استانداردها در شبکه های توزیع برق

تعریف استاندارد :می توان گفت استاندارد حداقل شرایطی است که برای کیفیت مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات ، طراحی و آزمایش تجهیزات ومواد ساخته شده ارایه گردیده است.از طرف دیگر استانداردها شرایطی را برای هماهنگی سازندگان مختلف در تولید تجهیزات جهت سازگاری آنها با همدیگر در عملکرد فراهم می آورند.

انواع استانداردهای مورد قبول : در هر کشوری معمولا چند نوع استاندارد مورد قبول قرارمی گیرد که عبارتند از :۱ -استاندارد ملی آن کشور ۲- استاندارد سایر کشورها بخصوص کشورهای صنعتی پیشرو در زمینه ساخت تجهیزات ۳- استانداردهای بین المللی

استانداردهای موجود در زمینه های مختلف : در دنیای امروز استاندردهای مختلفی برای کار در هر زمینه تهیه وبه معرض اجرا گذاشته شده است.بعنوان مثال سازمان بین المللی استاندرادیا همان iso استانداردهای سری ایزو را در زمینه های مختلف تهیه می کند انجمن سازندگان تجهیزات ، استاندارد nema را تهیه می کند و در زمینه های تخصصی نیز انجمنهای بین المللی استانداردهای خاص آن رشته را تولید وعرضه می کنند که در زمینه برق استاندارد iec تهیه و مورد استفاده می باشد.

استانداردهای مورد استفاده در صنعت برق : در صنعت برق ایران در حال حاضر استانداردهای مختلفی مورد استفاده می باشد.که در ادامه به برخی از انها اشاره می شود :

۱- استانداردهای وزارت نیرو :این استانداردها که عمومادر سال ۱۳۷۴ توسط دفتر تحقیقات واستانداردهای وزارت نیرو تهیه شده بروز نشده ولذا برخی موارد موجود در آنها با آخرین تغییرات انجام شده در استانداردهای بین المللی انطباق ندارند.

۲- استانداردهای ملی سایر کشورها :

- **استاندارد کشور آلمان** : در آلمان دو استاندارد مورد استفاده بوده است که گفته می شود اخیرا در همدیگر ادغام شده است. این استانداردها بطور اختصار din و vde خوانده می شوند.

- **استاندارد کشور آمریکا** : در آمریکا در زمینه های مختلف ، استانداردهای متفاوتی تهیه شده است که به شرح زیر می باشند :

- استاندارد nema(national electrical manufacturer association) که مربوط به انجمن تولید کنندگان تجهیزات برقی است.

- استانداردAstm(American standard for testing & metering)

-استاندارد Ansi

- **استاندارد کشور انگلستان** : این استاندارد با نام اختصاری BS خوانده می شود.

۳- استانداردهای بین المللی : در ایران بیشتر به استاندارد IEC رجوع می شود ولی در برخی موارد از استانداردهای IEEE نیز استفاده می شود.

در ایران بسته به اینکه تکنولوژی هر کدام از تجهیزات در ابتدا توسط کدام کشور پایه گذاری شده است علاوه بر استاندارد بین المللی از استاندارد ملی سایر کشورها نیز استفاده می شود.بعنوان مثال اولین کارخانه تولید ترانسفورماتور در ایران توسط شرکت زیمنس آلمان پایه گذاری شده به همین دلیل در اغلب ملاحظات طراحی ترانسفورماتورها از استاندارد DIN استفاده می شود.

-**شماره های استانداردهای مورد استفاده در صنعت برق** : دراستانداردهای بین المللی جهت سهولت در ارجاع و شناسایی استانداردها ، هراستانداردی را با یک عددمی شناسندکه در اینجا به این مواراشاره می شود.

-استاندارد ترانسفورماتور ها : شماره IEC60076 که این استاندارد خود مشتمل بر ۱۱ قسمت می باشد و هر کدام از این قسمتها درباره یک موضوع ترانسفورماتور بحث می کند.

-استانداردکابلها :شماره IEC60502

-استاندارد خازنها :

کلیات استانداردها :

برخی مشخصات فنی درکلیه استانداردها وجود دارند .بعبارت دیگر این مشخصات فنی شامل شرایط محیطی ، مشخصات شبکه و... برای کلیه تجهیزات و شبکه ها صادق هستند وبنا به وظیفه ای که هر کدام دارند از این مشخصات استفاده می شود.

- **ولتاژ سیستم** : در شبکه های برق معمولا یک ولتاژ بنام ولتاژ نامی شناخته می شود که این ولتاژها عبارتند از : ۰,۲۳۱-۰,۴۰۰-۱۱-۲۰-۳۳-۶۳و۶۶-۱۳۲-۲۳۰-۴۰۰-۵۰۰-۷۵۰ کیلوولت . در کنار این مقادیر عدد دیگری بعنوان ولتاژ سیستم تعریف شده است که طبق استانداردها کلیه تجهیزاتی که برای استفاده در شبکه های برق ساخته می شوند می بایست این ولتاژ را بطور دائم تحمل کنند.به نظر می رسد علت تعریف ولتاژ سیستم به دلیل اعمال اضافه ولتاژبه مدت طولانی در اثر رخ دادن پدیده فرانتی در مان کم باری شبکه باشد. مقادیر این ولتاژ به شرح زیر می باشد : ۰,۶-۱۲-۲۴-۳۶-۷۲,۵

- **ارتفاع از سطح دریا** : چنانکه می دانیم با افزایش ارتفاع از سطح دریا و رقیق تر شدن هوا تعداد مولکولهای هوا کاهش یافته ودر نتیجه در سیستمهای عایقی تجهیزات برقی تغییراتی رخ خواهد داد.از طرف دیگر این موضوع در تبادل حرارت ایجاد شده در تجهیزات با محیط اطراف نیز اختلال ایجاد خواهد کرد. براین اساس برای کلیه تجهیزات برقی یک ارتفاع استاندارد از سطح دریا معادل ۱۰۰۰ مترتعریف شده ودر صورت کاربرد تجهیزات در ارتفاع های بیشتر ازاین مقدار می بایست خریدار مراتب را به فروشنده اعلام نماید. براین اساس استانداردها مناطق را به شرح زیر گروه بندی کرده اند :

گروهA : مناطقی با ارتفاع حداکثر ۱۰۰۰ متر

گروهB : مناطقی با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر وحداکثر تا ۱۵۰۰ متر

گروهc : مناطقی با ارتفاع بیش از 1500 متر وحداکثر تا2000 متر

گروهD : مناطقی با ارتفاع بیش از 2000 متر وحداکثر تا 2500 متر

-**حداکثردرجه حرارت محیط** : چنانکه می دانیم یکی از مهمترین عوارضی که موجب اختلال در کار تجهیزات برقی می شود حرارت است.این حرارت از یک طرف در اثر عبور جریان از هادیهای موجود در تجهیزات وبدلیل مقاومت آنها و از طرف دیگر گرمای محیط اطراف بوجود می آید. بنابراین برای اینکه تجهیزات بتوانند به کار عادی خود ادامه داده وآسیب نبینند می بایست این حرارت تا حد استاندارد کاهش یابد. در این رابطه استاندارد دمای محیط ۴۰ درجه سانتیگراد را بعنوان دمای نرمال تعریف کرده ومانند ارتفاع گروههایی را تعریف کرده است.

گروهA : مناطقی با حداکثر دمای ۴۰ درجه سانتیگراد

گروهB : مناطقی با دمای بیش از ۴۰ درجه وحداکثر تا ۴۵ درجه سانتیگراد

گروهc : مناطقی با دمای بیش از ۴۵ درجه وحداکثر تا ۵۰ درجه سانتیگراد

گروهD : مناطقی با دمای بیش از ۵۰درجه

- **حداقل درجه حرارت محیط** : همانطور که دمای بالا در کار تجهیزات اختلال ایجاد می کرد دمای پایین ویخبندان نیز می تواند کار عادی دستگاهها را دچار اختلال کند.در این رابطه دمای ۲۰- درجه به عنوان دمای نرمال تعریف شده و سایر موارد طبق شرایط زیر گروه بندی شده اند :

گروهA : مناطقی با حداقل دمای ۲۰- درجه سانتیگراد

گروهB : مناطقی با دمای کمتر از ۲۰- درجه و تا مقدار حداقل ۳۰- درجه سانتیگراد

گروهc : مناطقی با دمای کمتر از ۳۰- درجه سانتیگراد

-**سرعت باد** : سرعت بادهای کوتا مدت با احتمال بروز ۲ درصد ودر ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین وبرای دوره زمانی ۵ ثانیه از نظر نیروهای مکانیکی وارده به تجهیزات وسازه هادر نظر گرفته می شود.طبق بررسیهای سازمان هواشناسی این مقدار برای اغلب نقاط کشور۴۰ متر بر ثانیه ودر مناطق ساحلی جنوبی ۴۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. گروه بندی این مورد به شرح زیر می باشد :

گروهA : سرعتهای کمتر از ۳۰ متر بر ثانیه

گروهB : سرعتهای بین ۳۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه

گروهC : سرعت بیش از ۴۰ متر بر ثانیه

-**رطوبت نسبی** : این پارامتر نیز با توجه به تاثیر آن بر شرایط عایقی ونیز پوشش تجهیزات مهم می باشد. هر چند امروزه اکثر تجهیزات برای کار در شرایط رطوبت حداکثری تولید می شوند.استاندارد این شرایط حداکثری را ۹۶ درصد اعلام کرده است.

-**تاثیر زلزله یا ضریب شتاب ثقل** : این پارامتر از نظر تاثیر آن بر سازه های ساختمانی ومیزان استقامت آنها در برابر نیروهای قابل تحمل تجهیز بهنگام بروز زلزله می باشد و با ضریبی از شتاب ثقل بیان می شود. مقدار آن در استاندارد ها معمولا ۰,۳ تا ۰,۵ بیان می شود.

- **سطوح آلودگی** : یکی از موارد دیگری که در طراحی تجهیزات موثر است سطح آلودگی محیطی است که قرار است تجهیزات در آنجا نصب شوند. این مورد نیز به نوعی هم در سطح عاطقی و هم در نوع پوشش تجهیزات(رنگ وگالوانیزه) تاثیر دارد. استاندارد مناطق مختلف را به شرح زیر تقسیم بندی کرده است:

-**مناطق با آلودگی سبک** : ناحیه هایی بدون کارخانه وبا تراکم کمی از خانه های مسکونی – ناحیه هایی با تراکم کمی از کارخانه های صنعتی وخانه وبا وزش باد وبارندگی دائمی - ناحیه های کشاورزی – نواحی کوهستانی

تمام این نواحی باید حداقل۱۰ الی ۲۰ کیلومتر از ساحل دریا دور بوده و وزش باد مستقیم از طرف دریا نداشته باشند.

-**مناطق با آلودگی متوسط** : ناحیه هایی با کارخانه هایی که دارای دود آلوده کننده مخصوصی نیستند ویا ناحیه هایی با تراکم متوسطی از خانه هایی که دارای لوازم گرمازا هستند.- ناحیه هایی با تراکم زیاد خانه ها یا تراکم کارخانه که دارای وزش مداوم باد وبارش مداوم باران هستند.- ناحیه هایی که در معرض مستقیم باد از سمت دریا قراردارند ولی حداقل چندین کیلومتر با ساحل دریا فاصله دارند.

- **مناطق با آلودگی سنگین** : ناحیه هایی با تراکم زیاد کارخانه یا شهرهای بزرگی که دارای حومه بوده ود ان از منابع گرمایی آلوده کننده هوا استفاد می شود.- نواحی نزدیک به دریا که در تمام شرایط در معرض بادهای نسبتا شدید از طرف دریا می باشند.

- **مناطق با آلودگی فوق سنگین** : نواحی که دارای گرد وغبارهای محلی بوده ودر آن کارخانه های مولد دودهای آلوده کننده همراه با ذرات معلق ریز می باشند.- ناحیه هایی با وسعت محدود که خیلی به دریا نزدیک می باشند ودر معرض قطرات ریز آب دریا یا بادهای آلوده خیلی قوی از طرف دریا می باشند.- نواحی خشک و بدون باران و در معرض بادهای شنی

-**مناطق با آلودگی ویژه** : با توجه به بررسی شرایط برخی مناطق را نمی توان در زمره تعریفهای فوق قرارداد. این مناطق نظیر سواحل جنوب ایران که در آن علاوه بر برخی موارد فوق رطوبت همراه با نمک و گرمای زیاد می باشد بعنوان مناطق ویژه تعریف شده اند

- **ضخامت یخ** :

آزمایشات استاندارد تجهیزات : معمولا هر دستگاهی که ساخته می شود می بایست برای هدفی که جهت انجام آن ساخته شده مورد آزمایش قرارگیرد این آزمایشات می بایست از مواد اولیه مورد استفاده در ساخت آن دستگاه شروع شدهو در هنگام اتمام مونتاژ دستگاه نیز انجام شود .در این رابطه در تمام استانداردها عناوینی جهت آزمایشات وجود دارد که به شرح زیر می باشند :

- **آزمایشات نوعی**(TYPE TEST) : مهمترین آزمایشات مربوط به هر دستگاهی آزمایشهای نوعی آن است .این مجموعه آزمایشات بر روی نمونه اولیه هر دستگاهی که پس از طراحی ساخته شده انجام می گیرد ومعمولا آزمایشات مخرب می باشند. بعبارت دیگر آزمایشاتی که در این دسته قرارمی گیرند به گونه ای طراحی شده اند که ممکن است به تخریب واز بین رفتن دستگاه منجر شود ولی می بایست شرایط ذکر شده در استاندارد را داشته باشند. بعنوان مثال آزمایش ولتاژ ضربه

که برای سطح ۲۰ کیلوولت به میزان ۱۲۵ کیلوولت تعریف شده است.به عبارتی دیگر می توان گفت این آزمایشات مواردی هستند که در بدترین شرایط ممکن است برای دستگاه اتفاق افتد که البته گاهی ممکن است در طول عمر یکدستگاه اتفاق نیفتاده یا خیلی کم اتفاق بیفتد.

- **آزمایشات جاری** : این آزمایشات مربوط به کار عادی دستگاه می باشد به عبارت بهتر شرایطی است که ممکن است در طول عمر یکدستگاه بارها برای آن اتفاق افتد ودستگاه می بایست در این موارد آسیب نبیند. این مجموعه آزمایشات برای تمام تجهیزات تولیدی انجام شده واز طرف کارخانه سازنده یک گواهی جهت تایید انجام این آزمایشات بازای هر دستگاه تولیدی صادر ودر اختیار خریدار قرارمی گیرد.
- **آزمایشات ویژه یا نمونه ای** : این آزمایشات با توافق خریدار و فروشنده و بهنگام تحویل دستگاه از سوی فروشنده به خریدار وبصورت تصادفی برای تعداد منتخبی از دستگاهها انجام می شود. انتخاب تعداد دستگاه و نیز تعداد انتخابی بر اساس استانداردهای MILSTD آمریکا انجام می شود و چنانچه درصد تعریف شده ای از تجهیزات انتخابی در آزمایشات رد شوند کل محموله توسط خریدار رد می شود.

کابلها:

برای برقرسانی به نقاط مختلف از سیمها وکابلها استفاده می شود.چنانکه می دانیم بدلیل هزینه های کمتر، عیب یابی آسانتر ونیز سرویس و تعمیر راحتتر، بیشتر شبکه های برق بصورت هوایی احداث می شوند ولی در برخی موارد بدلیل عدم امکان نصب شبکه های هوایی نظیر مراکز شهر های بزرگ جهت افزایش قابلیت اطمینان ، حفظ زیبایی ونیز رعایت حریم از شبکه های زمینی استفاده می گردد.کابلها که بعنوان هادی در شبکه های زمینی مورد استفاده قرارمی گیرند درواقع سیمهای مسی عایقدار هستند که با استفاده از مواد مختلف عایقبندی شده اند.

- انواع کابلها :

درحال حاضر فقط از کابلهای خشک یا ریکم استفاده می شود ولی در گذشته کابلهای روغنی نیز جهت احداث شبکه های توزیع برق مورد استفاده قرارگرفته اند.یکی از دلایلی که استفاده از این نوع کابل منسوخ شده مشکلات آلودگی زیست محیطی ناشی از نشت روغن ونیز مشکلات بهره برداری وسرویس ونگهداری این نوع کابلها می باشد.

- ساختمان کابل :

کابلها از سه قسمت اصلی تشکیل شده اند که عبارتند از : هادی ، عایق و بخش حفاظت خارجی(بخش حفاظت خارجی ممکن است از چندین قسمت تشکیل شده باشد). قسمت اصلی کابل که همان هادی آن می باشدوظیفه هدایت جریان را بعهده داشته و از مس یا در برخی موارد آلومینیم ساخته شده است .البته درحال حاضر تقریبا تمامی کابلهایی که مورد استفاده قرارمی گیرند با هادی مسی می باشند واین به دلیل قابلیت هدایت بیشتر، پایداری بهتر دربرابر رطوبت وعوامل جوی ، استحکام مکانیکی بیشتر وشکل پذیری بهتر مس نسبت به آلومینیم است .پس از سیم یک لایه عایقی روی هادی کابل پیچیده می شود که هادیهای کابل را از همدیگر ونیز محیط اطراف جدا می سازد.تعداد زیادی از کابلها نظیر کابلهای فشار ضعیف ، مخابرات و... فقط دارای همین دو جزء می باشندولی با افزایش ولتاژ ساختمان کابلها نیز پیچیده تر می شود.بخش حفاظت خارجی کابل را در مقابل صدمات مکانیکی ، شیمیایی و...حفظ می کند.

مشخصات کابلهای فشار متوسط :

-مواد عایقی مورد استفاده در تولید کابلها :

۱- PVC برای کابلهای با ولتاژ نامی حداکثر تا ۳ کیلوولت

۲- PE یا پلی اتیلن

۳-XLPE یا پلی تیلن کراس لینک شده

- حداکثر دمای کارکرد عادی مواد عایقی :

۱- PVC : در کارکرد عادی حداکثر تا ۷۰ درجه سانتیگراد وبرای کارکرد در اتصال کوتاه با طول زمانی حداکثر ۵ ثانیه ۱۶۰درجه

۲- PE : کارکرد عادی حداکثر تا ۷۰ درجه سانتیگراد وبرای کارکرد در اتصال کوتاه با طول زمانی حداکثر ۵ ثانیه ۱۳۰درجه

۳-XLPE : کارکرد عادی حداکثر تا ۹۰ درجه سانتیگراد وبرای کارکرد در اتصال کوتاه با طول زمانی حداکثر ۵ ثانیه ۲۵۰درجه

البته به هنگام بهره برداری از کابل می بایست موارد دیگری به شرح زیر نیز در نظر گرفته شود :

- دمای محیطی که کابل در آن مورد استفاده قرارمی گیرد .

- کاهش رطوبت خاک اطراف کابل و درنتیجه افزایش مقاومت ویژه حرارتی خاک نسبت به مقدار ان در زمان نصب

- کاهش ضخامت عایق کابل در اثر تغییر حالت آن در اثر نیروهای مکانیکی و گرمایی ناشی از اتصال کوتاه

- در صورت غلاف دار بودن کابل ، خصوصیات حرارتی غلاف کابل

مقادیر دمای قابل تحمل غلافها در استاندارد آمده است.

- مقادیر ولتاژ نامی :

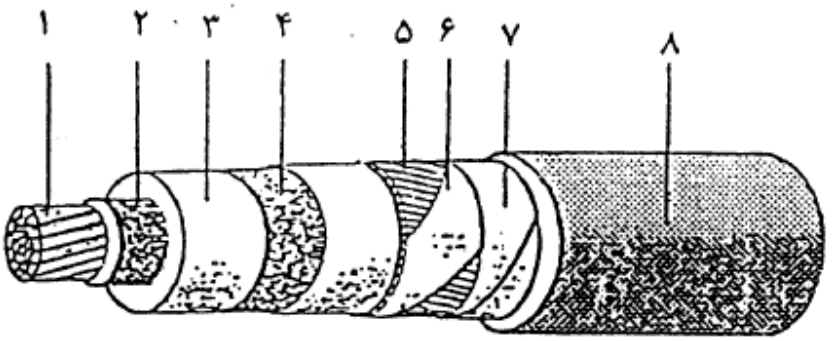
U_0 :ولتاژ نامی بین هادی وزمین یا پوشش فلزی الکترواستاتیکی .مقدار این ولتاژ در سطح توزیع برابر ۶,۳۵ ، ۱۲ و ۱۹ کیلوولت می باشد.

U : ولتاژ نامی با فرکانس صنعتی بین هادیهای فاز می باشد. که مقادیر ۱۱ ، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت در بخش توزیع می باشد.

U_m : حداکثر ولتاژ یا همان ولتاژ سیستم می باشد.

-شکل کابل فشار متوسط :

شکل یک کابل فشار متوسط بطور کلی مطابق زیر است:



۱- هادی چندمفتولی
۲- پوشش الکترواستاتیکی روی هادی
۳- عایق
۴- پوشش الکترواستاتیکی روی عایق
۵- پوشش الکترواستاتیکی فلزی
۶- نوار مسی (بصورت مارپیچی)
۷- زره
۸- غلاف خارجی

شکل (۱) لایه‌های مختلف کابل فشار متوسط

۱-هادی چند مفتولی : هادیهای مورد استفاده در شبکه های برق بصورت چند مفتولی ساخته می شوند که دلیل آن قالیت انعطاف آن در برابر خم شدن ونیروهای مکانیکی می باشد.براساس سطح مقطع هادی تعداد این مفتولها ونیز سطح مقطع هر مفتول متفاوت می باشد.

۲-پوشش الکترواستاتیکی روی هادی : پوششی از جنس نیمه هادی که روی مفتولهای به هم تابیده کشیده می شود تا با یکنواخت کردن سطح هادی ومیدان روی آن از تخلیه جزیی بین فواصل احتمالی عایق وهادی جلوگیری کند.

۳- عایق کابل:

کاغذ آغشته به روغن یکی از معمولترین عایقهایی است که در کابلهای قدیمی تر مورد استفاده قرارگرفته است.استقامت عایقی کاغذ خشک مورد استفاده در کابلها ۷۰ kv/cm می باشد که پس از آغشته سازی این میزان به ۶۰۰ kv/cm افزایش می یابد. .روغن مورد استفاده در کابلها وسایر تجهیزات سبب آلودگی محیط زیست ودربرخی موارد آتش سوزی می گردد ، به همین دلیل سعی شده است از عایقهای دیگری استفاده شود.امروزه تقریبا در کلیه کارخانجات کابلسازی از عایقهای مصنوعی استفاده می شود .از عایقهای

مصنوعی مورد استفاده درکابلها می توان به ترکیبات برمبنای پلی وینیل کلراید (PVC) ، ترکیبات برمبنای ترموپلاستیک پلی تین (PE) ، ترکیبات برمبنای اتیلین پروپیلین لاستیک یا مشابه (EPR) و ترکیبات برمبنای پلی تین کراس لینک (XLPE) اشاره کرد که با توجه به مشخصات متفاوت این مواد می توان از هرکدام برای ساخت کابلهای با محیط کارکرد مختلف از نظر حداکثر دما ، میزان تحمل عایقی و...استفاده کرد.جدول زیر مشخصات حرارتی ونیز ضخامت هرکدام برحسب میزان ولتاژ کابل را نشان می دهد:

نوع عایق	حداکثر دمای نامی هادی		صخامت عایق برای سطح مقطع هادی ۵۰تا۳۰۰میلیمتر مربع (mm)		
	کارکردعادی	اتصال کوتاه(تداوم ۵ ثانیه)	11KV	20KV	33KV
PVC	۷۰	۱۶۰	۴	-	-
PE	۷۰	۱۳۰	۳,۴	۵,۵	۸
XLPE	۹۰	۲۵۰	۳,۴	۵,۵	۸

دررابطه با دماهایی که در جدول فوق به آنها اشاره شده می بایست به این نکته توجه کرد که درزمان نصب کابل دمای محل نصب آن ونوع خاک قرارگرفته روی کابل ومیزان رطوبت آن را بعنوان پارامترهای موثر دردمای کابل منظور کرد.

۴- پوشش الکترواستاتیکی عایق : پوششی از جنس نیمه هادی که روی عایق هر رشته کشیده می شود .این لایه میدان الکتریکی رشته ها را محدودکرده واز تخلیه جزیی ونشت جریان بین رشته ها وسایر لایه ها ی دیگر جلوگیری می کند.

۵-پوشش الکترواستاتیکی فلزی : این پوشش از تعدادی نوار یا لایه هم مرکز از مفتولها یا ترکیبی از مفتولها ونوار تشکیل شده است که وظیفه زمین کردن جریانهای نشتی ایجاد شده در محیط را دارد.

- **غلاف حفاظتی** :برای حفاظت کابلهای در مقابل رطوبت وخوردگی از غلافهای ترموپلاستیک مانندpvc ، xlpe ویا غلافهای فلزی مانند غلافهای آلومینیمی وسربی استفاده می شود.غلافهای pvcقابلیت تحمل درجه حرارت زیاد وحتی شعله را دارابوده ودرمقابل تمام ترکیبات شیمیایی خاک مقاوم می باشند.

غلاف سربی : غلاف سربی بیشتر در کابلهای با عایق کاغذی استفاده می شود وکار اصلی غلاف فلزی در این حالت حفاظت کاغذ دربرابر رطوبت است.

غلاف آلومینیمی : غلاف آلومینیمی بخاطر سبکی ومقاومت دربرابر رطوبت مورد استفاده قرارمی گیرد .ضمن اینکه بخاطر هدایت بالای آلومینیم از غلاف در بعضی مواقع بعنوان هادی نول استفاده می شود.

- **زره کابل** : زره کابل ، آن را در مقابل نیروهای مکانیکی حفاظت می کند.کابلهای با عایق کاغذی با غلاف سربی معمولا بوسیله نوارهای فولادی زره بندی می شوند.در صورتی که کابلهای با عایق XLPEودراری شبکه مسی ونیز کابلهای فشار ضعیف با عایق PVC و XLPE با غلاف آلومینیمی اگر درمعرض تنشهای کششی نباشند نیاز به زره ندارند

کابلهایی که در معرض تنشهای مکانیکی بیشتر هستند باید با سیمهای فولادی گالوانیز زره بندی شوند.

- **شبکه بندی الکتریکی کابل** :برای کابلهای با ولتاژ بیش از ۰,۶ کیلوولت وبمنظور تنظیم میدانهای الکتریکی ومحدودکردن آن ، هدایت جریانهای شارژی وتخلیه ای وحفاظت درمقابل تماس دست ، شبکه بندی الکتریکی انجام می شود.

