مقدمه

دستگاههای الکتریکی امروزه بخش وسیعی از صنعت را بخود اختصاص داده‌اند و هر روز بر تعداد آنها افزوده می‌گردد. هر روزه علاوه بر افزایش کمی، تعداد دستگاههای، از لحاظ کیفیت کاری و حساسیت ودقت در انجام کار روزبه‌روز بهتر شده و قابلیت‌های انجام کار آنها بیشتر می‌شود. و در یک خط تولید سری ممکن است که یک دستگاه نقش حیاتی ایفا کند و خرابی یک دستگاه تولید کارخانه را با خطر روبرو کنندو همچنین بعلت هزینه بسیاری که برای ساخت یا تهیه این دستگاهها استفاده شده است در صورت و در آمدن اشکالی در کار آنها در اثر عدم ایجاد سیستم توزیعو حفاظت مناسب باعث بروز صدمات و زیانهای چه از نظر مادی و چه از نظر زمانی می‌گردد. مهیا کردن انرژی الکتریکی برای یک دستگاه شدی د ظاهر کار ساده‌ای باشد و بدون نیاز به معاملات پیچیده ریاضی صورت گیرد لیکن در ضورت بی‌دقتی هر جسم جزئی می‌تواند باعث بروز خطراتی برای سیستم دستگاه و سیستم توزیع و صدمات برای کمیت تولید کارخانه گردد. بعنوان مثال می‌دانیم در موتورهای الکتریکی گشتور با توان دوم ولتاژ نسبت مستقیم دارد TxV^2 بنابراین تغییرات ناچیزی در ولتاژ می‌تواند تأثیر زیادی روی گشتاور و نحوهٔ عملکرد لکتروموتور و در واقع می‌توان گفت که با یک سیستم توزیع و حفاظت مناسب هم بکارگیری دستگاه را بهتر میکند و همچنین باعث طول عمر آنها می‌گردد.

در ایـن پـروژه سـعی شـده اسـت کـه بـا بکـارگیری نکـات علمـی، فنـی و عملـی طراحـی سیسـتم توزیـع قـدرت، حفاظـت، روشـنائی و همچنـین صـوتی و مخـابراتی انجـام گیـرد و از ترکیـب اطلاعـات تئـوری و تجربـی افـراد صـاحب نظـر بـه یـک طـرح ایده‌آل و مناسب از نظر علمی و عملی و اقتصادی برسیم.

طبیعتـاً هـیچ طرحـی خـالی از اشـکال نیسـت و سـلیقه‌هـا و نظـرات مختلفـی وجـود دارد وسـعی نمـوده‌ام بـا راهنمـایی‌هـای اسـتاد راهنمـای فرهیختـه و ارجمنـدم جنـاب آقای دکتر محسنی یک طرح مناسب را ارائه کنم.

ایرج میمنت آبادی

بهمن ماه یکهزاروسیصدوهشتادوچهار

فصل اول

مشخصات کارخانه

۱ – مشخصات عمومی کارخانه

کارخانه ایران کپسول با مساحت ۱۲۰۰۰ متر مربع در جاده اندیشه (واقع در سه راهی شهریار – سر آسیاب – فردیس) در سال ۱۳۷٦ افتتاح شد.

ساخت این کارخانه حدود ۲ سال زیر نظر یک شرکت کانادائی طول کشید که اولین و تنها تولیدکننده پوکه کپسول داروئی (ژلاتین کپسول) در ایران می‌باشد که روزانه حدود ۵۰۰۰۰ پوکه کپسول را تولید می‌کند.

پرسنل این کارخانه حدود ۱۵۰ نفر می‌باشد که بصورت ۲٤ ساعته در سه شیفت مشغول به کار هستند.

۲ – قسمت‌های کلی کارخانه

این کارخانه از سه قسمت کلی در دو طبقه ساختمانی تشکیل شده است

۱ – ۲) قسمت اداری و عمومی

۲ – ۲) قسمت تولید و نگهداری

۳ – ۲) قسمت تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

۱ – ۲) قسمت اداری و عمومی:

قسمت اداری از سه اتاق در طبقه همکف و هشت اتاق در طبقه بالا تشکیل شده است. قسمت عمومی از آشپزخانه، نهارخوری آقایان و بانوان، تولت آقایان و

بـانوان، نمازخانـه و درمانگـاه در طبقـه همکـف و سـالن آمفـی تـائتر و کتابخانـه در طبقـه بـالا تشـکیل شـده اسـت. همچنـین یـک اتـاق نگهبـانی جلـو درب ورودی کارخانـه واقع می‌باشد.

۲ – ۲) قسمت تولید و نگهداری

الف-) اتاق ملتینگ (محل پخت ژلاتین)

ب-) سه اتاق آزمایشگاه در طبقه همکف

ج-) چهار سالن تولید در طبقه همکف

د-) سالن انتظار سورتینگ

ه-) اتاق سورتینگ

و-) اتاق پرینتینگ

ز-) اتاق شستشو دیگ‌های ملتینگ

ح-) انبارهـای مـواد اولیـه و محصـول در طبقـه همکـف و انبـار کـارتن در طبقه بالا

۳-) قسمت تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

قسـمت‌هـای تاسیسـات الکتریکـی و مکـانیکی از اتـاق‌هـای تـابلو، تـرانس، دیزلهـا، تلفـن‌خانـه، موتورخانـه گتابـار، موتورخانـه اصـلی و هـوا سـازهـای اداری و نهـارخوری در طبقـه همکـف و همچنـین هواسـازهای سـورتینگ و سـالن تولیـد در طبـق بـالا و نیـز کارواش و سردخانه در طبقه همکف تشکیل شده است.

۴-) فرایند تولید

مواد ژلاتین (همان ژلاتین خوراکی البته بدون رسانس در اتاق ملتینگ داخل دیگ بزرگی که دورتادور آن بطور یکنواخت المنتهای حرارتی قراردارد با آب و مواد افزودنی دیگر ریخته می‌شود و بوسیله یک همزن برقی بزرگ مخلوط می‌شوند و با حرارت کم وغیر مستقیم و یکنواخت (بوسیله المنت‌ها) پخته می‌شوند بعد از پخته شدن و قبل از اینکه مواد به قسمت تولید بروند مقداری از آن را به آزمایشگاه برده و آزمایشهای مختلفی از قبیل میکروب شناسی، در صد رنگ، در صد سفتی و آزمایشهای دیگر روی آن انجام می‌شود. پس از تائید مواد راهی سالن تولید می‌شوند. در سالن تولید مواد از دیگ بزرگ داخل دیگهای کوچکی که آنها هم دارای المنتهای حرارتی هستند ریخته می‌شود تا مواد قبل از رسیدن به ماشین تولید سرد نشوند. این دیگهای کوچک توسط جرثقیلهائی در سالن تولید بالا برده می‌شوند و مواد توسط لوله‌های که آنها هم دارای المنت حرارتی هستند به ماشین تولید منتقل می‌شوند. ساختمان ماشین تولید به شکلی است که در ابتدای آن حوضچه‌های کوچکی قرار دارد و مواد از طریق لوله‌ها درون این حوضچه‌ها ریخته می‌شوند و بعد از آن قالب کپسول به نام **پیین‌بار** به مقدار لازمی داخل این خوضچه‌ها فرو می‌رود و همان‌طور که به دور خود می‌چرخد مقداری از ماده را بخود می‌گیرد و توسط چرخهای ماشین بالا می‌آید و توسط قطعات مکانیکی ماشین به قسمت خنک کننده انتقال داده می‌شود. بعد از

خنک شدن مجدداً **پین‌بارها** به قسمت جلوی ماشین منتقل می‌شوند و عملیات تصحیح کپسول (پلیسه گرفتن و جدا شدن از پین بارها) روی آنها انجام میشود.

(قسمتهای اضافه کپسول که توسط تیغه‌های گردان دور کپسول گرفته توسط مکنده‌هائی که زیر دستگاه نصب شده مکیده می‌شودو در جائی جمع می‌شوند). بعد از تولید کپسولها آنها را داخل سطل‌هائی میریزند بعد به سالن انتظار سورتینگ میبرند و بعد داخل اتاق سورتینگ می‌شوند و در آنجا از نظر کوچک و بزرگی و رنگ مرتب می‌شوند. ضمناً در همان جا یک چک آپ نهائی نیز روی کپسول‌ها انجام می‌شود (اگر لکه سیاهی روی کپسولها باشد تولید آن روز همه‌اش ضایعات می‌شود).

بعد از مرتب و دسته‌بندی کردن، کپسول‌ها به اتاق پرینتینگ فرستاده می‌شوند. در این اتاق، دو قسمت کپسول (قسمت راست CAP و قسمت چپ CBADY داخل هم می‌شوند و روی آنها پرینت می‌شوند. در اینجا تولید پوکه کپسول به پایان می‌رسد، بعد از آن وارد انبار تولید می‌شود و بعد به کارخانه‌های داروسازی منتقل می‌شوند.

نکته قابل توجه در فرایند تولید تمیز بودن صد در صد هوا و یکنواخت بودن دمای محیط تولید می‌باشد که قسمت اعظم تاسیسات الکتریکی و مانیکی را به خود اختصاص داده است.

فصل دوم

برآورد بار مصرفی

در تهیه طرح تأسیسات برقی هر ساختمان، کارخانه و ... یکی از شرایط مهم پیش‌بینی و برآورد هرچه دقیقتر درخواست (تقاضا یا دیماند) یا حداکثر توان مصرفی آن است که برای تعیین برآورد حداکثر توان مصرفی دو روش موجود می‌باشد:

روش اول جمع توتانهای دستگاه‌ها و توان دیگر قسمت‌ها است و روش دوم روش $\frac{W}{M^2}$ است که در این روش بطور کلی در برآورد بار فضاهای مختلف مجتمع از استانداردهای معتبر موجود و نیز استانداردهای خاص وزارت نیرو که در رابطه با یک سایت صنعتی می باشد استفاده شده است در برآورد ذیل چگالی مصرف کل بر حسب $\frac{W}{M^2}$ برای امکان مورد نظر بیان شده است.

اماکن اداری ..... ۴۳ وات بر متر مربع

اماکن خدماتی ..... ۴۳ وات بر متر مربع

اماکن خدمات تخصصی..... ۵۰ وات بر متر مربع

اماکن خدماتی الکتریکی ..... ۱۰۷/۵ وات بر متر مربع

کارگاههای تراشکاری ..... ۱۷۰ وات بر متر مربع

طبق برآورد و بررسیهای انجام شده مصارف فوق شامل روشنایی داخلی روشنائی پیاده‌روها فضاهای محدود اطراف ساختمانها – مصارف پریزها – سیستم گرمایش و تهویه در مورد کارگاهها دربرگیرنده تجهیزات نیز می‌باشد.

و برای توضیح بیشتر اول باید گفت که، برای فراهم کردن مقدمات تأمین نیروی برق هر طرح، (انشعات، پست، مولد و...) لازم است قبل از اقدام به تهیه طرح تأسیسات الکتریکی و در مراحل اولیه باید به مطالعات معماری و ساختمانی و حداکثر در خواست (دیماند) نیروی برق آن توجه کرد.

روش صحیح تخمین حداکثر در خواست براساس محاسبهٔ توان کل نصب شده و اعمال ضرایب همزمانی مناسب استوار است به شرط آنکه تجربیات گذشته که از طرح‌های مشابه در محل بدست آمده باشد این محاسبات را تأیید کند.

پیش‌بینی حداکثر در خواست، مخصوصاً از نظر وسائل و دستگاهها و روشنائی‌ها و تعداد پریزهای نصب شده و غیره شدیداً و ابسته به عرف و عادت محلی است لذا در اغلب موارد لازم خواهد بود حداکثر تقاضا پیش از مقادیر بدست آمده از راه محاسبه انتخاب شود. اصولاً مطالب این بخش جنبهٔ راهنمای دارد و مقادیر بدست آمده از آنها نباید بدون بررسی ها و مطالعات محنی بکار برد.

از طرف دیگر لازم خواهد بود در پیش‌بینی حداکثر در خواست، عواملی نظیر رشد سریع کیفیت زندگی و افزایش مصرف در طول عمر تأسیسات را در مدنظر گرفت.

برای تعیین توان کل نصب شده براساس خواسته‌های تأسیسات باید به ترتیب زیرعمل کرد.

الف) موارد لازم و دستگاه‌های نصب ثابت می‌توان اسمی آنها، با اعمال ضریب توان آنها لازم خواهد بود.

ب) در خواست بارهای القائی باید به توجه به ضریب توان آنها تعیین شود.

ج) در خواست پریزها در مواردی که نوع لوازم و دستگاههایی که از انها تغذیه خواهند کرد مشخص نباشد از راه تخمین تقاضای مدار نهایی آنها را برآورده می‌کنند.

د) درخواست چراغهای نصب ثابت از نوع تخلیه‌ای (فلوئورسنت، جیوه‌ای و غیره) توان اسمی مصرفی لامپهای آن با توجه به مصرف چوک آنهاست. درخواست این گونه چراغها بر حسب ولت‌آمپر باید ۲ برابر درخواست برحسب وات باشد.

ه) در خواست چراغهای نصب ثابت از نوع رشته‌ای (التهابی) توان اسمی لامپهای آنها نخواهد بود در مراحل برآورد اولیه در خواست توان چراغ باید توان بزرگترین لامپی را که بتوان در آن نصب کرد را در نظر گرفت.

غیر همزمانی یا تخمین ضریب همزمانی

به دلیل وجود غیر همزمانی دو گروه تجهیزات و لوازم الکتریکی، باید برای هر گروه از بارهای مختلف (روشنایی، گرمایش، موتورها و غیره) از ضریب همزمانی مناسب استفاده شود تا با اعمال آنها در بارهای مربوطه، حداکثر توان مصرفی به حداکثر درخواست به دست آید ضریب همزمانی هر تأسیسات عددی است مختص همان تأسیسات.

برای همین در شرایط عادی پیش‌بینی دقیق آن امکان پذیر نخواهد بود و فقط با توجه به تجربیات گذشته و آمار موجود می‌توان ضریب همزمانی را از پیش بعنوان راهنما و بصورت تقریبی تخمین زد.

با توجه به عدم کاربرد کلیه دستگاهها و تجهیزات در کارگاهها و نیز عدم استفاده همزمان از کلیه شبکه‌های توزیع فشار ضعیف شامل پریزها، مصارف روشنایی داخلی، روشنایی خارجی، موتورخانه‌ها و... و با عنایت به آمار و مطالعات بدست آمده از کارگاهای فعال در زمینه تراشکاری و خدمات مشابه مجتمع به نظر می‌رسد با دخالت فاکتورهای همزمانی در محاسبات برآورد بار مصرفی واقعی نزدیکتر شده و محاسبات با دقت بیشتری انجام می‌گیرد با توجه به این موضوع که احتمال افزایش و احدها وجود دارد و نیز عدم اطلاعات کامل راجع به تعداد دستگاهها و هر واحد فنی ضریب همزمانی را حدوداً ۰/۵۲۵ انتخاب می‌کنیم.

با در نظر گرفتن این موضوع که در یک کارگاه تراشکاری تمامی دستگاهها با هم کار نمی‌کنند و نیز به توجه به اینکه بعضی از دستگاهها بصورت مکمل کاری دستگاههای دیگر می‌باشند با مراجعه به تراشکاریهای متعدد به ظرفیت‌کاری بالا و متوسط متراژ ۱۵۰ متر مربع برای هر واحد تراشکاری به عدد ۰/۷۵ می‌رسیم این نشاندهندهٔ این مطلب است که در یک تراشکاری در شرایط کاری خوب ۰/۷۵ از تجهیزات کارگاه مشغول به کار می‌باشند در یک بررسی کلی اگر حدوداً ۰/۷۵ از تراشکاریهای کل مجتمع مورد طراحی با این ظرفیت کار کنند مصرف کل مجتمع را باید در عدد ۰/۷۵ × ۰/۷ ضرب کرد.

ضریب همزمانی برای کارگاهها ۰/۷ × ۰/۷۵ = ۰/۵۲۵

فصل سوم

محاسبه و طراحی سیستم روشنایی

۱ – اصول روشنایی و ساختمان لامپها

مقدمه

بدون شک مهمترین حس انسان در هنگام کار بینائی است و به همین دلیل است که دقت در طراحی روشنائی از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. در دوران قدیم بیشتر کارها و وقت مردم در فضای بازگذرانده می‌شود و از نور خورشید بیشترین استفاده بعمل می‌آمد اما امروزه بشتر کارها در سالن‌های سرپوشیده انجام می‌شود و مردم بیشتر اوقات خود را در داخل ساختمانها می‌گذرانند بنابراین یک طراح خوب و موفق سرعت بالا رفتن بهره‌وری و راندمان می‌شود و هم برجستگی کارگرها و بقیه افراد جلوگیری می‌کنند و فوائد دیگری هم دارد که در طول این فصل به آنها اشاره خواهیم کرد.

اگر یک طراحی روشنائی خوب و دقیق نباشد باعث خستگی چشم، سردرد، نقص بینائی و تصادفهائی ناشی از کمی نور یا درخشندگی و چشم زدگی می‌شود.

بطور کلی روشنائی خوب و رضایت بخش باید دارای خصوصیات زیر باشد:

۱ – نور از نظر توزیع فرکانسها یکنواخت باشد.

۲ – درخشندگی سطوح کار طوری باشد که سبب چشم‌زدگی نشود.

۳ – نور کافی است.

٤ – سایه در محیط کار وجود نداشته باشد.

روشنایی رضایتبخش به راحتی انسان کمک می‌کند و بازدهی کار را بالا می‌برد و با کاهش تصادفهای ناشی از نور غیر کافی به ایمنی کار کمک بسیار می‌کند.

مسائلی که در طراحی باید در نظر گرفته شود علاوه بر اجرای هدفهای خواسته شده از جانب سفارش دهنده عبارتند از:

الف – اصول اقتصادی

ب – اصول بهداشتی

ج – اصول زیبایی

الف) اصول اقتصادی

در بررسی اصول اقتصادی طراحی روشنائی نوع لامپ و نوع روشنائی مورد نیاز مطرح است. در سیستم‌هائیکه بیشتر بطرف سیستم‌های مستقیم روشنائی تمایل دارند جنبه‌های اقتصادی بیشتر در نظر گرفته می‌شود و تعداد لامپ‌های کمتری در اینگونه موارد لازم است بدین صورت اگر مسئله را فقط از جنبه اقتصادی بررسی نمائیم سیستم مستقیم اقتصادی‌ترین نوع روشنائی است. در رابطه با انتخاب نوع لامپ از جنبهٔ اقتصادی دو دیدگاه هزینه‌ای و جود دارد.

۱ – هزینه اولیه ۲ – هزینه نگهداری و تعمیرات.

بعنوان مثال هزینه اولیه لامپهای فلوئورسنت از لامپ‌های رشته‌ای بیشتر است در صورتیکه عمر این لامپها نسبت به لامپ‌های رشته‌ای بیشتر است و نگهداری آنها هزینه کمتری دارد. علاوه بر آن بهره نوری لامپ فلوئورسنت در مقایسه با لامپ رشته‌ای خیلی بیشتر است.

ب – اصول بهداشتی

یک طراحی روشنائی هنگامی قابل قبول است که اصول بهداشتی در مورد آن رعایت شده باشد. در مرحله اول نور باید یکنواخت باشد تا خیرگی برای چشم ایجاد نشود و از ایجاد سایه‌های مزاحم جلوگیری شود. در مرحله بعدی باید روشنائی کافی بوده و تا حد امکان به نور روز نزدیک باشد. در طراحی روشنائی بایستی دو عامل اقتصادی و بهداشتی توأماً در نظر گرفته شود.

ج) اصول زیبائی:

در رعایت اصول زیبائی بایستی شکل لامپها و چگونگی قرار گرفتن آنها و فاصله بین لامپها از یکدیگر و معماری محل مورد توجه قرار گیرد و بین آنها هماهنگی وجود نداشته باشد. این جنبه نیز به در نظر گرفتن اصول اقتصادی و بهداشتی بایستی مطرح شود.

از آنجائیکه فضاهای موجود در این کارخانه به کاربریهای متفاوتی می‌باشند از لحاظ نوع و تأمین مقدار روشنایی لازم به یکدیگر متفاوت می باشند و بایستی برای هر فضا محاسبات لازم در نظر گرفته شود با توجه به کاربری

فضـاها مختلـف از عواقـب نـاگوار عـدم وجـود روشـنائی اسـتاندارد جلـوگیری کـرده و باعـث بـالا رفـتن ضـریب ایمنـی بـرای مجتمـع و افـراد مشـغول بـه کـار درآن گـردد. مبحث روشنایی را به دو بخش داخلی و خارجی تقسیم می‌نمائیم.

روشنائی داخلی:

مواردی که در مبحث روشنائی داخلی مورد بحث قرار می‌گیرند عبارتند از:

انتخاب نوع لامپ وضع روشنائی مناسب

انتخاب نوع چراغ و سیستم روشنائی فضاهای مختلف

روشنائی مورد نیاز برای هر قسمت

محاسبات روشنائی:

انتخاب نوع لامپ و منبع روشنائی مناسب:

طبـق اسـتانداردهای مختلـف بـین‌المللـی بـرای امـاکن مختلـف اسـتفاده از انـواع لامپ فمورسنت و جیوه‌ای پیشنهاد شده است.

بررسی و مقایسه لامپهای مختلف:

به منظور انتخـاب مناسـب‌تـرین لامپهـا، بـرای روشـن نمـودن منـاطق مختلـف بهتـر اسـت لامپهـای مختلـف بـا یکـدیگر مقایسـه و سـپس بهتـرین نـوع آن بـرای هـر منطقـه انتخاب گردد.

الف) لامپها فلوئورسنت:

بهـره نـوردهی لامپهـای فلوئورسـنت ٣٤ الـی ٥١ لـومن بـروات و عمـر متوسـط آنهـا حـدود ٧٥٠٠ سـاعت مـی‌باشـد. زمـان لازم بـرای روشـن شـدن آن بـه نسـبت لامپهای جیوه‌ای بسـیار کمتـر و امکـان تـأمین رنگهـای مـورد نیـاز کـه از نظـر اقتصـادی مناسـبت باشـد وجـود دارد و در نهایـت دارای نـور بیشـتر و مصـرف کمتـری اسـت در ضریب قدرت شبکه در صورتیکه از خازن استفاده شود تأثیر چندانی ندارد.

ب) لامپ جیوه‌ای:

بهـر نـوردهی آن بـین ٣٤ تـا ٨٢ لـومن بـر وات اسـت و طـول عمـر متوسـط آنهـا حـدود ٧٥٠٠ سـاعت مـی‌باشـد و زمـان لازم بـرای روشـن شـدن آن و رسـیدن بـه نـور مـاکزیمم خـود حـدود ٣ الـی ٦ دقیقـه مـی‌باشـد و دارای نـور بیشـتر و مصـرف کمتـر است.

ج) لامپ‌های رشته‌ای خارجی با رفلکتور و بدون رفلکتور:

بهـره نـوردهی آنهـا پـایین بـوده و بـین ٩ تـا ٢٠ لـومن بـر وات مـی باشـد و طـول عمـر متوسـط آنهـا حـدود ١٠٠٠٠ سـاعت اسـت. فاقـد زمـان لازم بـرای روشـن شـدن هسـتند، دارای طیـف نـوری قرمـز زیـاد مـی‌باشـند، در ضـریب قـدرت شـبکه تـأثیر چندانی ندارد و بارگرمایی بین لامپها بالاست.

د) لامپهای هالوژن:

بهره نوردهی آنها بین ۱۵ تا ۲۵ لومن بر وات می‌باشد و طول عمر مفید آنها ۲۰۰۰ ساعت است و فاقد زمان لازم برای روشن شدن هستند. بار حرارتی این لامپها بالاست، در ضریب قدرت شبکه تأثیری ندارند و برای روشنایی محوطه و نورپردازی ویترینها و نمای ساختمانی مناسب هستند.

ه) لامپهای سدیم فشار زیاد:

ضریب بهره‌نوری آنها زیاد و حدود ۱۰۰ لومن بر وات می‌باشد و دارای نور سفید طلایی زیبائی هستند و قابلیت تعویض با لامپهای جیوه‌ای و متال هالید با قدرتهای مشابه‌تر دارند. زمان لازم برای روشن شدن این گونه لامپها حدود ۱ تا ۲ دقیقه می‌باشد.

مورد استعمال این لامپها در خیابانها، میدانها و مراکز خرید و ... می‌باشد. رنگ نور لامپهای سدیم با فشار کم زرد می‌باشد و نیز بهرهٔ نوری بالاترین دارند.

انتخاب نوع چراغ و سیستم روشنایی فضاهای مختلف

مطابق استانداردهای BS8260 و BS4533 می‌توان چراغهای مختلف را بر اساس فاکتورهای زیر تقسیم بندی نمود.

الف) پخش نور:

چراغهایی که برای روشنایی داخلی بکار می‌روند از دیدگاه و وضعیت نور به پنج گروه تقسیم می‌شوند:

۱) چراغهای با نور مستقیم:

این چراغها ۹۰ در صد شارنوری را به طرف کف اتاق منتشر می‌کنند.

۲) چراغهای با نور غیر مستقیم:

این چراغها که ۹۰ درصد شارنوری را بطرف سقف اتاق منتشر می‌نمایند بطوریکه سقف منبع نوری ثانویه شده و شارنوری را دوباره به سوی دیوارها و سطح کاربر می‌گرداند.

۳) چراغهای با نور مختلط (یکنواخت):

شار منتشر شده بر سطح افقی موازی و مماس با منبع نوری بین ٦٠ – ٥٠ درصد شارنوری خروجی چراغ می‌باشد.

٤) چراغ با نور نیمه مستقیم:

شار منتشره از زیر سطح افقی که از منبع می‌گذرد حداقل ٦٠ درصد شار کل چراغ می‌باشد.

٥) چراغ با نور نیمه غیر مستقیم:

شار منتشره‌ای که از روی سطح افقی منبع می‌گذرد حداقل ٦٠ درصد شار کل چراغ می‌باشد.

ب) چراغها از لحاظ نوع نصب و موقعیت نصب به شش دسته تقسیم بندی می‌شوند.

١) سقفی بصورت توکار ٢) سقفی بصورت نیمه تورکار ٣)سقفی بصورت روکار

٤) دیواری ٥) آویز ٦)پرتابل

سیستم روشنایی فضاهای مختلف:

به عنوان مثال به اماکن زیر که در بیشتر مجتمع‌ها وجود دارد می‌توان اشاره کرد.

الف) کارگاهها:

با توجه به این نکته که تراشکاری از جمله کارهای دقیق محسوب می‌شود و کارگر تراشکار نیاز به مشاهده دقیق قطعه مورد تراش در هنگام کار دارد و نیز نهایتاً بعد از انجام تراشکاری نیاز نهایتاً بعد از انجام تراشکاری کنترل دقیق قطعه تولید شده مد نظر خواهد بود سیستم روشنایی باید طوری طرح و اجرا گردد که کلیه نیازهای فوق را به نحوی برآورده سازد که شدت روشنای ایجاد شده باعث خیره‌گی و خستگی چشم نگردد. در کارگاههای تراشکاری از ترکیب چراغهای فلوئورسنت با قاب رفلکتوری و چراغهای صنعتی با لامپ جیوه‌ای بصورت آویز استفاده می‌گردد.

ب) موتورخانه:

در مورد موتورخانه‌ها و کلاً فضاهای تأسیساتی به این دلیل که عموماً سقف تیره است و ضریب انعکاس بسیار پائینی دارد لذا برای روشنائی آن از چراغهای فلوئورسنت رفلکتوری واترپروف با چراغهای جیوه‌ای رفلکتوری صنعتی استفاده می‌شود.

ج) سالن ورزشی:

مطابق استاندارد BS4533 برای این نوع اماکن چراغهای صنعتی وفلکتوری به لامپ جیوه‌ای فشار بالا توصیه می‌شود و بایستی جهت جلوگیری از خیره‌گی از پوشش مناسب استفاده گردد و نیز بایستی مجهز به توری مناسب و مقاوم در مقابل ضربات باشد.

د) اماکن اداری:

در این فضاها معمولاً چراغها با قاب پلاستکی و یالودر دار انتخاب می‌شوند در پاره‌ای موارد نیز به جهت بافت خاص معماری و سازه و یا رعایت جنبه دکوراتیو محل از ترکیب چراغهایی با لامپ رشته‌ای استفاده خواهد شد.

ه) غذاخوریها:

چراغهای که اماکن بصورت کلی بایستی از ترکیب چراغهای فلوئورسنت و سیلندری رشته‌ای انتخاب شود نوع نصب آن بصورت سقفی توکار یا روکار یا نیمه توکار انتخاب می‌شود که بستگی به نحوهٔ انتخاب سقف کاذب محل دارد.

شدت روشنائی هر قسمت نیز باید به نحوی باشد تا از خستگی و فرسودگی و خیرگی چشم‌ها ممانعت شود در جدول (۳ – ۱) صفحه بعد طبق استاندارد شدت روشنائی مورد نیاز آورده شده است. با توجه به کاربریهای متفاوت ساختمانهای موجود در مجتمع روشنائی برای هر یک از فضاها مختلف متفاوت بوده و شدت روشنائی لازم هر محل در جدول شماره (۳ – ۲) ارائه گردیده است.

نوع محل	استاندارد ایران	DIN503	IEC	پیشنهادی
اتاقهای اداری	۲۰۰ – ۵۰۰	۳۰۰	–	
اتاقهای انتظار	۱۵۰ – ۵۰۰	۲۰۰	۳۲۰	
اتاقهای کنفرانس و سمینار و مدیریت	۲۰۰ – ۵۰۰	۳۰۰	۳۲۰	
دفتر مهندسی و طراحی	۵۰۰ – ۱۰۰	۵۰۰	۱۱۰۰	
کارگاههای تراشکاری	عمومی ۳۰۰ – ۲۰۰ محل کار ۵۰۰ – ۳۰۰	۵۰۰	--	
سالن اجتماعات	۲۰۰ – ۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰	
غذاخوری	۳۰۰	۳۲۰	۳۰۰	
موتورخانه	۱۵۰ – ۲۰۰	۱۰۰	۱۱۰	
ماشین نویسی	۳۰۰ – ۶۰۰	۵۰۰	۷۵۰	
حسابداری	۳۰۰ – ۶۰۰	۵۰۰	۷۵۰	
قسمت کامپیوتر		۵۰۰	--	
سالن ورزشی سرپوشیده	۱۵۰ – ۳۰۰	۲۵۰	۳۰۰	
رختکن	۵۰ – ۱۰۰	۱۰۰	۲۲۰	
راهروها	۵۰– ۱۰۰	۱۰۰	۲۲۰	
انبار	۱۰۰	۱۰۰	۱۱۰ – ۲۲۰	
سرویسها	۵۰ – ۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰ – ۳۲۰	
اتاق کنترل برق و مخابرات		۳۰۰	۳۲۰	
مسجد				

جدول (۳ – ۱) شدت روشنایی مورد نیاز بر طبق استانداردهای موجود

نوع محل کار	نوع چراغ مورد استفاده	نوع کلاس	نوع پخش نور	نوع نصب
سالن ورزشی سرپوشیده	رفلکتوری صنعتی جیوه‌های	I	مستقیم	آویز
مراکز خرید	فلوئورسنت نور موضعی	II	مستقیم دکوراتیر	روکار درکوراتیر
مسجد	فلوئورسنت لوسترهای رشته ای	I	مستقیم	روکار آویز درکوراتیر
پارکینگ	فلوئورسنت رفلکتوری	I	مستقیم	سقفی دیواری
سیستم تراسفورماتور	رشته‌ای صنعتی نوین	I	مستقیم	دیواری
موتورخانه	فلوئورسنت صنعتی و ضد رطوبت	I	مستقیم	آویز
سرویس‌های بهداشتی	چراغ رشته‌ای گرمای	II	مستقیم	سقفی روکار
دستشویی	چراغ فلوئورسنت مخصوص بالای آئینه	I	مستقیم	دیواری
مرکز فرضی و تابلوهای برق	فلوئورسنت رفتکوری	I	مستقیم	سقفی روکار
راهروها	فلوئورسنت لودردار با تمام پلاستیک	II	مستقیم	سقفی روکار یا توکار
اتاقهای اداری	فلوئورسنت لودردار با تمام پلاستیک	II	مستقیم	سقفی روکار یا توکار
کارگاهها	فلوئورسنت رفتگری با صنعتی جیوه‌ای	I	مستقیم	آویز
انبارها	فلوئورسنت رفکتوری	I	مستقیم	آویز
مرکز کامپیوتر	فلوئورسنت با تمام پلاستیک	I	مستقیم	سقفی روکار یا توکار
رستوران	ترکیبی از فلوئورسنت و سیندری رشته‌ای	II	مستقیم	سقفی روکار یا توکار یا نیمه کار

جدول (۳ – ۲) انتخاب نوع چراغ مورد استفاده با توجه به نوع محل

پارامترهـای مهـم دیگـر در طراحـی روشـنایی عـلاوه بـر اجـرای هـدفهای خواسـته شده عبارتند از:

۱) اصول اقتصادی:

وقتـی بخـواهیم روشـنایی یـک مکـان را طراحـی نمـائیم بایـد بـه دو هزینـه در رابطـه بـا جنبـه‌هـای اقتصـادی طـرح دقـت لازم را بنمـائیم یکـی هزینـه اولیـه تـأمین روشـنائی و دیگـری هزینـه تعمیـر و نگهـداری مـثلاً هزینـه اولیـه لامپهـای فلوئورسـنت بیشـتر از لامپهـای رشـته‌ای اسـت در صـورتیکه عمرشـان و همچنـین هزینـه نگهـداری آنها کمتر است.

۲) اصول زیبائی:

طراحـی روشـنائی یـک محـل بایـد همـاهنگی بـین شـکل و محـل نصـب لامپهـا بـا محـیط رعایـت شـود. مـثلاً در یـک سـقف آکوتیـک اسـتفاده از لامپهـای آویـز بـه زیبـایی محیط صدمه می‌زند.

۳) اصول بهداشتی:

هرچـه نـور باصـطلاح گرمتـر (دارای امـواج مـادون قرمـز) باشـد آرام بخـش‌تـر اسـت لـذا بایسـتی در تـأمین روشـنایی محـیط‌هـای گونـاگون بـه جنبـه بهداشـتی آن توجـه بیشـتری کـرد. مـثلاً نصـب لامپهـای جیـوه‌ای در محـل مطالعـه یـا اتـاق پـذیرایی کاملاً غیر بهداشتی است.

۴) **جنبه‌های ایجاد پارازیت و جرقه:**

استفاده از لامپ‌های فلورسنت که دارای استارت بوده و دستگاههای صوتی را دچار اختلال می‌کند و نیز استفاده از لامپهای با توان مصرف بالا در مکانهائی مانند: محل‌های نگهداری برگ خشک درختان – پارچه‌های پنبه‌ای – انبارگاز و پتروشیمی و همچنین استفاده از لامپهای آویز در معادن زغال‌سنگ از نظر فنی توصیه نمی‌شود.

محاسبات روشنایی (روش شارنوری):

در محاسبات روشنائی مراحل زیر باید بترتیب رعایت گردد:

الف – تعیین شدن روشنائی

ب) – انتخاب نوع روشنائی (عمومی – موضعی)

پ) – انتخاب سیستم روشنائی

ت) – انتخاب نوع حباب و نوع لامپ آن

ث) – انتخاب ضریب آلودگی

ج) – تعیین و محاسبهٔ ضریب فضا

چ) – مشخص – نمودن وضع رنگ سقف و دیوارها

ح) – تعیین ضریب بهرهٔ روشنائی

خ) محاسبهٔ جریان نوری کل

د – تعیین فاصله حباب یا لامپ و تعداد لامپها

ذ – تعیین و محاسبه روشنائی موضعی در صورت نیاز

محاسبه روشنایی داخلی به روش نصب فضا:

مشخص کردن مشخصات محل:

ابعاد (طول، عرض، ارتفاع) و ارتفاع سطح کار h_f ارتفاع آویز لامپ (h_c)

ارتفاع مفید و (H) ارتفاع کل $h_f = H - (h_c + h_f)$

ارتفاع آویز چند محل:

لامپ‌های سقف ادارات $h_c = 10 – 20$ cm

لومترهای مناطق مسکونی $h_c = 25 – 40$ cm

لامپهای تو سقفی $h_c = 0$ cm

لامپهای آویز محلهای مسکونی $h_c = 60 – 70$ cm

دستگاه آویز در آزمایشگاه $h_c = 70 – 150$ cm

ارتفاع سطح کار چند محل h_f .

محل	ارتفاع سطح کار $h_f$cmپ	توضیح
انبار مسکونی	30 cm	
انبارداری	30 cm	
پارکینگ	40 – 50cm	ارتفاع متوسط کف ماشین سواری
هال	50 – 70cm	
نمازخانه	40 – 50 cm	
حمام	40 – 50 cm	ارتفاع سطح وان حمام
رختکن	40 – 60 cm	
توالت	30 – 40 cm	

کلاس	60 – 70 cm	سطح روی میز یا دسته صندلی
نهارخوری	90 – 100 cm	روی میز نهارخوری
اتاق اداری	80 – 100 cm	ارتفاع میز تحریر
اتاق پذیرایی	40 cm	روی میز جلو
آشپزخانه	100 cm	
اتاق بایگانی	35 cm	آخرین فایل کمد بازرگانی

۲) انتخاب نوع روشنایی (حالت نورپردازی)

در یک طرح روشنادی بایستی تعیین گردد چه نوع روشنایی مورد نظر است روشنائی عمومی یا موضعی ویا عموی – موضعی. در یک طرح خوب وشنائی باید از تمام امکانات برا یکنواختی روشنائی و سایه‌اندازی مناسب استفاده شود در روشنائی عمومی دارای یکنواختی بیشتری بوده اما از لحاظ هزینه نیز هزینه بالای را می‌طلبد و به این نکته نیز باید توجه کرد که روشنایی موضعی بدون روشنایی عمومی جایز نیست. حال به توضیح کوتاه در مورد انواع روشنایی می‌پردازیم.

الف) نورپردازی موضعی مثل روشن نمودن تابلوی داروخانه‌ها – بیمارستانها و ...

ب) نورپردازی عمومی یا یکنواخت: مانند کلاس درس

ج) نورپردازی عمومی – موضعی در اینحالت سطح کار از دیگر قسمتها روشن‌تر است.

د) حالت سقف روشن: در اینحالت سقف دارای کمترین سایه می باشد مثل اتاقهای عمل.

۳) انتخاب سیستم روشنایی

با توجه به نوع کار از نظر دقت مقدار روشنایی، سایه‌اندازی، ارتفاع نصب ارتفاع محل کار، جنبه اقتصادی: جنبه بهداشتی و در نهایت جنبه زیبایی باید یکی از سیستم‌های روشنایی زیر را انتخاب کنیم.

الف) سیستم روشنایی مستقیم:

این سیستم اقتصادی‌ترین سیستم روشنایی است و تقریباً نور به سطح می‌تابد و وشنایی سقف از انعکاس‌های سطح و کف بوجود می‌آید. در این سیستم ۱۰۰ – ۹۰ درصد نور به پایین و ۱۰ – ۰ درصد نور به بالا می‌تابد بزرگترین عیب این سیستم خیرگی آن است.

ب) سیستم نیمه مستقیم:

این سیستم، سیستمی اقتصادی است اما فقط دارای ضعف بهداشتی است زیرا خیرگی نور به سمت پایین است با این وجود در اتاقهای کار – کلاس‌های درس – دفاتر و بانکها کاربرد دارد در این سیستم ۹۰ – ٦۰ در صد نور به پایین و ٤۰ – ۱۰ درصد نور به بالا می‌تابد.

ج) سیستم روشنایی یکنواخت:

در ایـن توزیـع نـور در تمـامی جهـات یکسـان و تقریبـاً مسـاوی اسـت. بـرای کارهـای معمـولی مثـل اتاقهـای کارمنـدی – اتـاق‌هـای نشـیمن و پـذیرایی‌هـا و اتـاق‌هـای مطالعـه و نیـز مکانهـایی کـه سـقف کوتـاهی دارنـد مناسـب اسـت. در ایـن سیسـتم ۵۰٪ نور به پایین و ۵۰ درصد نور به بالا می‌تابد.

د) سیستم روشنایی نیمه غیر مستقیم

در ایـن سیسـتم ٤٠ – ١٠ در صـد نـور بـه پـائین و ٩٠ – ٦٠ درصـد نـور بـه سمت بـالا میتابـد ایـن سیسـتم در ایـران کـاربرد زیـادی نـدارد فقـط بعضـی از لوسـترها دارای چنین نوری می‌باشند.

ه) سیستم روشنایی غیر مستقیم:

در ایـن سیسـتم ١٠٠ – ٩٠ درصـد نـور بـه سـمت بـالا و ١٠ – ٠ درصـد نـور بـه کف می‌تابد این نور ارزش اقتصادی نداشته ولی محیط را آرام میکند.

