگی می‌تواند تأثیرات روانی متفاوتی را در افراد ایجاد کند. معمولاً رنگ‌ها با سه خصوصیت مشخص می‌شوند: خلوص یا صافی، درخشندگی و طول‌موج که نوع رنگ را مشخص می‌کند.



شکل (۳-۱۳) رنگ و نور

۳-۹-۲- سایه و نور

پُر کردن فضا با نوری یکدست ممکن است محیط را برای کار مناسب سازد؛ اما الزاماً آن را به مکانی دل‌چسب و زیبا مبدل نخواهد کرد. حجم را در نتیجه ارتباط بین نور و سایه می‌توان دید. کوچک‌ترین تغییر در این ارتباط توسط تغییر کیفیت سیستم نوری، با ایجاد نور سایه می‌توان تأثیرات بصری عمق و فرم را تغییر داد.

۳-۹-۳- ابعاد و نور

نور در تعیین و تبیین ابعادی فضا و ارائه برآورد کلی از محدوده موجود و ابعاد عناصر به کار رفته نقش بسزایی دارد. کوچک‌ترین تغییر در نورپردازی هر یک از عناصر موجود در محیط، مفهوم درک فضا، ابعاد و اندازه‌های آن را تغییر خواهد داد. علاوه بر محدوده تعریف‌شده اماکن عمومی، عناصر و واحدهای نورپردازی شده نیز می‌تواند عامل مهمی در تعریف و ایجاد تأثیرات نهفته در ابعاد و مقیاس این‌گونه اماکن باشد.

۳-۹-۴- جهت و نور

یکی از ارکان کیفیت نور، زاویه انتشار مسیری است که نور از آن سمت می‌تابد. جهت تابش نور می‌تواند شکل و بافت اشیاء را آشکار سازد و یا آن را عملاً در ابهام باقی گذارد. از آنجایی که سمت و جهت امری نسبی است، جهتی که از آن سمت نور به موضوع می‌تابد بیش از هر چیز به جهتی که از آن به موضوع نگاه شود بستگی خواهد داشت؛ چراکه با تغییر در نقطه دید تصاویر مختلفی از روشنایی و تاریکی منقوش بر جسم، دیده خواهد شد. جهت منبع نور، در درک اجسام سه‌بعدی تأثیر به‌سزایی دارد.



شکل (۳-۱۴) جهت و نور

۳-۹-۵- خیرگی

ایجاد خیرگی ارتباط مستقیم با منبع نوری دارد. هم امتداد چشم و منبع نوری بودن و در دیدمستقیم بودن باعث ایجاد یا تشدید این موضوع می‌گردد. با افزایش ارتفاع منبع نوری، می‌توان آن را از دید افراد خارج نموده و میزان خیرگی را کاهش داد.



شکل (۳-۱۵) خیرگی در نور

۳-۹-۶- انعکاس

جهت انعکاس نور دارای اهمیت ویژه‌ای است. در مورد یک سطح صاف و مسطح، نور تحت همان زاویه‌ای که برخورد می‌کند، منعکس می‌شود. این خاصیت مساوی بودن زاویه تابش و زاویه بازتابش، وسیله‌ای است در دست طراح تا بتواند اثرات چشم زدگی و خیرگی، مقدار و جهت نور را برای تأکید بر شکل یا بافت اشیاء تنظیم و کنترل نماید.



شکل (۳-۱۶) انعکاس نور

۳-۹-۷- درخشندگی

درخشندگی یک سطح نه تنها به شدت روشنایی بستگی دارد بلکه به جهت مسیری که نور به سطح برخورد می کند و به مشخصه های سطوح (صاف، مات یا رنگی بودن آن ها) و به محلی که از آن ها، سطح دیده می شود نیز وابسته است.

۳-۱۰-۱- روش های نورپردازی نما

کاملاً بدیهی است که معیارهای طراحی روشنایی برای محیط های خارجی بسیار متفاوت از طراحی روشنایی داخلی است. این تفاوت ها شامل موارد زیر می باشد:

الف- تفاوت های مشخص در مقادیر انعکاس که در نهایت بر روی عواملی مانند ضریب یکنواختی و کارایی تأسیسات روشنایی تأثیرگذار است.

ب- ارتفاع نصب چراغ ها که معمولاً برای کاربردهای خارجی دارای اهمیت می باشد.

۳-۱۰-۱- نورپردازی از بالا به پایین

این روش علاوه بر روشنایی نما موجب روشنایی کف محوطه در امتداد نور نیز می گردد. لیکن از نظر هنری موجب محدود و محصور شدن فضای ارتفاع بنا می شود و بیشترین تأثیر را برای نورپردازی سوپر مارکت ها و فروشگاه ها دارد چون سطح محوطه مقابل را نیز روشن نموده و دور نمای مناسب را ایجاد می نماید.

۳-۱۰-۲- نورپردازی از پایین به بالا

این روش علاوه بر روشنایی نما موجب امتداد نور در فضای آسمان نما شده و بنا از دیدگاه و منظر بیننده و بعد هنری نورپردازی همچون جسمی معلق به نظر می رسد. در این روش الزاماً منبع نور نورافکن نبایستی در دیدمستقیم بیننده قرار گیرد.



شکل (۳-۱۷) نورپردازی از پایین به بالا

۳-۱۰-۳- نورپردازی به صورت مورب و زاویه دار

در این روش علاوه بر پوشش کامل سطح نمای بنا و ساختمان نقاط برجسته نور را دریافت و نقاط فرورفته نور را دریافت نمی کنند. می توان برای تکمیل نور آن از نورهای عمودی از بالا به پایین و از پایین به بالا استفاده نمود که در این حالت فضای سه بعدی ایجاد می گردد.



شکل (۳-۱۸) نورپردازی به صورت مورب و زاویه دار

۳-۱۰-۴- نورپردازی از مقابل نما

در این روش علاوه بر روشنایی تمام سطح نما موجب نفوذ نور به داخل بنا گردیده و در صورتی که ساختمان هتل، مسکونی و اداری باشد چون در شب ممکن است موجب آزار افراد داخل ساختمان و سازه گردد معمولاً این نوع پردازش نور برای اماکن مقدس، نمای مقابل فروشگاهها، سینماها و مراکز تجاری مناسب می باشد.



شکل (۳-۱۹) نورپردازی از مقابل نما

۳-۱۰-۵- نور تأکیدی

اگر بخواهیم در شب موضوعی به خوبی دیده شده و نظر بیننده را به خود جلب کند، می توان از چراغ های موضعی استفاده نمود. یعنی به طور جداگانه چراغی را به موضوع مورد نظر اختصاص داد که باعث تأکید بیشتر آن می شود. مهم ترین اصل نور تأکیدی، ایجاد تضاد شدید بین جسم و فضای اطرافش است.



شکل (۳-۲۰) نور تأکیدی

فصل چهارم:

نقشه خوانی مدارات صنعتی و ساختمانی

۴-۱- مقدمه

در این بخش هدف، آشنایی با نقشه مدارهای الکتریکی و خواندن آنها است. برای رسیدن به این مهم لازم است تا با علائم اختصاری و مبنای ترسیم مدارهای الکتریکی آشنا شویم. در مباحث الکتریکی نقشه‌ها اغلب در دو استاندارد V.D.E (استاندارد برق کاران آلمان) و I.E.C (کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک) ترسیم می‌شوند. همچنین از آنجایی که استاندارد A.N.S.I (استاندارد بین‌المللی آمریکا) در گرایش تأسیسات مکانیکی کاربرد بیشتری دارد به همین جهت در تشریح مطالب و علائم این قسمت هر سه استاندارد در نظر بوده است.

۲-۴- تقسیم‌بندی نقشه مدارهای الکتریکی

نظر به این که وسایل الکتریکی با ولتاژهای کار گوناگون وجود دارند به همین دلیل نقشه مدارهای الکتریکی آن‌ها را به دو دسته کلی زیر می‌توان تقسیم کرد.

۱-۲-۴- مدارهای روشنایی الکتریکی و لوازم خانگی

مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکه تک فاز ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند برق‌کشی منازل مسکونی، لامپ و یخچال.

۲-۲-۴- مدارهای صنعتی

مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکه سه فاز ۳۸۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند کارگاه‌های تولیدی و پمپ یک موتورخانه.

۳-۴- تقسیم‌بندی سیم‌کشی

۱-۳-۴- سیم‌کشی روکار

همان‌طور که از نام سیم‌کشی روکار مشخص است سیم‌ها، کابل‌ها، کلیدها، پریزها و ... روی سطح دیوار و سقف قرار می‌گیرند و توسط بست‌های مربوط به خود به دیوار و سقف متصل می‌شوند.

۲-۳-۴- سیم‌کشی توکار

نوع دیگر سیم‌کشی، سیم‌کشی توکار می‌باشد. این نوع سیم‌کشی کاربرد بیشتری دارد و تمام سازه‌ها اعم از مسکونی، اداری، تجاری و غیره از نوع سیم‌کشی در مرحله‌ای که هنوز دیوارها و سقف پوشانده نشده‌اند استفاده می‌کنند. از ابزاراتی از قبیل فرز دیوار کن، شیار زن، پیکور، لوله‌های پلاستیکی و خرطوم‌ی، قوطی کلیدهای توکار و غیره استفاده می‌شود. برای نصب قوطی‌های کلید و تقسیم ابتدا باید دقت کرد که عمق و اندازه‌های کنده شده به قدری باشد که قوطی‌ها به راحتی درون محل کنده شده نصب شوند. نصب قوطی‌ها باید به گونه‌ای باشد که لبه بالایی آن‌ها حدود ۵/۰ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح کار تمام‌شده قرار گیرد.

۴-۴- علائم اختصاری وسایل الکتریکی

جدول زیر علائم اختصاری چند وسیله الکتریکی که در مدارهای روشنایی کاربرد دارد را در دو استاندارد VDE و IEC نشان می‌دهد.

جدول (۴-۱) علائم اختصاری وسایل الکتریکی

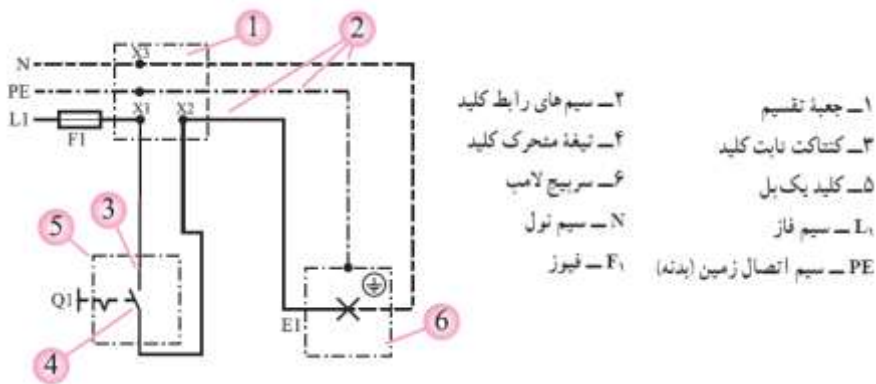
نام وسیله	نمای فنی	نمای حقیقی IEC	نمای حقیقی VDE
کلید تبدیل			
کلید صلیبی			
رله زمانی			
ترانسفورماتور			
کلید یک‌پل			
کلید گروهی			
کلید دوبل			
لامپ رشته‌ای با بدنه زمین (حفاظت نند)			
ریز یا کنتاکت محافظ (ریزنسوکو)			
انتخاب یا جعبه تقسیم یا تغذیه از سمت چپ			

۴-۵- نقشه مدارهای الکتریکی

نقشه مدارهای الکتریکی را در سه شکل (نقشه) مختلف به شرح زیر نشان می‌دهند

۴-۵-۱- شمای حقیقی

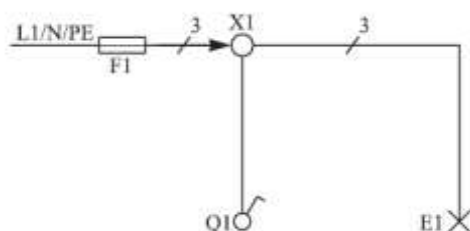
نقشه‌ای که از آن برای نشان دادن نحوه اتصال سیم‌های رابط به کلیدها، عیب‌یابی و تا حدودی محل قرار گرفتن اجزای مدار روی تابلوی آموزشی به کار می‌رود. شکل زیر تصویر شمای حقیقی مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱) شمای حقیقی

۴-۵-۲- شمای فنی (نقشه تک خطی)

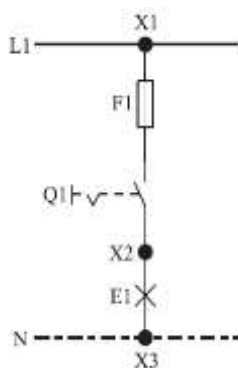
شمای فنی، نقشه ساده یک خطی است که نحوه اتصال قسمت‌های اصلی مدار را بدون سیم‌های کمکی و چگونگی سیم‌کشی نشان می‌دهد. درواقع شمای فنی لوله‌های سیم‌کشی رابط بین اجزای مدار را به همراه تعداد سیم‌هایی که از داخل لوله می‌گذرد، نشان می‌دهد. تعداد سیم‌های داخل لوله اغلب با یک خط کوتاه مایل که روی قسمت‌های مختلف گذاشته می‌شود، تعیین می‌گردد. اگر تعداد سیم‌های عبوری بیش از دو سیم باشد با عدد نشان داده می‌شود. شکل آتی تصویر شمای فنی مدار کلید یک پل شکل قبل را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۴) شمای فنی

۴-۵-۳- شمای مسیر جریان

نقشه‌ای که در آن مسیرهای عبور و جریان برق‌رسانی به وسایل الکتریکی به صورت عمودی نشان داده می‌شود. در این نقشه مدار از سیم فاز شروع و پس از عبور از وسایل، به سیم نول ختم می‌شود. شکل زیر تصویر شمای مسیر جریان مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.



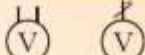
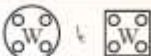
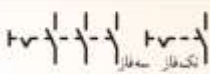
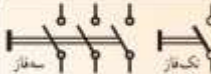
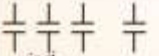
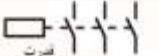
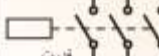
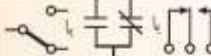
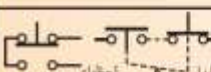
شکل (۳-۴) شمای مسیر جریان

۴-۶- علائم اختصاری مدارهای صنعتی

برای آشنایی با نحوه ترسیم و نقشه خوانی مدارهای صنعتی نیز لازم است تا با علائم اختصاری آن‌ها آشنایی داشته باشیم. جدول ۲-۴ علامت اختصاری چند نمونه قطعات صنعتی را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲) علائم اختصاری مدارهای صنعتی

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
شبکه سه فاز			
سیم توی			
سیم ارت			
اتصال بدنه			
فیوز			
کلید فیوز (فیوز مینیاتوری)			
کلید موتوری			
موتور الکتریکی			
سیم بچی موتور تک فاز (نخته کلم)			
سیم بچی موتور سه فاز (نخته کلم)			
آمپر متر			

 یا 			ولت متر
 یا 			وات متر
			میکل جریان
			کلید قطع و وصل
			کنتاکت بسته
			کنتاکت باز
			کنتاکت دوحالته (بسته و باز)
			کنتاکت بسته با تأخیر در باز شدن
			کنتاکت باز با تأخیر در بسته شدن
			نسبی استارت (دکمه فشاری بوش بان)
			نسبی استارت (دکمه فشاری بوش بان)
			نسبی استپ - استارت

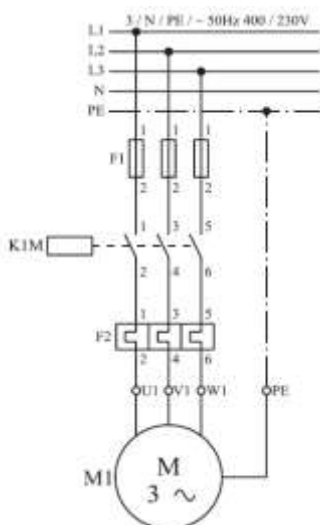
			کنترل کننده ارتفاع سیال (فلوتر سوئیچ)
			کنترل کننده فشار (تابع فشار)
			کنترل کننده دما (ترموستات)
			شیر برقی
			کنتاکت تاخیر یا تأخیر در وصل
			کنتاکت تاخیر یا تأخیر در قطع
			محرك دستی
			محرك فشاری (با دست)
			محرك کششی
			محرك تغییر جهت
			محرك الكترومغناطیسی
			محرك با سطح سیال
			محرك فشاری (با پدال)
			فعل مکانیکی
			بوین گسکتور (عملگر)
			رله‌های عملگر یا منحصه‌های خاص
			رله زمانی (تاخیر) یا تأخیر در وصل
			رله زمانی (تاخیر) یا تأخیر در قطع
			رله یا تحريك حرارتی (بی مثال)
			رله اضافه جریان (جریان زیاد)
			رله قطع کننده جریان معكوس
			لامپ

۷-۴- نقشه مدارهای صنعتی

نقشه مدارهای صنعتی که اغلب برای راه اندازی موتورهای الکتریکی به کار می روند در چند شکل نشان داده می شوند. در این قسمت به دو نقشه پر کاربرد این گروه از مدارها اشاره شده است.

۷-۴-۱- نقشه مدار قدرت

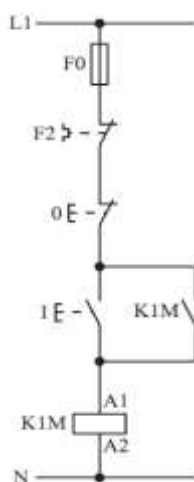
به نقشه ای که انرژی الکتریکی را از شبکه سه فاز دریافت و به مصرف کننده منتقل می کند. شکل زیر تصویر یک نمونه مدار قدرت را نشان می دهد.



شکل (۴-۴) یک نمونه نقشه مدار قدرت

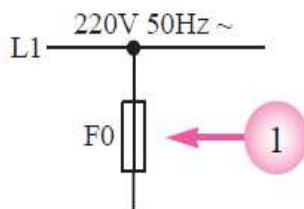
۴-۷-۲- نقشه مدار فرمان

به نقشه‌ای که از آن برای ارسال نحوه عملکرد یا تعیین مدت زمان کارکرد مدار قدرت استفاده می‌شود، نقشه مدار فرمان گفته می‌شود. ولتاژ کار اغلب مدارهای فرمان شبکه تک فاز است. شکل ۴-۵ تصویر یک نمونه مدار فرمان را نشان می‌دهد.



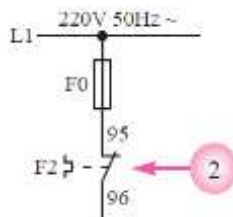
شکل (۴-۵) یک نمونه نقشه مدار فرمان

در ترسیم یا نقشه‌خوانی مدارهای فرمان صنعتی به نکات زیر باید توجه کرد:
 ۱- در تمامی مدارهای الکتریکی ضروری است از یک فیوز که به صورت سری با کل مدار قرار می‌گیرد، جهت حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه استفاده کرد.



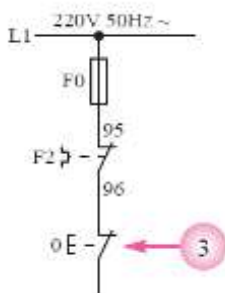
شکل (۴-۶) محل قرارگیری فیوز

۲- در برخی مدارهای الکتریکی صنعتی روی حفاظت مدار در برابر اضافه بار احتمالی از عنصری به نام بی متال، بعد از فیوز در مدارهای فرمان، استفاده می شود.



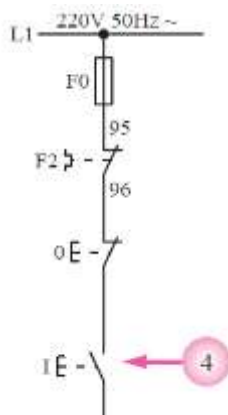
شکل (۴-۷) محل قرارگیری بی متال

۳- یکی از قطعاتی که در مدارهای صنعتی نقش قطع کننده مدار را دارد، شستی استپ است. اگر هدف استفاده از شستی استپ قطع کل مدار باشد، باید آن را همیشه به صورت سری پس از بی متال در مدار قرار داد. در صورتی که هدف قطع یک قسمت از مدار باشد شستی استپ را باید فقط در مسیر آن وسیله قرار داد.