- **انواع کابلهای الکتریکی** :

کابلهای الکتریکی از نظر عایق ، هادی ، تعداد رشته ، سطح ولتاژ مورد استفاده ویا محل مورد استفاده متفاوتند.دراین قسمت انواع کابلها را توضیح خواهیم داد.

۱- کابلهای با عایق کاغذی : عایق این نوع کابلها کاغذ مخصوصی است که به دور هادی پیچیده می شود.جهت بالا بردن استقامت عایقی کاغذ، آن را آغشته به روغن می کنند که دراین حالت استقامت الکتریکی آن از ۶۰ کیلوولت برسانتیمتر به ۶۰۰ کیلوولت برسانتیمتر افزایش می یابد.ضمن اینکه جهت چسبندگی بیشتر روغن وجلوگیری از نشت آن به روغن رزین اضافه می شود.برحسب میزان فشار روغن این کابلها دونوع می باشند

۱- کابلهای با فشار کم روغن ۲- کابل روغنی بافشار زیاد.

در کابل روغنی با فشار کم کاغذ با روغن رقیق آغشته شده که در موقع گرم شدن کابل ، روغن اضافی از راه مجرای طولی وارد ظرف انبساط که درانتهای کابل قراردارد جمع می شود.

در کابل روغنی بافشار زیاد ، هریک از رشته سیمها با کاغذ آغشته به روغن غلیظ مانند کابل کم روغن عایق وباند پیچی می شود .

- **غلاف سربی یا آلومینیمی** :با توجه به اینکه کاغذ جاذب رطوبت است ، از یک غلاف سربی یا آلومینیمی جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت استفاده می شود.

- **نوارهای پارچه ای قبل از زره بندی** : در صورتی که زره فلزی مستقیما روی غلاف سربی استفاده شود احتمال زخم شدن کابل بخصوص درنقاط انحنای کابل هنگام کابل کشی وجود دارد لذا قبل از زره بندی از یک نوار پارچه ای روی غلاف سربی استفاده می شود.عمل زره بندی ممکن است شامل دولایه نوارهای مسی باشد.

- **مشکل کابلهای با عایق کاغذی** : بدلیل سخت بودن غلافهای سربی ، وقتی کابل تحت باراست عایق بندی وغلاف سربی منبسط می گردد.اما وقتی کابل سرد می شود غلاف به ابعاد اصلی خود برنمی گردد.بنابراین پس از سالها گرم وسرد شدن ، بین لایه های کاغذ فضاهای خالی (خلل وفرج)بوجود می آید

که ممکن است گازموجوددراین فضاهای خالی یونیزه شده وباعث تخلیه موضعی گردد که ادامه این روند سرانجام به بروز اتصالی در کابل می گردد.

- راه های حل این مشکل :

- استفاده از نوار مسی جهت کاهش سختی غلاف سربی

- پر کردن کابل با روغن جهت جلوگیری از احتمال ایجاد فضاهای یادشده وخنک کردن کابل

۲- کابلهای با عایق PVC: بدلایلی که در قسمت قبل ذکرشد ونیز حجیم بودن کابلهای با عایق کاغذی وجذب رطوبت توسط کاغذ استفاده از کابلهای با عایق پلی وینیل کلراید معمول شده است.مزایای این کابلها نسبت به کابلهای با عایق کاغذی به شرح زیر است :

- سبکتر ، حمل آن آسانتر بوده وشکل ظاهری بهتری دارند.

- PVC در مقابل روبت مقاوم بوده ونیاز به حفاظت در مقابل رطوبت ندارد.

- مقاومت مکانیکی بیشتری نسبت به کاغذ دارد.

- PVCدرمقابل آش مقاوم است.

معایب کابلهای PVC نسبت به کاغذی :

- درجه حرارت بهره برداری آن پایینتراست.درکابلهای PVC این درجه حرارت ۷۰ وبرای کابلهای کاغذی ۸۰ درجه می باشد.

۳- کابلهای با عایق کراس لینک (XLPE):این نوع عایق همان PVC است که با تغییرات شیمیایی اتصالات بین مولوکولها مستکم شده وبرخی مشخصات آن از جمله درجه حرارت کار هادی تا ۹۰ درجه بالا برده شده است.

۴- کابلهای خودنگهدار هوایی :مشخصات این نوع کابلها به شرح زیر می باشد

- هادی از جنس آلومینیم است.(بدلیل سبکتر بودن آن)

- استقامت کششی آن باید بالاتر از n/mm ۹۰ باشد.

- عایق کابل از جنس پلی اتیلن مخصوص با تراکم زیاد وسیاه رنگ مقاوم دربرابر عوامل جوی می باشد.

- این نوع کابل با مشخصات ذکرشده وبه صورت سه کابل تک رشته ای پیچیده شده روی یک سیم حامل یا نگهدارنده ساخته می شود.نگهدارنده تنها کابلها را نگهداشته وجریانی از آن عبور نمی کند.

= عایق کابل : عایق کابل در اینجا از جنس پلی اتیلن کراس لینک شده مقاوم در برابر اشعه ماوراء بنفش وشرایط محیطی می باشد.

-نگهدارنده کابل : باید از سیم فولادی باشد.

از کابلهای خودنگهداردرمکانهایی که مشکل حریم وجود داشته باشد استفاده می گردد.

۱۰-یراق آلات مورد استفاده در اجرای شبکه با کابل خودنگهدار :

۱-۱-۱۰- کلمپ آویز فشار متوسط :

این یراق جهت اتصال کابل به تیرهای عبوری مورد استفاده قرارمی گیرد.خصوصیت این یراق به شرح زیر است :

- مختص کابلهای روکش دار بوده و مقاومت بالایی در مقابل پارگی ، شکست مکانیکی وهمچنین شوک مکانیکی دارد.

-بدنه آن از آلیاژ آلومینیم با تراکم مولکولی بالا می باشد.

-قطعات فلزی از جنس فولاد با گالوانیزه گرم بوده ودر مقابل خوردگی و شرایط محیی پایدار می باشد

-دارای دو تسمه از جنس آلومینیم با روکش pvc جهت مهار شکم کابل می باشد.

شکل ۲۱ نمای یک کلمپ آویز فشار متوسط وشکل ۲۲نمای کلمپ در شبکه اجرا شده را نشان می دهد.

شکل۲۱ : نمای کلمپ آویز فشار متوسط برای کابل خودنگهدار

شکل۲۲ : نمای کلمپ آویز فشار متوسط کابل خودنگهدار در شبکه

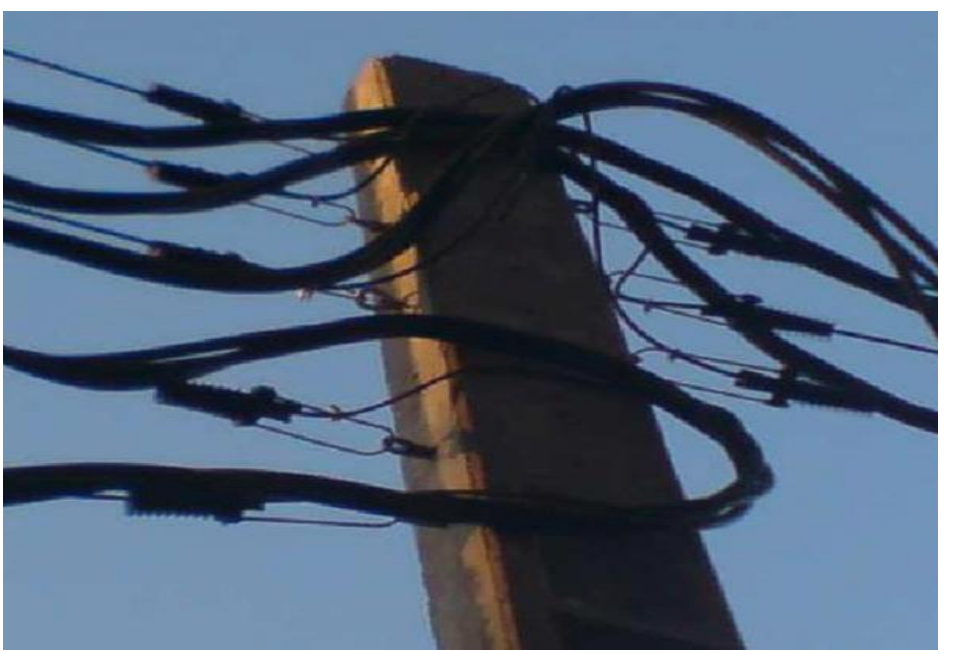
۲-۱-۱۰-کلمپ آویز فشار ضعیف : این یراق جهت آویزان کردن کابل به تیر مورد استفاده قرارمی گیرد.مشخصات این نوع نیز شابه نوع فشار متوسط می باشد.شکل۲۳ نمای یک کلمپ آویز فشار ضعیف را نشان می دهد.

شکل۲۳ : نمای یک کلمپ آویز فشار ضعیف

شکل ۲۴ : نمای یک کلمپ فشار ضعیف در شبکه اجرا شده

۳-۱-۱۰-کلمپ انتهایی فشار متوسط :این یراق جهت استفاده در انتهای شبکه های فشار متوسط ویا عبور کابل از زوایای کمتر از ۹۰ درجه کاربرد دارد.این یراق مختص کابلهای روکشدار می باشد.بدنه این یراق از پلی آمیدهای الیاف دار و بسیار مقاوم در قابل اشعه uv یا ماوراء بنفش بوده ودر شرایط مختلف آب و هوایی بسیار مقاوم است. اتصال این یراق به کابل به صورت گوه ای بوده و به پیچ ومهره نیازی ندارد.شکلهای ۲۵ و ۲۶ نمای این کلمپ را به تنهایی ودر شبکه اجرا شده نشان می دهد.

شکل۲۵ : نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط



شکل۲۶: نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط

۴-۱-۱۰-کلمپ انتهایی فشار ضعیف :این نوع کلمپ برای استفاده در انتهای شبکه های فشار ضعیف و یا عبور کابل از زوایای کمتر از ۹۰ درجه کاربرد دارد.خصوصیات آن مشابه نوع فشار متوسط آن می باشد.شکلهای ۲۷ و ۲۸ نمای این نوع کلمپ را نشان می دهد.

شکل ۲۷ : نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار ضعیف

شکل ۲۸ : نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار ضعیف

۵-۱-۱۰-کلمپ ارتباط کابل به کابل خودنگهدار(بی متال):ازاین یراق برای اخذ انشعاب وایجادخطوط فرعی استفاده می شود.خصوصیات آن به شرح زیر می باشد :

-مختص کابلهای روکش داربوده وبرای استفاده از ان نیازی به برداشتن روکش نمی باشد.

-ضدآب می باشد به این ترتیب که اتصالات الکتریکی آن توسط پوششی از جنس پلی

آمیذهای الیاف دار و مقاوم در مقابل اشعه uv پوشیده شده و چنگک های آن برای آب

بندی بهتر دارای روکشی از جنسpvc و آغشته به گریس می باشد.

- قطعه هادی آن دارای چنگک های دندانه داری از جنس برنج با سه لایه آبکاری روی ، مس ونقره می باشد که خود موجب هدایت الکتریکی بهتر و جلوگیری از خوردگی می شود.شکل ۲۹ نمای این کلمپ را نشان می دهد.

شکل۲۹ :نمای کلمپ ارتباط کابل به کابل خودنگهدار

۶-۱-۱۰-کلمپ انشعاب فشار ضعیف :این کلمپ که از نوع بی متال می باشد ، جهت اتصال کابل سرویس مشترکین ویا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرارمی گیرد.این کلمپ به صورتی طراحی شده است که هنگام اتصال آن به شبکه، نیازی به برداشتن روکش کابل نمی باشد.این کلمپ نیز ضد آب بوده وقطعات داخلی آن آبکاری شده ودر برابر شرایط مختلف آب وهوایی مقاوم می باشد.جهت آب بندی بهتر و جلوگیری از نفوذ آب ، قطعات داخلی به گریس آغشته شده است.پس از نصب بر روی شبکه در پوش روی آن نصب می شود. قطعه هادی این کلمپ یک صفحه کامل دندانه دار(چنگکی)واز جنس آلومینیم بوده که برای جلوگیری ازخوردگی آن در برابر سیم مسی وایجاد پایداری بالادارای آبکاری مس ونقره می باشد.شکل ۳۰ نمای این کلمپ را نشان می دهد.

شکل ۳۰ : نمای کلمپ انشعاب کابل خودنگهدار فشار ضعیف

۷- ۱-۱۰-کلمپ انشعاب فشار ضعیف :نوع دیگر ی از کلمپ انشعاب فشار ضعیف می باشدکه جهت اتصال کابل سرویس مشترکین ویا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرارمی گیرد.خصوصیات آن به جز موارد زیر مشابه نوع قبلی است.

-پیچ ومهره های آن آبکاری گالوانیزه گرم می باشد.چنگکهای آن جهت آب بندی بهتر دارای روکشی از جنس pvc وآغشته به گریس است. قطعه هادی این کلمپ یک صفحه کامل دندانه دار(چنگکی) از جنس برنج بوده که دارای سه لایه آبکاری روی ، مس ونقره می باشد.شکل ۳۱ نمای این کلمپ را نشان می دهد.

شکل ۳۱ : نمای کلمپ اشعاب فشار ضعیف کابل خودنگهدار

۸-۱-۱۰-کلمپ ارتباط خط : این کلمپ جهت گرفتن انشعاب از شبکه و ایجاد خطوط فرعی استفاده می شود.برای اتصال آن باید روکش کابل رابرداریم.با توجه به پوششی که پس ازنصب روی آن قرارمی

گیرد،عایقی کامل درمحل اتصال ایجادمی شود.سایر خصوصیات آن مشابه موارد گفته شده فوق می باشد.شکل۳۲ نمای آن را نشان می دهد.

شکل ۳۲ : نمای کلمپ ارتباط خط کابل خودنگهدار

۹-۱-۱۰-مفصل فشار ضعیف :از این مفصل برای ایجاد ارتباط الکتریکی-مکانیکی دو هادی هم جنس از نوع آلومینیمی استفاده می شود.مانشن داخلی مفصل جهت انتقال بهتر جریان الکتریسیته از آلومینیم با خلوص بالا می باشد که روی سیم پرس می شود. این یراق توسط دو واشر از جنسpvc که دردو سر مفصل واقع می شوند کاملا آب بندی می شود. سایر مشخصات مشابه موارد قبلی است.شکل۳۳ نمای این مفصل را نشان می دهد.

شکل۳۳ : نمای مفصل فشار ضعیف کابل خودنگهدار

۱۰-۱-۱۰-پیچ دم خوکی :این یراق جهت نصب کابل خودنگهدار روی تیر به همراه کلمپ آویز و یا انتهایی مورد استفاده قرارمی گیرد.این یراق دارای قلاب فولادی با آبکاری گالوانیزه گرم می باشدکه باعث

پایداری بالا در برابر شرایط محیطی می گردد.این قلاب در اسپنهای مختلف و متناسب با سایز پایه ها دارای طول وقطر متفاوت می باشد.

شکل۳۴ : نمای یک پیچ دم خوکی

- چگونگی شناسایی کابلها :

جهت شناسایی کابلها وساختمان آنها معمولا از علایمی استفاده می شود که سازنده می بایست روی غلاف خارجی کابل حک نماید.برخی ازاین علایم دراستانداردVDEآلمان به شرح زیر می باشند:

ترتیب حروف	قسمت مربوط	شرح علامتها
حرف اول	هادی	N علامت مس - NA علامت آلومینیم
حرف دوم	عایق	Y علامت پلاستیک - G لاستیک –بدون حرف کاغذی
حرف سوم	غلاف	Y پلاستیکی – K سربی - KL آلومینیمی
حرف چهارم	زره	Bسیمهای فولادی – GB سیم فولاد گالوانیزه
حرف پنجم	روپوش	Aالیاف وسایر موارد مثل فوق

	یاغلاف خارجی	

- **راهنمای نصب وتعمیر کابل** :

- **تخلیه کابل** :

- برای تخلیه قرقره کابل ازجرثقیل یاسطح شیب داراستفاده می شود.

- قرقره کابل نباید اززروی وسیله حمل پایین انداخته شود.حتی اگرقرقره کوچک وسبک بوده وزمین اطراف به صورت خاک نرم باشد.

- قرقره کابل می بایست درجهت نشانه های جهت دارترسیم شده روی کابل بچرخد.

۲- توصیه های عمومی :

- درمواردی که کابلها درمجاورت موادخورنده قرارمی گیرند می بایست ازنوع مقاوم دربرابرخورندگی بوده یا بنحوی دیگرمحافظت شود.

- با توجه به اینکه نقاط ضعف سیستم کابل بیشتردرمحل اتصالات است ، می بایست طول معینی ازکابل (حدود۱۰متر)درهریک ازاین نقاط بعنوان رزرو درنظرگرفته شده وبه شکل 8 نصب گردد.

- انتهای کابلهای با عایق پلیمری وولتاژ بالاتراز۰,٦/۱ تا۱۸,۳۰ کیلوولت که فورا نصب نمی شود می بایست جهت جلوگیری ازنفوذ رطوبت با موادضدرطوبت باندپیچی شده وسپس کلاهک مخصوص ویا کلاهک پلیمری نصب وگرم شود.

- درصورت استفاده ازیک کانال برای عبورمدارهای باولتاژ پایین ، مدارهای ارتباطات ومدارهای ولتاژ بالا، این مدارهاباید با استفاده ازدیوارهای محکم یا قراردادن کابلها با فاصله بیش از۳۰۰ میلیمترازکابلهای دیگرجداشوند.

۳- بررسی ظاهری کابل :

- کابل می بایست ازلحاظ ظاهری ونیزنفوذ رطوبت به داخل آن به دقت بررسی شود.

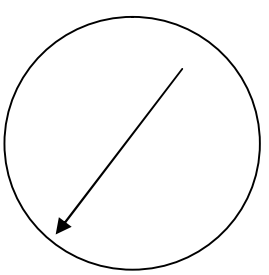
٤- دمای نصب کابل :

- حداقل دمای نصب برای کابلهای با عایق وغلاف پلاستیکی برابر ٥- درجه سانتیگراد می باشد.دردماهای کمترمی بایستی طبق استاندارد کابل راگرم نمود وسپس عمل نصب راانجام داد.

٥- حداقل شعاع خمش کابل :

- حداقل شعاع خمش کابل برای سطوح مختلف ولتاژ طبق جدول شماره ١ می باشد :

سطح مقطع	تعداد رشته	سطح ولتاژ	قطرخارجی (mm)	حداقل شعاع خمش(mm)
٢٥	تک رشته	فشارضعیف	١٢.١٤	١٨٢.١
	چند رشته	فشارضعیف	٢٧.١	٣٢٥.٢
٣٥	تک رشته	فشارضعیف	١٣.٧	٢٠٥.٥
		فشارمتوسط	٢٨	٤٢٠
	چند رشته	فشارضعیف	٣٠	٣٦٠
		فشارمتوسط	٥٨	٨٧٠
٥٠	تک رشته	فشارضعیف	١٥.٣	٢٢٩.٥
		فشارمتوسط	٣٤	٥١٠
	چند رشته	فشارضعیف	٣٠	٣٦٠
		فشارمتوسط	٦١	٩١٥
٧٠	تک رشته	فشارضعیف	١٧.١	٢٥٦.٥
		فشارمتوسط	٣٦	٥٤٠
	چند رشته	فشارضعیف	٣٣	٣٩٦
		فشارمتوسط	٦٥	٩٧٥
٩٥	تک رشته	فشارضعیف	١٩.٤	٢٩١
		فشارمتوسط	٣٨	٥٧٠
	چند رشته	فشارضعیف	٣٨	٤٥٦
		فشارمتوسط	٦٨	١٠٢٠
١٢٠	تک رشته	فشارضعیف	٢١	٣١٥
		فشارمتوسط	٣٩	٥٨٥
	چند رشته	فشارضعیف	٤٢	٥٠٤
		فشارمتوسط	٧٢	١٠٨٠
١٥٠	تک رشته	فشارضعیف	٢٣	٣٤٥
		فشارمتوسط	٤١	٦١٥
	چند رشته	فشارضعیف	٤٦	٥٥٢
		فشارمتوسط	٧٦	١١٤٠



۱۸۵	تک رشته	فشار ضعیف	۲۵.۳	۳۷۹.۵
		فشار متوسط	۶۳	۶۴۵
	چند رشته	فشار ضعیف	۶۹	۵۸۸
		فشار متوسط	۸۰	۱۲۰۰
۲۴۰	تک رشته	فشار ضعیف	۲۸.۳	۴۲۴.۵
		فشار متوسط	۴۵	۶۷۵
	چند رشته	فشار ضعیف	۵۶	۶۷۲
		فشار متوسط	۸۵	۱۲۷۵
۳۰۰	تک رشته	فشار ضعیف	۳۱.۳	۴۶۹.۵
		فشار متوسط	۴۸	۷۲۰
	چند رشته	فشار ضعیف		۰
		فشار متوسط	۹۰	۱۳۵۰

جدول ۱ : حداقل شعاع خمش کابلهای مسی

۶- کشش مجاز کابل :

زمانی که کابل توسط دستگاه کشیده می شود حداکثرنیروی مجازکشش طبق جدول زیرمی باشد:

روش کشش	ساختمان کابل	سطح مقطع	قطرخارجی (mm)	حداکثرنیروی کشش(N)
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۳۵		۱۷۵۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۳۵تک رشته	۲۸	۷۰۵۶
		۳۵چندرشته	۵۸	۳۰۲۷۶
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۳۵تک غلافه	۲۸	۲۳۵۲
		۳۵سه رشته	۵۸	۳۳۶۴

		باغلاف فلزی		
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۳۵		۱۷۵۰
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۵۰		۲۵۰۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۵۰تک رشته	۳٤	۱۰٤۰٤
		۵۰چندرشته	٦۱	۳۳٤۸۹
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۵۰تک غلافه	۳٤	۳٤٦۸
		۵۰سه رشته باغلاف فلزی	٦۱	۳۷۲۱
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۵۰		۲۵۰۰
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۷۰		۳۵۰۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۷۰تک رشته	۳٦	۱۱٦٦٤
		۷۰چندرشته	٦۵	۳۸۰۲۵
	کابل باغلاف فلزی بدون	۷۰تک غلافه	۳٦	۳۸۸۸

	زره مقاوم دربرابر کشش	۷۰سه رشته باغلاف فلزی	٦٥	٤٢٢٥
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۷۰		۳٥۰۰
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۹٥		٤٧٥۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۹٥تک رشته	۳۸	۱۲۹۹٦
		۹٥چندرشته	٦۸	٤١٦١٦
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابر کشش	۹٥تک غلافه	۳۸	٤۳۳۲
		۹٥سه رشته باغلاف فلزی	٦۸	٤٦٢٤
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۹٥		٤٧٥۰
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۱۲۰		٦۰۰۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۱۲۰تک رشته	۳۹	۱۳٦۸۹
		۱۲۰چندرشته	۷۲	٤٦٦٥٦

	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۱۲۰تک غلافه	۳۹	٤٥٦٣
		۱۲۰سه رشته باغلاف فلزی	۷۲	٥۱۸٤
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۱۲۰		٦۰۰۰
بوسیله گیره سرکابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۱٥۰		۷٥۰۰
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۱٥۰تک رشته	٤۱	۱٥۱۲۹
		۱٥۰چندرشته	۷٦	٥۱۹۸٤
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۱٥۰تک غلافه	٤۱	٥۰٤۳
		۱٥۰سه رشته باغلاف فلزی	۷٦	٥۷۷٦
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۱٥۰		۷٥۰۰

جدول ۲ : حداکثرکشش مجاز کابلها

ادامه جدول فوق درصفحه بعد :

ادامه جدول ۲ :

وش شش	ساختمان کابل	سطح مقطع	قطرخارجی (mm)	حداکثرنیروی کشش(N)
سیله گیره سرکابل ی هادی	تمام انواع کابلها	۱۸۵		۹۲۵۰
جوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۱۸۵تک رشته	٤۳	۱٦٦٤۱
		۱۸۵چندرشته	۸۰	٥۷٦۰۰
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۱۸۵تک غلافه	٤۳	٥٥٤۷
		۱۸۵سه رشته باغلاف فلزی	۸۰	٦٤۰۰
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۱۸۵		۹۲۵۰
سیله گیره سرکابل ی هادی	تمام انواع کابلها	۲٤۰		۱۲۰۰۰
جوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۲٤۰تک رشته	٤٥	۱۸۲۲٥
		۲٤۰چندرشته	۸٥	٦٥۰۲٥
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۲٤۰تک غلافه	٤٥	٦۰۷٥
		۲٤۰سه رشته	۸٥	۷۲۲٥

		باغلاف فلزی		
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۲٤۰		۱۲۰۰۰
سیله گیره سرکابل ی هادی	تمام انواع کابلها	۳۰۰		۱۵۰۰۰
	تمام کابلهای بازره مفتولی	۳۰۰تک رشته	٤۸	۲۰۷۳٦
		۳۰۰چندرشته	۹۰	۷۲۹۰۰
جوراب کابل	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم دربرابرکشش	۳۰۰تک غلافه	٤۸	٦۹۱۲
		۳۰۰سه رشته باغلاف فلزی	۹۰	۸۱۰۰
	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۳۰۰		۱۵۰۰۰

جدول ۲ : حداکثرکشش مجاز کابلها

توجه : درصوتی که کابل بعدازنصب درسیستم تحت کشش دائم قرارگیرد، بایستی کابل مجهزبه سیم مهاریامشابه آن باشد تابتواند به راحتی نیروی کشش راتحمل کند.

سیستم زمین کابل :

۱- درکابلها با جنس عایق ازموادترموپلاستیک(PVC ، XLPE ، ...)هادی هم مرکز حفاظتی پوشش الکترواستاتیکی ، زره کابل وغلافهای فلزی بایستی زمین شوند. این مساله بایستی درپستها ومفصلها رعایت گردد.

۲- برای کابلهایی که دارای هادی هم مرکز ویا پوشش الکترواستاتیکی ازسیمهای مسی هستند بایستی سیمهای مسی به هم تابیده شده وزمین گردند.

۳- برای کابلهایی که پوشش الکترواستاتیکی آن ازنوارهای مسی یا مفتولهای فولادی است ، این پوشش توسط لحیم کردن ویاپیچیدن سیم مسی به دورآن زمین شوند.