۴) انتخاب نوع لامپ و نوع حباب

بـا توجـه بـه محلـی کـه طراحـی در آن محـل انجـام مـی‌گیـرد و عـواملی ماننـد سیسـتم روشـنائی نـوع کـاری کـه در محـل انجـام مـی‌گیـرد و رعایـت اصـول اقتصـادی – بهداشـتی و زیبـائی نـوع لامـپ را از جـدول اسـتخراج مـی‌کنـیم . جـدولی کـه در زیـر ارائه شده اسـت جـدولی اسـت کـه مقـدار شـدت روشـنایی را از طریـق تجربـی از شـدت روشنایی کم تا زیاد را بیان می‌کند (بر حسب LX لوکس)

روشنایی بسیار کم LX ۲۰	انبارها – زیرزمین‌ها و راهروها
روشنایی کم LX ۶۰	پلکان‌ها، انبار فروشگاهها، گاراژها، حمام‌ها، سیمار آهنگری
روشنائی متوسط XL ۱۲۰	اطاق فرمان، اطاق انتظار – نشیمن، کلاسها، دفاتر ت تراشکاری
روشنائی زیاد LX ۲۵۰	قالبگیری، نورد سیمهای نازک، مونتاژ قطعات الکترونیک رسم، آزمایشگاهها
روشنائی بسیار زیاد LX ۶۰۰	کارهای مکانیکی ظریف، سیم پیچی بوبین‌ها، مونتاژ اندازه گیری، ساعت سازی
روشنائی فوق‌العاده زیاد LX ۲۰۰۰	طلاسازی، نقره‌سازی، اطلاق عمل، حکاکی

۵) انتخاب ضریب آلودگی

پس از یک مدت که لامپ در محل خودش نصب شد دیگر شدت نور اولیه را نخواهد داشت و آن بعلت وجود گرد غبار و آلودگی‌های دیگر است که سبب تغییر در ضریب انعکاس و ضریب‌گذردهی نور از حبا لامپ می‌شود و برای رسیدن و حفظ شدت نور خواسته شده می‌بایست در طرحهای خود به ضریب آلودگی محیط نیز توجه شود ضریب آلودگی محیط را MF نمایش میدهند اصولاً ضریب آلودگی، تابعی از ضریب آلودگی لامپ، حباب و محیطی که لامپ در آن قرار گرفته است می‌باشد و ضریب آلودگی در روش در محاسبهٔ ضریب فضا به سه نوع تقسیم می‌شود.

الـف) محـیط خـوب یـا تمیـز کـه پریـب آلـودگی‌اش 0.7 = MF مثـل منـازل مسکونی و تجاری و ...

ب) محـیط متوسـط کـه ضـریب آلـودگی‌اش 0.65 = MF مثـل پارکهـا و امـاکن عمومی و ...

ج) محیط کثیف که ضریب آلودگی‌اش 0.55 = MF مثل کارخانجات و ...

بعنوان مثـال جـدولی کـه در زیـر ارائـه شـده اسـت، جـدول انتخـاب لامـپ و تعیـین ضریب بهره می‌باشد که درآن ضریب آلودگی نیز د نظر گرفته شده است.

ضریب سقف	روشن ۷۰		روشن ۵۰				روشن ۳۰		
ضریب دیوارها	تیره	نیمه روشن	روشن	تیره	نیمه روشن	روشن	تیره	نیمه روشن	روشن
ضریب فضا ۵	ضریب بهره روشنائی			ضریب بهرهٔ روشنائی			ضریب بهرهٔ روشنائی		
۰/٦	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱٦	۰/۱۸	۰/۲۱
۰/۸	۰/۲۲	۰/۲٤	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۲٤	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲٤	۰/۲٦
۱	۰/۲٦	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲٦	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲٦	۰/۲۸	۰/۳
۱/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/۲۸	۰/۳	۰/۳۲
۱/۵	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳٦	۰/۳	۰/۳۲	۰/۳٤
۲	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/۳٤	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۳٤	۰/۳٦	۰/۳۷
۲/۵	۰/۳۸	۰/٤	۰/٤۳	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/٤۲	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/٤۰
۳	۰/٤	۰/٤۲	۰/٤۵	۰/٤۰	۰/٤۱	۰/٤٤	۰/۳۹	۰/٤	۰/٤۲
٤	۰/٤۳	۰/٤٤	۰/٤۷	۰/٤٤	۰/٤٤	۰/٤٦	۰/٤۱	۰/٤۲	۰/٤٤
۵	۰/٤۵	۰/٤٦	۰/٤۹	۰/٤٤	۰/٤٦	۰/٤۷	۰/٤۳	۰/٤٤	۰/٤٦

ضریب آلودگی:

۷۰٪ محیط تمیز ۶۵٪ محیط متوسط ۵۵٪ محیط کثیف

۱) محاسبه ضریب فضا

همانطور که در شکل مقابل نشان داده شده است.

C: ارتفاع آویز لامپ

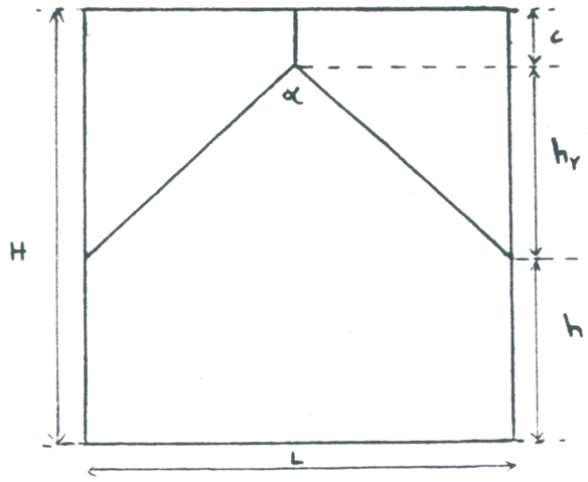
H: ارتفاع سطح کار

Hr: ارتفاع مفید

H: ارتفاع کل

L: طول

W: عرض



هر چند زاویه a برزگتر باشد نور مسقتیم بیشتر بوده و تلفات کمتر خواهیم داشت بنابراین با تغییر ارتفاع، سطح کار و نوع روشنائی زاویه a تغییر خواهد نمود و تلفات روشنایی تغییر خواهد کرد به انتخاب ضریبی، بنام ضریب فضا که بتواند در تعیین بهرهٔ روشنایی نقش ایفا کند این تغییرات در نظر گرفته می‌شود ودر نتیجه ضریب بهره روشنائی بیشتر خواهد شد. هر چقدر ارتفاع مفید کمتر باشد زاویه a بزرگتر و ضریب فضا بیشتر می‌شود و در نتیجه ضریب بهره روشنائی بیشتر خواهد شد هر چقدر سطح کار بزرگتر باشد زاویه a بزرگتر بوده و ضریب فضا افزایش پیدا می‌کند. در محاسبهٔ روشنائی عمومی بطور کلی سطح

کـار در ارتفـاع کمتـر از یـک متـر در نظـر گرفتـه مـی‌شـود. در مـوارد اسـتثنائی ماننـد کارگاه چدن‌ریزی و نظـایر آن سـطح کـار کـف کارگـاه خواهـد بـود. عمـدتاً ضـریب فضـا به عوامل زیر بستگی دارد.

۱ – ارتفاع نصب (c, hr) ۲ – سطح کار (W.L) ۳ – نوع روشنائی

بـا توجـه بـه سیسـتم روشـنائی دو فرمـول تجربـی زیـر در محاسـبات روشـنائی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش روشنایی مستقیم – نیمه مستقیم و یکنواخت $\partial = \frac{2W + L}{6hr}$ یا $\partial = \frac{LW}{hr(L+W)}$

سیستم روشنایی نیمه غیر مستقیم و غیر مستقیم $\partial = \frac{2W + L}{4hr}$ یا $\partial = 1.5 \times \frac{LW}{hr(L+W)}$

در صـورتیکه $0.6 \le \partial \le 5$ نباشـد نمایـانگر ای مطلـب اسـت کـه در محـل مـورد نظـر خـارج از اسـتاندارد روشـنایی فنـی اسـت و بایـد از لامـپ رشـته‌ای 60W یـا لامـپ فلورسنت گرد 32W استفاده کرد.

۷) مشـخص کـردن رنـگ‌آمیـزی اتـاق‌هـا و تغیـین ضـرائب انعکـاس سـقف، دیوار و کف.

ضـریب بهـرهٔ روشـنائی یـا ضـرایب انعکـاس سـقف و دیوارهـا نسـبت مسـتقیم دارد. هرچـه ضـریب انعکـاس بیشـتر باشـد ضـریب بهـرهٔ بیشـتر میشـود و جریـان نـوری کمتـری لازم داریـم در طراحـی روشـنائی بایسـتی سـقف را روشـن تـر از دیوارها و دیوارها را روشن‌تر از کف در نظر گرفت مانند:

الف) رنگ سقف با ضریب انعکاس حدود $\phi_c = \%70$ تا به رنگ مفید خیلی نزدیک باشد.

ب) رنگ دیوارها عموماً با ضریب انعکاسی $\phi_w = \%50$ تا نیمه روشن باشد.

ج) رنگ کف را با ضریب انعکاس $\phi_c = \%10-30$ تا نیمه روشن محسوب شود.

۸) مشخص کردن ضریب بهره روشنایی (μ)

با محاسبه ضریب فضا و داشتن نوع حباب و ضرایب انعکاس سقف و دیوارها ضریب بهرهٔ روشنائی را تعیین می‌کنیم در واقع با داشتن ضریب فضا δ() و ضریب انعکاسی سقف (ϕ_c) و دیوارها (ϕ_w) و کف (P_f) و با توجه به نوع حبابی که قبلاً انتخاب شده است و با توجه و منحنی پخش نور حباب ضریب بهرهٔ روشنائی تعیین می‌گردد.

۹) محاسبهٔ جریان نور (ϕ)

جریان کل نور که با توجه به روشنایی مورد نیاز لازم است از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\phi = \frac{E.A}{\mu.MF}$$

ϕ جریان نوری کل بر حسب لومن L_m

E سمت روشنائی بر حسب LX

μ ضریب بهرهٔ روشنائی

A سطح کار روشن شدن بر حسب متر مربع m^2

MF ضریب آلودگی و فرسودگی

۱۰) محاسبه تعداد لامپ‌ها $n = \frac{\phi}{\phi'}$ **ϕجریان نوری هر لامپ**

برای بدست آوردن تعداد لامپها می‌توان به دو روش عمل نمود.

روش اول:

۱ – تغییر فاصله (حباب یا لامپ) و تعداد لامپها $d = \frac{a}{2}$ فاصله بین دو چراغ

a= (0.6 – 1.2) hr برای لامپهای فلورسنت

a= (1-1.5) hr برای لامپهای رشته‌ای

۱- ابتدا نوع لامپ را بسته به شکل و اندازه حباب انتخاب نموده و از جدول مربوطه مقدار جریان توری آنرا تعیین می‌کنیم.

۲- با داشتن جریان نوری کل ϕ و جریان نوری هر لامپ ϕ' مقدار کل لامپ‌ها را با توجه به فرمول زیر محاسبه می‌کنیم.

$$n = \frac{\phi}{\phi'}$$

۳- با توجه به تعداد لامپهائیکه در هر حباب قرار می‌گیرد، تعداد لامپها (n) را محاسبه می‌کنیم.

٤- حبابها را به روشی که بخش نور در محیط یکنواخت باشد، روی سقف تقسیم می‌کنیم ودر صورتیکه فاصله حباب‌ها از دو برابر ارتفاع نقطه نورانی تا سطح کار بیشتر باشد نوع لامپ انتخابی مناسب نیست و بایستی از جدول لامپ دیگری که

جریان نوری آن کمتر است انتخاب شود تا با زیاد شدن تعداد لامپ‌ها، بخش نور یکنواخت گردد.

تذکر در صورتیکه تعداد حباب‌ها باندازه‌ای باشد که نصب متقارن آنها امکان نداشته باشد می‌توان تعداد آنها را کم یا زیاد نمود بشرط آنکه خطای جریان نوری حاصل از این انتخاب 10% بیشتر نباشد.

۱۱) تعیین و محاسبهٔ روشنائی موضعی

در محاسبهٔ روشنائی موضعی باید به این نکته دقت کرد که در فرمول $\phi = \frac{E.A}{\mu.MF}$ سطح کار واقعی به جاری پارامتر A قرار خواهد گرفت. بعنوان مثال در نقشه‌کشی سطح واقعی کار سطح میز نقشه‌کشی است و در اتاق عمل، تحت عمل سطح کار واقعی کار خواهد بود.

در روشنائی موضعی می‌توان مخرج فرمول را (μ.MF) بین 0.6 تا 0.7 انتخاب نمود نکته‌ای که در روشنائی موضعی مورد توجه است اینکه اولاً با نور عمومی سطح روشن شود وثانیاً مقدار نور عمومی کل محیط کمتر از نور سطح کار باشد.

حال با این توجه به مطالب فوق به محاسبه و طراحی روشنایی داخلی کارخانه می‌پردازیم.

چنانچه قبلاً هم توضیح داده شد بدلیل داشتن نور موضعی (دستگاهها) تنها می‌بایست روشنائی عمومی را تا حد نیاز سالن یا کارگاهها طراحی و تأمین می‌نمائیم.

درصد خطا	%S	ارتفاع مفید	Hr	طول	L
مهتابی سفید گرم	W.W	ضریب سقف	K	عرض	W
تعداد لامپ	n	ضریب دیوار	P	ارتفاع کل	H
تعداد قاب	n'	ضریب آلودگی	MF	ارتفاع آویز	C

در تقسیم چراغ باید دقت نمود که روشنائی حاصله یکنواخت باشد. از روی زاویه پراکندگی چراغ و ارتفاع چراغها فاصله آنها بدست می‌آید در روشنائی مستقیم، تقسیم یکنواخت چراغ مؤثرتر است تا در روشنائی غیر مستقیم، در تقسیم چراغها بایستی محل کار، ماشینها و وضعیت سقف و دیوارها را در نظر گفت در هر صورت باید کاری کرد که تقسیم چراغها متقارن باشد . عموتاً فاصله چرغها یک تا دو برابر ارتفاع نقطه نورانی از سطح کار می‌باشد:

در صورتیکه لامپها رشته‌ای انتخاب گردند باید از رابطه $a = .(1 - 1.5)\ hr$

و در صورتیکه لامپهای فلورسنت انتخاب شود باید از رابطه $a = (0.6 - 1.2)\ hr$

استفاده نمود. و باید توجه داشت که فاصله نصف a است.

۳- روشنائی خارجی

۱ – هدف از روشنائی خارجی

مقصـــود از روشـــنائی خـــارجی ایجـــاد شـــرایط مناســـب روشـــنائی در محوطه‌هـای بـاز نظیـر خیابانهـا، پارکهـا، پارکینگهـا، جـاده‌هـا، اسـتادیوم‌هـای ورزشـی و غیره می‌باشـد. در محاسـبه روشـنائی خـارجی گـاهی اوقـات عـلاوه بـر روشـنائی سـطح کار لازم اسـت مقـداری از فضـا نیـز روشـن شـود. لـذا انتخـاب نـوع حبـاب روشـنائی در اینگونـه محاسـبات جـائز اهمیـت بسـیار خواهـد بـود. از آنجائیکـه در روشـنائی خـارجی دیوارهائیکـه نـور و مـنعکس نمایـد وجـود نـدارد بنـابراین فقـط سیسـتم روشـنایی مسـتقیم در محاسـبات در نظـر گرفتـه مـی‌شـود. یکنـواختی روشـنائی در ایـن حالـت بستگی بـه ارتفـاع چراغهـا فاصـله آنهـا و چگـونگی منحنـی بخـش نـور در چراغهـا دارد. عـلاوه بـر نکـات گفتـه شـده، محاسـبهٔ روشـنائی عمـودی نیـز اهمیـت فـراوان دارد زیـر عـلاوه بـر روشـن شـدن سـطح کـار در بعضـی مـوارد روشـنائی عمـودی روی اشـیاء مانند ماشین‌ها و عابرین در این خیابان نیز مورد نظر است.

۲ – محاسبهٔ روشنائی خیابانها

روشـنائی معـابر بایسـتی بصـورتی باشـد کـه تـا در رانـندگی بـا سـرعت‌هـای مختلـف ایمنـی بـرای رانـنده و عـابرین پیـاده فـراهم شـود. و در ایـن ایمنـی در حـال تـأمین مـی‌شـود کـه رانـنده بتوانـد موانـع مزبـور را در فاصـله صـفر تـا ده متـری تشخیص دهد.

ایمنی راهها ایجاب می‌کند که روشنائی جاده‌ها بطور یکنواخت اجرا گردد در جاده‌های پر تردد شدت روشنائی خیابانها را بیشتر می‌گیرند و در ضمن دقت می‌شود که نور چراغها خیره کننده نباشد.

جدول ۱ – ۲ – ۲ – ۲ طبقه‌بندی انواع روشنائی توصیه شده را برای خیابان مشخص میکند.

	شدت روشنائی متوسط برروی سطح افقی		حداقل ضریب یکنواختی پخش نور	
نوع معبر	برروی جاده			
راههای عبوری وسایل نقلیه موتوری در داخل شهر با دو باند که بوسیله خطوط مجزا شده و در آن چهارراهها با خطوط مورب علامت‌گیری شده است	تیره (لوکس) 16	روشن (لوکس) 8	$g_1 = \frac{E_{mim}}{E_{\max}}$ 1:3	$g_1 = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$ 1:6
اتوبانها با مسافت زیاد با حداقل دو باند در هر طرف با خطکشی‌های منظم	16	8	1:3	1:6
خیابانها مهم اصلی شهر مانند خیابانهای ورودی شهر با تراکفیک زیاد	16	8	1:3	1:6
جاده‌های اصلی، خیابانهای شهر یا تراکم متوسط	12	8	1:3	1:6
جاده‌های فرعی با تراکم کم	4	2	1:4	1:8
جاده‌های فرعی با تراکم خیلی کم	زیادتر از یک لوکس		---	----

جدول (۱ – ۲) شدن روشنائی لازم جهت معابر

مأخذ: نقل از جدول شماره Siemens electrical engineering handbook 327

نوع محل	IEC		DIN / 5044/8063		هندبوک زیمنس	
جاده با تردد زیاد	>24	>14	16	8	16	8
جاده با تردد متوسط	>22	>12	12	6	16	8
خیابانهای شهری با تراکم متوسط	10 – 30	10 – 30	8	4	16	6
خیابانهای شهری با تراکم کم	5 – 10	5 – 10	>1	----	4	2
خیابانهای شهری با تراکم خیلی کم	1	1	----	----	>1	----

جدول (2 – 2) روشنائی پیشنهادی با توجه به نوع محل

بطور کلی چراغهای خیابانها باید دارای شرایط زیر باشند.

۱) شار نوری را طوری جهت بدهند که بازده نوری خوبی داشته باشد.

۲) در مسیر برای چشم راننده خیرگی ایجاد ننمایند.

۳) دارای مشخصات الکتریکی مناسب بوده و ایمنی را تضمین نماید.

٤) منابع نوری در مقابل تأثیرات جوی حفاظت شده باشند.

٥) انتخاب لامپهای سدیم کارایی بهتری داشته و از لحاظ مشخص بودن در هوای مه‌آلود نیز مناسب می‌باشند.

جدولهای شمارهٔ (3 – 2) و(4 – 2) یکنـواختی و درخشـندگی و شـدت روشـنائی را

نشان می‌دهند.

یکنواختی لومیناس متوسط Lmin /Lmx%	یکنواختی لومیناس عرضی Lmin / Lmx%	یکنواختی لومیناس طولی Lmin / Lmx%	نوع روشنائی
≥ +0	35≥	70≥	نوع I
+ 0≥	30≥	60≥	نوع II

جدول (3 – 2) یکنواختی درخشندگی

یکنواختی شدت روشنائی متوسط Emin Emoy	نوع روشنائی
40 تا 20	نوع III
2x°	نوع IV
1x°	نوع V

جدول (4 – 2) یکنواختی شدت روشنائی

* مقادیر کمیته(min) شدت ورشنائی متوسط

انواع آرایش چراغها

۱) نصـب در یـک طـرف خیابـان صـورت مـی‌گیـرد کـه عـرض خیابـان کمتـر یا مساوی ارتفاع نصب چراغها باشد.

۲) نصـب چـراغ در دو طـرف خیابـان زیگـزاگ زمـانی صـورت میگـرد کـه عرض خیابان کمتر از یک و نیم برابر ارتفاع نصب باشد.

۳) نصـب چـراغ در دو طـرف خیابـان بطـور متقابـل زمـانی بصـورت می‌گردد که عرض خیابان بیشتر از 1.5 برابر ارتفاع نصب باشد.

٤) نصب چراغ آویزان در محور خیابان برای جاده‌های باریک انجام می‌شود که ارتفاع نصب در آن بیشتر از عرض خیابان نباشد.

لازم به ذکر است که در انحنای جاده از نصب چراغها بصورت زیگزاگ باید اجتناب نمود زیرا جاده و انحنای آن برای راننده مشخص شده و چه بسا راننده از مسیر اصلی منحرف گردد.

الف) ارتفاع نصب چراغها

ارتفاع نصب چراغها در خیابانها بستگی به جریان نور چراغی دارد که در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در جدول زیر ارتفاع نصب چراغ‌ها بر حسب فوت با در نظر گرفتن جریان نور چراغ بکاررفته نشان داده شده است.

لامپ‌هائی که در روشنائی خیابانها بکار می‌روند، لامپهای:

رشته‌ای برای خیابانهای کم رفت و آمد و خیابانهای تاریک، فلورسنت برای خیابانهای با پهنای متوسط، جیوه‌ای اغلب برای خیابانها عریض استفاده می‌شود. سدیم در محل، کوچه‌ها و میدان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

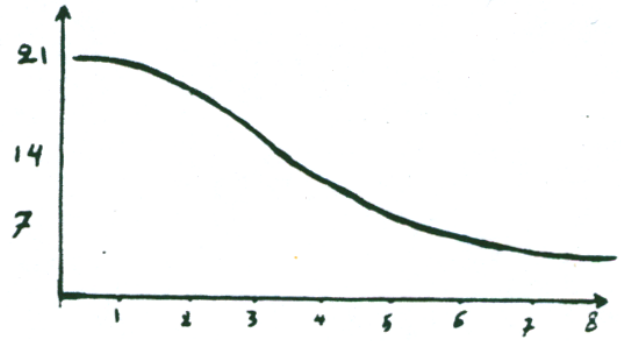
جریان نور لامپ	ارتفاع نصب
2500	20
2500 – 6000	20
6000 – 15000	25 – 30
15000 – 25000	30 به بالا

جدول مربوط به نصب چراغ در ارتفاع‌های مختلف

$9\ m \approx 30ft$

ب) تعیین فاصله دو چراغها در خیابانها

همانطور که در محاسبه روشنائی مشاهده شده برای کی منبع نور که جهت روشنائی محوطه‌ای بکار رفته باشد می‌توان منحنی تغییرات روشنائی را بر حسب فواصل مختلف $E= f(a)$ در ارتفاع ثابت رمس نمود. علاوه بر این با استفاده از منحنی‌های ایزولوکس، روشنائی سطح در فواصل مختلف داده شده است. در شکل زیر با استفاده از منحنی ایزولوکس منبع نور داده شده منحنی تغییرات $E = F(a)$ رسم شده است.



حال برای محاسبهٔ فاصله دو چراغ باید حالتی را در نظر گرفت که روشنائی حاصل از منحنی‌های $E = F(a)$ دو لامپ تا اندازه قابل قبولی با یکدیگر برابر باشد برای اینکار فاصله‌های دلخواه برای دو چراغ مجاور انتخاب نموده و منحنی را نقطه به نقطه با یکدیگر جمع می‌نمائیم.

ج) مشخصات لامپهای روشنائی خیابانها

برای لامپهائی که در روشنائی خیابانها بکار می‌روند چهار نوع مشخصه داده می‌شود:

الف: جریان نور لامپ که با توجه به توان لامپ مشخص شده‌است.

ب: منحنی پخش نور لامپ

ج: منحنی ایزولوکس در ارتفاع معین

همانطور که دیدیم در منحنی‌های ایزولوکس شدت روشنائی نقاط هر منحنی نیز یکسان است و این منحنی‌ها جهت مطالعه یکنواختی روشنائی یا شدت روشنائی یک نقطه معین بسیار مفید می‌باشد.

محور افقی x مربوط به نسبت فاصله طولی نقطه تا چراغ به ارتفاع چراغ ($\frac{a}{h}$) و محور y ها مربوط به نسبت فاصله عرضی نقطه تا چراغ به ارتفاع چراغ ($\frac{b}{h}$) می‌باشد.

جهت مثبت محور ۷ مربوط به پیاده‌رو و جهت منفی مربوط به سواره‌رو است.

منحنی‌های ایزولوکس برای ارتفاع معینی داده می‌شوند و برای ارتفاع‌های دیگر یک ضریب تصحیح در کنار همین منحنی‌ها داده می‌شود که عدد منحنی‌های ایزولوکس در آن ضریب بایستی ضرب شوند.

د) منحنی‌های ضریب استفاده (ضریب بهره روشنائی)

این منحنی‌ها مقدار ضریب استفاده (ضریب بهره روشنائی) cu را بر حسب نسبت عرض خیابان به ارتفاع چراغ نشان می‌دهد. همانطوریکه در شکل زیر دیده می‌شود. این منحنی‌ها برای قسمت پیاده‌رو و سواره‌رو برای یک لامپ معین داده می‌شود ومقادیر این منحنی‌ها برای لامپ‌های مختلف متفاوت است. همانطوریکه در نمودار صفحه بعد نشان داده شده است نمودار (–ج) همانطور که ذکر شد برای یک لامپ چهار مشخصه جریان نوری، منحنی پخش‌نور، منحنی ایزولوکس در ارتفاع معین و بالاخره ضریب استفاده داده می‌شود. نسبت فاصله دو چراغ مجاور به ارتفاع لامپ 3 تا 4 می‌باشد.

(ج – د) این نمودار ضریب بهره روشنائی را بر حسب نسبت عرض خیابان به ارتفاع چراغ نشان می‌دهد.

د) محاسبه جریان نور لامپها

جریان نور لامپها در محاسبهٔ روشنائی خارجی از رابطه زیر بدست می‌آید. در صورتیکه چراغ‌ها در یک طرف خیابان باشند رابطه زیر صحیح است و اگر در دو طرف خیابان چراغها نصب شوند بایستی نصف عرض خیابان را بجای عرض خیابان در رابطه قرار داد $(\frac{b}{2})$

$$\phi = \frac{E.a.b}{Cu.MF}$$

E. شدت روشنائی متوسط که از منحنی ایزولوکس بدست می‌آید.

a: فاصله بین دو تیر

b: عرض خیابان

cu: ضریب بهره روشنائی

MF: ضریب آلودگی و فرسودگی

اگرE بر حسب ft – cd باشد a و b بر حسب ft خواهند بود.

اگر E بر حسب Lx باشد a و b بر حسب m خواهند بود.

با استفاده از رابطه روبرو فاصله بین دو تیر محاسبه می‌شود.

$$a = \frac{\phi.cu.MF}{E.b}$$

روش محاسبه بدین ترتیب است که ابتدا پس از انتخاب لامپ و داشتن چهار مشخصه آن:

الف – ارتفاع چراغ را با در نظر گرفتن جریان نور لامپ و استفاده از جدول زیر بدست می‌آوریم.

نوع	مقدار لازم لوکس	حداقل مقدار لوکس
رفت و آمد کم	2	0.5
رفت و آمد متوسط	8	1.5
رفت و آمد زیاد	15	4
شهرهای بزرگ	30	8
خارج شهر	8	1.5

جدول روشنائی خیابانها

ب- بـا اسـتفاده از نسـبت $\frac{b}{h}$ و $\frac{b/2}{h}$ و اسـتفاده از منحنـی ضـریب اسـتفاده cu را بدست می‌آوریم.

ج- جریان نور لامپ را از مشخصه آن می‌خوانیم.

د- روشـنائی متوسـط متوسـط را بـا توجـه بـه منحنـی‌هـا ایزولـوکس لامـپ تعیـین می‌کنیم.

ه- بـا بدسـت آمـدن مقـادیر فـوق و بـا اسـتفاده از رابطـه تعیـین (a) فاصـله بـین دو تیـر مجـاور را بدسـت مـی‌آوریـم همانطوریکـه قـبلاً ذکـر شـد فاصـله بـین دو تیـر را می‌توان پـس از تعیـین ارتفـاع و تبـدیل منحنـی‌هـای ایزولـوکس بـه ارتفـاع تعیـین شـده و رسم منحنی E= f(a) و تطبیق دو منحنی E= f(a) بر هم نیز می‌توان بدست آورد.

بعنوان مثال می‌توان از نصب چراغ‌ها در دو طرف خیابان نام برد:

ابتـدا ضـریب اسـتفاده (cu) را بـا اسـتفاده از نمـودار (ج – د) در صـفحات گذشته محاسبه می‌کنیم و بعد

$$\frac{\text{با استفاده از جدول طرف خیابان}}{\text{عرض خیابان / ارتفاع}} = \frac{9.5}{9} = 1.05$$

$$\frac{\text{پیاده رو عرض}}{\text{ارتفاع}} = 0.02$$

$$cu = cu_1 + cu_2 = 0.3 + 0.02 = 0.32$$

تعیین ضریب آلودگی و فرسودگی (LDD, LLD)

$$MF = LDD \times LLD$$

با استفاده از جدول شماره مقدار LLD (ضریب فرسودگی) برابر است با LLD = 0.83 و با استفاده از جدول مربوط به آلودگی مقدار ضریب آلودگی را تعیین می‌کنیم و روی منحنی c کار می‌کنیم و لامپها هر 3 سال یکبار تعمیز باید بشوند. LDD = 0.78 MF = 0.83 × 0.78 = 0.64

محاسبهٔ فاصلهٔ تیرها از هم:

$$a = \frac{\varphi.cu.MF}{E.W} \Rightarrow a = \frac{135000 \times 0.32 \times 0.64}{16 \times 10.75} = 16m$$

فرمان روشنائی محوطه

بعلت گسترده بودن سایت برای مناطق مختلف از تعداد پستهای 20 کیلو ولت به 400 ولت استفاده می‌گردد که هر پست می‌تواند تأمین کننده روشنائی محوطه منطقه مربوط به خود باشد این روش بدلیل جلوگیری از افت ولتاژ زیاد و کابلهای مناسب می‌باشد اما بدلیل اینکه تعداد محلهای اضافی سوئیچ کردن افزایش می‌یابد دارای اشکال است لذا مناسبتر است که سعی شود مصارف روشنائی محوطه و فضای سبز و خیابانها توسط تمامی آنها تأمین گردد. برای فرمان روشنائی محوطه طبق استانداردها به سه طریق می‌توان عمل نمود:

۱) کلید دستی

۲) کلید دست و فتوسل

۳) کلید دستی و ساعت فرمان

به دلیل دارا بودن دقت بیشتر و عدم نیاز به تنظیم زمانی برای فصل‌های مختلف سال استفاده از کلید دستی و فتوسل مناسب می‌باشد.

محاسبهٔ روشنائی محوطه:

خیابان اصلی:

a = 30 m

b= 16 m

h = 8 m $\frac{b}{h} = \frac{13}{8} = 1.63m$

E= 8 Lx $\varphi = \frac{8 \times 30 \times 13}{0.36 \times 0.65}$ $\varphi = 13333.3Lm$

$\xi = \%36$ $n = \frac{\varphi}{3500} = 3.81 \approx 4$

L = 100 m

MF = %65

نوع لامپ جیوه‌ای با پوشش مواد فلورسنت 80, HQL وات، 500 Lm

توضیح: خیابان اصلی بخاطر حالت خاص وجود فضای استخر می‌بایست یکی از پایه‌های روشنایی دو طرف و با نوع لامپ توصیه شده و نصب گردد.

خیابان شمالی:

a = 30 m

b = 11 m

h = 8 m $\frac{b}{h} = \frac{11}{8} = 1.4m$

E = 8 Lx $\varphi = \frac{8 \times 30 \times 11}{0.36 \times 0.65} \quad \varphi = 11282.1 \ Lm$

$\xi = \%36$ $n = \frac{\varphi}{3500} = 3.2 \approx 3$

L = 60 m

MF = %65

نوع لامپ جیوه‌ای 80 وات، 3500 Lm

خیابان جنوبی:

a = 27 m

b = 19 m

h = 8 m $\frac{b}{h} = \frac{19}{8} = 2.38m$

E = 8 Lx $\varphi = \frac{8 \times 27 \times 19}{0.48 \times 0.65} \quad \varphi = 13153.8 \ Lm$

$\xi = \%48$ $n = \frac{\varphi}{3500} = 3.6 \approx 3$

L = 54 m

MF = %65

نوع لامپ جیوه‌ای، 80 وات، 3500 Lm

٤ – روشنائی حفاظتی و نورتابی ساختمان:

شدت روشنائی لازم جهت نورتابی بستگی به روشنی و یا تیرگی سطح و نوع جنس آن دارد. در جدول زیر روشنائی لازم جهت نورتابی جبهه ساختمانها داده شده است.

جنس روسازی	%Pr	اطراف ساختمان		
		تیره	نیمه روشن	روشن
سطح	100	20	30	20
مرمر سفید	60	35	50	70
روسازی سنگ باس سیمان سفید	45	4	60	80
روسازی زرد یا خاکستری	30	60	60	120
روسازی تیره – آجر گرافیک	15	120	180	240

جدول روشنائی لازم نور تابی جبهه ساختمانها بر حسب لوکس

برای یکنواختی نورتابی اگر از چند نورافکن استفاده شود مخروطهای نور باید یکدیگر را قطع کنند ارتفاع نورافکن‌ها بایستی نصف ارتفاع ساختمان باشد.

فاصله نورافکن از ساختمان بصورتی انجام می‌پذیرد که باعث چشم‌زدگی ونیز انعکاس نور پنجره‌های ساختمان پیش نیاید. ($D = \frac{1}{2}h$) و (D فصله از ساختمان می‌باشد و h ارتفاع ساختمان) همچنین فاصله نورافکن‌ها از یکدیگر نیز باید تعیین شود. معمولاً فاصله آنها از یکدیگر 1.5 برابر فاصله آنها از ساختمان در نظر گرفته می‌شود. a: a = 1.5 D فاصله بین دو نورافکن

برای نورتابی جبهه ساختمان‌ها از لامپ‌های نوع R و PAR و نورافکن‌های لعابی و یا آئینه‌ای و غیر استفاده می‌شود.

انتخاب نوع نورافکن:

الف – برای فاصله‌هائی ۱۰ تا ۲۰ m (D = 10 – 20 m) نور افکن لعابی با زاویه تابش 130° استفاده می‌شود و یا لامپ‌های رشته‌ای، جیوه‌ای، و یا سدیم

برای فاصله‌های بین 20 تا 30 متر (D = 20 – 30 m) با زاویه تابش 20° - 10° و برای فاصله‌های بیش از 100 متر زاویه تابش کمتر از 10° خواهد بود. و از نورافکن‌های مخصوصی با لامپ‌های مخصوص استفاده می‌شود.

توضیح در بعضی موارد نورتابی ساختمان به منظور زیبائی و حفاظت صورت می‌گیرد. در صورتیکه دکل نورافکن را در فاصله $D = \frac{1}{2}h$ نصب نمائیم تنها نمای ساختمان روشن می‌گردد. بنابراین در اینگونه موارد نورافکن را بایستی در حد نهائی منطقه حفاظتی (دیوارهای محوطه) نصب نمائیم و مقدار نور لازم را با تغییر مقادیر زاویه تابش و شدت روشنائی جبران نمائیم. در این کارخانه هم بدلیل ضروری بودن مسأله حفاظتی نورافکن‌ها را روی دیوارهای محوطه نصب می‌کنیم.

محاسبهٔ نورتابی:

برای فواصل d = 20 – 30 m از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

$$\varphi = \frac{E.A}{\xi u.\Pr.MF.S}$$

φ . جریان نورافکن ها

E . روشنائی لازم برای سطح

ξ . بازده نورافکن 80% - 60%

P . ضریب عبور نور از شیشه نورافکن
- 90 – 85 % شیشه شفاف
- 85 – 75% شیشه مخصوص

S. ضریب پراکندگی نـور کـه در اثـر آن مقـداری از نـور تلـف مـی‌شـو و بعضـاً بـه ساختمانهای اطراف می‌رسد.

$\%s = \%75 - 90$

MF : ضریب آلودگی و فرسودگی

A: سطحی که روشن می‌شود. (m^2)

فصل چهارم

محاسبه و بررسی سیستم توزیع قدرت

۱ – توزیع قدرت در مجتمع صنعتی

سیستم برق مراکز صنعتی بمنظور تغذیه و تأمین انرژی الکتریکی بعضی از مصرف کننده‌های الکتریکی نظیر موتورهای الکتریکی، کوره‌های الکتریکی، تأسیسات و آبکاری ماشین‌های جوشکاری الکتریکی و غیره طراحی می‌شوند. در بیشتر مصارف برق، برق AC (متناوب) مورد استفاده قرار می‌گیرد. و در بعضی از موارد مانند تجزیه و الکتریکی و آبکاری از برق مستقیم استفاده می‌شود. برق متناوب غالباً در فرکانس‌های 50 هرتز (سیکل بر ثانیه) مورد استفاده قرار می‌گیرد و ولتاژهای مصرفی آن هم از 380 ولت در بارهای کوچک تا 11000 ولت در بارهای بزرگ متغیر میباشد. در ابتدای کار نیروگاههای برق در مجاورت و یا در داخل کارخانه‌های صنعتی ساخته می‌شد. امروزه بیشتر نیروگاهها در نقاطی که انرژی جنبشی و پتانسیل، قابل تبدیل به انرژی الکتریکی وجود دارد ساخته می‌شوند و در بیشتر این موارد این منابع دور از مراکز صنعتی می‌باشند و انرژی برق ارزان قیمت از طریق خطوط انتقال فشار قوی به این مراکز انتقال می‌یابد. در زمان حاضر هم با وجود استفاده از شبکه‌های قدرت در تأمین انرژی در بعضی از مجتمع‌های صنعتی و کارخانجات بزرگ نیروگاههای کوچک ساخته می‌شود.

الف – نیاز به تعمین انرژی اضطراری برای بارهای مهم

ب – نیاز به بخار آب به منظور تعمین احتیاجات حرارتی و یا صنعتی

پ – ضرورت استفاده از سوخت‌های گازی در تولید کارخانه

بطور کلی چه در موارد که از برق شبکه استفاده می‌شود و چه در مواردی که از نیروگاههای اختصاصی استفاده بعمل می‌آید شبکه توزیع کارخانه باید طوری طرح‌ریزی شود که دارای خصوصیات زیر باشد.

الف – انرژی قابل اطمینان به همه بارها برسد: میزان اطمینان لازم برای بارهای مختلف متفاوت استو براین اساس بارها را به سه نوع مختلف تقسیم بندی می‌کنند.

دربارهای نوع اول هر گونه قطع برق موجب به خطر افتادن جان کارکنان و وارد شدن صدمات به وسائل می‌گردد. دربارهای نوع دوم قطع برق موجب توقف خط تولید و ضایع شدن وقت کارگران میشود. و بارهای نوع سوم بارهای کم اهمیت هستند.

بارهای نوع اول: حداقل باید از دو منبع تغذیه مستقل از هم انرژی آنها تعیین شود تا در صورت قطع یک منبع، منبع دیگر کار تغذیه و تعمین انرژی را انجام دهد.

بارهای نوع دوم: در این گونه بارها نیز ممکن است از دو منبع مستقل تغذیه استفاده شود.

بارهای نوع سوم: استفاده از یک خط کافیست.

ب – بهره برداری از دستگاهها بسهولت ممکن می‌باشد.

ت – سیستم کمترین هزینه تعمیرات و تلفات انرژی را داشته باشد.

پ – سیستم بطور سریع قابل نصب و تکمیل باشد.

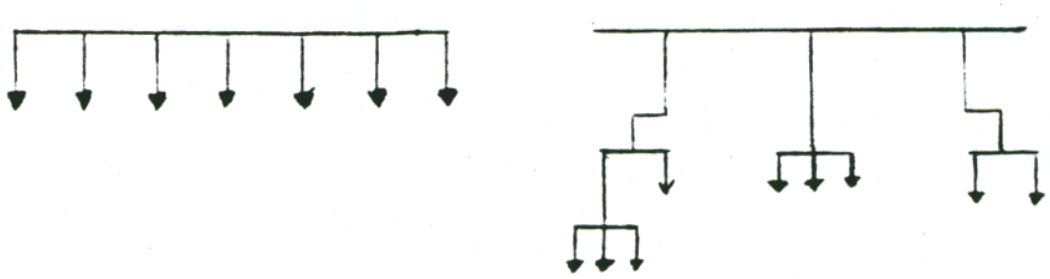
در این فصل سیستم برق مراکز صنعتی، محاسبات انشعابها و کنترل و حفاظت انشعابها را مورد توجه قرار می‌دهیم.

انواع سیستم توزیع برق

غالب مراکز صنعتی ادارات پست و یا پست‌های مخصوصی هستند که در آنها انرژی خریداری شده و در ولتاژ بالا به ولتاژ مصرفی تبدیل می‌شود. بعبارت دیگر سیستم برق‌رسانی بدین صورت خواهد بود که در پست تبدیل منطقه‌ای ولتاژ 20 kv به حد ولتاژهای 220 / 380 مورد نیاز کاهش یافته و از شین مربوطه توسط کابلهای فشار ضعیف، تابلوها و کیوسکهای نیم‌اصلی برای تغذیه بارها انتقال پیدا می‌کنند. این انتقال به دو صورت انجام می‌پذیرد. روش اول که به روش شعاعی معروف است.