شکل (۴-۸) محل قرار گرفتن شستی استپ

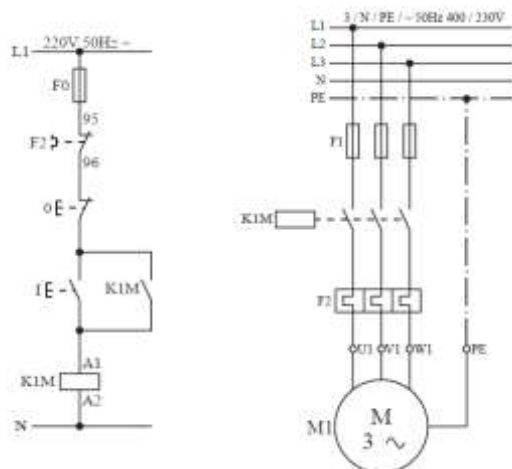
۴- برای شروع به کار هر مدار فرمانی باید از یک وسیله وصل‌کننده مانند یک کلید یا شستی استارت استفاده کرد که محل قرار گرفتن آن پس از شستی استپ مدار است.



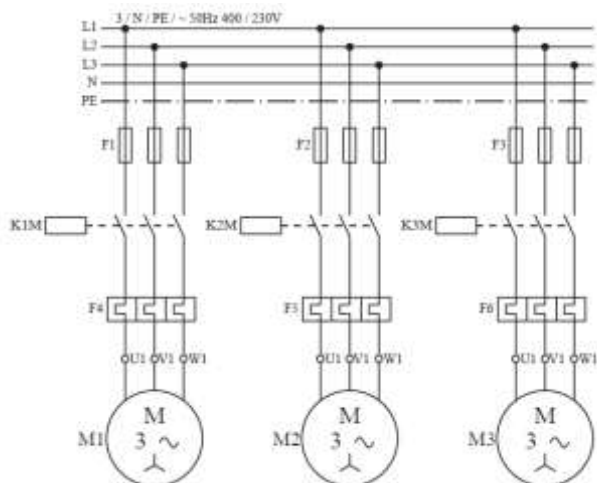
شکل (۴-۹) محل قرار گرفتن شستی استارت

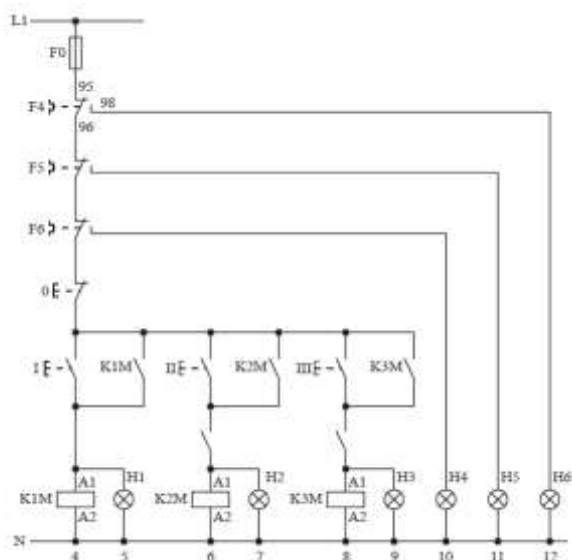
۵- در انتهای هر مسیر ساده جریانی اگر از وسایل و تجهیزات دیگری استفاده شود باید بوبین رله‌های عملگر، مانند بوبین کنتاکتورها را قرار داد. برای این که راحتی کار در زمان سیم‌کشی و عملگر معمولاً یک طرف بوبین کنتاکتورها به سیم نول وصل می‌شود و در نتیجه با وصل کلیدها یا شستی‌های مدار، سیم فاز به سمت دیگر بوبین کنتاکتور وصل می‌شود و پس از مغناطیس شدن آن، کنتاکت‌های آن عمل می‌کند.

مثال (۱): با مشاهده تصاویر مدار فرمان نقشه‌خوانی مدار فرمان و قدرت شکل زیر را انجام دهید.



در شکل زیر نقشه مدار قدرت و فرمان راه‌اندازی سه موتور که به‌صورت یکی پس از دیگری راه‌اندازی می‌شوند، نشان داده شده است.





همان گونه که در نقشه مدار فرمان مشخص است با زدن شستی استارت (I) که در مسیر جریان ۴ قرار دارد جریان به بوبین کنتاکتور می‌رسد. ضمن مغناطیس شدن کنتاکتور K1M لامپ سیگنال H1 نیز روشن می‌شود. در این حالت مدار از طریق تیغه خود نگهدار K1M مسیر ۵ در شرایط پایدار باقی می‌ماند. همچنین تیغه باز K1M که در مسیر جریانی ۶ قرار دارد بسته می‌شود.

حال اگر در این وضعیت شستی II فشار داده شود جریان به بوبین کنتاکتور K2M می‌رسد و ضمن وصل شدن کنتاکت های کنتاکتور لامپ سیگنال H2 نیز مشابه H1 برای نشان دادن وضعیت موتور روشن می‌شود. همچنین در این حالت کنتاکت باز K2M مسیر ۸ نیز وصل می‌شود و به صورت یک شرط، مسیر موتور سوم را آماده وصل می‌کند. با زدن شستی III جریان به بوبین کنتاکتور K3M به لامپ H3 می‌رسد و هر دو در وضعیت روشن قرار می‌گیرند. با کمی دقت در مدار فرمان شکل فوق مشاهده می‌شود در این مدار از سه لامپ سیگنال دیگر به نام های H4، H5 و H6

استفاده شده است که به ترتیب در مسیر تیغه فرمان بی متال های مربوط به موتورهای اول، دوم و سوم قرار گرفته اند. در صورت بروز اضافه بار بر روی هریک از موتورها که باعث قطع بی متال مربوطه می شود، لامپ سیگنال (خبردهنده) روشن می شود و مشخص می کند کدام موتور تحت بار قرار گرفته است.

۴-۸- نقشه خوانی مدارات ساختمانی

تأسیسات الکتریکی: مجموعه ای است از تجهیزات الکتریکی به هم پیوسته برای انجام هدف یا اهداف معین که دارای مشخصه های هماهنگ و مرتبط باشند.

مدار الکتریکی در تأسیسات: مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی در یک تأسیسات است که از منبع واحدی تغذیه نموده و به کمک وسایل حفاظتی واحدی در برابر اضافه جریان ها حفاظت شده باشد.

بدنه هادی: بدنه های هادی (فلزی) و اجزای دیگر تجهیزات الکتریکی که هادی می باشند و می توان آن ها را لمس نمود و به طور عادی برقرار نیستند اما در حالت وجود اتصالی ممکن است برقرار شوند.

جریان نشت در یک تأسیسات: جریانی است که بین مداری که از نظر الکتریکی آسیب ندیده است و زمین یا بدنه های هادی بیگانه برقرار شود.

کلید جداکننده: یک وسیله مکانیکی قطع و وصل است که در حالت قطع فاصله جدایی لازم را طبق مشخصات تعیین شده به وجود می آورد.

کلید قطع بار: یک وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر به وصل عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی می باشد. شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد و همین طور برای زمانی مشخص جریان هایی را در شرایط غیرعادی مدار مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

فیوز: وسیله‌ای است که از طریق ذوب یک یا چند المان خود که به نحوی مخصوص طراحی و تناسب یافته‌اند با قطع جریان اگر شدت آن از مقداری تعیین‌شده به مدت کافی بیشتر شود مداری را که در آن قرار گرفته است باز می‌کند.

کنتور و تابلو توزیع: در غالب کشورها فیوز سر خط ورودی، توسط شرکت برق نصب می‌شود و مصرف‌کننده حق دست‌زدن به آن را ندارد. پس‌از آن، فیوز کنتور قرار دارد که میزان مصرف انرژی الکتریکی را برحسب کیلووات ساعت اندازه‌گیری می‌کند. این کلید و فیوز یا دیژنکتور برای کنترل و حفاظت سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس‌از این وسایل تابلو توزیع قرار می‌گیرد که از آن انشعاب‌های لازم از طریق فیوزها یا دیژنکتورهای محافظ گرفته می‌شود.

ساختمان‌های کوچک معمولاً از برق تک فاز تغذیه می‌شوند و کنتورهای تک فاز در اندازه‌های استاندارد در آمپرهای مختلفی ساخته می‌شوند. خانه‌های بزرگ‌تر که مصرف بیشتر دارند از برق سه فاز استفاده می‌کنند. کنتورهای سه فاز نیز در اندازه‌های استاندارد مختلفی از آمپر ساخته می‌شوند.

نظر به اینکه بارهای بزرگ‌تر برقی در خانه‌های مسکونی در آشپزخانه و زیرزمین متمرکز هستند کابل ورودی را در نزدیکی این مراکز به خانه وارد می‌کنند و کنتور و متعلقات آن و تابلو توزیع نیز در چنین محلی نصب می‌شود به‌طوری‌که خواندن کنتور توسط مأمور اداره برق و دسترسی به تابلو توزیع به سهولت میسر باشد.

کلید یک پل: این کلید در دو نوع توکار و روکار ساخته می‌شود. این کلید وسیله ساده برای اتصال سیم فاز به مصرف‌کننده یا قطع آن است.

کلید دو پل: اگر بخواهیم دو وسیله الکتریکی را از یک مکان روشن و خاموش شوند از کلید دو پل استفاده می‌کنیم. در این صورت در مصرف

وسایلی مانند سیم، لوله و کلید صرفه جویی می شود. مدار کلید دو پل شبیه به دو کلید یک پل است که به روی جعبه مشترکی قرار گرفته اند.

کلید تبدیل: از این کلید برای قطع و وصل مدار از دو نقطه استفاده می شود؛ بنابراین موارد استفاده آن در راهروها، راه پله ها، اتاق های دو در و به همراه کلید یک پل در اتاق خواب است. این کلید سه کنتاکت دارد که یک کنتاکت آن مشترک و با یکی از دو کنتاکت دیگر در تماس است. کنتاکت دیگر (غیرمشترک) به دو کنتاکت غیرمشترک کلید بعدی اتصال داده می شود. سپس از کلید دوم سیمی به طرف لامپ یا لامپ ها کشیده می شود. آنگاه نول به کنتاکت دیگر سرپیچ لامپ اتصال پیدا می کند.

کلید صلیبی: از این کلید در جاهایی استفاده می شود که بخواهند یک یا چند لامپ را از بیش از دو نقطه روشن و خاموش کنند. برای این کار باید در ابتدا و انتهای مدار یک تبدیل و بین آن ها یک یا چند کلید صلیبی قرار داد. طرز اتصال به این ترتیب است که از دو پیچ کلید صلیبی به دو سر یک کلید تبدیل و از دو پیچ دیگر به کلید تبدیل بعدی وصل می کنیم. معمولاً دو پیچ کلید صلیبی را برای ورودی و دو پیچ دیگر را برای خروجی در نظر می گیرند که در هیچ شرایطی این پیچ ها به هم ارتباط نداشته باشند. سپس یک مشترک کلید تبدیل را به فاز و از مشترک کلید تبدیل بعدی به لامپ وصل می کنیم.

رله راه پله: از این رله برای روشنایی راه پله استفاده می شود. طرز کار رله بدین صورت است که با فشار دادن شستی، رله شروع به کار می کند و لامپ های راه پله روشن و پس از زمان تنظیم شده خاموش می شود.

رله ضربه ای: از رله ضربه ای در محل هایی استفاده می شود که بخواهیم یک یا چند لامپ را از چند نقطه روشن و خاموش کنیم. درواقع کلید ضربه ای کار کلید صلیبی را انجام می دهد.

۹-۴- مقررات و استانداردهای اجرای تأسیسات الکتریکی

۹-۴-۱- کابل‌ها

- ۱- نصب کابل‌ها بر روی دیوار یا سقف باید با استفاده از بسته‌ای مخصوص این کار که از مواد عایق ساخته شده‌اند انجام شود. فاصله کابل‌ها از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطر کابل باشد.
- ۲- کابل‌های دفن شده در خاک باید از انواع مجاز برای این کار باشند و عمق دفن کابل‌های فشار ضعیف ۰/۷ تا ۰/۳ متر و برای کابل‌های فشار متوسط ۰/۳ متر بیشتر از کابل‌های فشار ضعیف باشد.
- ۳- جابه‌جا کردن، بازکردن، کشیدن یا نصب کابل در هوای آزاد نباید در دمای کمتر از ۳ درجه سانتی‌گراد انجام شود.

۹-۴-۲- سیم‌کشی

- ۱- کلیه سیم‌کشی‌های داخلی ساختمان‌ها اعم از روکار و توکار باید در داخل لوله‌های مخصوص سیم‌کشی یا مجاری مخصوص این کار انجام شود و برای اجرای انشعابات خم‌ها، زانو‌ها سه یا چهار راهه‌ها و غیره باید از وسایل و متعلقات استاندارد و مخصوص هر لوله استفاده شود.
- ۲- جعبه‌های زیر کلید و پریز باید با نوع لوله‌کشی و کلید و پریزهای مورد استفاده همخوانی داشته باشد. در مورد ساختمان‌های مسکونی از لوله‌های پلاستیک خرطومی استفاده می‌شود.
- ۳- مدارهایی که در کف‌ها قرار می‌گیرند باید فقط با لوله‌های پلاستیکی اجرا شود.
- ۴- تغییر نوع لوله (برای مثال فولادی به پلاستیکی) بدون تعبیه نوعی جعبه در محل تغییر ممنوع است.
- ۵- سیم‌های کشیده شده در لوله‌ها یا مجاری باید از هر نظر سالم و بدون هیچ‌گونه شکستگی و پیچیدگی باشد و بین دو جعبه تقسیم یا در محل‌های دسترسی به سر سیم‌ها باید به صورت یکپارچه باشد.

۶- اتصالات و انشعابات باید با استفاده از پایانه‌های پیچی انجام شود. پیچیدن سیم‌ها به دور هم برای ایجاد اتصال الکتریکی و عایق‌بندی محل اتصال با نوارچسب الکتریکی ممنوع است.

۷- انجام سیم‌کشی‌های نوع روکار با استفاده از سیم‌های چندلا و بسته‌ای میخی یا میخ معمولی ممنوع است.

۸- از سیم‌ها و کابل‌های مخصوص زیر گچی فقط در مواردی می‌توان استفاده کرد که طول انشعابات از محل سیم‌کشی ثابت تا محل مصرف‌کننده (مانند چراغ) بیش از ۱/۵ متر نباشد. در سایر موارد استفاده از این نوع سیم‌کشی در تأسیسات الکتریکی ممنوع خواهد بود.

۴-۹-۳- کلیدها

- ۱- کلیدها باید برای استفاده در سیستم‌های جریان متناوب و از نوع قطع و وصل سریع بدون دخالت نحوه و سرعت عمل دست مناسب باشد.
- ۲- کلیدهای کنترل مدارها (از جمله چراغ‌ها) باید هادی فاز را قطع و وصل کنند. قطع و وصل هادی خنثی برای کنترل مدار ممنوع است.

۴-۹-۴- پریزها

- ۱- کلیه پریزها اعم از تک‌فاز یا سه فاز باید برای وصل هادی حفاظتی یک اتصال اضافی داشته باشد.
- ۲- در پریزهای دارای دو اتصال اضافی یک اتصال مخصوص هادی حفاظتی و اتصال حفاظتی دوم مخصوص هادی خنثی است.
- ۳- استفاده از آداپتورهای پریز (افزایش‌دهنده‌ها یا رابط‌هایی که محل اتصال یک پریز نصب ثابت را به دو یا سه انشعاب اتصال‌پذیر تبدیل می‌کنند) یا سرپیچ‌های دارای محل اتصال پریز اکیدا ممنوع است.
- ۴- هر مدار پریز نباید بیش از ۱۲ پریز مربوط به مصارف عمومی را تغذیه کند.
- ۵- در یک اتاق یا فضای مشخص کلیه پریزها باید فقط از یک مدار معین تغذیه کنند مگر اینکه فاصله مستقیم دو پریز نصب‌شده به دو مدار مختلف ۵ متر یا بیشتر باشد.

۶- ارتفاع پریزهای نصب شده روی دیوار از کف تمام شده نباید کمتر از $0/3$ متر باشد.

۷- در همه اتاق ها و فضاهای مسکونی (به جز آشپزخانه و دستشویی و حمام و نظایر آن) پریزها باید در نقاطی تعبیه شوند که فاصله هیچ یک از نقاط خط پیرامون کف از تصویر پریزها بر روی خط پیرامون از $1/5$ متر بیشتر نباشد.

۸- در محدوده ای که از کف حمام تا ارتفاع $2/25$ متر و در جهت افقی از لبه وان یا زیر دوشی $0/6$ متر امتداد دارد نباید هیچ گونه کلید یا پریز یا هر وسیله برقی دیگر نصب شده باشد.

۴-۱۰- بازرسی و آزمایش تأسیسات الکتریکی

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 آزمایش هایی که مؤید انجام صحیح سیم کشی باشد مجاز هست. این آزمایش ها ابتدا توسط سیم کش انجام می شود و سپس باید توسط مهندسین ناظر برق قبل از اتصال سیستم به شبکه توزیع انجام گردد.

۴-۱۰-۱- وسایل آزمایش

۱- مولتی متر یا آوومتر: ولتاژ جریان و مقاومت را اندازه گیری می کند. اتصال دو سیم مولتی متر در حالت اندازه گیری مقاومت به یکدیگر باید مقاومت صفر را نشان دهد. بنابراین قبل از هر اندازه گیری مقاومت، با استفاده از مقاومت تنظیم، صفر وسیله را تنظیم می کنیم.

۲- زنگ اخبار: با استفاده از دو سیم بلند می توان اتصال هر قسمت از مدار را امتحان کرد.

۳- مگر: یک مولد دستی است که برای ولتاژهای 500 تا 1000 ولت ساخته می شود. مگر ها به یک کلید دو وضعیتی مجهز هستند که در یک وضعیت متصل بودن مدار و در وضعیت دیگر مقاومت عایقی را نشان می دهد.

۴- فازمتر: در این وسیله از لامپ نئون استفاده به عمل می‌آید که جریان بسیار کمی از طریق بدن آزمایش کننده و زمین می‌کشد. روشن بودن لامپ نئون گرم بودن سیم مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

۴-۱۰-۲- آزمایش اتصال صحیح کلیدها و پریزها و فیوزها

می‌دانیم که وسایل موردنظر همیشه روی سیم فاز قرار می‌گیرند. برای کسب اطمینان از اتصال صحیح این اجزا قبل از اتصال برق می‌توان آن‌ها را با زنگ اخبار آزمایش کرد. یکی از سیم‌های زنگ اخبار را به فاز ورودی در جعبه کنتور متصل می‌کنیم و با اتصال سر دیگر به فیوزها، کلیدها و سوراخ سمت راست پریزها آن‌ها را مورد آزمایش قرار می‌دهیم.

۴-۱۰-۳- آزمایش متصل بودن مدارها

برای حصول اطمینان از متصل بودن مدارها از زنگ اخبار استفاده می‌کنیم. برای این کار یکی از دو سیم زنگ اخبار را به ابتدای مدار متصل می‌کنیم و سیم دوم را به نقاط دیگر مدار حرکت می‌دهیم تا از اتصال آن‌ها اطمینان حاصل شود. آزمایش سیم نول هم به همین ترتیب انجام می‌شود.

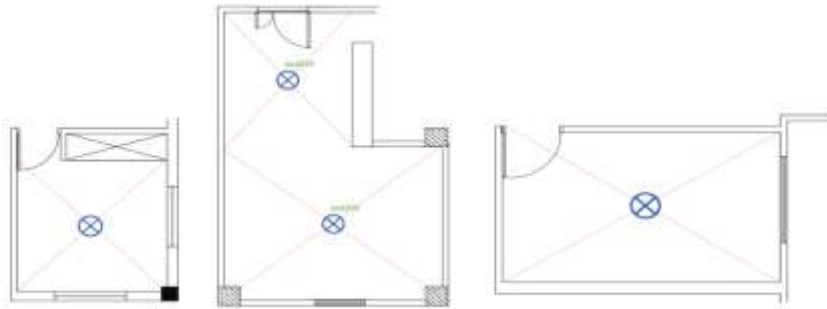
۴-۱۰-۴- آزمایش صحیح اتصال زمین

این آزمایش را می‌توان به وسیله آوومتر انجام داد. مقاومت بدنه دورترین وسیله متصل به اتصال اصلی زمین نباید از حداکثر یک اهم متجاوز گردد. البته باید در نظر داشت که به نتیجه این آزمایش با آوومتر نمی‌توان اکتفا نمود؛ زیرا در صورتی که بدنه دستگاهی اتصال شلی به بدنه داشته باشد این آزمایش اتصال را صحیح نشان می‌دهد لیکن عبور جریان زیاد در عمل این‌گونه اتصال را گرم می‌کند و سبب ذوب آن می‌شود که ممکن است سبب بروز جرقه یا خطرات دیگر شود.