- کابلهای باپرده هادی یازره{۲} :

٤- درمواردی که درنقطه وصل خطوط کابلی به هوایی برقگیرپیش بینی شودبایستی بین اتصال زمین زره یاپرده کابل واتصال زمین برقگیرهمبندی بعمل آید.{۲}

٥-کابلهای بدون غلاف عایق :اتصال باید به هادی خنثی ترانسفورماتورمنبع تغذیه وهمینطوردرنقاط انتهایی (ترمینالها)انجام شود.{۲}

٦- کابلهای باغلاف عایق :توصیه می شود اتصالات اضافی بین پرده های عایقبندی یا غلاف هادی وزمین سیستم ایجادشود.درسیستمهای بااتصال زمین مکرروکابلهای دارای پرده هادی، پرده(شامل غلاف هادی درصورت وجود) بایددرمحل همه مفصلهاازهرقبیل که دردسترسبوده یادرمعرض تماس کارکنان می باشند زمین شود.درمواردی که به علت وجود الکترولیزیا عبورجریان اززره نتوانازاتصال زمین مکرربرای پرده هادی‌استفاده نمود،غلاف پرده هادی‌ومحفظه های مفصلهاازهرقبیل باید نسبت به ولتاژی که ممکن است درهنگام بهره برداری برروی سطح آنهاظاهرشود،عایقبندی شوند.{۲}

(سایرمواردراستانداردسیستم زمین ذکرشده است)

کابل کشی درداخل پست :

درصورت نصب کابل روی سینی فاصله نقاط اتکاونگهدارنده هانبایدازمقادیرجدول۳ بیشترشود.

فاصله سینی کابل :

فاصله سینی های دوطبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

فاصله کابلهاروی سینی :

حداقل فاصله کابلهای مجاورنباید کمترازقطر کابل بزرگترباشد.

کابل کشی داخل کانال:

به جلد چهارم استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع صفحه۹ بند۲-۲ مراجعه شود.

کابل کشی درداخل زمین :مراحل کابل کشی درداخل زمین طبق جدول ٤ می باشد.

سطح مقطع	تعداد **رشته**	قطر **خارجی (mm)**	نصب **عمودی**	نصب افقی	
				فاصله بستها یا نقاط اتکاویانگهدارنده ها (mm) برای کابلهای بدون زره	**فاصله بستها یا نقاط اتکاویانگهدارنده ها (mm) برای کابلهای بدون زره**
۲۵	تک	۱۲,۱٤	درمسیرهای عمودی فاصله بین دوبست کابل به نوع کابل و نوع بست کابل بستگی دارد واین مقدارنبایدازا ۱,۵ متربیشترشود	۲٤۲,۸	٤۲٤,۹
	چند	۲۷,۱		٥٤۲	۸۰۰
۳۵	تک	۱۳,۷		۲۷٤	٤۷۹,٥
		۲۸		٥٦۰	۸۰۰
	چند	۳۰		٦۰۰	۸۰۰
		٥۸		۸۰۰	۸۰۰
٥۰	تک	۱٥,۳		۳۰٦	٥۳٥,٥
		۳٤		٦۸۰	۸۰۰
	چند	۳۰		٦۰۰	۸۰۰
		٦۱		۸۰۰	۸۰۰
۷۰	تک	۱۷,۱		۳٤۲	٥۹۸,٥
		۳٦		۷۲۰	۸۰۰
	چند	۳۳		٦٦۰	۸۰۰
		٦٥		۸۰۰	۸۰۰
۹٥	تک	۱۹,٤		۳۸۸	٦۷۹
		۳۸		۷٦۰	۸۰۰
	چند	۳۸		۷٦۰	۸۰۰
		٦۸		۸۰۰	۸۰۰
۱۲۰	تک	۲۱		٤۲۰	۷۳٥
		۳۹		۷۸۰	۸۰۰
	چند	٤۲		۸۰۰	۸۰۰
		۷۲		۸۰۰	۸۰۰

۱۵۰	تک	۲۳		٤٦٠		۸۰۰
		٤۱		۸۰۰		۸۰۰
	چند	٤٦		۸۰۰		۸۰۰
		۷٦		۸۰۰		۸۰۰
۱۸۵	تک	۲۵.۳		۵۰٦		۸۰۰
		٤۳		۸۰۰		۸۰۰
	چند	٤۹		۸۰۰		۸۰۰
		۸۰		۸۰۰		۸۰۰
۲٤۰	تک	۲۸.۳		۵٦٦		۸۰۰
		٤۵		۸۰۰		۸۰۰
	چند	۵٦		۸۰۰		۸۰۰
		۸۵		۸۰۰		۸۰۰
۳۰۰	تک	۳۱.۳		٦۲٦		۸۰۰
		٤۸		۸۰۰		۸۰۰
	چند			۰		۰
		۹۰		۸۰۰		۸۰۰

جدول۳ : فاصله کابلها به هنگام کابل کشی درداخل پست

شماره	شرح		اقداماتی که می بایست انجام گیرد
۱	مسیر کابل		نقشه برداری مسیر-شناسایی موانع ازطریق هماهنگی باسازمانهای مرتبط نظیرشهرداری،راهنمایی،آب،گاز،مخابرات واداره راه.-پیش بینی تاسیسات آینده که نصب می گردد-بررسی شیمیایی خاک ازلحاظ وجود نمک،کلر،اسید وآهک جهت تعیین نوع کابل
۲	حفر کانال		حفر کانال به صورت ⌵ -عرض کانال بستگی به تعداد کابلهایی که درمجاورت هم قرارگرفته اندمثلا برای کابل دورشته ۵۰ سانتیمتر-عمق کابل با توجه به تعداد کابلهایی که روی هم قرارمی گیرند ، فاصله بالاترین کابل فشارضعیف ازسطح زمین نباید از٦۰ سانتیمترکمترودرزیرسطح خیابان نباید ازیک مترکمترباشد.این عمق درموردکابلهای باولتاژ۱۱،۳۰وتا۳۳کیلوولت٤۰سانتیمتراضافه می گردد.
۳	آماده سازی کانال		تمیزکردن کانال ودیواره آن ازسنگ واشیای نوک تیز-صاف کردن کف کانال وکوبیدن آن – ریختن حداقل ۱۰ سانتیمترماسه نرم
٤	نصب	خارج	فاصله بین کابلهای مجاور ۲۰ سانتیمترمی باشد

	کابل	داخل لوله	قطرداخلی لوله۱,۵ برابرقطرکابل یا دسته کابلهای کشیده شده- ازبین بردن لبه لوله مثلا لوله به شکل قیف درآید-حفرگودال کوچک درمحل ورود کابل به لوله-تمیزکردن داخل لوله بافرچه-استفاده ازسیم مهارجهت قراردادن وبیرون آوردن کابل-محافظت ابتدا وانتهای کابل داخل لوله پس ازنصب با استفاده ازخاک کوبیده شده یا بالشتک کنفی- درصورتی که لوله خم داشته باشد ، رعایت حداقل شعاع خمش- مسدودکردن دهانه لوله					
۵	پوشاندن روی کابل		ریختن حداقل ۱۰ سانتیمترماسه نرم-چیدن ردیف آجربه عرض۲۲سانتیمتریا بلوک سیمانی-نصب نوارپلاستیکی هشداردهنده-ریختن ۲۰ سانتیمترسنگریزه – ریختن خاک معمولی-فشرده کردن سطح پرشده					
٦	آزمونهای پس ازنصب	کابلها ی فشار متوسط	آزمایش ولتاژ مستقیم به	ولتاژ نامی کابل (KV)	۱۱(۱۲)/ ۶,۳۵	۲۰(۲٤)/ ۱۲	۳۳(۳٦)/ ۱۹	
				ولتاژ آزمایش (KV)	۲۵	۵۰	۷٦	
			با توافق خریداروفروشنده آزمون ولتاژ متناوب بافرکانس صنعتی درمدت۵دقیقه باولتاژ سیستم بین هادی وپوشش الکترواستاتیکی					
			باتوافق خریداروفروشنده آزمون ولتاژ متناوب بافرکانس صنعتی با ولتاژعملکرد نامی سیستم برای ۲٤ ساعت					
		کابلها ی فشار ضعیف	آزمایش ولتاژ مستقیم به مدت ۱۵ دقیقه باولتاژ ۲,٤۵کیلوولت					
			با توافق خریداروفروشنده آزمون ولتاژ متناوب بافرکانس صنعتی درمدت۵دقیقه باولتاژ سیستم بین هادی وپوشش الکترواستاتیکی					
			باتوافق خریداروفروشنده آزمون ولتاژ متناوب بافرکانس صنعتی با ولتاژعملکرد نامی سیستم برای ۲٤ ساعت					

جدول٤ : مراحل کابل کشی درداخل زمین

حریمها : حریم کابلها ازخیابان ، خطوط آهن ، وتقاطع کابل با کابلهای قدیمی برق یا مخابرات ونیز تقاطع کابل با لوله آب وکانال فاضلاب طبق جدول ۵ می باشد:

عبورکابل ازخیابان	**۱**- تعداد لوله ها با توجه به افزایش بارمنطقه ، یک یادوعددبیشتردرنظرگرفته شود**۲**- فاصله لوله تاسطح خیابان یک مترمی باشد.**۳**- فاصله افقی لبه لوله تالبه خیابان ۷۵ سانتیمترمی باشد(شکل صفحه ۱۷ جلد چهارم استاندارد کابلهای‌مورد استفاده درشبکه
عبورکابل ازخط	**۱**- فاصله لوله تاریل راه آهن کمتراز۱,۵ مترمی باشد **۲**- فاصله افقی لبه لوله تالبه ریل

آهن	راه آهن ۲ مترمی باشد. (شکل صفحه ۱۷ جلد چهارم استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع)		
تقاطع کابل جدید با کابل قدیمی برق یا مخابرات	**۱**- درمحل تقاطع لوله محافظ به طول ۱۲۰ سانتیمتر استفاده نموده وکابل جدید ازداخل آن عبورنماید.**۲**- فاصله عمودی کابل جدید وقدیمی حداقل ۳۰ سانتیمتراست.**۳**- درصورت موازی بودن کابل جدید با کابل مخابرات فاصله حداقل افقی وعمودی به میزان ۳۰ سانتیمترباید رعایت شود.		
عبورکابل فشارقوی و ضعیف دریک کانال	**۱**- کانال دوپله ای مشابه شکل صفحه ۱۹ جلد چهارم استانداردکابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع حفرشود.**۲**- کابل فشارقوی دربسترپایینی وکابل فشارضعیف دربستربالایی نصب شود.		
تقاطع کابل با کانال فاضلاب	دراین مورد می بایست طبق شکل صفحه ۲۰ جلد چهارم استانداردکابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع عمل شود.		
تقاطع کابل با لوله های آب	به موازات لوله آب	حداقل فاصله افقی وعمودی کابل فشارضعیف ومتوسط با لوله آب طبق شکل صفحه۲۱ جلد چهارم استانداردکابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع	**۳۰سانتیمتر**
	درتقاطع با لوله آب	حداقل فاصله عمودی کابل ازلوله آب (کابل درلوله ۱۲۰ سانتیمتری قرارمی گیرد)	**۳۰سانتیمتر**
تقاطع کابل با لوله گاز	به موازات لوله گاز	حداقل فاصله جداره کابل فشارضعیف ازجدارلوله های گاز	**۱ متر**
		حداقل فاصله جداره کابل فشارمتوسط ازجدارلوله های گاز	**۲ متر**
	درتقاطع با لوله گاز	حداقل فاصله جداره کابل فشارضعیف ازجدارلوله های گازبااستفاده ازلوله۱۲۰ سانتیمتری	**۵ متر**
		حداقل فاصله جداره کابل فشارمتوسط ازجدارلوله های گاز گازبااستفاده ازلوله۱۲۰ سانتیمتری	**۱ متر**

جدول ۵ : حریم کابل درتقاطع با سایرتاسیسات

محل قرارگرفتن کابل :

- بهتراست کابل درمسیرپیاده رونصب شده وازکنارپایه های روشنایی عبورنماید(طبق شکل صفحه ۲۲جلدچهارم استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع

روشهای مختلف کشیدن کابل :

الف – استفاده ازتریلرکابل ووسیله ای که قرقره کابل روی آن قراردارد

ب- کشیدن کابل توسط دست

ج - کشیدن کابل توسط وینچ

- تعمیر غلاف خارجی کابل صدمه دیده :

هنگامی که غلاف خارجی کابل صدمه می بیند باید دراسرع وقت تعمیرگردد.مطالب ارایه شده دراین قسمت مربوط به غلافهایی ازجنس PVC و PE می باشد.با توجه به عمق صدمه وارده به کابل ، روش مناسب جهت تعمیر آن بایستی انتخاب گردد.درجدول ٦ روشهای تعمیرکابل آمده است.

روش مناسب (مناسب برای ولتاژ آزمون تا۵KV)	نوع آسیب			
	سایش،پارگی کم به حدی که تمام محیط غلاف رادربرنگرفته باشد (عمق خرابی تانصف ضخامت غلاف)		پارگی بیشتر،خرابی درتمام اطراف غلاف دیده شود. (عمق خرابی بیش ازنصف ضخامت غلاف)	
نوع نصب	درزمین یا محیط روباز	درکانال یا مجرای کابل	درزمین یا درمحیط روباز	درمجرای کابل یا مجرای کانال
جنس غلاف	PE PVC	PE PVC	PE PVC	PE PVC
عایق ترموپلاستیکی (قراردادن وصله پلاستیکی قابل	* *	* *	* *	* *

انقباض)				
قالب گیری وریختن رزین	* -	* -	* -	* -
نوارپیچی توسط نوارچسب PVC	- -	* -	- -	- -

جدول٦ : روش تعمیرغلاف خارجی کابل باجنس PVCیاPEبا توجه به شدت آسیب وارده به هنگام نصب

تعمیرکابل صدمه دیده باید بلافاصله بعداززخمی شدن کابل انجام گردد.مخصوصا درمورد کابلهای فشارمتوسط دقت گرددکه عایق XLPEبا آب یا رطوبت تماس نداشته باشد.

تعمیرغلاف صدمه دیده بااستفاده ازعایق ترموپلاستیکی :

دراین روش ازیک تیوب منقبض شونده استفاده می شود.این تیوب بایستی درهرطرف قسمت صدمه دیده به اندازه سه برابرقطرخارجی وحداقل ۱۰۰میلیمتربریده شودوبکارروودوانقباض برای طول ۱۰درصدبرای آن منظورگردد.قسمت صدمه دیده کابل به اندازه طول وصله به وسیله پارچه زبریا سمباده تمیزشود سپس وصله تعمیراتی روی قسمت صدمه دیده کابل قرارگرفته وبسته می شود.بعدازاین مرحله وصله توسط تمرکزشعله آتش یا دمنده هوای گرم منقبض گردد.بعدازاینکه دما به حدمطلوب رسیدکل وصله راحرارت داده تاقسمت چسبنده داخل وصله مورد نظرنرم ودرهردو انتها کاملا چسبیده شود.

قالب گیری وریختن رزین برای کابلهای با غلاف خارجی PVC :

قسمت صدمه دیده باید کاملا تمیزشده وتوسط سمباده هردوطرف قسمت صدمه دیده تا۱۰۰میلیمترپاک شود.جایی ازمحل آسیب دیده که عمق آن تارشته ها می رسد راتوسط لایه ای ازنوارچسب طوری پوشانده که هردورنوارچسب نصف دورقبل راپوشاند،این لایه بدین جهت مورد استفاده قرارمی گیردکه ازنفوذ رزین به کابل جلوگیری کند.(شکل صفحه۲۹ جلد چهارم استاندارد)یک

تیوبPVCبه شکل قالب برروی محل آسیب دیده بکارمی رود.شعاع داخلی این تیوب۱۰ تا۲۰ میلیمتربزرگترازقطرکابل می باشد.قالب بایستی ۱۶۰ میلیمتربزرگترارقسمت آسیب دیده باشد.قالب به صورت طولی بریده شده واطراف محل مورد نظرقرارداده می شود.درصورتی که آسیب دیدگی زیاد نباشدمی توان ازاین تیوب استفاده نکرد.برای بستن ومهاردوطرف قالب بااستفاده ازنوارPVCدوطرف قالب نوارپیچ می شود.این نوارپیچی باید حداقل ۵۰ میلیمتربیشترازمحل آسیب دیدگی درهردوطرف باشدویا برای کابلهای با قطر۳۵ میلیمترو بیشتر۳برابرقطرکابل باشد.سپس مفصل راروی انتهای محل باند پیچی شده وبطورمناسبی قرارداده ودوطرف آن رابدقت باندپیچی کرده تاغیرقابل نفوذ گردد.درانتها ماده رزین ذرآن ریخته می شود.بعدازاتمام مفصل بندی باید دقت گرددتامحل تعمیرشده نباید موردخمش قرارگیرد.

نوارپیچی بااستفاده ازنوارچسب PVC :

استفاده ازاین روش فقط برای کابلهای موجوددرکانال یا داخل ساختمان که امکان گنترل کابل وجود داردمجازاست.وقطرکابل مورد تعمیرنباید از۲۵ میلیمتربیشترباشددرحالتی که سایش یاپارگی کم وجود داردازاین روش استفاده شده وابتدااطراف محل آسیب تا۱۰۰ میلیمترازهردوطرف تمیزمی شودسپس نوارچسب راروی محل آسیب دیده و۱۰۰ میلیمتربیشترازهردوطرف محل صدمه دیده می پیچند، این قسمت ازکابل نباید تحت تنش مکانیکی باشد،بعدازاین مرحله کابل رامی توان برروی غلطکهای کابل قراردادوبعدازنصب کابل این قسمت باید مورد بازرسی مجدد قرارگیرد.

سیستم زمین شبکه های توزیع

مقدمه :

انرژی الکتریکی علیرغم جذابیت فراوان آن ونیز مزایای زیادی که برای انسان دارد،خطراتی نیزبدنبال دارد.ازجمله مهمترین این خطرات می توان به ایجاد حریق وبرقگرفتگی اشاره کرد. حریق می تواند بدلیل تولید حرارت دراثرعبور جریان زیاد ازسیمها ووسایل برقی ، شل بودن محل اتصالات واتصالی درشبکه های برق ایجاد شود.برقگرفتگی نیز دراثرتماس بدن انسان با سیم برق یا قسمتهای برقدارتجهیزات الکتریکی وعبور جریان بیش ازحد مجاز ازبدن اتفاق می افتد.درابتدای پیدایش صنعت برق به دلیل طول کم

وولتاژ پایین شبکه ها، سیستم زمین ایجاد نمی شد.این شبکه ها نسبت به شبکه های زمین شده امروزی دارای چند امتیاز بودندیکی اینکه اتصال اتفاقی یک فاز به زمین موجب برقراری جریان قابل ملاحظه ، قطع برق وخاموشی نمی شد، دیگر اینکه درصورت تماس بدن شخصی که روی زمین قرارداشت با یکی ازفازها، به علت برقرارنشدن جریان خطرناک شخص دچاربرقگرفتگی نمی شد.با توسعه شبکه ها وافزایش ولتاژ آنها ، جریانها درحالت اتصال یک فاز به زمین قابل ملاحظه گردید که این مساله سبب قطع متناوب برق شده ودرولتاژ فازهای سالم نیز اختلال ایجاد می شد، که این موضوع نیز سبب وارد شدن صدمات وخساراتی به تجهیزات شبکه های برق می گردید. به این ترتیب توجه به ایجاد سیستم زمین به عنوان راهکاری جهت حفظ جان انسان ونیز جلوگیری ازبروز آسیب به تجهیزات شبکه های برق ومشترکین مطرح وسیستمهای زمین درشبکه های برق رایج گردیدند.دراین جزوه تصمیم داریم به تفصیل درباره سیستم زمین شبکه های توزیع وانواع آن توضیح دهیم.ضمن اینکه استاندارد سیستم زمین که درحال حاضر درایران مطرح می باشد رانیز مورد بررسی قرارخواهیم داد.

انواع سیستم زمین شبکه های توزیع:

به طور کلی درشبکه های برق دو نوع سیستم زمین به شرح زیر ایجاد می شود:

۱- سیستم زمین الکتریکی ۲- سیستم زمین حفاظتی

سیستم زمین الکتریکی :

به طور کلی اتصال نقطه صفر سیستمهای الکتریکی به زمین را زمین کردن الکتریکی می نامند. اتصال نقطه صفر به زمین سبب تسهیل درتشخیص وحفاظت اتصالیهای شبکه به زمین وجلوگیری ازایجاد ولتاژ های بالا درفازهای سالم می گردد.

امروزه کلیه سیتمهای قدرت دارای نقطه صفر زمین شده می باشند.اتصال سیستم الکتریکی به زمین ازطریق نقطه صفر ژنراتورها ، ترانسفورماتورها وموتورها انجام می شود.این اتصال می تواند به صورت مستقیم یا باواسطه یک مقاومت یا راکتانس انجام شود.دلایل ایجاد سیستم زمین الکتریکی به شرح زیر می باشد:

۱- ایجاد یک سیستم حفاظتی دربرابر خطای فازبه زمین

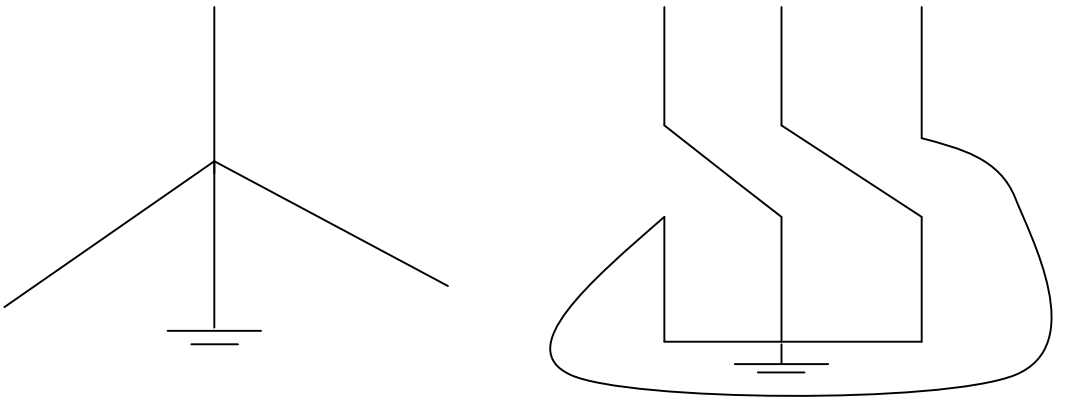
۲- جلوگیری ازعدم تعادل ولتاژ فازهای سالم به هنگام اتصال یک فاز به زمین

۳- زمین شدن اضافه ولتاژهای ناشی ازصاعقه و...

درصورت عدم اتصال نقطه صفر به زمین ، اگریکی ازفازها به زمین وصل شود زمین به عنوان یک هادی عمل کرده وجریان برق ازسمت شبکه به سمت زمین برقرارمی گرددواین مساله علاوه براحتمال بروز خطرات جانی برای انسان سبب آسیب دیدن تجهیزات وشبکه های برق نیز می شود.با اتصال نقطه صفر شبکه به زمین وقراردادن یک رله حفاظتی درمسیر سیستم زمین به محض اتصال یک فاز به زمین جریان اضافی ازرله عبور کرده وبا توجه به تنظیمات انجام شده فرمان قطع شبکه توسط رله صادرمی شود وبه این ترتیب ازوارد آمدن آسیبهای احتمالی بعدی به تجهیزات وانسانها جلوگیری می شود.همچنین با توجه به بروز عدم تعادل درفازهای سالم احتمال آسیب دیدن به تجهیزات مشترکینی که ازفازهای سالم تغذیه می شوند نیز با قطع برق ازبین می رود.با توجه به این توضیحات درادامه موارد مختلف زمین الکتریکی درشبکه های توزیع راتوضیح خواهیم داد .

چنانکه می دانیم بخش توزیع شامل ولتاژهای پایین ترازkV۳۳ می شود.درواقع انرژی الکتریکی پس ازتولید وانتقال درایستگاههای تبدیل انرژی فوق توزیع ازkV٦٦ (این سطح ولتاژ دراستان فارس بوده ودرسایر نقاط کشور kV٦٣ می باشد)به سطوح ولتاژ توزیع یعنی kV۱۱،۲۰و۳۳کیلوولت تبدیل می شود که سطح ولتاژ kV ۱۱ تنها دربخشهایی ازاستان فارس وبوشهر وسطح ولتاژ kV ۳۳ دراستان خوزستان می باشد.ودرسایر نقاط کشور سطح ولتاژ توزیع kV ۲۰ می باشد.بنابراین اولین قسمتی که ما دربخش توزیع سیستم زمین الکتریکی ایجاد می کنیم ، نقطه صفر ترانسفورماتورهای توزیع که ولتاژ سطح توزیع را به ولتاژهای V۲۳۱ و V٤۰۰ تبدیل می کنند، خواهد بود.

- **زمین شدن نقطه صفر ترانسفورماتور**:ترانسفورماتورهای توزیع معمولا دو سیم پیچه بوده ونحوه اتصال سیم پیچهای آن درقدرتهای کمتراز kV ۲۵۰ به صورت YZ (ستاره-زیگزاگ)بوده ودرقدرتهای بالاترDY (مثلث – ستاره) می باشد.منظور اززمین کردن نقطه صفر ترانسفورماتور ، اتصال نقطه صفر ستاره یا زیگزاگ سمت فشار ضعیف آن به زمین طبق شکل زیر می باشد:



- **زمین شدن سیم نول شبکه فشار ضعیف** : سیم نول شبکه های فشار ضعیف دراولین پایه بعد ازپست وانتهای فیدر زمین می گرددواین نوع زمین درتنظیم ولتاژ مشترکین تکفاز موثر می باشد.طبق استاندارد هادی خنثی باید درنقاط متعددی درطول هریک ازخطوط خروجی به الکترودهای زمین وصل شود به نحوی که یک اتصال زمین درهر ٤٠٠ متر از طول خط یاکسری ازآن وجود داشته باشد.درهرصورت تعداد الکترودهای زمین هر خط نباید از۲ کمتر باشد که درمورد خطوط کوتاهتراز ٤٠٠ متر ابتدا وانتهای خط زمین می شود.درحال حاضر درشبکه های فشار ضعیف سیم نول درهر ۱۵۰ مترزمین می شود.