شبکه شعاعی (باز)

این شبکه از یک سمت تغذیه می‌شود. در چنین شبکه‌ای یک یا چند هادی از منبع جریان به تابلوی اصلی تقسیم کشیده می‌شوند. در شبکه‌های باز ممکن است هر مصرف‌کننده‌ای مستقیماً از تابلوی اصلی تقسیم تغذیه شود. که این نوع تغذیه در این روش در شکل زیر نشان داده شده‌اند.



شکل سیستم توزیع شعاعی

(a) بارهای کوچک پراکنده (b) بارهای بزرگ و متمرکز

خطوط معمولاً بصورت کابل زیرزمینی اصلی توزیع به مراکز بار کشیده می‌شود. در چنین حالتی ضریب اطمینان کار شبکه خوب می‌باشد زیرا در صورت وقوع اتصال کوتاه در یکی از انشعابات

فقط یک مصرف کننده بدون جریان می‌ماند این شبکه جهت تغذیه مصرف کننده‌های بزرگ نصب می‌شود در کارخانجات و تأسیسات صنعتی بکار می‌رود. خصوصیت مهم سیستم‌های شعاعی اینست که خطوط تغذیه کننده در امتداد طول خود باری را تغذیه نمی‌کند و تنها توان الکتریکی را به مراکز بارها می‌رسانند لذا برای تغذیه بارها متمرکز مناسب هستند. در شکل a هر مرکز بار شامل بارهای متعدد کوچک و یا متوسط هستند و در شکل b هر مرکز بار تنها دارای یک بار بزرگ است. در روش دوم که به روش مداری معروف است و در شکل زیر نیز نشان داده شده است خطوطی که از شین‌ها کشیده می‌شود در طول مسیر خود بارهای متعددی را تغذیه می‌کند و بنابراین برای تغذیه بارهای غیر متمرکز مناسب هستند.

در مقایسه این دو روش با هم می‌توان به نتایج زیر رسید.

الف – هزینه سیستم‌های مداری به دلیل کم بودن وسایل کنترلی و حفاظتی نسبت به سیستم شعاعی کمتر است.

ب – در سیستم‌های مداری میتوان از روش‌های نوین سیم‌کشی مانند شیشه‌ای که در فصل مربوط مورد بحث قرار خواهد گرفت استفاده نمود.

ج – سیستم مداری از اطمینان کمتری نسبت به سیستم شعاعی برخوردار است چرا که در صورت بروز اشکال در هر نقطهٔ مدار اصلی برق رسانی به بارهای دیگر غیر ممکن خواهد شد.

لذا نتیجه میگیریم که سیستم‌های شعاعی از وسائل کنترل و حفاظتی بیشتری استفاده می‌کند و همچنین نصب آنها نیز مدت بیشتری طول می‌کشد و هزینه بیشتری را هم در برخواهد داشت اما از اطمینان بالاتری برخوردار خواهد بود.

توزیع استفاده می‌شود. با اینکه فرکانس در نیروگاهها بطور اتوماتیک کنترل میشود تغییرات ناگهانی باز موجب نوساناتی در فرکانس میشود. غالب تغییرات فرکانس باید حدود 1± در صدر و یا 0.5± سیکل بر ثانیه در فرکانس استاندارد 50 هرتز باشد. زیاد شدن فرکانس در موتورها سبب کاهش فلوی مغناطیسی و افزایش سرعت آنها می‌شود. کم شدن فرکانس نیز موجب افزایش فلوی مغناطیسی و ازدیاد تلفات حرارتی می‌گردد.

بارهای روشنائی مراکز صنعتی:

در مرکز صنعتی دو نوع بار روشنائی دیده می‌شود. یکی بار روشنائی اصلی که هدف آن تأمین روشنائی لازم برای انجام کارها و عملیات‌ها است و دیگری بار روشنائی اضطراری است که در صورت قطع شدن روشنائی اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هدف آن تأمین روشنائی بطور موقت برای ادامه کارهای ضروری و با تخلیه کارکنان از ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بارهای روشنائی اصلی همه دو دسته تقسیم می‌شوند. یکی روشنائی عمومی که هدف آن تأمین روشنائی در یک ناحیه نسبتاً بزرگ نظیر یک کارگاه یا یک انبار است و دیگری روشنائی موضعی که هدف آن ایجاد روشنائی در یک ناحیهٔ کوچک نظیر محدودهٔ یک ماشین تراش و یا اطراف چراغ‌های سیار میباشد. در بیشتر مراکز صنعتی تظیر خانه‌های مسکونی برای روشنائی از ولتاژ 220v استفاده بعمل می‌آید. باید توجه داشت که استفاده از این ولتاژ تنها در مکانهای خشک و خنک بدون گرد و خاک و بخار آب که دارای کفهای غیر فلزی و فاقد اجسام هادی متصل به زمین می‌باشند ممکن است، چرا که در اینگونه مراکز خطر برق گرفتگی کم است در مکانهای مرطوب و یا گرم که دارای کفهای هادی (مثل فلز یا بتون مسلح) باشد خطرات برق‌گرفتگی شبکه‌هائی که از دو سو تغذیه می‌شوند. در محل‌هایی که قطع اتفاقی جریان برق مجاز نمی‌باشد.

جهت بالا بردن ضریب اطمینان کار شبکه‌های الکتریکی بهتر است که شبکه‌ها از دو سمت مختلف تغذیه شوند. در این صورت با از کار افتادن یک خط بار می‌تواند انرژی مورد نیاز خود را از پست دوم تعمین کند.

عملکرد شبکه‌های حلقه‌ای مانند شبکه‌هائی استکه از دو سو تغذیه می‌شوند با این تفاوت که در یک شبکه حلقوی ابتدا خط هادی به یک منبع متصل می‌باشد.

خصوصیات سیستم‌های توزیع برق:

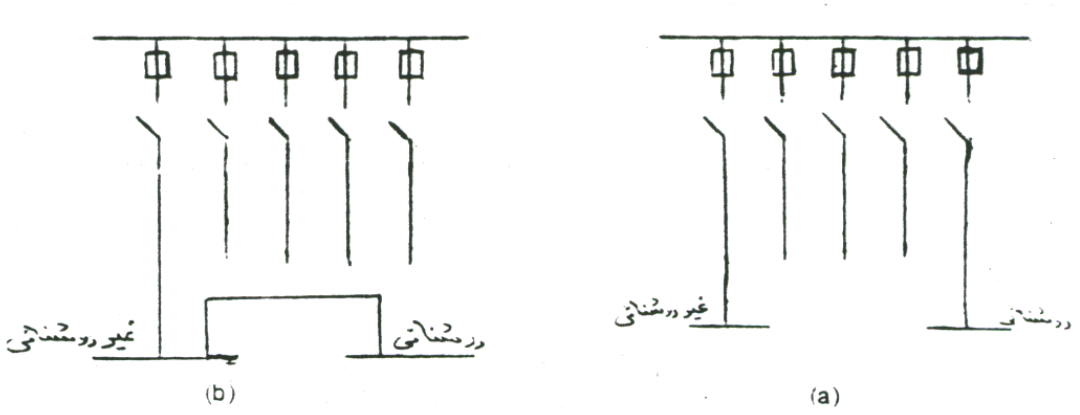
دو خصوصیت مهم در سیستم‌های توزیع برق داشتن ولتاژ و فرکانس ثابت است و بر اساس مقررات تعیین شده تغییر ولتاژ برای مدارهای روشنائی نباید از 2.5 در صد مقدار اسمی آنها کمتر و یا زیادتر شود و این مقدار برای موتورهای الکتریکی نباید از 5± درصد مقدار اسمی آنها تجاوز کند.

در چراغهای روشنائی ولتاژ کمتر از مقدار اسمی آنها میزان روشنائی را خیلی کاهش می‌دهد و ولتاژهای بیشتر از آن همه عمر مفید آنها را کاهش می‌دهد و در مورد موتورها هم می‌توان گفت که ولتاژ کمتر از مقدار اسمی کوپل تولید شده در موتورها را کاهش می‌دهدو ولتاژهای بالاتر نیز سبب بالا رفتن فلوی مغناطیسی ماشین و افزایش تلفات حرارتی و کاهش عمر مفید موتورها می‌گردد. با اینکه در نیروگاهها ولتاژ بطور اتوماتیک ثابت نگه داشته می‌شود اما بدلیل وجود تغییرات بار در کارخانه‌ها افت ولتاژ در خطوط انتقال و توزیع اجتناب ناپذیر است. و برای نگاه داشتن ولتاژ در محدودهٔ مجاز از خازنهای تصحیح ضریب قدرت یا

ترانس‌های تاپ چنجر و یا اتصال موازی مولد خصوصی کارخانه با شبکه زیاد است و لازمست از ولتاژهای کم در حدود 12 تا 36 ولت استفاده شود که از طریق ترانسفورماتورهای مخصوصی تأمین می‌شود. بارهای روشنائی موضعی چه ثابت و چه سیار بدلیل اینکه کارگران در حال کار بکرات با آنها تماس حاص میکنند حتماً باید از ولتاژهای کم استفاده شود. در اینگونه موارد بدلیل ایمنی از ولتاژهای بیشتر از 36v استفاده نمی‌شود. در چراغهای دستی که در مواقع بازرسی داخل دیگهای بخار و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرند عموماً از ولتاژ 12 ولت استفاده بعمل می‌آید. با توج به توضیحات فوق روشنائی کارخانه را با ولتاژ کم طراحی می‌نمائیم. اما بدلیل گران بودن این نوع طراحی و کم بودن لامپ‌هایی به ولتاژهای کم در بازار و از همه مهمتر بدلیل خشک بودن محیط کار و پائین بودن احتمال وجود اتصال کوتاه، سیستم روشنائی کارخانه‌ها را با ولتاژ 220 ولت طراحی می‌نمائیم.

برای تغذیه بارهای روشنائی می‌توان از مدارهای مخصوصی که به این منظور از پست کشیده شده است استفاده کرد و یا تابلوی روشنائی را از طریق خط تغذیه که بارهای صنعتی را تغذیه میکنند تغذیه نمود. در شکل زیر این دو روش تغذیه بارهای روشنائی نشان داده شده‌اند. در شکل (a) بارهای روشنائی و غیر روشنائی از یک مدار تغذیه شده‌اند و در شکل (b) از دو مدار مختلف، برای این دو نوع بار در نظر گرفته شده است. روش (a) ارزانتر تمام می‌شود لیکن در

آن کاهش نـور چـراغهـا در موقـع راه‌انـدازی موتـورهـای بـزرگ اجتنـاب ناپـذیر اسـت و ممکـن اسـت در بعضـی مـوارد ایـن کـاهش نـور غیـر قابـل قبـول هـم باشـد. در حـالات کلی استفاده از روش (b) علیرغم هزینه بیشتر آن بهتر از روش اول است.



در مواردیکـه روشـنائی، انـرژی الکتریکـی خـود را از طریـق ترانسـفورماتورهای کاهنـده تـأمین مـی‌نمایـد ایـن ترانسـفورماتورها قبـل از تـابلوی روشـنائی مربوطـه قـرار می‌گیرند.

قطـع بـرق روشـنائی در مراکـز صـنعتی ممکـن اسـت ضـایعاتی ببـار آورد. بـرای ایـن منظـور چراغهـای اضـطراری پـیش‌بینـی مـی‌شـود کـه مسـتقل از مـدار تغذیـه روشـنائی کارخانـه اسـت و در صـورت امکـان از ترانسـفورماتور دیگـری کـه در پسـت اصـلی حکـم یـک منبـع مسـتقل را دارد تـأمین مـی‌شـود. در مواردیکـه احتمـال قطـع همزمـان دو ترانسـفورماتور، وجـود داشـته باشـد و روشـنائی اضـطراری هـم ضـرورت داشـته باشـد از یـک سیسـتم جریـان بـرق مسـتقیم اسـتفاده مـی‌شـود کـه در صورت قطع برق بطور خودکار در مدار روشنائی اضطراری قرار می‌گیرد.

تعیین میزان بار روشنائی:

میزان بار روشنائی را می‌توان با انجام محاسبات روشنائی بطور دقیق تعیین کرد. میزان روشنائی لازم بستگی به نوع فعالیت صنعتی و ظرافت آن در حدود 300 – 30 لوکس متغیر است.

ارقام کوچک برق کارهای غیر ظریف و دقیق روی قطعات بزرگ و ارقام بزرگ برای بخشهای بازرسی و کنترل کیفیت تولیدات می‌باشد. با توجه به اینکه لامپهای انتهابی باز، هر وات در حدود 20 لومن توان نوری تولید می‌کنند ارقام فوق در حدود 15 الی 1330 وات بر متر مربع می‌شود.

برای دریافت راندمان نوری بالاتر حدود 80 لومن بر وات در لامپ‌های فلورسنت و حدود 120 لومن بر وات در لامپ‌های سدیم لازم است و در استفاده از لامپ‌های فلورسنت $\frac{1}{4}$ و در مورد لامپهای سدیم $\frac{1}{6}$ توانهای ذکر شده در بالا کافیست.

تعیین تعداد انشعاب‌های روشنائی:

هر انعشاب روشنائی صنعتی را برای جریانی حدود 10یا 16 آمپر طرح ریزی می‌کنیم. در این حالت بترتیب از سیم‌های استاندارد ۱,۵ و ۲,۵ در لوله استفاده می‌کنیم. مقررات تغذیه بیش از 20 چراغ در از یک انشعاب جایز نمی‌داند که در صورت قطع یک فیوز قسمت بزرگی از ساختمان در تاریکی فرو نرود براین اساس است که در مراکز صنعتی تعداد مدارهای روشنائی خیلی زیاد است برای

جلوگیری از افت زیاد ولتاژ در طول سیمهای از تابلوهای توزیع روشنائی متعددی در نقاط مختلف کارگاه استفاده می‌کنیم تابلوهای توزیع تک فاز می‌توانند محوطه‌ای به شعاع 25 متر و تابلوهای سه فاز و شعاع حدود 75 متر و بدون افت ولتاژ بیش از حد مجاز تغذیه نمایند.

کنترل انشعابهای روشنائی

انشعابهای روشنائی طوری انتخاب می‌شوند که آنها چراغهای قسمت معینی از کارگاهها روشن یا خاموش می‌کنند و روشنائی قسمت‌های مختلف روی یک انشعاب قرار داده نمی‌شوند وبرای کنترل این چراغها از کلیدهائی که در تابلوهای توزیع این انشعاب وجود دارد استفاده می‌کنیم و هر کلید یک انشعاب را قطع یا وصل می‌کند در مواردیکه تغذیه چراغهای قسمتهای مختلف از طریق یک انشعاب ضروری باشد کلید کنترل هر قسمت را نزدیک درب وردوی آن قسمت قرار می‌دهیم.

کلیدهای کنترل وابسته به نوع مداری که کنترل میکنند یک قطبی یا سه قطبی انتخاب می‌شوند.

بارهای صنعتی (غیر روشنائی)

بارهای صنعتی الکتریکی از چند گروه تشکیل می‌شند:

دسته اول شامل بارهای چرخان مانند موتورهای کمپرسورها، پنکهها و تلمبه‌ه می‌باشند. در این گونه خمورد بعث قیمت نسبتاً ارزان و نیازهای تعمیراتی

کم و کمی تغییرات سرعت و با باره غالباً از موتورهای القائی سه فاز استفاده می‌شود که با برق 380 ولت و فرکانس 50 هرتز در موتورهای کوچک و کیلوولت در موتورهای بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند ضریب قدرت این موتورها در حدود 85% درصد است و بندرت برای ضریب قدرت بهتر از موتورهای سنگرون که گرانتر هستند استفاده بعمل می‌آید.

دستهٔ دوم موتورهائی هستند که وسایلی مانند بالابرنده‌ها و تسمه‌های نقاله‌ها را بحرکت در می‌آورند و در سال‌های گذشته دراین گونه موارد از موتورهای جریان مستقیم که کنترل سرعت آنها بسهولت ممکن است استفاده بعمل می‌آمد. لیکن امروزه با پیدایش روش‌های مناسبی برای کنترل سرعت موتورهای القائی این موتوره رفته‌رفته جانشین موتورهای جریان مستقیم گردیده‌اند.

دستهٔ سوم موتورهای گرداننده هستند مانند مته‌ها و ماشین‌های تراش و غیره است که از نظر تعداد، بسیار با اهمیت این موتورها غالباً از برق 180 ولت و فرکانس 50 هرتز استفاده می‌کنند.

دستهٔ چهارم بارهای صنعتی برقی، کوره‌های القائی هستند که برای ذوب فلزات بکار رفته می‌شوند و مصرف کننده‌های خیلی بزرگ بشمار می‌آیند. در کوره‌های الکتریکی از فرکانس 50 هرتز و درکوره‌های القائی از فرکانس‌های زیاد

در حدود کیلوهرتز استفاده بعمل می‌آید که توسط مولدهای مخصوص تولید می‌شوند.

ضریب قدرت کوره‌های الکتریکی در حدود 0.9 است و درکروه‌های القائی در حدود 0.7 پایین می‌آید بارهای دیگر با اهمیت عبارتند از: ماشین‌های جوشکاری، پرس و غیره است که غالباً از برق 50 هرتز و ولتاژ 380 ولت استفاده می‌کنند.

تعیین میزان بار صنعتی

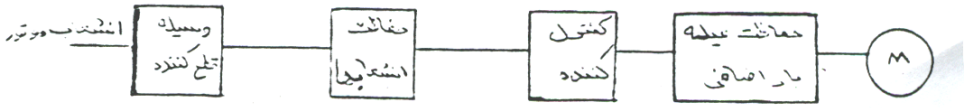
بطوریکه در بالا دیدیم بیشتر بارهای صنعتی الکتریکی را موتورها تشکیل می‌دهند. در انتخاب یک موتور الکتریکی برای انجام یک کار معین پیوسته به دلایل اقتصادی سعی می‌شود که کوچکترین موتوری که قادر به انجام کار مورد نظر است استفاده نمی‌شوند. حداکثر کاری که یک موتور بزرگ هم می‌توانند این کار انجام دهند ولیکن بعلت اقتصادی نبودن استفاده نمی‌شوند. حداکثر کاری که یک موتور می‌تواند انجام دهد را درجه حرارت آن در حین کار معین می‌کند. درصورتیکه از موتوری بیشتر از ظرفیت آن کار گرفته شود تلفات حرارتی آن افزایش می‌یابد و با بالا رفتن درجه حرارت از حد مجاز موجب خرابی عایق‌بندی آن و در نهایت سوختن موتور و سبب می‌شود. درصورتیکه در مکانیکی دقت باشد موتوری به ظرفیت اسمی برابر میزان بار انتخاب می‌شوند.

تعداد انشعاب‌ها برای بارهای صنعتی:

بیشتر قوانینو مقررات توصیه می‌کنند که برای تغذیه هر موتور و یا هر وسیله صنعتی دیگر از یک انشعاب اختصاصی استفاده بعمل آید. در صورتیکه بیش از یک موتور با یک وسیله الکتریکی در نقطه‌ای مستقر باشد یک مدار تغذیه به تابلوی توزیع، در محل آورده می‌شود و از آنجا انشعابهای اختصاصی برای هر موتور یا وسیله الکتریکی دیگر گرفته می‌شود. البته قرار دادن بیش از یک موتور یا یک وسیله الکتریکی روی یک انشعاب در مورد موتورهای کوچک در بسیاری از استانداردها مجاز بوده و تابع مقررات مخصوص بخود می‌باشد.

کنترل انشعابهای موتورها

وسایل کنترل و حفاظت هر انشعاب موتور در شکل زیر نشان داده شده است.



بطوریکه ملاحظه می‌شود دو المان اصلی در کنترل انشعابها موتور است یکی وسیله قطع کننده میباشد و دومی کنترل کننده است وظیفه قطع کننده قطع کامل برق از محل است بطوریکه کل تعمیر روی موتور امکانپذیر باشد. این وسیله باید دارای ظرفیت کافی برای حمل جریان موتور در حین کار باشد و باید بتواند

همهٔ سیم‌هائی را که زمین نشده‌اند را بطور همزمان قطع کند. این وسیله باید از محل استقرار موتور قابل رویت باشد و باز یا بسته بودن آن مشخص باشد. در غیر اینصورت باید بتوان انرا در وضعیت باز قفل نمود. کنترلر عمل روشن کردن خاموش کردن یا معکوس نمودن جهت گردش موتورها را انجام می‌دهد. این وسیله می‌تواند دستی و یا خودکار عمل کند این وسیله باید ظرفیتی برابر ظرفیت موتور را داشته باشد و تنها از سیم‌ها را که برای انجام این عمل لازم است قطع یا وصل کند.

۲ – محاسبه سطح مقطع کابل

روش انتخاب کابل

در طرحی شبکه‌های توزیع برق و تنظیم پروژه‌های پخش انرژی احتیاج به شناختن کابل و چگونگی کاربرد آن داریم، هرکابلی به سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان معینی از برق می‌باشد، اگر جریان عبوری از کابل از حد معینی تجاوز کند سبب کوتاهی عمر کابل و یا سوختن آن میگردد لذا در طراحی شبکه‌های توزیع قدرت، سه اصل زیر را باید در نظر گرفت.

الف – جریان برق عبوری از کابل از حد مجاز آن بالاتر نرود.

ب – افت ولتاژ نباید از حد مجاز بیشتر باشد.

ج – محاسبات اقتصادی در مورد انتخاب سطح مقطع با در نظر گرفتن افت توان انجام می‌شود. قبل از بررسی و شرح هر کدام از عامل‌های تعیین کننده کابل،

شرح مختصری در مورد خود کابل و شناختن انواع آن و چگونگی انتقال قدرت از منبع به محل مصرف کننده بوسیله کابل و تعیین مسیرهای عبوری کابل و انشعاب‌های مختلف از کابل و بعد به توضیح قسمت‌های تعیین کننده محدودیت در انتخاب کابل می‌پردازیم.

شناخت کابلها

در گذشته هنگامیکه هنوز کابلهایی با عایق مصنوعی (PVC) رواج پیدا نکرده بود از کابلهای کمربندی چهار سیمه برای توزیع قدرت در داخل شهر با اختلاف پتاسیل 380 – 220 ولت استفاده بعمل می‌آمد که در برخی از موارد از غلاف آلومینیومی کابلها بعنوان سیم چهارم و یا سیم صفر بخصوص در شبکه‌های توزیع شهری استفاده می‌شد. اما پس از وارد شدن عایق (PVC) به بازار کلیه کابلهای سیستم‌ها و حتی کابلهای لاستیکی و پلاستیکی کنار گذاشته شدند و از عایق (PVC) برای روکش سیم و غلاف خارجی آن استفاده می‌شود و دارای ترکیبات مختلفی هستند. زیرا، روکش سیم باید دارای استقامت الکتریکی خوب و پوشش خارجی کابل باید دارای استقامت مکانیکی بالا باشد کابلهای (PVC) تا اختلاف ولتاژ یک کیلو ولت بودن غلاف فلزی ساخته می‌شوند و از سه لایه عایق سیم، ماده را پر می‌کنند و این ماده پوشش خارجی را تشکیل می‌دهند. کابل Nn و کابلهای (PVC) نسبت به کابلهای به مشخصاتی که در گذشته از آن استفاده می‌شد دارای مزایائی بشرح زیر می‌باشند.

- وزن کم

- سطح صاف و تمیز و قابلیت انعطاف زیاد

- قابلیت نصب بصورت عمودی

لازم به توضیح است که در زمینهای شیبدار از کابلهای روغنی و کم روغنی نمی‌توان به راحتی استفاده نمود.

کابل PVC به خصوص در مقاطع کم و متوسط ارزانتر از کابلهای دیگر است و مورد استعمال آن بیشتر در مصارف داخلی نیروگاهها، پستها و تابلوهای برق و در توزیع انرژی با فشار کم و روشنائی خیابانها و سیم‌های فرمان و غیره می‌باشد.

از این کابل، چون فاقد غلاف فلزی است، فقط در صورتی می‌توان از آن در آب زمین‌های مرطوب استفاده کرد که هیچگاه تحت تأثیر فشار زیاد و ضربه‌های الکتریکی قرار نگیرد . از آنجائیکه ضریب تلفات این کابلها زیاد است (5% در مقابل 0.005 برای کابلهای کم روغن) فقط می‌توان از کابلهای PVC تا فشار 10KV و با غلاف فلزی استفاده نمود. البته چون این کابلها استقامت الکتریکی خوبی دارند، می‌توانند فشاری تا حدود 20KW و نیز بخوبی تحمل کنند. در مسافت‌های کم (از تابلو تا ترانسفورماتور را می‌توان از کابلهای PVC یک سیمه فشار قوی نیز استفاده کرد. کابلهای PVC ساخت زیمنس بنام پرتودور به بازار عرضه می‌شود که این کابلها با نام مستعار PE مشخص می‌شوند.

کابلهای پنی‌اتیلن به رنگ سفید در جاهائیکه جریان زیاد ولی کمتر از یک کیلو وات استفاده می‌شود بعلت پائین بودن درجه حرارت ذوب پلی‌اتیلن که زود نرم می‌شوند، از این رو قابل مقایسه با کابلهای PVC نیستند ولی در ولتاژهای بالاتر بعلت مشخصات خوب دی الکتریکی پلی اتیلن بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً پوشش خارجی کابل PE را بعلت اشتعال پذیر بودن پلی‌اتیلن از PVC می‌سازند این کابلها را زیمنس به نام پرتوتن به بازار عرضه می‌کند.

در ایران شرکت خدماتی صنایع کابل که چند کارخانه سازندهٔ سیم و کابل برق و مخابرات را تحت پوشش خود قرار داده است و اقدام به ساختن انواع کابلها، بر طبق استانداردهای موجود در ایران نموده است. استانداردهای VDE , IEC و BS در ایران موجود می‌باشد.

انواع کابلهای re – me و sm با رنگ‌بندیهای BS توسط این کارخانجات یا عایق PVC اکستروژن شده در داخل کشور تولید می‌گردد. سیم‌های تولید شده داخلی در نوع NYA بر اساس استاندارد (01) ISIRIq.V ساخته می‌شوند، که معادل NYA در (VDE 250) و در (BS 6006) می‌باشد. انتخاب کابلها و سیمهای ارتباطی نیز باید بر اساس جریان مجاز و افت ولتاژ مناسب انجام پذیرد. اما بطور معمول فیدبندیهای پریز و خطوط فرعی روشنائی معمولاً با سیم NYA با مقطع 1.5 میلیمتر انجام می‌پذیرد و سیم NYA به مقطع 2.5 میلیمتر برای فیدربندی‌های پریزهای معمولی در نظر گرفته می‌شود.

بعد از شناختن و کسب اطلاعاتی مختصر در مورد کابلها حال با توجه به سه اصلی که در گذشته اشاره شد که عبارت بودند از:

الف – حداکثر جریان مجاز عبوری از کابل

ب – حداکثر ولتاژ مجاز برای افت در طول سیم.

ج – محاسبات اقتصادی در مورد سطح مقطع انتخابی از نظر افت توان

در این قسمت در مورد چگونگی انتخاب سطح مقطع کابل با در نظر گرفتن این سه اصل شرح مختصری داده می‌شود.

الف – انتخاب کابل با توجه به جریان مجاز آن.

جریان مجاز کابلهای الکتریکی و کابلهای مخصوص روشنائی و سیم‌کشی به ترتیب در جدول زیر ارائه شده است لازم است که یادآوری شود، برای کابلهائی که در زمین دفن می‌شوند برای آن دسته از این کابلها که باید دائماً زیر بار باشند و جریان الکتریکی در آنها برقرار باشد بستگی به نوع خاکی که در آن دفن شده‌اند و مقاوت حرارتی آن خاک باید برای انتخاب کابل، محاسبات دقیقی را انجام داد.

نکته:

در هنگام تعیین سطح مقطع کابل باید در نظر داشت که برای فاصله‌های کم (حدود 200 m) جریان مجاز کابل محدود کننده سطح مقطع است، نه افت ولتاژ، در حالیکه برای طولهای زیاد افت ولتاژ تعیین کننده سطح مقطع می‌باشند.

شـرایط محـیط هـم در حـداکثر جریـان مـؤثر عبـوری از سـیم اثـر مـی‌گـذارد و بعضی از عوامل آن عبارتند از:

۱ – درجه حرارت محیط در خاک 20 درجه سانتگراد

۲ – درجه حرارت محیط در هوای آزاد 30 درجه سانتیگراد

۳ – مقاومت مخصوص حرارتی عایق و غلاف کابلها پلاستیکی 60 degc.cm / w

فاکتور تصحیح در صورت تغییر درجه حرارت

حداکثر درجه حرارت هادی 70°C	15	20	25	30	35	40	50	45	55	60
کابل در خاک	1.05	1	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55	0.45
کابل در هوای آزاد	1.17	112	1.08	1	0.64	0.87	0.79	0.71	0.61	0.5

جدول مربوط به فاکتور تصحیح در صورت تغییر درجه حرارت

جـدول فـاکتور تصـحیح جریـان مجـاز سـیم و کابـل بـر حسـب تغییـر درجـه حـرارت محیط 25 درجه سانتیگراد است.جـدول یـک و دویـی کـه در بـالا ارائـه شـد بـا توجـه بمـورد استفاده قرار گرفتن کابـل در شـرایط مختلـف در خـاک بـه هـوای آزاد و بـا توجـه بـه دمـای محیط، ضریب تصحیح را در اختیار قـرار مـی‌دهـد کـه بـه بـا اسـتفاده از آن مـی‌تـوان مقطـع کابل محاسبه شده در یک دما را دردمای دیگر را حساب کرد.

تعیین سطح مقطع کابل:

بـرای پیـدا کـردن سـطح مقطـع کابـل مـورد نظـر ابتـدا بایـد جریـان کذرنـده از ایـن کابل را مشـخص کنـیم و بـرای ایـن منظـور مـی‌تـوانیم از فرمولهـای ارائـه شـده در زیـر استفاده کنیم.

برای جریان مستقیم (DC) $In = \frac{P}{V}$

برای جریان متناوب یکفاز (AC) $In = \frac{P}{VCos\rho}$

برای جریان منتاوب سه فاز $In = \frac{P}{\sqrt{3VCos\varphi}}$

P : توان حقیقی برحسب وات V : ولتاژ خط بر حسب ولت

lc: جریان گذرنده بر حسب آمپر $Cos\varphi$: ضریب قدرت

برای تعیین سطح مقطع کابل ابتدا شرایطی را که قرار است کابل در آن وضعیت قرار گیرد را معین کرده سپس ضرائب مربوطه را از جدول استخراج می‌کنیم و از روی فرمول زیر جریان مجاز کابل مورد نظر را بدست آورد.

$$l_c = \frac{l_c}{\text{ضرائب} \quad \text{بدست} \quad \text{آمده}}$$

که در آن l_c جریان مجاز کل بر حسب آمپر است. سپس با توجه به جریانهای مجاز کابلهای فوق و کابلهای مخصوص روشنائی و سیم‌کشی، سطح مقطع کابل مورد نظر بدست می‌آید. بهتر است جریان مجاز را برای انتخاب سطح مقطع کابل حداقل 10 الی 15 درصد بیشتر از جریان مجاز محاسبه شده در نظر گرفت تا در صورت انتقال جریان بیشتر بعلت توسعه، کابل قابلیت انتقال آن را داشته باشد و نیازی به سیم‌کشی مجدد نباشد.

دومین عامل در تعیین سطح مقطع کابل افت ولتاژ در طول آن است پس در مورد دومین عامل با عنوان زیر توضیح مختصری می‌دهیم.

تعیین افت ولتاژ:

همیشه در طراحی شبکه‌ها باید سطح مقطع کابل طوری انتخاب شود که افت ولتاژ در داخل کابل درصد کوچکی از ولتاژ کل را تشکیل دهد. این افت ولتاژ بر حسب نوع شبکه و نیز ولتاژ آن متغییر است.

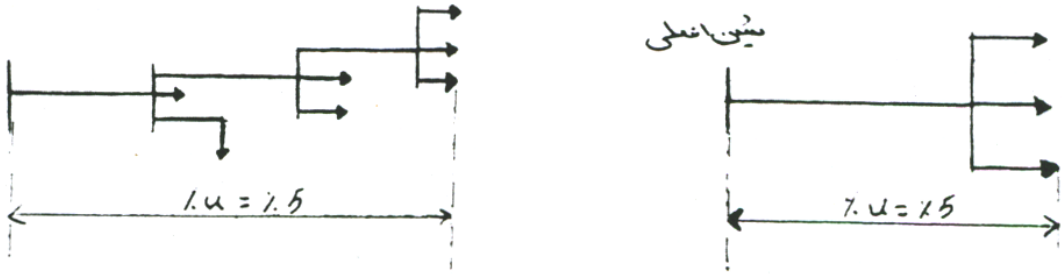
مثلاً برای شبکه شهری 220 / 380 ولت، افت ولتاژ مجاز حدود 5% می‌باشد. بنابراین پس از تعیین سطح مقطع باید بررسی شود که آیا سطح مقطع انتخابی این شرط را برآورده می‌سازد یا خیر، پس در این قسمت به تعیین سطح مقطع برای افت ولتاژ مجاز می‌پردازیم.

همانطور که در قسمت قبل اشاره شد در مراکز صنعتی بدلیل خاصیت مثبت روش شعاعی در اینگونه مرکز از این نوع سیستم استفاده می‌شود. بنابرانی در اینجا به چگونگی محاسبهٔ سطح مقطع هادی با توجه به افت ولتاژ آن می‌پردازیم.

می‌دانیم در شبکه‌های انتقال فشار متوسط، در پست‌هائی که برای تأمین انرژی الکتریکی مراکز صنعتی در نظر گرفته شده است از ترانسفورماتورهای 400v / 200kg استفاده می‌شود. بنابراین ولتاژی که برای مصرف به مراکز صنعتی داده می‌شود 400v خواهد بود، در صورتیکه اطلاع داریم که ماشین‌های صنعتی سه فلز یا ولتاژ ۳۸۰ ولت کار می‌کنند. با کمی دقت ملاحظه می‌شود که اختلاف بین 400 و 380 ولت 5 درصد ولتاژ 400 ولت می‌باشد. در نتیجه ما حداکثر افت ولتاژ مجاز از ترانس تا ماشین‌های صنعتی‌مان 20 ولت می‌باشد

بنـابراین سـطح مقطـع کابـل بایـد بگونـه انتخـاب شـود کـه افـت ولتـاژ در طـول کابـل بیشتر از حد مجاز نشود.

ممکـن اسـت بـرای رسـاندن ولتـاژ از پسـت بـه دسـتگاهها یکـی از دو روش شعاعی و یا انشـعابی اسـتفاده شـود کـه در هـر دو حالـت مـا از محـل تحویـل 400 ولـت تا هنگام استفاده تنها مجـاز بـه افـت ولتـاژی برابـر 20 ولـت هسـتیم شـکل زیـر دو مـدار شبکه‌ای سادهٔ شعاعی و انشعابی را نشان می‌دهد.



$$U = \sqrt{3} Ri \cos\varphi$$

$$U = \sqrt{3}\,\rho \frac{L}{S} i\,Cos\varphi \;,\; P = \frac{L}{X}$$

$$U = \sqrt{3}\,\frac{L}{XS} i\,Cos\varphi \quad (1)$$

در رابطـه فـوق بـه جهـت اینکـه مـی‌خـواهیم بـدترین حالـت ممکنـه را در نظـر بگیـریم بنـابراین مـی‌تـوانیم از $Cos\varphi$ صـرفنظر کنـیم و $u = \sqrt{3}\,\frac{L}{XS}$ در نظـر بگیـریم و پارامترهای موجود در این فرمول عبارتند از:

L طـول کابـل x (کیـا) هـدایت سـیم، I حـداکثر جریـان گذرنـده از کابـل و u نیـز برابـر 20 لـوت مـی‌باشـد. بنـابراین طبـق رابطـه (2) مـی‌تـوانیم (s سـطح مقطـع) سـطح مقطع را حساب کنیم.

البتـه در شـکلهای شـعاعی چنـد انشـعابه مـی‌بایسـت بـرای مقـادیر مختلفـی از L سـطح مقطـع کابـل را بدسـت آوریـم. بعبـارت دیگـر در شـبکه‌هـایی کـه از روش چنـد انشـعابی بـرای تغذیـه دسـتگاههای خـود اسـتفاده میکننـد بجـای مقـدار L دو رابطـه L خـواهیم داشـت و ایـن L صـرف نظـر کـردن از ثبـات فرمـول‌هـا کـه خـارج از مبحـث مـا است برابر خواهد بود با:

$$L = \sqrt{\frac{\sum L^2 i}{\sum i}}$$

بعنوان مثال در شبکه‌هایی مانند شکل (a)

ابتـدا مـی‌بایسـت در شـین c بـدلیل چنـد اشـعابی بـودن آن یـک L بدسـت آوریـم سپس برای شین‌هـای B, A هـم بـه همـان ترتیـب شـین C، ماهـای مربوطـه بـه هـر کـدام را بدسـت مـی‌آوریـم، بعـد از بدسـت آوردن L مربوطـه بـه شـین A کـه همـان ماکـل شبکه خواهـد بـود. حـال ماکـل را بـا کابـل بـین شـین اصـلی و شـینA جمـع مـی‌نمـائیم طـول بدسـت آمـده همـان طـول کـل شـبکه مـی‌باشـد کـه بـه جـای l در رابطـه (2) قـرار می‌دهیم.

با معلـوم بـودن مقـادیری چـون چگـالی X (بـرای سـیم‌هـای مسـی X = 50) و افـت ولتـاژ مجـاز بـرای ٤٠٠ ولـت u = 20V)) و همچنـین قـدر مطلـق جریـان عبـوری از سـیم

می‌توانیم سطح مقطع کابل مورد نظر را حساب کنیم و این سطح مقطع محاسبه شده مربوطه به کابل رابطه بین شین اصلی و شین A است.

حال می‌بایست با قرار دادن سطح مقطع محاسبه شده (سطح مقطع استاندارد شده) در فرمول (2) عمل عکس محاسبه را انجام دهیم و افت ولتاژ مجاز قسمت تابلوی اصلی تا شین A را حساب کنیم. پس از محاسبهٔ این افت ولتاژ باید آن را از مقدار 20 ولت کم کنیم تا افت ولتاژ مجاز بقیه مدار مشخص شود و بهمین ترتیب قسمت به قسمت، شین به شین محاسبات و تکرار می‌کنیم تا سطح مقطع و افت ولتاژ مجاز در نواحی مختلف بدست آید.

در اینجا به بحث مختصری در مرود چگونگی انتخاب سطح مقطع و برآورده شدن اهداف اقتصادی می‌پردازیم. موضوع اقتصادی به المان‌ها و پارامترهای مختلفی از جمله قیمت کابل، دستمزد نصب و نگهداری و قیمت هر کیلو وات ساعت برق، مدت بهره‌برداری و غیره بستگی دارد.

اگر ما سطح مقطع کابل را بیشتر از مقدار محاسبه شده در نظر بگیریم بعلت کم شدن مقاومتت سیم افت ولتاژ در طول آن کاهش پیدا می‌کند و به تبع ان افت توان کاهش پیدا خواهد کرد. بنابراین قیمت توان تلف شده در کابل نیز تقلیل پیدا می‌کند و در عین حال چون کابل دارای سطح مقطع بزرگتری خواهد شد قیمت آن نیز افزایش پیدا می‌کند و ما با تغییر دادن این دو عامل می‌توانیم شرایط بهینه و بدست آوریم.

ممکن است هر یک از روشهای تعیین جریان کل و از روی آن تعیین سطح مقطع کابل و یا بدست آوردن افت ولتاژ از روی سطح مقطع کابل به تنهایی بهینه‌ترین روش برای پاسخ‌گویی نباشد. بنابراین می توان جهت محاسبهٔ دقیق سطح مقطع از هر دو روش استفاده نمائیم و با مقایسهٔ دو سطح مقطع بهترین پاسخ (بزرگترین سطح مقطع) را انتخاب نمائیم. زیرا ممکن است در یک قسمت کابل دارای طول کم ولی شدت زیاد باشد و یا بالعکس، بنابراین هر کدام از این روشها به تنهائی ممکن است بهترین نتیجه را ندهد.

نکته: طرح سیستم توزیع برق موظف است که به دورترین مصرف کننده‌های الکتریکی حداقل ولتاژ 380 ولت را برساند و این هدف میسر نخواهد شد مگر بوسیله یک محاسبهٔ دقیق و در نظر گرفتن افت ولتاژ مجاز در هادیهای انتقال انرژی.

بعد از شناختن انواع کابل و پرامترهای مؤثر در تعیین سطح مقطع و پیدا کردن کابل مورد نظر برای سیم‌کشی و برقراری ارتباط بین دستگاهها و تابلو به بررسی وضعیت استقرار کابلها از منبع تا مصرف‌کننده توجه می کنیم.

وضعیت استقرار کابلها

بطور کلی برای نصب کابل شیوه‌های مختلفی وجود دارد که انتخاب هر شیوه تابع وضعیت محل کاربرد آن و نیز درجه حرارت محل نصب با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و نیز زیبایی محیط می‌باشد، که در ادامه این بحث هر

شیوه را به تنهایی توضیح می‌دهیم و برای محلهای مختلف انواع مناسب این روشها را بررسی خواهیم کرد و برای هر محل بهترین روش ممکنه را انتخاب می‌کنیم.