جدول (۴-۱۰) علائم اختصاری در طراحی نقشه ساختمان

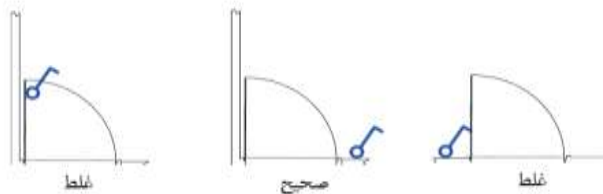
نام وسیله	نمایش در دیاگرام فنی اتصال	نمایش در نقشه حقیقی	نام وسیله	نمایش در دیاگرام فنی اتصال	نمایش در نقشه حقیقی
کلید تبدیل			کلید یک پل		
کلید صلیبی			کلید گروهی		
رله، کنتاکتور			کلید دوتایی		
رله‌ی جریان ضربه‌ای			لامپ رشته‌ای یا بدنه‌ی زمین (حفاظت شده)		
رله‌ی زمانی			لامپ با دو مسیر جریان و تعداد لامپ‌های هر مسیر جریان (اینجا یک لامپ و دو لامپ)		
ترانسفورماتور			برق‌های حرفه و فن www.herfe-rszy.blogf.com		
تکمه‌ی فشاری یا کنتاکت کار (معمولاً باز) (بستی استارت)			برقز یا کنتاکت محافظ (برقز شوکو) (یک تایی)		
تکمه‌ی فشاری یا کنتاکت استراحت (معمولاً بسته) (بستی استاپ)			لامپ با کلید		
			انتخاب با جعبه‌ی تقسیم یا تغذیه از سمت چپ		

شکل زیر محل قرار گرفتن روشنایی اتاق‌ها که از سقف آویز می‌شود را نشان می‌دهد. همچنین روشنایی‌های دیگری همچون نورهای مخفی مربوط به کناف و رابیتس کاری، لامپ‌های دکوراتیو، لامپ‌های مهتابی و ... نیز وجود دارند که پایه و اساس برق‌کشی آن‌ها یکی است.



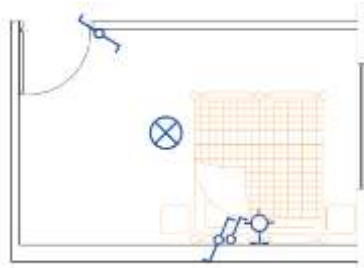
شکل (۴-۱۰) محل صحیح قرار گرفتن روشنایی در اتاق‌ها

شکل زیر محل قرار گرفتن کلیدها را نشان می‌دهد. کلیدها نباید بعد از باز شدن درب‌ها پشت درب قرار بگیرند. باید زمانی که فردی در اتاق را باز کرد، کلیدها در دسترس‌ترین جای ممکن باشد، زیرا ورود به یک اتاق تاریک مثل ورود با چشمان بسته است.



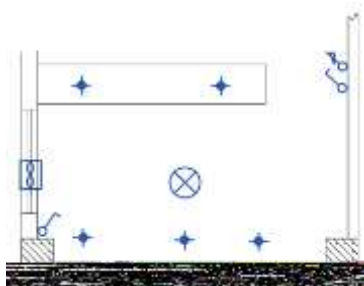
شکل (۴-۱۱) محل قرارگیری صحیح کلید روشنایی اتاق‌ها

تا جایی که امکان دارد و اصول برق ساختمان نقض نمی‌شود. کلید جاهای مختلف را نزدیک یکدیگر نصب کنید. یا حتی شده پشت‌به‌پشت همدیگر، در این صورت چون یک لوله ارتباطی حذف می‌شود، در مصرف سیم و لوله صرفه‌جویی می‌شود.

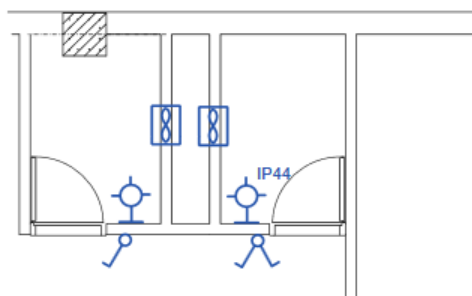


شکل (۴-۱۲) محل قرارگیری صحیح لامپ و کلید اتاق

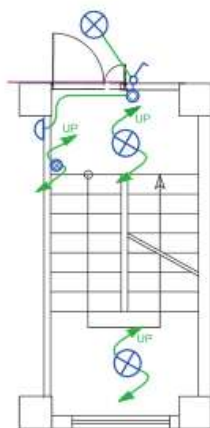
به کلیدهای آشپزخانه توجه کنید. چون آشپزخانه در ندارد، این کلیدها باید در ابتدای ورودی درب آشپزخانه نصب شوند.



شکل (۴-۱۳) محل قرارگیری صحیح لامپ و کلید آشپزخانه

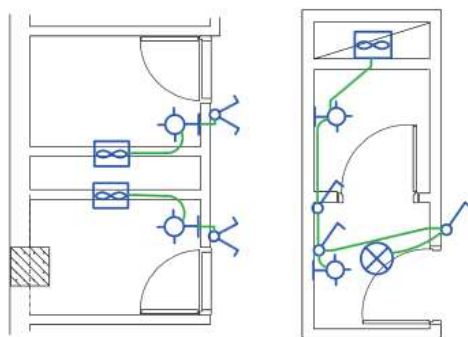


شکل (۴-۱۵) محل قرارگیری صحیح لامپ و کلید حمام و دستشویی



شکل (۴-۱۶) مدار روشنایی ورودی ساختمان

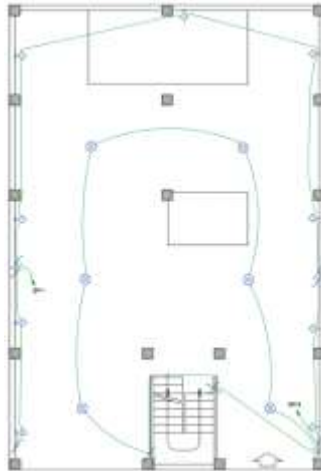
در شکل زیر لوله‌های ارتباطی را ترسیم می‌کنیم. به لوله‌هایی ارتباطی می‌گوییم که برق را از جعبه فیوز به قوطی کلیدها یا از قوطی کلیدها به قوطی کلیدهای دیگر می‌برند. در نقشه پایین خط‌های سبز رنگ، لوله‌های ارتباطی هستند. این لوله‌ها می‌تواند شامل لوله خرطومی، لوله خرطومی نسوز، لوله سفید یا pvc تک لایه یا دولایه، داکت و ... باشد؛ که هر کدام جایگاه مصرف خود را دارد.



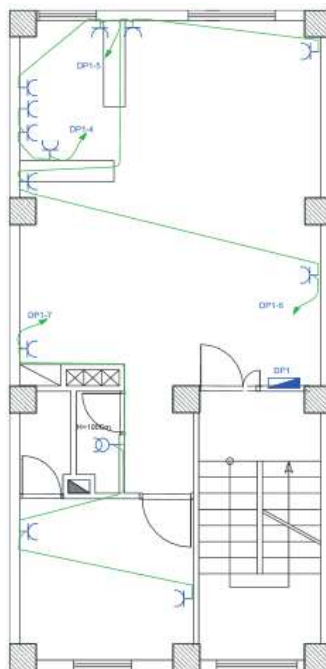
شکل (۴-۱۷) مدار روشنایی حمام و سرویس بهداشتی

روش اجرای اصولی، روشی است که فقط به استانداردهای برق ساختمان تکیه می‌کند و توسط مهندسین طراحی و اجرا می‌شود. در مقابل روش اصولی روش

اجرای بازاری نیز وجود دارد. این روش، روشی است که سعی می‌کند در پاسخ‌گویی به سؤالات استاندارد کم‌نیامورد و در کنارش به فکر جیب کارفرما و سرعت اجرای کار باشد.



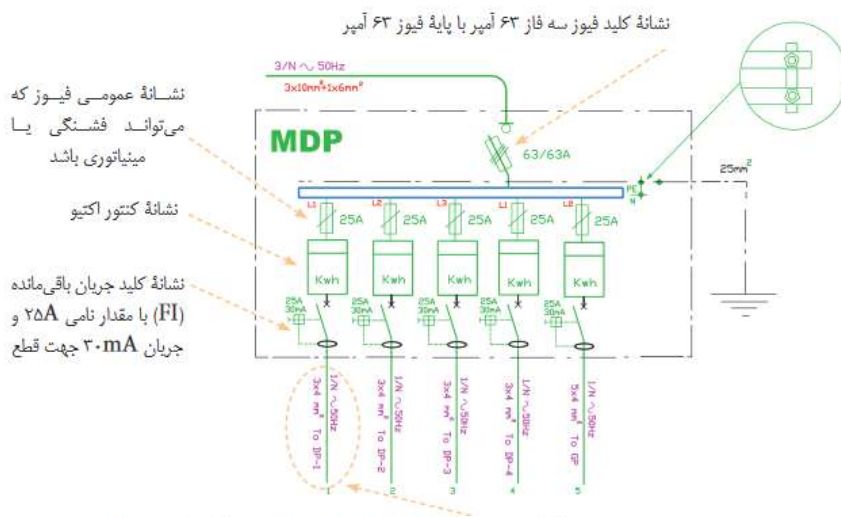
شکل (۴-۱۸) مدار روشنایی پارکینگ



شکل (۴-۱۹) نقشه پریز طبقه اول



شکل (۴-۲۰) نقشه آنتن و تلفن

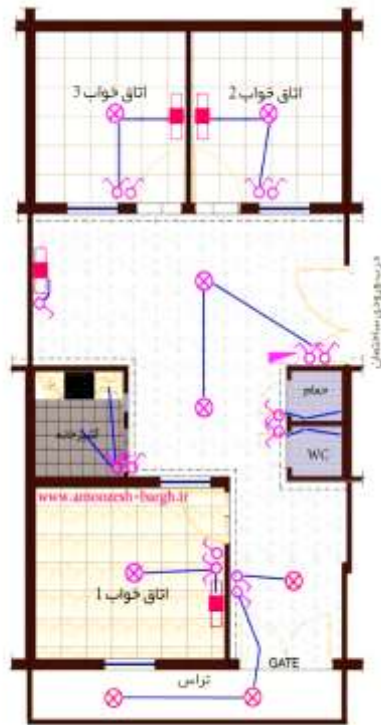


کابل سه سیمه با سطح مقطع ۴ میلی‌متر مربع برای فاز و نول و ارت است.

شکل (۴-۲۱) نقشه تابلوی برق



شکل (۴-۲۳) نقشه برق ساختمان
لوله‌های برگشتی



شکل (۴-۲۲) نقشه برق ساختمان
لوله‌های ارتباطی

مشاهده می‌شود که در اتاق خواب‌ها لوله مهتابی و چراغ مرکز اتاق با یک لوله مشترک به کلید رفته‌اند تا در مصرف لوله و سیم نول صرفه‌جویی شود. در داخل آشپزخانه دو لوله آبی رنگ مشاهده می‌کنید. یکی برای لوستر مرکز آشپزخانه نصب‌شده و به یک کلید دو پل رفته و یک لوله دیگر از یک کلید دوپل به بالای این رفته تا برق هالوژن‌ها را تأمین کند. حالا تعداد هالوژن‌ها هرچه می‌خواهد باشد. در داخل دستشویی و حمام یک روشنایی و یک فن در نظر گرفته‌شده است. قابل‌ذکر است در این فصل قسمتی از سیستم برق‌کشی و قواعد و ... ساختمان را بیان کردیم. این فصل خود شامل چندین کتاب و دستورالعمل‌های بین‌المللی است که مهندسین ناظر برق با آن‌ها آشنایی کامل دارند.

فصل پنجم: مشخصات و شرایط محیط‌های ورزشی

۵-۱- نور در ورزشگاه‌ها

هدف از بررسی نور در ورزشگاه‌ها ایجاد شرایطی است که یک ورزشکار بتواند به صورت صحیح و ایمن ورزش کند و داوران، تماشاچی‌ها و دوربین‌ها دید مناسب داشته باشند. طراحی نور باید به شکلی باشد که سرعت بازی و اندازه واقعی هر چیزی کاملاً نمایان باشد. همچنین دارای زیبایی لازم و راحتی کافی برای انجام فعالیت‌های ورزش و تماشاچیان باشد. اگر نور اصلی و سایه‌ها در محل اصلی خود باشند اجسام به صورت سه بعدی و واضح قابل مشاهده می‌باشند.



شکل (۵-۱) یک نمونه سالن ورزشی با نور مناسب

اگر نور به اندازه مناسب نباشد و یا تنظیم لازم را نداشته باشند، ممکن است اجسام به صورت مسطح دیده شوند، همچنین عدم تنظیم مناسب نورهای اصلی و فرعی باعث کاهش عملکرد، توانایی و عکس العمل به موقع ورزشکاران و همچنین باعث ایجاد مشکلاتی برای دوربین‌های تلویزیونی و تماشاگران می‌شود.

نور مورد نیاز فضاهای ورزشی با استانداردهای خاص و مقررات سازمان‌های ورزشی مثل فیفا، کمیته المپیک، توصیه مقامات ورزشی، نکات فنی که از سوی مسئولین رادیو و تلویزیون مطرح می‌شود و غیره پیش‌بینی می‌شود. نور و لامپ‌های مورد استفاده یکی از مهم‌ترین تجهیزات هر فضای ورزشی به خصوص فضاهای سرپوشیده ورزشی است.

۵-۲- انواع نور در فضاهای ورزشی

نور باید متناسب با فضا و شرایط سالن باشد. نور و رنگ سالن و کفپوش باید از خستگی چشم جلوگیری کند، همچنین لامپ‌ها نباید سایه زیاد تولید کنند. نور سالن‌های ورزشی را می‌توان از سه طریق مصنوعی، طبیعی و تلفیقی تأمین کرد. تنظیم نور فضاهای ورزشی باید با توجه به نوع و محل ورزش و با استفاده از انواع نور یعنی نور طبیعی، نور مصنوعی و نور تلفیقی انجام شود.

۵-۲-۱- نور طبیعی

نور طبیعی سالن‌ها از طریق قراردادن نورگیر و پنجره در سقف مستقیماً تأمین می‌شود و بزرگ‌ترین مزیت آن اقتصادی‌تر و ارزان‌تر از نور مصنوعی بودن آن است؛ اما مشکل نور طبیعی عدم یکنواختی در توزیع است. نور ورودی را می‌توان با استفاده از یک غشای معلق یا یک مانع نوری توزیع کرد. همچنین به دلیل حرکت انتقالی خورشید، توزیع نور دائماً در حال تغییر است، سایه ایجاد می‌کند و فقط در ساعاتی از روز قابل استفاده است.



شکل (۵-۲) نور طبیعی در یک سالن با توزیع نامناسب

۵-۲-۲- نور مصنوعی

برای تأمین روشنایی، چراغ‌ها و پروژکتورها باید در مسیر خطوط (اضلاع) طول دیوارهای سالن تعبیه شوند تا بر دید بازیکنان عمود نباشد و برای آن‌ها مزاحمتی ایجاد نکند. از ویژگی‌های نور مصنوعی قابلیت استفاده از فضای ورزشی به‌خصوص سالن‌های سرپوشیده در تمام طول شبانه‌روز، توزیع مناسب نور در تمام نقاط زمین‌بازی، اجتناب از نور شدید و زننده و وجود نور اضطراری برای لحظات قطع برق اصلی سالن است.

۵-۲-۳- نور تلفیقی

سقف‌های معلق مانند یک صافی مسطح می‌توانند باعث تلفیق نور طبیعی و مصنوعی برای اماکن و سالن‌های ورزشی شوند.



شکل (۵-۳) نورپردازی تلفیقی یک سالن ورزشی

در برخی از ورزش‌ها که نیازمند روشنایی در فضای بزرگ و زمان بسیار طولانی در خلال روز هستند، می‌توان از نور تلفیقی استفاده نمود. البته نباید از یاد برد که کیفیت نگهداری و حفاظت از سیستم روشنایی فضاهای ورزشی نیز از اهمیت خاصی برای مؤثر و کارا بودن آن برخوردار است. در ورزش‌هایی که در فضای باز قرار دارند، روشنایی باید از ارتفاع بالا صورت گیرد و با زاویه‌ای کمتر از ۷۰ درجه به زمین‌بازی بتابد، ضمن اینکه از لحاظ اقتصادی نیز ابعاد آن در نظر گرفته شود و کمترین فشار را به سیستم الکتریکی بیاورد.

۵-۳- بدمینتون و تنیس روی میز

در این ورزش‌ها توپ بسیار کوچک و حرکت آن با توجه به نوع ضربه از سرعت بالایی برخوردار است. بازیکنان هم به ناچار با همان سرعت توپ را با چشم دنبال می‌کنند. در این موارد توصیه می‌شود که تنظیم و پخش نور به شکل عمودی صورت گیرد. سیستم نور فلورسنت‌ها بهترین وضعیت و یکسانی نور را برای سطوح افقی و عمودی در محدوده بازی فراهم می‌آورد.

۵-۴- نکته مهم در ورزش تنیس

در زمین تنیس روباز باید از نورافکن‌های بلند استفاده شود. در سالن‌های سرپوشیده نیز باید با استفاده از هنر معماری نورافکن‌ها در داخل سقف و در لبه‌های آن به شکلی طراحی و تنظیم شوند که لبه‌های زمین را پوشش داده و از برخورد مستقیم با چشم بازیکنان و تماشاچیان خودداری شود.

۵-۵- زمین‌های فوتبال

در استادیوم‌های فوتبال معمولاً از نورافکن‌های نصب‌شده روی پایه‌های بلند استفاده می‌شود. معمولاً نور از محلی در امتداد سقف به دو طرف و به صورت مخلوط توزیع می‌شود. توزیع نور باید در همه سطوح زمین که مورد استفاده بازیکنان قرار می‌گیرد، قرار داشته باشد. ضمناً سطوح نور به گونه‌ای طراحی شود که دوربین‌های

فیلم‌برداری نور عمودی لازم را در اختیار داشته باشند. نور کافی نیز برای بخش‌های داخلی فضای تماشاچیان که مسقف می‌باشد پیش‌بینی شود.



شکل (۴-۵) نورپردازی ورزشگاه فوتبال

۵-۶- استخر شنا

وجود چراغ‌های زیر آب در استخرهای شنا منجر به ایجاد یک فضای مطبوع در استخر شده و امکان نظارت منجیان غریق را افزایش می‌دهد. این چراغ‌ها باید فقط در دیواره کاسه استخر و حداقل در فاصله ۰/۶ متری از سطح آب تعبیه شوند.

۵-۶-۱- ملاحظات محیطی ویژه ورزش شنا

نورگیری استخرهای سرپوشیده ممکن است به‌صورت مختلفی نظیر طبیعی، مصنوعی و یا ترکیبی از هر دو انجام شود. استفاده از روشنایی طبیعی در سالن‌های استخر دارای جذابیت خاصی خواهد بود مشروط بر آن‌که از انعکاس مستقیم و خیرگی جلوگیری شود. از این‌رو برای مقابله با تابش مستقیم آفتاب به ناچار از وسایل ثانویه‌ای مانند انواع پرده‌ها، کرکره‌ها و شیشه‌های تیره‌رنگ استفاده می‌شود.

برای استخرهای سرپوشیده و یا استخرهای روبازی که شب‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین در صورتی که به هر دلیل روشنایی طبیعی روز، نور کافی را برای استخر تأمین ننماید، باید روشنایی مصنوعی تعبیه شود. نورگیری از سقف یکی از بهترین روش‌های استفاده از روشنایی روز می‌باشد که کمترین مزاحمت را برای شناگران و تماشاچیان ایجاد خواهد کرد.