- **زمین کردن برقگیر** : نقطه دیگری ازشبکه که زمین می گردد ، ترمینال انتهایی برقگیرهای منصوبه درپستهای توزیع یا ابتدا وانتهای شبکه های زمینی می باشد. ازمحل این سیستم زمین بدلیل مقاومت بالای برقگیر جریان نشتی بسیار کوچکی درحد میکرو آمپر عبور می کند.البته زمین برقگیر به عنوان زمین نقطه صفر شناخته نمی شود. چنانکه می دانیم برقگیر درمحل ورود شبکه فشار متوسط هوایی به پست یا شبکه های زمینی روی هر سه فاز نصب شده وبا بدنه ترانسفورماتور وبدنه تابلو همبندی شده وزمین می گردد.

- **زمین زره یا پرده کابل** : درابتدا وانتهای شبکه های زمینی که برقگیر نصب می گردد می بایست اتصال زمین برقگیر وزره کابل به همدیگر وصل گردند.بطور کلی زره کابلها جهت زمین شدن ولتاژ های القایی ناشی ازمیدان کابل ویا متعادل شدن میدان دراطراف کابل دردو سر کابل زمین می شود.

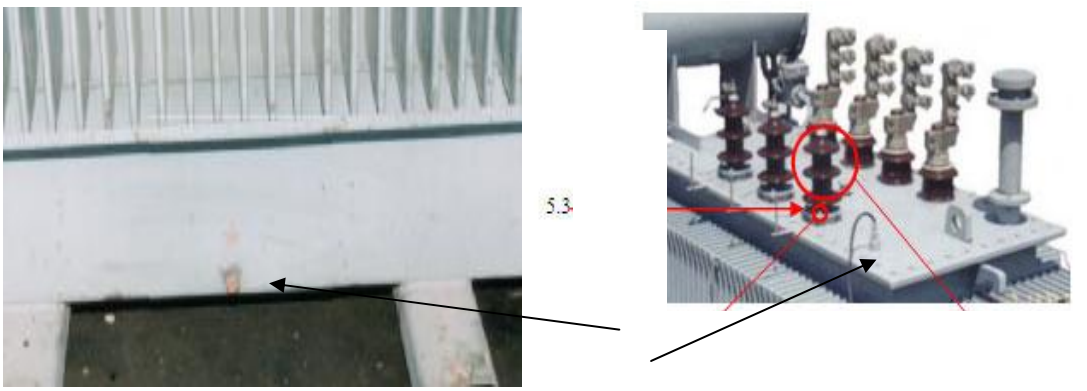
- **زمین کردن سیم گارد** : یکی از موارد دیگری که جهت جلوگیری ازبروز خسارت درتاسیسات برق سیستم زمین ایجاد می شود سیستم زمین سیم گارد است .البته این مورد بیشتر درسطوح فوق توزیع وانتقال مورد استفاده قرار می گیرد که درآن سیم گارد که جهت جلوگیری ازاصابت صاعقه به شبکه دربالاترین نقطه برج انتقال نیرو نصب شده است بطور مستقیم زمین می شود. البته درمواردی که شبکه های توزیع درتقاطع با شبکه های انتقال نصب شده یا درفواصلی بدلیل مشخصات جغرافیایی منطقه ناچارا به صورت موازی هم احداث شده اند ، جهت جلوگیری ازالقاء ولتاژ ناشی ازمیدان شبکه فشارقوی یک سیم بعنوان سیم گارد نصب شده وزمین می گردد. دربرخی موارد جهت جلوگیری ازاصابت صاعقه به تاسیسات از میله های بلند درقسمتهای مرتفع ساختمانها ویا پستها ممکن است استفاده شود.

- **زمین کردن حفاظتی** :

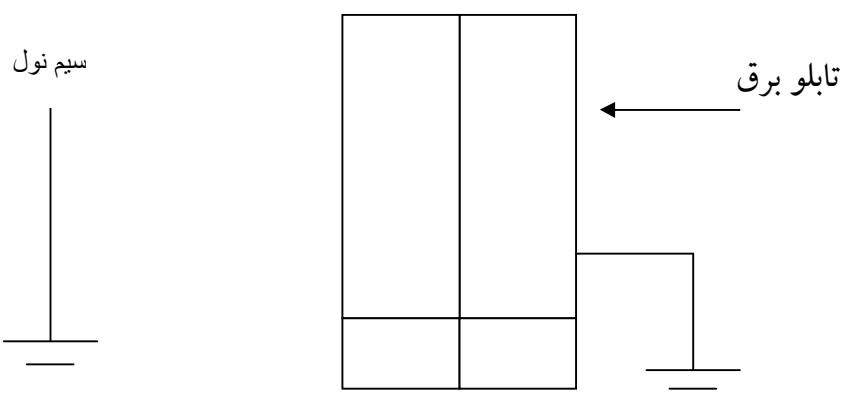
عبارتست از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تاسیسات الکتریکی که درارتباط مستقیم با مدارالکتریکی قرارندارند وبه عبارت دیگر درحالت عادی برقدارنمی باشند.

این نوع سیستم زمین برای حفاظت اشخاص درمقابل اختلاف پتانسیل تماسی بزرگ به کاربرده می شودوبهمین دلیل این سیستم زمین مهمتر از سیستم قبلی می باشد.بدین منظور می بایست کلیه بدنه تجهیزات برقی نظیرپایه های روشنایی، ترانسفورماتور،تابلوها ، درب پستهای برق بدنه سکسیونر ودژنگتورها و... به نحوی زمین شودکه قسمتی از مسیرجریان که توسط اعضاء بدن انسان اتصالی می شود(دست وپا یا دو پا یا دودست) ،دارای اختلاف پتانسیل زیاد نباشد.اختلاف پتانسیل بستگی به مقاومت مسیر عبور جریان وشدت جریان دارد لذا برای کوچک نگهداشتن اختلاف پتانسیل می بایست مقاومت مسیر عبور جریان را در پایینترین حد ممکن نگه داشت. لازم به ذکراست بدنه برخی دستگاههای برقی ممکن است دربیش ازیک نقطه زمین شودمثلا بدلیل قرارداشتن یک واشر لاستیکی میان درپوش وتانک ترانسفورماتور وعایق بودن این واشر جهت ایجاد سیستم زمین مناسب هرکدام ازاین موارد پیچ اتصال زمین جداگانه دارد که این پیچها با کابل به همدیگر متصل شده وسپس زمین می گردند یا اینکه درب تابلوها نیز با یک کابل به بدنه تابلو

متصل وسپس زمین می گردند.شکل زیر پیچ اتصال زمین ترانسفورماتورروی درپوش وتانک رانشان می دهد.



- **زمین کردن بدنه تجهیزات برقی**: چنانکه ذکر شد می بایست بدنه تجهیزات برقی به زمین با مقاومت پایین متصل گردد.دراین قسمت قصد داریم خطرات عدم اتصال زمین بدنه تجهیزات را مورد بررسی قراردهیم .چنانکه درشکل زیر مشاهده می شود درصورتی که بدنه زمین نشده تجهیزات الکتریکی بدلیل بروز اتصالی درسیستم داخلی برقدارشود ، با توجه به اینکه جریان اضافی ازفیوزها وتجهیزات حفاظتی عبور نمی نماید ، تجهیزات فوق عمل نکرده وهمچنان بدنه فلزی برقدار می ماند.



اکنون اگرفردی با این بدنه تماس حاصل نماید ، مدارعبور جریان ازطریق بدن شخص بسته شده ودرصورت عبور جریان بیش ازحد مجاز ازبدن فرد(۲۵ میلی آمپر)، منجر به صدمه دیدن او خواهد شد.اکنون فرض

کنیم اتصال بدنه تابلو طبق استاندارد برقرارشده باشد ، دراین صورت میزان جریان عبوری ازبدن با توجه به اینکه جریان همیشه ازمسیربامقاومت کمترعبور می کندبه حد خطرناک نخواهد رسیدوازطرفی درصورت انتخاب وسایل حفاظتی مناسب ، بلافاصله پس ازبرقدارشدن تابلو وسایل حفاظتی عمل نموده وعیب رابرطرف می نمایند.البته اتکا به وسایل حفاظت دربرابراضافه باربرای تامین ایمنی اتصال به زمین تنها هنگامی مجاز است که جریان برقرارشده درمدارحداقل سه برابرظرفیت اسمی فیوز محافظ مداراویا بیشترازا۱,۵ برابر ظرفیت اسمی کلید خودکار محافظ مدارباشد تا ازقطع کردن بموقع آن اطمینان حاصل شود.بنابراین درمورد مدارهای تک فاز که با فیوز وکلید اتوماتیک محافظت می شوند، حداکثر امپدانس مجازمداراتصالی زمین به ترتیب زیر می باشد.

$$Z = 220/3*If \qquad Z = 220/ 1.5 * Icb$$

دراین معادلات If و Icb به ترتیب ظرفیت اسمی فیوز وکلید اتوماتیک است .اکنون با توجه به شکل فوق درصورتی که یک فاز با بدنه تابلو متصل شده ومقاومت اتصال زمین ٤ اهم باشد داریم :

$$I= 220/(2+2) = 55 \quad A$$

اگرمنحنی قطع فیوزهای سریع ساخت زیمنس رادرنظر بگیریم این جریان توسط یک فیوز ۲۵ آمپری درمدت ۲ دقیقه وتوسط یک فیوز ۳۵ آمپری در۲۰ دقیقه قطع خواهد شد.ودرصورت انتخاب فیوزی با مقادیر بالاتر فیوز هرگز عمل نمی کندوتابلو برقدارمی ماند.که ازنظر ایمنی خطرناک است.اکنون فرض می کنیم هرکدام ازمقاومت اتصال زمینها ۱۰ اهم باشد داریم :

$$I=220/(10+10) = 11 \quad A$$

این جریان توسط یک فیوز ٦ آمپری درمدت حدود یک ساعت قطع خواهد شد وباوجود فیوزهای رنج بالاتر هیچگاه قطع نخواهد شد.ملاحظه می شود درصورت بالابودن مقاومت اتصال زمین ، عیب هیچگاه رفع نخواهد شد وخطرات بالقوه برای افراد باقی خواهد ماند.

- **اتصال زمین (ارت) موقت** : اتصال زمین یاارت موقت رانیز می توان بعنوان یک سیستم زمین حفاظتی منظور نمود.شاید اکثرکارگرانی که برروی شبکه کارمی کنند قطع کلید وبه طور کلی بازکردن شبکه ازسمت تغذیه آن رابعنوان بی برق شدن شبکه تلقی کنند،درحالی که شبکه بی برق به شبکه ای اطلاق می شود،که پس ازقطع مدارتست وتخلیه شده وگراند موقت درمعرض دید فرد مجری کارنصب شده باشد.درواقع پس از تست وتخلیه خط می بایست درطرفین محل کارگراند نصب شود.دلیل نصب گراند موقت را می توان احتمال وصل اشتباهی برق توسط اپراتورپست یا سایر همکاران ، راه اندازی ژنراتورهای اضطراری مشترکین ویا القا ولتاژ حاصل ازوجود مداری دیگر درمجاورت شبکه خاموش ذکرکرد.

- **نحوه ایجاد سیستم زمین** :

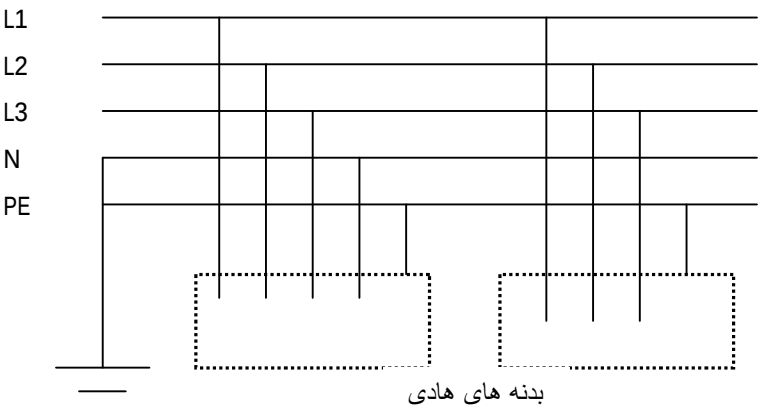
چنانکه درقسمتهای قبل ذکرشد درشبکه های برق نقطه صفر سیستم ، برقگیر ، سیم نول وبدنه تجهیزات الکتریکی می بایست زمین شود. به طور کلی ایجاد سیستم زمین درموارد فوق با استفاده ازحفرچاه ، کوبیدن میله واتصال کابل زمین به میله ارت انجام می شود .سالهای قبل سیستم زمین پستهای توزیع درسه نقطه ایجاد می شد بدین ترتیب که یک حلقه چاه جهت نول ، یک حلقه جهت بدنه تابلو ویک حلقه نیز جهت برقگیر وبدنه ترانسفورماتور حفرشده وموارد فوق زمین می شدند .ابتدا قبل از توضیح درمورد عملیات اجرایی سیستم زمین انواع مختلف سیستمهای زمین راطبق استانداردتوضیح می دهیم.طبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع درفشار ضعیف سه نوع سیستم زمین معمول است:

- **سیستم** TN :

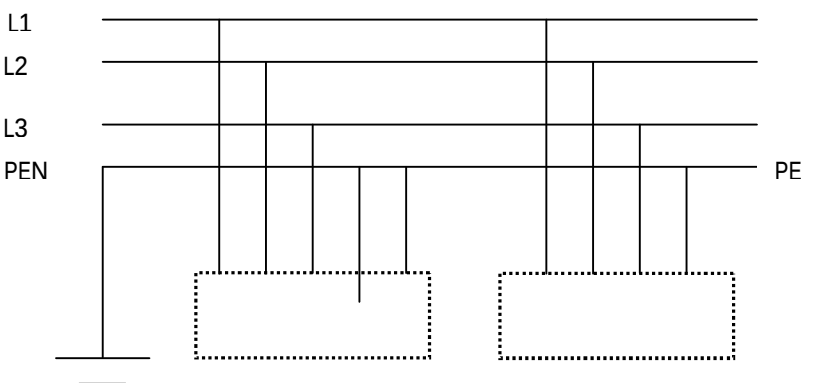
(حرف اول ازسمت چپ مشخص کننده رابطه سیستم با زمین وحرف دوم ازسمت چپ بیانگر رابطه بدنه های هادی تاسیسات با زمین است) T ، اول کلمه terre از زبان فرانسوی به معنای زمین است.

این سیستم ممکن است درسه گونه مختلف باشد.البته با توجه به اینکه مادرباره سیستم استاندارد صحبت می کنیم از توضیح درباره سیستمهایی که درحال حاضر مورد استفاده نمی باشند خودداری می کنیم

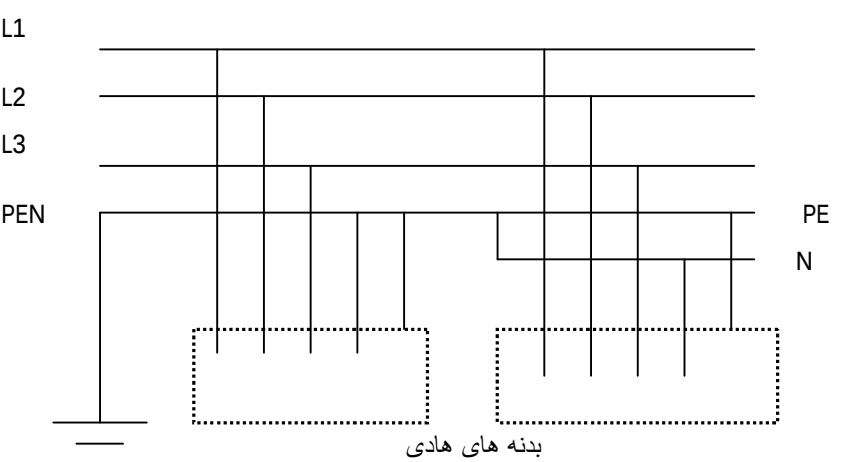
۱- سیستم TN-S



۲- سیستم TN-C



۳- سیستم TN-C-S



- **سیستم TT**

- **سیستم IT**

با توجه به شناخت وبررسی که پیرامون انواع سیستمهای توزیع بعمل آمده است ، انتخاب سیستم TN-C با درنظر گرفتن شرایط اختصاصی آن منطقی ومعقول به نظر می رسد.(طبق بند ۳۰۲ استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع)زیرا علاوه بربرآوردن نیازهای ایمنی ، از نظر اقتصادی نیز مقرو ن به صرفه می باشد.دراین سیستم بدنه هادی تجهیزات الکتریکی به نقطه خنثی وصل شده وبه طور مستقیم زمین می شوند.

- چگونگی اجرای سیستم زمین :

اکنون پس ازشناخت انواع سیستمهای زمین ونیز دلایل ایجاد این سیستم درشبکه های برق ابتدا به طور مختصر درباره مقاومت زمین بحث کرده وسپس راهکارهای اجرایی ایجاد سیستم زمین رامطالعه می کنیم.

- مقاومت زمین :

به طور کلی می توان گفت عواملی نظیر جنس خاک ، میزان رطوبت زمین ، عمق خاک ، دمای محیط ، جنس الکترود زمین وچگونگی قراردادن آن وقطر وپهنای الکترود زمین درمقاومت زمین موثرند . جدول زیر مقاومت مخصوص بعضی ازانواع خاک رانشان می دهد :

نوع زمین	مقاومت(اهم –متر)
مرداب وزمین باتلاقی	۴۰-۵

خاک رس وزمین زراعی	۲۰-۲۰۰
ماسه نرم ومرطوب	۲۰۰
شن یاسنگریزه مرطوب	۵۰۰
سنگریزه یا ماسه یا شن خشک	۱۰۰۰
زمین سنگلاخ	۳۰۰۰
صخره	۱۰۰۰۰

طبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع مقاومت کل اتصال به زمین هادی حفاظتی یا هادی خنثی هرسیستم نباید بیشتراز۲ اهم باشد.تادرصورت بروز اتصالی بین هادی فاز وزمین ، ولتاژهادی خنثی یا حفاظتی ازمیزان ۵۰ ولت که آستانه خطر برقگرفتگی می باشد ، تجاوز ننماید. با وجود این با توجه به اینکه درمناطق خشک ، صخره ای وسبگلاخی که درآن مقاومت زمین اتفاقی بیشترازمقدارفوق بوده واتصال به زمین اتفاقی هادی فاز به زمین برحسب تجربه وطبق داده های آماری از ۷ اهم بیشتر باشد ، حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین را می توان به جای ۲ اهم ازرابطه زیربدست آورد :

$$RS/RE \leq UL/(UO - UL)$$

که درآن :

- RS : حداکثر مقاومت مجاز اتصال زمین

- RE : حداکثرمقاومت اتصال به زمین اتفاقی

- UL : حداکثر ولتاژ مجاز تماس برای افراد(۵۰ ولت)

- UO : ولتاژ اسمی بین فاز وخنثی(۲۳۰ ولت)

- لوازم مورد نیاز جهت اجرای سیستم زمین:

۱- میله اتصال زمین : جنس این میله ازفولاد بوده وجهت افزایش هدایت الکتریکی آن ازروکش مس استفاده شده است.

۲- سیم اتصال زمین : جنس آن ازمس ومعمولا هم مقطع با سیم نول شبکه می باشد.

۳- کلمپ اتصال میله اتصال زمین به سیم زمین

٤- کلمپ اتصال سیم اتصال زمین به سیم نول شبکه

٥- لوله گالوانیزه محافظ به طول ۳ متر جهت قراردادن سیم اتصال زمین داخل آن

- روشهای مختلف اتصال زمین :

با توجه به نوع زمینی که می خواهیم سیستم زمین رادرآن ایجاد کنیم روشهای مختلفی برای اتصال زمین وجود دارد.

۱- استفاده ازالکترود میله ای:

طبق استاندارد قطر میله آهنی یافولادی نباید از۱٦ میلیمترکمتر بوده وطول آن ۲,٤٥ متر می باشد ومی بایست ازجنسی ساخته شده باشد که درشرایط موجود ودرطول عمر مفید پیش بینی شده برای آنها ، دچار خوردگی بیش ازحد نشود.ضمن اینکه سطح خارجی میله باید هادی جریان برق بوده ونباید رنگ ولعاب روی آن قرارگیرد.دراین روش جهت کاهش مقاومت زمین می توان ازتعدادی میله موازی استفاد ه کرد .البته فاصله بین میله های موازی نباید کمتر از طول کل هرمیله بوده وتعداد میله های موازی تا حدمعینی به کاهش مقاومت زمین کمک می کند که این مطلب براساس منحنی ذکرشده دراستاندارد قابل بررسی است.عمق کوبیدن میله ها نباید کمتر از۲,٤٥ متر باشد انتهای بالایی میله باید همسطح زمین یا پایینتر ازآن

باشد.البته درشرایط استثنایی نظیر برخورد به لایه سنگی عمق کوبیدن میله کمتر ازمقدار ذکر شده می تواند باشد یا اینکه می توان از روشهای دیگری جهت کاهش مقاومت زمین استفاده کرد.

۲- استفاده ازسیم یاتسمه یا ورق دفن شده :

درمناطقی که مقاومت ویژه خاک بالا است یا لایه های کم عمق سنگ درآنها وجود دارد ، استفاده ازسیم یاتسمه یا ورق دفن شده مناسب خواهد بود.

سیم مورد استفاده جهت سیستم زمین می بایست دارای قطر ٤ میلیمتر یا بیشتر بوده ورعمق حداقل ٤٥ سانتیمتری ازسطح زمین درراستایی مستقیم به طول ۳۰ متر دفن شده باشد.

ورق یاصفحه فلزی که مساحت آن از ۰,۵ مترمربع کمترنبوده وهردوطرف آن بازمین درتماس باشد.یک اتصال زمین قابل قبول راتشکیل خواهد داد.صفحه باید درجهت قایم قرارگرفته وعمق لبه بالایی آن ازسطح زمین نباید کمتراز ۱,۵ مترباشد . ضخامت صفحه اگر آهنی یا فولادی باشد نباید از٦ میلیمتر کمتر واگرگالوانیزه گرم باشد از ۳ میلیمتر واگر ازمس باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

۳- الکترود زمین ته تیر –صفحه ای یا چمبره ای :

درمناطقی که مقاومت ویژه خاک خیلی کم است می توان ازاین روش استفاده کرد.مشخصات چمبره وروش انجام آن درشکل صفحه بعد که ازاستاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع اقتباس شده ، آمده است.

٤- حفرچاه : درمناطق خشک وکویری نمی توان با استفاده از کوبیدن میله یا خواباندن سیم جهت کاهش مقاومت زمین اقدام کرد .دراین گونه مناطق از حفر چاه وکوبیدن میله یا خواباندن صفحه درکف چاه استفاده می شود. دراین صورت با انجام این اقدامات مقاومت زمین تا حد استاندارد کاهش نیابد از مخلوط نمک سنگ کوبیده شده وسرند شده با خاکه ذغال چوب وخام سرند شده که بهتراست خاک رس یا مشابه آن باشد با نسبت وزنی زیرباهم مخلوط وحداقل تاراتفاع ۱,۵ متری ازته چاه پرشده وکوبیده می شود.

نمک / زغال چوب / خاک با نسبت ۱/ ۰,۵ /۱۰

ضمن اینکه بقیه چاه با خاک سرند شده پر ولایه به لایه کوبیده می شود. لایه بندی نمک وزغال به این ترتیب است که خاکه ذغاب چوب دراطراف صفحه الکترود ریخته شده وکوبیده می شود به نحوی که حداقل ۰,۲ متربالاترازالکترود قرارگیرد .سپس به تناوب یک لایه نمک ویک لایه ذغال چوب درلایه هایی به ضخامت ۰,۱۵ متردراطراف الکترود تاارتفاع ۱,۵ متری ازته چاه پر شده وفشرده می شود. البته در سالهای اخیر از ماده جدیدی بنام بنتونیت نیز جهت کاهش مقاومت اهمی زمین استفاده می کنند.

- ولتاژ گام وولتاژ تماس :

وقتی جریان خطاازالکترود عبور می کند تا به داخل زمین تخلیه شود ، درهرنقطه اطراف الکترود یک میدان الکتریکی به وجود می آید.این میدان سبب القاء ولتاژهایی دراطراف الکترود زمین شده که ممکن است مقادیر بالا داشته وبرای موجودات زنده کشنده باشد لذا می بایست الکترودهای زمین به نحوی ترتیب داده شوند واجرا شوند که خطرات ناشی ازعبور جریانهای خطا درهنگام اتصال کوتاه یا صاعقه به حداقل ممکن تقلیل یابد برخی خطراتی که ممکن است دراثر این عامل بوجود بیاید را می توان به شرح زیربرشمرد:

- آتش سوزی دراثرحرارت ناشی از عبور جریان یا بروز جرقه درحضور مواد سوختنی

- برق گرفتگی دراثرتماس با الکترود یا بروز ولتاژ قدم دراطراف ئدرنزدیکی الکترود

با توجه به اینکه دراطراف پستهای هوایی وپایه های فلزی عبور ومرور زیاد بوده واحتمال تماس عابرین باآنها می باشد ، می بایست برای تنظیم ولتاژ قدم وتماس یک سیستم زمین مفید پیش بینی شود .با توجه به این توضیحات ابتدا قبل از توضیح درباره این سیستم زمین ، به تعریف ولتاژ های قدم وتماس می پردازیم .

- ولتاژ گام یاقدم :

اختلاف پتانسیل بین دونقطه رو ی سطح زمین است که به فاصله یک قدم ازهم فاصله داشته باشند.فاصله یک قدم معمولا یک مترفرض می شود.