۱ – سینی کابل

عموماً جهت نصب مجموعه کابلها و ایجاد ارتباط بین اجزاء مختلف شبکه توزیع در داخل ساختمان می‌توان از سینی و یا نردبان کابل استفاده نمود، در این حالت سینی‌هائی با عرض مناسب را می‌توانند توسط پایه‌هائی به دیوار و یا توسط بسته‌هائی که مخصوص آویز هستند به سقف نصب گردد. از آنجائیکه نصب کابلها روی سینی به سادگی امکان‌پذیر است و در این صورت بروز هر گونه عیبی به سادگی امکان تعویض کابل وجود دارد. و از آن می‌توان برای ارتباط دهی بین تابلوهای قائم جهت نصب در داخل روبرورها نیز می‌توان استفاده کرد.

در مورد راکتهای زمینی آدم رو (در صورت وجود) نیز می‌توان جهت آرایش کابلهایی که از سینی به بدنه کانال مهار می‌شوند استفاده کرد. در مورد موتورخانه‌ها به دلیل تراکم لوله‌ها و کانالهای تأسیساتی به نصب سینی کابل در سقف با مشکلاتی مواجه خواهیم شد که این روش در موتورخانه‌ها پیشنهاد نمی‌گردد. البته هنگامی می‌توان نظر قطعی در این مورد داد که آرایش لوله‌ها و

کانالها در قسمت مربوط به سقف مشخص گردد. در این صورت است که می‌توان امکان استفاده از سینی را مورد بررسی قرار داد.

۲ – ترنچ کابل

نحوه کار در این روش بدین صورت است که در کف ساختمان ترنچهایی با عمق‌های مختلف که در مورد ولتاژها فشارهای ضعیف این عمق می‌تواند تا 60 سانتیمتر و در ولتاژهای فشارهای قوی تا عمق 100 سانتیمتر احداث می‌گردد، استفاده نمود. پس کابلها در داخل این ترنچها و روی نبشی‌هایی که بصورت عرضی نصب شده‌اند و یا روی نردبان کابل که در ارتفاعی حدوداً 15 سانتیمتر از کف ساختمان قرار دارد نصب می‌گردند. واضح است که پس از نصب کابل‌ها در ترنچ‌های مخصوص خود توسط درپوش‌هائی که به سادگی برداشته می‌شوند پوشیده می‌شود. این طریق نصب کابل در محل‌هایی همچون اتاقهای تابلوها، نیروگاهها، زیر تابلوهای اصلی و خازنها و اصولاً در محلهائی که امکان احداث ترنچ مربوطه وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته از آنجائیکه در کف موتورخانه‌ها همواره ریزش آب و گاهی مواقع فاضلاب سبک وجود دارد و اگر ترنچی در موتورخانه وجود داشته باشدد دائماً محل جمع شدن آب و فاضلاب خواهد شد بنابراین، در این مورد این روش مناسب نبوده و پیشنهاد نمشود.

۳ – نصب تابلوهائی برای عبور کابل

شیوه دیگری که جهت نصب کابلهای مورد استفاده قرار می‌گیرد نصب لوله‌هائی مناسب در کف و یا روی دیوارها می‌باشد، که در این روش در مسیرهای مورد نظر ابتدا اقدام به نصب لوله‌های فولادی گالوانیزه، با پلی‌اتیلن با PVC سخت می‌کنند و پس از قرار دادن این لوله‌ها در محل‌های موردنظر توسط یک کمپرسور هوا یک رشته سیم با طناب را از داخل لوله‌ها عبور می‌دهند و درنهایت با وصل کردن کابل به طناب توسط وینچ و با اعمال یک کشش یکنواخت به کابل، آنرا درد داخل لوله‌های مربوط جای می‌دهند. در این روش برای نصب هر کابل یک عدد طناب لازم است که از لوله‌ها عبور کند و همچنین در زمان اجرای این روش باید دقت شود که زاویایی که ایجاد می‌شوند باید بگونه‌ای باشند که کابل بودن خمش‌های تند و به راحتی از لوله‌ها عبور کند شعاع خمش کابل و لوله‌ها معمولاً بزرگتر از 135 درجه در نظر گرفته می‌شود.

استفاده از لوله‌های پنی‌اتیلن برای منظور فوق به راحتی امکان‌پذیر است و برای ایجاد خمش در مسیر لوله‌ها، لازم نیست از وسایل جانبی استفاده کنیم و این لوله‌ها به راحتی و بدون دستگاه خم می‌شوند اما انتقال حرارت این لوله‌ها به خاک اطراف لوله بدلیل بالا بودن مقاومت حرارتی آن به کندی انجام می‌پذیرد. لازم به ذکر است که در محاسبات سطح مقطع کابل، باید ضرائب حرارتی کابل نیز مدنظر قرار گیرد. بدیهی است برای امر باعث کاهش قدرت بازدهی کابل خواهند شد. و

این شیوه در مورد ارتباط دهی تجهیزات الکتریکی آشپزخانه‌ها، موتورخانه‌ها و یا کارگاهها با تابلوی توزیع، مناسب بوده و پیشنهاد می‌گردد.

۴ – نصب کابل توسط بست بصورت روکار

یک دیگر از شیوه‌های نصب کابل بصورت روکار می‌باشد که بعضاً از آن در محیطهای صنعتی و با در بعضی از قسمتهای موتورخانه که ارزش سرمایه‌گذاری برای نصب سینی کابل را ندارد استفاده می‌گردد این شیوه ارزان قیمت می‌باشد ولی استفاده از این روش در محیطهایی که تراکم کابل وجود دارد مناسب نمی‌باشد و بطور کلی بجز در بعضی مواقع خاص که ارزش نصب یا سینی کابل را ندارد و امکان نصب روکار وجود دارد مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

از معایب عمده این روش ضربه‌پذیر بودن این قبیل کابلها می‌باشند که ایجاد خطراتی را همچون خطرات جانی و صدمات مالی می‌نمایند و به همین دلیل نمی‌توانند کاربرد گسترده‌ای داشته باشند.

۵ – دفن کابل

از عمده‌ترین شیوه‌های ارتباطی در شبکه‌های توزیع دفن کابل است، که کاربرد عمدهٔ آن محوطه‌ها می‌باشد. بعلت اینکه در هنگام بروز اشکال در کابل لازم است میسر دفن کابل خاکبرداری شده و سپس اقدام به تغییر و یا تعویض کابل گردد. این شیوه درد داخل ساختمان ابداً پیشنهاد نمی‌شود و مناسب

نمی‌باشد. اما در محوطه‌های عمومی‌تر این شیوه بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد و اقتصادی‌تر نیز خواهد بود.

بطور کلی جهت کابل کشی در محوطه، باید طبق استاندارد و بر اساس رعایت افت ولتاژ مجاز و در نظرگرفتن ضریب درجه حرارت محیط و تجمع کابل اقدام کرد.

جزئیات کار بدین صورت است که برای کابل کشی در محوطه در ابتدای ورودی کابل به زیرزمین در حدود 10 سانتی متر ماسه نرم ریخته و روی ماسه را با آجرچینی پر می‌کنند و بقیه کانال و با مصالح معمولی پر می‌کنند. در مورد کابلهای روشنائی محوطه نیز بهمین ترتیب عمل می‌کنند. کابلهای فشار ضعف محوطه در عمق 70 سانتیمتری زمین دفن می‌شوند و کابلهای فشار قوی برابر استاندارد 021 – 00 وزارت نیرو در عمق یک متری زمین دفن می‌گردند.

در مواردیکه کابلها از روی مجاری فاضلاب یا تقاطع و یا عرض خیابانها عبور می‌نمایند به جهت جلوگیری از اعمال فشار زیاد روی کابل که منجر به زخمی شدن و یا در بعضی مواقع پارگی کابلها می‌گردد مطابق استاندارد وزارت نیرو از لوله‌های چندنی – فولاد گالوانیزه یا سیمانی مناسب، استفاده می‌گردد. در این ارتباط استانداردهای شماره 021 – 00، 022 – 00، 023 – 00، 024 – 00، 025 – 00 وزارت نیرو قابل استفاده می‌باشند، معمولاً قبل از کابل کشی مسیر کابل به طور دقیق نقشه‌برداری و مشخص می‌شود. سپس با توجه به اثرات منفی بعضی از

مـواد شـیمیایی خـاک از نظـر دار بـودن نمـک، اسـید، آهـک و غیـره مـورد بررسـی و آزمـایش قـرار میگیـرد. زیـرا اغلـب اینگونـه مـوارد، مـواد بـه داخـل آسـفالت روی کابـل نفـوذ کـرده و باعـث پوسـیدگی و از یـبن رفـتن جـدارۀ خـارجی کابـل شـده و در نهایـت کابـل شـرایط ایـدهآل خـود را بـرای انتقـال ولتـاژ از دسـت مـی دهـد بـدین صـورت اگـر زمینـی بـرای کابـل کشـی نامسـاعد باشـد از کابلهـای مخصوصـی کـه دارای محـافظ مخصوص در مقابل کروژن هستند استفاده می‌شود.

۶ – احداث راکتهای زمینی

در بعضـی شـرایط خـاص در محوطـه‌هـا مـی‌تـوان بـه جـای دفـن کابـل در صـورتیکه از لحـاظ اقتصـادی مقـرون بـه صـرفه باشـد از راکتهـای زمینـی اسـتفاده مـی‌شـود اسـتفاده از راکتهـای زمینـی آدمـر بـه خصـوص، تحـت شـرائطی کـه گـروه تأسیسـات مکـانیکی نیـز جهـت ایجـاد ارتبـاط بـین سـاختمانها و موتورخانـه‌هـا از آن اسـتفاده نماینـد، مقـرون بـه صـرفه بـوده و در مسـیرهـای پرتـراکم و مشـترک بـین تأسیسـات الکتریکـی و مکـانیکی مـی‌تـوان از آن اسـتفاده نمـود. البتـه ایـن مـورد احتیـاج بـه همـاهنگی بیشـتر بـین گروههـای بـرق و مکانیـک دارد کـه در فـاز دوم پـروژه می‌توان نسبت به احداث چنین مسیرهایی اتخاذ تصمیم نمود.

شـکل دیگـری از راکتهـای زمینـی احـداث منهولهـا در شـبکه‌هـای مخـابراتی شهری تا 500 متر مـی‌باشـد. کـه مـی‌تـوان ایـن فاصـله را در سـایت تـا مقـدار مناسـب و اقتصـادی خـود کـاهش داد. در اینگونـه ارتبـاط منهولهـای پـیش‌بینـی شـده توسـط

لوله‌های PVC سخت با تعداد لازم به یکدیگر مرتبط می‌گردند و سپس کابلها از داخل این لوله‌ها عبور داده می‌شوند و هرگونه انشعاب یا نصب مفصل در داخل منهولها انجام می‌گیرد. از مزایای این شیوه راحتی تعمیر و تعویض کابلها می‌باشد و از طرف دیگر کابلها سالم‌تر باقی میمانند و طول عمر بهره‌برداری از آنها افزایش می‌یابد. اما در این روش نیز مسأله بتادل حرارت در مورد کابلهای فشار قوی از سهم بسزایی برخودار خواهد بود که باید مورد توجه قرار بگیرد. چرا که کابلهای فرمان و کابلهای ارتباطی در شبکه‌های کامپیوتری نیز از این مسیر عبور می‌کنند.

این شیوه طول عمر شبکه مخابراتی و کامپیوتری را افزایش می‌دهد. لذا تنها جهت شکبه‌های مخابراتی به همراه کابلهای فرمان و شبکه‌های کامپیوتری پشنهاد می‌گردد و در مورد کابلهای قدرت شیوه دفن کابل‌ها مناسبتر خواهد بود.

خلاصله‌ای از مطالب محاسبه سطح مقطع کابل و بعد از آن محاسبه سطح مقطع کابلهای مختلف:

بـر اسـاس قـدرتی کـه لازم اسـت کابـل مـورد نظـر منتقـل نمایـد و بـر حسـب سـه فاز یا تـک فـاز بـودن آن مـی‌تـوان جریـان عبـوری از کابـل را محاسـبه کـرد. امـا بـدیهی اسـت کـه ایـن جریـان نمـی‌توانـد جهـت انتخـاب سـطح مقطـع کابـل بصـورت خـام مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد و عوامـل دیگـری در ضـریب بـازدهی کابلهـا مـؤثر هسـتند کـه در ادامه این مبحث بطور خلاصه به آن عوامل اشاره خواهیم کرد.

درجـه حـرارت خـاک از عـواملی اسـت کـه در انتخـاب سـطح مقطـع کابـل بسـیار اهمیـت دارد. تجمـع زیـاد کابلهـا در کنـار یکـدیگر نیـز باعـث بـالا رفـتن دمـای خـاک و نتیجتـاً خشـک شـدن اطـراف کابـل خواهـد شـد. خاکهـای شـنی سـریعتر از نـوع رسـی خشک می‌گردنـد. بـرای جلـوگیری از خشـک شـدن سـریع خـاک بایـد بـین هـر دو رشـته از کابل حداقل به اندازه قطر کابل فاصله قرار بدهیم.

بـر اسـاس اسـتاندارد (VDE) در صـورتیکه درجـه حـرارت خـاک از ۳۰ درجـه سـانتیگراد بیشـتر گـردد بـازدهی کابـل مطـابق جـدولی کـه در قسـمت تشـریح مفصـل سطح و مقطع ارائه گردیده است تغیی خواهد نمود.

همچنـین در مـورد کابـل داخـل کانـال و روی سـیم‌هـا کابـل مـی‌تـوان ضـرائب تجمع کابل‌ها را که در آخـر همـین فصـل بـه آنهـا پرداختـه شـده اسـت ضـرائب تجمـع را بدست آورد.

در ارتبـاط بـا درجـه حـرارت محـیط در صـورتیکه درجـه حـرارت هـوا از ۳۰ درجـه سـانتیگراد تجـاوز کنـد بـازدهی کابـل بـر اسـاس اسـتاندارد (VDE) متناسـب بـا

ضرائب جدول مربوطه که در قسمت محاسبه سطح مقطع اشاره شده تغییر خواهد کرد.

پس از مشخص شدن ضرائب تجمع و حرارتی برای کابل مورد محاسبه مقدار جریان نهایی که جهت انتخاب سطح مقطع مورد استفاده قرار میگیرد از تقسیم جریان محاسبه شده بر ضرائب فوق محاسبه می‌گردد.

جریانهای محاسبه شده از قدرت انتقالی $I_n=$

ضریب تجمع کابل مورد نظر $K_1 =$

ضریب حرارتی کابل مورد نظر $K_2 =$

جریانی که سطح مقطع کابل توسط آن انتخاب می‌شود $I = I_n \times K_1 \times K_2$

بر اساس جدولی که در انتهای همین مبحث ارائه شده است بازدهی کابلهای فشار قوی ^{kv} 20 از نوع NAKBA و KEKBA و نیز کابلهای فشار ضعیف را مشخص می‌نماید، میتوان سطح مقطع کابل مورد نظر را انتخاب کرد.

در مورد کابلهای طویل لازم است سطح مقطع کابل محاسبه شده از لحاظ حداکثر افت ولتاژ مجاز نیز بررسی گردد. براساس استاندارد VDE حداکثر افت ولتاژ مجاز بین پست تا آخرین مصرف کننده مقدار 3 درصد برای روشنائی و 5 درصد برای موتورهای می‌باشد که در اینصورت بسته به وضعیت کابل از لحاظ موقعیت استقرار در شبکه محاسبات سطح مقطع کابل به گونه‌ای انجام می‌گیرد که

افت ولتاژ مجاز کابل در نهایت از این مقدار تجاوز ننماید. در مورد کابلهای سه فاز مقدار درصد افت ولتاژ از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$(U = \sqrt{3} \times I \times L \times \frac{Cos\varphi}{X.A})$$

در صورتیکه درصد افت ولتاژ بیشتر از حد مجاز باشد لازم است سطح مقطع کابل (A) افزایش یابد به بیان دیگر هر دو شیوه محاسبه سطح مقطع کابل باید مورد بررسی قرار گیرد و هر روشی که سطح مقطع بیشتری را نتیجه داد مورد انتخاب نهایی قرار گیرد بدیهی است که در مورد کابلهای طویل معمولاً محاسبه به روش افت ولتاژ مجاز و در مورد کابلهای کوتاه و پر قدرت محاسبه به روش جریان مجاز مشخص کننده سطح مقطع کابل خواهند بود.

یک نمونه از محاسبه سطح مقطع کابل

این محاسبه برای تابلوی نیمه اصلی $M_p - 041$ که مربوط به پست $EL - 04$ می‌باشد انجام گرفته است.

55m $B_2 = 166\ mm^2$ $\rho = 166 \times 150 \times 0.525 = 13\ kw$

$$I = \frac{13 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} = 23.36 \quad \text{از جدول} \quad 4mm^2$$

$\theta Cos = 0.85$ در محاسبات اعمال شده است.

حال بایستی بررسی کنیم که سیمی با مقطع $4\ mm^2$ چه افت ولتاژی با توجه به طول 55 m تا مصرف کننده ایجاد می‌کند که بایستی کمتر از 0.05 باشد در غیر اینصورت سطح مقطع کابل را بالا می‌بریم تا میزان استاندارد برسد.

$$\Delta u = \sqrt{3} \times \mathrm{I} \times L \times \frac{Cos\varphi}{XA} \qquad Cos\varphi = 0.85 \quad A = 4 \qquad X = 56$$

$$\Delta u = \sqrt{3} \times 23.36 \times 55 \times \frac{0.85}{56 \times 4} = 8.4$$

8.4 بیشتر از 1.9 است پس مقطع سیم را باید بالا ببریم.

$$\Delta u = \sqrt{3} \times 23.36 \times 55 \times \frac{0.85}{56 \times 16} = 1.85$$

پس از مقطع سیم را بایستی $16mm^2$ در نظ گرفت تا افت ولتاژ کمتر از 0/05 درصد گردد.

حال مقطع کابلی را که از پست 4، تابلوی نیمه اصلی Mp = 0 – 41 را تغذیه می‌کند را محاسبه می‌نمایم.

P = 110 kw

$$\mathrm{I} = \frac{110 \times 10^c}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} = 195 \; A \rightarrow 70mm^2$$

حال در انتهای این مبحث همانطور که درمتن گفته شده بود به ارائه جداول مربوط به تجمع کابلهای می‌پردازیم.

جدول مربوط به

کاربرد کابل با توجه به ضریب تجمع کابلهای دفنی فشار ضعیف

کابل چند سیمه یا یک

ضعیف سیمه جریان دار

طرز کابل کشی	2	3	4	5	6	8	10
فاصله کابلها ۲ سانتیمتر با پوشش آجری	0.85	0.75	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53

فصل پنجم

محاسبه و طراحی مراکز کنترلی و حافظتی

۱ – لزوم حفاظت و نحوه انتخاب فیوزها، بیمتال‌ها و کلیدهای قدرت.

برای استفاده از انرژالکتریکی صحیح و با ایمنی‌های لازم استفاده از وسایل کنترلی و حفاظتی ضروری و اجتناب ناپذیر است. وسایل کنترلی قطع و وصل مدارها را در زمان‌های دلخواه امکان‌پذیر می‌سازند و وسایل حفاظتی در هنگام بروز اشکال و خطر در مدار بطور اتوماتیک مدار را قطع می‌کند تا از رسیدن آسیب جدی به دستگاه‌ها جلوگیری کنند. در دستگاهها و المانهائی که بعنوان وسائل کنترلی و حفاظتی مورد استفاده قرار می‌گیرند کلیدها از نقش با اهمیتی برخوردار هستند چرا که این کلیدها در انواع مختلف خود در هنگام قطع و یا وصل مدارها پیوسته با جرقه‌هائی همراه خواهند بود که اینگونه جرقه‌ها برای ما نامطلوب هستند و باید این جرقه‌های تولد شده جذف شوند و یا با استفاده از کلیدهائی که مجهز به وسایل مکانیکی هستند با سرعت بخشیدن به عمل قطع یا وصل مدار زمان بروز جرقه‌ها را تا آنجا که امکان دارد کوتاه کنیم و همچنین این کلیدها باید دارای استحکام الکتریکی کافی برای عبور جریان ولتاژی نامی مدار را داشته باشند و در هنگام عبور جریان از این کلیدها حرارت نباید از حرارت مجاز تعیین شده برای کلیدها بالاتر رود. و در صورت بروز اتصال کوتاه در مدرات،

کلیدها باید برای چند لحظه کوتاه تحمل این جریان زیاد را داشته باشند تا وسایل حفاظتی عمل خود را انجام داده و مدار را قطع کنند.

در شبکه‌های برق رسانی جریان‌های اتصال کوتاه از مقادیر بزرگ و قابل توجهی برخوردار هستند. در نتیجه کلیدها و دیژنکتورها باید قدرت کافی برای تحمل اینگونه جریانها داشته باشند و این امر موجب افزایش حجم و قیمت این کلیدها و دیژنکتورها شده است.

بنابراین در انتخاب کلیدها باید به ولتاژ اسمی، جریان اسمی و قدرت قطع آنها توجه خاصی نشان داد.

در این فصل به تفصیل به بررسی این گونه وسایل کنترلی و حفاظتی و راههای کاربردی استفاده از اینگونه وسایل در مدارات می‌پردازیم.

در ابتدا کلیدها و سپس فیوزها و رله‌ها و در آخر هم کنتاکتورها و دیژنکتورها را مورد بحث و بررسی قرار خواهیم داد.

۱ – کلیدهای دو قطبی

گاهی در عمل لازم می‌شود که دو سیم یک مدار بطور همزمان قطع و یا وصل شوند. نمونه اینگونه مدارها، مدارهای جریان مستقیم است که معمولاً در آنها هیچکدام از سیم‌ها زمین نمی‌شوند و مقررات قطع و وصل همزمان این سیم‌ها را الزامی می‌داند. در برخی از موارد خاص سیم خنثی سیستم‌های برق متناوب به زمین متصل نمی‌شوند که در این صورت سیم خنثی نیز برق‌دار خواهد بود و قطع

و وصل همزمان آن با سیم فازالزامی است. نوع کاربردی اینگونه تهیه کلیدها تا جریانی حدود 63 آمپر ساخته می‌شوند.

۲ – کلیدهای سه قطبی

برای قطع و وصل مدارهای قدرت که غالباً سه فاز هستند از کلیدهای سه قطبی استفاده می‌شود. سیم خنثای این سیستم که در پست توزیع زمین شده است بطور دائم متصل می‌باشد و قطع و وصل نمیشود. در این کلیدها سه سیم مدار بطور همزمان قطع و یا وصل می‌شوند. انواع این کلید عبارتند از کاردهای که نوع آزمایشگاهی این نوع کلیدها هستند و از انواع کاربردی‌تر از این کلیدها که در حدود 100 آمپر ساخته می‌شوند جعبه‌ای و گردان آن در بازار موجود میباشد. نوع گردان این کلیدها در ولتاژ 280 ولت و 630 آمپر در بازار موجود می‌باشد و اندازه‌های استاندارد این کلید در جریان ثابت 630 آمپر عبارتند از: 16, 25, 40, 63, 100, 200, 400, 10 می‌باشند. و نوع مینیاتوری آن در رنجهای 10, 16, 20, 25, 32, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 موجود می‌باشد.

۳ – کلیدهای فیوزدار

نظر باینکه برای کنترل مدارها کلید و برای حفاظت آنها فیوز لازم است در بعضی کلیدها فیوز در داخل جعبه‌ای همراه کلید تعبیه شده است که به اینگونه کلیدها کلید فیوزدار گفته می‌شود این کلیدها در اندازه‌ها استاندارد بصورت یک قطبی، دو قطبی و سه قطبی ساخته می‌شود.

در ایـن نـوع از ایـن کلیـدهای فیـوز روی دیـواره جعبـه کلیـد نصـب مـی‌شـود و در نـوع دیگـر فیوزهـا روی تیغـه‌هـای متحـرک کلیـد قـرار میگیرنـد. در سـاختمان کلیـدهـای فیـوزدار چنـد نکتـه قابـل توجـه اسـت، اول اینکـه در اینگونـه از کلیـدهـا، در حالـت قطـع تیغه‌ها بودن برق هستند دوم اینکـه بـرای وصـل کـردن ایـن کلیـد هـا بایـد دسـته آنهـا را بـه طـرف بـالا کشـید بـدین ترتیـب از روشـن شـدن و اتصـال کلیـد براثـر وارد شـدن نیروی وزن کلید جلوگیری بعمل آمده است.

سـوم آنکـه بسـیاری از ایـن کلیـدها بـه یـک ضـامن مکـانیکی مجهـز هسـتند کـه بدون قطـع کلیـد آن نمیتـوان درب ایـن کلیـدها را بـازکرد کـه از نظـر ایمنـی حـائز اهمیـت است.

ایـن کلیـدها بـرای ولتـاژ 380 ولـت و در رنجهـای جریـانی 35, 50, 63, 80, 100, 125, 6, 10, 16, 25 آمپـر بـر روی پایـه فیوزهـای ۱۶۰ آمپـری و جریانهـای 200, 36, 50, 63, 80, 100, 125, 160 آمپـر بـر روی پایـه فیوزهـای 250 آمپـری و بـرای جریانهـای 80, 100, 125, 160, 200, 224, 300, 315,355, 400, 250 آمپـر بـرروی پایـه فیوزهـای 400 آمپـری و در نهایـت بـرای جریانهـای 300, 355, 425, 500, 630 آمپر برروی پایه فیوز 630 آمپر موجود می‌باشند.

لزوم حفاظت از وسایل حفاظتی

همـانطور کـه مـی‌دانـیم سـیم و کابلهـای انتقـال انـرژی تحـت شـرایط معـین و از قبـل تعیـین شـده قـادر هسـتند مقـدار معینـی از جریـان الکتریکـی را از خـود عبـور دهنـد

که جریان مجاز نامیده می‌شود. در صورتیکه جریانی بیشتر از جریان مجاز برای مدت قبل ملاحظه‌ای از کابل عبور کند سبب بالا رفت درجه حرارت از حد مجاز آن شده و خراجی عایق بندی کابل و نهایتاً اتصال کوتاه و حریق را سبب خواهد شد بنابراین لزوم استفاده از یک وسیله حفاظتی که مانع افزایش جریان بیش از حد مجاز گردد روشن می‌گردد. بعلت اینکه جریان عبوری از مدار را بارهای متصل به مدار معین می‌کنند بنابراین وسیله حفاظتی نمی‌توانند در تنظیم جریان نقش ایفا کند و تنها می‌تواند در صورت افزایش جریان از حد مجاز مدار را قطع کند و بدین ترتیب مانع خرابی سیم و یا کابل می‌گردد.

٤ – فیوزها

ساده‌ترین و قدیمترین وسایل حفاظتی فیوزها هستند. فیوزها، سیم‌هائی از جنس مخصوص با سطح مقطع کوچک هستند که بطور متوالی در مدار قرار می‌گیرند. سطح مقطع سیم فیوزها طوری انتخاب میشود که جریان اسمی مدار بدون ایجاد حرارت بیش از حد مجاز از سیم عبور میکند و در صورتیکه به هر دلیلی مانند اضافه بار و یا اتصال کوتاه جریانی بیشتر از حد مجاز برای مدت زیادی از سیم فیوز عبور کند سیم فیوز ذوب شده و در نهایت مدار را قطع می‌کند.

١ – ٤ – فیوزهای تأخیری

با توجه به اینکه فیوزهای معمولی مدار را براساس جریان عبوری و مدت زمان عبور جریان اضافی قطع می‌کنند در بسیاری از کاربردهای تأخیر زمانی

بیشتر لازم است از جمله برای راه اندازی موتورهای الکتریکی که یک بار اضافی در هنگام راه‌اندازی برای مدار محسوب می‌شوند که فیوز باید تحمل این جریان اضافی موتور را داشته باشد تا موتور به دور نامی خود برسد.

۲ – ۴ – فیوزهای با جزء ذوب شونده دو قسمتی

فیوزهای سریع از نظر حفاظت در مقابل اتصال کوتاه بسیار مناسب هستند. لیکن اضافه بازهای کوچک کوتاه مدت هم باعث قطع بی‌جهت مدار می‌گردند. در فیوزهای تأخیری فیوز بعلت اضافه بارهای کوچک عمل نمی‌کند ولیکن عملکرد اینگونه فیوزها در مقابل جریانهای اتصال کوتاه ممکن است بعلت طولانی شدن زمان قطع مدار صدماتی به دستگاه‌ها وارد شود.

برای رفع معایب مطرح شده در بالا گاهی از فیوزهائی استفاده می‌شود که جزء ذوب شونده آنها از دو قسمت متوالی تشکیل شده است یک قسمت آن تأخیری است و عمل حفاظت در مقابل اضافه بازهای مدار را عهده‌دار است و قسمت دوم آن سریع است که جریانهای زیاد اتصال کوتاه را در کمتر از یک دوره تناوب جریانی قطع می‌کند. این فیوزها برای محافظت موتورها، ترانسفورها ماتورها، سیم‌پیچی رله‌ها و کنتاکتورها مناسب می‌باشد و جریان راه‌اندازی بالا سبب قطع آنها نمی‌گردد.

۳ – ۴ – فیوزهای محدود کننده جریان

جریان اتصال کوتاه در مدارات می‌تواند شین‌ها را خم و یا بشکند و وسائل کنترلی آنها را ذوب نماند بنابراین قطع فوری مدار در جریانهای بالا و محدود کردن میزان جریان در هنگام قطع ضروری می‌باشد فیوزهای محدود کننده جریان بگونه‌ای ساخته می‌شوند که در یک سیکل اتصال کوتاه وقتی جریان از صفر شروع به افزایش می‌کند، حرارت تولید شده شروع به ذوب سیم فیوز کرده بطوریکه قبل از اینکه جریان در سیکل خود به حداکثر مقدار خود برسد فیوز ذوب شده و مدار قطع می‌گردد.

بعنوان مثال در صورتیکه جریان قطع فیوز $\frac{1}{5}$ دامنه جریان اتصال کوتاه انتخاب شود نیروها الکترو مکانیکی و درجه حرارت با ضریب 25 در صد کاهش پیدا می‌کند و از بسیاری از خطرات و صدمات جلوگیری می‌کند.

- اندازه‌های استاندارد فیوزها و مشخصات آنها

فیوزهای استاندارد از ۲ آمپر تا 1000 آمپر موجود می‌باشند. اندازه‌های استاندارد شده در اروپا که در ایران نیز معمول می‌باشند بشرح زیر می‌باشند.

200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 35, 25, 20, 16, 15, 10, 6, 4, 2

1000, 800, 630, 500, 430, 400, 350, 300, 260, 225 (آمپر A)

این اندازه‌ها حداکثر جریانهایی هستند که فیوزها مربوطه می‌توانند برای مدت نامحدود بدون سوختن از خود عبور دهند و این جریانها نباید با جریانهائیکه سبب سوختن فیوزها می‌شوند اشتباه شود.

- منحنی‌های قطع فیوزها

در صورتیکه جریان فیوز از مقدار اسمی آن افزایش یابد بسته به میزان جریان عبوری از فیوز در مدت معینی عمل قطع مدار را انجام می‌دهد. منحنی که زمان متوسط لازم برای ذوب سیم فیوز و قطع مدار برای جریانهای مختلف نشان میدهند منحنی مشخصی فیوز می‌گویند.

مشخصات فیوزهای قشنگی 380 ولتی ساخت زیمنس که در ایران معمول هستند در شکل الف نشان داده شده‌اند فیوزهای تولید شده توسط دیگر کارخانجات هم مشخصات مشهابی با مشخصه تولیدی زیمنس دارند. بطوریکه ملاحظه می‌کنید فیوز 2 آمپری حداقل جریانی که برای ذوب شدن می‌خواهد حدود 3 آمپر است و همین فیوز جریان 5 ثانیه و جریان 10 آمپری را در 0.04 ثانیه قطع می‌کند. بهمین ترتیب فیوز 100 آمپری جریان 200 آمپر را در 2 دقیقه و جریان 500 آمپری را در 0.5 ثانیه قطع می‌کند نظر با اینکه اضافه بارهای ایجاد شده در زمان‌های کوتاه خطراتی را برای سیم‌های و موتورها ایجاد نمی‌کند.

در سالهای اخیر فیوزهائی ساخته شده است که در مقایسه با فیوزهای سریع، عمل قطع مدار را با تأخیر زمانی بیشتری انجام می‌دهند.

مشخصات فیوزهای قشنگی 380 ولتی دارای تأخیر ساخت زیمنس که در ایران معمول هستید در شکل ب نشان داده شده‌اند و فیوزهای تولیدی دیگر کارنجات مشخصه‌ای مشابه به این مشخصه را بطوریکه ملاحظه میکند فیوز 2

آمپـری تـأخیری جریـان 5 آمپـر را در 20 ثانیـه و جریـان 10 آمپـر را در 0.1 ثانیـه قطع میکنـد. ایـن زمانهـای قطـع بـه ترتیـب 4 برابـر و 2.5 برابـر زمانهـای قطـع فیوزهـای نـوع سـریع هسـتند. فیـوز 100 آمپـری از ایـن نـوع جریـان 200 آمپـری را در 5 دقیقـه و جریان 500 آمپری را در 5 ثانیـه قطـع مـی‌کنـد کـه ایـن تـأخیر خیلـی بیشـتر از زمانهـای قطع فیوزهای سریع هم اندازه می‌باشند.

در سیسـتم انگلـیس نحـوه عملکـرد فیوزهـا بـر حسـب ضـریب ذوب فیـوز مخشـص مـی‌شـود در ایـن روش نسـبت حـداقل جریـانی کـه سـبب قطـع فیـوز مـی‌گـردد بـه جریـان اسـمی فیـوز را ضـریب ذوب فیـوز مـی‌گوینـد و بـر همـین اسـاس فیوزهـا را به چهار گروه مختلف تقسیم می‌کنند.

فیـوز نـوع p بـا ضـریب ذوبـی بـین 1 تـا 1.25، فیـوز نـوع Q_1 بـا ضـریب ذوبـی بین 1.25 تـا 1.5 فیـوز نـوع Q_2 بـا ضـریب ذوبـی 1.5 تـا 1.75 و در نهایـت فیـوز نـوع R دارای ضـریب ذوبـی بـین 1.75 تـا 2.5 مـی‌باشـد. منحنـی مشخصـه فیوزهـا زمانهای متوسط قطـع فیوزهـا را نشـان مـی‌دهـد بـه ایـن معنـی کـه اگـر تعـداد زیـادی از فیوزهـای یـک انـدازه را مـورد آزمـایش قـرار دهـیم معـدل زمانهـای قطـع شـده بدسـت آمده از آزمـایش بـا مقـدار مشـخص شـده بـرروی منحنـی تطبیـق خواهـد نمـود امـا هـر نتیجه آزمـایش بـه تنهـایی لزومـاً بـا محنـی مطابقـت نخواهـد کـرد. البتـه مقـررات حـداقل و حـداکثر زمـان قطـع فیوزهـا را در جریانهـای مختلـف تعیـین کـرده اسـت و حـداکثر

زمانهائی که برای قطع فیوزهای سریع و تأخیری بر حسب ثانیه در جریانهای 2.5 برابر، 3 برابر و یا 4 برابر جریان اسمی آنها نشان داده شده است.

- قدرت قطع فیوزها

حداکثر جریانی را که فیوز بدون آسیب رساندن به دستگاه و قطع مدار تحمل می‌کند قدرت فیوز نامیده می‌شود و بر حسب کیلو آمپر هم اندازه‌گیری می‌شود و گاهی نیز با ضرب کردن جریان فیوز در مقدار اسمی ولتاژ قدرت فیوز را بر حسب کیلو وات آمپر و یا مگاولت آمپر مشخص می‌کنند در انتخاب فیوزها لازم است ابتدا جریان اتصال کوتاه مدار در محل استقرار فیوز مورد محاسبه دقیق قرار بگیرد و فیوزی انتخاب شود که قدرت قطع لازم را در مدار داشته باشد.

- استفاده از فیوزها برای محافظت مدارها و دستگاهها

بطوریکه ملاحظه کردیم ذوب فیوزها در اثر حرارت صورت میگیرد. میزان حرارت تولید شده در فیوزها تابع مقدار جریانی است که از فیوز عبور می‌کند و فیوزها در جریانهای زیاد مدت کوتاهی عمر می‌کنند و در جریانهای کم مدت زمان بیشتری عمر می‌کند و همچنین صدماتی که به سیم‌ها، کابلها و ادوات الکتریکی وارد میشود نیز بعلت بالا رفتن حرارت است که این حرارت ایجاد شده به میزان و مدت برقراری جریان بستگی دارد. این مطلب بدین معنی است که فیوزها قادر

هستند جریانهای کم را برای مدت بیشتری و جریانهای زیاد را برای مدت کوتاهتری بدون آسیب رساندن به وسائل تحمل کنند. بنابراین ملاحظه می‌کنید که بعلت تطابق مشخصات فیوزها با خصوصیات حرارتی وسایل الکتریکی فیوزها طبیعی‌ترین وسائل حفاظتی محسوب می‌شوند.

- محافظت از سیم‌ها و کابلها در انشعابهای معمولی

برای حفاظت از سیم‌ها و کابلهایی که برای تغذیه موتورها و وسائل که در لحظه راه اندازی جریانهای زیادی را متحمل می‌شوند مورد استفاده قرار نمی‌گیرد بعبارت دیگر برای حفاظت از سیم‌ها و کابلهائی که برای یک شدت جریان معین و ثابت مانند روشنائی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند از فیوزهائی با اندازه‌های مناسب و ضریب ذوب کم استفاده می‌کنیم برای این کار از فیوز استانداردی که اندازه جریان اسمی آن برابر جریان مجاز سیم کابل باشد استفاده می‌کنیم. چنین فیوزی در صورت پیدا شدن اضافه بار و هم در صورت بروز اتصال کوتاه مدار قطع می‌کند و با جدا نمودن قسمت معیوب مدار بقیه آن را از آسیب دیدگی مصون می‌دارد. فیوزهای مناسب برای سیم‌های عایقدار مسی عایق پلاستیکی براساس شرایط مختلف نصب و استفاده از جداول جریان مجاز، سطح مقطع سیم و ضرائب تصحیح آنها انجام می‌پذیرد.

محافظت از انشعاب‌های موتورها

در موتورهـای القـائی ممکـن اسـت جریـان شـروع تـا حـدود 7 برابـر جریـان بـار کامل باشـد بنـابراین در صـورتیکه انتخـاب فیـوز براسـاس جریـان اسـمی انجـام شـود و بـه جریـان راه‌انـدازی توجـه نشـود فیـوز در زمـان راه‌انـدازی خواهـد سـوخت بـه ایـن منظـور در اسـتانداردهای آلمـانی بـرای موتورهـای القـائی کـه بـدون راه انـداز هسـتند و مسـتقیماً بـه منبـع تغذیـه متصـل مـی‌شـوند کـوچکترین فیـوزی کـه انتخـاب مـی‌شـود جریـان حـدود 6 برابـر جریـان اسـمی را بـرای مـدت 5 ثانیـه تحمـل مـی‌کنـد و در موتورهائیکـه بـه راه انـداز سـتاره مثلـث مجهـز میباشـد کـوچکترین فیـوزی کـه معمـولاً انتخـاب مـی‌شـود حـدود 2 برابـر جریـان اسـمی را بمـدت 15 ثانیـه تحمـل مـی‌کنـد. در اسـتاندارد آمریکـائی انـدازه فیوزهـای سـریع را 3 برابـر جریـان موتـور در فیوزهـای تأخیری جریان فیوز را در حدود 1.75 برابر جریان اسمی موتور انتخاب می‌کنند.

لازم بـه ذکـر اسـت کـه فیوزهـائی کـه بترتیـب فـوق انتخـاب مـی‌شـوند دارای اندازه‌های جریـانی خیلـی بزرگتـر از جریـان مجـاز موتورهـا و سـیم‌هـای انشـعابی آنهـا مـی‌باشـند و بـدین ترتیـب فیـوز نمـی‌توانـد موتـور و مـدارا را در مقابـل بـار اضـافی حفاظت کند. لذا اسـتفاده از اینگونـه فیوزهـا تنهـا زمـانی مـی‌باشـد کـه موتـور بـه وسـائل حفاظتی در مقابل اضـافه بـار مجهـز باشـدو تنهـا درایـن شـرایط اسـت کـه فیـوز مـدارات انشـعابی موتـور و وسـایل کنترلـی آنـرا در مقابـل اتصـال کوتـاه محافظـت مـی‌کنـد، وسیله‌های حفاظتی موتور را در مقابل اضافه بار نیز حفاظت می‌نماید.

حفاظت با استفاده از کلیدهای با قطع خودکار

کلیدهای با قطع خودکار یا دیژنکتور دو عمل کنترل و حفاظت را تواماً انجام می‌دهند و از این نظر مانند یک کلید بانضمام یک کلید فیوز عمل می‌کند. در شرایط عادی دیژنکتور مانند یک کلید عمل می‌کند که بطور دستی یا الکتریکی از راه دور قطع و وصل می‌شود. در شرایط غیرعادی مانند اضافه بار یا اتصال کوتاه دیژنکتور خود بخود قطع خواهد شد و مدار را باز خواهد کرد. قطع اتوماتیک به چند صورت مختلف نظیر قطع حرارتی، مغناطیسی یا ترکیبی از ایندو انجام می‌پذیرد.