روشنایی موردنیاز مناطق مختلف استخر به شرح ذیل است:

۱- سطح آب: روشنایی بالای سطح آب باید حداقل ۳۲۳ لوکس باشد. البته تحت شرایطی که کف استخر روشنایی معادل آنچه در بند ۲ آمده است داشته باشد. در غیر این صورت حداقل روشنایی یک متر بالای سطح آب باید ۶۰۰ لوکس باشد.

۲- زیر آب: هنگامی که در دیواره استخر لامپ کار گذاشته شود، میزان روشنایی آن نباید کمتر از ۰/۱ وات بر مترمربع یا ۰/۵ وات بر فوت مربع باشد.

۳- محوطه استخر: حداقل روشنایی ۶۰۰ لوکس باید در محوطه استخرهای شنای مخصوص مسابقه تأمین شود.

۴- در صورت استفاده از نور مصنوعی برای روشنایی سالن‌های استخر شنا، شدت نور در بالای سکوهاستارت و انتهای برگشت نباید کمتر از ۶۰۰ لوکس باشد. در سالن‌های مخصوص برگزاری مسابقات شیرجه نیز حداقل روشنایی در سطحی معادل یک متر بالاتر از سطح آب باید برابر ۶۰۰ لوکس باشد. در مسابقات المپیک در تمامی محوطه استخر میزان روشنایی ۱۵۰۰ لوکس باید تعبیه شود.

۵-۶-۲- روشنایی اضطراری

تمامی استخرهای سرپوشیده و یا استخرهای رو بازی که شناکردن در شب نیز در آن‌ها انجام می‌شود و یا کلیه استخرهایی که نور طبیعی کافی برخوردار نیستند، باید به یک سیستم روشنایی اضطراری نیز مجهز باشند.

۵-۶-۳- سیستم‌های برقی

به‌طور کلی سیستم‌های برقی استخرهای شنا شامل موارد زیر است:

۱- سیستم روشنایی مصنوعی با شدت نور کافی به‌نحوی که یک محیط ایمن و مطبوع را تأمین کند.

۲- سیستم برق‌رسانی به تجهیزات موتوری مورد لزوم برای سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه که به‌منظور حفظ شرایط محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- سیستم‌های صوتی و مخابراتی (پخش صدا، اینترکام و غیره)

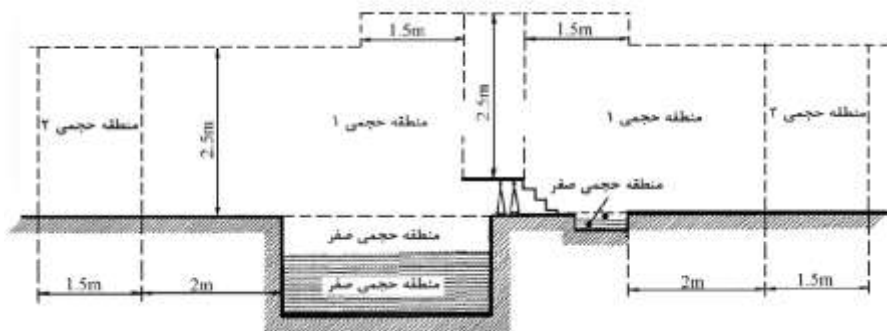
۴- سیستم اعلام و اطفاء حریق و تأسیسات مربوط به آن

۵- سیستم‌های گردش و تصفیه آب و تجهیزات سرویس و نگهداری استخر

۵-۶-۴- ضوابط طراحی و اجرای تأسیسات برقی استخرهای شنا

- ۱- منطقه صفر: منطقه صفر شامل کاسه استخر است.
- ۲- منطقه یک: منطقه حجمی است که سطح جانبی آن یک صفحه عمودی است در فاصله دو متر از لبه با دیواره کاسه استخر و سطح زیرین آن عبارت از کف یا سطحی است که به وسیله افراد اشغال می‌شود و سطح رویی در ارتفاع ۲/۵ متر از کف مزبور قرار دارد. فضای اطراف سکو یا تخته شیرجه و امثال آن به طول ۱/۵ متر و ارتفاع ۲/۵ متر از کف هر یک نیز جزء منطقه یک محسوب می‌شود.

- ۳- منطقه دو: منطقه حجمی است که سطح آن از یک سو به سطح جانبی خارجی منطقه یک و از سوی دیگر با فاصله ۱/۵ متر به سطحی موازی با سطح اول محدود می‌شود، سطح زیرین به کف یا سطحی که به وسیله افراد اشغال می‌شود و سطح زیرین ۲/۵ متر بالاتر از کف می‌باشد.



شکل (۵-۵) منطقه بندی استخر شنا از نظر تأسیسات برقی

۵-۶-۵- درجه حفاظت لوازم و تجهیزات برقی

کلیه تجهیزات برقی مورد مصرف در مناطق سه گانه استخرهای شنا باید حداقل دارای درجه حفاظت تعیین شده زیر باشد:

- ۱- منطقه صفر IPX8 (حفاظت در برابر فرو رفتن نامحدود در آب).
- ۲- منطقه یک IPX4 (حفاظت در برابر پاشیده شدن آب).

۳- منطقه دو IPX2 برای داخل محوطه استخر (حفاظت در برابر قطرات آب با انحراف ۱۵ درجه) و IPX4 برای داخل محوطه استخر (حفاظت در برابر پاشیده شدن آب).

فصل ششم:

سیستم ارت

۶-۱- مقدمه

ارت^۱ به معنای زمین هست که در صنعت برق به آن سیستم اتصال زمین می‌گویند. وظیفه اصلی سیستم ارت این است که هر جریان الکتریکی که وارد این سیستم شد را به‌طور کامل به زمین منتقل کند. سیستم ارت متشکل از چاه ارت و سیم متصل به چاه می‌باشد. اگر بدنه تمام دستگاه‌های برقی اعم از صنعتی و مخابراتی و خانگی و ... و یا به‌طور کلی هر نوع مصرف‌کننده برق را توسط یک رشته سیم به سیم اتصال به زمین متصل کنیم، یک سیستم ارت ایجاد کرده‌ایم. هدف از ایجاد آن است که اگر هر یک از سیم‌های فاز و یا سیم نول به هر طریقی به بدنه دستگاه اتصال یابد و مدار الکتریکی موردنظر دچار نشتی جریان شد، این نشتی جریان توسط سیم ارت به زمین منتقل‌شده و از برق‌گرفتگی و یا در مواردی اتصالی دستگاه و خرابی آن جلوگیری می‌شود.

1 - earth

در هنگام اتصال کامل سیم‌های فاز به سیم ارت فیوز مربوط به آن فاز عمل کرده و جریان را قطع می‌کند و در هنگام اتصال کامل سیم نول به سیم ارت اگر مدار ارتینگ دارای فیوز محافظ جان باشد، این فیوز از ۳۰ میلی‌آمپر نشتی جریان به بالا را قطع می‌کند و باعث قطع کامل جریان فاز و نول می‌شود.

لازم به ذکر است که سیم ارت و سیم نول به ظاهر بسیار به یکدیگر شبیه هستند ولی در عمل دو سیم مستقل از هم و عملکردی متفاوت از یکدیگر دارند و هیچ‌گاه نمی‌توان از یکی بجای دیگری استفاده نمود.

سیستم ارت امروزه از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر اداره توزیع برق فقط به ساختمان‌هایی انشعاب برق می‌دهد که آن ساختمان مجهز به چاه ارت باشد.

در مخابرات به سیستم‌های ارت بسیار حساس و دقیق برای جلوگیری از نویز در شبکه نیاز است. در شبکه‌های انتقال و توزیع برق کاربرد فراوان دارد، شبکه‌های برق گیر بدون سیم ارت عملاً بدون استفاده هستند.

۶-۲- اهمیت اتصال زمین

هدف اصلی اتصال زمین جلوگیری و به حداقل رساندن خطر برق‌گرفتگی و آتش‌سوزی می‌باشد. هنگامی که قسمت فلزی لوازم الکتریکی با یک سیم برق‌دار اتصال پیدا کند (این اتصال شاید به علت خرابی در عایق کابل باشد و یا غیره)، فلز برق‌دار شده و اگر فردی قسمت برق‌دار را لمس کند، دچار شوک شدید می‌شود. برای جلوگیری از چنین مواردی، قطعات سیستم‌های برق قدرت را به سیستم اتصال زمین متصل می‌کنند تا از بروز حوادث زیر جلوگیری کنند.

۱- حفاظت از جان انسان‌ها

۲- تأمین ایمنی دستگاه‌های الکتریکی و لوازم برقی از جریان نشتی

۳- ثابت نگه‌داشتن ولتاژ (در صورت بروز خطا در هر فاز)

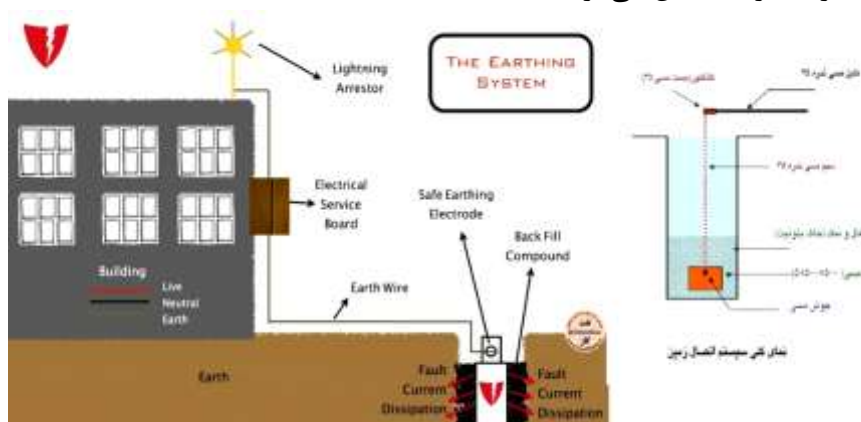
۴- محافظت از سیستم‌های الکتریکی و نورپردازی ساختمان

۵- برای جلوگیری از خطر آتش سوزی در نصب و راه اندازی سیستم برق
۶- مهار جریان های تولید شده از القاهای الکترومغناطیسی و تخلیه الکتریسته ساکن

مهم ترین هدف اجرای سیستم ارت جلوگیری از برق گرفتگی و خطرات ناشی از آن است، از همین رو در سال ۱۹۲۴ میلادی برای اولین بار استفاده از سیستم ارت در انگلستان اجباری شد و بعد از آن در سایر کشورها استفاده از آن رواج پیدا کرد.

۳-۶- روش های اجرای ارت (زمین حفاظتی)

به طور کلی جهت اجرای ارت و سیستم حفاظتی دو روش کلی وجود دارد که در ادامه ضمن بیان آن ها، موارد استفاده و تجهیزات مورد نیاز هر روش و نحوه اجرای هر یک بیان می گردد.



شکل (۱-۶) سیستم ارت و برق گیر

۱-۳-۶- اجرای ارت به روش عمقی

در روش اجرای ارت به روش عمقی که یک روش معمول می باشد از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود. این روش به جز در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بسیار بالا است مانند شمال و در مواردی که امکان حفر چاه وجود نداشته باشد،

بسیار معمول می‌باشد و اکثر ساختمان‌ها اداری، مسکونی و غیره از این روش استفاده می‌کنند. در ادامه مراحل اجرای ارت به روش عمقی را بیان می‌کنیم.

۱- انتخاب محل چاه ارت

چاه ارت را باید در جاهایی که سطح پایین‌ترین نسبت به بقیه مکان‌ها دارد و احتمال دسترسی به رطوبت هست حفر شود. در نقاطی که بیشتر در معرض رطوبت و آب قرار دارند مانند زمین‌های چمن، باغچه‌ها و فضاهای سبز حفر نمود.

۲- عمق چاه

با توجه به مقاومت مخصوص زمین، عمق چاه بین ۴ تا ۸ متر و قطر آن حدوداً ۸۰ سانتیمتر می‌تواند باشد. در زمین‌هایی که خاک دارای مقاومت مخصوص کمتری هست مانند خاک‌های کشاورزی و رسی عمق موردنیاز برای حفاری کمتر بوده و در زمین‌های شنی و سنگلاخی که دارای مقاومت مخصوص بالاتری هستند نیاز به حفر چاه با عمق بیشتر می‌باشد.

مقاومت مخصوص ($\Omega.m$)	نوع زمین
۳۰	مردابی
۱۰۰	زراعی
۲۰۰	ماسه‌ای مرطوب
۵۰۰	سنگ‌ریزه مرطوب
۱۰۰۰	ماسه و سنگ‌ریزه خشک
۳۰۰۰	سنگلاخ
۱۰۰۰۰	صخره‌ای

۳- اتصال سیم به صفحه مسی

صفحه مسی مورد استفاده در منازل مسکونی حدود ۳۵ در ۳۵ سانتی متر مربع (و یا ۴۰ در ۴۰ سانتی متر مربع) با ضخامت ۱ سانتی متر (و یا کمتر) می باشد و سیم مورد استفاده در چاه ارت از جنس مس با سطح مقطع ۲۵ میلی متر مربع می باشد. اتصال سیم به صفحه مسی بسیار مهم هست و هرگز و در هیچ شرایطی نباید این اتصال تنها با استفاده از بست، دوختن سیم به صفحه و یا ... برقرار گردد. بلکه حتما باید سیم به صفحه جوش داده شود و برای استحکام بیشتر با استفاده از ۲ عدد بست سیم به صفحه بسته شده و محکم گردد. برای جوش دادن قطعات مسی به یکدیگر از جوش برنج استفاده می شود.

۴- حفر چاه ارت

با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه چاهی با عمق و مکان مناسب حفر گردد. شکاری به عمق ۶۰ سانتی متر از چاه تا پای دکل برای مسیر سیم چاه ارت تا برق گیر روی دکل، همچنین برای سیم ارت داخل ساختمان حفر نمایید. در صورتی که مسیر ۲ سیم مشترک باشد بهتر است مسیر دو سیم ایزوله گردند. همین طور مسیر سیم ها باید کوتاه ترین مسیر بوده و سیم میله برق گیر و ارت حتی الامکان مستقیم و بدون پیچ و خم باشد.

۵- پر نمودن چاه ارت

ابتدا حدود ۲۰ لیتر محلول آب و نمک تهیه و کف چاه می ریزیم به طوری که تمام کف چاه را در برگیرد. بعد از ۲۴ ساعت، به ارتفاع ۲۰ سانتی متر از ته چاه را با خاک رس و یا خاک نرم پر می نماییم. به مقدار لازم (حدود ۴۵۰ کیلوگرم معادل ۱۵ کیسه ۳۰ کیلوگرمی) بنتونیت را با آب مخلوط کرده و به صورت دوغاب در می آوریم و مخلوط حاصل را به ارتفاع ۲۰ سانتی متر از کف چاه می ریزیم هر چه مخلوط حاصل غلیظ تر باشد کیفیت کار بهتر خواهد بود.

صفحه مسی را به طور عمودی در مرکز چاه قرار می دهیم. اطراف صفحه مسی را با دوغاب تهیه شده تا بالای صفحه پر می نماییم. لوله پلیکای سوراخ شده را به طور مورب در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می دهیم و داخل لوله پلیکا را شن

می‌ریزیم تا ۵۰ سانتیمتر از انتهای لوله پر شود. این لوله برای تأمین رطوبت ته چاه می‌باشد و در فصول گرم سال تزریق آب از این لوله بیشتر انجام می‌گردد. لازم به ذکر است در مواردی که چاه ارت در باغچه حفر شده باشد و یا ته چاه به رطوبت رسیده باشد و یا کلا در جاهایی که رطوبت ته چاه از بالای چاه یا از پایین چاه تأمین می‌گردد نیازی به قرار دادن لوله نیست.

بعد از قراردادن لوله پلیکا به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از بالای صفحه مسی را با دوغاب آماد شده پر می‌نماییم. بقیه چاه را هم تا ۱۰ سانتیمتر بر سر چاه مانده، با خاک معمولی همراه با ماسه یا خاک سرند شده کشاورزی پر می‌نماییم و ۱۰ سانتیمتر از چاه را برای نفوذ آب باران و آب‌های سطحی به داخل چاه با شن و سنگریزه پر می‌نماییم. روی چاه مخصوصا در مواقعی که از لوله پلیکا استفاده نمی‌گردد نباید آسفالت، سنگ، سرامیک و غیره پوشانده گردد.

۶- نصب شینه و میله برق‌گیر

شینه داخل ساختمان باید توسط مقرهایی از دیوار ساختمان ایزوله گردد. قطر و طول شینه بستگی به تعداد انشعابات داخل ساختمان دارد (تمامی تجهیزات داخل ساختمان بایستی به‌طور جداگانه و موازی به این شینه متصل گردد). در حالتی که دکل روی ساختمان قرار داشته باشد سیم میله برق‌گیر نبایستی از داخل ساختمان برده شود بلکه باید خارج از ساختمان سیم کشیده شود و همین‌طور مسیر عبوری سیم ارت به داخل ساختمان تا شینه ورودی ساختمان باید عایق دار باشد. در پای دکل توسط بست، سیم میله برق‌گیر به یکی از پایه‌های دکل خیلی محکم متصل شود و تا بالای دکل به میله برق‌گیر متصل گردد. لازم به ذکر است مسیر میله برق‌گیر از کابل‌هایی که به آنتن‌ها می‌روند باید جدا باشد.

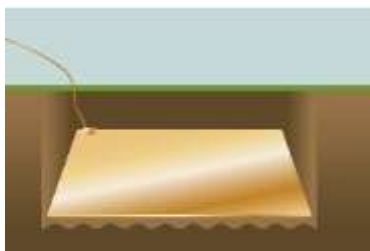


شکل (۶-۲) یک نوع سیم میله برق‌گیر در خارج از ساختمان



۴-۶- اجرای ارت به روش سطحی

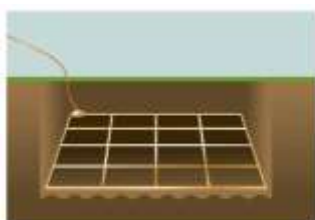
- در این روش سیستم ارت در سطح زمین (برای مناطقی که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد) و یا در عمق حدود ۸۰ سانتیمتر اجرا می‌گردد.
- در مکان‌هایی از روش سطحی برای اجرای ارت استفاده می‌شود که:
- ۱- فضای لازم و امکان حفاری در اطراف سایت وجود داشته باشد.
 - ۲- ارتفاع از سطح دریا پایین باشد مانند شهرهای شمالی و جنوبی کشور.
 - ۳- پستی و بلندی محوطه سایت کم باشد.
 - ۴- فاصله بین دکل و سایت زیاد باشد.



شکل (۴-۶) اجرای ارت به روش سطحی

روش‌های مختلفی برای اجرای زمین سطحی وجود دارد که هر کدام در جای خود و با روش مخصوص به خود اجرا می‌شود. روش‌های اجرای ارت به روش سطحی عبارت‌اند از:

- ۱- ROD - ۲- RING - ۳- پنجه‌ای (شعاعی) - ۴- مختلط - ۵- حلزونی
- ۶- الکتروشیمیایی - ۷- شبکه‌ای

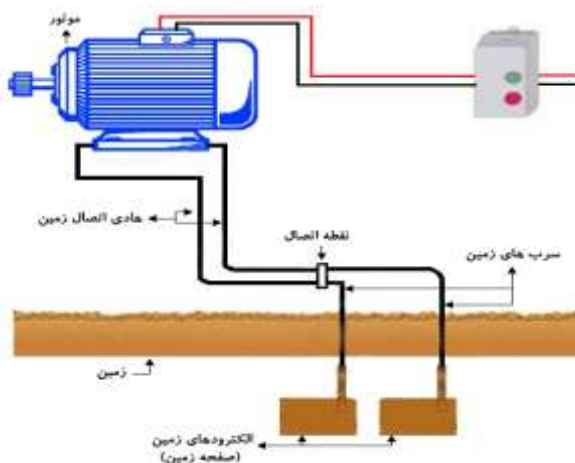


شکل (۵-۶) اجرای ارت سطحی به روش میله‌ای و شبکه‌ای

۶-۵- نکات عمومی و مهم در خصوص سیستم‌های ارت

- ۱- کلیه اتصالات با مفتول برنج یا نقره جوشکاری گردد. سطح جوش باید CM6 باشد.
 - ۲- از هر پایه دکل‌های خود ایستا توسط سیم مسی و بست مخصوص به سیستم ارت و هم پای خود دکل به سیستم ارت جوشکاری گردد.
 - ۳- میله برق‌گیر روی دکل در بالاترین نقطه دکل، به‌طوری‌که تجهیزات را کاملاً پوشش دهد، قرار می‌گیرد و جنس آن مس به قطر ۱۶ mm و طول آن بستگی به ارتفاع نصب آنتن‌های روی دکل دارد.
 - ۴- به هیچ عنوان در روی دکل، جوشکاری صورت نگیرد.
 - ۵- اتصال از شبکه زمین سیستم اجرا شده به تانکرهای سوخت، تانکر آب هوایی، اسکلت فلزی ساختمان و در و پنجره‌های اتاق صورت گیرد.
 - ۶- اگر سیستمی از قبل اجرا شده باشد، سیستم قدیم به جدید در عمق خاک متصل گردند.
 - ۷- سیم ارت در روی زمین باید با روکش و سیم داخل کانال‌ها باید بدون روکش و مستقیم کشیده شود.
 - ۸- پرکردن کانال باید با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم انجام گردد.
 - ۹- از هر دستگاهی جداگانه سیم ارتی به شینه متصل گردد (قطر و طول شینه زمین بستگی به تعداد انشعابات آن دارد).
 - ۱۰- جهت استفاده ترانس برق شهر در ایستگاه‌های مخابرات بایستی زمین جداگانه اجرا گردد.
 - ۱۱- مقاومت زمین بستگی به مقاومت ویژه خاک دارد. نمک، زغال و رطوبت در هدایت الکتریکی زمین تأثیر به سزایی دارد. با توجه به استاندارد IEEE، مقاومت بین زمین و هادی اتصال زمین نباید از 1Ω افزایش یابد. به عبارت ساده، مقاومت سیم زمین باید کمتر از ۱ اهم باشد.
- همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود برای افزایش ضریب ایمنی، از دو صفحه مسی و سیم مسی برای اتصال بدنه فلزی دستگاه به زمین

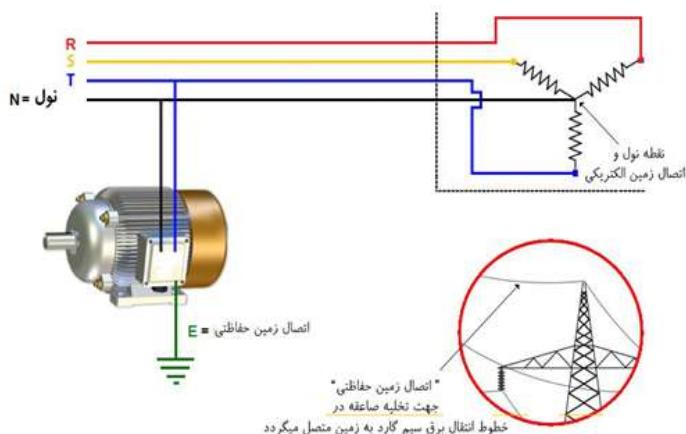
استفاده می‌شود. این دو مسیر موازی جهت حمل جریان خطا و نشتی استفاده می‌شود و ایمنی مدار را بیشتر می‌کند.



شکل (۶-۶) استفاده از دو سیم اتصال بدنه برای ایمنی بیشتر

۶-۶- تفاوت بین نول، زمین حفاظتی و زمین الکتریکی

برای درک تفاوت بین نول، زمین حفاظتی و زمین الکتریکی ابتدا به شکل زیر توجه کنید.



شکل (۶-۷) تفاوت بین نول، زمین حفاظتی و زمین الکتریکی

۶-۶-۱- نول

برای اینکه مدار یک وسیله برقی کامل شود، علاوه بر فاز نیاز به سیم دیگری داریم که برق را از وسیله به مولد (نیروگاه) برگرداند که به این سیم، نول می‌گویند. در حقیقت سیم نول، سیمی است که جریان خروجی از وسیله را به مولد برمی‌گرداند.

۶-۶-۲- زمین حفاظتی

اتصال بدنه فلزی دستگاه‌ها به زمین برای جلوگیری از ایجاد هرگونه برق‌گرفتی و آتش‌سوزی را زمین حفاظتی می‌گویند. در این نوع اتصال کلیه بدنه‌های فلزی دستگاه‌ها به زمین متصل می‌شوند تا هیچ‌گونه اختلاف پتانسیلی بین بدنه فلزی دستگاه با زمین ایجاد نشود و در صورت اتصال یکی از فازها به بدنه جریانی در مدار برقرار شود که باعث قطع رله‌های حفاظتی یا فیوز می‌گردد.

۶-۶-۳- زمین الکتریکی^۱

زمین کردن نقطه‌ای از دستگاه‌های الکتریکی و تجهیزات برقی که قسمتی از مدار الکتریکی می‌باشد را زمین الکتریکی می‌گویند. برای مثال در سیستم‌های توزیع فشار ضعیف و نیز در نیروگاه‌های تولید برق نقطه خنثی ستاره ترانسفورماتورها و ژنراتورها به زمین متصل می‌شود.

۶-۶-۷- انواع سیستم‌های نیرو از نظر اتصال به زمین

حرف اول از سمت چپ مشخص کننده نوع رابطه سیستم برقی (نیرو) با زمین است. مفهوم حروف اختصاری بکار رفته در سیستم‌های توزیع نیرو به شرح زیر می‌باشد:

T: یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین وصل است (معمولاً نقطه خنثی)

I: قسمت‌های برق‌دار سیستم نسبت به زمین عایق هستند و با یک نقطه از سیستم از طریق امپدانسی به زمین وصل است.

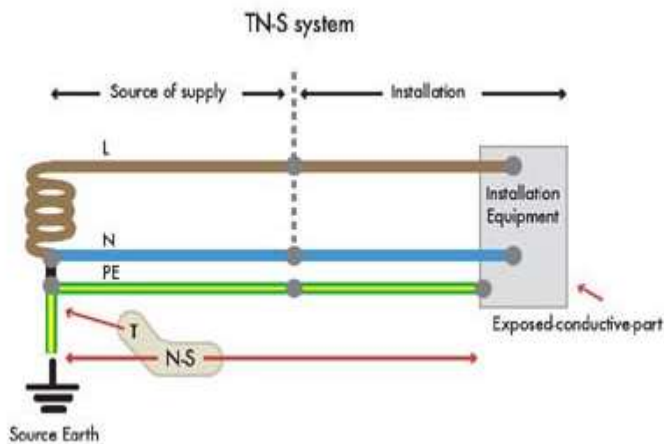
T: بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی به‌طور مستقیم و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل‌اند.

N: بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً در نقطه زمین شده سیستم نیرو وصل می‌شوند.

S: در سرتاسر سیستم بدنه‌های هادی از طریق یک هادی مجزا به نقطه خنثی N در مبدأ سیستم وصل‌اند.

۶-۷-۱- سیستم نیروی نوع TN-S

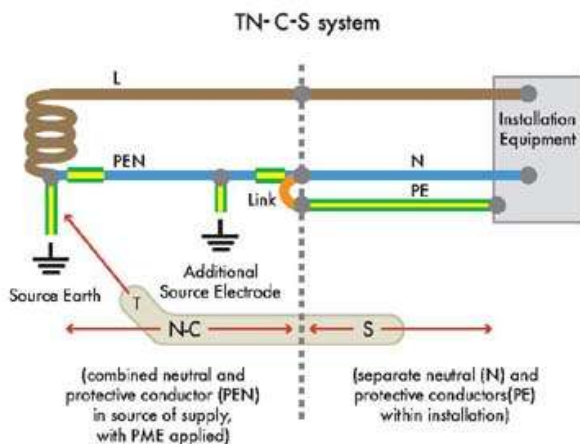
در این سیستم یک نقطه مستقیماً به زمین وصل شده و بدنه هادی تأسیسات الکتریکی از طریق هادی‌های حفاظتی (ارت) به آن نقطه وصل می‌گردند. در این سیستم، هادی‌های خنثی و حفاظتی در تمام سیستم مجزا می‌باشند یعنی نول و ارت مجزا از هم هستند.



شکل (۶-۸) سیستم نیروی نوع TN-S

۲-۷-۶- سیستم نیرو نوع TN-C-S

در این سیستم هادی‌های خنثی (نول) و حفاظتی (ارت) در قسمتی از تأسیسات توأم می‌باشند. یعنی قسمتی از سیستم، از مبدأ تا نقطه تفکیک، هادی توأم حفاظتی - خنثی PEN دارند و از آن به بعد دو هادی حفاظتی PE و خنثی N از هم جدا می‌شوند.



شکل (۹-۶) سیستم نیرو نوع TN-C-S

۳-۷-۶- سیستم نیروی نوع TN-C

در این سیستم هادی‌های خنثی (نول) و حفاظتی (ارت) در تمام سیستم توأم می‌باشند و به‌عنوان هادی PEN مشخص می‌گردند. از سه گونه‌ای که برای سیستم TN ذکر شد سیستم TN-C-S متداول‌ترین آن‌ها می‌باشد.

فصل هفتم: اندازه‌گیری توان و اصلاح ضریب قدرت

۷-۱- اندازه‌گیری توان

برای اندازه‌گیری توان در مصرف‌کننده‌های DC الزاما به دستگاه خاصی نیاز نیست، بلکه با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مصرف‌کننده و با استفاده از رابطه $P=V \times I$ ، می‌توان مقدار توان را محاسبه کرد. در حالت کلی اگر دو مقدار از سه پارامتر ولتاژ، جریان و مقاومت مصرف‌کننده را داشته باشیم مقدار توان قابل محاسبه است؛ اما در مدارات AC مقدار توان علاوه بر مقدار ولتاژ و جریان به زاویه بین آن‌ها نیز بستگی دارد.

به‌طور کلی در مدارات AC سه نوع توان وجود دارد:

توان حقیقی - توان اکتیو (وات (W) - وات‌متر):

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

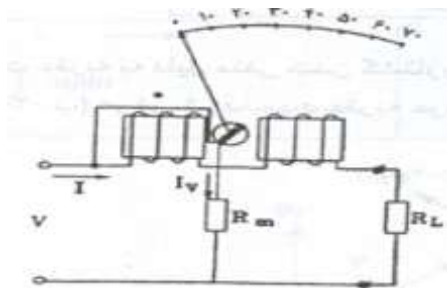
توان غیرحقیقی - توان راکتیو (وار (VAR) - وارمتر):

$$P = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

توان ظاهری (ولت‌آمپر (V.A):

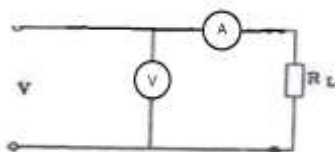
$$P = V \cdot I$$

برای اندازه‌گیری توان حقیقی از دستگاه اندازه‌گیری الکترودینامیکی استفاده می‌شود؛ بنابراین مطابق شکل ۷-۱، سیم‌پیچ ثابت به‌طور سری با بار قرار گرفته و جریان از آن عبور می‌کند و سیم‌پیچ متحرک سری با یک مقاومت به‌طور موازی با بار قرار گرفته و مقدار ولتاژ را اندازه می‌گیرد.



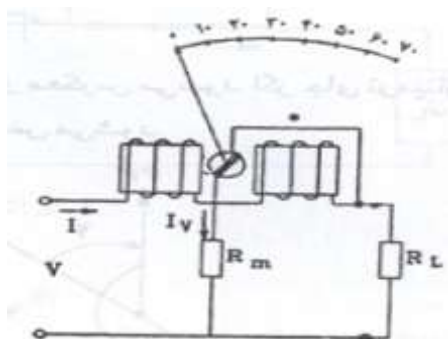
شکل (۷-۱) دستگاه اندازه‌گیری الکترودینامیکی

در این مدار ابتدا سیم‌پیچ ولتاژ قرار دارد و بعد سیم‌پیچ جریان به کار گرفته شده است؛ بنابراین شکل مدار به‌صورت زیر هست:



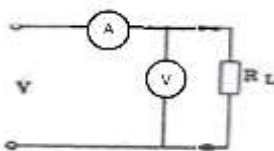
شکل (۷-۲) ترتیب قرار گرفتن سیم‌پیچ ولتاژ و جریان

بنابراین در این مدار آمپر متر جریان واقعی مدار را اندازه می‌گیرد اما ولت متر مجموع افت ولتاژ دو سر آمپر متر و بار را اندازه می‌گیرد. لذا اگر جریان بار کم باشد، افت ولتاژ روی آمپر متر ناچیز بوده و خطای اندازه‌گیری کم می‌باشد. چنانچه جریان بار زیاد باشد برای آن که خطای اندازه‌گیری کم شود مطابق شکل ۷-۳ ابتدا سیم‌پیچ جریان را قرار داده و بعد سیم‌پیچ ولتاژ را قرار می‌دهیم.



شکل (۳-۷) قرار گرفتن سیم‌پیچ جریان قبل از سیم‌پیچ ولتاژ

در این مدار ولت‌متر ولتاژ دو سر بار را اندازه می‌گیرد ولی آمپر متر مجموع جریان‌های ولت‌متر و بار را اندازه می‌گیرد. لذا اگر جریان بار زیاد باشد از جریان ولت‌متر می‌توان صرف‌نظر کرد؛ یعنی خطای اندازه‌گیری ناچیز هست.



شکل (۴-۷) ترتیب قرار گرفتن سیم‌پیچ ولتاژ و جریان

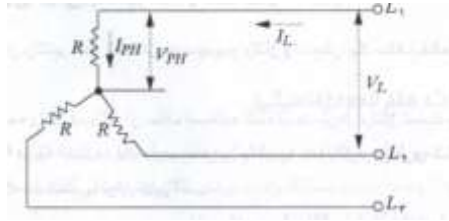
۷-۲- اندازه‌گیری توان راکتیو

برای اندازه‌گیری توان راکتیو از دستگاه اندازه‌گیری الکترو دینامیکی استفاده می‌شود که با سیم‌پیچ ولتاژ یک سلف سری شده است. وجود المان سلف باعث ایجاد ۹۰ درجه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان شده و به این صورت $\cos \phi$ به $\sin \phi$ تبدیل می‌شود. در دستگاه وارمتر نیز برحسب آن که جریان بار کم یا زیاد باشد برای حالت اول، ابتدا سیم‌پیچ ولتاژ و بعد سیم‌پیچ جریان قرار می‌گیرد و برای حالت دوم، ابتدا سیم‌پیچ جریان و بعد سیم‌پیچ ولتاژ قرار می‌گیرد تا خطای اندازه‌گیری کم شود.

۷-۳- اندازہ گیری توان در مدارات سه فاز

در مدارات سه فاز، بار به دو صورت ستاره و مثلث می تواند بسته شود. رابطه بین ولتاژ و جریان خط و فاز در دو حالت فوق به صورت زیر می باشد:

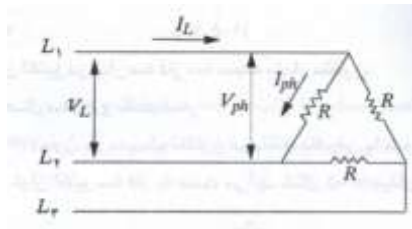
۷-۳-۱- ستاره (سیستم سه فاز چهار سیمه)



شکل (۷-۵) مدار ستاره

$$\begin{cases} V_L = \sqrt{3} V_{ph} \\ I_L = I_{ph} \end{cases}$$

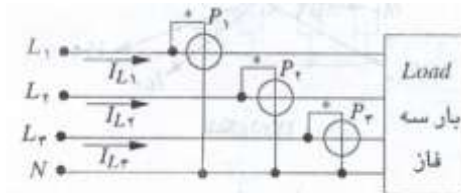
۷-۳-۲- مثلث (سیستم سه فاز سه سیمه)



شکل (۷-۶) مدار مثلث

$$\begin{cases} V_L = V_{ph} \\ I_L = \sqrt{3} I_{ph} \end{cases}$$

۷-۳-۳- اندازہ گیری توان در مدارات سه فاز چهار سیمه



شکل (۷-۷) اندازہ گیری توان در مدارات سه فاز چهار سیمه

در صورتی که مصرف‌کننده سه فاز چهار سیمه دارای بار متقارن باشد (چون ولتاژها باهم برابر هستند لازم است جریان‌ها نیز باهم برابر باشند). در این صورت مطابق شکل فوق می‌توان یک وات‌متر تک فاز را روی یکی از فازها قرار داده و توان اندازه‌گیری شده توسط آن فاز را در سه ضرب کرد تا توان سه فاز به دست آید.

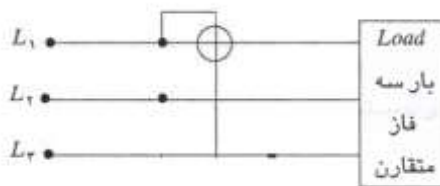
اما چنانچه مصرف‌کننده سه فاز نامتقارن باشد ولی توان هر فاز مقدار ثابت را داشته باشد، می‌توان با استفاده از یک وات‌متر تک فاز توان هر کدام از فازها را به‌طور جداگانه اندازه‌گیری نمود و سپس این سه توان را باهم جمع کرد تا توان مصرف‌کننده سه فاز به دست آید.

حالت سوم زمانی است که بار سه فاز نامتقارن متغیر با زمان باشد که در این حالت لازم است از یک وات‌متر سه فاز که دارای سه سیم‌پیچ جریان می‌باشد استفاده کرد و مقدار توان مصرفی در هر لحظه از زمان را به دست آورد.

۷-۳-۴- اندازه‌گیری توان در مصرف‌کننده سه فاز سه سیمه

(روش آرون)

در این مدار دو رابطه زیر هم‌زمان برقرار هست:



شکل (۷-۸) اندازه‌گیری توان در مصرف‌کننده سه فاز سه سیمه

$$\begin{cases} P = V_R I_R + V_S I_S + V_T I_T \\ I_R + I_S + I_T = 0 \end{cases}$$

$$-I_R - I_S = I_T$$

$$P = V_R I_R + V_S I_S - V_T I_R - V_T I_S$$

$$P = I_R (V_R - V_T) + I_S (V_S - V_T)$$

$$P_0 = I_R V_{RT} + I_S V_{ST}$$

رابطه فوق طریقه قرار گرفتن وات متر سه فاز آرون را در مدار مشخص می کند. یکی از سیم پیچ های جریان، جریان خط R را اندازه گیری نموده و سیم پیچ ولتاژ آن ولتاژ بین R و T را اندازه می گیرد. سیم پیچ جریان دوم، جریان خط S را اندازه گیری نموده و سیم پیچ ولتاژ آن مقدار ولتاژ بین S و T را اندازه گیری می کند.

۷-۴- اندازه گیری ضریب قدرت ($\cos\phi$ متر)

دستگاه اندازه گیری $\cos\phi$ متر مقدار $\cos$ زاویه بین ولتاژ و جریان مصرف کننده را مشخص می کند. $\cos\phi$ را ضریب قدرت یا ضریب توان مدار نیز می نامند. دستگاه اندازه گیری $\cos\phi$ متر از نوع دستگاه اندازه گیری فرودینامیکی یا الکترو دینامیکی می باشد و دارای یک سیم پیچ ولتاژ و یک سیم پیچ جریان است سیم پیچ جریان به طور سری با مصرف کننده قرار گرفته و سیم پیچ ولتاژ به طور موازی با بار بسته می شود. گشتاور محرک ایجاد شده متناسب است با $\cos$ زاویه بین ولتاژ و جریان.

در دستگاه های اندازه گیری وات متر، وارمتر، $\cos\phi$ متر و غیره که دارای چهار سر می باشند، دو سر ورودی آن ها مربوط به سیم پیچ ولتاژ بوده و دو سر دیگر مربوط به سیم پیچ جریان است. سیم پیچ ولتاژ دارای دور زیاد، قطر کم و مقاومت زیاد (بیشتر از یک کیلو اهم) بوده و با بار به طور موازی بسته می شود؛ اما سیم پیچ جریان دارای دور کم، قطر زیاد و مقاومت کم بوده (حدود یک اهم) و با مصرف کننده به طور سری قرار می گیرد. بین سیم پیچ ولتاژ و جریان مقاومت بی نهایت وجود دارد؛ بنابراین با در دست داشتن یک اهم سنج می توان سیم پیچ ولتاژ و جریان را مشخص نمود.

از نظر این که سیم پیچ ولتاژ اول قرار می گیرد یا سیم پیچ جریان، بستگی به جریان بار دارد. اگر جریان بار کم باشد برای آن که خطا در اندازه گیری کم شود، ابتدا سیم پیچ ولتاژ و بعد سیم پیچ جریان قرار می گیرد. برای جریان زیاد عکس این حالت می باشد.

برای دستگاه های اندازه گیری که دارای دو سر می باشند یعنی یک سیم پیچ دارند، با اندازه گیری مقاومت آن ها می توان طریقه بسته شدن آن ها را در مدار مشخص کرد. اگر مقاومت آن کم باشد، به طور سری قرار گرفته و اگر مقاومت آن زیاد باشد، به طور موازی بسته می شود.

۷-۵- اصلاح ضریب قدرت

تنها بارهای اهمی، مصرف‌کننده انرژی الکتریکی هستند. امان‌های سلف و خازن انرژی الکتریکی را مصرف نمی‌کنند، بلکه در یک نیم سیکل، انرژی الکتریکی را از شبکه می‌گیرد و در نیم سیکل بعدی پس می‌دهند.

با توجه به آن که معمولاً مصرف‌کننده‌ها به‌ویژه مصرف‌کننده‌های صنعتی دارای خاصیت سلفی می‌باشند و وجود خاصیت سلفی در بار سبب می‌شود که جریان بار از ولتاژ آن عقب‌تر شده و در نتیجه زاویه بین ولتاژ و جریان زیاد شود. این امر باعث کاهش ضریب قدرت یعنی کاهش $\cos\phi$ می‌گردد. با توجه به آن که در توان حقیقی بار یعنی P ثابت است، لذا با ثابت بودن ولتاژ مقدار جریان افزایش می‌یابد. افزایش خاصیت سلفی بار، باعث زیاده‌تر شدن جریان شده که این امر هم برای مصرف‌کننده مشکل دارد، زیرا باید هزینه بیشتری را پرداخت کرد و هم برای تولید و توزیع انرژی مشکل وجود دارد، زیرا باید مقدار تولید و قدرت توزیع انرژی الکتریکی را افزایش دهند.

برای رفع این مشکل می‌توان از عنصر خازن استفاده نمود تا خاصیت سلفی بار را جبران کند. عنصر خازن معمولاً در خروجی کنتور به‌طور موازی با شبکه قرار می‌گیرد. با افزایش خاصیت سلفی تعداد خازن‌هایی که به شبکه وصل می‌شود زیاده‌تر می‌شود. در ادامه روش محاسبه ظرفیت خازن لازم برای اصلاح ضریب قدرت مصرف‌کننده‌های تک فاز بررسی شده است.

$$Q_1 = VI_1 \sin \phi_1 \quad , \quad Q_2 = VI_2 \sin \phi_2$$

$$\tan \phi_1 = \frac{Q_1}{P} \quad , \quad \tan \phi_2 = \frac{Q_2}{P}$$

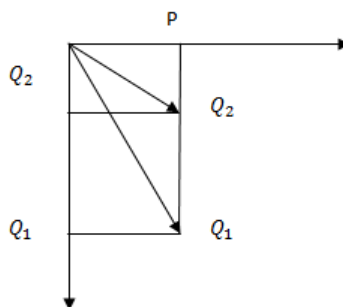
$$Q_1 = P \tan \phi_1 \quad , \quad Q_2 = P \tan \phi_2$$

توان راکتیو خازن مورد نیاز - Q_C :

$$Q_2 = P \tan \phi_1 - P \tan \phi_2$$

$$Q_C = VI_C = V \frac{V}{X_C} = \frac{V^2}{\frac{1}{C\omega}} = C\omega V^2 \rightarrow$$

$$C = \frac{Q_C}{2\pi F V^2}$$



$$C = \frac{P \tan \phi_1 - P \tan \phi_2}{2\pi F V^2}$$

بنابراین با به کار بردن خازن‌های موازی می‌توان ضریب توان را اصلاح کرد. کار خازن‌های موازی تزریق کیلو وار به سیستم در نقطه نصب است. یک خازن موازی

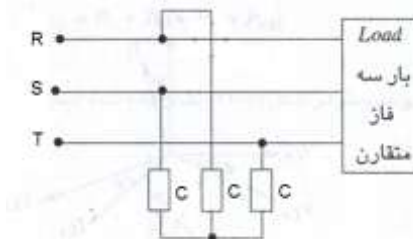
اثری مشابه به یک کندانسور سنکرون در حالت فوق تحریک دارد. با نصب خازن تولی کیلو وار، کیلو وار مصرفی بارهای سلفی (مثلا موتورهای اندکسیونی) تأمین می‌گردد. نصب خازن موازی در محل با دارای مزایای به شرح زیر است:

- ۱- کاهش مؤلفه راکتیو جریان مدار
 - ۲- افزایش سطح ولتاژ در محل بار
 - ۳- بهبود تنظیم ولتاژ اگر خازن به‌طور صحیح به مدار وارد و از آن خارج شود.
 - ۴- کاهش تلفات در سیستم به دلیل کاهش اندازه جریان
 - ۵- کاهش تلفات راکتیو در سیستم به خاطر کاهش اندازه جریان
 - ۶- افزایش ضریب قدرت ژنراتور منبع
 - ۷- کاهش بارگذاری روی ژنراتور منبع و روی فیدرهای مربوطه در نتیجه آزاد شدن ظرفیت برای رشد بار.
 - ۸- با افزایش ضریب توان قدرت تغذیه منبع بالا می‌رود.
 - ۹- با بالا رفتن قدرت تغذیه منبع، سرمایه‌گذاری برای تأمین واحدها و خطوط جدید به تعویق می‌افتد.
 - ۱۰- کاهش هزینه‌های پرداختی به سازمان برق.
- در مدارات سه فاز برای اصلاح ضریب قدرت، می‌توان خازن‌ها را به دو شکل ستاره یا مثلث به شبکه اتصال داد.

۷-۵-۱- خازن گذاری به‌صورت ستاره

در این حالت، V ولتاژ فاز بوده که برای برق شهر ۲۲۰ ولت هست.

$$C_{\lambda} = \frac{P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2}{2\pi F V^2}$$



شکل (۷-۹) خازن گذاری به‌صورت ستاره

۷-۵-۲- خازن گذاری به صورت مثلث

در این حالت، V ولتاژ خط هست که برای مصرف کننده سه فاز برق شهر ۳۸۰ ولت می باشد.

$$C_{\Delta} = \frac{P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2}{3 \times 2\pi F V^2}$$

نگامی که اتصال خازن ها به شکل مثلث باشد ظرفیت خازن مورد نیاز $1/3$ حالت ستاره می باشد؛ اما در حالت ستاره ولتاژی که دو سر خازن ها قرار می گیرد، ولتاژ فاز است ولی در حالت مثلث ولتاژ دو سر خازن ها ولتاژ خط می باشد.

۷-۶- اندازه گیری انرژی

۷-۶-۱- کنتور تک فاز

این دستگاه اندازه گیری، انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت نشان می دهد. اساس کار دستگاه اندازه گیری، دستگاه اندازه گیری الکترو دینامیکی می باشد که دارای یک سیم پیچ جریان بوده که با مصرف کننده به صورت سری قرار می گیرد و یک سیم پیچ ولتاژ که به صورت موازی بسته می شود.

در این دستگاه گشتاور مقاوم وجود ندارد و محور به صفحه دوار اتصال داده شده است. در دستگاه کنتور از آهنربای دائم برای ایجاد گشتاور ترمزی استفاده می شود. صفحه دوار در داخل شکاف آهنربا قرار دارد. در نتیجه با قطع جریان، صفحه دوار بلافاصله متوقف می شود. روی محور دستگاه، مارپیچ حلزون شکلی وجود دارد که از طریق چرخ دنده ها حرکت محور را به شماره انداز (نمراتور) منتقل می کند.

برای آزمودن کنتور معمولاً عددی روی کنتور نوشته شده است که برای نمایش یک کیلووات ساعت مشخص شده است. این عدد بسته به نسبت تبدیل چرخ دنده ها در کنتورهای مختلف، ممکن است متفاوت باشد. با استفاده از این عدد، ثابت کنتور را به دست می آوریم.

به عنوان مثال اگر روی کنتوری نوشته شده باشد:

750 : 1kw دور

$$750 \rightarrow 1 \times 1000 \times 3600$$

$$1 \rightarrow C_n = 4800 \text{ دور}$$

$$C_n = V \times I \times t$$

زمان یک دور صفحه مدور بر حسب ثانیه : t

بنابراین با اندازه گیری ولتاژ و جریان خروجی کنتور و همچنین زمان یک دور محور بر حسب ثانیه مقدار C_n به دست می آید. اگر این عدد با مقدار نامی آن اختلاف داشته باشد، کنتور دارای خطا می باشد.

برای تنظیم کنتور معمولاً دو پیچ تنظیم روی گشتاور ترمزی وجود دارد که یکی تغییر دهنده شکاف آهنربا و دیگری تغییر دهنده سطح صفحه داخل شکاف است. پیچ تنظیم دیگری نیز روی گشتاور محرک وجود دارد ولی از طریق شرکت توزیع برق پلمب شده و مشترکین مجاز به باز کردن آن نمی باشند.

در صورتی که مولتی متر در اختیار نباشد می توان با یک تقریب مناسب آن را تست نمود. بدین منظور همه مصرف کننده ها را قطع کرده و مثلاً یک لامپ رشته ای ۱۰۰ وات را روشن می کنیم که مقدار $V \times I$ آن برابر ۱۰۰ وات می شود. حال با اندازه گیری زمان ۱ ولت، ثابت کنتور را به دست می آوریم.

۷-۶-۲- کنتور سه فاز اکتیو

کنتور سه فاز دارای سه سیم پیچ جریان هست که با هر فاز به طور سری قرار می گیرد. گشتاور محرک فرآیند ناشی از سه فاز باعث چرخش محور مشترک که صفحه دوار به آن متصل است، می گردد. حرکت محور توسط مارپیچ حلزونی و چرخ دنده ها به شماره انداز منتقل می شود. مقدار انرژی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت نشان داده می شود.

برای آزمون کنتور سه فاز، روی صفحه آن عددی نوشته شده است که تعداد دور لازم محور برای نمایش یک کیلووات ساعت مشخص شده است؛ مانند کنتور تک فاز با داشتن این عدد ثابت مقدار ثابت یک دور صفحه مدور را به دست می آوریم.

$$C_n = (V_R I_R + V_S I_S + V_T I_T) \times t$$

چنانچه مولتی متر در اختیار نباشد، می‌توان با قطع کردن مصرف‌کننده و اتصال یک لامپ ۱۰۰ وات به هر فاز، با اندازه‌گیری یک دور برحسب ثانیه، ثابت کنتور را محاسبه کرد.

۷-۶-۳- کنتور سه فاز راکتیو

در مصرف‌کننده‌هایی که بین ولتاژ و جریان آن‌ها اختلاف فاز وجود دارد توان دارای دو مقدار مثبت و منفی است. به این معنی که مصرف‌کننده گاهی از شبکه توان می‌کشد و گاهی به شبکه توان می‌دهد. این موضوع سبب ایجاد توان راکتیو می‌شود که برحسب کیلو وار ساعت بیان می‌شود؛ بنابراین از روی واحد انرژی مصرفی کنتور سه فاز، می‌توان نوع آن را مشخص کرد.

در محیط‌های صنعتی و مصرف‌کننده‌های بالا، شرکت برق آن‌ها را ملزم به استفاده از کنتور راکتیو در کنار کنتور اکتیو می‌کند. این کنتور مقدار توان راکتیو ناشی از خاصیت سلفی بار را مشخص می‌کند که باید هزینه آن پرداخت گردد.

۷-۶-۴- کنتور سه فاز تعرفه دار

مصرف انرژی الکتریکی در ساعات شبانه‌روز یکسان نیست و اوج مصرف در نیمه اول شب و کمترین مقدار مصرف انرژی در نیمه دوم شب می‌باشد. در کارخانه‌ها از کنتورهای تعرفه دار استفاده می‌شود. در این کنتورها معمولاً سه شماره انداز وجود دارد. یکی از شماره اندازها در نیمه اول شب انرژی مصرفی را نشان می‌دهد. شماره‌انداز دوم انرژی مصرفی را در نیمه دوم شب و شماره انداز سوم میزان انرژی مصرفی را در طول روز تعیین می‌کند. لذا مصرف‌کننده‌های بزرگ برای آنکه هزینه برق مصرفی کمتری داشته باشند، تشویق می‌شوند تا مصرف‌کننده‌های با توان بالای خود را در نیمه دوم شب مورد استفاده قرار دهند.

۷-۶-۵- کنتور دیجیتالی

در کنتورهای مکانیکی تعیین میزان مصرف برق از طریق نمراتور کنتور و با کسر عدد فعلی از عدد قبلی به دست می‌آید. بهای آن را مطابق با یک نرخ محاسبه و به مشترکین اعلام می‌کنند.

به‌طور مثال اگر مشترک در ۲۴ ساعت شبانه‌روز ۲۰ کیلووات ساعت برق مصرف کند (با فرض هر کیلووات ساعت ۲۰ ریال) مبلغ $20 \times 20 = 400$ ریال می‌شود.

در کنتور دیجیتالی سه تعرفه‌ای، ۲۴ ساعت شبانه‌روز به سه بازه زمانی شامل ساعات میان باری (روز)، ساعات اوج بار (اول شب) و ساعات کم باری (آخر شب) تقسیم شده و نرخ هرکدام متفاوت و به ترتیب با ضرایب ۱، ۲/۵، ۰/۲۵ نسبت به نرخ ساعات میان باری محاسبه می‌شود.

به‌طور مثال اگر یک مشترک در ۲۴ ساعت شبانه‌روز ۲۰ کیلووات ساعت برق مصرف کند و دارای کنتور دیجیتالی باشد، کنتور مصرف برق را به سه بخش تقسیم می‌کند.

مصرف ساعات میان باری (روز) = ۱۰ کیلووات ساعت

مصرف ساعات اوج بار (اول شب) = ۳ کیلووات ساعت

مصرف ساعات کم باری (آخر شب) = ۷ کیلووات ساعت

که بهای برق مصرفی این مشترک از رابطه زیر به دست می‌آید:

ضریب $\times$ نرخ $\times$ مصرف = بهای برق مصرفی با کنتور دیجیتال

$$\text{ریال } 385 = (10 \times 20 \times 1) + (3 \times 20 \times 2/5) + (7 \times 20 \times 0/25)$$

از مزایای کنتور دیجیتالی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

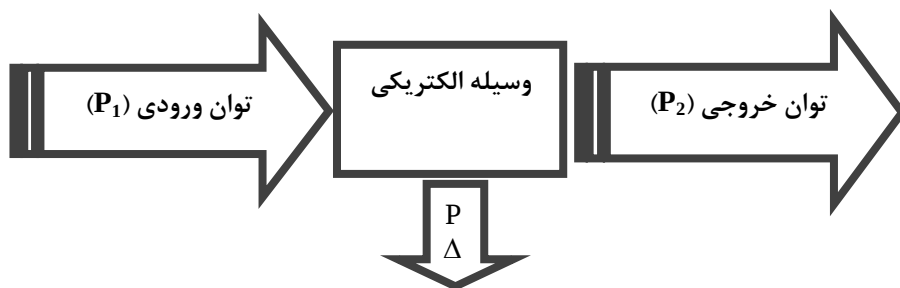
- ۱- مشترک هر لحظه می‌تواند در جریان میزان مصرف برق خود قرار گیرند.
- ۲- کنترل مصرف و مدیریت مصرف به راحتی صورت می‌پذیرد در نتیجه کاهش برق مصرفی را به دنبال دارد.
- ۳- دیجیتالی شدن سیستم و کاهش خطاهای انسانی.
- ۴- مشخص کردن مصرف برق در ساعات مختلف شبانه‌روز برای احتساب تعرفه‌ها.

۷-۶ - ضریب بهره (راندمان) الکتریکی

طبق اصل بقای انرژی، انرژی هیچ‌گاه از بین نمی‌رود و فقط از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌شود. در هنگام تبدیل انرژی به یکدیگر، مقداری از انرژی به مصرف مفید نمی‌رسد و به نوعی دیگر از انرژی تبدیل می‌شود که موردنظر ما نیست. این انرژی را انرژی تلف‌شده می‌نامند.

به‌عنوان مثال در یک موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود بخشی از انرژی الکتریکی موتور به‌صورت اصطکاک قسمت‌های مکانیکی گردنده، حرارت در سیم‌های حامل جریان و حرارت در سیم‌پیچی و هسته تلف می‌شود.

با توجه به توضیحات می‌توان نتیجه گرفت که انرژی یا توان داده شده به هر وسیله الکتریکی از انرژی یا توان دریافت شده از آن بیشتر است. از طرف دیگر مقدار توان تلف شده در همه دستگاه‌ها یکسان نیست. لذا لازم است تا با عاملی میزان کارایی هر وسیله الکتریکی را بیان کنیم که معمولاً از اصطلاح کارایی یا راندمان استفاده می‌شود. نمودار زیر وضعیت مصرف‌کننده‌ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می‌دهد.



به‌طور کلی نسبت توان گرفته‌شده (خروجی) به توان داده‌شده (ورودی) را بازده گویند. ضریب بهره که معرف راندمان است برحسب درصد بیان می‌شود. هرچقدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که کیفیت کاری دستگاه بهتر است.

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \times 100$$

مثال: مولدی با قدرت ۵ کیلووات حداکثر می‌تواند انرژی الکتریکی ۴۴ لامپ ۲۲۰ ولتی ۰/۵ آمپری را تأمین کند. راندمان آن چند درصد است؟

$$P = V.I = 220 \times 0.5 = 110 \text{ W}$$

$$P_2 = 44 \times P = 44 \times 110 = 4840 \text{ W}$$

$$P_1 = 5 \text{ KW} = 5000 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \times 100 = \frac{4840}{5000} \times 100 = \%96.8$$

فصل هشتم:

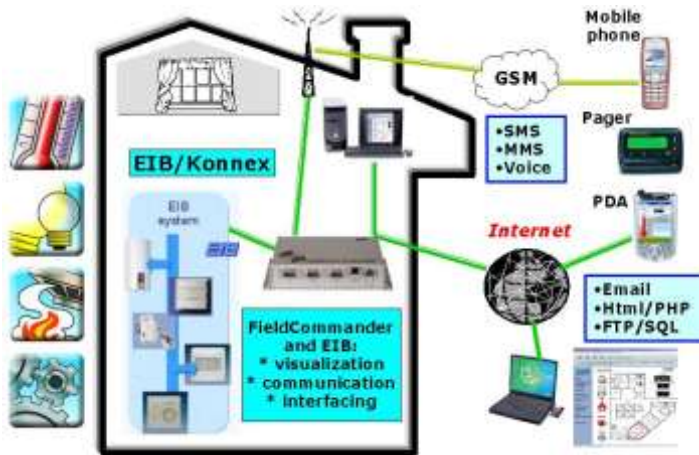
خانه هوشمند

۸-۱- خانه هوشمند

تفاوت اصلی خانه‌های هوشمند با خانه‌های معمولی در این است که همه وسایل در خانه‌های هوشمند به یکدیگر متصل هستند و با یک دستگاه مرکزی کنترل می‌شوند. سیستم مدیریت ساختمان یا BMS^۱ سیستمی است که به فعالیت‌ها و امور ساختمان‌ها نظارت کرده و در مواقع لازم با توجه به تغییرات شرایط محیطی، تغییرات لازم را به‌طور خودکار اعمال می‌نماید. این سیستم می‌تواند با توجه به کاربری ساختمان (مسکونی، اداری، تجاری، بیمارستان و ...) بر کلیه فعالیت‌های اعم از باز و بسته شدن درب، ورود و خروج افراد، سیستم‌های روشنایی، سیستم‌های تهویه مطبوع، پنجره و پرده اتاق‌ها، وسایل صوتی و تصویری و ... نظارت داشته باشد. ساختمانی که مجهز به سیستم مدیریت BMS باشد اصطلاحاً ساختمان هوشمند گویند. این سیستم به افراد ساکن این امکان را می‌دهد که از تجهیزات به‌طور کارآمدتری استفاده نموده و احساس امنیت و آسایش را در آن‌ها افزایش می‌دهد.

1 - Building Management System

همچنین می‌تواند موجب صرفه‌جویی انرژی نیز گردد. این ساختمان‌ها با استفاده از یکپارچه نمودن چهار عنصر اصلی سیستم‌ها، ساختار، سرویس و مدیریت و با برقراری ارتباط میان آن‌ها محیطی پویا و مقرون‌به‌صرفه به وجود می‌آورند.



شکل (۸-۱) قسمت‌های مختلف کنترل‌شده یک خانه هوشمند

۸-۲- تجهیزات قابل کنترل از طریق BMS

با استفاده از سیستم BMS می‌توان قسمت‌های مختلف یک ساختمان را کنترل نمود. در ادامه بعضی از مهم‌ترین و پراستفاده‌ترین آن‌ها بیان شده است.

۱- روشنایی

با استفاده از سیستم BMS می‌توان روشنایی بخش‌های مختلف ساختمان را هوشمند نمود. کنترل روشنایی شامل روشن و خاموش نمودن خودکار آن‌ها، تنظیم سطح نور، کاهش یا افزایش نور آن‌ها و همچنین تعیین و مشاهده وضعیت آن‌ها و امکان روشن و خاموش نمودن آن‌ها از راه دور و بیرون ساختمان می‌باشد.

۲- سیستم‌های حفاظتی و امنیتی

می‌توان سیستم‌های اعلام و اطفای حریق، ورود و خروج کارکنان، دوربین‌های مداربسته و نشتی آب و آب‌گرفتگی و حفاظت از برق‌گرفتگی را نیز به سیستم BMS متصل نموده و آن‌ها را کنترل نمود.

۳- درب، پنجره، پرده و سایبان

به وسیله سیستم BMS می توان این تجهیزات را کنترل و وضعیت آن ها را مشاهده نموده و فرمان های لازم در این خصوص را صادر نمود. حتی می توان با استفاده از حسگر اثر انگشت یا کارت مغناطیسی به ایمنی بیشتر آن کمک نمود.

۴- سیستم های سرمایشی و گرمایشی (تهویه مطبوع)

سیستم های سرمایشی و گرمایشی می تواند شامل تجهیزات مرکزی و تجهیزات محلی می باشند تجهیزات مرکزی که در موتورخانه واقع اند مانند چیلر، دیگ آبگرم، پمپ های سیستم، برج خنک کن و ... می باشد و تجهیزات محلی نیز مانند فن کوئل ها، کولر های پنجره ای و هواسازها می باشند. از طریق سیستم BMS می توان تجهیزات مرکزی را در زمان های مشخص و از راه دور روشن و خاموش نمود و همچنین با تغییرات شرایط محیطی تغییرات لازم مورد نیاز را اعمال نمود. همچنین این سیستم می تواند دمای اتاق ها را به صورت هوشمند کنترل نموده و در صورت عدم حضور افراد نسبت به خاموش نمودن تجهیزات اقدام نماید.

۵- سیستم های صوتی، تصویری و تجهیزات اداری

با استفاده از BMS می توان امکان استفاده از یک آرشیو مرکزی صوتی را انتخاب و یا جهت مراسم های مختلف حالت های از قبل تعریف شده را انتخاب و اجرا نمود و یا تجهیزات اداری را نیز از طریق این سیستم کنترل نمود.

۶- سیستم آیفون تصویری و ورود و خروج مراجعه کنندگان

در مورد ساختمان های اداری این سیستم می تواند ورود و خروج کلیه مهمانان را ثبت و حتی تصویر آن ها را ضبط کند و در ساختمان های مسکونی نیز امکان دریافت تصویر مراجعه کننده بر روی نمایشگر و در صورت عدم حضور ثبت تصویر به همراه زمان مراجعه وجود داشته و حتی در صورت وجود اینترنت امکان برقراری ارتباط با مهمان از راه دور را مهیا سازد.

۷- کنترل تأسیسات استخر، سونا و جکوزی

این سیستم می‌تواند به‌طور هوشمند تأسیسات استخر، سونا و جکوزی را روشن و خاموش نموده و دستگاه‌های تصفیه و دما را کنترل و سایر کنترل‌های لازم را انجام دهد.

۸- سیستم‌های ارتباطی

پشتیبانی خطوط تلفنی، پیام‌گیر، تلفن سانترال و ... نیز از ویژگی‌های این سیستم به‌شمار می‌رود.

۹- سیستم آبیاری

آبیاری گیاهان موجود در حیاط و یا داخل ساختمان را به‌طور خودکار طبق برنامه از پیش تعیین‌شده انجام شود.



شکل (۸-۲) تجهیزات قابل کنترل از طریق BMS

۸-۳- مزایای اجرای سیستم BMS در ساختمان

سیستم‌های مدیریتی ساختمان بیشتر در بحث صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها و مجتمع‌های بزرگ به کار می‌آیند که این میزان صرفه‌جویی در ساختمان‌های اداری تا بیش از ۴۰ درصد و در مجتمع‌های مسکونی تا حداکثر ۲۰ درصد می‌باشد. در این مبحث بیشتر تمرکز در کنترل تأسیسات مکانیکی ساختمان مانند سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی است. در سیستم BMS

سیستم‌های الکترونیکی منزل و سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی در اولویت قرار می‌گیرند. سپس سیستم‌های دیگری مانند کنترل آسانسورها، اطفای حریق، کنترل تردد و ... در این طبقه‌بندی جای می‌گیرند.

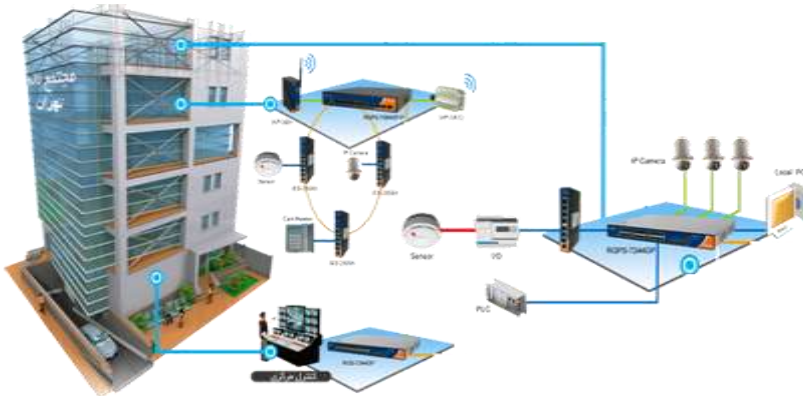
BMS به سه لایه مختلف تقسیم می‌شود. یکی از این لایه‌ها، لایه مدیریت است که از طریق آن ساختمان با استفاده از یک مرکز کنترل، مدیریت می‌شود. با استفاده از این لایه مدیریتی کلیه تأسیسات الکترونیکی و مکانیکی یک ساختمان قابل کنترل است. برای مثال می‌تواند یک چیلر یا هواساز را خاموش یا روشن کند. در لایه بعدی، سیستم اتوماسیون جای می‌گیرد. در این لایه برنامه‌ریزی سیستم‌ها و تجهیزات کنترلینگ قرار دارد. به این معنا که تجهیزات با ریزپردازنده‌هایی کنترل می‌شوند که با برنامه‌ریزی مشخصی کار کنند. در لایه بعدی که به آن FILED LEVEL گفته می‌شود سنسورها یا همان عملگرها قرار دارند که در برخی موارد با فرمان ما عمل می‌کنند. لازم به تأکید است که در حال حاضر در کلیه ساختمان‌های مهم و بزرگ خارج از کشور سیستم BMS اجرا می‌شود.

یکی دیگر از مهم‌ترین مزایای BMS زمان‌بندی است. به این معنا که شما می‌توانید در فواصل زمانی موردنظر خود تأسیسات و تجهیزات منزل را هدایت و کنترل کنید. به عبارت دیگر در این سیستم برنامه‌ریزی می‌کنیم که تجهیزات موردنظر ما در زمان‌های خاص چه عملی انجام دهند. برای مثال زمان‌بندی برای تنظیم دمای ساختمان در ساعات مختلف از جمله کارکردهای مهم این سیستم محسوب می‌شود. کم شدن هزینه‌های یک مجتمع یا ساختمان در نتیجه قابلیت زمان‌بندی در سیستم BMS از مهم‌ترین کاربردها و مزایای آن است.

مبحث دیگری که در این سیستم موردتوجه قرار دارد موضوع نگهداری تأسیسات است. این موضوع یکی از مباحث بسیار پرهزینه در ساختمان‌های بزرگ محسوب می‌شود. چراکه همواره در ساختمان‌ها و مجتمع‌های بزرگ افراد بسیار زیادی به‌صورت ۲۴ ساعته مسئول نگهداری از تأسیسات هستند؛ اما در سیستم BMS با حذف نیاز به این افراد، در هنگام بروز آسیب در تأسیسات از طریق سیستم اطلاع‌رسانی می‌شود و آن زمان است که حضور اپراتور یا تعمیرکننده تأسیسات

ضرورت می‌یابد؛ یعنی تا زمانی که آسیبی به وجود نیامده است دیگر نیازی به حضور دائم این افراد برای چک کردن و سرویس کردن تأسیسات نیست. نگهداری از تأسیسات برای ساختمان هزینه‌های زیادی در بردارد که در سیستم BMS این هزینه‌ها حذف می‌شود.

مبحث دیگر، مزیت ارزش‌افزوده در ساختمان‌های برخوردار از سیستم BMS است. طبیعتاً ساختمانی که بر روی آن سیستم BMS پیاده شود، نسبت به سایر خانه‌های معمولی ارزش‌افزوده بالاتری خواهد داشت و قیمت آن بالاتر خواهد بود. از مزایای دیگر مسائل امنیتی است. در این سیستم مثلاً می‌توان سیستم اعلام حریق را در نظر گرفت که با استفاده از آن به محض ایجاد حریق در ساختمان، تدابیر مربوط به اعلام آتش‌سوزی و اطفای حریق صورت می‌گیرد. با استفاده از این سیستم میزان خطا به صفر می‌رسد. همین تمهیدات امنیتی را می‌توان در زمان سرقت هم مورد استفاده قرار داد.



شکل (۸-۳) قسمت‌های امنیتی کنترل‌شده یک ساختمان هوشمند

۸-۴- انواع سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل ساختمان عموماً در دو دسته قرار می‌گیرند:

- ۱- کنترل مستقیم دیجیتالی یا DDCC^۱ که سیگنال‌های الکترونیکی را از طریق کامپیوتر دریافت کرده و با پردازش در کنترلرها برای کنترل مستقیم سیستم‌ها

1 - Direct Digital Controls

مورد استفاده قرار می‌دهند. پیش‌ازاین و در ساختمان‌های قدیمی به‌جای استفاده از سیگنال‌ها و تغذیه الکترونیکی، دمپرها و actuator ها را با هوای فشرده و روش پنوماتیکی کنترل می‌کردند.

۲- کنترل Stand alone: که در آن هر سیستم به‌طور مجزا و بدون اتصال به BAS دارای کنترل‌رهایی است که عموماً از پیچیدگی‌های زیادی برخوردارند و امکان اتصال آن‌ها از طریق پروتکل‌های استاندارد ارسال داده به مرکز کنترل یا سیستم BMS وجود ندارد. نظیر سیستم‌های کنترل پکیج‌های چیلر. سیستم‌های کنترل DDC مزایای زیادی نسبت به کنترل Stand-alone دارند که از آن جمله می‌توان به تولید فیدبک‌های بیشتر، امکان مانیتورینگ و ایجاد سیستم کنترل متمرکز و یکپارچه در سیستم‌های کنترل DDC اشاره نمود.

۸-۵- استانداردها و پروتکل‌های ارتباطی

دو نوع سیستم ارتباطی اصلی برای سیستم‌های DDC وجود دارد:

۱- پروتکل‌های اختصاصی که در صورت استفاده از آن‌ها تجهیزات در یک بخش خاص سیستم می‌توانند تنها با تجهیزات دیگری از همان برند اتصال پیدا کنند و امکان برقراری ارتباط ساده و مستقیم با تجهیزات تهیه‌شده از سایر برندها را ندارند. البته چنین سیستم‌های به‌سرعت در حال حذف شدن از بازار تجهیزات BMS هستند چرا که دست کاربران را برای توسعه سیستم می‌بندند؛ اما مزیت این سیستم در بحث پشتیبانی است. چراکه تنها یک کارخانه سازنده و یک برند مسئول عملکردها و خطاهای سیستم است.

۲- پروتکل‌های باز که در آن‌ها از پروتکل‌های ارتباطی شناخته‌شده استاندارد که عموماً در اسناد علمی منتشرشده‌اند، استفاده می‌شود که برای تمام تولیدکنندگان باز است. مزیت پروتکل باز و استاندارد BACnet آن است که می‌توان به اطمینان از عملکرد تجهیزات برندهای مختلف در کنار هم بر اساس استاندارد BACnet، ایجاد فضای رقابتی برای افزایش کیفیت و قابلیت‌های تجهیزات BMS و افزایش مسئولیت تولیدکنندگان در قبال اشکالات احتمالی تجهیزات و پشتیبانی فنی از آن‌ها را نام برد.

۸-۶- واسط کاربر وب^۱

جستجوگر وب به عنوان بخشی از نرم افزار BMS به کاربر اجازه می دهد تا به منابع اطلاعاتی دسترسی پیدا کرده و آن ها را از طریق اینترنت ببیند. این امر قابلیت های کاربران را برای مدیریت تجهیزات روی شبکه BAS ساختمان، به شدت افزایش داده است. شبکه کردن سیستم کنترل تجهیزات همچنین می تواند امکان ارتباط با سایر نرم افزارهای کامپیوتری را فراهم آورد. مثلاً می توان نرم افزار BMS را به سیستم های Online هواشناسی مرتبط نمود. با استفاده از این ابزار کلیه سیستم های تهویه، امنیت و روشنایی ساختمان ها می تواند توسط هر فرد یا گروه یا سازمانی از هر نقطه از دنیا مونیتر و یا کنترل شود. یکی از مزیت های اصلی واسط کاربر وب این است که باعث حذف کلیه واسط های کاربر سنتی برای مانیتور وضعیت تجهیزات می شود و کلیه تجهیزات از طریق وب قابل دیدن و ارتباط با یکدیگر می شوند.



شکل (۸-۴) BMS و اینترنت

۸-۷- معماری سیستم BMS

سیستم BMS معمولاً در سه سطح دسته بندی می شود. در سطح صفر وسایل و تجهیزات، حسگرها و اجزاء نهایی کنترل قرار می گیرند. سیستم های M&E (ایستگاه های مهندسی و اپراتوری سیستم) در این بخش قرار دارند و از طریق ورودی و خروجی هایی به کنترلرهای یکپارچه منتقل می شوند.

سطح دو یا سطح کنترل نظارتی، سطحی است که در آن ابزارهای نظارتی و مدیریت اطلاعات شامل سرورها، تجهیزات ذخیره‌سازی و ایستگاه‌های کاری اپراتورها و مهندسان که باید با سیستم BMS در ارتباط باشند، قرار دارد.

ارتباط بین سطح یک و دو از طریق پروتکل‌های استاندارد صنعتی انجام می‌پذیرد. نرم‌افزار کنترلی سیستم‌های BMS دارای قابلیت‌های بسیاری هستند. این نرم‌افزارها در سطح ۳ قرار گرفته و روی سرورهای مناسب نصب می‌شوند و معمولاً دارای حداقل شرایط زیر هستند:

- ۱- دارای محیط گرافیکی مناسب و ساده برای کاربر عادی.
- ۲- دارای مجموعه Library (کتابخانه) از انواع راه‌حل‌ها و برنامه‌ها جهت طراحی و توسعه سیستم در آینده.
- ۳- امکان تعریف طول و عرض جغرافیایی جهت تنظیم خودکار شرایط طلوع و غروب خورشید و کنترل مصرف انرژی.
- ۴- امکان تعریف لایه‌های امنیتی دسترس به برنامه توسط کاربران متفاوت.
- ۵- امکان ذخیره‌سازی اطلاعات نرم‌افزار در بانک‌های اطلاعاتی SQL قابل کنترل توسط سیستم‌عامل ویندوز.
- ۶- امکان تهیه، تنظیم و مقایسه نمودارهای مختلف عملیاتی از جمله نمودار مصرف برق و ... در بازه‌های مختلف زمانی.
- ۷- ارتباط ساده نرم‌افزار گرافیکی و I/O های سیستم.
- ۸- امکان ذخیره‌سازی اطلاعات مربوط به خطاها و دیگر گزارش‌ها تا مدت‌ها قبل.
- ۹- امکان ردیابی و پیگیری توپولوژی شبکه BACnet به‌طور Online بطوریکه در صورت قطعی عضوی از شبکه، سیستم به‌طور خودکار آلام می‌دهد.

فصل نهم:

سنسورها و کاربرد آنها

۹-۱- مقدمه

واژه سنسور از سنس یعنی حس کردن گرفته شده است. سنسور یعنی چیزی که می تواند احساس کند. در علم الکترونیک باید پدیده ها را به زبان ولتاژ و جریان تبدیل کرد. سنسورها هم برای همین منظور ساخته شده اند. سنسورها در انواع مختلف بسته به نیاز مورد استفاده، ساخته می شوند. به طور کلی سنسور المان حس کننده ای است که کمیت های فیزیکی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما و ... را اندازه گیری می کند و در دستگاه های اندازه گیری، دستگاه های کنترل آنالوگ و دیجیتال مانند PLC مورد استفاده قرار می گیرند. عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به دستگاه های مختلف باعث شده است که سنسور بخشی از اجزای جدا نشدنی دستگاه های کنترل باشد.

۹-۲- سنسور

خواستگاه اصلی سنسورها در علم الکترونیک بوده و امروزه اکثر دستگاه‌های الکترونیکی مجهز به انواع سنسور می‌باشد. همچنین وسایل کنترل کننده‌ای که به کمک دستگاه‌های الکترونیکی، کنترل یک مجموعه را عهده دارند اکثراً از انواع سنسور، بسته به نوع و کار دستگاه استفاده می‌کنند. سنسور را به سه بخش می‌توان تقسیم نمود:

- ۱- عنصر حس کننده: که سیگنال به صورتی در آن تغییری ایجاد می‌کند.
- ۲- عنصر تغییردهنده یا مبدل: که تغییر به وجود آمده در بخش قبلی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.

۳- بخش آماده‌سازی و پردازش سیگنال‌های الکتریکی.

توجه شود که یک سنسور مانند سنسورهای پیزو الکتریک یا سنسورهای نوری می‌تواند به‌تنهایی از یک بخش مبدل تشکیل گردد و بخش عنصر حس کننده را نداشته باشد.

مرحله آماده‌سازی سیگنال به‌عنوان مثال شامل تقویت کردن، فیلترسازی، تبدیل آنالوگ به دیجیتال یا مدارات تصحیح ساده می‌باشد. مدارات الکترونیکی اجراکننده مرحله آماده‌سازی سیگنال می‌تواند یا با سنسور به‌طور یکجا ساخته شود و یا از نظر مکانی از آن جدا باشند. در حالت اول ما از سنسورهای مجتمع صحبت می‌کنیم، در غیر این صورت سنسور و مدارات آماده کننده سیگنال، اغلب به نام سیستم سنسور موسوم هستند.

سنسورها را می‌توان همچنین به دو گروه فعال و غیرفعال تقسیم‌بندی کرد. سنسور فعال (خود مولد) سنسوری است که می‌تواند بدون احتیاج به تغذیه خارجی، سیگنال خروجی تولید کند. مثال‌هایی از این نوع عبارت‌اند از سلول‌های فتو ولتایی، ترموکوپل‌ها و قطعات پیزو الکتریک.

اغلب سنسورهای پسیو معمولی احتیاج به یک منبع انرژی خارجی دارند. این قطعات با ایجاد تغییر در ولتاژ و یا جریان یک منبع، کار می‌کنند. نوع دیگری از سنسورهای پسیو که اغلب اصلاح‌کننده نامیده می‌شوند دقیقاً همان نوع از انرژی را که در ورودی دریافت کرده‌اند در خروجی ارائه می‌دهند.

هم‌زمان با پیشرفت میکروپروسسورها نسل جدیدی از سنسورها رواج یافته که به سنسورهای هوشمند معروف شده‌اند. این نوع سیستم از یک سنسور مینیاتوری که همراه با یک پروسور در یک محفظه واحد مجتمع (آی‌سی)، تشکیل شده است.

معمولاً در کنار کلمه سنسور با واژه‌های زیر نیز در صنعت روبرو

هستیم:

- ۱- عنصر سنسور: قسمتی از سنسور را تشکیل می‌دهد. که عامل فیزیکی را حس کرده، ولی بدون کمک قسمت آماده‌سازی سیگنال قادر به انجام وظیفه نیست.
- ۲- سیستم سنسور: مجموعه‌ای از عناصر اندازه‌گیری تبدیل و آماده‌سازی سیگنال را یک سیستم سنسوری می‌نامند.
- ۳- سیستم مولتی سنسور: سیستم‌هایی که دارای چندین سنسور از یک نوع و یا از انواع مختلف می‌باشند سیستم مولتی سنسور می‌نامند.

۹-۳- سنسورهای باینری و آنالوگ

سنسورهای باینری مانند کلید قطع و وصل کار نموده و در صورت تحریک شدن سنسور که توسط عوامل فیزیکی صورت می‌گیرد، سیگنال وصل و یا قطع می‌گردد. در این نوع سنسورها فقط دو حالت صفر و یک وجود دارد. ولی در سنسورهای آنالوگ عوامل فیزیکی با توجه به شدت و تأثیر آن‌ها به سیگنال‌های آنالوگ ولتاژ و یا جریان تبدیل می‌شوند.

۹-۴- سوئیچ‌های بدون تماس

تحت این عنوان می‌توان سنسورهایی را طبقه‌بندی نمود، که وظیفه اصلی آن‌ها اعلام حضور یک قطعه در یک محل خاص می‌باشد. این نوع سوئیچ‌ها (سنسورها) دارای خروجی صفر و یک منطقی بوده و دارای انواع مختلف می‌باشد کلیدهای بدون تماس به علت استفاده فراوان در صنعت دارای اهمیت خاص بوده و در صنعت به نام‌های مختلفی مانند میکروسوئیچ، کلیدهای انتهایی مسیر و ... معروف می‌باشند.

مزایای سوئیچ‌های بدون تماس عبارت‌اند از:

- ۱- به علت عدم کنتاکت مکانیکی دارای طول عمر بیشتری هستند.
- ۲- می‌توان خیلی دقیق موقعیت قطعه را تعیین نمود.
- ۳- بدون داشتن تماس با قطعه، می‌تواند سیگنال مربوطه را ارسال دارد.
- ۴- دارای سرعت عکس‌العمل سریع و بدون اشتباه می‌باشد.
- ۵- تعداد قطع و وصل تقریباً بی‌نهایت است.

۵-۹- سنسورهای القایی - مغناطیسی

در این سنسورها نوسان‌ساز LC وجود داشته که دارای یک هسته سیم‌پیچی شده مغناطیسی بسته می‌باشد با نزدیک نمودن یک میدان مغناطیسی این هسته مغناطیسی اشباع گردیده و این امر باعث تغییر جریان برق جاری‌شده در داخل سیم‌پیچ می‌شود. به وسیله یک تقویت‌کننده این اختلاف جریان حس و سپس جهت فعال کردن سنسور از آن استفاده می‌شود. این نوع از سنسورها فقط در مقابل میدان‌های مغناطیسی حساس بوده و در مقابل فلزات از خود عکس‌العملی نشان نمی‌دهند.

۶-۹- سنسورهای خازنی

اساس کار سنسورهای خازنی بر پایه تغییرات ظرفیت یک خازنی می‌باشد که در یک مدار نوسان‌ساز RC قرار گرفته است. سنسورهای خازنی نسبت به سنسورهای القایی این مزیت را دارند که علاوه بر اجسام هادی، اشیاء عایق را نیز حس می‌کنند. در این نوع از سنسور جهت ایجاد میدان الکتریکی از دو الکتروستات استفاده می‌شود. که یکی از الکتروستات‌ها فعال بوده و دیگری به زمین متصل می‌باشد همچنین الکتروستات‌های خنثی‌کننده‌ای وجود دارد که اثر رطوبت هوا را بر روی خازن از بین می‌برد.

اگر فلز، مواد مصنوعی، شیشه، چوب، آب و ... وارد محدوده فعال سنسور گردد باعث تغییر ظرفیت آن گردیده که مقدار این تغییرات به عواملی چون فاصله جسم از سنسور، ابعاد جسم و ضریب دی‌الکتریک جسم

بستگی دارد. توسط یک پتانسیومتر قابل تنظیم می‌توان فاصله سوئیچ را تنظیم نمود. برای مثال می‌توان سطح یک مایع را داخل یک بطری پلاستیکی تعیین نمود. بدون اینکه بطری پلاستیکی خود باعث بکار افتادن سنسور گردد.



شکل (۹-۱) سنسورهای خازنی

۹-۷- سنسورهای نوری

سنسورهای نوری با استفاده از نور و قطعات الکترونیکی کار کرده و از نور قرمز و با مادون قرمز بهره می‌جویند. منبع تولید نور قرمز و یا مادون قرمز، دیودهای نوری^۱ می‌باشند. نور قرمز از این جهت مناسب می‌باشد که اولاً قابل‌رؤیت بوده و می‌توان با چشم محور انتشار آن را تنظیم نمود. دوماً اینکه نور قرمز به راحتی در فیبرهای نوری قابل انتقال می‌باشد و ضریب میرایی در فیبر نوری برای طول موج نور قرمز کمتر می‌باشد. نور مادون قرمز قابل‌رؤیت نمی‌باشد و در مواردی استفاده می‌شود که به توان بالای نوری جهت مسافت‌های طولانی احتیاج باشد همچنین تأثیر اختلالات نوری محیط اطراف بر روی نور مادون قرمز کمتر می‌باشد.



شکل (۹-۲) سنسور نوری

سنسورها به منظور جلب توجه استفاده کنندگان باید چندین نقش عمومی را به طور کامل اجرا کنند و از این رو یک سنسور خوب باید مشخصات زیر را داشته باشد:

- ۱- حساسیت کافی
- ۲- درجه بالای دقت
- ۳- درجه بالای خطی بودن
- ۴- گستره دینامیکی خوب
- ۵- عدم حساسیت به تداخل و تأثیرات محیطی
- ۶- درجه بالای پایداری و قابلیت اطمینان
- ۷- عمر طولانی و جایگزینی بدون مشکل

۸-۹- سنسور دما

کمیت فیزیکی که آن را گرما می نامیم یکی از اشکال مختلف انرژی است و مقدار گرما معمولاً بر حسب واحد ژول سنجیده می شود. مقدار گرمایی که در یک شی موجود است قابل اندازه گیری نمی باشد، اما می توان تغییرات گرمای موجود در یک شی که بر اثر تغییر دما و یا تغییر در حالت فیزیکی (جامد به مایع، مایع به گاز، یک شکل کریستالی به شکل کریستالی دیگر) ایجاد می شود را اندازه گیری کرد. ارتباط بین دما و انرژی گرمایی بسیار شبیه به ارتباط بین سطح ولتاژ و انرژی الکتریکی است.

واحد دما کلوین می باشد. اغلب مردم درجه سانتی گراد (سلسیوس) را می شناسند. رابطه بین دمای کلوین و سلسیوس به صورت زیر است:

$$[^{\circ}\text{K}] = [^{\circ}\text{C}] + 273/15$$

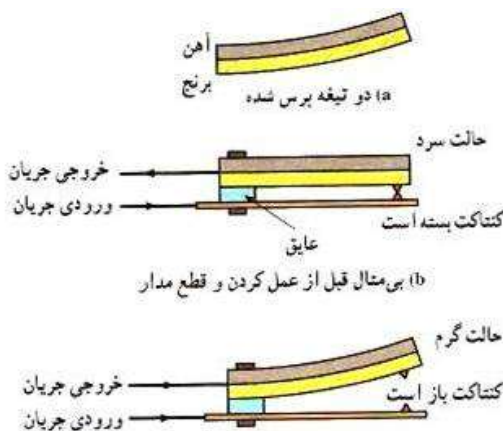
برخی از این خطاهای مهم سنسور دما عبارتند از خطاهای تنظیم، ایجاد حرارت در اثر عملکرد سنسور، اغتشاش الکتریکی، فشارهای مکانیکی، اتصال حرارتی، ثابت زمانی سنسور و سرهای اتصال سنسور. از این رو انتخاب حسگر مناسب همیشه آسان نیست. این کار به عواملی مثل محدوده اندازه گیری دما، وقت مورد نظر، محیط، سرعت پاسخ، سهولت استفاده، قیمت، قابلیت تعویض و ... بستگی دارد.

۹-۸-۱- انواع سنسورهای اندازه‌گیری دما

- ۱- سنسورهای بی متال
- ۲- سنسورهای ترموکوپل
- ۳- سنسورهای مقاومت فلزی RTD
- ۴- ترمیستور
- ۵- سنسورهای مدار مجتمع
- ۶- سنسورهای تشخیص انرژی تابشی Bolometer
- ۷- سنسورهای پایروالکتریک (با استفاده از اشعه مادون قرمز)
- ۸- سنسورهای پیشرفته مانند سنسورهای التراسونیک (مافوق صوت) و سنسورهای فیبر نوری و سنسورهای MEMS

۹-۸-۲- سنسورهای بی متال

ساده‌ترین نوع سنسور حرارتی از نوع بی متال است که اساس کار آن در شکل زیر آمده است.



شکل (۹-۳) سنسور بی متال

ترکیب فوق شامل دو نوار فلزی از دو جنس مختلف است که با نقطه جوش و یا پرچ کردن در دو نقطه به یکدیگر متصل شده‌اند. جنس فلز دو نوار به گونه‌ای انتخاب می‌شود که ضرایب انبساط خطی آنها با یکدیگر

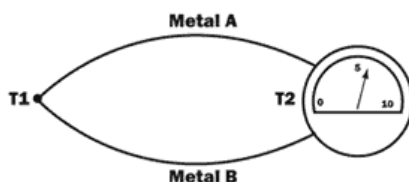
تفاوت زیادی داشته باشند. مقدار انبساط (یا ضریب انبساط) خطی عبارت است از خارج قسمت تغییر مقدار طول به تغییر دما و این مقدار برای همه فلزات مقداری است مثبت. با تغییر دما همان گونه که در شکل آمده نوار بی متال دچار خمیدگی می شود.

خمیدگی پدید آمده در نوار بی متال را می توان در وسط هر یک از ترانس دیوسرهای جابه جایی تشخیص داد، اما اغلب اوقات از خود نوار بی متال برای راه اندازی کنتاکت های یک کلید استفاده می شود و معمولاً خود بی متال یکی از کنتاکت های کلید است. نوع رایج بی متال هنوز هم در انواعی از ترموستات ها مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه بی متال در آن ها به صورت حلزونی پیچیده می شود، اما این نوع ترموستات ها دارای هیستریزیس هستند.

این خاصیت ممکن است باعث نوسان مشخصات قطع و وصل ترموستات شود. با استفاده از یک المنت تسریع کننده می توان تا حدودی اثر هیستریزیس را کاهش داد. تسریع کننده در واقع شامل یک مقاومت با مقدار زیاد است که نزدیک بی متال نصب می شود. این سویچ های حرارتی را می توان به خنک کننده های آلومینیومی (هیت سینک)، موتورهای کوچک، ترانسفورمرها، کتری برقی و سایر وسایلی که در آن ها احتمال گرم شدن بیش از حد وجود دارد و دارای سطح فلزی هستند چسباند.

۹-۸-۳- سنسورهای ترموکوپل

ترموکوپل ها حسگرهای حرارتی ساده ای هستند که از دو فلز غیر هم جنس که به هم متصل شده اند به وجود آمده اند. در سال ۱۸۲۱ یک فیزیکدان آلمانی به نام توماس سیبک کشف کرد که اگر دو اتصال در دماهای مختلفی قرار گیرند ولتاژ ترموالکتریک تولید می شود و شار جریانی در مدار بسته دو فلز غیر هم جنس جاری می گردد. با توجه به شکل یکی از اتصالات، اتصال گرم و اتصال دیگر اتصال سرد یا مرجع نامیده می شود.



شکل (۹-۴) سنسورهای ترموکوپل

جریان تولیدشده در حلقه بسته، بستگی به نوع فلزهای مورد استفاده و تفاضل دمای بین اتصالات سرد و گرم دارد. اگر دما در هر دو اتصال یکسان باشد، ولتاژهای تولیدشده یکدیگر را خنثی می‌کنند و جریان در مدار برقرار نمی‌شود؛ بنابراین یک ترموکوپل به جای دمای مطلق، تفاضل دمای بین دو اتصال را اندازه‌گیری می‌کند.



شکل (۹-۵) سنسورهای ترموکوپل

برای اندازه‌گیری دما، باید یک ابزار اندازه‌گیری ولتاژ را وارد این حلقه کنیم تا بتوانیم اثر ترموالکتریک را اندازه بگیریم. ترموکوپل‌ها، ولتاژی تولید می‌کنند که برابر تفاضل دما بین نقطه اتصال گرم و سرد است. اگر بخواهیم دمای مطلق اتصال گرم را بدانیم ابتدا باید دمای مطلق اتصال مرجع را داشته باشیم. اگر اتصال مرجع مشخص، کنترل‌شده و پایدار باشد مشکلی وجود نخواهد داشت اما اگر دمای اتصال مرجع نامشخص باشد می‌توان از یکی از روش‌های زیر برای یافتن دمای مطلق اتصال گرم استفاده کرد:

۱- اندازه‌گیری دقیق دمای اتصال مرجع و استفاده از این دما جهت محاسبه دمای اتصال گرم. ساده‌ترین روش اندازه‌گیری دمای اتصال مرجع، استفاده از ترمیستورها یا حسگر دمایی نیمه‌هادی است. سپس باید دمای اتصال مرجع را به دمای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل اضافه کرد. این روش نتایج دقیق ارائه می‌کند و هزینه انجام آن به‌طور کلی پایین است.

۲- قرار دادن اتصال مرجع در یک محیط کنترل شده حرارتی که دمای آن به طور دقیق مشخص است. به عنوان مثال توان از یک حمام یخ برای نگه داشتن اتصال مرجع در دمای یخ استفاده کرد. توجه کنید که در اینجا اتصال مرجع با وارد کردن فلز A به داخل سیستم اندازه گیری از مجموعه ترمینال جدا کرد. جبران سازی توسط حمام یخ، نتایج بسیار دقیقی ارائه می دهد ولی در صنعت به کار نمی رود.

۳- از آی سی های جبران ساز اتصال سرد مانند LT۱۰۲۵ استفاده شود. این آی سی ها دارای حسگرهای دمای داخلی هستند که دمای اتصال مرجع را که در محیط قرار می گیرد تشخیص و سپس ولتاژی متناسب با ولتاژ تولید شده توسط ترموکوپلی که اتصال گرم آن در محیط و اتصال سرد آن در دمای صفر درجه سانتی گراد است تولید می کنند. این ولتاژ به ولتاژ ترموکوپل اضافه شده و مانند این است که اتصال مرجع در صفر درجه سانتی گراد قرار داده شده است. این آی سی ها دقتی در حد چند درجه سانتی گراد دارند و به طور گسترده در بسیاری از کاربردها که به اندازه گیری دقیق نیاز ندارند استفاده می شوند.

۴- راه دیگر این است که از سیم های مسی ابزار اندازه گیری استفاده نکرد بلکه سیم های ترموکوپل را به طور مستقیم تا ابزار اندازه گیری کشید و سیم های مسی را در داخل ابزار اندازه گیری که دمای اتصال مرجع در آن به سهولت و دقت قابل اندازه گیری است به هم وصل کرد.

۹-۸-۴- سنسورهای RTD

RTD بر اساس این مشخصه کار می کند که مقاومت فلز با تغییر دما تغییر می کند. از این ایده استفاده شده است که مقدار تغییر دما، به تغییر مقاومت تبدیل شود؛ بنابراین از فلزاتی استفاده می شود که حساسیت بالاتری داشته باشند. معمولاً آن را با فلزاتی چون پلاتین، نیکل، آلیاژ نیکل-آهن و مس می سازند که هر کدام برای کاربردی استفاده می شوند.



شکل (۹-۶) سنسورهای RTD

حسگرهای RTD معمولاً به دو روش سیم‌پیچی شده یا سیم نازک ساخته می‌شوند. RTD های سیم‌پیچی شده بسیار پایدار و دارای پاسخ حرارتی کند هستند. به جهت خصوصیاتی چون خطی بودن (خطی‌تر نسبت به دیگر فلزات) پایدار بودن، دقت و ... در صنعت از پلاتین استفاده می‌شود. برای بهسازی و تبدیل مقاومت به ولتاژ بیشتر از مدار پل استفاده می‌شود. RTD به صورت دو، سه و چهار سیمه به مدار پل وصل می‌شود. در صنعت عموماً از دو و سه سیمه استفاده می‌شود که خطای سه سیمه کمتر از دو سیمه می‌باشد. از چهار سیمه بیشتر در مصارف آزمایشگاهی استفاده می‌شود. برای بهسازی RTD مدارهای مجتمعی نیز وجود دارد که مقاومت را به ولتاژ تبدیل می‌کنند. به عنوان آی سی ADS ۱۲۴۰.

۹-۸-۵- ترمیستورها

ترمیستور از مواد نیمه‌هادی ساخته می‌شود. ترمیستور از ترکیبات فلزات سمی مانند اکسید فلزاتی چون منگنز، نیکل، کبالت، مس و یا آهن همراه با سیلیکون ساخته می‌گردد. رنج دمای آن ۵۰- تا ۱۵۰ و نهایت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ترمیستورها در اشکال مختلفی مانند تکه‌های ریز، میله‌ای، دیسکی، واشری، ویفری و همین‌طور محصور در محفظه فلزی (تراشه‌ای) ساخته می‌شوند. ترمیستورها به دو نوع تقسیم می‌شوند NTC که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می‌یابد و PTC که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می‌یابد.



شکل (۷-۹) انواع PTC

معمولا ترمیستورهای PTC در مدارهای قدرت برای حفاظت در برابر جریان هجومی به کار برده می‌شوند. از لحاظ تجاری دو نوع ترمیستور PTC وجود دارد. اولین نوع شامل مقاومت‌های سیلیکونی است و به سیلیستور ها مشهور هستند و نوع دیگر که پرکاربردتر هست به ترمیستورهای سوئیچینگ PTC معروف هستند. این ابزارها معمولا در کاربردهای کلیدزنی برای محدودسازی جریان در سیستم‌های قدرت به کار می‌روند و در کنترل دما و کاربردهای کنترلی به کار برده نمی‌شوند.

ترمیستور نوع NTC حساسیت ۳ تا ۶ درصد دارد که در مقایسه با RTD خیلی بالاتر است و باعث می‌شود سیگنال پاسخ بهتری نسبت به ترموکوپل و RTD داشته باشد. از جهت دیگر حساسیت پایین RTD و ترموکوپل آن‌ها را انتخاب خوبی برای دماهای بیش از ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد کرده است و این محدودیتی برای ترمیستور است. ترمیستور با دقت و رزولوشن بالایی در رنج دمایی خود کار می‌کند، دارای مقاومت بالا، اندازه کوچک، تغییر سریع مقاومت با تغییر دما نسبت به RTD، قیمت پایین‌تر نسبت به RTD و ترموکوپل، عملکرد خیلی غیرخطی و در نتیجه رنج دمای کاری کم و محدودیت برای دمای خیلی پایین نسبت به ترموکوپل و RTD می‌باشد.

برای تبدیل مقاومت ترمیستور به ولتاژ می‌توان از مدار پل استفاده نمود ولی به دلیل مشخصه غیرخطی ترمیستور، خطای غیرخطی مدار پل تأثیر می‌گذارد که در صورت استفاده از مدار پل باید این موضوع لحاظ شود. برای خطی کردن پاسخ ترمیستور باید یک مقاومت به‌طور موازی به ترمیستور وصل شود و مقدار این مقاومت باید برابر با مقدار مقاومت ترمیستور در حد میانی دمای موردنظر باشد. روش دیگر استفاده از مدار تقسیم ولتاژ است.

منابع

- ۱- مطالعه و بررسی شاخص‌های استاندارد و ایمنی در اماکن ورزشی/بیژن شیری/مهدی مرنندی/ ۱۳۸۸
- ۲- مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی/جلد اول/تأسیسات برق فشار ضعیف و متوسط
- ۳- الزامات عمومی استخر شنا/موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
- ۴- اجرای تأسیسات برقی ساختمان/علی بیات
- ۵- مهندسی تأسیسات الکتریکی/حسین کلهر
- ۶- ایمنی برق/چیمن مبارکی
- ۷- ایمنی در برق/امیر شایگانی
- ۸- خانه هوشمند/گروه فنی و مهندسی ام ان اچ