این اختلاف پتانسیل به ترکیبات لایه سطحی زمین بستگی دارد ومقدارولتاژ گام درزمان خطای زمین می تواند به مقدارزیادی برسد .به همین دلیل وباتوجه به مسایل ایمنی لازم است مقدارآن محدود گردد.طبق آزمایشهای انجام شده مقدارمجاز جریان عبوری ازبدن انسان ازرابطه تجربی زیر بدست می آید:

$$Ik = 0.116 / \sqrt{t}$$

که درآن :

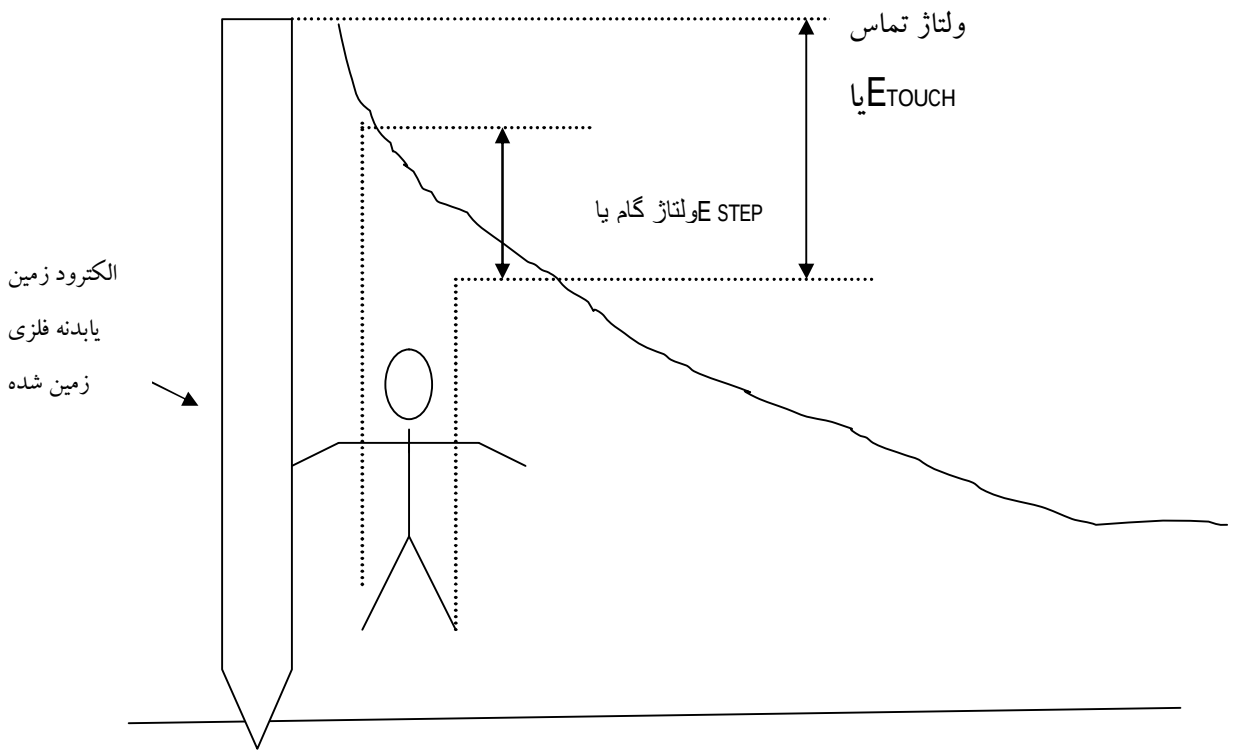
Ik : جریان برحسب آمپر

t : مدت زمان تداوم جریان برحسب آمپر

با توجه به مقدارمجاز جریان عبور یازبدن انسان وطبق محاسبات انجام شده حداکثر ولتاژ مجازگام می بایست به ۳۰۰۰ولت محدود شود.

- ولتاژ تماس :

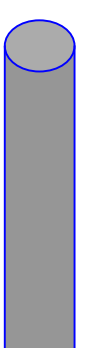
اختلاف پتانسیل بین قسمتهای فلزی زمین شده ونقطه ای روی زمین به فاصله افقی یک متراست .درواقع این ولتاژ بین دست وپای شخصی که قسمتهای فلزی را زمین می کند، قرارمی گیرد. شکل زیراین مورد رانشان می دهد.

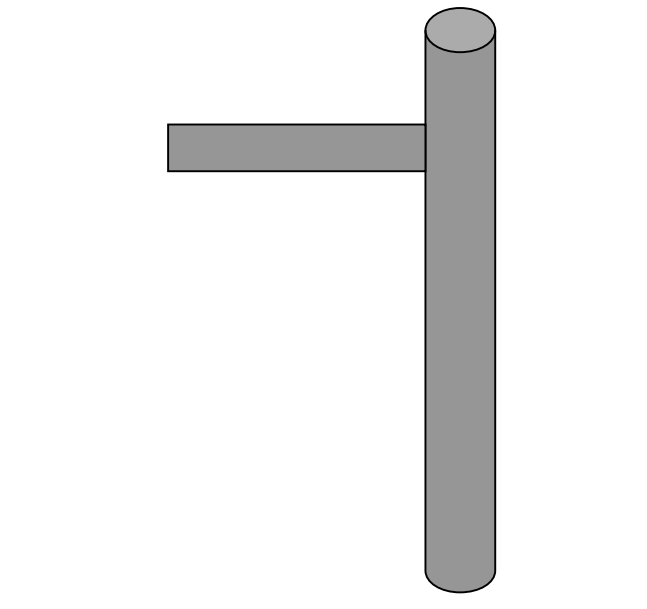


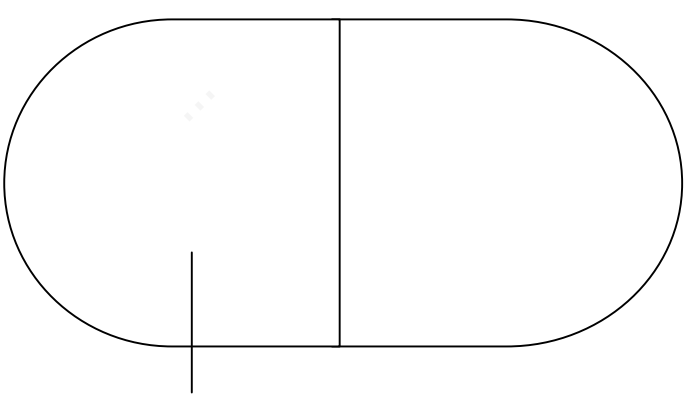
البته تعریف دیگری درمرجع شماره ۲ ذکرشده که درآن فاصله یک مترذکرشده درتعریف فوق رابرای تاسیسات انتقال منظور کرده واین فاصله رابرای بخش توزیع ۳متر ذکرکرده واینکه دراین حالت ایده زمین محدود به نقاط روی زمین نیست وشامل هرسطح دیوار که ازمواد غیر عایق ساخته شده ، لوله های فلزی ، ساختمان فلزی و... نیز می شود.

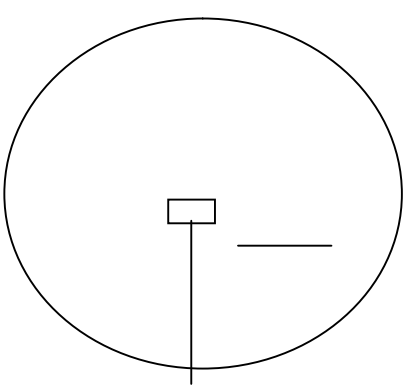
با توجه به محاسبات انجام شده ولتاژ تماس نجاز حداکثر برابر ۹۰۰ ولت می باشد.

با عنایت به توضیحات فوق می بایست با استفاده ازایجاد یک سیستم زمین ساده ولتاژ گام وتماس را به مقادیر مجاز محدود کنیم .برای این منظور وطبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع از دوحلقه تنظیم ولتاژ تماس که یک مورد برای پستهای توزیع هوایی که دارای دو الکترود زمین بوده ودیگری برای حالتی که سیستم دارای تنها یک الکترود می باشد طبق شکل زیراستفاده می کنیم.









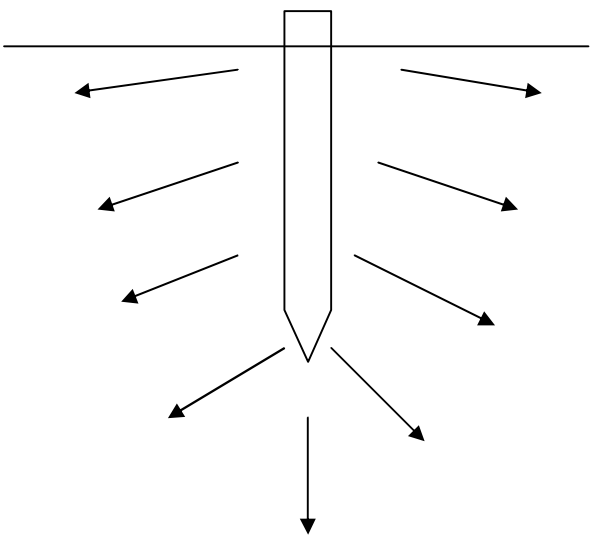
حلقه تنظیم ولتاژتماس وقدم الکترود تک تیر

حلقه تنظیم ولتاژتماس وقدم الکترود پست هوایی

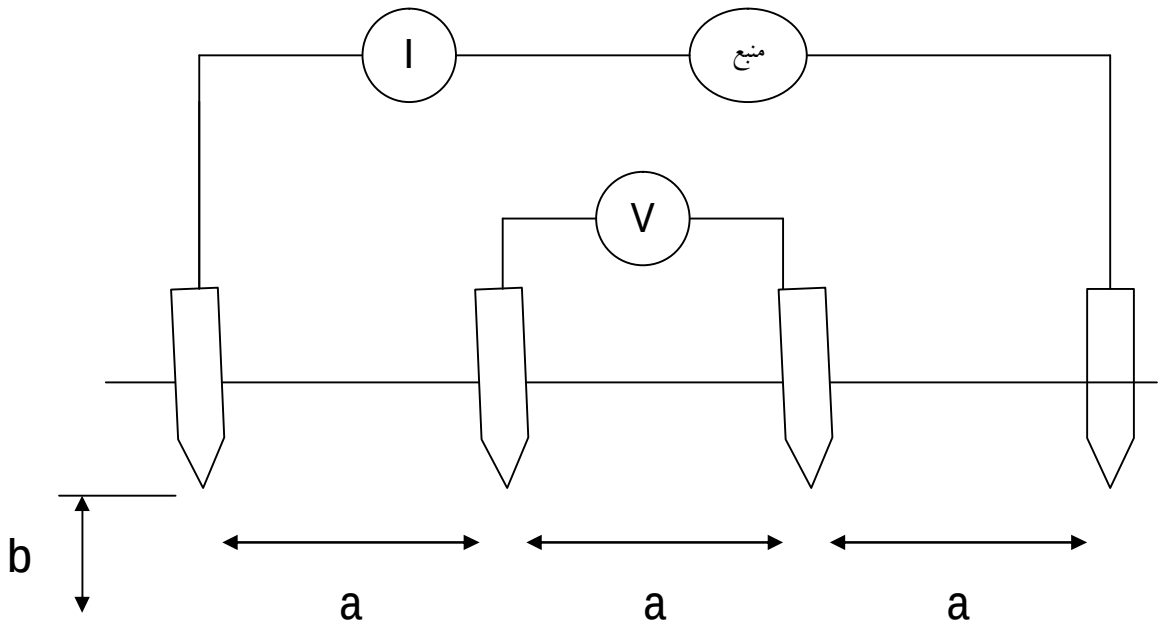
- روشهای اندازه گیری مقاومت زمین :

- روش چهار الکترودی{۲} :

این روش بوسیله wenner پیشنهاد شده وبراین اساس است که مقاومت خاک متناسب با افت ولتاژ حاصل ازعبور جریان زمین است که به صورت شعاعی عبور می کند.(شکل زیر)



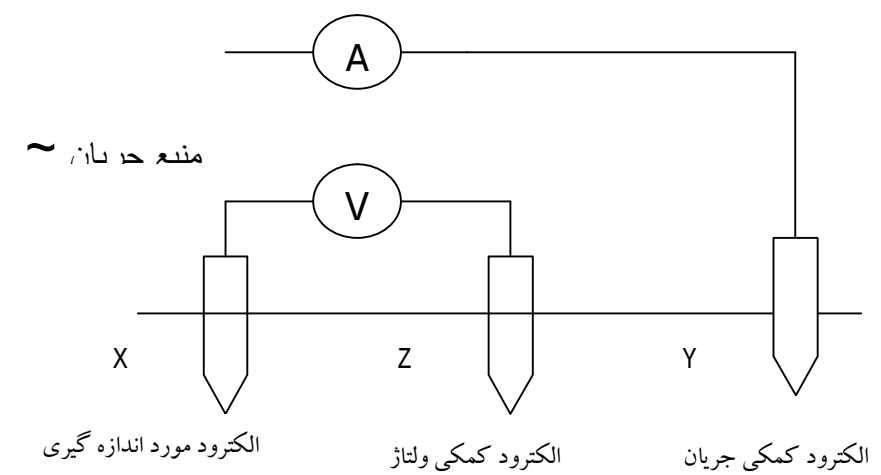
دراین روش ازچهار الکترود که دریک مسیر مستقیم بفواصل مساوی قرارگرفته اند ، استفاده می شود.جریان تزریقی بین دو الکترود بیرونی I وولتاژ بین دو الکترود داخلی V می باشد.



دراین روش می بایست طول الکترود دفن شده b خیلی کمتر از فاصله بین الکترود a باشد .درعمل نسبت b/a باید کمتر از ۰,۰۵ باشد.وجود لوله ها وتجهیزات فلزی زیز زمین ممکن است جوابها رادچار خطا نماید.درنتیجه چندین اندازه گیری درجهات عمود برهم لازم می باشد.

- روش سه الکترودی :

دراین روش که اساس کار کلیه دستگاههای مدرنی است که امروزه دردسترس می باشند ، از سه الکترود استفاده می شود . به شکل زیر توجه کنید



دراین روش الکترود X الکترودی می باشد که اندازه گیری مقاومت آن مد نظر می باشد .این الکترود می تواند مربوط به بدنه هادی دستگاههای برقی یا نقطه خنثی سیستم باشد.الکترودهای کمکی Y و Z که به ترتیب الکترود کمکی جریان ولتاژ می باشند ممکن است از قطعات لوله نیم اینچی یا میله های فولادی تشکیل شده باشند که تاعمق یک متری درزمین کوبیده می شوند.فواصل الکترودهای کمکی ازیک دیگر وازالکترود اصلی X بسیار مهم می باشد.درواقع چیزی که بنام مقاومت الکترود خوانده می شود ، مقاومت حجم خاکی است که الکترود رااحاطه می کند.وبه ان باصطلاح حوزه مقاومت الکترودزمین می گویند.درعمل بسته به زمین (خاک) ولایه های آن دراطراف الکترود وعوامل دیگری مانند رطوبت ومقدار املاح وغیره این حوزه ممکن است از ۱۰ تا۲۰ متر ادامه یابد.می توان درهنگام اندازه گیری عملی فاصله الکترودها را جابجا کرده ومیانگین مقادیر اندازه گیری شده رابعنوان مقاومت الکترود زمین منظور کرد.اگرنتیجه اندازه گیریها قابل قبول نبود ، الکترود جریان Y را به فاصله ای دلخواه مانند ٤٥ تا ٥٠ متری از الکتروذ اصلی منتقل کرده واندازه گیری راتکرار می کنیم.

- تاثیر مقاومت بالای زمین برایمنی افراد :

اکنون که با توجه به توضیحات فوق به اهمیت سیستم زمین پی بردیم می خواهیم حوادث منجر به فوت را که دراثر این عامل بوقوع پیوسته را مورد بررسی قراردهیم تا اهمیت آن بیش ازپیش روشن شود.

- درسالهای ٦٦ ، ٦٩ و ۷۰ درسه حادثه مشابه سه نفر طبق شرح زیر فوت می کنند:

دراثر یخبندان ولیز خوردن ، افراد جهت جلوگیری اززمین خوردن به تیر برق وسیم زمین متصل به آن متوسل می شوند که دراثر عدم وجود لوله محافظ سیم زمین وبرقداربودن آن فوت کردند .علت حادثه هر سه مورد بالابودن مقاومت زمین درشرایط یخبندان ، مقطع پایین سیم زمین ، عدم وجود اتصالات مناسب درسیستم زمین که خود باعث افزایش مقاومت آن شده بود وعدم وجود لوله محافظ سیم زمین ذکرشده است.

- درسالهای ٦٧ و ٦٩ دردوحادثه جداگانه دو نفرفوت می کنند علت حادثه اول ، برخورد کامیون با سیم فاز شبکه فشار ضعیف ، پاره شدن آن وافتادن درداخل جوی آب ذکرشده است.دختربچه ای درحال شستشوی دستهای خود درجوی آب دچار برقگرفتگی می شود.درحادثه دوم به علت نامشخصی یکی ازسیمهای شبکه فشار ضعیف پاره شده وروی زمین می افتد .جوانی درحین عبور ازکنار سیم پاره شده به علت تماس با سیم دچار برقگرفتگی شده وجان خودراازدست می دهد.چنانکه ملاحظه می شود درهر دومورد امپدانس بالای زمین محل حادثه با عث عدم قطع برق وحادثه گردیده است.

استاندارد خطوط هوایی

شبکه هوایی با استفاده از سیم لخت:

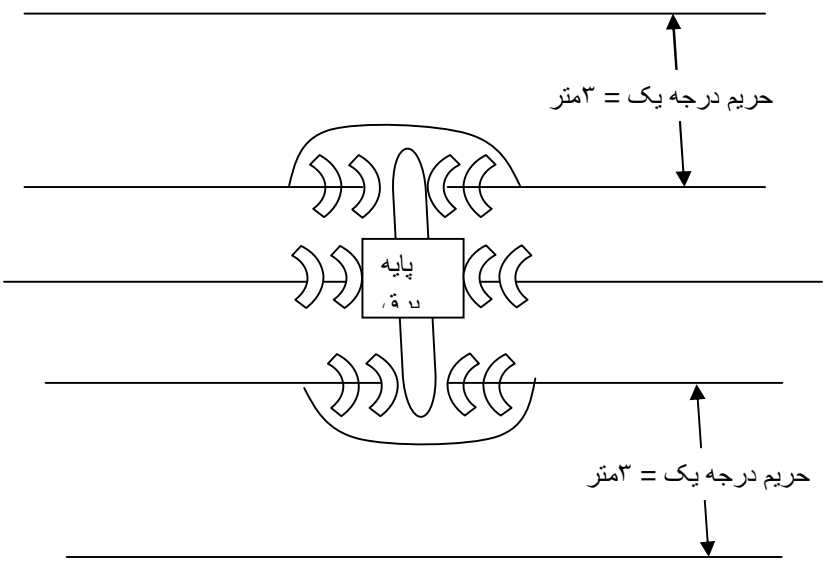
چنانکه می دانیم شبکه هوایی ارزانترین راه انتقال برق به نقاط مصرف است چنانکه اگر بخواهیم بطور سرانگشتی هزینه احداث یک کیلومتر شبکه با قیمتهای کالاها در حال حاضررا برآورد کنیم، برای خطوط هوایی حدود سیصد میلیون ریال است در حالی که این مبلغ برای شبکه زمینی حدودهشتصد میلیون ریال خواهد بود. با توجه به این هزینه ها عموما شرکتهای برق به سمت احداث شبکه های هوایی می روند.ولی دراین میان محدودیتهایی نیزبرای احداث شبکه های هوایی وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره خواهیم کرد.

محدودیتهای شبکه هوایی را می توان در دودسته محدودیتهای قانونی که به منظور ایمنی وضع شده اند و محدودیتهایی که درآینده بعلت احداث شبکه هابوجود خواهدآمد ، دسته بندی کرد.

الف- محدودیت قانونی یا حریم شبکه : بطور کلی کلیه تاسیساتی که ایجاد می شوند دارای یک حریم قانونی می باشند که رعایت آن لازم است.براین اساس برای شبکه های برق دو نوع حریم با عنوان درجه یک ودرجه دو تعریف شده است که طبق قانون وبرای شبکه های فشار متوسط (سطوح ولتاژ ۲۰،۱۱ و۳۳کیلوولت)بصورت زیر تعریف شده اند:

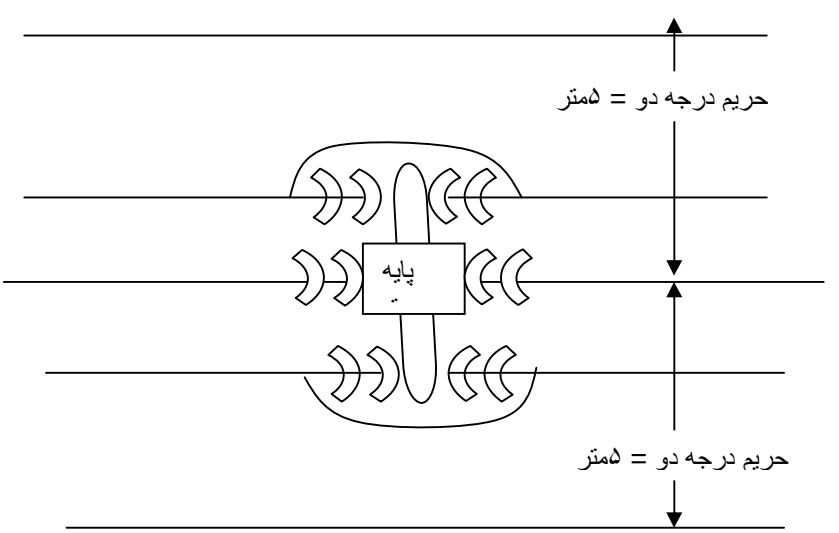
حریم درجه یک :

نواری در طرفین شبکه برق به عرض سه متر از سیم کناری است. دراین حریم احداث هرگونه تاسیسات مسکونی و تاسیسات دامداری یا باغ و درختکاری وانبارداری تا هر ارتفاعی ممنوع می باشد.و فقط ایجاد زراعت فصلی وسطحی وحفر چاه وقنات و راهسازی وشبکه آبیاری(در فاصله سه متر از پی پایه) ، مشروط به اینکه سبب خسارت به تاسیسات برق نشده وماده ۸ آیین نامه حریم رعایت گردد مجاز می باشد. شکل۷ محدوده حریم درجه یک خطوط فشار متوسط را نشان می دهد.



شکل۷: حریم درجه یک خطوط فشار متوسط

حریم درجه دو: نواری در طرفین شبکه به عرض ۵ متر از محور شبکه (پایه بتونی یا چوبی نصب شده)می باشد . دراین حریم احداث هر نوع ساختمان وکاشت درخت تا هر ارتفاعی ممنوع بوده وتنها کشت فصلی بلامانع است.شکل ۸ حریم درجه دو خطوط فشار متوسط را نشان می دهد.



شکل۸: حریم درجه دو خطوط فشار متوسط

ب- محدودیتهای آینده یاعدم امکان احداث تاسیسات درحریم شبکه :

درصورتی که وضعیت موانع موجود نظیر ساختمانهاودرختان اجازه احداث شبکه از نظر حریم را در حال حاضر به ما بدهد ،می بایست به این نکته توجه داشت که درآینده امکان احداث هیچ نوع ساختمان یاتوسعه ساختمانهای موجوددرحریم شبکه هایی که احداث می شوند ، وجود ندارد.

البته با راهکارهایی که وجود دارد ، می توان برخی مسایل حریم را حل کرد وشبکه را بصورت هوایی احداث کرد

تجهیزات مورد استفاده در شبکه های هوایی :جهت احداث شبکه های هوایی تجهیزات مختلفی استفاده می شوند که در این قسمت هر کدام را بطور مفصل توضیح خواهیم داد.

هادیهای مورد استفاده در شبکه :می توان گفت مهمترین قسمت شبکه های برق هادیها هستند زیراسایر قسمتها نظیر پایه ، مقره ها ، کلمپها و ... تنها جهت عایق کردن ونگهداشتن هادیها استفاده می شوند. درشبکه های برق ، انتخاب جنس هادیها بسیار مهم می باشد زیرا جنس فلز مورد استفاده می بایست ضمن دارا بودن استقامت مکانیکی لازم جهت مقاومت در برابر شرایط مختلف جوی نظیر سرما ، گرما ، وزن یخ ناشی از برف ، نیروی باد و ... هدایت الکتریکی بسیار خوبی نیز داشته باشد تا از افت ولتاژ و تلف شدن انرژی در آن جلوگیری شود.البته می بایست توجه داشت که قیمت این فلز نیز بسیار حایز اهمیت است.با بررسی که براساس خصوصیات گفته شده ونیز قیمت فلزات درگذشته انجام شده ، دو هادی مس و آلومینیم

برای استفاده در شبکه های برق مناسب تشخیص داده شده وسالهاست که از این دو هادی استفاده می شود. از میان این دو هادی نیز با توجه به افزایش قیمت مس استفاده از آن محدود به قسمتهایی شد که هادی آلومینیمی پاسخگو نبوده ،یا از لحاظ ابعاد تجهیزات ، امکان استفاده از آن میسر نبوده است.امروزه استفاده ازهادی آلومینیمی در شبکه های توزیع اولیه مرسوم بوده وهادی مس نیز برای احداث شبکه های توزیع ثانویه یا همان فشار ضعیف مورد استفاده قرار می گیرد.

مقایسه آلومینیم ومس از نظر خصوصیلت فیزیکی : فلز آلومینیم به عنوان یک هادی مناسب جریان برق نسبت به مس مزایا ومعایبی دارد.از جمله مزایای آن نسبت به مس وزن کمتر آن می باشد هر چند هدایت الکتریکی آن نسبت به مس کمتر می باشدولی به دلیل قیمت مناسبتر آن نسبت به مس، گستردگی استفاده از آن در شبکه های توزیع وانتقال بسیار بیشتر است. جدول۱ خصوصیات آلومینیم را در مقایسه با مس نشان می دهد.

شرح خواص	واحد	مس	آلومینیم	آلیاژآلومینیم
وزن مخصوص	Kg/dm^3	8.9	2.7	2.7
مقاومت کششی	N/mm^2	240-450	80-180	310
نقطه ذوب	°C	1083	658	658
ضریب انبساط حرارتی	$10^6/°C$	16.6	23.8	23
مقاومت در ۲۰ درجه سانتیگراد	Mm^2/m	0.01786	0.02857	0.03280

جدول۱ : مقایسه خواص مس و آلومینیم وآلیاژ آلومینیم

چنانکه ملاحظه می شود،درصورت استفاده ازهادی آلومینیمی باتوجه به مقاومت بیشتر این فلز،برای شرایط مساوی انتقال توان می بایست هادی باسطح مقطع بالاتر انتخاب گردد.

-انواع هادیهای آلومینیمی : چنانکه در جدول ۱ می بینیم مقاومت کششی آلومینیم بسیارکمتر از مس می باشد بنابراین در صورت استفاده از این هادی در اسپانهای طولانی امکان پاره شدن سیم وجود دارد .برای رفع این مشکل بجای استفاده از آلومینیم خالص معمولا از آلیاژ آلومینیم استفاده می گردد یا اینکه از روشهای دیگر نظیر مغزی فولادی برای افزایش استقامت کششی هادی استفاده می شود.در صورت استفاده

از مغزی فولادی می بایست آن را با استفاده از روی روکش نماید تا مغزی فولادی زنگ نزند. با توجه به این موضوع باید توجه داشت که استاندارد بودن مغزی فولادی نقش مهمی در استقامت سیم آلومینیمی دارد بنابراین می بایست این مغزی فولادی شرایط استاندارد طبق جدول زیر را داشته باشد.