۲- محاسبه و طراحی زمین حفاظتی

«زمین کردن و صفرکردن در تأسیسات الکتریکی»

درتمام تأسیسات الکتریکی و بخصوص در تأسیسات فشار قوی زمین کردن یکی از مهمترین و اساسی‌ترین اقداماتی است که برای رفاه و سلامتی و اصولاً ادامه زندگی اشخاص که بنحوی با این پست‌ها در تماس هستند و حتی در خارج از پست در رفت و آمد می‌باشند. در نظر گرفته می‌شود. در تأسیسات دو نوع زمین کردن وجود دارد یکی «زمین کردن حفاظتی« و دومی « زمین کردن الکتریکی، نام دارد جهت هرگونه رفع ابهام درا ین زمینه می‌توان به VDE 141 مراجعه نمود.

اگر سیستم ما بطور کامل و صحیح زمین شده باشد در هنگام اتصال یک فاز به زمین همین اتصال مانع از افزایش ولتاژ ولتاژ در فازهای دیگر شده و در نتیجه قطع یک فاز و اتصال آن به زمین دلیلی برای قطع شدن دله‌های دو فاز دیگر نمی‌شود.

یک عیب اساسی سیستم‌های زمین شده اینست که اگر شخصی که روی زمین ایستاده با بدنه دستگاه و به یکی از فازها تماس داشته باشد دچار برق کرفتگی می‌شود که برای جلوگیزی از این خطر از عایق‌بندی مناسب استفاده می‌شود. این عیب با فایده بزرگی همراه است و آن اینست که همه بدنه‌های فلزی دستگاهها را می‌توان به زمین متصل نمود و به این ترتیب هیچگاه پتانسیلی بین بدنه فلزی دستگاهها و زمین برقرار نمی‌شود که سبب برق‌گرفتگی گردد.

- اصول زمین کردن حفاظتی

هدف از زمین کردن حفاظتی جلوگیری از بوجود آمدن اختلاف پتانسیل‌هائی با ولتاژ بالا بین بدنه فلزی دستگاه و زمین می‌باشد، لازم به ذکر است که اینگونه اتصالی‌ها هم موجب قطع فیوز نمیگردند و کسی از وقوع آنها مطلع نمی‌شود و در صورتیکه شخصی که روی زمین ایستاده با بدنه فلزی دستگاه تماس حاصل کند دچار برق‌گرفتگی شدید خواهد شد.

حال بررسی کنیم که اتصال به زمین چگونه خطر برق گرفتگی را دفع میکند و از بین می‌برد. فرض کنیم بدنه فلزی دستگاه الکتریکی با یک مقاومت 2 اهمی به زمین اتصال باشد.

حال بمحض اتصال نقطه‌ای از بدنه با یکی از عناصر حامل جریان برق یک مدار الکتریکی کامل از طریق فلز R، نقطه A، بدنه فلزی دستگاه، نقطه اتصال بدنه فلزی دستگاه با زمین و زمین نوترال که دارای مقاومت کل 4 اهم است تشکیل می‌دهد جریانی که در این مدار برقرار خواهد شده برابر است با 220 ÷ 55 = 4 55 آمپر که سریعاً موجب قطع فیوز 10 آمپری مدار می‌گردد. از بحث بالا روشن می‌شود که تنها در صورتی که امپرانس کل مدار تشکیل شده از حد متعارف آن کمتر باشد وسایل حفاظتی می‌توانند علیه بار اضافی عمل کرده و موجب قطع مدار و رفع خط گردند. و در حالیکه مقاومت کل مدار که شامل مقاومت اتصال زمین، مقاومت محل اتصال و غیره از حد متعارف بیشتر گردد وسائل حفاظتی علیه بار اضافی قادر به قطع برق و رفع خطر نخواهند بود و لازم است از وسایل دیگری مانند رله جریان نشتی به زمین استفاده بعمل آید.

زمین حفاظتی از قسمتهای مختلفی تشکیل شده است که عبارتند از ستونها و پایه‌های فلزی درها و نرده‌های فلزی، قسمتهای فلزی در دسترس تمام دستگاه‌های اندازه‌گیری و ایزولاتورها مقره‌های عبور، بخصوص قسمتهای فلزی که برای کارکردن با دستگاه باید آنها را لمس کرده و یا در دست گرفت.

بدین منظور و برای جلوگیری از هرگونه حادثه‌ای باید زمین حفاظتی بنحوی تأسیس گردد که قسمتی از جریان که از اعضای بدن عبور می‌کند خطری ایجاد نکند و (دست و پا، دست و دست، پا و پا) دارای اختلاف پتانسیل زاید نباشد.

افت ولتاژ بستگی به شدت جریان و مقاومت مسیر جریان دارد. شدت جریان اتصال زمین بیشتر بستگی به قدرت و نوع ارتباط شبکه با زمین دارد و درهر حال مقداریست معلوم و ثابت و قابل محاسبه و در ضمن غیر قابل پیشگیری لذا برای کوچک نگهداشتن افت ولتاژ باید مقاومت مسیر جریان حتی‌المقدور کوچک نگهداشته شود. بطور مثال اگر یک مقره عبور جریان که در دیوار مرطوبی نصب شده است بشکند و سیم فشار قوی با دیوار تماس پیدا کند و جریان اتصال ضمنی در این حالت 25 آمپر و مقاومت هر متر دیوار ۱۰^{Ω} باشد ما بین دو نقطه از دیوار که انسان با آن تماس دارد. (فاصله دست وپا تقریباً 2 متر).

اختلاف سطحی برابر با $U = IR = 25 \times 2 \times 10 = 500$

بوجود می‌آید که مسلماً برای انسان خطرناک است.

عامل مؤثر خطر برای انسان با هر موجود زنده دیگر جریان می‌باشد که البته وجود اختلاف پتانسیل است که باعث عبور جراین می‌گردد. در فشار ضعیف جریانهای ۱ تا 0.1 آمپر که ازقلب می‌گذرد خطر جانی دارد.

آزمایشها و بررسی‌های مختلف نشان داده‌است که:

جریانهای تا 0.05 آمپر خطرناک و جریانهای از 0.1 آمپر به بالا خطر جانی دارد. عبور جریان از قلب باعث می‌شود که عمل منظم قلب نامنظم شده و در رسیدن خون به مغز وقفه‌ای حاصل گردد. در نتیجه انسان پس از چند ثانیه بیهوش می‌شود و پس از چند دقیقه هلاک می‌شود. برای نجات برق زده باید بلا درنگ از تنفس مصنوعی کمک گرفه که بهترین نوع آن تنفس از راه دهان به دهان می‌باشد.

مقاومت بین اعضای مختلف بدن انسان بطور متوسط برابر است با:

۱ – دست و دست تقریباً 4000^{Ω}

۲ – دست و پا: تقریباً 4500^{Ω}

۳ – پا و پا: تقریباً 6500^{Ω}

٤ – هر دو دست و پاها: تقریباً 1800^{Ω}

در ضمن بدن مرطوب و دستهای عرق کرده باعث کم شدن مقاومت و عبور جریان زیادتری می‌شود. لذا می‌توان گفت که حتی اختلاف سطح 20 ولت نیز محسوس و اختلاف سطح ٦٠ ولت ممکن است خطر جانی داشته باشد. البته اثر مرگبار جریان به فرکانس هم بستگی دارد. و متاسفانه فرکانس صنعتی 50 هرتز خطرناکترین آنها می‌باشد.

۲- زمین کردن الکتریکی

زمین کردن الکتریکی معینی زمین کردن نقطه‌ای از دستگاههای الکتریکی و یا ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می‌باشند، مثل زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچی ترانسفورماتور و یا ژنراتور و به زمین کردن سیم مشترک دو ژنراتور جریان دائم که سری شده‌اند (MP)

زمین کردن الکتریکی دستگاهها بخاطر کار صحیح دستگاهها و جلوگیری از ازدیاد فشار الکتریکی فلزهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازها به زمین می‌باشد.

۳ – اصطلاحاتی که در زمین کردن بکار برده می‌شود.

۱) زمین: زمین در این مبحث به معنی نوع و جنس زمین است، مثل خاک رس، ماسه، شن، سنگ لاخ، مرداب و ...

۲) میل زمین (زمین کننده): میل زمین عبارتست از هادی یا فلزی به هر شکل مانند صفحه‌ای لوله‌ای، طنابی، پروفیل و غیره که در زمین چال می‌شود و با زمین ارتباط برقرار می‌کند و ما در این مبحث به اختصار به آن «میل» می‌گوئیم.

۳) سیم زمین: عبارتست از سیم رابط بین زمین کننده (میل) و زمین شونده

٤) زمین کردن: زمین کردن عبارتست از رابطه برقرار کردن بین یک هادی و میل زمین این هادی ممکن است جزئی از مدار الکتریکی باشد و یا ممکن است در حالت عادی هیچگونه ارتباطی با مدار الکتریکی نداشته باشد.

- انواع مقارمتهای زمین.

۱) مقارمت مخصوص زمین:

مقاومت مخصوص زمین عبارست از مقاومت یک متر مکعب از زمینی به ابعاد $1^m \times 1^m \times 1^m$ که بین دو الکترود صفحه‌ای سنجیده شده باشد. واحد آن $\Omega.m$ می‌باشد. مقاومت مخصوص زمین بستگی به نوع مولد تشکیل دهنده زمین دارد و لذا در هر قسمت زمین متفاوت است.

این مقادیر بطور متوسط برای جنس‌های مختلف خاک برابر مقادیر زیر است.

7	6	5	4	3	2	1	
سنگلاخ	ماسه با شن	شن مرطوب	ماسه نرم مرطوب	خاک رس	مرداب	نوع زمین	۱
3000	1000	500	200	100	30	مقاومت مخصوص $\Omega.m$	2

۲) مقاومت گسترده زمین

عبارتست از مقاومت زمین بین میل زمین و نقطه‌ای از زمین همواره بر حسب اهم لذا مقاومت گسترده زمین بستگی به نوع زمین (مقاومت مخصوص زمین) و نوع میل و طرز قرار گرفتن آن در زمین دارد. جدول زیر حد متوسط

مقاومت گسترده زمین را برای میل‌های نرمال و مقاومت مخصوص $P = 100$ $\Omega.m$ نشان می‌دهد.

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱	نوع میل	پنجه‌ای		رشته‌ای		میله‌ای و لوله‌ای				صفحه عمودی	
۲	مقاومت میل زمین Ω	10^m 20	25^m 10	50^m 5	100^m 3	1^m 70	2^m 40	3^m 30	5^m 20	$0.5^m \times 1^m$ 32	$1^m \times 1^m$ 25

۳) مقاومت زمین

عبارتست از مقاومت گسترده زمین به اضافه مقاومت سیم زمین

قبل از توضیح بیشتر در مورد میل‌ها به بررسی مختصری در مورد شکلهای مختلفی که الکترودها می‌توانند داشته باشند می‌پردازیم.

الکترودها به شکل مختلفی ساخته می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از:

الف: میله‌های مسی معمولاً به قطر ١٦ میلیمتر که با چکش در زمین کوبیده میشوند. این میله‌ها دارای نوک تیز فولادی هستند که فرو رفتن در زمین را آسان می‌کند. پس از کوبیدن یک میله میتوان میله دیگری به آن پیچ کرد و کوبیدن را ادامه داد تا میله‌ای با طول مورد نظر تا حدود ۳ متر بدست آید.

ب: صفحه‌های مسی که در عمق ٦٠ سانتیمتری یا بیشتر بصورت افقی خوابانده می‌شود باین ترتیب زمین بسیار مناسبی تهیه می‌شود ولیکن این روش با زحمت بیشتری همراه است.

پ: استفاده از لوله‌های آب شهری در گذشته بسیار معمول بوده است ولی امروزه که بیشتر از لوله‌های پلاستیکی استفاده بعمل می‌آید این روش قابل استفاده نیست.

ت: غلاف بازره فلزی کابلهای زیر زمینی امروزه بیشتر مورد استفاده قرار میگیرند از این غلاف‌ها بیشتر بعنوان اکترود و یا سیم زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند چرا که این غلاف ذرهٔ کابل در پست به سیم نوترال متصل هستند. در اینگونه سیستم‌ها در صورت بروز اتصالی جریان اتصال کوتاه از غلاف یا ذره کابل عبور می‌کند و به زمین نفوذ نمی‌کند.

ث: سیم زمین در سیستم‌های توزیع نیز در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش سیستم توزیع علاوه بر سیم‌های سه فاز و سیم نول سیم پنجمی هم در امتداد خطوط کشیده می‌شود که در پست به لوترال متصل می‌گردد. و در طی مسیر عبور کرده در بعضی از نقاط این سیم زمین شده است و در نقاط مصرف بعنوان الکترود زمین مورد استفاده قرار میگیرند.

ج: در بسیاری از موارد بر کاهش دادن مقاومت زمین از مجموعه‌ای از میله‌ها استفاده می‌کنند و با اتصال الکتریکی انها بیکدیگر از آنها بصورت یک الکترود واحد استفاده بعمل می‌آید.

- انواع میله‌ها

میل‌ها را میتوان کلاً به دو دسته تقسیم کرد، میل سطحی و میل عمقی

۱) میل سطحی

میل سطحی تشکیل شده از یک یا چند مفتول یاتسمه یا طناب فولادی روی اندود (آهن سفید) هستند که در عمق کم (در حدود 0.5 تا 1 متر) در زمین چال می‌شود و ممکن است بصورت ساده (خطی)، اشعه‌ای (پنچه‌ای)، کمربندی، غربالی و یا ترکیبی از آنها استفاده شود.

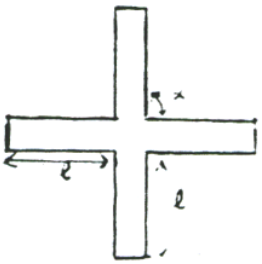
طول یا ابعاد میل سطحی بستگی به مقدار مقاومت گسترده مورد نظر دارد. مقاومت گسترده میل سطحی ساده (خطی) را میتوان در شرایطی که سطح زمین میل یخ زده باشد از رابطه زیر بدست می‌آید.

در این رابطه R مقاومت گسترده میل گرد بر حسب اهم و L طول میل بر حسب مترو d قطر میل بر حسب متر می‌باشد.

$$R = \frac{P}{\pi.L} Ln \frac{2L}{d}$$

اگر از میل تسمه‌ای به پهنای b استفاده شود رابطه فوق $d = \frac{b}{2}$ قرار خواهد گرفت میل سطحی بهتر است کاملاً صاف و افقی در زمین قرار گیرد و در صورتیکه میل دارای انشعاب باشد مثلاً پنچه‌ای باشد باید بخاطر جلوگیری از اتر متقابل اشعه‌ها به یکدیگر زاویه بین اشعه‌ها از $60°$ کمتر نشود بعبارت دیگر تعداد اشعه‌ها نباید از 6 عدد تجاوز کند.

معمولاً در پست‌های آزاد از 4 اشعه با زاویه $90°$ طبق شکل استفاده بعمل می‌آید.



اگر از میل غربالی یا توری استفاده شود بهتر است که عرض توری حداقل برابر نصف طول آن باشد $(b \geq \frac{1}{2})$ در این حالت میتوان مقاومت گسترده میل را از رابطه زیر بدست آورد. $R = \frac{p}{2D}.k$

در این رابطه $b.L,\ A = b.\ L\ (m^2),\ D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$ طول وعرض میل غربال است و فاکتور K متناسب با غربال.

$$a \leq \frac{1}{10} \rightarrow k = 1.3$$

$$a \leq \frac{1}{20} \rightarrow k = 1.2$$

هر چه فواصل سیم‌های توری (a) بهم نزدیک باشد، زمین کننده بیشتر به یک صفحه مدوری که در ابعاد مساوی دارای مقاومت گسترده کمتری است نزدیک می‌گردد. مقاومت گسترده میل صفحه‌ای که بطور افقی در زمین قرار می‌گیرد عبارتست از $R = \frac{P}{20}$ بطوریکه D قطر صفحه بر حسب متر می‌باشد.

برای میل‌های خطی و پنچه‌ای بهتر است از سیم طنابی یا رشته‌هائی نچندان باریک و به مقطع کل 95 میلیمتر مربع استفاده شود. میل سطحی بیشتر در پستهای فشار قوی خارجی و در محلهایی که شرایط زمین خیلی مناسب نیست بکار برده میشود.

مقاومت گسترده میل کمربندی را میتوان از رابطه زیر حساب کرد. $R = \frac{P}{2\pi.D}.K_2$

t=1m

$d = \frac{b}{2}$ در این فاکتور k_2 متناسب با نسبت $\frac{D}{d}$ بدست می‌آید.

مقاومت گسترده میل کمربندی چندان تفاوتی با میل خطی با ثابت بودن مصالح بکار برده شده ندارد و بدین جهت بخصوص در پستهای فشار قوی با مساحت نسبتاً کم در صورتیکه میل کمربندی دور تا دور پست را احاطه کند مناسب تراز میل خطی میباشد. در صورتیکه زمین در عمقی که میل کارگذارده می‌شود بقدر کافی مرطوب نباشد بهتر است روی آن چمن کاری انجام شود.

۲) میل عمقی

الف) میل میله‌ای: میل میله‌ای تشکیل شده از یک میله، لوله و یا هر پروفیل دیگر از آهن سفید که بطور عمودی در زمین کوبیده می‌شود و طول و تعداد آن بستگی به مقاومت گسترده لازمه دارد. مقاومت گسترده یک میل میله‌ای بر حسب اهم برابر است با

$$R = \frac{p}{2\pi.h} L_n \frac{4h}{d}$$

در این رابطه h طول میل بر حسب مترو d قطر لوله یا مفتول بر حسب متر میباشد. در بیشتر مواقع رابطه ساده $R = \frac{P}{L}$ برای محاسبه مقاومت گسترده میل در صورتیکه قطر آن از 5 سانتیمتر کمتر نباشد، کافی است. برای کوچکتر کردن مقاومت گسترده میل می‌توان از ترکیب چند میل استفاده نمود. در شکل زیر فاصله میلها، بخاطر جلوگیری از اثر متقابل آنها بهتر است که از دو برابر طول میل کوچکتر نشود. فقط در صورتیکه تمام طول میلهای موازی بعلت یخ بندان و یا

نامناسب بودن قسمتی از زمین، موثر واقع نشود، میتوان فواصل میل را به اندازه دو برابر طول مؤثر میل انتخاب کرد.

در این حالت میل‌ها مانند مقاومت‌های موازی عمل می‌کنند. $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+....$

اما تعداد میل‌ها بعلت اثر متقابل آنها نمی‌تواند از یک حدی بیشتر باشد. در صورتیکه خاک اطراف میل از نظر رطوبت و هدایت مناسب نباشد بهتر است از لوله‌های سوراخ دار استفاده شود و سانی یک یا چند بار با محلول رقیق سوددار (جوش شیرین) پر شود.

ب) میل صفحه‌ای

میل صفحه‌ای از ورق آهن روی اندود (آهن سفید) به ضخامت 3 میلیمتر تشکیل شده و بطور عمودی در زمین چال می‌شود ابعاد آن متناسب با مقاومت گسترده لازم $1^m \times 1^m$ و یا $1^m \times 0.5^m$ انتخاب می‌شود. در موقع قرار دادن صفحه در زمین باید دقت کرد که لبه بالائی صفحه حداقل یک متر زیر سطح زمین قرار بگیرد. در اینصورت مقاومت گسترده میل صفحه‌ای برابر است با $R = a$ $0.25\frac{p}{a}$ عرض صفحه و p: مقاومت مخصوص زمین است و در صورتیکه بخاطر کوچکتر کردن مقاومت گسترده زمین از چند صفحه استفاده شود بهتر است که فواصل صفحه‌ها از یکدیگر از 3 متر کمتر نباشد (صفحات می‌توانند بصورت ورقه‌ای یا مشبک باشند).

یکی از مزایای میل صفحه‌ای این است که می‌توان آن را در اعماق زمین و نزدیک به سطح آبهای زیر زمینی که دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند قرار داد. از میل صفحه‌ای امروز به ندرت استفاده می‌شود چرا که تهیه صفحه‌ها و ایجاد چاه برای قرار گرفتن صفحه‌ها مستلزم هزینه زیادی هستند. لازم به یادآوری است که در تمام انواع و اقسام میل‌ها که به آنها اشاره شد. می‌توان علاوه بر آهن سفید از مس و آهن مس اندود نیز استفاده کرد.

جدول زیر حداقل ابعاد میل‌های مختلف را طبق استانداردهای پیشنهادی VDE نشان می‌دهد.

جنس میل نوع میل	آهن روی اندود	آهن مس اندود	مس
سطحی	تسمه با مقطع $100mm^2$ و ضخامت حداقل $3mm^2$ سیم طنابی $95mm^2$	$20mm^2$	تسمه با مقطع $50mm^2$ باحداقل ضخامت $2mm^2$ سیم طنابی $35mm^2$
عمقی	لوله فولادی 1m پورفیل165 پروفیل $u\ 6\frac{1}{2}$ T6 و پروفیل‌های مشابه	فولاد به قطر $15mm^2$ پوشش مس $2.5mm^2$	تسمه با مقطع $50mm^2$ و بالاتر حداقل ضخامت $2mm^2$ سیم طنابی $35mm^2$ لوله مسی 3×30
صفحه‌ای	به ضخامت 3mm	-----	به ضخامت 2mm

- سنجش مقاومت گسترده زمین

اگر از دستگاه سنجش مقاومت زمین استفاده شود که براحتی می‌توان مقدار مقاومت را اندازه‌گیری کرد ولی اگر دستگاه مخصوص سنجش مقاومت زمین در دسترس نباشد. میتوان بکمک یک آمپر متر و یک ولت متر بشرطی که مقاومت ولت متر خیلی زیاد باشد (حداقل ده برابر مقاومت گسترده سونر زمین باشد) مقاومت گسترده زمین را سنجید. برای این منظور بهترین وسیله اندازه‌گیری ولتمتر الکترونیکی است در این مدار مقاومت گسترده میل زمین برابر است با $RA = \frac{u}{1}$

برای سنجش اختلاف سطح قدم و اختلاف سطح تماس از یک ولتمتر که مقاومت داخلی آن در حدود $3k\Omega$ باشد و دو الکترود کمکی که سطح تماس آن با زمین در حدود $200cm^2$ است و با فشار حداقل $25kp$ در روی زمین فشرده شود استفاده می‌شود.

خلاصه مختصری از مطالب گفته شده و جمع بندی این فصل

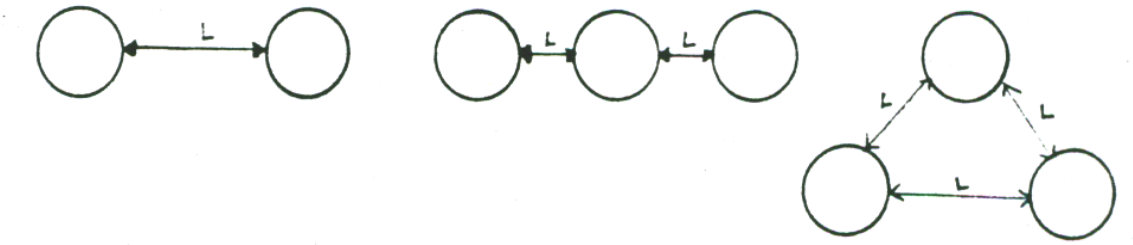
- محاسبه مقاومت الکترودهای میله‌ای

برای محاسبه مقاومت الکترودهای میله‌ای از فرمول تقریب زیر استفاده می‌کنیم مقاومت میله‌ای به شعاع r متر که L متر در زمین با مقاومت ویژه ρ فرو رفته است برابر است با.

$$R = 2.05\ (Log\frac{2L}{r}).(\frac{\rho}{2L})$$

- محاسبه مقاومت مجموعه الکترودهای میله‌ای

برای کاهش دادن مقاومت الکترودها می‌توان از مجموعه‌ای از میله‌ها استفاده نمود. سه مجموعه معمول بصورت درو الکترودی و سه الکترودی خطی و مثلثی بصورت شکل زیر هستند.



$\frac{1+2m}{3}$ $\frac{1-2m^2+n}{3-4m+n}$ $\frac{1+m}{2}$

n,m درضرائب بالا بشرح زیر هستند.

$$x=\frac{1+L}{L} \qquad m=\frac{mx}{m(L/r)}$$

$$y=\frac{1+2L}{2L} \qquad n=\frac{my}{m\ (L/r)}$$

ملاحظه می‌شود در حالیتکه فاصله بین میله‌های مجموعه خیلی بیشتر از طول آنها باشد ضریب کاهش مقاومت برابر عکس تعداد میله‌های مجموعه می‌شود که حداکثر کاهش ممکنه را خواهد داشت در فاصله‌های کمتر بعلت استفاده اشتراکی از یک حوزه زمین ضریب کاهش مقاومت مجموعه کوچکتر خواهد شد.

- نحوه صحیح اتصال بدنه دستگاهها به زمین

بدنه فلزی همه وسایل برقی باید به سیم زمین متصل باشد و سیم زمین همه به ترمینال الکترودهای زمین متصل می‌شود. بدنه فلزی بسیاری از وسایل

خود در مجاورت زمین قرار دارند لیکن هیچگاه نمیتوان به این اتصال ناقص اکتفا کرد و اتصال الکتریکی آنهابه زمین ضروری است. سیم زمین ممکن است یک سیم لخت مسی، یک رشته سیم مخصوص در داخل کابل، لوله هادی فولادی سیم کشی یا غلاف فلزی کابلها یا ترکیب از اینها باشد. در مواقعی که از سیم مخصوص استفاده می‌شود اندازه آن نباید از نصف اندازه بزرگترین سیمی که برای حمل جریان بکار گرفته شده است کمتر باشد. بیشتر مقرارت امروزه لازم می‌دانند که تجهیزات فلزی غیر برقی نظیر لوله‌های آب و گاز، رادیاتورهای فلزی، تیرهای آهنی ساختمان‌ها اگر در دسترس باشند به یکدیگر و به سیم زمین متصل گردند. این کار از برقرار شدن ولتاژهای خطرناک بین اجسام فلزی جلوگیری می‌کند و ضریب ایمنی را افزایش می‌دهد.

- محاسبه میل زمین حفاظتی جهت تابلوهای کارخانه

بطور کلی این کارخانه دارای 8 تابلوی توزیع انرژی می‌باشد که می‌بایست هر کدام از آنها دارای یک میل اتصال زمین باشند زیرا موقعیت قرار گرفتن تابلوها بنحوی است که از نظر اقتصادی بصرفه و از لحاظ ایمنی نیز بهتر از حالت خواهد بود که تمام سیم‌ها را با یک میل زمین کنیم.

حال به محاسبه میل زمین هر کدام از تابلوها می‌پردازیم. البته لازم بتدکز است که دستگاهها و تابلوهای فرعی تحت پوشش هر یک از تابلوهای اصلی قرار می‌گیرند و توسط کابل زمین آنها می‌گردند.

مقاومت ویژه زمین (کارخانه) P = 20

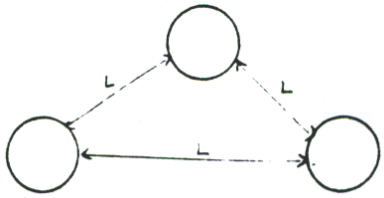
طول میله L = 1.5m

شعاع میل r= 0.016m

$R = 2.05\ (\log\frac{2L}{r})(\frac{\rho}{2\pi L})$

$R = 2.05\ (\log\frac{2\times1.5}{0.016})\ (\frac{20}{2\times3.14\times1.5}) \Rightarrow R = 9.83\pi$ مقاومت یک میل

بنابراین چون مقاومت یک میل از حد مجاز بیشتر شده است می‌بایست از سه میل بشکل مثلث استفاده کنیم.



$x = \frac{1+L}{L} \Rightarrow x = \frac{1.5+1}{1} \Rightarrow x = 2.5$

$m = \frac{\ln x}{\ln (L/r)} \Rightarrow m = \frac{\ln 2.5}{\ln 1.5/0.016} \Rightarrow m = 0.202$

$k = \frac{1+2m}{3} \Rightarrow k = \frac{1+2\times2.02}{3} \Rightarrow k = 0.47$

$R = R.k \Rightarrow R = 9.83\times0.47$

بنابراین

$R = Q.k \Rightarrow R = 9.83\times0.47$

$R = 4.62\ \Omega$ $R < \Omega$ قابل قبول است

فصل ششم

طرح و انتخاب وسایل جبرانگر

در این فصل لزوم اصلاح ضریب قدرت و استفاده از خازن‌ها را برای بهبود ضریب قدرت بمنظور کاهش دادن هزینه‌های مصرفی در رابطه با تعرفه‌های موجود را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

- لزوم اصلاح ضریب توان (قدرت)

ظریف آلتوناتورها، ترانسفورماتورها و وسایل برق رسانی بواسطه تلفات حرارتی آنها از خودتابع مقدار جریان است و جریان نیز به ضریب قدرت بستگی دارد بنابراین برای استفاده مؤثر از ظرفیت آلترناتورها، ترانسفورماتورها و خطوط انتقال و توزیع انرژی لازم است ضریب قدرت بارها بزرگ انتخاب شوند.

- تصحیح ضریب قدرت توسط خازن

بطوریکه می‌دانیم خازن برای شارژ شدن جریانی از مدار می‌گیرد که بر خلاف سلف نسبت به ولتاژ تقدم فاز دارد. لذا می‌توان با نصب خازنهائی موازی با بار جریان را نسبت به ولتاژ 90 درجه پیش فاز دارد. تا در نهایت مجموع پس فازی و پیش‌فاز صفر شده تا مادر مدار دارای یک جریان خنثی باشیم و باین ترتیب ضریب قدرت را تصحیح کرده به یک و یا به میزان دلخواه بهبود ببخشیم.

- اقتصادی‌ترین ضریب قدرت

بدیهی است اگر تعرفه برق مصرفی یک قسمتی باشد (فقط مصرف وات مصرفی محاسبه گردد) اصلاح ضریب قدرت هزینه برق مصرفی را کاهش نمی‌دهد. بنابراین اگر محاسبه تعرفه برق دو قسمتی باشد (1 – W(وات) – VAR 2(وار)) اصلاح ضریب قدرت هزینه برق مصرفی را کاهش می‌دهد لیکن هزینه تهیه و نصب خازن هم باید مورد نظر قرار بگیرد. و بدین ترتیب است که باعث اقتصادی‌ترین ضریب قدرت مطرح می‌گردد.

نکته دیگر جهت تعیین و بدست آوردن یک ضریب قدرت اقتصادی اینست که وزارت نیرو جهت محاسبه و بررسی هزینه ضریب قدرت ناخواسته مقدار ضریب قدرت $\text{Cos}\,\varphi = 0.8$ را ملاک قرار داده است. بدین ترتیب کلیه ضریب توانایی که پائین‌تر از 0.8 می‌باشند. تنها مشمول پرداخت جریمه و اضافه بهای برق می‌شوند. بنابراین جهت محاسبه خازن مورد نیاز کارخانه می‌بایست نکات گفته شده بالا را در محاسبه ضریب قدرت اقتصادی در نظر داشته باشیم.

در هنگام محاسبه توان خازن باید دقت نمود که این خازن بمنظور جبران توان سلفی تمام تأسیسات یا قسمتی از تأسیسات بکار برده می‌شود.

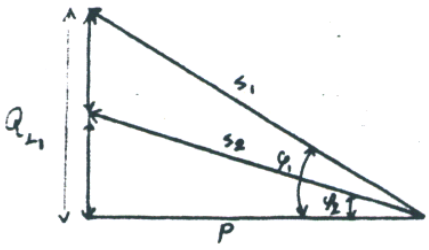
- محاسبه توان خازن

ضریب قدرت قبل از اصلاح $\text{Cos}\,\varphi_1$ و زوایه فاز قبل از اصلاح $= \phi_1$

ضریب قدرت بعد از اصلاح $\text{Cos}\,\varphi_2$ و زاویه فاز بعد از اصلاح $= \phi_2$

توان خازن جبران کننده $Q_1 = \rho.tag\varphi_1$

$Q_c = Q_{LI} - Q_{L2}$ $Q_C = \rho\ (tag\varphi_1 - tag\varphi_2)$



پس از تعیین توان خازن می‌توان ظریفت خازن (کاپاسیته) را از رابطه زیر بدست آورد $C = \frac{Qc}{w.u^2}$

لازم به ذکر است که خازنهای موجود در بازار بصورت اتصال مثلث در یک واحد موجود می‌باشند و مقدار این خازنها را معمولاً از روی توانهای آنها می‌شناسند بنابراین برای تعیین مقدار یک حازن تنها کافی است مقدار توان دواته آن محاسبه گردد.

- محاسبه توان دواته مورد نیاز کارخانه و تعداد خازن‌های مورد نیاز

طبق محاسبات انجام شده در فصل چهارم توان ظاهری با توجه پیش‌بینی بار تا چند سال آینده مقداری برابر با $St = 1743\ .\ 775\ \angle -33.9$ داشت. حال با توجه به مطالب یاد شده در قسمتهای قبلی همین فصل مقدار زاویه فاز ایجاد شده توسط دستگاههای کارخانه بواسطه وجود جبرانگوهای موجود روی هر یک از دستگاهها (اصلاح ضریب قدرت بصورت موضعی) مقداریست قابل قبول و از نظر وزارت نیرو هیچگونه اشکالی وجود ندارد. اما بدلیلی اینکه ما می‌خواهیم کارخانه دارای ضریب قدرت بهتری باشد مقدار این زاویه فاز را باز هم توسط جبرانگر متمرکز خازنی کاهش می‌دهیم.

$S_t = 1743\ .775 \angle -33.9$

$St = 1447\ .35 - j972.58$

$Cos\varphi_1 = 0.829 \quad , \quad tag\varphi_1 = 0.67$

$Cos\varphi_2 = 0.9 \quad , \quad tag\varphi_2 = 0.48$

$Q = \rho(tag\varphi_1 - tag\varphi_2) \Rightarrow Q = 1447.35\ (0.67 - 0.48) \Rightarrow$

$Q = 431.32$ $KVAR$ توان دواته مورد نیاز

اگـر از واحـدهای خـازنی kvar 50 بـا اتصـال مثلـث و بـا ولتـاژ 380 ولتـی استفاده نمائیم، داریم.

$n = \frac{231.32}{50} \Rightarrow n \cong 4.6 \qquad n \cong 5$ تعداد واحد خازن‌ها

بـدلیل وضـعیت کـارکرد ماشـین الات از نظـر زمـانی، بایسـتی از ایـن تعـداد خـازن 2 واحـد خـازن 50 کیلـو واری بصـورت دائمـی 3 واحـد دیگـر توسـط رگولاتـور مخصـوص خـازن مجهـز بـه کسـینوس فـی متـر و مـدار فرمـان و قـدرت یکـی پـس از دیگری در مواقع لوزم وار مدار گردند.

فصل هفتم

طراحی سیستم‌های صوتی، اعلام حریق و تلفن

- سیستم صوتی

علم صوت یا اکوستیک یکی از شاخه‌های مهم فیزیک می‌باشد که در مهندسی از آن استفاده می‌گردد در نتیجه پیشرفت تمدن بشری مهندسی آکوستیکی نیز پدید آمده است و هدف از آن نیز استفاده از علم صوت در جهت طراحی سیستم‌های مولد صوت در فضاهای اداری، تجاری، نمایشگاهی ، صنعتی، هنری و تفریحی در جهت پیام‌رسانی و برقراری ارتباط و یا امور فرهنگی می‌باشد.

در راستای این اهداف، در مهندسی آکوستیکی روشهای محاسباتی ارائه شده است که بطور نسبی اهداف مهندسی آکوستیکی را برآورده می‌سازد. ولی واقعیت این است که جهت طراحی یک سیستم صوتی نکات بسیاری وجود دارد که تنها در سایه تجربه، مهارت، نوآوری و حسن سلیقه قابل حل است. پدیده صوت با شنوایی انسان در رابطه مستقیم بوده و انسان یک حساس درونی نسبت به پاره‌ای از فرکانس‌های صوتی دارد. گوش انسانها از فرکانس‌های 20 الی 20000 هرتز را قادر به درک کردن می‌باشند و فرکانسهایی خارج از این محدوده را قادر به شنیدن نیستند. صوت از ارتعاش مکانیکی یک جسم در یک محیط‌های الاستیکی ایجاد می‌شود و بر خلاف امواج الکترومغناطیس در خلاء منتشر نمی‌شود.

مشخصه‌های آکوستیکی بویژه هنگامیکه اعلام عمومی در داخل فضای بسته نصف شده باشد موجب بروز مشکلاتی می‌گردد.

عواملی که در امر ایجاد پژواک و اکو موثر هستند یکی دیوارهایی هستند که از ماده‌های سنگین و سفت که دارای قدرت جذب آکوستیکی کمی هستند استفاده شود بعنوان مثال می‌توان از سیمان، سنگ و یا دیوارهایی با تخته‌های چند لایه نام برد، که زمان پژواک را طولانی‌تر می‌کنند.

بویژه کارخانه‌هایی که با پوشش سنگ به شکل گنبد یا مکانهای پارک اتومبیل در ساختمانها و همچنین سالنهای ژیمیناستیک دارای زمان پژواک طولانی هستند. پژواک، واضح بودن صدا را کاهش داده و در فرکانس‌های پایین نیز مضر است. مخصوصاً در اتاقهایی که از نظر آکوستیکی خوب طراحی نشده باشند.

- اکو

اکو انعکاس صدای اول بوده که پس از مدت کوتاهی شنیده می‌شود. صداهای انعکاس که تا مدت زمان $\frac{1}{20}$ ثانیه $(50ms)$ نسبت به صدای اصلی بگوش می‌رسند چنین به نظر می‌رسد که دارای پژواک می‌باشند در صورتیکه صداهای منعکس شده در زمان دیرتری به گوش برسند اکو نامیده می‌شوند زیرا بطور جداگانه‌ای از صدای اصلی بگوش می‌رسند.

اکو چنان وضوح صدا را تحت تاثیر قرار می‌دهد که پخش موزیک را غیر ممکن می‌سازد اکو بد ترین اثر آکوستیکی مضر می‌باشد. اکوهای خارجی نظیر

صدای باد، کوهها، ساختمانها و عوارض زمین نیز ایجاد اشکال می‌کنند بنابراین هنگام انتخاب محل نصب بلندگوها، باید نقاط مرتع را در نظر گرفت بطوریکه بتوان بهترین بهره را از جریان هوای ملایم برده و محلهایی‌که احتمال ایجاد اکو در آن حداقل ممکنه را دارا باشد در نظر گرفت. راه حل دیگر این مشکل نصب بلندگوهای کم قدرت در چندین نقطه می‌باشد. فقط در صورتیکه شرایط شنوایی مکان مورد نظر در حد مطلوب باشد صدا در آن مکان مطلوب خواهد بود و در صورتیکه سیستم آکوستیکی مکان مورد نظر صحیح نباشد صدای پخش شده دارای اکو خواهد بود. این اکو تولید شده باعث اختلال در فهم دیالوگ‌های فیلم و یا موسیقی پخش شده می‌شود.

به همین دلیل است که باید دیوارهای مکان مورد نظر طوری طراحی شوند که این انعکاس‌ها را بوجود نیاورند. در صورتیکه مکان مورد نظر در حالت عادی و بدون در نظر گرفتن فرم دیوارها برای از بین بردن صداهای مزاحم طراحی می‌شود باید پوشش دیوارها را طوری آکوستیک کرد که صورت در هنگام برخورد به آنها منعکس نشود و در حقیقت مستهلک شود و برای آکوستیک کردن دیوارها روشهای خاصی وجود دارد.

بطور کلی دو نوع سیستم آکوستیک وجود دارد.

اول اینکه سیستم طوری باشد که صداهای مزاحم و نویز از خارج محیط وارد شوند و از داخل نیز موسیقی و صوت بوجود آمده خارج نگردد این سیستم

بیشتر در مورد استودیوهای صدابرداری و سالن‌های ضبط موسیقی بکار می‌رود . در زندگی روزمره و در مناطق داخل شهری مقدار نویز بسیار زیاد است بطوریکه گوش انسان پس از مدتی دیگر قادر به مشخص نمودن این اصوات نیست و حتی در محیط‌هایی که بسیار ساکت به نظر می‌رسند هم نویز وجود دارد ولی گوش انسان آن را احساس نمی‌کند ولی به هنگام ضبط صدا این نویزها از طریق میکروفون انتقال می‌یابند و توسط آمپلی‌فایر تقویت می‌شوند و پس از پخش موسیقی ضبط شده کاملاً خودشان را نشان می‌دهند.

سیستم دوم آکوستیک این است که در حقیقت از ایجاد اکوهای مزاحم در داخل محیط جلوگیری بعمل آید که علت آن نیز قبلاً مشخص شده است. در سالنهای آمفی‌تئاتر و سالنهایی که در آنها موسیقی نواخته می‌شود. و یا فیلم‌هایی با صدای بلند به نمایش در می‌آید باید این دو نوع سیستم آکوستیک مورد استفاده قرار بگیرند برای بوجود آوردن این سیستم آکوستیک روشهای متنوعی وجود دارد. اول اینکه سطح دیوارهای سالن‌ها باید از فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های زیادی برخوردار باشد چرا که این اختلاف سطح از انتشار اکو بصورت منظم جلوگیری می‌کند و از مقدار آن می‌کاهد.

دوم اینکه جنس دیوارها از موادی انتخاب شود که صوت را در خود مستهلک نماید نمونه‌ای از این مواد پشم شیشه است در بعضی از سالنها از هر دو روش برای جلوگیری از به وجود آمدن اکو استفاده می‌شود هنگامیکه فرم دیوارها

بصورت منحنی ساخته شده باشند خود کمترین اکو ممکنه را ایجاد می‌کنند و روی سطح دیوارها از قطعاتی به شکل مکعب استفاده می‌شود که در داخل این مکعب‌ها از پشم شیشه پر شده است و تمام این قطعات نیز با هم اختلاف سطح دارند، بطوریکه نمای زیبایی را بوجود خواهند آورد و هم سیستم آکوستیک را تکمیل می‌نمایند.

- اثر نویز

نویز عبارتست از مقدار صدایی که بصورت عادی در محیط وجود دارد که از عوامل ایجاد آن می‌توان از صحبت کردن، رفت و آمد، صدای حاصل از کارکردن دستگاهها و اتومبیل‌ها و صدای باد و غیره را نام برد هر قدر مقدار نویز با تواز غوغا در محیط زیاد باشد صدای کمتری به گوش می‌رسد. بنابراین باید با اضافه کردن قدرت صوت پخش نویز ایجاد شده را کم کنیم. پس لازم است میزان نویز هر محل اندازه‌گیری شود تا جهت پوشانیدن آن اقدام گردد. جهت اندازه‌گیری نویز هر محل می‌توان از دستگاه اندازه‌گیری سطح صدا استفاده کرد.

جدول ارائه شده در زیر بطور تقریبی میزان نویز را برای محلهای مختلف و منابع مختلف ارائه می‌نمایید.

قدرت و حجم صدای مورد نیاز		مشخصات محل	میزان نویز	مشخصات صوت
قدرت صدا باید بیش از ۱۲۰ باشد که این حداکثر قدرت شنوایی است		نزدیک موتور هواپیما بوق اتومبیل و صدای کارخانه صدای ریل قطارهای برقی مغازه آهنگری	120 110 100 90	گفتگو شنیده نمی‌شود
۱۰۰ یا بیشتر		تقاطع خیابانها ماشین‌نویس فروشگاه بزرگ و اداره‌های شلوغ – هتل‌ها – رستوران‌ها – سینماها	80	گفتگو بسختی شنیده می‌شود.
				باید بلند صحبت کرد
جایی که منبع صوتی بعنوان صدای اصلی باشد می‌تواند بین 80 تا 100 باشد	70-90	سینما بیمارستانها و خانه‌های حومه شهر صدای استودیو لرزش برگ درختان در اثر باد زمزمه کردن	70 60 50 40 30 20 10	براحتی می‌توان صحبت کرد.
	70 یا بیشتر در سروصدا می‌توان صرفنظر کرد.			

- بلندگوها

بلندگوها مبدل سیگنال الکتریکی به سیگنال صوتی می‌باشند و در سیستم‌های صوتی جهت تولید صوت بکار می‌روند و در انواع مختلف ساخته می‌شوند. بلندگوی ساختمان – بلندگوی خارج ساختمان ، بلندگوهای داخل ساختمان اغلب دکوراتیو بوده و در نوع ستونی – دیواری و سقفی ساخته می‌شوند . بلندگوهای هوای آزاد ضد آب و گرد و غبار می‌باشند و در دو نوع ستونی و شیپوری ساخته می‌شوند. معمولاً زاویه پخش بلندگوهای ستونی و شیپوری 60 درجه است و بلندگوهای سقفی 90 درجه است.

در سیستم‌های صوتی معمولاً از بلندگوها جهت پیام‌رسانی، موسیقی، سخنرانی و پخش رادیویی استفاده می‌شود. جهت پیام‌رسانی و موسیقی از بلندگوهای سقفی و دیواری و یا ستونی استفاده می‌شود و از بلندگوهای شیپوری در هوای آزاد جهت پیام‌رسانی و بلندگوهای ستونی هوای آزاد جهت سخنرانی استفاده می‌شود.

- فشار صدای خروجی بلندگو و تضعیف صدا

مشخصات بلندگوها شامل فشار صدای خروجی بوده که نشان دهنده حجم صدای تولید شده توسط بلندگو است و به این طریق اندازه‌گیری می‌شود، که یک وات انرژی به ورودی بلندگو داده می‌شود و در فاصله یک متری از بلندگو شدت صوت یا همان فشار خروجی بلندگو را اندازه‌گیری می‌کنند.

فشار صدای خروجی دارای واحد دسی‌بل(dB) می‌باشد. بنابراین دسی‌بل برابر فون‌های استفاده شده برای ایجاد مقدار نویز در فرکانس 1000 هرتز است.

بنابراین دسی بل و فون بطور کلی دارای کاربردی مشابه در محاسبات نویز می‌باشد. فشار صدای خروجی همچنین نشان دهنده ظرفیت بلندگو (یا راندمان) برای تبدیل سیگنال‌های الکتریکی به صوتی است که از 85 دسی بل تا 100 دسی بل به نوع بلندگو متغییر است.

اختلاف در فشار صدای خروجی با توجه به انواع بلندگوها عبارتند از:

بلندگو	فشار صدای خروجی
بلندگوی نصب شده روی سقف یا دیوار	85 تا 93 دسی بل
بلندگوی ستونی	90 تا 106 دسی بل
بلندگوی برقی	95 تا 110 دسی بل

- ارتفاع سقف و محدوده پوشش هر بلندگو

جدول (الف) را می‌توان در جائیکه مقدار نویز 60 دسی بل و ضریب پیک 10 دسی بل باشد بکار برد. تعداد بلندگوها و مدل آنها را از جدول (ب A) جائیکه بلندگوها فقط برای موسیقی بکار می‌روند و یا از جدول (ب B) جائیکه فقط برای سخنرانی هستند انتخاب می‌کنیم.

ورودی هر بلندگو	سطح پوشش یک بلندگو	فاصله بلندگوها	ارتفاع سقف
1 W	Approx . $9m^2$	3 m	2.5
1 W	Approx . $16m^2$	4 m	3.0
1 W	Approx . $25m^2$	5 m	3.5
3 W	Approx . $36m^2$	6 m	4.0
3 W	Approx . $64m^2$	8 m	5.0

جدول (الف) برای انتخاب قدرت بلندگو در جاهائیکه مقدار نویز 60 دسی بل

و ضریب پیک 10 دسی بل می‌باشد.

بلندگوی ستونی دوراهه	تعداد	A	B
		فاصله از بلندگو به منظور تامین ۹۰ دسی‌بل در محل	فاصله از بلندگو به منظور تامین ۸۰ دسی‌بل در محل
WS . 3200 N	2	Approx . $10m^2$	Approx . $18m^2$
(15 W)	4	Approx . $14m^2$	Approx . $25m^2$
Ws. 3250N	2	Approx . $18m^2$	Approx . $32m^2$
(30 W)	4	Approx . $25m^2$	Approx . $42m^2$

جدول (ب)

ستون A برای جاهاییکه فقط برای موسیقی بکار می‌رود.

ستون B برای جاهاییکه برای سخنرانی هستند بکار می‌رود.

- آرایش بلندگوها

آرایش بلندگوهایی با ورودی الکتریکی اعمالی به آن و بازده بلندگوها که در قبل به آن اشاره شد تغییر می‌نماید هر جا بلندگو بصورت داخلی بکار رود، مشخصات صوتی (پیچش، پژواک و عایقبندی صوتی) و جهت‌دهی بلندگوها را باید مدنظر داشت. در جایی که بلندگوها بصورت خارجی بکار می‌روند استقامت

در برابر آب و هوایی که در آن بلندگو نصب می‌شود به موارد فوق اضافه می‌گردد.

- کلاً سه نوع آرایش بلندگو وجود دارد که عبارتند از:

۱- سیستم متقارن

در این سیستم ، بلندگو در وضعیتی متقارن و در یک جهت بکار برده می‌شوند و این مزیت را دارد که یک جهت دهی حسی را ایجاد می‌کند و هزینه نصب آن نیز پایین است. مزیت اولی خصوصاً در کنفرانسهای درسی، گفتگوها و کنسرتهایی که همگی باید با جهت شنوده موافق باشند حائز اهمیت است. البته این سیستم دارای نقایصی هم هست. اشکال در تولید سطح یکنواخت صوتی و عدم وضوح کافی در اثر پیچش صدا و پژواک و بالا بودن توان خروجی لازم در جایی که سطح نویز بالا است.

۲- سیستم پراکنده

این سیستم، بلندگو را در آرایشی پراکنده از هم بکار می‌برد این سیستم بدلیل تولید سطح صوتی یکنواخت برای ایجاد موسیقی زمینه مناسب می‌باشد اگر به منظور باریک کردن محدوده شنوایی، ورودی الکتریکی کوچکی به یکی از بلندگوها اعمال گردد. انعکاسی صدا کاهش یافته و لذا اگر زمان پیچش صدا طولانی باشد وضوح افزایش می‌یابد و اگر صدای بلندگوهای چنین سیستمی با هم تداخل کنند از کیفیت صوت ایجاد شده کاسته می‌شود. نکته مهم در یک سیستم

پراکنده انتخاب مناسب تعداد بلندگوها و محدوده کار هر کدام از آنها می‌باشد. هزینه نصب سیستم پراکنده بیشتر از سیستم متقارن می‌باشد و در ادارات و فروشگاهها بیشتر کاربرد دارد.

۳- سیستم مختلط

این سیستم، ترکیبی از سیستم‌های متقارن و پراکنده است. در این سیستم از بلندگوی متقارن برای ایجاد فشار صوتی مورد نیاز استفاده می‌شود و از بلندگوهای کمکی کم توان در مکانهایی استفاده می‌شود که در آنجا فشار صوتی مورد نیاز پایین‌تر از حد مطلوب است. سیستم مختلط بلندگوها به کرات در تالارهای سخنرانی و ورزشگاه‌ها بکار برده می‌شود.

آرایش بلندگوهای داخلی

برای قسمتهای مختلف عبارتند از:

۱ـ ادارات : بلندگوهای دیواری 1 تا 6 واتی که برای ابعاد اطاق مناسب باشند انتخاب می‌نمایند. جدول زیر با فرض سطح نویز (dB) 60 و ضریب پیک با ماکزیمم 10 dB و اختلاف فشار صوتی لازم 6 dB مناسب می‌باشد.

ارتفاع تا دیوار	فاصله بلندگوها	پوشش هر بلندگو	ورودی به ازاء هر بلندگو
تا 4 m	4 m	16 m^2	1 W
تا 7 m	7 m	50 m^2	3 W
تا 9 m	8 m تا 16 m	100 m^2	5 W

- آرایش بلندگوهای خارجی

۲- خیابانها:

بلنـدگوهای شـیپوری یـا (شـیپور صـدف) 7 یـا 15 واتـی را کـه بصـورت پراکنده نصب می‌نمایند و میزان 7 dB در خروجی کافی می‌باشد.

جـدول ارائـه شـده در زیـر بـرای فشـار 76 dB نـوع بلنـدگو و میـزان فاصـله را تعیین می‌نماید.

جـدول ارائـه شـده در زیـر بـرای فشـار 76dB نـوع بلنـدگو و میـزان فاصـله را تعیین می‌نماید.

بلندگو	فاصله لازم برای حصول 76 dB در خروجی حداکثر
Wt – 707 N(7 W)	32 m
Wt – 715 N(15W)	64 m
Wt – 202 N(10W)	80 m
Wt – 200 N(15W)	100 m

بلنـدگوها بـا اسـتفاده از تـرانس مچینـگ بـه جهـت تطبیـق امپـدانس بـه خروجی‌های 70 یا 100 وات آمپلی‌فایر اتصال می‌یابند.

- تعیین نوع کابل تغذیه

جهت کابل‌کشی باید در نظر داشت کـه مقاومـت سـیم بلنـدگو حـداکثر مـی‌توانـد 15% امپـدانس خروجـی آمپلـی‌فـایر را داشـته باشـد. مـثلاً آمپلـی فـایر 150 وات اسـت و از خروجی 100 ولتی آن استفاده می‌کنیم،داریم:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{100^2}{150} = 67\,(\Omega)$$

مقاومت سیم بلندگو $=67\times\%15=10(\Omega)$

و اگر از خروجی 70 ولتی استفاده کنیم:

$R=\frac{70^2}{150}=327 \Rightarrow$ مقاومت سیم بلندگو $= 5\ (\Omega)$

- اتصال الکتریکی بلندگوها

بلندگوها با دو مشخصه امپدانس و قدرت مشخص می‌شود. حداکثر ولتاژ موثری که می‌توان به بلندگوها وصل کرد بدون آنکه بلندگو صدمه ببیند از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V = \sqrt{\text{بلندگو}\quad\text{امپدانس}\quad\text{نامی}\times\quad\text{قدرت}} = \sqrt{R\times P_n}$$

هر بلندگو قدرت مشخصی را می‌تواند جذب کند و جهت افزایش قدرت صوتی باید از تعدادی بلندگو با اتصال موازی یا سری موازی استفاده گردد.

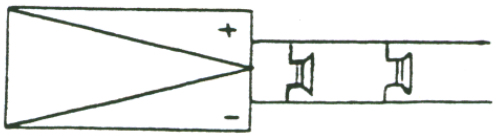
در اتصال موازی امپدانس کل از رابطه روبرو بدست می‌آید.

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\ldots+\frac{1}{R_n}$$

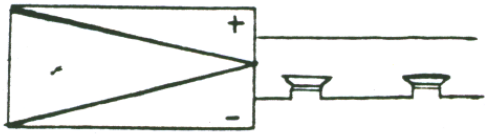
در اتصال سری امپدانس کل از رابطه روبرو بدست می آید:

$$R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$

در اتصال موازی لازم نیست حتماً قدرت بلندگوها یکسان باشد اما در اتصال سری باید قدرت بلندگوها یکسان باشد و در غیر اینصورت بلندگوهای پرقدرت‌تر قدرت صوتی کمتری جذب خواهند کرد.



اتصال موازی



اتصال سری

مطالب گفته شده در بالا دو جنبه کلی طرح یک سیستم صوتی است و در مرحله دوم بحث به طرح عملی یک سیستم صوتی در رابطه با کارخانه می‌پردازیم:

- محاسبه توان تقویت کننده‌های صوتی

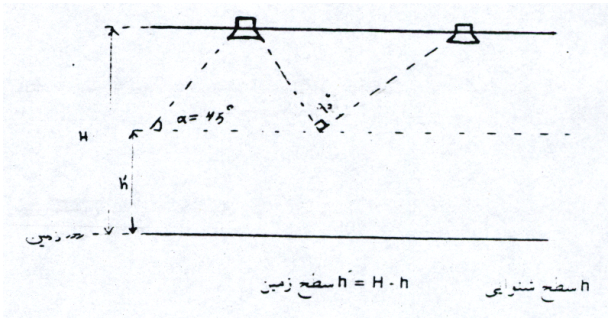
ابتدا جهت محاسبه توان تقویت کننده بایستی ابتدا نوع محیط مورد بحث را تعیین نماییم. جداول ارائه شدهٔ زیر سطح نویز صوتی را بر حسب نوع محیط کار مشخص می‌کند و بعد از تشخیص نوع محیط می‌توانیم سطح نویز را طبق جدول زیر مشخص کنیم.

جدول مربوط به تعیین سطح نویز مکانهای مختلف

نوع محیط	سطح نویز (dB)
کارگاههای ماشین کاری	80 – 90
کارگاههای کم صدا	75 – 85
امور اداری (اداره‌های شلوغ)	50
اداره‌های خلوت	35 – 45
محوطه‌های مسکونی	30
راهروهای خلوت	30
سینما	20
استودیو رادیو	20

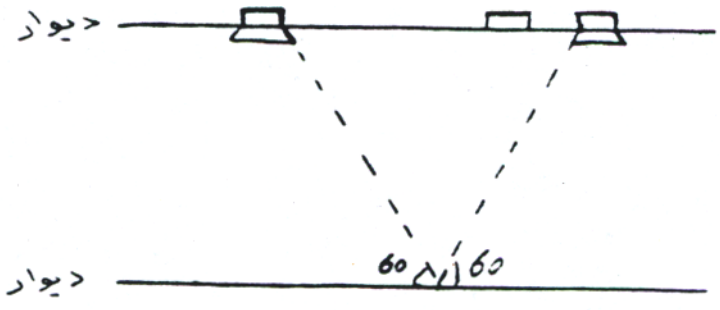
پس از تعیین مقدار سطح نویز، بایستی مقدار طول و عرض محیط مورد بررسی را مشخص کنیم و تعداد بلندگوهای مورد نیاز را محاسبه نماییم. جهت تعیین تعداد بلندگوها بایستی موارد زیر را رعایت نماییم.

الف- اگر فاصله دو دیوار کمتر از یک باشد باید بلندگوها را از نوع سقفی انتخاب نماییم. در اینصورت فاصله بین دو بلندگو ds و زاویه پخش 45 درجه می‌باشد مانند شکل زیر.



شکل نحوه نصب بلندگوهای سقفی

ب- اگر فاصله دو دیوار از یک متر بیشتر باشد می‌توان از بلندگوهای دیواری استفاده نمود و در اینصورت زاویه پخش صوت 60 درجه خواهد بود مطابق شکل زیر :



شکل نحوه نصب بلندگوهای دیواری

بـا توجـه بـه مقـدار ds بدسـت آمـده و عـرض موجـود مربـوط بـه سـطح مـورد نظر می‌توان با توجه به روابط مربوطه تعداد و مقدار توان بلندگوها را تعیین کنیم.

$$\text{تعداد بلندگو} = \frac{\text{سطح موردنظر}}{16} = \frac{LW}{16}$$

-این فرمول هنگـامی اسـتفاده مـی‌شـود کـه ارتفـاع سـقف کمتـر از سـه متـر باشـد و قدرت بلندگو PSLW باشد.

-اگر ارتفاع سقف کمتر از 4.5 متر باشد و قدرت بلندگو PSLW باشد.

$$\text{تعداد بلندگو} = \frac{\text{سطح موردنظر}}{35} = \frac{LW}{35}$$

- اگر ارتفاع سقف کمتر از 10 متر باشد و قدرت بلندگو P = 3W باشد.

$$\text{تعداد بلندگو} = \frac{\text{سطح موردنظر}}{80} = \frac{LW}{80}$$

در ارتفـاع‌هـای 10 متـر بـه بـالا از بلنـدگوهای شـیپوری اسـتفاده مـی‌کنـیم (p = 7W)

پارامتر دیگـری کـه ملـزم بـه تعیـین آن مـی‌باشـیم مقـدار ضـریب قـدرت (Power Factor) می‌باشد و جهت تعیین آن می‌بایست شرایط زیر را در نظر بگیریم.

$P.f = 10dB \rightarrow$ اگر بلندگو فقط صدا را پخش کند.

$P.f = 20dB \rightarrow$ اگر بلندگو موزیک هم پخش کند.

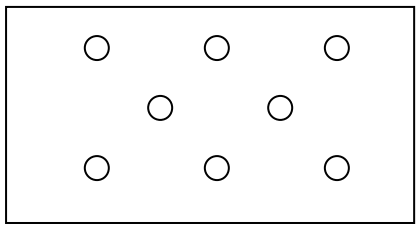
توان صوتی مورد نیاز (db) = Nouse Level + Rspd + Power factor

ضریب قدرت + مقدار تداخل + سطح نویز = توان صوتی مورد نیاز

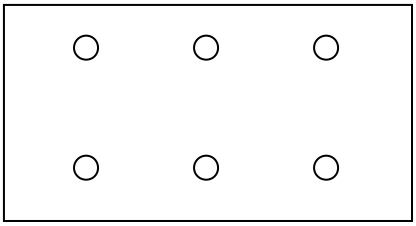
لازم بـه توضـیح اسـت کـه چنانچـه بخـواهیم تعـداد بلنـدگوها را بـرای یـک محوطـه از نـوع بـاز یـا بسـته بطوریکـه دور آن بـا دیـوار محصـور شـده باشـد بدسـت آوریم بایستی از روابط زیر استفاده کنیم.

$$\text{تعداد بلندگو (محوطه محصور ،}\ \frac{\text{سطح موردنظر}}{120}\ =\ \text{تعداد بلندگو (محوطه باز)}\ \frac{\text{سطح موردنظر}}{100}$$

و در اینصـورت قـدرت $P = 15\ w$ خواهـد بـود. و آرایـش بلنـدگوها هـم می‌بایست بنا به نوع محوطه بصورت زیر باشد.



محوطه باز



محوطه بسته

بـرای نصـب بلنـدگوهای دیـواری هـم مـی‌تـوان از روابـط یـاد شـده جهـت نصـب بلنـدگوهای سـقفی اسـتفاده نمـود، فقـط بایسـتی چنانچـه گفتـه شـد مطـابق شـکل نصـب بلنـدگوهای دیـواری عمـل نمـود و بلنـدگوها را آرایـش داد، یعنـی زاویـه بـین دو بلنـدگو 60° باشد.

محاسبه توان و تعداد بلندگو:

سالنهای تولید:

L = 18 m تعداد بلندگو = $\frac{18\times9}{35}=4.63\approx5$

W = 9 m توان صوتی مورد نیاز = 90 + 30 + 10 = 130 dB صدا

H = 3 m توان صوتی مورد نیاز = 90 + 30 + 20 = 140 dB موزیک

سطح نویز = 90 dB

بلندگو از نوع سقفی است و زاویه پخش صوت a = 45 درجه

$$tga=\frac{ds/2}{h'}\rightarrow tga=\frac{x}{1.6}\rightarrow x=\frac{ds}{2}=1.6\times tq\,45\rightarrow\frac{ds}{2}=1.6\rightarrow ds=3.2$$

نماز خانه:

L = 11.5 m تعداد بلندگو = $\frac{11.5\times10.5}{80}=1.51\approx2$

W = 10.5 m توان صوتی مورد نیاز = 50 + 3 + 10 = 63 dB صدا

H = 5 m توان صوتی مورد نیـاز = 50 + 3 + 20 = 73 dB موزیـک

سطح نویز = 50 dB

بلندگو از نوع سقفی است و زاویه پخش صوت a = 45 درجه

$$tga=\frac{ds/2}{h'}\rightarrow tga=\frac{x}{4.5}\rightarrow x=\frac{ds}{2}=4.5\times tq\,45\rightarrow\frac{ds}{2}=4.5\rightarrow ds=9$$

راهروهای اداری:

L = 12 m تعداد بلندگو = $\frac{12\times2.5}{16}=1.87\approx2$

W = 2.5 m توان صوتی مورد نیاز = 50 + 5 + 10 = 65 dB صدا

موزیک dB 75 = 50 + 5 + 20 = توان صوتی مورد نیاز H = 2.8 m

سطح نویز = 50 dB

بلندگو از نوع سقفی است و زاویه پخش صوت a = 45 درجه

$$tga=\frac{ds/2}{h'}\rightarrow tga=\frac{x}{1.8}\rightarrow x=\frac{ds}{2}=1.8\times tq\,45\rightarrow\frac{ds}{2}=1.8\rightarrow ds=3.6$$

محوطه

تعداد بلندگو = $\frac{27\times100}{100}=27$ L = 100 m

قدرت بلندگو = 15 w W = 25 m

صدا dB 120 = 80 + 30 + 10 = توان صوتی مورد نیاز H = 1 m

موزیک dB 130 = 80 + 30 + 20 = توان صوتی مورد نیاز سطح نویز = 80 dB

بلندگو از نوع سقفی است و زاویه پخش صوت $a=30^{\circ}$ درجه

$$tga=30=\frac{ds/2}{26}\rightarrow ds=0.58\times2\times26=\rightarrow ds=30\ m$$

- نکات عملی مربوط به نصب

جهت طراحی ، محاسبه و نصب سیستم صوتی کارخانه، بایستی علاوه بر در نظر داشتن، ایجاد سیستم صوتی مناسب مسائل اقتصادی را هم در نظر داشت.

جهت انتقال بلندگوها به تقویت‌کننده‌های مربوطه از سیم Axis استفاده می‌نماییم. همچنین می‌بایست برای هر سالن به طور مجزا یک دستگاه تقویت کننده صوت (آمپلی فایر) در نظر گرفته شود.

۲- طراحی سیستم تلفن مرکزی

لزوم بهره‌گیری از سیستم تلفن مرکزی

-امکان ارتباط خطوط داخلی به شهری و برعکس

-امکان ارتباط خطوط داخلی کارخانه با هم

-امکان ثبت مکالمات صورت گرفته

-امکان تعیین زمان مکالمات و ایجاد محدودیت زمانی

-امکان ایجاد محدودیت شماره‌گیری از نظر تماس‌های داخلی – شهری – بین شهری و راه دور

-امکاناتی نظیر پخش موسیقی و ...

حال به توضیحی بیشتری در مورد این سیستم می‌پردازیم:

یکی از موارد طراحی برای یک مرکز صنعتی و یا یک مجتمع که دارای دفاتر و اتاقهای مختلفی می‌باشند طرح یک سیستم تلفن مرکزی است. در این نوع مراکز عمدتاً بخاطر زیاد بودن تعداد اشتراک‌های خط تلفن نمی‌توان برای هر مشترک فرعی یک خط تلفن خارجی اختصاص داد. به همین منظور از دستگاههای تلفن سانترال برای ایجاد ارتباط‌های داخلی برای اتاق‌ها و ارتباط آنها با خارج مجتمع استفاده می‌شود. به این ترتیب که معمولاً چند خط تلفن خارجی را که بسیار محدود هم می‌باشند را به دستگاه سانترال متصل کرده و چندین خط اشتراک فرعی را به مشترکین داخل مجتمع متصل می‌نماییم. معمولاً دستگاههای

سانترال قدیمی از رله‌های مغناطیسی استفاده می‌کردند و نحوه عملکرد آناه بدین شکل بود که معمولاً هر مشترک داخلی دارای یک شماره دو یا سه رقمی می‌باشند که از روی تعداد ارقام هر شماره می‌توان ظرفیت خارجی و داخلی دستگاه را بدست آورد.

این دستگاهها معمولاً با ظرفیت 10× 2، 50 × 5 ، 500 × 5 ، 100 × 10 ... موجود می‌باشند. به عبارت دیگر یک دستگاه تلفن سانترال 50 × 5 قادر به اخذ 5 خط تلفن خارجی از مخابرات و تحویل 50 مشترک داخلی می‌باشد. چنانکه هر کدام به دلخواه اگر بخواهند تماسی با اشتراک داخلی دیگر داشته باشند کافیست شماره تخصیص داده شده به آن مشترک را گرفته تا توسط رله‌های مربوط تماس بین آنها برقرار گردد و چنانچه هر مشترک بخواهد با خارج مجتمع تماس بگیرد به دلیل کم بودن خطوط خارجی ابتدا بایستی دکمه مخصوصی (شماره مخصوص) روی گوشی تلفن را گرفته یا فشار دهد و بدین ترتیب درخواست خط خارجی خود را بیان کند.

بنابراین طبیعی است که در صورتیکه چند مشترک داخلی بخواهند همزمان از خطوط محدود خارجی استفاده نمایید. اولویت با مشترکی است که زودتر اقدام به درخواست کرده است.

دستگاههای امروزه و جدید همین اعمال یاد شده را انجام می‌دهند و تنها در صورتیکه یک مشترک تقاضای خط خارجی نماید در صورتیکه خطوط خارجی

اشغال باشند، دیگر لازم نیست تا دوباره تقاضای خود را اعلام نماید، بلکه توسط سیستم‌های میکرو پرسسوری جدید تقاضا کننده اضافی در حافظه نوبتش محفوظ می‌ماند. در دستگاههای سانترال تلفن جدید میکروپرسسوری دیگر از رله‌های مکانیکی استفاده نمی‌شود، بلکه با استفاده از مالتی پلکسرو دمالتی پلکسرها همان اعمال فوق را انجام می‌دهند علاوه بر اینکه خطای سیستم به حداقل کاهش پیدا می‌کند. اما در مرکز اداری کوچکتر به دلیل بالا بودن قیمت دستگاه تلفن سانترال مرکزی، از دستگاه تلفن خارجی – داخلی مخصوصی به نام تلفن رئیس منشی استفاده می‌نماییم. این دستگاهها تقریباً کلیه اعمال تلفنهای سانترال را انجام می‌دهند علاوه بر اینکه دارای خواص مختلفه دیگری هم می‌باشند. بعنوان مثال این تلفن‌ها قادرند در صورت برقراری تماس خارجی، خط خارجی را Hold کرده و یا باصطلاح منتظر قرار دهند و در زمان دلخواه تماس مجدد را برقرار کنند و برای خط خارجی در همین هنگام می‌تواند موزیک پخش کند.

این تلفنها هم دارای چند خط خارجی و داخلی بنا به نوع دستگاه می‌باشند با این تفاوت که خطوط مخابراتی خارجی و داخلی هر کدام روی دستگاه گوشی تلفن یک دکمه مخصوص به خود دارند و مشترک می‌توانند در صورت نیاز از هر کدام از خطوط خارجی یا داخلی استفاده کند. در اینجا هم به دلیل کمتر بودن خطوط خارجی از داخلی همه مشترکین قادر به استفاده از خطوط خارجی نخواهند بود بنابراین حق استفاده خطوط خارجی بر اساس اولویت درخواست

خط خواهد بود و در صورتیکه یکی از مشترکین از یکی از خطوط خارجی استفاده کند چراغ سیگنال مربوط به آن خط در همه تلفن‌ها روشن خواهد شد. یکی دیگر از مزایای این تلفنها اینست که هر مشترک قادر است با استفاده از دکمه مخصوص که در بلندگو نصب شده است از هر یک از گوشی‌های تلفن‌ها استفاده کند و یا همزمان صدای خود را در همه گوشی‌ها بدون اینکه مشترکین گوشی را بردارند پخش نماید.

همچنین این تلفن‌ها مجهز به رله محرمانه می‌باشند. به عبارتی تلفنی که به این رله مجهز باشد در صورت تماس با هر یک از مشترکین داخلی دیگر یا با خطوط خارجی دیگر مشترکین قادر به شنیدن صدای اشخاصی که با تلفن صحبت می‌کنند نمی‌باشند.

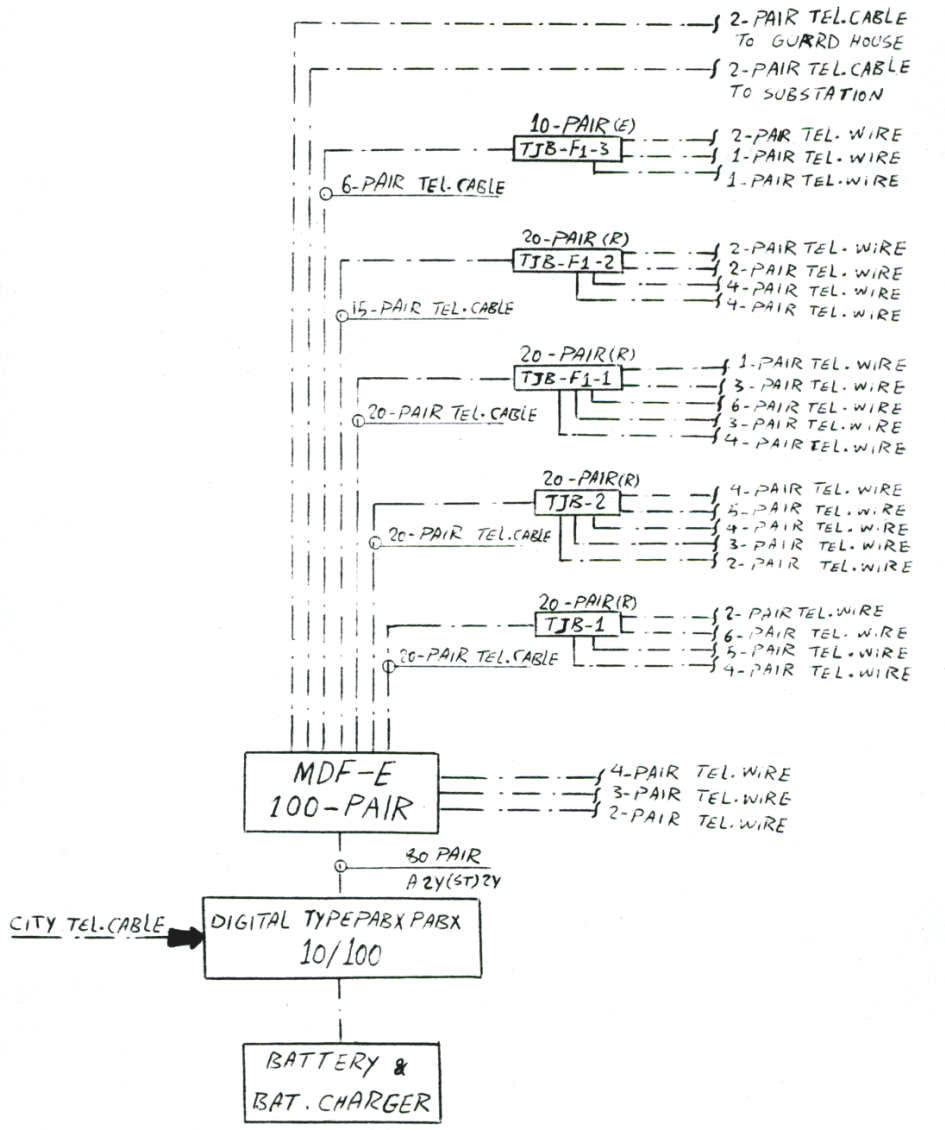
کابلهای مخابراتی

برای کابلهای مخابراتی معمولاً از سیم‌هایی با سطح مقطع‌های 0.25 تا 0.65 میلی‌متر مربع استفاده می‌شود که بصورت زوج سیم معروف هستند. معمولاً کابلهای مخابراتی استاندارد عبارتند از 2 زوج، 5 زوج، 10 زوج ، 15 زوج و ... که برای استفاده‌های گوناگون بکار می‌روند.

در این کارخانه جهت کلیه سالن‌های تولیدی و قسمتهای مربوط به اتاقهای اداری یک خط تلفن خارجی و به دفاتر اداری و مدیریت دو خط خارجی اختصاصی داده شده است. بنابراین برای سالن‌های تولیدی و قسمتی از ساختمان

اداری از یک دستگاه سانترال تلفن 50 × 5 و برای دفاتر اداری و مدیریت از سیستم تلفن رئیس منشی 10 × 5 استفاده می‌نماییم. دستگاه 50 × 5 سانترال ساخت کارخانه زیمنس آلمان و دستگاه تلفن رئیس منشی 10 ×5 ساخت کارخانه ایواتسو ژاپن می‌باشد.

نحوه و طرز قرار گرفتن مسیر کابلهای تلفن در نقشه‌های ضمیمه 3 , 4 ترسیم شده است.



-توضیحات اضافه

طبق استاندارد آئین‌نامه سیم‌کشی ساختمانها در مورد سیستم تلفن مرکزی مواردی در زیر آورده شده است.

-در ساختمانهایی که مراکز اختصاصی تلفن دارند لازم است اتاق مرکز تلفن در محل مناسبی از نظر ارتباط با شبکه شهری و مدارهای داخلی ساختمان قرار داشته باشد و از آن اتاق جز برای نصب تجهیزات مربوطه به تلفن و در صورت داشتن فضای کافی برای دیگر تجهیزات جریان فشار ضعیف برای هیچ منظور دیگری استفاده نشود.

- جعبه تقسیم‌های طبقات یا مناطق توزیع باید با توجه به توسعه‌های بعدی پیش‌بینی شوند و برای اتصالات اضافی محل و مکان کافی و مناسب داشته باشند و به ترمینان زمین مجهز باشند.

۳- سیستم اعلام حریق

به منظور برقراری سیستمی که بتواند در موقع بروز آتش‌سوزی اعلام کننده خطر در کمترین زمان ممکنه باشد می‌توان از یک سیستم اعلام حریق اتوماتیک مجهز به نسوزهای متفاوتی که در ادامه شرح اجزاء سیستم خواهد آمد بر اساس استاندارد NFPA بهره جست. نظر به اینکه سطح زیربنای کارخانه نسبتاً زیاد است می‌توان کل کارخانه را به مناطق جداگانه‌ای تقسیم نمود که هر منطقه بعنوان یک محدوده حفاظتی مستقل در نظر گرفته می‌شود و به محض بروز

حادثـه‌ای در هـر کـدام از منـاطق نسـوزهای تشـخیص حریـق بوسـیله اعـلام اتوماتیـک یـا دسـتی سـیگنالهای اعـلام خطـر را بـه تـابلو منطقـه مربوطـه و از آنجـا بـه تـابلوی مرکـزی اعـلام حریـق سـاختمان فرسـتاده مـی‌شـود در ایـن حالـت زنـگ خطـر مرکـزی ساختمان و نیـز زنـگ خطـر منطقـه مربـوط فعـال خواهـد شـد و نیـز در تـابلوی مرکـزی ساختمان چراغ علامت مربوط به منطقه حادثه دیده روشن خواهد شد.

- مشخصات اجزاء سیستم اعلام حریق

الـف) تـابلوی کنتـرل مرکـزی : تـابلوی کنتـرل مرکـزی هـر سـاختمان کـه حـاوی کلیدهای لازم جهـت دریافـت سـیگنال از انـواع دتکتورهـا و شسـتی‌هـا مـی‌باشـد کـه پـس از عملکـرد دتکتورهـای هـر منطقـه زنـگ همـان منطقـه و همچنـین سـیرنی مرکـزی سـاختمان بـا چـراغ مشـخص‌کننـده ناحیـه حادثـه دیـده و روشـن مـی‌شـود ایـن تـابلو دارای تعـدادی مـدارهای مـورد نیـاز سـاختمان، لامـپ سـیگنال منـاطق و نیـز شسـتی‌هـای آزمـایش مـدار مـی‌باشـد. محـل اسـتقرار ایـن تابلوهـا بهتـر اسـت در حـد امکان در اتاق اپراتور تلفن باشد تا سریعتر بتوان به محلهای لازم اطلاع داد.

ب) شستی اعلام حریـق: شسـتی اعـلام حریـق یـک نـوع اعـلام کننـده دسـتی اسـت که در معابر و خروجیها و نیز محلهای تجمع نصب می‌گردد.

ج) زنـگ اعـلام حریـق: زنـگ اعـلام حریـق زنگـی اسـت، دکوراتیـو بـا قطـری حـدود ۱۰ الی 15 سانتیمتر و ضد گرد و خاک انتخاب می‌کند.

د) آژیر اعلام حریق: آژیر اعلام حریق از نوع الکترومکانیکی با بدنه یکپارچه و با برد صدای مناسب است که در محوطه‌ها مناسب نصب می‌شود.

ه) دتکتورها: دتکتورها دارای انواع مختلف هستند.

۱) دتکتورهای – حساس در برابر مطلق افزایش دما

– حساس در برابر سرعت افزایش دما

۲) دتکتورهای دودی که دو نوع هستند .

دتکتورهای دودی نوع نوری که بر اساس یک پل وتستون عمل کرده و قابل تنظیم می‌باشد و دتکتور دودی نوع یونیزاسیون که از نوع نوری هم حساس‌تر هستند.

۳) دتکتورهای گازی : این دتکتور با احساس نشت گاز عمل می‌کند. بدین صورت که یک فیلامان پلاتینی گداخته که در اثر تماس با گاز شعله‌ور می‌شود و در این صورت تغییرات شدت نور روی یک سلول فتوالکتریک اثر می‌گذارد که می‌تواند باعث بکار انداختن آژیر سیستم آتش نشانی – کلید هود هواکش یا هوارسان گردد.

٤) دتکتور شعله‌ای : این دتکتور با مشاهده نور و شعله حساس می‌گردد و عمل می‌کند.

و) اسپرتیگر: در واقع یک فواره می‌باشد که در درجه حرارت معمولی راه خروجی آن بسته بوده و با ازدیاد دما راه خروجی مایع بروی محل آتش بازگشته و مایع خاموش‌کننده بر روی آتش ریخته می‌شود و باعث مهار آتش می‌گردد.

- مدار بندی

برای سیستمهای اعلام حریق به دو نوع N.O = NORMALY OPEN و یا N.C = NORMALY CLOSE می‌باشد. سیستم N.O (موازی) مناسبتر است چون محلهای اتصالی در سیم‌ها را مشخص می‌کند و از آنجاییکه آتش‌سوزی و حوادث عموماً باعث ذوب عایق سیم‌ها و ایجاد اتصالی می‌گردند و نه قطع سیمها لذا سیستم N.O مناسبر می‌باشد.

- انتخاب دتکتور برای فضاهای مختلف

-کارگاه‌های نوع دودی، یونیزاسیون و حرارتی

-موتورخانه‌ها و پستهای برق، از دتکتورهای نوع دودی و حرارتی

-راهروها و اتاقها از دتکتورهای نوع دودی ، نوری و حرارتی

-سالن غذاخوری از دتکتور نوع دودی، نوری و حرارتی

-آشپزخانه‌ها از دتکتور نوع دودی، گازی و حرارتی

-سالنهای کنفرانس و کتابخانه‌ها از نوع حرارتی ، دودی و یونیزاسیون

-محیطهای اداری و عمومی، نوع دودی ، نوری و حرارتی.