جدول (۲) مشخصات مفتولهای فولادی

حداقل وزن روی (گرم بر متر مربع)	ضخامت روی گالوانیز شده (میکرون)	حداقل نیروی گسیختگی (نیوتن)		حداقل نیرو[1] (نیوتن)	وزن (کیلوگرم بر کیلومتر)	سطح مقطع استاندارد (میلیمتر مربع)	قطر استاندارد (میلیمتر)
		پس از بافته شدن	پیش از بافته شدن				
۲۱۴	۳۰	۳۶۳۹	۳۸۳۱	۳۴۲۷	۲۲/۸۲	۲/۹۲۶	۱/۹۳
۲۴۴	۳۴	۷۶۰۳	۸۰۰۵	۶۹۵۰	۴۷/۶۹	۶/۱۱۴	۲/۷۹
۲۵۹	۳۶	۱۳۰۸۴	۱۳۷۷۵	۱۱۵۹۹	۸۲/۰۶	۱۰/۵۲۱	۳/۶۶

براین اساس سازندگان هادیهای مختلفی با مشخصات متفاوت تولید کرده اند .این هادی که معمولا با یک نام اختصاری شناخته می شوند به شرح زیر می باشند :

AAC : All Aluminum Conductor
AAAC : All Aluminum Alloy Conductor
ACAR : Aluminum Conductor Alloy Reinforced
ACSR : Aluminum Conductor Steel Reinforced

در بیش از ۹۰ درصد نقاط جهان برای محلهای غیر آلوده از هادیACSR استفاده می شود و برای نقاط آلوده نیز در صورت کم بودن درجه حرارت محل هادی را با نوعی گریس به عنوان محافظ در مقابل خوردگی در اطراف رشته های فولادی یا در کلیه لایه ها استفاده می کنند.برای نقاطی که درجه حرارت بالایی در طول روز دارند بجای استفاده از گریس ، از مغزی فولادی با روکش آلومینیم استفاده می کنند.

اکنون اگر بخواهیم هادیهای مورد استفاده در شبکه های توزیع در سطح کشور را بررسی کنیم ابتدا باید اشاره ای به استانداردهای مختلف داشته باشیم.برای هادیهای مورد استفاده نامهای متفاوتی شنیده ایم که در برخی موارد مقطع آنها با هم برابر بوده یا آن مقطعی که ما در صحبتهای خود وبه عنوان عرف طراحی از

آن استفاده می کنیم ، مقطع واقعی هادی نمی باشد.جدول۲ برخی مشخصات هادیها را همراه با نام آنها نشان می دهد.

نام هادی	قطرهادی (mm)	سطح مقطع هادی(mm^2)	وزن هادی (kg/km)	مقاومت dcهادی در ۲۰ درجه(Ω/km)
Fox	8.27	42.8	149	0.772
Mink	10.98	73.6	255	0.449
Dog	14.15	118.5	394	0.270
Partridg	16.28	156.9	547	0.210
Lynx	19.53	226.2	842	0.154

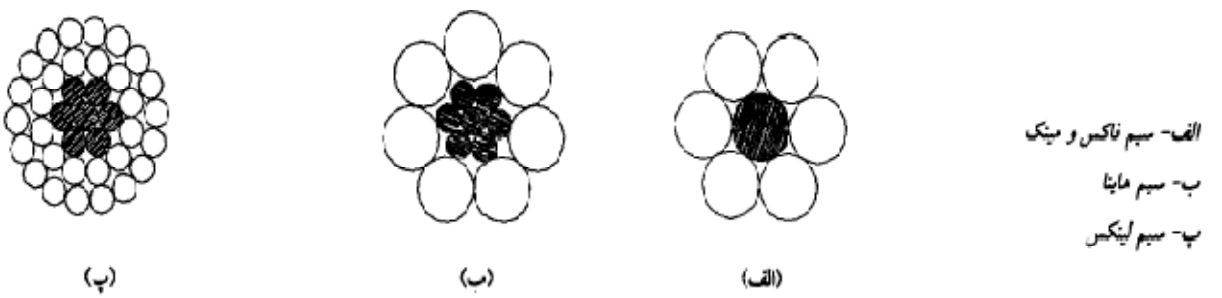
جدول۲ : مشخصات هادیهای متداول درایران

البته باید توجه داشت ، مقاومت هادی در ۲۰ درجه سانتیگراد داده شده وبرای محاسبه دقیق میزان تلفات و افت ولتاژ می بایست مقاومت هادی در دمای محیط و با استفاده از رابطه زیر اصلاح شود :

$$R_2=R_1((T+t_2)/(T+t_1)$$

ثابتT برای مس خالص۲۳۴,۴ ،برای آلیاژ مس ۲۴۱ و برای آلیاژ آلومینیم ۲۲۸ است.

مقطع هادیهای مورد اشاره در جدول فوق طبق استاندارد به شرح زیر می باشند:



شکل (۲) طرز قرار گرفتن مفتولهای آلومینیوم و فولاد

-شبکه هوایی با استفاده از سیم روکشدار(covered conductor) :

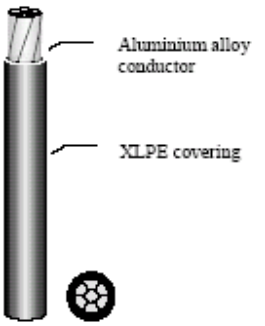
چنانکه در قسمت عیوب شبکه های هوایی گفته شد یکی از مسایل موثر در بروز عیب این شبکه ها لخت بودن هادی است که ضمن افزایش ضریب بروزخطرات جانی ممکن است در هنگام بارندگی وبهنگام تماس هادی با درختان یا در صورت بروز عیب در مقره ها سبب قطع برق شود متخصصان برای رفع این عیب از یک تکنولوژی جدید (البته در کشورهای اروپایی حدود سی سال است مورد استفاده قرارمی

گیرد) استفاده می کنند . در این روش بجای هادی لخت از یک هادی روکشدار استفاده می شود که البته این هادی روکشدار را نباید با کابل اشتباه گرفت ، زیرا روکش قرارگرفته روی هادی تنها امکان اتصالی در اثر برخورد فازها به همدیگر وزمین را از بین می برد و در برابر برقگرفتگی افراد ایمنی ایجاد نمی کندبه همین دلیل از کلمه روکش به جای عایق استفاده شده است. با استفاده از این نوع هادی، هزینه احداث شبکه نسبت به حالت استفاده از سیم لخت ، حدود ۳۰ درصد افزایش می یابد ولی قابلیت اطمینان شبکه نسبت به حالت قبل افزایش می یابد . نکته ای که در اینجا می بایست توجه داشت اینکه علیرغم روکشدار شدن هادی شبکه ، تاکنون قانون حریم این نوع شبکه نیز مشابه قانون ذکر شده فوق می باشد.شکل۲۰ نمای یک شبکه بااستفاده ازهادی روکشدار (COVERED CONDUCTOR)را نشان می دهد.

شکل۲۰:نمای شبکه اجرا شده با هادی روکشدار

۱-۹-ساختار هادی هوایی روکشدار :

هادی هوایی روکشدار از دو قسمت هادی و روکش تشکیل شده است. قسمت هادی می تواند انواع هادیهای ذکر شده در قسمت شبکه های هوایی با سیم لخت باشددر استاندارد کشورهای اسکاندیناوی وبدلیل رطوبت بالا در این کشورها، هادیها جهت جلوگیری از نفوذ طولی آب در هادی گریس اندود می باشند البته می توان آنها را بصورت خشک نیز تهیه کرد.با توجه به اینکه استفاده از روکش موجب افزایش قطرنهایی آن ودر نتیجه مسایل مکانیکی نظیر افزایش سطح بادخور می شود لذا هادیهارا در این تکنولوژی فشرده می کنند.دمای کار عادی این هادی۸۰درجه سانتیگراد ، دمای اضطراری آن ۱۰۰درجه سانتیگراد و دمای اتصال کوتاه آن می تواند به مدت ۵ثانیه به ۲۵۰ درجه سانتیگراد برسد.سطح مقطع رایج این هادیها ۵۰ ،۷۰،۹۵،۱۲۰،۱۵۰ و ۱۸۵ میلیمتر مربع است.جنس روکش این هادی از XLPE مشکی می باشد که در برابر اشعه ماوراء بنفش مقاوم بوده وبراختی لخت می شود. شکل ۲۱ مقطع یک هادی روکشدار را نشان می دهد.



شکل ۲۱ : شمای یک هادی روکشدار

این هادیها در دو نوع تولید شده اند :

الف-هادی روکشدار(Covered Conductor) : در این نوع یک روکش با ضخامت ثابت ۲ میلیمتر برای تمام رده های ولتاژ مورد استفاده قرارمی گیرد. این روکش می بایست در مقابل آب مقاوم باشد. این نوع در مقابل برخورد های اتفاقی برای دفعات تقریبا نامحدود مقاوم است.

ب-هادی با روکش ضخیم(Full Tickness Covering Conductor) : در این نوع ضخامت روش برای رده های ولتاژی متفاوت است.در این نوع علاوه بر روکش اولیه از یک روکش خارجی از جنس پلی اتیلن با دانسیته بالا استفاده می شود که این روش صرفا می بایست دارای کربن مشکی بوده و در مقابل اشعه ماوراء بنفش مقاوم باشد.ضخامت روکش خارجی نباید از ۰,۸ میلیمتر کمتر باشد. این نوع می تواند تماس مداوم بین فازها ویا فاز به زمین را برای مدت طولانی (در حدود سه ماه) تحمل نماید.

در نوع دوم علاوه بر روکش ذکر شده در قسمت قبل از یک روش خارجی پلی اتیلن دانسیته بالا استفاده شده که این روکش صرفا دارای کربن مشکی بوده وبرای مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش می باشد.

-نوع جدید هادی روکشدار : اخیرا نوع پیشرفته تر ی از مواد هادی مانند AERO-Z در کشور بلژیک طراحی شده که در هادیهای هوایی روکشدار در حال استفاده است.این هادیها ظرفیت جریان بیشتر وتلفات کمتری دارند.

۲-۹-تفاوت هادی روکشدار وسیم لخت از نظر صاعقه :

شاید بتوان تنها تفاوت هادیهای روکشدار ولخت را در نوع رفتار صاعقه در برابر این دو نوع هادی دانست. چنانکه می دانیم در لحظه برخورد صاعقه به خط ستونی از بارهای الکتریکی در قالب جریان تخلیه

صاعقه از ابر بطرف سیم برقرارمی شود. این ستون را می توان مانند یک سیم حامل جریان فرض کرد بنابراین در اطراف این ستون یک میدان مغناطیسی تشکیل می گردد که این میدان نیرویی را بر ستون قوس وارد می کند . این نیرو سبب حرکت قوس روی هادی شده ودر اولین نقطه ای که امکان تخلیه داشته باشد به زمین تخلیه می شود.در رابطه با هادیهای لخت با توجه به اینکه هیچ مانعی در راه حرکت ستون قوس وجود ندارد در طول هادی حرکت می کند لذا در یک موضع قرارنداشته وحرارت موضعی ایجاد نمی کند بنابراین هیچ آسیبی به خط وارد نمی کند ولی در مورد هادیهای روکشدار این موضوع متفاوت است.با توجه به وجود روکش در صورت برخورد صاعقه به خط ، امکان حرکت قوس در طول هادی وجود نداشته ودر یک موضع با ایجاد حرارت سبب آسیب به هادی و روکش آن می شود. برای حل این مشکل از شاخکهایی که می توان در هر ۳۰۰متر از طول خط در یک طرف پایه یا در دو طرف آن طبق شکل ۱۵ ایجاد می کنیم از بروز این مشکل جلوگیری کنیم.

-مزایای استفاده از هادی روکشدار:

۱-کاهش قطع برق بدلیل پوشش دار شدن هادی

۲-کاهش باند حریم خط.باید توجه داشت که این مساله به معنای کاهش حریم قانونی نمی باشد بلکه با توجه به لخت نبودن هادی می توان هادیهای سه فاز را روی پایه در فاصله نزدیکتری نسبت به هم در مقایسه با شبکه لخت نصب نمود.

۳-کاهش هزینه های تعمیرات ونگهداری شبکه

۴-افزایش ایمنی شبکه برای کارگران وعابرین

۵-حفظ محیط زیست بدلیل عدم نیاز به قطع درختان

۶-کاهش انرژیهای توزیع نشده

-معایب استفاده از هادی روکشدار:

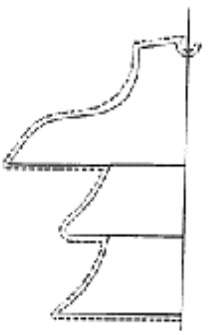
۱- نیاز به یراق آلات خاص این نوع خطوط

- مقره ها:

مقره یاایزولاتور به طور کلی تجهیزی است که درهرقسمت تاسیسات الکتریکی وبخشهای تحت ولتاژ ، شبکه رااززمین عایق کرده ویا بعنوان نگهدارنده آنها عمل می کند.مقره ها ضمن اینکه مهمترین نقش

را درشبکه های برق بعهده دارند، همواره درمعرض نامناسبترین شرایط کاری نظیر برف وباران ، آلودگی ، مه وشبنم ونیز شکسته شدن دراثر برخورد اجسام خارجی یاوارد شدن نیروی اضافی به آنها می باشند.

-**فاصله خزشی مقره** : طول منحنی فصل مشترک مقره وهوا را فاصله خزشی یا creepage distance می گویندطبق شکل زیر:



شکل (۱) فاصله خزشی مقره

- **ساختمان مقره** :

مقره ها از نظر جنس در سه نوع مختلف ساخته شده اند که عبارتند از:

۱- سرامیکی ۲- شیشه ای ۳- پلیمری

1-مقره های سرامیکی : در ساخت این مقره ها از نوعی عایق چینی که مخلوطی از پودر کائولین (خاک چینی) ، کوارتز و فلد اسپات می باشد. استفاده شده است. در پروسه ساخت مقره ابتدا مواد یاد شده را مخلوط کرده ورطوبت آن را پایین می آورند سپس آنها را در خلاء پرس می نماید تا هیچگونه حباب هوا در داخل آن نباشد.سپس آن را به شکل مورد نظر قالب گیری می کنند.پس از خشک شدن قالبهای تهیه شده آنها را لعاب داده و در یک درجه حرارت معین در کوره های مخصوص پخت می کنند. هر یک از مواد ذکر شده خواصی از مقره را تامین می کند فلداسپات استقامت مکانیکی و کائولین استقامت چینی در برابر حرارت را تامین می کند. ازمقره های چینی یا همان سرامیکی درخطوط هوایی فشار متوسط و ضعیف استفاده می شود. نوع سرامیکی دررنگهای قهوه ای تیره وخاکستری تولید شده اند.لعاب روی مقره سبب می شود سطح آن صیقلی وصاف شده واین سطح صاف سبب می گردد، ذرات موجود درهوای آلوده به مقره ها نچسبیده ودراثر بادوباران به راحتی تمیز وشسته شوند..ضمن اینکه گرمای جذب شده درطول روز ، از جمع شدن شب نم در طول شب روی مقره جلوگیری می کند.معمولا مقره ها را به صورت سطوح ناصاف

وبا ایجاد برآمدگی(چترک) می سازند.این مساله سبب می شود ضمن افزایش فاصله خزشی برای برآوردن فاصله مورد نیاز عایقی ، بخشهایی از مقره ازآب باران درزمان بارندگی مصون مانده ودرنتیجه درزمان بارندگی از شکست جنبی مقره ها جلوگیری شود.نکته قابل ذکر اینکه طول فاصله خزشی مقره ها براساس سطح آلودگی محیطی که قراراست در آنجا نصب شوند و سطح ولتاژ شبکه تعیین می شود.

۲-مقره های شیشه ای : مقره های شیشه ای از نظر خواص مورد نیاز در شبکه هااز نوع سرامیکی بهتر هستند ولی به دلیل عدم تولید در داخل کشور کمتر مورد استفاده قرارگرفته اند.مواد تشکیل دهنده این مقره ها مخلوطی از اکسید سیلیس(SiO_2) به میزان ۷۳ درصد ، اکسیدهای سدیم وپتاسیم حدود ۱۴ درصد و حدود۱۳ درصدسایر اکسیدها می باشد.برای ساخت مقره ، مواد یاد شده را در کوره حرارت داده وذوب می نمایند سپس ماده مذاب را در دو مرحله سرد کرده ودر داخل قالب قرارمی دهند و در نهایت عملیات سخت نمودن شیشه وشوکهای حرارتی را انجام می دهند تا شیشه تقویت شود. نوع شیشه ای دررنگهای سفید وسبز ورنگ تولید شده است. برخی مزایای مقره های شیشه ای نسبت به چینی به شرح زیر است :

- قدرت عایقی مقره شیشه ای بیشترازمقره چینی است. قدرت عایقی مقره چینی ۱۶۰ کیلوولت در هر سانتیمتر و برای مقره شیشه ای ۲۵۰ کیلوولت درسانتیمتر است.
- قدرت تحمل فشار مکانیکی در مقره شیشه ای سه برابر مقره چینی است.
- قدرت تحمل کشش مکانیکی مقره شیشه ای بیش از دو برابر مقره چینی است.
- مقره شیشه ای سبکتر بوده و در برابر ضربه مکانیکی ولب پریدگی مقاومتر است.
- مقره های چینی سه برابر زودتر از مقره های شیشه ای کهنه وفرسوده می شوند.
- ضریب انبساط حرارتی شیشه به ضریب انبساط حرارتی اجزای فلزی و سیمان مخصوص اتصال به کاربرده شده در ساخت مقره نزدیک می باشد پس فشارهای داخلی ناشی از تغییرات درجه حرارت در مقره های شیشه ای کمتر از چینی است.

۳-مقره های پلیمری(سیلیکون رابر) : این مقره که درسالهای اخیروارد بازار شده به سرعت جای خودرادرشبکه های توزیع بازکرده وجایگزین مقره های سرامیکی وشیشه ای می شود.دلایلی که سبب استفاده زیادازاین مقره هاشده رامی توان به شرح زیر برشمرد:

-احتمال آسیب دیدگی وشکستن آنها در حین حمل ونقل بسیار کم است

-در اثر پرتاب سنگ توسط رهگذران نمی شکند.

-خاصیت دفع آب آنها خوب است بنابراین آب با آلودگی روی مقره سبب نشت جریان روی آن نمی شود.
-جرقه ناشی از تخلیه سطحی هیچ اثری روی مقره باقی نمی گذارد در حالی که در مقره های چینی با عث از بین رفت لعاب می شد.

با توجه به این خصوصیاتی که ذکر شد به نظر می رسداستفاده از مقره های سیلیکون رابر بخصوص برای نقاط محل عبور راهگذران و چوپانان ، ضمن کاهش خاموشیهای ناشی از شکستن مقره ها ، وکاهش خاموشی ناشی از پانچ شدن مقره ها ، هزینه های تعمیرات ونگهدری را نیز کاهش می دهد. شکلهای ۸، ۹ و ۱۰ مقره های سیلیکون رابر واجزای تشکیل دهنده آن را نشان می دهد.چنانکه در شکلهای بعدی مشاهده می شود این مقره از یک مغزی از جنس فایبر گلاس، دو پین اتصال در ابتدا وانتهای مقره و یک پوشش از جنس سیلیکون رابرکه با تعدادی چترکهای مشخص تامین کننده فاصله خزشی نیز می باشد تشکیل شده است.

شکل۹: مقره سیلیکون رابر

شکل ۱۰ : پینهای اتصال مقره سیلیکون رابر

شکل ۱۱ : مغزی مقره سیلیکون رابر

-۲-۶-انواع مقره های مورد استفاده در خطوط هوایی :

الف-مقره های تکیه گاهی :

این نوع مقره ها از نوع توخای یا توپر بوده ودر خطوط هوایی تنها به عنوان پایه عایقی برای نصب سرکابلها مورد استفاده می باشند بطور کلی در هر نقطه ای که فاصله خزشی زیاد نیاز باشد از این نوع مقره استفاده می شود..شکل ۱۶ یک نوع از این مقره را نشان می دهد.

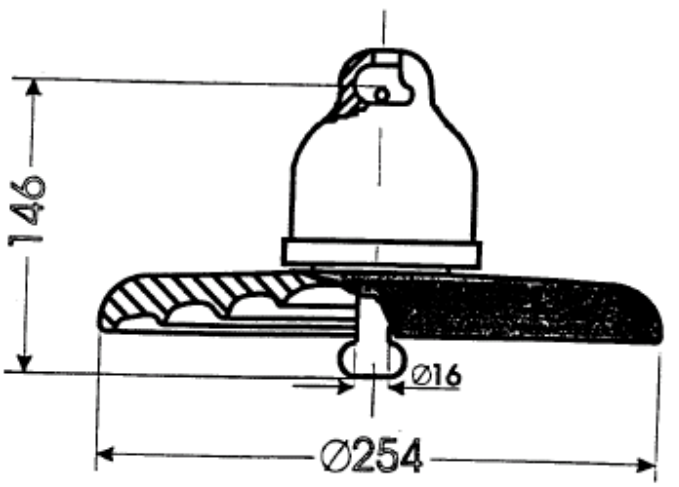
شکل ۱۶-مقره تکیه گاهی

ب-مقره های آویز یا کششی(بشقابی):

این مقره ها درخطوط هوایی انتقال وتوزیع برق بکاررفته ومعمولا به صوت زنجیر مقره با تعداد زیاد (بستگی به سطح ولتاژ)مورد استفاده قرارمی گیرند.تعداد مقره در خطوط هوایی توزیع معمولا برای سطح ۱۱

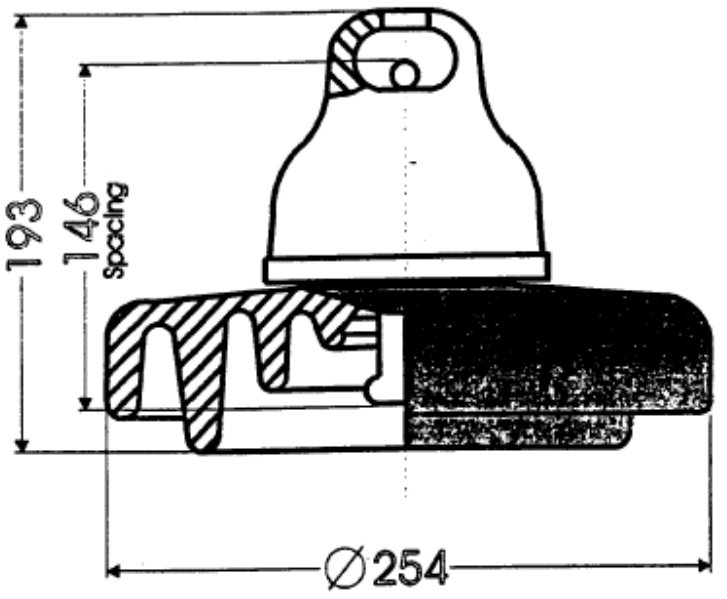
و ۲۰ کیلوولت ۲ مقره و برای سطح ۳۳ کیلوولت ۳ مقره در هر فاز می باشد. این مقره بصورت آویز یا در امتداد هادی مورد استفاده قرارمی گیرد.شکل ۱۷ این مقره ها را برای خطوط توزیع نشان می دهد.

شکل۱۷ : مقره بشقابی سرامیکی وشیشه ای



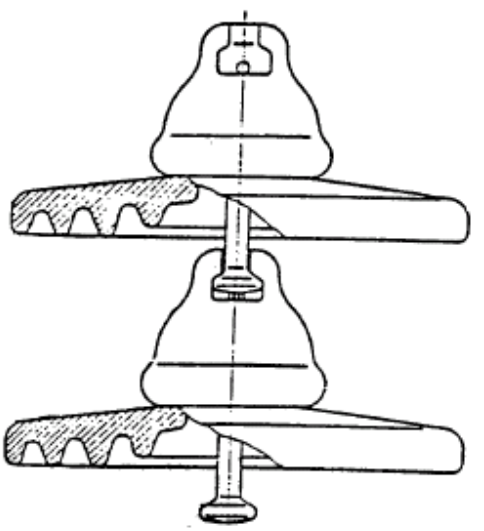
نمای جانبی وبرش مقطعی یم مقره بشقابی

۱-ب- مقره بشقابی مهی : نمای جانبی این نوع مقره بشقابی طبق شکل زیر می باشد:



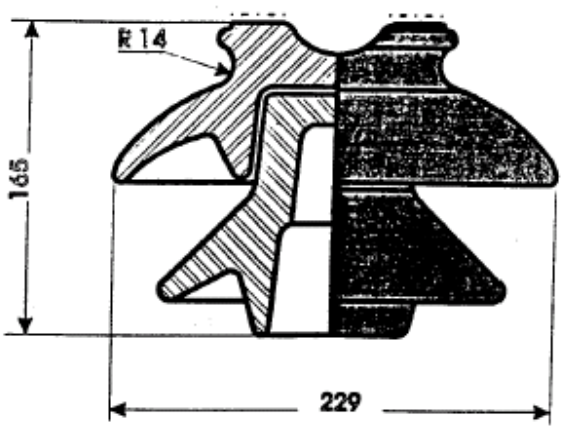
شکل (پ-۵) مقره بشقابی مهی

-شکل کلی یک زنجیره مقره :



ج -مقره های میخی یا سوزنی:ازاین مقره ها در خطوط هوایی توزیع برق استفاده می شود. این نوع مقره که جزء قدیمی ترین شکل مقره می بشد برای نصب در پایه های میانی خط یا پایه های در زوایای کمتر از ۱۵ درجه (بصورت دوبل) استفاده می شود. بشکل ۱۸ یک نوع از این مقره را نشان می دهد.

شکل۱۸ :مقره میخی خطوط توزیع برق



نمای جانبی وبرش مقطعی یک مقره سوزنی

۱-ج- مقره های سوزنی گرافیتی :اگر به شکل فوق توجه شود ملاحظه می گردد بخشی از سر مقره به رنگ سیاه بوده وبا سایر قسمتهای مقره تفاوت دارد در واقع این ناحیه لایه ای از گرافیت می باشد که میدان الکتریکی را در سطح مقره بصورت یکنواخت توزیع نموده و از تمرکز میدان در نزدیکی نقطه اتصال هادی به مقره جلوگیری می نماید.با این عمل از تحلیه جزیی وتولید پارازیتهای مزاحم رادیویی ومخابراتی جلوگیری می شود. سر مقره نیز خورده نمی شود. از این مقره ها در نواحی که مراکز رادیو وتلویزیونی ونیز مخابراتی مس باشد استفاده می گردد.

د- مقره چرخی یا قرقره ای : این نوع مقره در خطوط توزیع فشار ضعیف کاربرد دارد وبرای عبور سیم فشار ضعیف مورد استفاده قرارمی گیرد. این مقره ها توسط یک پین در خانه های راک مقره نصب می شود.شکل زیر یک نوع از این مقره را نشان می دهد.

ه- مقره مهار : این مقره ها در مسیر سیمهای مهار نصب شده وقسمت پایین سیم مهار را از قسمت بالای آن عایق می کند . با نصب این مقره ها ایمنی عابرین ونیز سیمبانانی که روی شبکه کار می کنند در صورت برقدار شدن اتفاقی سیم مهار بدلایل مختلف تامین می شود.شکل زیر یک نوع از این مقره را نشان می دهد.

-انتخاب مقره برای خطوط : انتخاب مقره برای نصب در خطوط بر اساس ولتاژ شبکه ، ارتفاع از سطح دریا ، دما و ... انتخاب می شود. یکی از مهمترین مواردی که در تعیین نوع مقره و بطور خاص فاصله خزشی

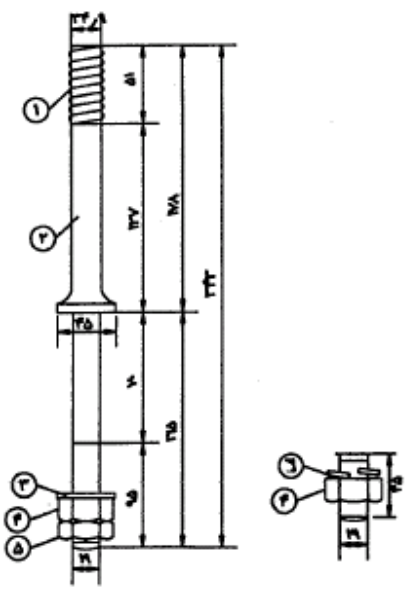
زنجیره مقره تاثیر دارد سطح آلدوگی منطقه است. با توجه به جدول تعریف سطوح الودگی که قبلا تعریف شد انتخاب مقره طبق جدول زیر انجام می شود:

جدول (۳) حداقل فاصله خزشی ویژه برای درجات آلودگی

درجه آلودگی	حداقل فاصله خزشی ویژه (mm/KV)	ملاحظـات
۱- سبک	۱۶	در مناطق با آلودگی بسیار ناچیز، بسته به سوابق کارکرد مقادیر کمتری برای حداقل فاصله خزشی ویژه (تاحداقل۱۲mm/KV) می‌تواند به‌کار رود.
۲- متوسط	۲۰	
۳- سنگین	۲۵	
۴- خیلی سنگین	۳۱	در شرایط آلودگی بسیار شدید ممکن است مقدار حداقل فاصله خزشی ویژه بیشتری درنظر گرفته شود.

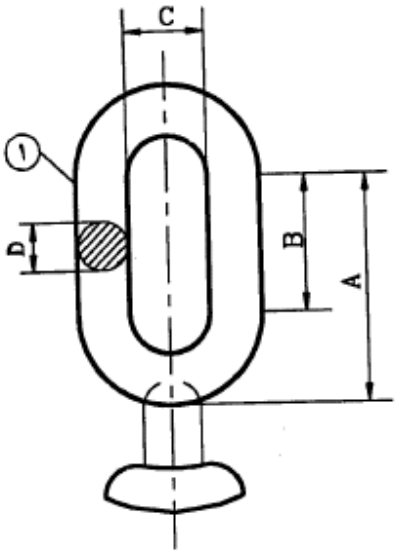
-یراق آلات مقره ها :

۱-میل مقره سوزنی با پیچ سربی برای شبکه ۲۰ کیلوولت طبق شکل زیر:

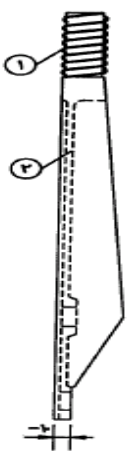


شکل (الف-۱)

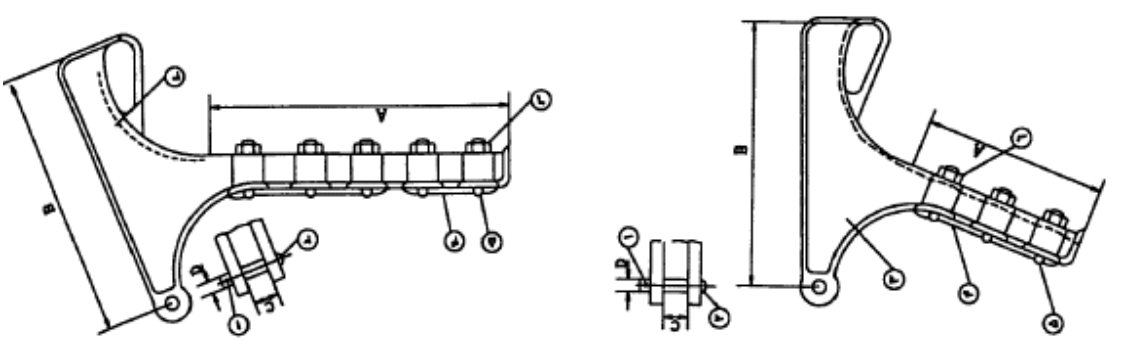
۲-رابط چشمی : این وسیله که از فولاد را روکش گالوانیزه گرم ساخته شده به شکل زیر می باشد و eye ball نامیده می شود.



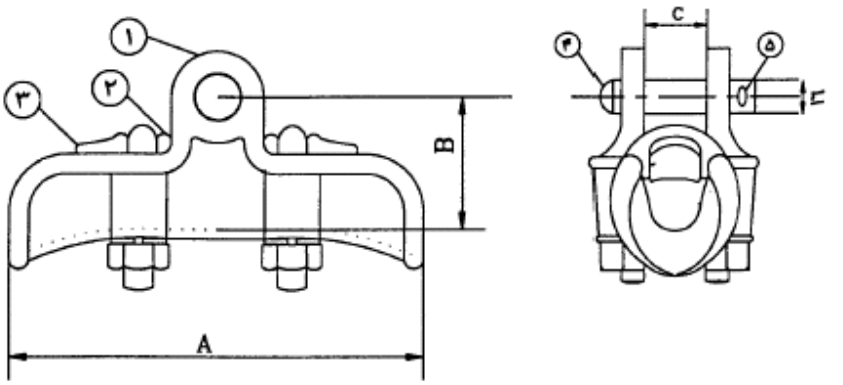
۳-پایه مقره راس تیر : جهت نصب مقره فاز وسط وروی پایه استفاده می شود.شکل آن بصورت زیر می باشد



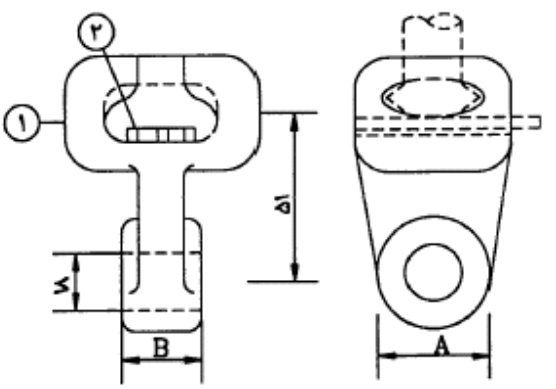
۴-گیره انتهایی سه و پنج پیچه : برای محکم کردن سیم آلومینیم به پایه هادی درون شیار این وسیله قرارگرفته و سپس این گیره با یراق آلات به مقره وصل می شود.شکل ان بصورت زیر می باشد



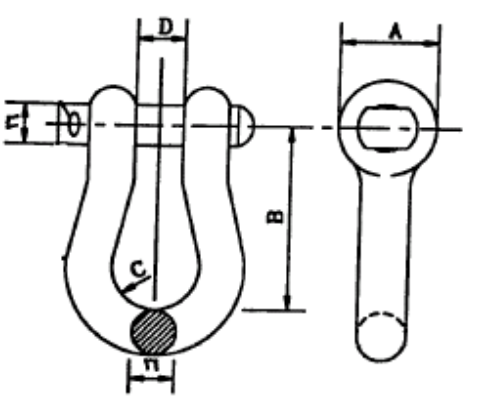
۵-گیره آویزی : شکل این گیره بصورت زیر می باشد :



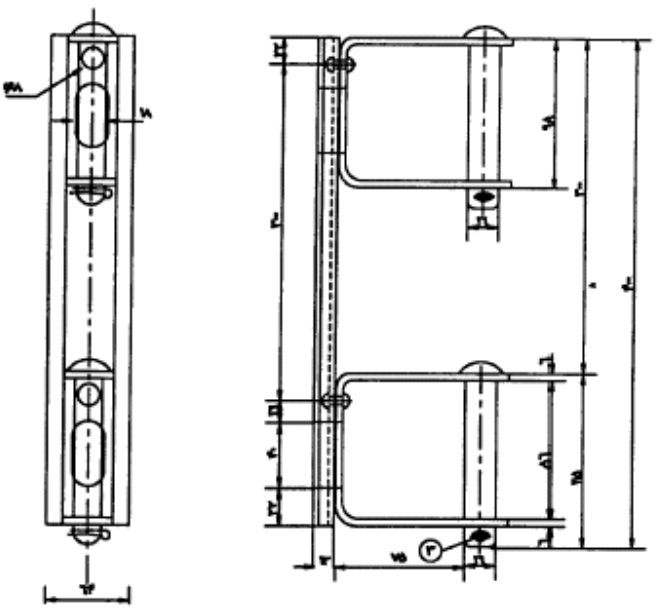
۶-رابط گیره آویزی : شکل این رابط بصورت زیر می باشد:



۷-رکاب انتهایی یا شکل یا یو شکل :



۸- راک دوتایی :



-نکاتی در خصوص شبکه های هوایی :

۱- اصلی کردن هادی : اتصال هادی به بالای مقره یا کنار مقره با استفاده از یک سیم مفتولی اصلی کردن گفته می شود. سطح مقطع مفتولی که برای اصلی کردن استفاده می شود طبق جدول زیر می باشد:

جدول (۴) مفتولهای اصلی

هادی خط هوایی	سطح مقطع مفتول اصلی (میلیمترمربع)	وزن در واحد طول[1] (گرم بر متر)
فاکس	۱۶	۴۳
مینک	۲۵	۶۸
هاینا	۲۵	۶۸
لینکس	۲۵	۶۸

پایه ها :

اگر بخواهیم پایه ها را از نظر نوع جنس تقسیم بندی کنیم ، می توان گفت در حال حاضر در سطح دنیا چهار نوع پایه مورد استفاده است که البته در کشورما تاکنون فقط ازسه نوع اول که در ادامه می آید استفاده شده است.

۱-پایه های بتنی ۲-پایه های چوبی ۳ – پایه های فلزی ۴- پایه های با مواد کامپوزیت

با توجه به اینکه ساخت پایه های بتونی راحت بوده ودر کارگاههای متعددی در سطح کشور تولید می شود ، امروزه این نوع پایه بیشترین استفاده را در سطح کشور دارد. از پایه های چوبی بدلیل وارداتی بودن در سالهای اخیر استفاده نمی شود و این پایه ها فقط از سالهای گذشته در شبکه باقیمانده وبا برداشت آنها در برخی نقاطی که امکان نصب پایه های بتونی وجود دارد ، پایه های چوبی را برای نقاط صعب العبور که حمل پایه های بتونی امکانپذیر نیست استفاده می کنند. از پایه های فلزی که بصورت برجهای فلزی یا در سالهای اخیر پایه های تلسکوپی ساخته می شوند در نقاط صعب العبور که امکان رانش زمین وجود دارد همراه با فونداسیون سیمانی استفاده می شود.با توجه به اینکه در رابطه با تیرهای بتونی اطلاعات زیادی وجود دارد لذا از توضیح درباره آنها صرفنظر کرده وپایه های چوبی را توضیح می دهیم.

-پایه های چوبی :

با توجه به استانداردایران برای تولید این نوع پایه ها ازچوب درختان کاج ، صنوبر ، راش و اکالیپتوس استفاده شده و پس از مرحله فرآوری قابل استفاده می باشد.پایه های چوبی دارای سه مزیت اساسی می باشند :

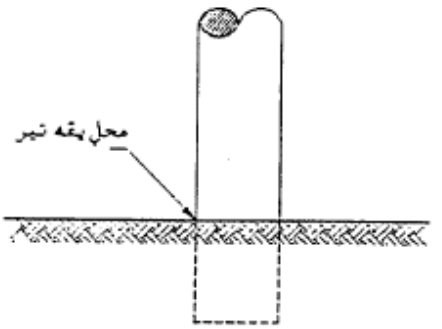
۱-بصورت طبیعی عایق خوبی می باشند.

۲-حمل ونقل آنها آسان است

۳-در مناطقی که چوب بطور فراوان است ارزانتر تمام می شوند.

-مشخصات تیر های چوبی :

-یقه تیر : فصل مشترک بین سطح زمین وتیر چوبی یقه تیر گفته می شود.کطابق شکل زیر :



شکل (۱) محل یقه تیر

-محیط سینه تیر : محیط آن قسمت از تیر که در فاصله ۱۸۳ سانتیمتری از ته تیر قرارگرفته است محیط سینه تیر نام دارد.

معایب تیرهای چوبی :

۱-امکان آتش گرفتن آنها در اثر رعد وبرق وجود دارد.

۲-در نقاط شرجی نظیر سواحل امکان آتش گرفتن پایه بدلیل تخلیه جزیی از فاز وسط به سر تیر می باشد.

۳-امکان آتش سوزی آنها در آتش سوزی زمینهای کشاورزی وجود دارد.

۴ امکان پوسیدگی آنهاوجود دارد.

با توجه به معایب ذکر شده وبخصوص بهنگام تعمیرات می بایست دقت کرد هیچ نوع عملیاتی روی تیرهای چوبی آسیب دیده انجام نشود.

پوسیدگی تیرهای چوبی :

معمولا پوسیدگی چوب در قسمتهای مماس با زمین(۳۰سانتیمتر بالاتر از سطح زمین و ۶۰ سانتیمتر پایینتر از سطح زمین) اتفاق می افتد در صورتی که تیرهای چوبی به مرحله پوسیدگی پیشرفته رسیده باشند ، چوب پوک ، نرم ونخ نخ می شود . در این صورت چوب شکننده بوده ونباید هیچ نوع عملیاتی روی پایه صورت بگیرد.

کلاس پایه های چوبی :

کلاس هر پایه براساس حداقل محیط و حداقل قطر سر تیر ، میزان تغییرات مجاز قطرتیرو نیروی شکست تیر تعیین می شود.پایه های چوبی مورد استفاده در شبکه های برق را به ۷ کلاس تقسیم بندی کرده

اند که قویترین آن در کلاس یک وبقیه به نسبت کاهش قطر سر تیر وقطر سینه تیر(سینه تیر قسمتی است که در ارتفاع ۱۸۳ سانتیمتری از ته تیر قرارگرفته باشد) تقسیم بندی می شوند.برخی شخصات تیرهای چوبی در جدول ۳ امده است. برای اطلاعات بیشتر می توانید به استاندارد مشخصات تیرهای چوبی و کراس آرمهای چوبی مراجعه نمایید.

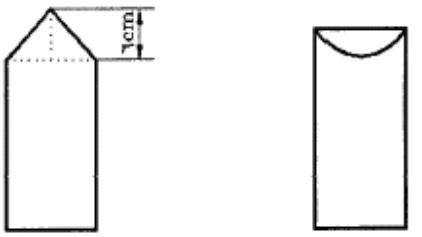
کلاس تیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سرتیر(cm)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸
حداقل قطر سرتیر(cm)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
نیروی شکست(kgf)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰
حداقل محیط سینه تیر۹متری(cm)	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳,۵	۷۰	۶۲	۵۸,۵
حداقل محیط سینه تیر۱۲متری(cm)	۱۰۱,۵	۹۵	۹۱,۵	۸۲,۵	۷۷,۵	۷۱	۶۶

جدول ۳ : مشخصات تیرهای چوبی

-**محل استفاده بر حسب کلاس پایه** : پایه های کلاس یک برای شبکه های فشار قوی ، کلاسهای ۲ ، ۳ و ٤ برای شبکه های فشار متوسط و کلاسهای ٥ ، ٦ و ۷ برای شبکه های فشار ضعیف مناسب می باشند.

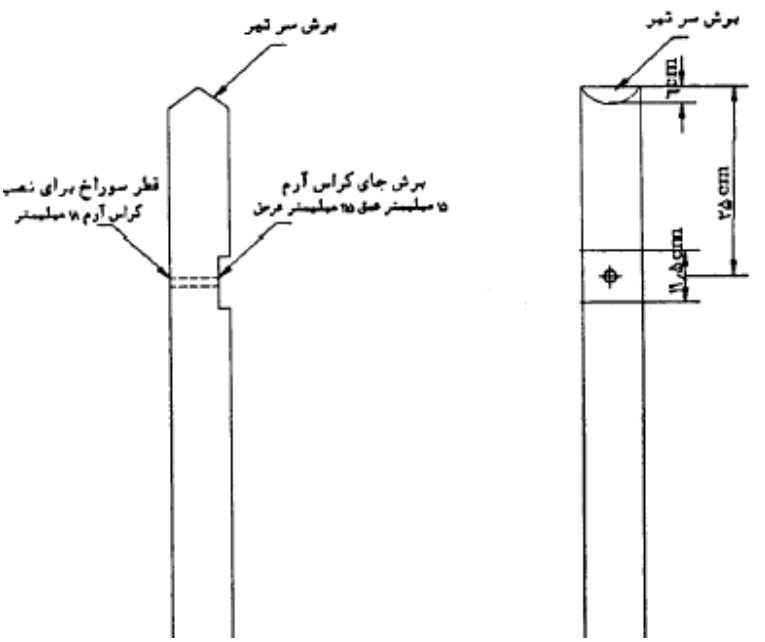
-**طول پایه های چوبی** :بطور معمول طول تیرهای چوبی مورد استفاده در شبکه برق بین ۸ تا ۱۸ متر می باشد.طولهای ۸،۹،۱۱،۱۲،۱٤،۱٥،۱۷ و ۱۸ متر مورد استفاده می باشد.

-**برش سر تیر** : به منظور حفاظت تیر از آثار باقی ماندن برف وباران بر سر آن ونیز جلوگیری از لانه کردن پرندگان روی پایه های چوبی برش سر تیر باید بصورت مثلثی با ارتفاع بین ٦ تا ۱۰ سانتیمتر طبق شکل زیر باشد.



شکل (۱۷) برش سر تیر

-محل نصب کراس آرم روی پایه چوبی : کراس آرم در فاصله ۲۵ سانتیمتری از پایه چوبی و در محل تعبیه شده طبق شکل زیر نصب می شود:



-حداقل عمق دفن پایه های چوبی : طبق استاندارد جدول زیر حداقل عمق دفن پایه های چوبی در زمینهای مختلف را نشان می دهد:

جدول (۷) حداقل عمق دفن پایه‌های چوبی

نوع خاک	معمولی			سست			خوب			سنگ‌دار		
شرایط آب و هوایی نوع پایه (متر)	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین
۸	۱/۴	۱/۵	۱/۷	۱/۶	۱/۹	۲/۰	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۱	۱/۱	۱/۲
۹	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۹	۲/۱	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۰	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۲/۰	۲/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۱	۱/۶	۱/۷	۱/۹	۱/۸	۲/۱	۲/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۲	—	۱/۷	۱/۹	—	۲/۱	۲/۳	—	۱/۶	۱/۷	—	۱/۳	۱/۴
۱۳	—	۱/۸	۲/۰	—	۲/۲	۲/۴	—	۱/۶	۱/۷	—	۱/۳	۱/۴
۱۴	—	۱/۹	۲/۱	—	۲/۳	۲/۴	—	۱/۷	۱/۷	—	۱/۴	۱/۵
۱۵	—	—	۲/۱	—	—	۲/۵	—	—	۱/۸	—	—	۱/۵
۱۶	—	—	—	—	—	—	—	—	۱/۸	—	—	۱/۶
۱۷	—	—	—	—	—	—	—	—	۱/۹	—	—	۱/۶
۱۸	—	—	—	—	—	—	—	—	۱/۹	—	—	۱/۷
۱۹	—	—	—	—	—	—	—	—	۲/۰	—	—	۱/۷

-مشخصات خاک ذکر شده در جدول فوق :

- **خاک معمولی** : گل خشک وسفت ، شنزار خشک وسفت و شن به هم فشرده وسفت

- **خاک سست** : گل نرم وتر ، شن نرم وتر ، گل خشک مخلوط با ماسه نرم وطبقات گل وماسه

- **خاک خوب** : شن درشت به هم فشرده ، سنک وکل طبق شده ، سنگ سست وشن وماس که خوب پهن شده باشد.

- **خاک سنگ دار** : خاکی که محتوی سنگهای با حجم متوسط وسخت باشد.

پستهای زمینی

یکی از مهمترین المانهای شبکه های توزیع در شهرها پستهای زمینی است.معمولا در برخی نقاط بدلیل تراکم بار بالا ، تامین تقاضای مشترکین از طریق احداث پستهای هوایی(بدلیل

محدودیت در ظرفیت ترانسفورماتورهای منصوبه روی پایه)امکانپذیر نمی باشد از طرفی نیز حریم ساختمانها در شهرها این امکان را نمی دهدلذا بخصوص در نقاط پرتراکم مرکزی شهر شرکتهای توزیع می بایست با احداث پستهای زمینی انرژی را بین مشترکان توزیع نمایند.در گذشته دو نوع پست بصورت زمینی احداث می شد که عبارتند از پستهای کیوسکی وساختمانی . ولی با گذشت زمان وتغییر شرایط اقتصادی در شهرهای بزرگ وافزایش ارزش زمین در نقاط مرکزی ومراکز تجاری امروزه تامین زمین محل پستهای زمینی به عنوان یک معضل بزرگ وچالش جدید شرکتهای توزیع با متقاضیان درآمده است

-معیارهای طراحی پست زمینی :

۱-توجه به مبلمان شهری : امروزه یکی از مهمترین عوامل وپارامترها در ساخت کلیه تجهیزات ودر همه زمینه ها زیبایی است بخصوص اگر قرارباشد آن دستگاه در معابر عمومی و در خیابانها و... استفاده شود.در رابطه با احداث پست زمینی نیز باید توجه شود که در احداث آن این موضوع مد نظر قرارگرفته ومطابق با فضاهای شهری طراحی انجام شود. براین اساس وبا توجه به فضاهای اختصاصی به پستها ونیز تجهیزات موجود می توان طرحهای مختلفی از ساختمانها را با نماهی مختلف برای پستها طراحی واحداث کرد. البته در طراحی پست اصول فنی نظیر حریم تاسیسات نسبت به همدیگر و ... می بایست کاملا رعایت شود.

۲-ظرفیت پست : اولین گزینه مهم وفنی در طراحی یک پست تعیین ظرفیت آن است. در انتخاب ظرفیت پست چندین گزینه می بایست به شرح زیر می بایست مد نظر قرارگیرد.

۱- تقاضای فعلی در محدوده پست مورد نظر را مورد توجه قرارداد .

۲- سپس امکان تسهیل شرایط بهره برداری با احداث پست جدید مورد توجه قرارگیرد. به این معنا که در بهره برداری از شبکه های موجود گاهی با مشکلاتی از قبیل پربار شدن پستهای موجود ، افت

ولتاژ بدلیل افزایش طول فیدرهای فشار ضعیف و... مواجه می شویم که می توان با احداث یک پست جدید این موارد را نیز رفع کرد بنابراین به هنگام احداث یک پست جدید می بایست این موضوعات مد نظر قرارگیرد.

۳- امکان توسعه آینده در محدوده پست را در نظر گرفت. واین موضوع را نیز در پیش بینی ظرفیت پست مد نظر قرارداد.

۴- در انتخاب ظرفیت پست به این نکته که حداکثر به میزان ۸۰ درصد از ظرفیت ترانسفورماتور استفاده شود توجه داشته باشیم.

۵- با توجه به ارتفاع از سطح دریا و حداکثر دمای محیط وبراساس ضرایب استاندارد ، ظرفیت ترانسفورماتورهای منصوبه در پست انتخاب شود.

۶- جهت افزایش قابلیت اطمینان دو دستگاه ترانسفورماتور نصب شود یا امکان افزایش یکدستگاه ترانسفورماتور دیگر نیز پیش بینی شود.

۳-شرایط اقلیمی :یکی از نکات دیگری که در طراحی یک پست می بایست در نظر گرفته شود شرایط اقلیمی منطقه از نظر میزان بارش برف وباران و حداکثر دمای محیط است که در معماری ونیر نوع خنک کنندگی پست موثرمی باشد. معمولا ساختمان پست به گونه ای احداث می شود که قابلیت تهویه طبیعی را داشته باشد.ولی می بایست امکان نصب فن برق در ان پیش بینی شود تا در مواقع ضروری بتوان از آن استفاده کرد.با این وجود سقف پست را می توان برای نواحی گرم وشک وبا بارندگی کم برف وباران نظیر شهر شیراز وبسیاری از نواحی تحت پوشش توزیع شیراز سقف معمولی در نظر گرفت ودر منطقه سپیدان بدلیل بارش برف از سقف شیبدار استفاده کرد.

۴-زمین پست : امروزه یکی از مهمترین مشکلات در نقاط مرکزی شهر تامین زمین پست می باشد.برای حل این مشکل در پستهای ساختمانی می توان پیشنهاداتی را مطرح کرد.

-**پست یک طبقه** :زمین مورد نظر برای یک پست یک طبقه یا یک ترانسفورماتور ۳۳ متر مربع وبرای یک پست با دو ترانسفورماتور ۵۷ متر مربع است البته این موضوع زمانی در استاندارد ایران گنجانده شده که تجهیزات مدرن امروزی نظیر تابلوهای کمپکت با گازsf6 تولید نشده بود .با توجه به این موضوع امروزه حدود ۳۶ مترمربع برای یک پست با دو ترانسفورماتور کفایت می کند.

-**پست دو طبقه** : پستهای استاندارد دو طبقه برای حالتی که تهیه زمین مشکل می باشد که برای احداث یک پست دو ترانسفورماتوره می بایست ۳۱ متر مربع زمین اختصاص یابد.