- سیستم اعلام حریق سوله‌ها

در ابتدای درب هر یک از سوله‌ها یک شاستی F Bush Bottom نصب شده است که در صورت فشار دادن آژیر بصدا در می‌آید و در محل نصب تابلوی اعلام حریق که در آتش‌نشانی سایت نصب شده است یک سیگنال روشن می‌شود که محل حریق را نمایش می‌دهد و ولتاژهای بکار رفته در مدارات فرمان جهت حفاظت همگی 24 VDC می‌باشند زمان آژیر کشیدن توسط تایمر d کنترل می شود که این تایمر از (0-30) ثانیه قابل تنظیم است.

- انواع سیستمهای اعلام حریق اتوماتیک

سیستم‌های اعلام حریق اتوماتیک خود بر حسب نوع کار و سطح مورد حفاظت به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند، دو دسته مهم و اصلی این تقسیم‌بندی عبارتند از حفاظت جان و دیگری حفاظت از مال و دارایی انسان.

سیستم نوع P : نوع آشکارساز اتوماتیکی هستند که جهت حفاظت اموال بکار می‌روند.

نوع P_1 : سیستم با حس‌کننده‌های اتوماتیک نصب شده در سرتاسر ساختمان و جهت حفاظت اموال بکار می‌رود.

نوع P_2 : سیستم با حس کننده های اتوماتیک نصب شده در برخی از قسمتهای مشخص ساختمان مورد حفاظت قرار داده است.

سیستم نوع L : سیستم آشکارساز اتوماتیکی هستند که جهت محافظت از جسم و جان افراد بکار می‌روند و دارای انواع مختلف زیر است.

نوع L_1: سیستم با حس‌کننده‌های اتوماتیک در سراسر ساختمان جهت حفاظت جانی افراد نصب شده است.

نوع L_2 : سیستم با حس‌کننده‌های اتوماتیک در برخی قسمتهای مشخص ساختمان برای حفاظت جانی بکار رفته‌اند.

نوع L_3 : سیستم با حس‌کننده‌های اتوماتیک در مسیرهای که برای نجات از حریق وجود دارد نصب می‌شوند.

سیستم نوع M: شامل سیستمهای دستی هستند.

- زون بندی سیستم

جهت بالا بردن سرعت اطفاءحریق و اطمینان و شناسایی سریع و بدون ابهام محل حریق بهتر است قسمتهای حفاظت شده به ناحیه‌های مشخصی تقسیم شوند این نواحی را یک به یک زون نامیده می‌شود.

-در زون بندی یک سیستم موارد زیر باید در نظر گرفته شود.

-مساحت کلی در نظر گرفته شده نباید از 2000 متر مربع تجاوز کند.

-مساحت لازم جهت یافتن محل آتش در هر زون نباید بیشتر از 30 متر باشد.

-طبق استاندارد شرکت مزدک که در ادامه این بخش توضیح داده شده است تعداد دتکتورها در یک زون نباید بیشتر از 25 الی 30 عدد باشد.

سیستم نصب دتکتورهای اعلام حریق با هم در یک زون ZONE بصورت موازی می‌باشد و در انتهای خط یک مقاومت (بسته به شرایط نصب) قرار داده می‌شود.

- شستی اعلام حریق و مکانهای نصب آنها

هشداردهنده‌های دستی که بصورت پنجره شیشه‌ای جهت شکستن طراحی شده‌اند وسایلی هستند که پرسنل و کارکنان را قادر می‌سازند که در موقع آتش‌سوزی بوسیله شکستن جزء شکستن و خرد کردن و در نتیجه فعال کردن سیستم، آژیر اعلام حریق را بصدا درآورند.

-نکات زیر جهت راهنمایی برای نصب شستی اعلام حریق قابل توجه است.

-شستی‌های اعلام حریق دستی باید در مسیرهای خروجی اصلی بخصوص در طبقه همکف ساختمان در نزدیکی پلکانها و خروجی‌های به فضای آزاد نصب گردند.

-شستی‌های اعلام حریق دستی باید بگونه‌ای نصب شوند که شخص مجبور به پیمودن فاصله‌ای بیش از 30 متر نباشد.

-محل نصب شستی‌های اعلام حریق از کف ساختمان باید 1.4 متر باشد و مکان آن نیز باید طوری باشد که به سهولت بتوان به آن دستیابی داشت ودارای نور و روشنایی کافی بوده و دور از هرگونه مانعی برای رسیدن به کلید باشند.

-روش فعال کردن سیستم و بصدا در آوردن آژیر برای شستی‌های اعلام حریق باید مشابه باشد.

-وسایل و دستگاههای اتوماتیک و دستی را می‌توان روی یک سیستم نصب نموده گرچه پیشنهاد می‌شود جهت شناسایی سریع محل آتش‌سوزی سیستم اعلام حریق را روی ناحیه‌ای مجزا نصب نمود.

آژیرهای صوتی اعلام حریق

یکی از مهمترین تجهیزات یک سیستم اعلام حریق آژیر صوتی آن می‌باشد که معمولاً بصورت زنگ، یا دستگاههای صوتی الکترونیکی است و باید صدای آن در تمامی ساختمان قابل شنیدن باشد.

آلارم‌ها معمولاً به سه صورت هستند:

زنگ و آژیر با دو تن بم و زیر که تن بم آن برای داخل ساختمان و آژیری با دو تن بم و زیر برای خارج ساختمان.

راهنمایی‌های زیر می‌توانند به منظور انتخاب و نصب صحیح آلارمها مورد استفاده قرار بگیرند.

توجه:

-از دتکتورهـا و شسـتی‌هـای اعـلام حریـق بـرای آلارم نبایـد انشـعاب گرفتـه شود.

-آلارم باید بطور مستقل به پنل اعلام حریق وصل شوند.

الـف) حـداقل صـوت و صـدایی کـه لازم اسـت توسـط آلارم تولیـد شـود ، بایـد برابر 65 دسی‌بل و یا 5 دسی‌بل بیشتر از صدای موجود در محیط باشد.

ب- در صـورتیکه سیسـتم اعـلام حریـق در محـل‌هـایی مثـل هتـل و یـا خوابگـاه و مراکـز شـبانه‌روزی مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد حـداقل سـطح صـوت لازم جهـت بیـدار کـردن افـراد در حـال خـواب برابـر 75 دسـی‌بـل در بـالای تخـت‌خـواب آنهـا می‌باشد.

پ- تمـام دسـتگاه‌هـای هشـدار دهنـدهٔ صـوتی کـه در یـک سیسـتم مـورد اسـتفاده قرار می‌گیرند باید دارای یک نوع صدا باشند.

ج- بـرای اینکـه مقـدار سـطح صـدا و صـوت در بعضـی از قسـمتها زیـاد نشـود بهتر است از تعداد بیشتری آژیر کـم صـدا و بـا شـدت صـوتی کمتـر بـه جـای تعـداد کـم آژیر ولی پر صدا و با شدت صوتی بیشتر استفاده گردد.

د- مقدار صدا نباید به شنوایی اشخاص صدمه بزند.

ر- تعـداد آژیرهـای اسـتفاده شـده نبایـد کمتـر از دو تـا باشـد. آلارم‌هـای صـوتی باید به دو مدار مجزا متصل باشند.

- تابلوی کنترل مرکزی

تمام مدارات اعلام حریق به تابلوی کنترل مرکزی متصل هستند و تمام فرمانها به آنجا وارد و از آنجا صادر می‌شوند. وقتی که آتش‌سوزی در ناحیه تحت حفاظت دتکتور رخ می‌دهد . این دتکتور با توجه به نوع سنسورش آتش را حبس کرده و سیگنالی به تابلو ارسال می‌دارد. این تابلو با دریافت این سیگنال آلارمهای مربوطه را به صدا در می‌آورد. تابلوها متناسب با تعداد زونها، شاخصهایی وجود دارد که از حریق و آتش‌سوزی در زون مربوطه گزارش می‌دهد.

این شاخصها بصورت LED و یا segment -7 هستند. تابلوها باید مجهز به سیستمهای زیر باشند:

-مجهز به باطری و سیستم شارژ اتوماتیک

-دارای سیستم عیب‌یابی خطها و زونها از نظر قطعی و اتصالی.

-دارای سیستم عیب‌یابی باطری و برق شهر.

-دارای سیستم عیب‌یابی و خرابی آژیر.

-دارای جعبه مخصوص ضد گرد و غبار باشد.

منبع تغذیه

سیستم اعلام حریق با برق 24 / 220 ولت کار می‌کند، ولتاژ داخل سیستم 24 ولت DC (مستقیم) است که توسط یک مدار شارژ و یکسو سازی که در تابلوی کنترل مرکزی نصب شده‌اند تولید می‌شود.

ابعاد نصب

-نصب شستی اعلام حریق

-ارتفاع نصب از سطح زمین بایستی 1.4 متر باشد.

-در نقاطی شستی باید نصب شود که هنگام فرار یا ورود و خروج کاملاً مشخص باشد.

-در مکانهایی که زمین دارای شیب است شستی نصب نمی‌شود.

-نصب دتکتورهای اعلام حریق

-در سقفهای صاف

-کمترین فاصله از دیوار 1.5 m باشد.

-فاصله مناسب در ارتفاع 4 متر برای دتکتورهای دودی مناسب می‌باشد (همان 4 متر)

- فاصله مناسب در ارتفاع 4 متر برای دتکتورهای حرارتی 2 متر می‌باشد.

-دتکتورهای دودی مساحتی معادل 100 متر مربع را در ارتفاع 4 متر پوشش می‌دهند.

- دتکتورهـــای حرارتـــی مســـاحتی معـــادل 50 متـــر مربـــع را در ارتفـــاع 4 متـــر پوشش می‌دهند.

- حداکثر فاصله بین دو دتکتور دودی 9 متر است.

حداکثر فاصله بین دو دتکتور حرارتی 5 متر است.

محل نصب	دتکتور دودی		دتکتورحرارتی		ملاحظات
	OSD	ISD	RRD	FHD	
محل‌های عبور و سالنهای عبوری و سالنهای مشابه آسانسورها و کانالها	× ×	– –	– –	– –	دتکتورهای یونیزاسیون توانایی شناخت دود ناشی از آتش‌سوزی محل‌های دیگر را ندارد در نتیجه احتمال وقوع آژیر کاذب بوسیله هوای اطراف وجود دارد.
اتاق نشیمن ، انتظار، اطلاعات	×	–	–	–	
اتاق معمولی	×	–	×	–	
دفتر اداری، اتاق مطالعات، اتاق ملاقات سالن اجتماعات و مشابه	×	–	–	–	
رختکن و اتاق نگهداری البسه	×	–	×	–	
حمام	–	–	–	×	به خاطر وجود بخار دتکتور دودی قابل نصب نیست.
آشپزخانه، اتاق آماده سازی- گالری	–	–	–	×	
اتاق نشیمن و اتاق پذیرایی	×	–	×	–	
کتابخانه	–	×	×	–	دتکتورهای نوع یونیزاسیون در شناسایی و آشکار سازی وقوع آتش بسیار موثرند.
انبار بزرگ – اتاق انباری	×	–	×	–	
صندوق خانه – کمد لباس	×	–	–	×	دتکتورهای نوع فتوالکتریک در شناسایی دود حاصل بدون آتش موثرند.
اتاق تهویه هوا	×	–	×	–	

جدول: انتخاب دتکتور بر اساس استاندارد ژاپن

OSD :دتکتور دودی فتوالکتریک

ISD :دتکتور دودی یونیزاسیون

RRD : دتکتور حرارتی دماسنجی

FHD : دتکتور دماسنجی دما ثابت

(×) بهترین (+) مناسب (–) غیر مناسب

فصل هشتم

دستورالعمل تعمیرات و نگهداری سیستم

برق کارخانه

انرژی الکتریکی در حدود یکصد سال پیش از طریق شبکه‌های کوچک توزیع مورد استفاده قرار گرفت و بعلت خصوصیات جالب توجه آن خیلی سریع توسعه یافت. در مقایسه این انرژی، با انواع دیگر انرژی باید گفت که انرژی الکتریکی پاکیزه‌تر است، به سهولت قابل کنترل و انتقال است و به آسانی به انواع دیگر انرژی قابل تبدیل است. با توجه به همه مزایای انرژی الکتریکی این انرژی دارای معایبی نیز هست از جمله آنها این است که این انرژی را نمی‌توان به میزان و مقادیر قابل ملاحظه ذخیره نمود و دیگر اینکه در صورتیکه تحت کنترل صحیح نباشد خطرات و خرابیهای زیادی را به بار می‌آورد. از جمله این خطرات که در این فصل تشریح می‌کنیم و برخی از پیشگیریهای ایمنی آن را متذکر می‌شویم.

یکی ایجاد حریق و دومی برق گرفتگی است و سپس لزوم وضع و رعایت قوانین و مقررات ضوابط ایمنی در برق‌رسانی را مورد توجه قرار می‌دهیم و مقررات موجود را تشریح می‌کنیم.

۱-۱- خطرات انرژی الکتریکی

خطرات مهم و قابل توجه انرژی الکتریکی یکی ایجاد حریق و دیگری برق‌گرفتگی است که در ذیل به بررسی آنها می‌پردازیم.

۱-۱-۱- جریان الکتریکی هنگام عبور از سیم‌ها، کلیدها و دیگر وسایل برقی تولید حرارت می‌کند که این حرارت در شرایط عادی به محیط اطراف داده می‌شود تا درجه حرارت وسایل از حمل مجاز آن بالاتر نرود و در صورتیکه وسایل انتخاب شده این تبادل حرارت را به خوبی برقرار نکنند و حرارت وسایل برق رسانی از حد مجاز آن تجاوز کند منجر به حریق می‌گردد. برای مثال یک کلید معیوب که محل برقراری اتصال آن خورده و از بین رفته باشد حرارت بیشتری نسبت به یک کلید سالم تولید می‌کند. همچنین سرپیچ لامپها که ممکن است برای لامپهای کوچک در نظر گرفته شده باشد با نصب لامپهایی با مصرف بالاتر که امروزه معمول هم شده است سرپیچ حرارت بیشتری تولید می‌کند و این حرارت اضافی به سهولت جذب محیط نمی‌شود و باعث ازدیاد درجه حرارت می‌شود که این افزایش درجه حرارت سبب فرسوده شدن و از بین رفتن عایق‌های اطراف وسایل می‌گردد.

حفاظت در مقابل خطر ایجاد حریق از طریق انتخاب سیم‌ها و وسایل مناسب و حفاظت مدارها بوسیله فیوزها با سازه‌های صحیح ممکن خواهد بود. به این ترتیب در شرایطی که بهر دلیلی جریان مدار از حد مجاز آن افزایش یابد، فیوز عمل کرده و مدار را قطع می‌کند همچنین با آزمایش کردن سیستم برق‌رسانی هر سال یکبار می‌توان از ضعیف شدن عایق‌ها و خطرات احتمالی آگاهی یافت.

۲-۱-۱- خطر برق‌گرفتگی

برق‌گرفتگی یعنی اثر سوء و مضر برق بر روی سیستم بدن انسان، بطوریکه می‌دانیم فرمانها برای حرکات عضلات بدن از مغز بوسیله جریانهای برقی بسیار ضعیف از طریق سلسله اعصاب به عضلات مخابره می‌شود. در صورتیکه جریانهای برق قوی از خارج روی اعصاب اثر گذارند موجب حرکات ناگهانی و بسیار شدید عضلات می‌گردد که برق‌گرفتگی یا شوک نامیده می‌شود. شدت شوک به میزان جریانی بستگی دارد که به بدن وارد می‌شود و این جریان هم به میزان ولتاژ و مقاومت مدار تشکیل شده بستگی دارد.

حالت برق‌گرفتگی در اثر اتصال قسمتی از بدن انسان به سیم فاز صورت می‌گیرد و لذا برای جلوگیری از برق‌گرفتگی سیم‌ها و دیگر اجزاء فلزی را که در شرایط عادی حامل جریان الکتریسیته هستند عایق‌بندی می‌کنیم و قسمتهای دارای برق وسایل الکتریکی را طوری در داخل جعبه‌ها یا محفظه‌ها قرار می‌دهیم که ارتباط برقرار کردن با آنها بطور سهوی ممکن نباشد. بطوریکه می‌دانیم بسیاری از وسایل الکتریکی دارای بدنه فلزی هستند که در صورت خرابی عایق سیم‌ها یا دیگر اجزاء داخلی آن و اتصال به بدنه دستگاه گرم و خطرناک می‌شوند. برای جلوگیری از این پیشامدها و بالا بودن ضریب ایمنی به دو روش زیر عمل می‌کنند:

یک روش که به عایق‌بندی دوبل معروف شده است عبارت است از اینکه بدنه فلزی وسایل الکتریکی را کاملاً به وسیلهٔ پوششی از پلاستیک عایق کنیم

بطوریکه تماس با بدنه فلزی دستگاهها ممکن نباشد و در مواردیکه ضرورتی در ساخت بدنه فلزی دستگاه نباشد آن را از مواد عایقی می‌سازند تا ضریب ایمنی دستگاه بالا رود.

روش دوم این است که بدنه دستگاه‌های فلزی را به زمین متصل کنیم که در قسمت محافظت زمین توضیح داده شده است. نظر به اینکه سیم نوترال در بست توزیع به زمین متصل شده است و در صورت خرابی و اتصال فاز به بدنه دستگاه‌ها حرارت زیادی در مدار ایجاد خواهد شد که منجر به ذوب فیوز و رفع خطر می‌گردد. بدیهی است که مقاومت موجود در مدار اتصال به زمین باید از حد معمول کمتر باشد تا این روش به خوبی عمل کند در غیر اینصورت بایستی از وسایل حفاظتی حساستری مانند رله‌های اتصال زمین استفاده کرد که در صورت برقرار شدن جریانهای خیلی کوچک هم در مدار زمین در مدت کوتاهی عمل کرده و مدار را قطع می‌نمایند.

۲-۱- احتیاط‌های ایمنی

برای جلوگیری از برق‌گرفتگی لازمست به توصیه‌های زیر توجه شود.

الف- هیچگاه روی مدار برق‌دار (گرم) کار نکنید. معمولاً قطع برق برای مدت کوتاه در برخی از ساعت‌ها بدون اشکال است.

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

پ- در صورتیکه کلید از محل کار دور است به طریقی اطمینان حاصل کنید که در طی مدت کار شخص دیگری امکان بستن کلید را نداشته باشد. بازدید قفل به درب جعبه کلید یا نصب تابلوی اعلام خطر یا نگهداری فیوز در جیب خود می‌توانید این کار را انجام دهید.

ت- در صورتیکه مجبور به کار روی سیستم برق‌دار هستید از کفشهای لاستیکی و از ابزار مناسبی با عایق‌بندی سالم استفاده کنید.

۳-۱- لزوم کنترل مرغوبیت وسایل و وضع مقررات ایمنی

آنچه تاکنون دیده شده است، سعی در کاهش خطرات ناشی از برق امری طبیعی به نظر می‌رسد که از دو طریق ممکن است. اول از طریق کنترل کنترل کیفیت مواد و وسایل مورد استفاده که توسط کارخانجات مختلف ساخته و به بازار عرضه می‌شود و دوم از طریق وضع و اجرای مقررات که ضامن ایمنی سیستم‌های برق‌رسانی می‌باشند.

۱-۳-۱- مقررات ایمنی و کنترل کیفیت وسایل در ایران

در زمینه مقررات ملی، با اینکه جامعه ملی الکتروتکنیک ایران چند سالی است که موجودیت یافته است و برخی مقررات بین‌المللی را ترجمه کرده است

متاسفانه مقررات ملی ایمنی در برق‌رسانی تدوین نشده است. در قراردادهای تاسیسات بزرگ گاهی اجرای کارها بر اساس مقررات برقی کشورهای خارجی انجام می‌شود. لیکن در غالب موارد مخصوصاً در کارهای کوچک رعایت هیچگونه مقرراتی الزامی نیست و شرکتهای برقی منطقه‌ای قبل از وصل برق هیچگونه مجوزی که دال بر بی‌عیب بودن سیستم داخلی باشد را نمی‌خواهند. برای جلوگیری از این نابسامانیها از قبیل تلفات جانی و حریق باید هر چه زودتر با استفاده از مقررات کشورهای پیشرفته خارجی یا مقررات بین المللی ضوابط کامل و مناسبی برای ایران تدوین گردد و هنگام وصل و طراحی همه افراد ملزم به رعایت این قوانین باشند.

- بازرسی و آزمایش تاسیسات الکتریکی

پس از تکمیل سیم‌کشی چه در اماکن مسکونی و چه در اماکن صنعتی نباید سریع اقدام به وصل جریان برق کرد و اتصال جریان برق تنها پس از انجام آزمایشهایی که موید انجام صحیح سیم‌کشی باشد مجاز می‌باشد. این آزمایشها ابتدا توسط طراح و سپس توسط ماموران برق منطقه‌ای قبل از اتصال به شبکه توزیع انجام می‌پذیرد. همچنین سیستم‌های طراحی شده بعد از یک مدت محدودی کهنه و فرسوده می‌شوند بنابراین مقررات، آزمایشها و بطور مرتب حداکثر هر پنج سال یکبار پیشنهاد می‌کند.

در ایران در حال حاضر انجام این آزمایش‌ها الزامی نیست و ماموران برق هم در موقع اتصال برق به سیستم به بازدید ظاهری جعبه کنتاکتورها اکتفا می‌کنند. در این قسمت با وسایل آزمایش و روش‌های آزمایشی که ایمنی سیستم‌های طراحی شده را تضمین می‌کنند آشنا می‌شویم.

۱- آزمایش اتصال صحیح کلیدها، فیوزها و پریزها

بطوریکه قبلاً گفته شده است فیوزهای محافظ و کلیدهای کنترل مدارها باید بر روی سیم فاز نصب شوند در غیر اینصورت سوختن فیوز یا قطع کلید و خاموش شدن دستگاه به منزله بی‌برق بودن دستگاه نیست و دستگاه دائم برق‌دار است و خطراتی را در پی خواهد داشت. در اتصال پریزها فاز به سمت راست و نوترال به سمت چپ پریز متصل می‌شود و در پریزهایی که دارای سیم زمین هستند در قسمت بالای بین دو سوراخ پریز نصب می‌گردند. رعایت نکردن این مساله بخصوص در مورد پریزهای مجهز به کلید موجب خطرات جانی می‌گردد. برای کسب اطمینان از اتصال صحیح این اجزاء قبل از اتصال برق به سیستم می‌توان مطابق شکل ارائه شده در زیر مدار را با زنگ اخبار مورد آزمایش قرار داد.

شکل مدار آزمایش صحیح بودن پریزها

یکی از سیم‌های زنگ اخبار را به فاز ورودی در جعبه کنتور (فاز مربوطه در سیستم سه فاز) متصل می‌کنیم و با اتصال سر دیگر به فیوزها، کلیدها و

سوراخ سمت راست پریزها را مورد آزمایش قرار می‌دهیم، بدیهی است برای انجام این آزمایش می‌بایست هرگونه بار متصل به مدار را باز کنیم.

۲- آزمایش متصل بودن مدارها

برای حصول اطمینان از اتصال صحیح مدارها از اهم‌متر یا زنگ اخبار استفاده می‌کنیم.

در حالت استفاده از اهم‌متر می‌توانیم برق را قطع کرده و توسط یک سیم کمکی مابقی سیستم را آزمایش نماییم و از سالم بودن یا قطع بودن آنها اطمینان حاصل نماییم.

۳- آزمایش اتصال صحیح سیم زمین

بطوریکه در فصل‌های قبل گفته شد بدنه فلزی همه دستگاههای برقی و دیگر اجسام فلزی برقداری که در دسترس انسان هستند همگی باید به سیم زمین متصل شوند و برای آزمایش و صحیح بودن اتصالات زمین می‌توان از یک آوومتر و مطابق شکل زیر یک مدار را بست. مقاومت بدنه دورترین دستگاه به اتصال اصلی زمین نباید حداکثر از یک اهم تجاوز کند. البته باید در نظر داشت که به نتیجه بدست آمده از آزمایش با آوومتر نمی‌توان اکتفا کرد، بیشتر مقررات موجود، لازم می‌دانند که پس از این آزمایش مقدماتی سیم زمین باید با جریانی معادل یک و نیم برابر جریان مجاز مدار تا حداکثر 25 آمپر مورد آزمایش قرار

بگیرد تا هرگونه اتصال ناقص موجود در مدار حفاظتی زمین پیدا شده و اصلاح گردد.

۴- آزمایش عایق‌بندی

هدف از این آزمایش کسب اطمینان از سالم بودن عایق سیم‌ها می‌باشد. عایق‌های معیوب سبب برقراری جریانهای نشتی می‌شوند که بالاخره منجر به خرابی کامل عایق‌ها و اتصال کوتاه می‌شود و به همین دلیل است که بیشتر مقررات موجود حال حاضر لازم می‌داند که در تعیین مقاومت عایقی سیم‌ها از ولتاژ (dc) مستقیم به میزان دو برابر ولتاژ اسمی مدار به شرط آنکه از 500 ولت تجاوز نکند استفاده گردد.

بنابراین معمولاً در آزمایش‌ها از مگر (mager) 500 ولتی استفاده می‌شود استفاده از ولتاژ مستقیم (dc) این مزیت را دارد که جریانی از خازنهای نصب شده در مدار نمی‌گذرد و بدین ترتیب است که تنها مقاومت مدار بطور دقیق اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین مقاومت عایقی یک شبکه (سیستم) قبل از اتصال آن به شبکه دارای جریان الکتریکی، باید همه فیوزها و کلیدها در حالت متصل باشند و تمامی بارهای الکتریکی از مدار خارج باشند تا مقاومت بطور دقیق محاسبه گردد و سیم‌های حاصل جریان (فاز و نول) را در تابلو توزیع به یکدیگر متصل می‌کنیم و میگر را بین سیم‌های متصل شده به هم و زمین قرار می‌دهیم.

مقدار مقاومت قابل قبول بستگی به اندازه سیستم تحت آزمایش دارد. سیستم‌های خیلی بزرگ را به سیستم‌های کوچکتر تقسیم می‌کنیم بطوریکه هر سیستم حداکثر دارای 50 شعله باشد و مقاومت اندازه‌گیری شده نباید کمتر از $1M\Omega$ باشد . به همین ترتیب می‌توان با جدا کردن اتصال فاز و نول و اتصال میگ بین این دو، مقاومت عایقی بین فاز و نول را تعیین کرد که نباید از $1M\Omega$ کمتر باشد.

مقاومت عایقی موتورها و دستگاههای الکتریکی دیگر هم باید بصورت جداگانه مورد آزمایش قرار گیرند و این مقاومت عایقی نیز نباید از $0.5M\Omega$ کمتر باشد. در صورتیکه آزمایش موتور به تنهایی مورد نظر باشد باید در سیم ورودی و مرتبط با موتور را از جاروبکها جدا کرده و تنها سیم‌پیچ تحریک موتور را مورد آزمایش قرار می‌دهیم. حال اگر مقاومت عایقی سیم‌کشی سیستم مورد آزمایش مقدار کمی از یک امگا اهم $1M\Omega$ و مقاومت عایقی وسایل الکتریکی دیگر کمتر از $0.5M\Omega$ باشد بعلت جذب و وجود رطوبت می‌باشد و در اینصورت می‌تواند با عبور دادن جریان، آنها را گرم کرد و بعد از خشک شدن مورد آزمایش قرار داد و در صورتیکه مقاومت عایقی در اثر صدمات مکانیکی کاهش یافته باشد باید محل صدمه و عیب را پیدا کرد و رفع عیب نمود.

۵- عیب‌یابی و رفع عیب

در یک سیستم سیم‌کشی سالم مقاومت عایقی باید بیش از یک مگا اهم $1M\Omega$ باشد و همچنین مقاومت عایقی بین فاز و نول هم نباید کمتر از $1M\Omega$ باشد. در سیستم‌های الکتریکی پس از تکمیل طرح و اجرای آن ممکن است سه نوع عیب دیده شود.

اول اینکه مقاومت عایقی سیستم خیلی کمتر از یک مگا اهم $1M\Omega$ باشد که این عیب بعلت وجود یک اتصالی ناقص با زمین است . برای پیدا کردن این اتصالی در تابلوی اصلی فیوزها و نول ورودی را باز می‌کنیم و هر مدار را بطور جداگانه، سیستم ارتباطی آن را با زمین مورد آزمایش قرار می‌دهیم تا مدارهای معیوب مشخص شوند. جفت دیگری از عیب می‌تواند از خود دستگاه باشد که باید به آزمایش کردن تک تک موارد قسمت معیوب را مشخص کنیم و در صورتیکه عیب از خود مدار باشد برای پیدا کردن آن اولین جعبه اتصال را باز می‌کنیم و اتصال سیم‌های مدار معیوب را باز کرده و از تابلو سیم فاز و نول مدار را مورد آزمایش قرار می‌دهیم و در صورتیکه مدار و جعبه اتصال اولی سالم باشد ، جعبه اتصالات دوم را باز کرده و از جعبه اول آزمایش را شروع می‌کنیم و به همین ترتیب کار را ادامه می‌دهیم تا قسمت معیوب مشخص شود. در سیستم سیم‌کشی داخل لوله، تعویض سیم معیوب معمولاً بسهولت امکان‌پذیر است.

عیب دیگری که گاهی در سیستم مشاهده می‌شود اتصالی فاز و نول به هم است بصورت مستقیم بدون آنکه اتصالی به زمین به وجود آید . اینگونه عیب‌ها معمولاً به علت اتصال اشتباه کلیدها، فیوزها و سرپیچها بوجود می‌آید. احتمال اینکه دو سیم فاز و نول در داخل لوله به هم متصل شده باشند بدون آنکه به سیم زمین وصل شوند بسیار کم است. اینگونه عیب‌ها با همان روشی که برای اتصال به زمین گفته شده، با استفاده از مولتی متر مشخص می‌شوند.

عیب سومی که ممکن است در مدار دیده شود باز بودن مدار است که می‌توان براحتی با مولتی متر آنرا مشخص کرد.

فصل نهم

طرح پست

طرح پست 20 کیلو ولت به 400 ولت.

به منظور اتخاذ روشی برای تهیه، انتخاب لوازم و تجهیزات پست و همچنین تنظیم برنامه‌ای جهت سفارش و تهیه لوازم از یک سو و استاندارد نمودن لوازم مورد استفاده در پست Kv 20 ضروری به نظر می‌رسد. بدین ترتیب به تهیه لیست لوازم مورد نیاز و دستورالعمل اجرائی مطابق با استاندارد IEC اقدام نموده‌ایم.

در بخش‌های بعدی همین فصل به توضیح به تشریح قطعات و تجهیزات پست می‌پردازیم. لازم به تذکر است که با توجه به توان مصرفی محاسبه شده در فصل چهارم و ششم کلیه تجهیزات در بخش‌های بعدی مطابق با این توان‌ها خواهد بود.

بطور خلاصه قدرت ترانسفورماتورهای شبکه توزیع به شرح زیر خواهد بود.

الف- پست‌های هوایی: با ترانس‌های V 400 / KV 20، قدرت ترانسفورماتورها 50، 100، 200، 315 کیلو ولت آمپر و سیستم حفاظت پست‌های مذکور به وسیله نصب کارت ارت فیوز خواهند بود.

ب- پستهایی با ترانسفورماتورهای زمینی 200 KV / 400 V قدرت ترانسفورماتور 500 کیلو ولت آمپر و سیستم حفاظت این پستها بوسیله سکسیونر قابل قطع زیر بار با فیوز خواهد بود.

ج- پستهای ترانسفورماتور زمینی 20 KV / 400V ، قدرت ترانسفورماتور 630، 800 ،1000 کیلو ولت آمپر و سیستم حفاظت آن توسط کلیدهای دیژنکتور کم روغن خواهد بود.

-یاد آوری در شبکههای بزرگ و در حالتهای استثنایی از ترانسهای با قدرت 1600 کیلو ولت آمپری نیز استفاده میشود.

-یادآوری : در صورت لزوم و در مناطقی که رعد و برق زیاد روی میدهند مانند نقاط کوهستانی، در نزدیکی جنگلها و یا اینکه در اطراف پست 20 KV کیلو ولتی هیچگونه شبکه فشار قوی و یا ساختمانهایی بلندتر از پست ترانسفورماتور وجود نداشته باشد. نصب برقگیر ضروری خواهد بود.

بخش اول

مشخصات تابلوهای 20 KV کیلو ولتی (ویژه کابلهای ورودی یا خروجی)

مشخصات فنی زیر شامل اطلاعاتی در مورد تابلوهای 20 KV کیلو ولتی قابل نصب در داخل پست ترانسفوماتور میباشد. جهت سهولت در امر حمل و نقل ، نصب و همچنین اضافه یا کم کردن تعداد تابلوها در پست ترانسفورماتور بهتر است امکان جدا نمودن تابلوها از یکدیگر وجود داشته باشد و بدین ترتیب تابلوها

بصورت سلولهایی مستقل هستند که در پست ترانسفورماتور درکنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

مشخصات فنی این تابلوها به شرح زیر است:

۱- تابلوی مخصوص نصب در داخل پست ترانسفورماتور و مقاوم در برابر گرد و خاک

۱-۱- مشخصات سکسیونر قابل قطع زیر بار به انضمام یک عدد سکسیونر اتصال زمین.

۲- مشخصات تابلو باید طبق یکی از استانداردهای IEC 144 یا DIN 40050 و یا سایر استانداردهای مشابه باشد.

۳- تابلو بایستی قابل نصب روی کانال بوده و در قسمت انتهایی محل نصب و اتکاء تابلو باید فواصل مجاز شین‌های مسی و سرکابل و وزن سرکابل باید کاملاً از طرف سازنده مراعات شوند.

۱-۳- مشخصات کلیدها و تجهیزات داخل تابلو و طرز قرار گرفتن این تجهیزات بایستی به صورتی طراحی گردند که هنگام استفاده از تابلو هیچ گونه خطری شخص استفاده کننده از تابلو را تهدید نکند.

۴- شینه بندی تابلو

٤-۱- شینه‌های داخل تابلو باید از جنس مس و با ابعاد 10 × 50 میلیمتر باشند.

٤-٢- نوع شینه بندی باید از نوع E-cu و مطابق استاندارد DIN 40500 و DIN 46433 و یا استانداردهای مشابه باشد . میزان آمپراژ و درجه حرارت مجاز از طرف فروشنده اعلام می‌گردد.

٤-٣- هر شیشه باید به یکی از رنگ‌های زیر رنگ‌آمیزی شود. (رنگ باید بادوام و مقابل افزایش درجه حرارت مقاوم بوده و ورقه ، ورقه نشود) . فاز R به رنگ قرمز، فاز S به رنگ زرد ، فاز T به رنگ آبی.

٤-٤- شینه بندی تابلو باید طوری در نظر گرفته شود که فاصله بین اجزاء و تجهیزات دقیقاً مطابق استاندارد باشد و فاصله قطب‌ها از یکدیگر کاملاً رعایت شود.

٤-٥- جهت برقراری اتصال سیم زمین در کلیه قسمت‌های تابلو یک عدد شینه مسی به ابعاد 5 × ٣٠ میلیمتر روی مقره اتکایی تابلو نصب می‌گردد و همچنین بدنه فلزی تابلو را نیز به این سیم وصل می‌کنیم و باید دقت کنیم که محل اتصال فاقد رنگ و چربی باشد. رنگ شینه اتصال زمین به رنگ خاکستری روشن است.

جهت برقراری ارتباط بین سیم نول سر کابل با تابلو در فاصله مناسبی از آن یک عدد سوراخ پیش‌بینی شده است. همچنین بدنه کلیدها و سکسیونرهای قابل قطع زیر بار و اتصال زمین آنها نیز باید توسط یک شینه به شین اصلی اتصال زمین متصل گردند.

۵- برای جلوگیری از خطر انفجار در مواقع بروز اتصال کوتاه و غیره بر روی قسمت فوقانی تابلو دریچه‌ای در نظر گرفته می‌شود که این دریچه باید طوری طراحی و نصب گردد که در هنگام بروز حادثه به اطراف پرتاب نشود.

٦- کلیه دستگاهها و تجهیزات هنگام بهره‌برداری باید بدون ارتعاش و حداقل صدا را داشته باشند.

بخش دوم

مشخصات فنی سکسیونرهای قابل قطع زیر بار

در تابلوهای KV 20 کیلو ولتی سکسیونرهای قابل قطع زیر بار برای ولتاژ 20 KV کیلو ولت طراحی می‌شنوند. این کلیدها عمل قطع و وصل سریع مدارها و دستگاهها را برای ما امکان‌پذیر می‌سازند و مشخصات فنی این سکسیونرهای قابل قطع زیربار معمولاً بر طبق استانداردهای IEC256 یا VDE0670 و یا سایر استانداردهای جهانی انتخاب می‌گردند.

۱- مشخصات فنی

۱-۱- سکسیونر مناسب برای حداکثر ولتاژ ٢٤ کیلو ولت و فرکانس ۵۰ هرتز

۲-۱- شدت جریان اسمی کلید 630 آمپر – ظرفیت تحمل کلید حدود 36 کیلو آمپر و شدت جریان اتصال کوتاهی را که برای مدت 3 ثانیه تحمل می‌کند ١٤ کیلو آمپر است.

۳-۱- کلید باید با توجه به شرایط جوی و مقاوم در مقابل حرارت و تغییر درجه حرارت محیط انتخاب گردد.

٤-۱- کلید باید مجهز به محفظه برقگیر مناسب و خوبی باشد.

٥-۱- عمل قطع و وصل بصورت دستی بوده و این عمل باید طوری انجام شود که قوس الکتریکی صورت نگیرد.

٦-۱- تیغه یا میله کنتاکت مربوط به قطع و وصل باید جداشدنی و قابل رویت باشند.

۷-۱- عمل قطع و وصل کلید باید طوری باشد که در هنگام قطع و وصل آن مجبور به باز کردن درب تابلو نباشیم.

۸-۱- وضعیت قطع و وصل کلید باید بوسیله علامت و رنگ (سفید ، قرمز) کنار دسته آن مشخص گردد.

بخش سوم

مشخصات فنی سکسیونر اتصال زمین

در تابلوهای مخصوص فیوزهای ورودی یا خروجی یک عدد سکسیونر بیست کیلوولتی اتصال زمین با مشخصات فنی زیر نصب می‌شود.

۱- مشخصات فنی

۱-۱- سکسیونر مخصوص اتصال زمین دارای جریان اسمی 400 آمپر و ولتاژ اسمی 20 کیلو ولت با عمل قطع و وصل دستی سریع است.

۱-۲- سکسیونر اتصال زمین به سکسیونر اصلی توسط قفل مکانیکی اینترلاک شده است.

۲- عمل قطع و وصل سیکسیونر باید بصورتی انجام پذیرد که فقط هنگامیکه سکسیونر قطع باشد و تیغه‌های اصلی کلید جدا باشد سکسیونر زمین عمل کند.

۱-۲- عمل قطع و وصل کلید در هر وضعیت باید بطور کامل انجام گیرد به نحوی که در وضعیت قرار گرفتن کلید روی «قطع» یا «وصل» انرژی ذخیره شده در فنر باقی نماند بعبارت دیگر سکسیونر باید فقط دو حالت قطع یا وصل را داشته باشد و کاملاً این دو حالت از هم متمایز باشند و کلید در حالت نیمه باز قرار نگیرد.

۲-۲- هنگام وصل بودن سکسیونر اتصال زمین نباید بتوان سکسیونر اصلی را وصل کرد.

۳-۲- اهرم قطع و وصل سکسیونر اتصال زمین باید در داخل تابلو بصورتی نصب گردد که فاصله استاندارد فاصله سرکابل و باس بار رعایت شود.

٤-٢- سکسیونر اتصال زمین باید تحمل ولتاژی برابر ٥٥ کیلو ولت را برای مدت یک دقیقه داشته باشد.

بخش چهارم

مشخصات سکسیونر فیوزدار

کلیه مشخصات سکسیونر فیوزدار عیناً مانند سکسیونر قابل قطع زیر بار است ولی مجهز به سه عدد فیوز محدود کننده جریان نیز می‌باشد. سایر مشخصات به شرح زیر است:

١- مشخصات فنی فیوز

١-١- مشخصات فنی فیوز بیست کیلو ولتی باید مطابق استانداردهای IEC282-1 و IEC240 و یا استانداردهای مشابه باشد.

٢- شدت جریان اسمی فیوز 40 آمپر و ولتاژ اسمی آن 20 کیلو ولت است.

٣- اعلام مشخصاتی از قبیل ولتاژ اسمی و حداکثر ولتاژ قابل تحمل برای فیوز ، شدت جریان و فرکانس نامی فیوز، قدرت قطع فیوز ($Cos\varphi$ 0.15) طول و قطر فیوز، قطر کلاهک فیوز به میلیمتر و استاندارد ابعاد مختلف فیوز از طرف کارخانه سازنده آن اعلام می‌گردد.

٤- محل قرار گرفتن فیوز

١-٤- محل نصب فیوز در زیر کلید قطع و وصل خواهد بود.

۲-٤- در صورت بروز اتصال کوتاه در یک فاز کلید بایستی سریعاً عمل کند.

بخش پنجم

دیژنکتور بیست کیلو ولتی کم روغن مخصوص نصب در داخل تابلو دارای مشخصات زیر است.

۱- مشخصات فنی

۱-۱- دیژنکتور توسط اهرم دستی شارژ و آماده قطع و وصل می‌شود.

۱-۲- مشخصات فنی دیژنکتور باید مطابق استانداردهای IEC 298 , IEC59 یا استاندارد VDE0670 و یا استانداردهای مشابه باشد.

۲- ولتاژ اسمی کلید 20 کیلو ولت و حداکثر اسمی سیستم 24 کیلو ولت می‌باشد.

۲-۱- شدت جریان نامی کلید 630 آمپر و فرکانس آن 50 هرتز می‌باشد.

۲-۲- قدرت قطع دیژنکتور ۵۰۰ مگاولت آمپر است.

۲-۳- میزان حداقل ولتاژ ضربه‌ای بین فازها 5 , 2 , 1) μs (برابر 145 کیلو ولت در ماکزیمم مقدار خود خواهد بود.

۲-٤- میزان حداقل ولتاژ بین ترمینالهای یک فاز 5 , 2 , 1) μs (برابر 125 کیلو ولت در ماکزیمم مقدار خود خواهد بود.

۲-۵- میزان تحمل ولتاژ در یک دقیقه کمتر از 55 کیلو ولت است.

۳- روغن دیژنکتور

۱-۳- روغن دیژنکتور باید مطابق استاندارد VDE 0370 یا استانداردهای مشابه باشد.

۲-۳- مخزن روغن کلید باید فشاری برابر با Bar 10 را به مدت 15 دقیقه تحمل نماید.

۳-۳- ستون روغن نمای دیژنکتور بایستی طوری نصب شده باشد که از طرف مقابل کلید قابل رویت و کنترل باشد.

۴- عمل قطع و وصل دیژنکتور

۱-٤- عمل قطع و وصل دیژنکتور بصورت دستی و با شارژ کردن فنر آن انجام می‌گیرد.

۲-٤- در هنگام شارژ فنر کلید نباید قادر به عمل کردن باشد. در موقع شارژ فنر و رها شدن آن باید توسط علامتی بر روی کلید مشخص شود.

۳-٤- علامت مشخص کننده شارژ و دشارژ فنر روی کلید هم باید مشخص باشد.

٤-٤- وصل یک عدد نمراتور که تعداد قطع و وصل کردن کلید را مشخص می‌کند.

یادآوری: تجهیزات کلید باید طوری طراحی شده باشند که هنگام نگهداری و کنترل و سرویس دهی به حداقل افراد و زمان نیاز باشد.

۵- پلاک فلزی شامل مشخصات کلید به شرح ذیل باید روی کلید بطور محکم نصب شده باشد.

۵-۱- نام کارخانه سازنده

۵-۲- سال ساخت و نوع استاندارد رعایت شده

۵-۳- ولتاژ نامی و حداکثر ولتاژ و فرکانس قابل تحمل

۵-٤- قدرت قطع کلید

۵-۵- مشخصات رله پریمر و رله زمانی نصب شده روی دیژنکتور

٦- رله پریمر به جریان نامی متناسب با ترانسفورماتور و قابل تنظیم رله زمانی با قابلیت تنظیم زمان از صفر الی 60 ثانیه.

٦-۱- همراه با رله بایستی که کلیه قطعات مربوط به قطع کلید به طور کامل مونتاژ شده باشد.

بخش ششم

مشخصات فنی سکسیونر ساده

در تابلوی مخصوص نصب دیژنکتور، قبل از نصب دیژنکتور یک عدد سکسیونر بیست کیلو ولتی ساده با مشخصات فنی زیر نصب خواهد شد.

۱- مشخصات فنی

۱-۱- ولتاژ نامی سکسیونر 20 کیلو ولت و فرکانس آن 50 هرتز است.

۱-۲- شدت جریان نامی 630 آمپر است.

۲- عمل قطع و وصل کلید

۱-۲- سکسیونر باید دارای سیستم مکانیکی اینتر لاک باشد.

۲-۲- سکسیونر منحصراً باید در حالت وصل کامل یا قطع کامل قرار بگیرد و پس از هر مرحله قطع و وصل انرژی ذخیره شده‌ای در فنر باقی نماند.

۳- در تابلوی نصب، سکسیونر و باس بار، باید بصورتی قرار بگیرند که تیغه‌های سکسیونر پس از قطع در نزدیکی باس بار تحت ولتاژ قرار نگیرند.

بخش هفتم

مشخصات فنی ترانسفورماتور ۲۰ کیلو ولتی

مشخصات فنی ترانسفورماتورهای توزیع شامل طرح، ساخت و آزمایش ترانسفورماتورهای سه فاز کم روغن می‌باشند که در داخل پست‌های ترانسفورماتور 20 کیلو ولتی نصب خواهند شد.

۱- مشخصات فنی و استاندارد

۱-۱- ساخت و آزمایش ترانسفورماتور باید طبق استاندارد IEC76 یا سایر استانداردهای مشابه باشد.

۲-۱- قدرت ترانسفورماتورهای مورد نیاز ، 500، 630، 800 ، 1000 کیلو ولت آمپر قابل نصب روی ریل و داخل پست ترانسفورماتور می‌باشد.

یادآوری: با توجه به میزان توان مصرفی کارخانه (1743. 1 KW) در $Cos\varphi=0.83$ بهتر است از ترانسفورماتور 1000 کیلو ولت آمپری ، به تعداد ۳ عدد (۲ واحد دائمی و یک و جبرزرو) استفاده گردد.

۳-۱- ولتاژ اسمی مدار اولیه 20 کیلو ولت

حداکثر ولتاژ اولیه 24 کیلو ولت

ولتاژ مدار ثانویه 400.231 کیلو ولت

فرکانس نامی شبکه 50 هرتز

٤-۱- نوع سیم‌پیچ ترانسفورماتور yn 50- جنس سیم‌پیچ مسی می‌باشد ، قابلیت تنظیم در حالت بی‌باری $\pm 5\%$ ولتاژ اتصال کوتاه 6% می‌باشد.

۲- مخزن ترانسفورماتور

۱-۲- هر ترانسفورماتور دارای مخزن انبساط روغن است و دارای یک درجه برای تعیین میزان روغن می‌باشد. روغن نما باید میزان روغن را در دو درجه حرارت (مثلاً 20+ و 20- درجه سانتیگراد) را مشخص سازد.

۳- بوشینگ‌های ترانسفورماتور

۱-۳- بوشینگ مدار اولیه و مدار ثانویه باید از جنس چینی و مجهز به شاخک‌های فنری برقگیر باشد.

۴- تاپ چنجر و بست‌های مخصوص اتصال سر کابل

۱-٤- هر ترانسفورماتور باید مجهز به دستگاه چاپ چنجر باشد.

۵- رله بوخ هلتس

۱-۵- روی هر ترانسفورماتور یک عدد رله بوخ هلتس بطور کامل نصب می‌گردد (از قدرتهای 1000 کیلو آمپر به بالا)

۲-۵- رله برخ هلتس باید طبق استاندارد DIN 42566 یا استانداردهای مشابه باشد.

۶- تجهیزات و قطعات ترانسفورماتور

۱-٦- هر ترانسفورماتور باید مجهز به یک دماسنج باشد که قادر به نشان دهنده درجه حرارت ماکزیمم باشد.

۲-٦- هر ترانسفورماتور باید دارای ظرف رطوبت‌گیر محتوای سیلیکاژن باشد.

۷- مشخصات زیر از طرف کارخانه سازنده باید اعلام گردد.

۱-۷- میزان تلفات ترانسفورماتور (بدون بار و با بار کامل)

۲-۷- میزان ولتاژ تحمل عایق‌بندی

۳-۷- میزان ولتاژ اتصال کوتاه

٤-۷- شدت جریان نامی در مدار اولیه و ثانویه

۵-۷ – شدت جریان در حالت بی‌باری

٦-۷- وزن سیم‌پیچ مسی – وزن روغن – وزن کل ترانسفورماتور

۷-۷- درجه حرارت مجاز محیط و همچنین سایر اطلاعات دیگر نیز از طرف کارخانه سازنده اعلام می‌گردد.

بخش هشتم

مشخصات فنی تابلوی فشار ضعیف

مشخصات فنی زیر شامل تابلوهایی فشار ضعیف قابل نصب در داخل پست ترانسفورماتور و یا توزیع انرژی مراکز صنعتی می‌باشد.

۱- مقررات ساخت و آزمایش تابلو

۱-۱- ساخت و آزمایش تابلو، مطابق با یکی از استانداردهای IEC 157 یا VDC 0110 یا استانداردهای مشابه صورت می‌گیرد. ساختمان تابلو باید بگونه‌ای ساخته و طراحی می‌گردد که گرد و خاک به تابلو نفوذ ننماید.

۱-۲- تابلو باید مخصوص نصب روی کانال باشد و برای دسترسی به تجهیزات، سهولت در نصب و همچنین کنترل و تعمیرات بایستی هر تابلو دارای دو درب (سمت راست جلو و سمت عقب باشد) . ابعاد تقریبی تابلو بشرح زیر در نظر گرفته می‌شود . الف- ارتفاع 220 سانتیمتر ، ب – عرض 80 سانتیمتر، ج- عمق 80 سانتیمتر.

۱-۳- ضخامت بدنه فلزی تابلو در حدود دو (2) میلیمتر و ضخامت درب تابلو در حدود 2.5 میلیمتر است.

۲- ابعاد شینه‌ها و جنس آنها

۲-۱- ابعاد هر شینه بر حسب نیاز متفاوت است و از طرف سفارش دهنده تابلو اعلام خواهد شد.

۲-۲- هر تابلو شامل دو عدد شینه مسی و یک عدد شینه نول خواهد بود.

ابعاد شینه 10× 60 ، 10× 80 ، 10× 100 میلیمتر می‌تواند باشد.

۲-۳- شینه‌های مسی باید طبق استاندارد DIN 40500 یا DIN 46433 یا استانداردهای مشابه باشد.

۲-٤- شینه‌های مسی هر فاز دو به دو روی مقره اتکایی نصب خواهند شد. فواصل مجاز طبق استاندارد بین کلیه تجهیزات باید کاملاً رعایت شود. شینه نول تیز روی مقره اتکایی نصب می‌گردد جنس مقره اتکایی از صمغ مصنوعی است.

۲-۵- رنگ شینه‌های مسی به شرح زیر است.

الف- فاز R به رنگ خاکستری ب- فاز S به رنگ زرد

ج – فاز T به رنگ آبی

د – شینه نول به رنگ خاکستری روشن است

و – نوع رنگ باید مرغوب بوده و در برابر حرارت مقاوم باشد.

۲-٦- برای بستن کابل شو سیم نول بایستی در فواصل مناسب روی شینه تعدادی سوراخ با پیچ و مهره و واشر پیش‌بینی و نصب گردد.

۷-۲- شینه‌های مسی در تابلو باید در محل مناسبی قرار گیرند تا در هنگام باز نمودن درب تابلو در دسترس قرار نگیرند برای جلوگیری از خطرات احتمالی بهتر است حد فاصل بین کلید و شین‌ها را با ورق فلزی (با ضخامت مناسب) پوشانده شوند.

۳- تابلو فشار ضعیف دارای سه سلول مختلف به شرح زیر است:

الف- سلول مخصوص نصب کلید اصلی و ورودی دستگاههای اندازه‌گیری.

ب- سلول مخصوص نصب کلیدهای فشار ضعیف (فیدرهای خروجی)

ج – سلول مخصوص نصب کلیدهای روشنایی معابر

یادآوری: به منظور سهولت در نصب تابلوها بهتر است که سلولها به راحتی از یکدیگر جدا شوند بعبارت دیگر سلول روشنایی باید مستقل از سلول‌های دیگر باشد و تنها طریق ارتباط بین سلولها از طریق شینه‌های مسی می‌باشد.

٤- لوازم و تجهیزات داخل سلول اصلی (کلیدهای اصلی ورودی)

۱-٤- یکعدد کلید اتوماتیک مجهز به رله حرارتی و مغناطیسی قابل تنظیم – شامل سه فاز و نول – دارای محفظه جرقه‌گیر با مشخصات فنی زیر است:

الف- شدت جریان نامی کلید 1000 – 1500 آمپر

ب- ولتاژ نامی 500 ولت و فرکانس 50هرتز

۱-۱-٤- علامت قطع و وصل کلید باید بطور مشخص (با دو رنگ مختلف) روی کلید مشخص شده باشد. همچنین مکانیسم کلید باید طوری طراحی شده باشد که در صورت قطع یک فاز، هر سه فاز قطع شود.

۲-۱-٤- هر کلید بطور کامل توسط شینه مسی نصب می‌گردد و همچنین پیچ و مهره و واشرهایی هم برای بستن کابل شو در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱-٤- هر کلید باید دارای پلاک مشخصات بطور خوانا و پاک نشدنی باشد (جریان،ولتاژ، قدرت قطع و غیره)

۲-٤- سه عدد ترانسفورماتور جریان مخصوص با مشخصات فنی زیر بر روی شینه‌ها نصب می‌گردند.

۱-۲-٤- نسبت تبدیل 1000/5 – 1500/5 آمپر

۲-۲-٤- ولتاژ ماکزیمم آن 600 ولت است.

۳-۲-٤- قدرت نامی 15 آمپر است.

٤-۲-٤- کلاس دقت آن یک (1) است.

۳-٤- سه عدد آمپر متر مدرج جهت اندازه‌گیری جریان (1000-0 و 0-1500 آمپر)

۱-۳-٤- ابعاد آن در حدود ١٤٤ × ١٤٤ میلیمتر و مخصوص نصب بر روی تابلو باشد.

۲-۳-٤- هـر آمپـر متـر بایـد دارای یـک عـدد عقربـه نمایـانگر مقـدار مـاکزیمم بـه رنگ قرمز با دکمه مخصوص بر گرداندن مربوطه باشد.

۳-۳-٤- سـیم‌کشـی مربـوط بـه دسـتگاههای انـدازه‌گیـری بایـد دارای مسـیر مشخص بوده و از کانال عایق پلاستیکی عبور نماید.

٤-٤- یـک عـدد ولتمتـر مـدرج مخصـوص انـدازه‌گیـری ولتـاژ از 500-0 ولـت قابل نصب بر روی تابلو باشد.

۱-٤-٤- یـک عـدد کلیـد گـردان کـه روی آن علامـت فازهـا نوشـته شـده باشـد، بـرای تعیـین ولتـاژ بـین فازهـا و بـین فـاز و نـول بانضـمام فیوزهـای مربوطـه بطـور کامل بر روی نصب شده باشد.

یادآوری: فقـط لبـه قابـل دسـتگاههای انـدازه‌گیـری روی تـابلو قـرار مـی‌گیـرد و در مـورد کلیـدهای گـردان فقـط قسـمت کلیـد گـردان آن روی درب بیرونـی تـابلو نصـب می‌گردد.

٥-٤- در قسـمت داخلـی هـر تـابلو ودر قسـمت مناسـبی از تـابلو نصـب یـک عـدد لامپ 60 واتی جهت تامین روشنایی داخل تابلو ضروری به نظر می‌رسد.

٦-٤- جهـت تغذیـه مـدار روشـنایی داخـل پسـت ترانسـفورماتور و انتیلاتـور و نصـب یـک عـدد کلیـد و پریـز 15 آمپـری و سـه عـدد فیـوز 10 آمپـری در داخـل تـابلوی اصلی فشار ضعیف در مکانی مناسب و در دسترس ضروری به نظر می‌رسد.

۵- مشخصات لوازم و تجهیزات داخل تابلوی مخصوص فیوزهای خروجی

۵-۱- در این تابلو تعدادی کلید و فیوز به ظرفیت نامی حدود 400 آمپر نصب می‌گردد و آمپراژ مربوطه آن 200 ، 250 ، 355 می‌باشد.

۵-۱-۱- محفظه کلید باید دارای عایق مناسب و مرغوب بوده تا در هنگام قطع و وصل شعله‌ای ایجاد نگردد.

بطوریکه کلید و محفظه آن تحمل بهره‌برداری و قطع و وصل‌های مکرر داشته باشد و آسیبی به کلیدها وارد نشود. تعداد قطع و وصل مجاز باید از طرف کارخانه سازنده اعلام و تضمین گردد.

۵-۱-۲- هر کلید باید دارای یک پلاک با مشخصات فنی خود را به همراه داشته باشد و روی هر پلاک نام سازنده، ولتاژ ، آمپراژ و غیره مشخص شده باشد.

۵-۱-۳- در قسمت بالای هر کلید باید یک عدد قاب فلزی با طلق‌های مناسب و مربوطه به ابعاد 30 × 50 میلیمتر جهت نامگذاری فیدر خروجی پیش‌بینی گردد.

۵-۱-٤- ارتباط کلید فیوزهای مذکور به شینه اصلی باید توسط شینه مسی مناسب با ظرفیت کلید انجام گیرد.

۲-۵- مشخصات فیوزها

۱-۲-۵- فیوزهای چاقویی با قدرت قطع زیاد باید مطابق با استانداردهای IEC 269-1 یا VDC 0660 و یا DIN 43620 یا استانداردهای مشابه باشد.

۲-۲-۵- جنس بدنه فیوز باید از سرامیک باشد و دکمه عملکرد فیوز در قسمت بالای فیوز قرار بگیرد.

یادآوری: نحوه عملکرد و انتخاب فیوزها از روابط منحنی‌های یاد شده در فصل پنجم تبعیت می‌کند.

بخش نهم

مشخصات فنی تابلو روشنایی

مشخصات زیر شامل تابلو روشنایی معابریست که بطور مستقل کنار تابلو فشار ضعیف مشترکین نصب می‌گردد. ابعاد و اندازه‌های تابلو و سایر مشخصات عیناً مانند تابلوهای فشار ضعیف مشترکین خواهد بود.

۱- مشخصات فنی لوازم و تجهیزات داخل تابلو

۱-۱- تابلو بایستی دارای شینه مسی به ابعاد 5 × 40 میلیمتر باشد. شینه‌های مسی روی مقره‌های اتکایی از جنس صمغ مصنوعی نصب می‌گردند.

۱-۲- تعدادی فیوز چاقویی با پایه فیوزهایی از جنس سرامیک با جریان اسمی 400 آمپر نیز نصب می‌گردد.

۳-۱- سه عدد ترانسفورماتور جریان با نسبت تبدیل 400/5 آمپر نیز مورد نیاز است (مشخصات ترانسفورماتور جریان قبلاً ذکر شده است).

٤-۱- یک کنتور سه فاز توان اکتیو با ولتاژ 380/220 ولت برای اندازه‌گیری مصرف روشنایی معابر.

٥-۱- دو عدد کلید خودکار هوایی به ظرفیت 200 آمپر.

٦-۱- کلید فیوز 100 آمپری به انضمام فیوز چاقویی 63 آمپری بطور کامل.

۲- فرمان‌های روشنایی و مشخصات فنی آن

۱-۲- فرمان روشنایی هر پست توسط یک عدد فتوسل انجام می‌شود.

۲-۲- شدت جریان اسمی فتوسل 10 آمپر است.

۳-۲- حساسیت فتوسل از 5 الی 1000 لوکس بود و زمان اجرای فرمان با تاخیر زمانی حدود یک دقیقه همراه است.

٤-۲- کلیه قطعات فلزی فتوسل باید در مقابل رطوبت و نفوذ آب مقاوم باشند.

یادآوری: بدیهی است چنانچه در محل پیش‌بینی شده پست ترانسفورماتور، شبکه روشنایی موجود باشد. سفارش تابلوی روشنایی ضرورتی ندارد. بنابراین تابلوی روشنایی پس از تشخیص مهندس طرح شبکه سفارش داده می‌شود.

بخش دهم

مشخصات کابل ۲۰ کیلو ولتی و یک کیلو ولتی

جهت ارتباط به ترانسفورماتورها

۱- دیژنکتور (یا سکسیونر فیوزدار) توسط یک کابل مسی تک رشته‌ای (از نوع افشان) طبق یکی از استانداردهای VDE 0273 یا IEC 502-1 با ولتاژ اسمی 20 کیلو ولت و عایق PE به ترانسفورماتور متصل می‌گردد. سطح مقطع کابل 50 × 1 میلیمتر مربع است.

یادآوری ۱ : وسایل و لوازم هر سه کابل و مواد عایق آن و همچنین سیم اتصال بدنه باید بطور کامل بانضمام دستورالعمل اجرایی آن در یک جعبه بسته‌بندی شده تحویل گردد.

یادآوری ۲: مشخصات فنی کابل – ولتاژ ضربه‌ای و میزان آمپراژ اتصال کوتاه در یک ثانیه – قطر خارجی کابل – تعداد رشته‌های مسی – ضخامت جداره و عایق آن – نوع مواد سرکابل – تیپ کابل – استاندارد ساخت و سایر مشخصات دیگر کابل باید از طرف کارخانه سازنده مشخص گردد و تمامی قسمت‌ها توسط کارخانه سازنده باید از لحاظ سالم بودن تضمین گردد.

۲- جهت ارتباط طرف ثانویه ترانسفورماتور به کلید ورودی‌های اصلی از کابل مسی تک رشته‌ای طبق استاندارد VDE 0255 و برای ولتاژهای یک کیلو ولت از عایق PVC استفاده می‌شود($A = 1\times 240\ mm^2$).

یادآوری: روی جداره خارجی کابل مشخصات فنی کابل طبق استاندارد بکار رفته حک می‌گردد. (مشخصات شامل، سطح مقطع، ولتاژ – استاندارد بکار برده شده – سال ساخت – نام سازنده – نام سفارش دهنده).

بخش یازدهم

سیستم اتصال زمین پستهای ترانسفورماتور

بعلت اینکه اغلب پست‌های ترانسفورماتور بطور پراکنده در داخل شهر و در بعضی از موارد حتی دور از نقاط شهری نصب گردیده‌اند حفر چاه نول و سیستم متداول زمین (سیم و یا صفحه مسی) مقدور نبوده و همچنین مقرون به صرفه نیست. در صورتیکه نصب میل زمین در داخل پست ترانسفورماتور مقدور نباشد (مثلاً به علت وجود طبقات زیرین زمین ، اتمام ساختمان و غیره) می‌توان میله را در خارج از ساختمان پست ترانسفورماتور نصب نمود و سپس سیم اتصال زمین را از داخل لوله‌های سیمانی عبور داده و به تابلو متصل کرد. طول میله اتصال زمین بر حسب نیاز و همچنین موقعیت و جنس زمین می‌تواند از 3 تا 12 متر بالغ گردد. میزان مقاومت اتصال زمین را بعد از نصب میلیه باید اندازه‌گیری کرد و مقدار آن را کنترل نمود.

(مقدار مقاومت تا حدود ۵۰ اهم مطلوب است)

لازم به توضیح است که نحوه و چگونگی نصب میل اتصال زمین در فصل پنجم همین پروژه به طور کامل توضیح داده شده است.

یادآوری ۱: مسیر سیم اتصال زمین باید مشخص باشد و سیم اتصال زمین قابل رویت و کنترل باشد.

یادآوری ۲: سیم اتصال زمین را نباید مستقیماً در داخل بتون و غیره بدون حفاظ نصب کرد.

توجه:

♦ برای نظارت در کار ساختمان پست ترانسفورماتور بایستی به موقع واحد نظارت فنی شرکت را مطلع کرد. در صورتیکه بدون اطلاع قبلی اقدام به ساخت پست شود، مسئولیت هر نوع نقص فنی به عهده سازنده پست خواهد بود.

♦ دیوارهای داخلی پست و کانال‌های صقف در صورت بکار بردن آجر سفالی و یا آجر فشاری باید بصورت تمیز بندکشی سیمانی شود در غیر اینصورت باید آنها را اندود سیمان خاکستری کرد.

♦ به کلیه آهن آلات ضد زنگ زده شود.

♦ سیم‌کشی روشنایی داخل پست ترانسفورماتور و نصب نیتلاتور طبق نقشه ضروری است.

♦ جزئیات سقف پست ترانسفوماتور می‌بایستی طبق نقشه انجام شود.

فصل دهم

طراحی سیستم برق اضطراری

به جهت لزوم استمرار در کار دستگاهها و در نهایت فعال بودن دائم کارخانه، چه از نظر اقتصادی و چه از نظر کاهش صدمات وارده به ماشین‌آلات در هنگام قطع و وصل برق وجود یک سیستم برق اضطراری در مجتمع‌ها و کارخانجات صنعتی لازم و ضروری به نظر می رسد. این سیستم برق اضطراری باید قادر باشد تا در هنگام قطع برق شبکه بدون ایجاد وقفه در کار ماشین‌آلات توان الکتریکی مورد نیاز را برای ادامه کار دستگاهها و ماشین‌آلات الکتریکی تامین نماید. و به همین جهت می‌توان با توجه به توان مورد نیاز کل کارخانه ژنراتور مناسب برای تامین توان الکتریکی مورد نیاز کارخانه را سفارش دهیم.

یکی از مسائل حائز اهمیت در انتخاب نوع ژنراتور نحوه عملکرد آن می‌باشد. سیستم برق اضطراری نباید بصورتی باشد که پس از قطع برق شبکه و از کار افتادن ماشین‌الات و دستگاهها وارد عمل گردد چرا که این عمل موجب وارد شدن صدمات احتمالی به دستگاهها یا بطور کلی استهلاک ماشین‌آلات می‌شود. بنابراین سیستم برق اضطراری باید قادر باشد بلافاصله بعد از قطع برق شبکه در کوتاهترین زمان ممکنه برق شبکه را تامین کند به عبارت دیگر بین قطع برق شبکه و وارد شدن سیستم برق اضطراری نباید هیچگونه وقفه‌ای درکارکرد دستگاهها ایجاد شود.

مسئله دیگری که در انتخاب نوع ژنراتور موثر است، نوع سوخت مصرفی ژنراتور است که طبیعت باید از رایج‌ترین و ارزانترین سوخت موجود استفاده نماید.

با توجه به نکات فوق و توان مصرفی محاسبه شده برای کارخانه و همچنین با مراجعه به کاتالوگ‌های کارخانجات سازنده دیزل ژنراتور ، نوع و مشخصات الکتریکی و مکانیکی دیزل ژنراتور پیشنهادی به شرح زیر است:

الف- موتور دیزلی :

دارای 16 سیلندر چهار زمانه ،تعداد دور در دقیقه 1500 rmp ، سیستم انژکتور، مکانیکی،پمپ روغن جداگانه، سیستم خنک کننده اتوماتیک (خودکار) ، مجهز به خنک کننده‌های آبی، روغنی و هوا، دستگاههای اندازه‌گیری و نشان دهنده وضعیت هوا، آب، روغن موتور دیزل ژنراتور از نظر درجه حرارت، سیستم خنک کننده آبی مجهز به دور رادیاتور یکی به ظرفیت 250 گالن و دیگری به ظرفیت 500 گالن، سیستم خنک کننده رادیاتوری اول با هوای آزاد (دور از محل نصب ژنراتور) نصب می‌گردد و سیستم خنک کننده رادیاتوری دوم توسط یک فن الکتریکی مجهز به الکتروموتور با توان 15 KW در نزدیکی ژنراتور نصب می‌گردد.

روغن موتور موجود در ژنراتور توسط یک پمپ روغن به گردش در می‌آید. جهت آماده سازی ژنراتور برای شروع به کار احتمالی در هر زمان باید

توسط یک گرم‌کننده الکتریکی مخصوص همیشه سر سیلندر موتور دیزل همواره گرم باشد.

ب – مشخصات الکتریکی ژنراتور

ژنراتور سه فاز، 50 هرتز ، 230 و 400 ولت ، چهار سیمه، کوپل شده با موتور دیزل، ژنراتور به همراه موتور دیزل بر روی یک شاسی واحد نصب می‌گردند، زاویه فاز ایجاد شده تحت بار نامی 0.8 می‌باشد.

ج- تابلو کنترل ژنراتور

شامل کلیدهای اتوماتیک اصلی که با رله‌های حفاظتی حفاظت شده‌اند. رله‌های حفاظتی عبارتند از رله‌های حرارتی ، مغناطیسی قابل تنظیم و رله‌های حفاظتی جهت سیم‌پیچ‌های ژنراتور همچنین تابلوی کنترل دارای دستگاه نشان دهنده دیجیتالی کار ژنراتور و شبکه به صورت اتوماتیک و خودکار است. دستگاههای اندازه‌گیری شامل ولتمترهایی برای اندازه‌گیری ولتاژ شبکه و ولتاژ تولیدی ژنراتور می‌باشند و همچنین دستگاههای اندازه‌گیری دیگر مانند آمپرمترها، کسینوس فی متر، فرکانس متر می‌باشد. مقادیر درجه حرارت، فشار روغن، درجه سطح روغن، توسط یک نمایانگر دیجیتالی در تابلوی کنترل نشان داده می‌شود.

د – توان خروجی الکتریکی ژنراتور 1600 کیلو وات با زاویه باز 0.8 می‌باشد. با توجه به توان مصرفی کل کارخانه که در فصل چهارم محاسبه شده

است . (P = 1256 kw) و همچنین با توجه به مشخصات مکانیکی و الکتریکی، ژنراتور مورد نظر خود را سفارش می‌دهیم. می‌توان گفت که این دیزل ژنراتور قادر به تولید تمام توان مصرفی کارخانه می‌باشد. بنابراین نیازی به طرح سیم‌کشی جدید جهت سیستم برق اضطراری برای قسمت‌های مختلف کارخانه مشاهده نمی‌شود. نقشه صفحه بعد نشان دهنده نوع سیستم و نحوه عملکرد آن در هنگام قطع برق شبکه و جایگزین کردن سیستم برق اضطراری را نشان می‌دهد.

اطلاعاتی کلی و عمومی در مورد سیستم برق اضطراری

کاربرد برق اضطراری و قوانین حاکم بر آن.

در موارد مواردی مانند موردهای زیر داشتن یک سیستم برق اضطراری ضروری به نظر می‌رسد.

الف- ساختمانهایی که بیش از چهار طبقه باشند و مجهز به آسانسور

ب – ساختمان عمومی که نوع فعالیت آنها به نحوی است که قطع برق ممکن است خطر یا خسارتهای جبران‌ناپذیری بوجود بیاورد.

ساختمان‌های عمومی دارای شرایط الف:

ج- بیمارستانها و مراکز بهداشتی، با توجه به نوع فعالیت آنها

د- سردخانه‌های بزرگ

ه – مراکز صنعتی که قطع برق برای مدت طولانی ممکن است موجب خسارت‌های جبران ناپذیری شود.

و – هر نوع ساختمانی که به تشخیص مقامات ذیصلاح باید دارای نیروگاه اضطراری باشد.

برآورد نیروی برق اضطراری لازم باید با توجه به مصارف ضروری جریانهای راه‌اندازی و دیگر ملاحظات فنی مربوط به عمل آید. با توجه به مکان‌ها، مجموعه‌ها یا مراکزی که به نیروی برق اضطراری احتیاج دارند ممکن است از یک یا چند مولد استفاده شود. راه‌اندازی واحدها با برق اضطراری ممکن است دستی، خودکار، راه‌انداری با وقفه، راه‌اندازی بی‌وقفه باشند. در انتخاب محل و ظرفیت و عوامل موثر در تولید برق اضطراری باید به نکات زیر توجه کرد.

الف– نیروگاه باید در محلی ساخته و نصب شود که از نظر لرزش، سر و صدا و دود هیچ نوع اثر سوئی بر فعالیت‌های در حال انجام در محل نصب و اطراف خود را نداشته باشد.

ب – حمل و نقل و نصب و بهره‌برداری از واحدها باید بدون اشکال انجام‌پذیر باشد.

ج– فوندانسیون واحدها مستقل از پی ساختمان می‌باشد واین فوندانسیون مجهز به لرزه‌گیرهایی مناسب در محل استقرار می‌باشد تا آسیبی به پی‌های ساختمان وارد نشود.

د – صدا خفه کن (اگزوز) موتور دیزل با توجه به محل و مکان نصب انتخاب می‌شود. بعنوان مثال، برای ساختمان‌ها یا محله‌های مسکونی از صدا خفه‌کن مخصوص مناطق مسکونی استفاده می‌شود.

ه- دودکش یا دودکشی‌های نیروگاه باید از لبه بام بلندترین ساختمان موجود در محل استقرار بلندتر باشد و در نقطه خروجی دود (در انتهای دودکش) یک مخروط فرصتی با محور قائم که در راس آن در این نقطه و قاعده آن در جهت بالا و زاویه راس آن ۹۰ درجه است قرار می‌دهند این عمل را انجام می‌دهند تا در فاصله افقی 50 متر هیچ ساختمان مسکونی ، اداری یا عمومی را قطع نکند، و در غیر اینصورت ارتفاع دودکش‌ها را تا حصول شرط فوق باید در نظر گرفت.

و- مخزن سوخت باید طبق مقررات و ضوابط شرکت نفت و با حجم کافی پیش‌بینی شود. در انتخاب قرارگیری مخزن سوخت لازم است به راههای ارتباطی بین تانکر سوخت رسانی به نیروگاهها توجه مخصوص شود.

ز- جرثقیل مخصوص سرویس‌دهی ، مناسب با نوع نیروگاه پیش‌بینی و نصب گردد.

موتور دیزل

مشخصات موتور دیزل باید بر طبق استاندارد BS 649 یا استاندارد DEMA برای موتورهای سوخت گازی باشد.

موتـور دیـزل بایـد از نـوع زمینـی (Stationary) چهـار سـیلندر یـا بیشـتر باشـد و نـوع آن هـم بایـد یکـی از انـواع V یـا در یـک ردیـف بـا سـوخت‌رسـانی از نـوع انژکتوری مستقیم و مجهز به گاورنر هیدرولیکی مکانیکی باشد.

موتور باید قادر به کار کردن در مشخصات زیر باشد.

الـف- موتـور بایـد بتوانـد اضـافه بـازده درصـد را بـرای یـک سـاعت در هـر 12 ساعت کار تحمل کند.

ب – ارتفاع

ج- درجه حرارت محیط

د- رطوبت نسبی

ه- حداکثر سرعت و دور موتور 1500 دور در دقیقه است.

و- متوسط فشار موثر

۱- در حالت طبیعی 85 Psi

۲- در حالت سوپر شارژ 135 – 160 Psi

سیسـتم اسـتارت موتـور مولـدهای بـرق دائمـی و کلیـه مولـدهای بـرق اضـطراری باید مستقیماً از طریق باطری باشند.

موتـور بایـد مجهـز بـه سیسـتم اسـتارت الکتریکـی بـا ولتـاژ 24 ولـت بـا ظرفیـت کـافی بـوده و چـرخ طیـار بایـد در هـر مـوقعی بتوانـد موتـور را روشـن کنـد. بـرای روشـن کـردن موتـور نبایـد احتیـاجی بـه تنظـیم چـرخ طیـار و یـا هـر وسـیله دیگـری

باشد. یک دستگاه شارژ کننده باطری اتوماتیک بصورت واحد جداگانه و مستقل باید در داخل تابلوی کنترل نصب شود بطوریکه این شارژ کننده با برق 220 ولت شارژ باطریها و دستگاهها را در موقع خاموش بودن بعهده بگیرد و همواره باطری‌ها را در حالت شارژ باقی نگهدارد. موتورهاییکه برای تحمل بارهای سنگین واحدها بطور دائمی در نظر گرفته می‌شوند ممکن است بجای سیستم استارت الکتریکی از سیستم هوای فشرده استفاده می‌شود.

تابلوی وسایل اندازه‌گیری مقادیر مختلف موتور باید در کنار موتور دیزل بر روی یک پایه یا به روی شاسی موتور دیزل نصب می‌شود.

صفحه پشت تابلو باید قابل برداشتن باشد تا دسترسی به وسایل داخل آن برای تعمیرات و نگهداری به سهولت امکان‌پذیر باشد، کلیه وسایل سنجش لازم باید در تابلو موجود باشد. تابلو باید چنان طراحی شده باشد که ترمیناسیون سیم کشی وسایل ایمنی موتور ، ژنراتور، وسایل فرمان و سیگنال مابین موتور و تابلو از کنترل الکتریکی خوبی برخوردار باشد.

در مواردی که اتصال سیم‌ها به وسایل سنجش در تابلو به طرز مناسبی مقدور نباشد باید جعبه تقسیمی برای این منظور تعبیه شود و کلیه اتصالات در جعبه مربوطه انجام شود و سپس از جعبه تقسیم به تابلو برای کنترل آورده شود.

ژنراتور

مشخصات ژنراتورهای برقی باید بر طبق استانداردهای IEC و یا BS 1156 باشد. ژنراتور بطور مستقیم یا به انعطاف به چرخ طیار موتور کوپل شده و برای کار با موتور دیزل که در قسمت‌های قبلی شرح داده شده مناسب خواهد بود، ژنراتور سه فاز دارای مشخصات زیر خواهد بود.

خروجی اسمی	مطابق نقشه‌های تفضیلی
ضریب قدرت	0.8 تاخیر فاز
فرکانس	50 سیکل در ثانیه
ولتاژ خروجی زیر بار	380/220 ولت
حداکثر درجه حرارت محیط	50 درجه سانتیگراد
حداکثر افزایش درجه حرارت ژنراتور	40 درجه سانتیگراد
اضافه‌بار 10 درصد برای یک ساعت در هر	120 ساعت کار دستگاه
حداکثر مقدار هارمونیک	5 درصد
فاصله زمانی اتصال کوتاه	3 ثانیه

ژنراتور باید به نوع تجهیزات از جمله تحریک کننده اتوماتیک ، دستگاه ضد پارازیت امواج رادیویی، ضد رطوبت و گرد و غبار و از نوع زغالی باشد. همچنین ژنراتور باید مجهز به رگولاتور ولتاژ تمام اتوماتیک با قابلیت تنظیم ± 2.5 درصد

از حالت بدون بـار تـا بـار کامـل و همچنـین دارای رگولاتـور دسـتی بـا تنظـیم ولتـاژ ± 5 درصد در موقع لزوم با ظرفیت استارت 1.5 برابر جریان نامی خود باشد.

ایزولاسـیون روتـور بایـد از نـوع کـلاس F , B باشـد و سـیم خنثـی در ژنراتـور بایـد مسـتقیماً بـه سـیم اتصـال زمـین در تـابلوی کنتـرل متصـل شـود. تـابلو بطـور معمولی باید مجهز به وسایل زیر باشد.

الف- شمش مسی برای عبور جریان مورد نیاز

ب – کلیـد اتوماتیـک هـوایی مجهـز بـه رلـه‌هـای حرارتـی بـار اضـافی و رلـه‌هـای مغناطیسی اتصال کوتاه

ج- دسـتگاههای انـدازه‌گیـری ماننـد: ترانسـفورماتورهـای جریـان، آمپرمتـر، ولتمتـر، کیلـو وات متـر، دسـتگاه سـنجش ضـریب قـدرت و فرکـانس متـر، کلیـد سـلکتور ولتمتر و آمپرمتر و چراغ‌های سیگنال .

د- تنظیم کننده ولتاژ رئوستایی بصورت دستی و اتوماتیک .

ه- دستگاه اندازه‌گیری تحریک

و- جعبه‌های انتهایی برای کابلهای اصلی فرمان

ز- شارژ کننده باطری و آمپرمتر و در صورت لزوم سیستم اعلام خطر.

ک – سـیم‌کشـی و قـرار دادن کلیـدهایی بـرای مـوازی کـردن دسـتگاههای مولـد برق در صورت نیاز

ه- مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری.

۱- به منظور پیشگیری از شروع به کار نابهنگام مولدهای برق اضطراری بصورت اتوماتیک در مواقعی که برق شهر متصل می‌باشد باید یک سیستم حفاظتی که مانع عملکرد ترانسفورماتور سوئیچینگ در این گونه موارد شود در تابلوی کنترل پیش‌بینی کرد.

۲- موتور بایستی مجهز به گرم‌کننده‌های اتوماتیک بوده تا آب کناره سیلندرهای موتور را همواره در 60 درجه سانتیگراد گرم نگهدارد.

۳- سیستم استارت برای راه‌اندازی مولدهای برق اضطراری، بصورت خودکار می‌باشد ولی امکان راه‌اندازی دستی آن هم وجود دارد.

٤- تابلوی کنترل که شامل ترانسفورماتور سوئیچ و راه انداز اتوماتیک برای مولد برق اضطراری خواهد بود. باید در صورت روشن نشدن دستگاه مرحله استارت را سه بار تکرار و سپس بطور کلی متوقف کنیم و سیستم اعلام خطر را بکار اندازیم.

٥- سیستم استارت اتوماتیک باید در صورت قطع جریان برق اصلی عمل کرده و حداقل به میزان 90 درصد ولتاژ نامی را پس از 3 تا 15 دقیقه تاخیر زمانی (قابل تنظیم) به سیستم منتقل کند.

٦- رله کنترل ولتاژ باید پس از برگشت نیروی برق اصلی حداقل به میزان 90 درصد ولتاژ نامی یا بیشتر عمل کرده و مدار مصرف را پس از 3 تا 15 دقیقه تاخیر زمانی (قابل تنظیم) به برق اصلی (برق شهر) متصل نماید.

دیزل ژنراتور پس از انتقال بار به برق باید برای مدت 5 الی 10 دقیقه بدون بار کار کند و سپس بطور خودکار خاموش شده و برای شروع به کار مجدد در صورت قطع جریان برق اصلی آماده گردد.

منابع و ماخذ

مهندسی تاسیسات الکتریکی	دکتر حسن کلهر
مهندسی روشنایی فنی	دکتر حسن کلهر
تجهیزات نیروگاه	دکتر مسعود سلطانی
نشریه تجهیزات پست	انتشارات وزارت نیرو
استاندارد کابلها	شرکت کابل‌سازی ایکو ایران
جزوه مشخصات کارخانه	کارخانه ایران کپسول
استاندارد کلیدهای صنعتی	زیمنس