-**پستهای خاص** : برای مواردی که شکل زمین در دسترس شکل خاصی نباشد.

-**کف کانال یا نیم طبقه** : نکته مهمی که می بایست مد نظر قرارگیرد پیش بینی سهولت بهره برداری وتعمیرات در پستهای زمینی است.این موضوع بخصوص در مورد کابلهای ورودی وخروجی به کابل مهم می باشد .به این منظور در برخی موارد یک نیم طبقه در کف پست جهت ورود وخروج کابلها پیش بینی می شود یا اینکه یک کانال در زیر تابلوهای پست حفر شده وتابلوها روی کانال زنده قرارمی گیرند.

-**تجهیزات پستهای زمینی** : با توجه به اینکه استاندارد این تجهیزات بصورت جداگانه تدوین شده در اینجا بطور خلاصه به برخی خصوصیات آنها اشاره خواهیم کرد:

-**ترانسفورماتور** : ترانسفورماتورهای منصوبه در پستهای زمینی در محدوده قدرتهای ۴۰۰ وبالاتر می باشد البته گاهی از ترانسفورماتورهای کوچکتر نیز در این نوع پستها استفاده شده است. این ترانسفورماتور تا کنون از نوع روغنی بوده که از نظر ابعاد وارتفاع ملاحظات خاصی دارند ولی اخیرا و بطور حتم در سالهای آینده در سطح گسترده تر استفاده از ترانسفورماتورهای خشک بعنوان یم امکان بهتر رواج خواهد یافت. نکته دیگری که می بایست توجه داشت استفاده از ترانسفورماتور خشک در برخی موارد نظیر ساختمانهای تجاری و مسکونی ، مراکز بهداشتی نظیر بیمارستانها ونیز فرودگاهها توصیه می شود زیرا از ایمنی بالاتری برخوردار بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی کند.از طرفی نیازی به سرویس ونگهداری دوره ای ندارد.

ترانسفورماتورهای روغنی بدلیل روغن مورد استفاده در ان ضمن ایجاد آلودگی زیست محیطی امکان آتش سوزی وانفجار دارند.

-**چگونگی قرارگرفتن ترانسفورماتور در داخل پست** : بدلیل رعایت مسایل ایمنی بهتر است سمت فشار متوسط ترانسفورماتور در کنار دیوار قرارگیرد تا در محل عبور کارگران قرارنداشته باشد.

-**احداث فنس دور ترانسفورماتور** : جهت جلوگیری از دسترسی مستقیم کارگران وافرادی که به پست وارد می شوند به بخشهای برقدار می بایست دور ترانسفورماتور حصاری با استفاده از فنس احداث گردد.

-**فواصل ترانسفورماتور از دیوارهای جانبی** : جهت خنک کنندگی بهتر ترانسفورماتور وبا در نظر گرفتن ابعاد یک ترانسفورماتور ۱۲۵۰ کاوآ می بایست در فاصله ای معادل ۷۵ سانتیمتر از دیوارهای اطراف ترانسفورماتور قرارگیرد البته سمت دیوار را می توان تا ۵۰ سانتیمتر کاهش داد. ضمنا فاصله بالاترین نقطه ترانسفورماتور که مخزن انبساط است تا سقف می بایست حداقل ۱۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

-**چاله روغن ترانسفورماتور** : با توجه به اینکه عموما از ترانسفورماتورهای روغنی جهت نصب در پستهای زمینی استفاده می شود می بایست به مقدار حجم روغن موجود در تانک ترانسفورماتور یک حوضچه در زیر تانک ترانسفورماتور تعبیه شده ومقداری ازکف حوضچه با قلوه سنگ پر شود.دلیل این کار امکان ریزش روغن ترانسفورماتور به دلیل نشتی یا ترکیدن تانک می باشد .وجود این حوضچه می تواند از آتش سوزی در اثر بیرون ریختن روغن داغ جلوگیری کند. این حوضچه می بایست به یک لوله خروجی جهت تحلیه روغنی که ممکن است به داخل آن ریخته شود مجهز باشد.

-**تهویه پستهای زمینی** : در مناطق غیر گرمسیری که دمای آنها حداکثر تا ۴۰ درجه سانتیگراد می رسد دز صورت احداث مناسب ساختمان تهویه طبیعی هوا کفایت می کند.به این صورت که در سمت پایین پست دریچه هایی جهت ورود هوا ودر قسمت دیوار نزدیک سقف نیز یک پنجره جهت خروج هوا در نظر گرفت . در اینگونه موارد بهتر است جهت اطمینان بیشتر در سمت دریچه خروجی یک هواکش برقی با

قدرت مناسب طبق جداول استاندارد نصب شده و از طریق ترموستات یا کنتاکت آلارم ترمومتر نصب شده روی ترانسفورماتور برقدار شود.

-**ریلهای حرکت ترانسفورماتور در داخل پست** : با توجه به عدم امکان نصب ترانسفورماتور در داخل پست با اسفاده از جرثقیل برای ترانسفورماتورهای منصوبه در پستهی زمینی چهار عدد چرخ نصب رده وبا نصب ریلهایی در کف پست نسبت به حرکت آنها داخل پست اقدام می نمایند. نکته ای که می بایست در نظر گرفت اینکه می بایست جهت توسعه آینده پست گاهی دو ریل در کنار همدیگر نصب کرد تا در صورت نیاز به افزایش قدرت ترانسفورماتور بدون هیچ اقدام دیگری نصب ترانسفورماتور بزرگتر امکانپذیر باشد. پس از نصب ترانسفورماتور جهت جلوگیری از حرکت ترانسفورماتور در اثر لرزشهای ناشی از حرکت خودروهای سنگین در معابر یا زلزله یک مانع حرکت ترانسفورماتور با استفاده از پیچ ومهره روی ریل تعبیه می شود.

-**نصب نردبان کابل جهت کابلهای ورودی وخروجی ترانسفورماتور** : کابلهای ورودی وخروجی به ترانسفورماتور پس از خروج از کانال یا نیم طبقه به یک نردبان که در ف پست نصب شده محکم گردیده وبه بوشینگهای ترانسفورماتور وصل می گردد.

-**تابلوهای فشار متوسط** : پستهای زمینی را از نظیر موقعیت قرارگیری در شبکه به دو گونه می توان نامید:پستهای رینگ – پستهای انشعابی . براین اساس تعداد تابلوهای فشار متوسط در آنها متفاوت است. در پستهای انشعابی یک تابلو جهت قطع ووصل فیدر ورودی به پست ویک تابلو جهت نصب دژنگتور حفاظت ترانسفورماتور نصب می شود ولی در پستهای رینگ بسته به تعداد فیدرهای ورودی وخروجی به پست تعداد تابلوها متفاوت است . تابلوهای فشار متوسط در گذشته مجهز به سسیونرهای تیغه ای یا فیوزدار و کلیدهای روغنی بودند ولی امروزه تقربا تمام تابلوهای فشار متوسط با استفاده از سکسیونرهای گازی ساده یا فیوزدار ، دژنگتور های کم روغن ودزنگتورهای خلاء شاخته شده و ابعاد آنها بسیار کمتر از ابعاد تابلوها در گذشته است. جهت باز شدن درب تابلوهای فشار متسط باید به گون های باشد که در صورت بروز حادثه هیچ

مانعی بر سر راه فرار کارگر برقکار وجود نداشته باشد به همین دلیل معمولا لولاها در سمت راست تابلو در نظر گرفته می شود.

تابلوهای فشار متوسط در گذشته بدلیل عمق زیا د وجهت جلوگیری از افزایش مساحت پست بصورت قابل دسترس از جلو ساخته شده و تنها یک فاصله جهت تهیویه هوا در پشت تابلو در نظر می گرفتند ولی امروزه این تابلوها را می توان بصورت قابل دسترس از هر دوطرف احداث کرد.

شمشهای این تابلوها می بایست به صورت جدا از همدیگر بوده ودر زمان نصب با پیچ ومهره بهمدیگر وصل شوند تا در صورت بروز عیب برای یک تابلو بتوان آن را تعویض کرد.

روی بدنه تابلوها می بایست سه عدد LED بعنوان نشانگر برقدار برودن تابلو در نظر گرفته شود. ضمن اینکه بنا به موقعیت پست وبرای اندازه گیری سریع می توان نسبت به نصب تجهیزات اندازه گیری ظیر آمپرمتر و ولتمتر روی درب تابلوها اقدام کرد.

-**تابلوهای فشار ضعیف** : این تابلوها جهت تغذیه فیدرهای تغذیه کننده مشترکین ، تابلوهای مربوط به سلولهای لوازم اندازه گیری و روشنایی معابر عمومی می باشند ومی بایست قابل نصب روی کانال یا کف پست باشند.

-**سیستم زمین پست** : با ید هر دونوع سیستم زمین حفاظتی والکتریکی به منظور تامین ایمنی کارگران وتجهیزات برق ایجاد شود.

- **سیستم روشنایی داخلی پست** : جهت سهولت کار در داخل پست می بایست یک سیستم سیم کشی داخلی شامل روشنایی و پریزهای برق جهت استفاده تجهیزات برقی در داخل پست اجرا شود.

-**ارتفاع کف ساختمان پست ز سطح زمین** : حداقل می بایست ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفت شود مگر اینکه شرایط رطوبی زمین به گون ای باشد که مجبور باشیم با عایق بندی دیوارها وکف پست ارتفاع را نیز افزایش دهیم.

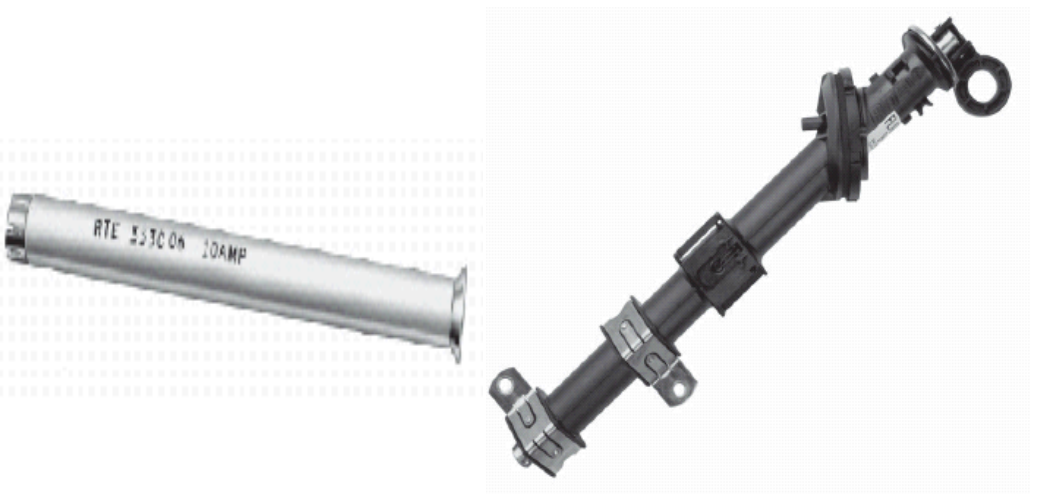
۳-۳-استفاده از پست کیوسکی :در این مورد بجای احداث ساختمان، یکد ستگاه پست با بدنه فلزی و تجهیز شده با سلولهای مورد نیاز روی یک سکوی احداثی درمحل مناسب نصب می گردد. البته این نوع پست نیز انواعی دارد به گونه ای که اخیرا پستهای GRC که بدنه آنها ترکیبی از ملات ، سیلیس وافزودنیهای شیمیایی می باشد تولید شده که در انواع دفنی کامل(پست به صورت کامل در داخل زمین قرارمی گیرد) ، نیمه دفنی ، و نصب روی زمین موجود می باشد.شکل ۸یک نمونه پست کیوسکی باابعاد بسیار کم(۱۶۰*۲۰۰*۲۹۰سانتیمتر)را در دو نوع با بدنه فلزی وبتونی نشان می دهد.البته پست با ابعاد ذکر شده برای پستهای با یک دستگاه ترانسفورماتور طراحی شده و برای نصب دو دستگاه در آنها می بایست بصورت خاص طراحی گردد که بطور حتم ابعاد پست افزایش خواهد یافت.نکته دیگر اینکه پستهایی که تاکنون بصورت کیوسکی استفاده شده اند حداکثر با تراسفورماتور ۱۰۰۰کاوآ بوده اند.

شکل ۸: پست کیوسکی با بدنه فلزی وبتونی

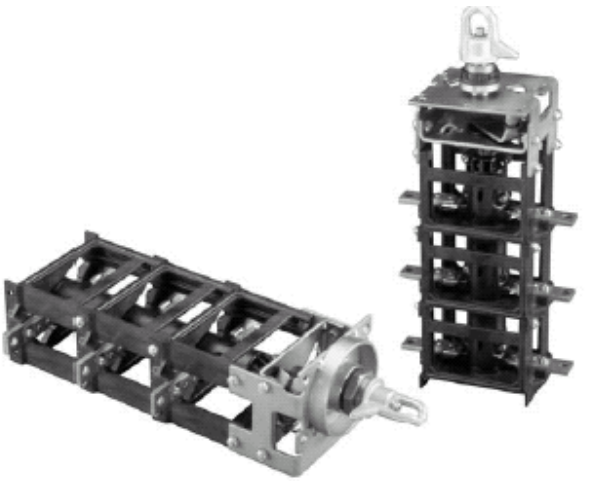
مزایا : درصورت نیازبه جابجایی محل پست درفاصله کم براحتی امکانپذیراست. وبرای فواصل بیشتر با نصب اتصالات کابل وشاید اضافه نمودن کابل این امر میسرمی شود.

۴-۳- استفاده از پست کمپکت : این نوع پست مشابه پست کیوسکی می باشد با این تفاوت که ابعاد آن کوچکتر است ولی هزینه به مراتب بالاتری دارد.قدرت پستهای نصب شده این نوع در شیرازتا کنون حداکثر ۶۳۰ کاوآ بوده است.البته برای قدرتهای بزرگتر می توان از دو دستگاه در کنار هم استفاده کرد.

-پستهای PADMOUNTED : امروزه با پیشرفت تکنولوژی تلاش شده است ضمن تسهیل در بهره برداری از شبکه های برق ، هزینه های احداث این شبکه ها نیز کاهش یابد. با توجه به افزایش سرسام آور هزینه های زمین پست ،استفاده از تکنولوژی که سالها در کشورهای صنعتی وپیشرفته استفاده می شده امروزه به عنوان یک تکنولوژی جدید مورد توجه قرارگرفته است . در این نوع پستها تمام تجهیزات اعم از سکسیونر ، فیوزهای حفاظت ترانسفورماتور و... در داخل یک تانک روغنی قرارگرفته وکاملا از هوای بیرون عایق شده است. این پستها از ابعاد بسیار کمی برخوردار می باشند به گونه ای که یک پست با قدرت ۸۰۰ کیلوولت امپر حدود ۳ متر مربع فضا را اشغال می کند . از معایب بزرگ این پشتها عدم امکان ساخت یا تهیه تجهیزات در داخل کشور است. سکسیونرهای مربوط به خطوط ورودی و خروجی این پستها از یک نوع خاص می باشد که ساخت شرکت COOPER POWER SYSTEMS آمریکا می باشد . از معایب دیگر این پستها ، در صورت آسیب دیدن هر کدام از اجزاء پست تمام پست می بایست برداشت شده وپست دیگری جایگزین شود. شکلهای زیر یک نمونه از این پستها ونیز سکسیونرهای بکار رفته در آن را نشان می دهد.



BAYONETفيوز



Two position load break switch

استاندارد تابلوهای بکار رفته در شبکه توزیع

درجه حفاظت IP

با عنایت به اینکه تابلوهای نصب شده در نقاط مختلف در معرض عوامل خارجی نظیر گرد وغبار ، رطوبت ، باران ، ورود اشیائ خارجی وحیوانات می باشند ودر برخی موارد نیز در دسترس عابرین قراردارند می بایست به گونه ای طراحی شوند که این عوامل در کار عادی تابلو تاثیری نداشته یا خطری برای افراد که به آنها دست می زنند نداشته باشد.براین اساس برای تابلوها درجاتی از حفاظت تعریف می شود که خریدار با توجه به منطقه مورد نظر خود طبق استانداردهای بین المللی یکی از این درجات را بعنوان درخواست خود در مشخصات فنی سفارش خرید مطرح می نماید. این حفاظت در دوقسمت وبا دو عدد که بعد از حروف IP(INDEX PROTECTION) نوشته می شود مشخص می شود. به شرح زیر مطرح است

۱-حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمتهای برقدار ومتحرک داخل تابلو وحفاظت وسایل داخل تابلو در برابر ورود اجسام خارجی به داخل تابلو : این بخش با عدد اول مشخصه حفاظتی طبق جدول زیر معین می شود.

درجه حفاظت در مورد اولین رقم مشخصه در جدول (۱-۱) آمده است.

جدول (۱-۱)

اولین رقم مشخصه	درجه حفاظت		وضعیت آزمایش رجوع به بند
	توصیف کوتاه و مختصر	تعریف	
۰	حفاظت نشده	هیچ حفاظت مشخصی وجود ندارد	۱-۶-۱
۱	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۵۰ میلیمتر حفاظت شده است	سطح بزرگی از بدن مانند یک دست در مقابل تماس اتفاقی محافظت شده و در مقابل اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۵۰ میلیمتر نیز محافظت شده است	۱-۶-۲
۲	دربرابر اجسام جامد بزرگتر از ۱۲ میلیمتر حفاظت شده است.	انگشتان یا اجسام مشابه بطول کمتر از ۸۰ میلیمتر و به قطر بیشتر از ۱۲ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق‌دار ومتحرك داخل تابلو محافظت شده‌اند	۱-۶-۳
۳	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر حفاظت شده است	ابزارها، سیمها و مواد مشابه به قطر بیشتر از ۲/۵ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق‌دار و متحرك داخل تابلو محافظت شده‌اند	۱-۶-۴
۴	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۱ میلیمتر حفاظت شده‌اند	سیمها یا مفتولهایی به ضخامت یک میلیمتر و اجسام جامد به قطر بیشتر از ۱ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق دار و متحرك داخل تابلو محافظت شده‌اند	۱-۶-۵
۵	حفاظت در مقابل گرد و غبار مضر وجود دارد	از نفوذ گرد وغباربطورکلی جلوگیری نشده و لیکن گردوغبارنمی‌تواند به مقدارکافی در عملکرد رضایتبخش وسایل داخل تابلونداخل نماید	۱-۶-۶

۲-حفاظت تجهیزات داخل تابلو در برابر ورود مایعات به داخل تابلو : این بخش با عدد دوم مشخصه حفاظتی طبق جدول زیر تعیین می شود.

جدول (۱-۲)

دومین رقم مشخصه	درجه حفاظت		وضعیت آزمایش رجوع به بند
	توصیف کوتاه و مختصر	تعریف	
۰	حفاظت نشده	هیچ حفاظت مشخصی وجود ندارد	۱-۷-۱
۱	حفاظت در مقابل قطرات آب	قطرات آب که بصورت عمودی بر روی تابلو می‌ریزد برای تابلو مضر نیست	۲-۷-۱
۲	محافظت در مقابل قطرات آب با زاویه ریزش ۱۵ درجه	قطرات آب که بصورت عمودی می‌ریزند بر روی تابلویی که ۱۵ درجه از وضعیت عادی خود کج شده است مضر نیست	۳-۷-۱
۳	حفاظت در مقابل باران و قطرات آب با زاویه ریزش ۶۰ درجه	قطرات آب در زاویه تا °۶۰نسبت به حالت عمودی نبایستی هیچگونه آسیبی به تابلو برساند	۴-۷-۱
۴	حفاظت در مقابل پاشیدن مایع	مایع پاشیده شده از هر جهت نبایستی به تابلو آسیبی برساند	۵-۷-۱
۵	حفاظت در مقابل پاشیدن آب تحت فشار	آب پاشیده شده توسط شیپورك شیلنگ از هر طرف نبایستی برای تابلو مضر باشد	۶-۷-۱

-حفاظتهایی که معمولا مورد استفاده قرارمی گیرند طبق جدول زیر می باشد:

اولین رقم (حفاظت در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی)	دومین رقم (حفاظت در مقابل مایع)					
	۰	۱	۲	۳	۴	۵
۰	IP00					
۱	IP10	IP11	IP12			
۲	IP20	IP21	IP22	IP23		
۳	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	
۴	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	
۵	IP50				IP54	IP55

- **مابقی موارد از جداول مشخصات فنی کالا در رابطه با تابلوها توضیح داده شود.**

مختصری درمورد استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع

ترانسفورماتورهای توزیع می بایست مطابق با آخرین نشریات استاندارد IEC طراحی ، ساخته وآزمایش شوند .

طبق این استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع می بایست ازنوع روغنی ودارای منبع انبساط باشد.(البته درپیش نویس استاندارد جدید ترانسفورماتور، باعنوان تدوین استاندارد ترانسفورماتورهای روغنی تاسطح ولتاژ ۳۳ کیلوولت تهیه شده دراردیبهشت ۸۱، ترانسفورماتورهای توزیع می توانند هرمتیک(بدون منبع انبساط) ونیز طبق گزارش شماره ۲ با عنوان تدوین استاندارد ترانسفورماتورهای خشک تاسطح ولتاژ ۳۳ کیلوولت ، ترانسفورماتورهای خشک نیزمی توانند مورد استفاده قرارگیرند.

طبق استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع تدوین شده توسط گروه مطالعات توزیع بخش برق مرکز تحقیقات نیرو(پژوهشگاه نیرو) درسال ۱۳۷۴ ، مشخصات قطعات ترانسفورماتوربشرح زیرمی باشد:

۱- هسته ترانسفورماتورباید ازورقه های فولاد سیلیکون دارونو ، نورد سرد شده وبخصوص مناسب برای استفاده مورد نظرساخته شود .ضمن اینکه هردوطرف ورقه های فولادی باید با ماده عایقی مناسبی پوشش داده شود.

۲- سیم پیچی ها : سیم پیچی های ترانسفورماتورباید به گونه ای پیچیده شوند که کلیه ملاحظات فنی نظیرقدرت عایقی ، توزیع یکنواخت میدان الکتریکی ، حداقل تلفات عایقی ، وسایرموارد ذکرشده دراستانداردددرنظرگرفته شود.ضمن اینکه این سیم پیچی ها می بایست آزمایشهای استاندارد نظیرموج صاعقه ، آزمایش القایی وموج بریده راتحمل کند.

۳- هادیهای سیم پیچی باید عاری ازهرگونه برآمدگی ، پوسته یا شکاف بوده وازمس الکترولیتی ساخته شده باشند .

۴- عایق بندی سیم پیچی باید ازنوع یکنواخت یا غیر یکنواخت باشد.(درایران عایق بندی ترانسفورماتورهای توزیع ازنوع یکنواخت می باشد.)

۵- جنس مخزن ترانسفورماتورباید ازفولاد کم کربن نورد شده گرم یا سرد ساخته شده ودرپوش آن به گونه ای باشد که آب روی آن راکد نباشد.ضمن اینکه می بایست درپوش به خوبی آب بندی گردد.

۶- واشرها ی مورد استفاده جهت آب بندی ترانسفورماتور می بایست غیرقابل حل درروغن بوده وازمواد نرم ارتجاعی ساخته شده باشند. ضمن اینکه واشرها نباید تحت تاثیرگرمای روغن قرارگیرند.

۷- ترانسفورماتورمی بایست مجهزبه تپ چنجر OFF LOAD برای تغییر اتصالات به پله های مختلف باشد.

۸- بوشینگها باید مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC60233 ویاDIN42531 باشد .توضیح اینکه طبق استاندارد IEC60233حداکثرطول خراش روی لعاب درسطوح داخلی وخارجی بوشینگ نباید بیش از 5میلیمترباشد.ضمن اینکه کل مساحت خرابی لعاب روی بوشینگ نباید بیش ازمقداربدست آمده ازرابطه زیرباشد :

(میلیمترمربع)$+ 100 \frac{D * F}{2000}$

که درآن:

D : بزرگترین قطرخارجی یا داخلی مقره به میلیمتر

F : فاصله خزشی مقره به میلیمتر

۹- مخزن انبساط روغن باید به گونه ای باشد که کف آن شیب مناسبی داشته ودرانتهای شیب دارای یک صافی باشد.

۱۰ – طبق استاندارد ایران ، قطعات آهنی وفولادی ترانسفورماتورمی بایست درسه لایه به ضخامت هریک حداقل ۴۰ میکرون رنگ آمیزی گردند.البته این ضخامت برای مناطق مرطوب به حداقل ۵۰ میکرون می رسد.ضمن اینکه استاندارد های مرجع جهت رنگ آمیزی ذکرشده است ضمن انکه نوع رنگ مورد استفاده نیزدراستانداردی جداگانه ذکرشده است .

۱۱- روغن ترانسفورماتورمی بایست مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC296 باشد . روغن دردو پایه نفتنیک وپارافینیک ودرکلاس ۱و۲ می باشد که برای مناطق با حداقل درجه حرارت ۴۰- درجه سانتیگراد روغن نفتنیک درکلاس ۲ وبرای با مناطق با حداقل درجه حرارت ۳۰- روغن نفتنیک یا پارافینیک درکلاس ۱ می بایست استفاده شود .

۱۲- کلیه ترانسفورماتورها می بایست دارای یک پلاک مشخصات حاوی مشخصات ذکرشده دراستاندارد نظیرقدرت ، ولتاژ ، جریان اولیه وثانویه و... باشند.

۱۳- دررابطه با موارد سرویس ونگهداری با توجه به اینکه دراستاندارد فعلی ایران موردی ذکرنشده ولی درپیش نویس استاندارد جدید فصلی به این موضوع اختصاص داده شده است .

منابع :

۱- استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع-جلد اول –گروه مطالعات توزیع – بخش برق-مرکز تحقیقات نیرو(متن)-تیرماه ۱۳۷۵

۲- استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع-جلد دوم –گروه مطالعات توزیع – بخش برق-مرکز تحقیقات نیرو(متن)-تیرماه ۱۳۷۵

۳- استاندارد کابلهای مورد استفاده درشبکه توزیع-جلد چهارم –گروه مطالعات توزیع – بخش برق-مرکز تحقیقات نیرو(متن)-تیرماه ۱۳۷۵

٤- استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع - گروه مطالعات توزیع – بخش برق-مرکز تحقیقات نیرو(متن)-بهمن ماه ۱۳۷٤

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق