



## استانداردها در شبکه های توزیع برق

**تعریف استاندارد** نمی توان گفت استاندارد حداقل شرایطی است که برای کیفیت مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات ، طراحی و آزمایش تجهیزات و مواد ساخته شده ارایه گردیده است. از طرف دیگر شرایطی را برای هماهنگی سازندگان استانداردها 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 قرار می گیرد عبارتند از

که: ۱- استاندارد ملی آن کشور ۲- استاندارد سایر کشورها بخصوص کشورهای صنعتی پیشرو زمینه ساخت تجهیزات در ۳- استانداردهای بین المللی

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 و عرضه 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 آنها اشاره می شود :

۱- استانداردهای وزارت نیرو : این استانداردها که عمودا در سال ۱۳۷۴ توسط دفتر تحقیقات و استانداردهای وزارت نیرو تهیه شده بروز نشده و لذا 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 (national electrical manufacturer association)nema که مربوط به انجمن تولید کنندگان تجهیزات برقی است.

- استاندارد (American standard for testing & metering)Astm

-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 استانداردهای 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 طراحی ترانسفورماتورها از استاندارد DIN ملاحظات استفاده می شود.

-**شماره های استانداردهای مورد استفاده در صنعت برق** : در استانداردهای بین المللی جهت سهولت در ارجاع و شناسایی استانداردها ، هر استاندارد را با یک عدد می شناسند که در اینجا به این موارد اشاره می شود.

-استاندارد ترانسفورماتور IEC60076

شماره که این استاندارد خود مشتمل بر ۱۱ قسمت می باشد و هر

کدام از این قسمتها درباره یک موضوع ترانسفورماتور بحث می کند.

-استاندارد کابلها: شماره IEC60502



## کلیات استانداردها :

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

- **ولتاژ سیستم** : در شبکه های برق معمولاً یک ولتاژ بنام ولتاژ نامی شناخته می شود که این ولتاژها عبارتند از : ۲۳۱،۰-۰،۴۰۰-۱۱-۲۰-۳۳-۶۶-۱۳۲-۲۳۰-۴۰۰-۵۰۰-۷۵۰ 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 ولتاژ به مدت طولانی در اثر رخ دادن پدیده فرانتی در مان کم باری شبکه باشد. مقادیر این ولتاژ به شرح زیر می باشد : ۷۲،۵-۳۶-۲۴-۱۲-۰،۶

- **ارتفاع از سطح دریا** : چنانکه می دانیم با افزایش ارتفاع از سطح دریا و رقیق تر شدن هوا تعداد مولکولهای هوا کاهش یافته و در 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 متر تعریف شده و در صورت کاربرد تجهیزات در ارتفاع های بیشتر از این مقدار می بایست خریدار مراتب را به فروشنده اعلام نماید. براین اساس استانداردها مناطق را به شرح زیر گروه بندی کرده اند :

گروه A: مناطقی با ارتفاع حداکثر ۱۰۰۰ متر

گروه B: مناطقی با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر و حداکثر تا ۱۵۰۰ متر

گروه C: با ارتفاع بیش از 1500

مناطق

و حداکثر تا 2000

**- حداکثر درجه 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 و بدلیل مقاومت آنها و از طرف دیگر گرمای محیط اطراف بوجود می آید. بنابراین برای اینکه تجهیزات بتوانند به کار عادی خود ادامه داده و آسیب نینند می بایست این حرارت تا حد استاندارد کاهش یابد. در این رابطه استاندارد دمای محیط ۴۰ درجه سانتیگراد را بعنوان دمای نرمال تعریف کرده و مانند ارتفاع گروههایی را تعریف کرده است.

گروه A: مناطقی با حداکثر دمای ۴۰ درجه سانتیگراد

گروه B: مناطقی با دمای بیش از ۴۰ درجه و حداکثر تا ۴۵ درجه سانتیگراد

گروه C: مناطقی با دمای بیش از ۴۵ درجه و حداکثر تا ۵۰ درجه سانتیگراد

گروه D: مناطقی با دمای بیش از ۵۰ درجه

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

گروه A: مناطقی با حداقل دمای ۲۰- درجه سانتیگراد

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

گروه C: مناطقی با دمای کمتر از ۳۰- درجه سانتیگراد

**- سرعت باد :** سرعت بادهای کوتاه مدت با احتمال بروز ۲ درصد و در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین و برای دوره زمانی ۵ ثانیه از نظر نیروهای مکانیکی وارده به تجهیزات و سازه هادر نظر گرفته می شود. طبق بررسیهای سازمان هواشناسی این مقدار برای اغلب نقاط کشور ۴۰ متر بر ثانیه و در مناطق ساحلی جنوبی ۴۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. گروه بندی این مورد به شرح زیر می باشد :

گروه A: سرعتهای کمتر از ۳۰ متر بر ثانیه

گروه C: سرعت بیش از ۴۰ متر بر ثانیه

-**رطوبت نسبی**: این پارامتر نیز با توجه به تاثیر آن بر شرایط عایقی و نیز 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 و میزان 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 و گالوانیزه) تاثیر دارد. استاندارد مناطق مختلف را به شرح زیر تقسیم بندی کرده است:

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

تمام این نواحی باید حداقل ۱۰ 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 و یا 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 و بارش مداوم باران هستند. - ناحیه هایی که در معرض مستقیم باد از سمت دریا قرار دارند 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 و د 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 و غبارهای محلی بوده و در 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 و در 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 انجام آن ساخته شده مورد آزمایش قرار گیرد این آزمایشات می بایست از مواد اولیه مورد استفاده در جهت

ساخت آن دستگاه شروع شده در هنگام اتمام مونتاژ دستگاه نیز انجام شود. در این رابطه در تمام

عناوینی جهت آزمایشات وجود دارد که به شرح زیر می باشند  
**(TYPE TEST)** : مهمترین آزمایشات مربوط به هر دستگاهی آزمایشهای نوعی استاندارد شده است.

آن است. این مجموعه آزمایشات بر روی نمونه اولیه هر دستگاهی که پس از طراحی ساخته شده انجام می گیرد و معمولا آزمایشات مخرب می باشند. بعبارت دیگر آزمایشاتی که در این دسته قرار می 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 و دستگاه می بایست در این موارد آسیب نبیند. این مجموعه آزمایشات برای تمام تجهیزات تولیدی انجام شده و از طرف کارخانه سازنده یک گواهی جهت تایید انجام این آزمایشات برای هر دستگاه تولیدی صادر و در اختیار خریدار قرار می گیرد.

- **آزمایشات ویژه یا نمونه ای :** این آزمایشات با توافق خریدار و فروشنده و بهنگام تحویل دستگاه از سوی فروشنده به خریدار و بصورت 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 و کابلها استفاده می شود. چنانکه می دانیم بدلیل هزینه های کمتر، عیب یابی آسانتر و نیز سرویس و تعمیر راحتتر، بیشتر شبکه های برق بصورت هوایی احداث می شوند ولی برخی موارد بدلیل عدم امکان نصب شبکه های هوایی نظیر مراکز شهر های بزرگ جهت افزایش قابلیت در

اطمینان ، حفظ زیبایی و نیز رعایت حریم از شبکه های زمینی استفاده می گردد. کابلها که بعنوان هادی در شبکه های زمینی مورد استفاده قرار می گیرند درواقع سیمهای مسی عایقدار هستند که با استفاده از مواد مختلف عایق بندی شده اند.

در حال حاضر فقط از کابل‌های خشک یا ریکم استفاده می‌شود ولی در گذشته کابل‌های روغنی نیز جهت احداث شبکه‌های توزیع برق مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از دلایلی که استفاده از این نوع کابل منسوخ شده مشکلات آلودگی زیست محیطی ناشی از نشت روغن و نیز مشکلات بهره‌برداری و سرویس و نگهداری این نوع کابل‌ها می‌باشد.

### - ساختمان کابل :

کابل‌ها از سه قسمت اصلی تشکیل شده‌اند 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 می‌باشد وظیفه هدایت جریان را برعهده داشته و از مس یا در برخی موارد آلومینیم ساخته شده است. البته در حال حاضر تقریباً تمامی کابل‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند با هادی مسی می‌باشند و این به دلیل قابلیت هدایت بیشتر، پایداری بهتر در برابر رطوبت و عوامل جوی، استحکام مکانیکی بیشتر و شکل پذیری بهتر مس نسبت به آلومینیم است. پس از سیم یک لایه عایقی روی هادی کابل پیچیده می‌شود که هادی‌های کابل را از همدیگر و نیز محیط اطراف جدا می‌سازد. تعداد زیادی از کابل‌ها نظیر کابل‌های فشار ضعیف، مخابرات و... فقط دارای همین دو جزء می‌باشند ولی با افزایش ولتاژ ساختمان کابل‌ها نیز پیچیده‌تر می‌شود. بخش حفاظت خارجی کابل را در مقابل صدمات مکانیکی، شیمیایی و... حفظ می‌کند.

### کابل‌های فشار مت

#### مشخصات وسط :

#### - 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



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

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

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

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 قرار می گیرد .

- کاهش رطوبت خاک اطراف کابل و در نتیجه افزایش مقاومت ویژه حرارتی خاک نسبت به مقدار آن 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 :

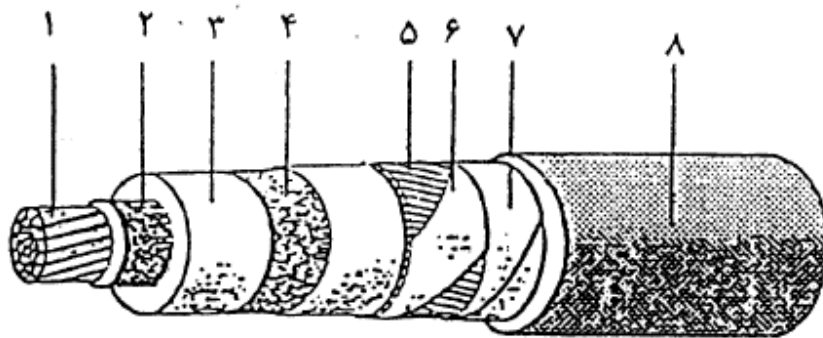
$U_0$ : ولتاژ نامی بین هادی و زمین یا پوشش فلزی الکترواستاتیکی . مقدار این ولتاژ در سطح توزیع برابر ۶,۳۵ ، ۱۲ و ۱۹ کیلوولت می باشد.

$U$  : 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               | ۵- پوشش الکترواستاتیکی فلزی |
| ۲- پوشش الکترواستاتیکی روی هادی | ۶- نوار مسی (بصورت مارپیچی) |
| ۳- عایق                         | ۷- زره                      |
| ۴- پوشش الکترواستاتیکی روی عایق | 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 قابلیت انعطاف آن در برابر خم شدن و نیروهای مکانیکی می باشد. براساس سطح مقطع هادی تعداد این مفتولها و نیز 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 و میدان روی آن از تخلیه جزئی بین فواصل احتمالی عایق و هادی جلوگیری کند.

### ۳- عایق کابل:

کاغذ آغشته به روغن یکی از معمولترین عایقهایی است که در کابل‌های قدیمی تر مورد استفاده قرار گرفته است. استقامت عایقی کاغذ خشک مورد استفاده در کابلها  $70 \text{ kv/cm}$  می باشد که پس از آغشته سازی این میزان به  $600 \text{ kv/cm}$  افزایش می یابد. روغن مورد استفاده در کابلها وسایر تجهیزات سبب آلودگی محیط زیست و دربرخی موارد آتش سوزی می گردد، به همین دلیل سعی شده است از عایقهای دیگری استفاده شود. امروزه تقریباً در کلیه کارخانجات کابلسازی از عایقهای مصنوعی استفاده می شود. از عایقهای

مصنوعی مورد استفاده در کابلها 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 هر کدام برای ساخت کابلهای با محیط کارکرد مختلف از نظر حداکثر دما ، میزان تحمل عایقی و... استفاده کرد. جدول زیر مشخصات حرارتی و نیز ضخامت هر کدام بر حسب میزان ولتاژ کابل را نشان می دهد:

صخامت عایق برای سطح مقطع هادی ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر مربع (mm)			حداکثر دمای نامی هادی		نوع عایق
33KV	20KV	11KV	اتصال کوتاه (تداوم ۵ ثانیه)	کارکرد عادی	
-	-	۴	۱۶۰	۷۰	PVC
۸	۵,۵	۳,۴	۱۳۰	۷۰	PE
۸	۵,۵	۳,۴	۲۵۰	۹۰	XLPE

در رابطه با دماهایی که در جدول فوق به آنها اشاره شده می بایست به این نکته توجه کرد که در زمان نصب کابل دمای محل نصب آن و نوع خاک قرار گرفته روی کابل و میزان رطوبت آن را بعنوان پارامترهای موثر در دمای 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 محدود کرده و از تخلیه جزیی و نشت جریان بین رشته ها و سایر لایه های دیگر جلوگیری می کند.

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

- **غلاف حفاظتی**: برای حفاظت کابلهای در مقابل رطوبت و خوردگی از غلافهای ترموپلاستیک

مانند **pvc** ، **xlpe** و یا غلافهای فلزی مانند غلافهای آلومینیمی و سربی استفاده می شود. **pvc** غلافهای قابلیت

تحمل درجه حرارت زیاد و حتی شعله را دارا بوده و در مقابل تمام ترکیبات شیمیایی خاک مقاوم می باشند.

**غلاف سربی**: غلاف سربی بیشتر در کابلهای با عایق کاغذی استفاده می شود و کار اصلی غلاف فلزی در این حالت حفاظت کاغذ در برابر رطوبت است.

**غلاف آلومینیمی**: غلاف آلومینیمی بخاطر سبکی و مقاومت در برابر رطوبت مورد استفاده قرار می 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 معمولاً بوسیله نوارهای فولادی زره بندی می شوند. در صورتی که کابلهای با عایق

**XLPE** و دراری شبکه مسی و نیز کابلهای فشار ضعیف با عایق **PVC** و **XLPE** با غلاف آلومینیمی اگر

در معرض 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 و بمنظور تنظیم میدانهای

الکتریکی و محدود کردن آن، هدایت جریانهای شارژی و تخلیه ای و حفاظت در مقابل تماس دست، شبکه

بندی الکتریکی انجام می شود.

- **انواع کابلهای الکتریکی**:

کابلهای الکتریکی از نظر عایق، هادی، تعداد رشته، سطح ولتاژ مورد استفاده و یا محل مورد

استفاده متفاوتند. در این 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 در این حالت استقامت الکتریکی آن از ۶۰ کیلوولت برسانتیمتر به ۶۰۰ کیلوولت برسانتیمتر افزایش می یابد. ضمن اینکه جهت بیشتر روغن و جلوگیری از نشت آن به روغن رزین اضافه می شود  
چسبندگی برحسب میزان فشار روغن این

کابلها دونوع می باشند

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

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

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

- **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 در نقاط 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 بار است عایق

که ممکن است گاز موجود در این فضاها ی خالی یونیزه شده و باعث تخلیه موضعی گردد که ادامه این روند به بروز ا

سرانجام تصالی 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 فضاها ی یادشده و خنک کردن کابل

### ۲- با عایق PVC

**کابلها ی:** بدلالی که در قسمت قبل ذکر شد و نیز حجیم بودن کابلها ی با عایق کاغذی

و جذب رطوبت توسط کاغذ استفاده از کابلها ی با عایق پلی وینیل کلراید معمول شده است. مزایای این

کابلها نسبت به کابلها ی با عایق کاغذی به شرح زیر است :

- سبکتر ، حمل آن آسانتر بوده و شکل ظاهری بهتری دارند.

### PVC

- در مقابل روت مقاوم بوده و نیاز به حفاظت در مقابل رطوبت ندارد.

حاصلبو مکابله کابل کشی می شود و نسبت به کاغذ کاغذ دارد.

- درجه حرارت بهره برداری آن پایینتر است. PVC

در کابلها ی این درجه حرارت ۷۰ و برای کابلها ی

کاغذی ۸۰ درجه می باشد.

۳- **کابلها ی با عایق کراس لینک (XLPE):** این نوع عایق همان PVC است که با تغییرات شیمیایی

اتصالات بین مولوکولها مستکم شده و برخی 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  $90 \text{ n/mm}$  باشد.
- عایق کابل از جنس پلی اتیلن مخصوص با تراکم زیاد و سیاه رنگ مقاوم در برابر عوامل جوی می باشد.
- این نوع کابل با مشخصات ذکر شده و به صورت سه کابل تک رشته ای پیچیده شده روی یک سیم حامل یا نگهدارنده ساخته می شود. نگهدارنده تنها کابلها را نگهداشته و جریانی از آن عبور نمی کند.
- = عایق کابل: عایق کابل در اینجا از جنس پلی اتیلن کراس لینک شده مقاوم در برابر اشعه ماوراء بنفش و شرایط محیطی می باشد.
- نگهدارنده کابل: باید از سیم فولادی باشد.
- از کابل‌های خودنگهدار در مکانهایی که مشکل حریم وجود داشته باشد استفاده می گردد.

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

##### ۱-۱-۱- کلمپ آویز فشار متوسط:

- این یراق جهت اتصال کابل به تیرهای عبوری مورد استفاده قرار می گیرد. خصوصیت این یراق به شرح زیر است:
- مختص کابل‌های روکش دار بوده و مقاومت بالایی در مقابل پارگی، شکست مکانیکی و همچنین شوک مکانیکی دارد.
  - بدنه آن از آلیاژ آلومینیم با تراکم مولکولی بالا می باشد.
  - قطعات فلزی از جنس فولاد با گالوانیزه گرم بوده و در 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 و شکل ۲۲ نمای کلمپ در شبکه اجرا شده را نشان می دهد.



شکل ۲۱: نمای کلمپ آویز فشار متوسط برای کابل خودنگهدار



شکل ۲۲: 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 قرار می گیرد. مشخصات این نوع نیز شابه نوع فشار متوسط می باشد. شکل ۲۳ نمای یک کلمپ آویز فشار ضعیف را نشان می دهد.





شکل ۲۳: نمای یک کلمپ آویز فشار ضعیف

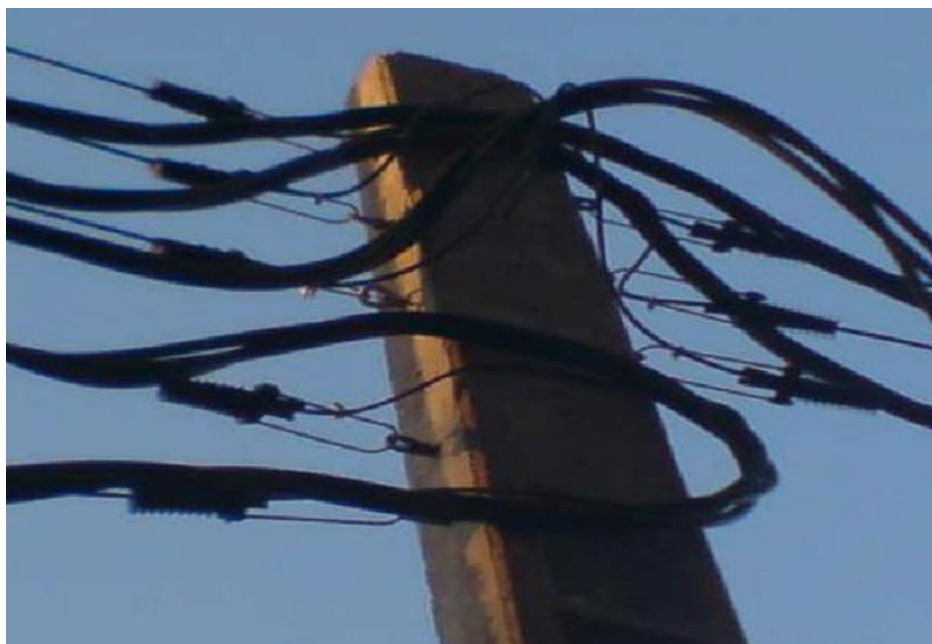


شکل ۲۴: نمای یک کلمپ فشار ضعیف در شبکه اجرا شده

۳-۱-۱۰- کلمپ انتهایی فشار متوسط: این یراق جهت استفاده در انتهای شبکه های فشار متوسط و یا 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 و در شرایط مختلف آب و هوایی بسیار مقاوم است. اتصال این یراق به کابل به صورت گوه ای بوده و به پیچ و مهره نیازی ندارد. شکلهای ۲۵ و ۲۶ نمای این کلمپ را به تنهایی و در شبکه اجرا شده نشان می دهد.

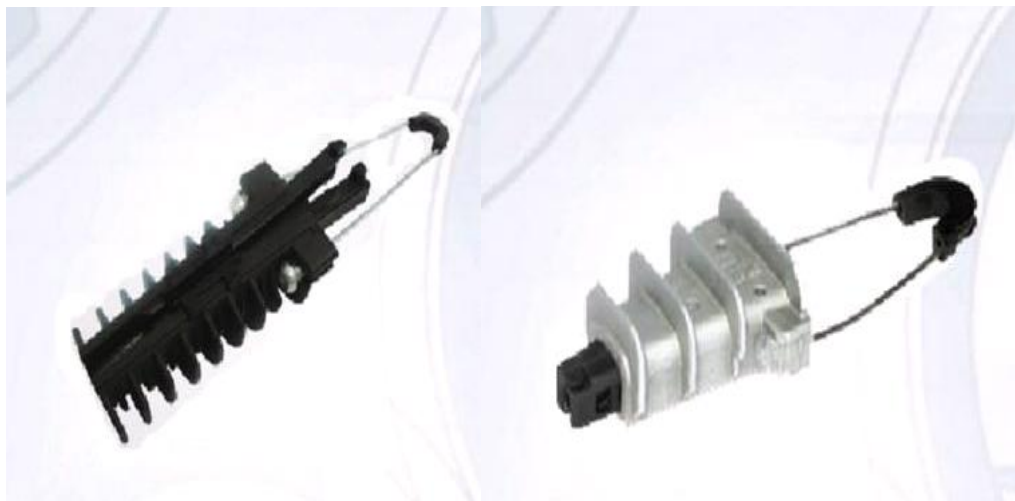


شکل ۲۵: نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط

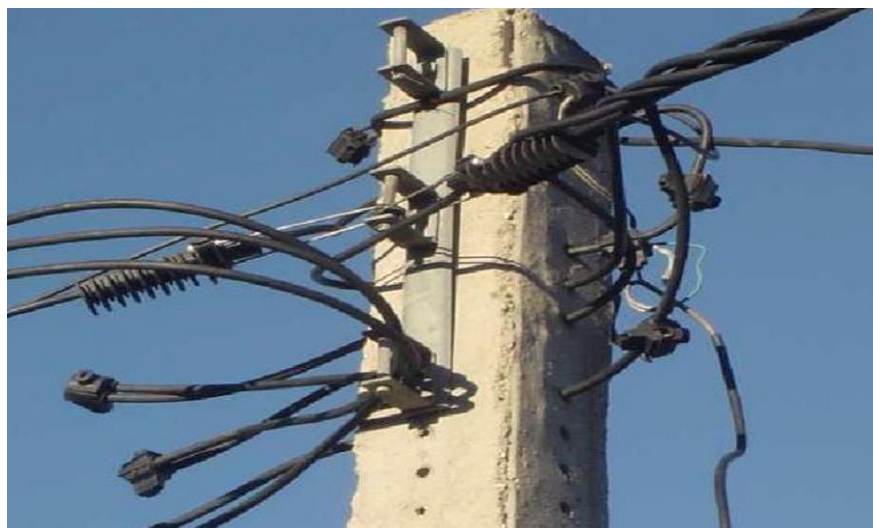


شکل ۲۶: نمای کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط

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. شکل های 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 مثال): از این یراق برای اخذ انشعاب

- ۱- ایجاد خطوط فرعی استفاده می شود. خصوصیات آن به شرح زیر می باشد:
- ۲- مختص کابل‌های روکش دار بوده و برای استفاده از آن نیازی به برداشتن روکش نمی باشد.
- ۳- ضد آب می باشد به این ترتیب که اتصالات الکتریکی آن توسط پوششی از جنس پلی آمیدهای الیاف دار و مقاوم در مقابل اشعه UV پوشیده شده و چنگک های آن برای آب بندی بهتر دارای روکشی از جنس PVC و آغشته به گریس می باشد.

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



شکل ۲۹. 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 و یا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرار می 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 و قطعات داخلی آن آبکاری شده و در برابر شرایط مختلف آب و هوایی 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 دنداندار (چنگکی) و از جنس آلومینیم بوده که برای جلوگیری از خوردگی آن در برابر سیم مسی و ایجاد پایداری بالادارای آبکاری مس و نقره 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 دیگری از کلمپ انشعاب فشار ضعیف می باشد که جهت اتصال کابل سرویس مشترکین و یا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرار می گیرد. خصوصیات آن به جز موارد زیر مشابه نوع قبلی است.

- پیچ و مهره های آن آبکاری گالوانیزه گرم می باشد. چنگکهای آن جهت آب بندی بهتر دارای روکشی از جنس PVC و آغشته به گریس است. قطعه هادی این کلمپ یک صفحه کامل دندانه دار (چنگکی) از جنس برنج بوده که دارای سه لایه آبکاری روی ، مس و نقره 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 را برداریم. با توجه به پوششی که پس از نصب روی آن قرار می

گیرد، عایقی کامل در محل اتصال ایجاد می شود. سایر خصوصیات آن مشابه موارد گفته شده فوق می باشد. شکل ۳۲ 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 آلومینومی 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 جنس PVC که در دو سر مفصل واقع می شوند کاملاً آب بندی می شود. سایر مشخصات مشابه موارد قبلی است. شکل ۳۳ نمای این مفصل را نشان می دهد.



شکل ۳۳: نمای مفصل فشار ضعیف کابل خودنگهدار

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

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



شکل ۳۴: نمای یک پیچ دم خوکی

### - چگونگی شناسایی کابلها :

جهت شناسایی کابلها و ساختمان آنها معمولا از علایمی استفاده می شود که سازنده می بایست روی غلاف خارجی کابل حک نماید. برخی از این علایم در استاندارد VDE آلمان 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	B سیمهای فولادی - GB سیم فولاد گالوانیزه
حرف پنجم	روپوش	A لیاف و سایر موارد مثل فوق

	یاغلاف	
	خارجی	

- راهنمای نصب و تعمیر کابل :

- تخلیه کابل :

- برای تخلیه قرقه کابل از جرثقیل یا سطح شیب دار استفاده می شود.
- قرقه کابل نباید از روی وسیله حمل پایین انداخته شود. حتی اگر قرقه کوچک و سبک بوده و زمین اطراف به صورت خاک نرم باشد.
- قرقه کابل می بایست در جهت نشانه های جهت دار ترسیم شده روی کابل بچرخد.

۲- توصیه های عمومی :

- در مواردی که کابلها در مجاورت مواد خورنده قرار می گیرند می بایست از نوع مقاوم در برابر خوردگی بوده یا بنحوی دیگر محافظت شود.
- با توجه به اینکه نقاط ضعف سیستم کابل بیشتر در محل اتصالات است ، می بایست طول معینی از کابل (حدود ۱۰ متر) در هر یک از این نقاط بعنوان رزرو در نظر گرفته شده و به شکل 8 نصب گردد.
- انتهای کابلها با عایق پلیمری و ولتاژ بالاتر از ۰,۶/۱ تا ۱۸,۳۰ کیلوولت که فوراً نصب نمی شود می بایست جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت با مواد ضد رطوبت باندپیچی شده و سپس کلاهک مخصوص و یا کلاهک پلیمری نصب و گرم شود.
- در صورت استفاده از یک کانال برای عبور مدارهای باولتاژ پایین ، مدارهای ارتباطات و مدارهای ولتاژ بالا، این مدارها باید با استفاده از دیوارهای محکم یا قراردادن کابلها با فاصله بیش از ۳۰۰ میلیمتر از کابلهای دیگر جدا شوند.

۳- بررسی ظاهری کابل :

- کابل می بایست از لحاظ ظاهری و نیز نفوذ رطوبت به داخل آن به دقت بررسی شود.



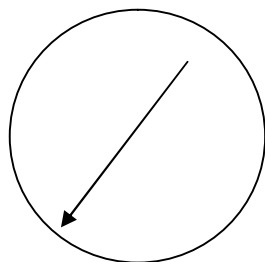
#### ۴- دمای نصب کابل :

- حداقل دمای نصب برای کابل‌های با عایق و غلاف پلاستیکی برابر ۰- درجه سانتیگراد می باشد. در دماهای کمتری بایستی طبق استاندارد کابل را گرم نمود و سپس عمل نصب را انجام داد.

#### ۵- حداقل شعاع خمش کابل :

- حداقل شعاع خمش کابل برای سطوح مختلف ولتاژ طبق جدول شماره ۱ می باشد :

سطح مقطع	تعداد رشته	سطح ولتاژ	قطر خارجی (mm)	حداقل شعاع خمش (mm)
۲۵	تک رشته	فشارضع	۱۲۱۶	۱۸۲۱
	چند رشته	فشارضع	۲۷۱	۳۲۵۲
۳۵	تک رشته	فشارضع	۱۳۷	۲۰۵۵
	چند رشته	فشارضع	۲۸	۴۲۰
		فشارضع	۳۰	۳۶۰
۵۰	تک رشته	فشارضع	۵۸	۸۷۰
	چند رشته	فشارضع	۱۵۳	۲۲۹۵
فشارضع		۳۶	۵۱۰	
فشارضع		۳۰	۳۶۰	
۷۰	تک رشته	فشارضع	۶۱	۹۱۵
	چند رشته	فشارضع	۱۷۱	۲۵۶۵
		فشارضع	۳۶	۵۶۰
۹۰	تک رشته	فشارضع	۳۳	۳۹۶
	چند رشته	فشارضع	۶۵	۹۷۵
		فشارضع	۱۹۶	۲۹۱
۱۲۰	تک رشته	فشارضع	۳۸	۵۷۰
	چند رشته	فشارضع	۳۸	۴۵۶
		فشارضع	۶۸	۱۰۲۰
۱۵۰	تک رشته	فشارضع	۲۱	۳۱۵
	چند رشته	فشارضع	۳۹	۵۸۵
		فشارضع	۴۲	۵۰۶
۱۵۰	تک رشته	فشارضع	۷۲	۱۰۸۰
	چند رشته	فشارضع	۲۳	۳۴۵
		فشارضع	۴۱	۶۱۵
		فشارضع	۴۶	۵۵۲
		فشارضع	۷۶	۱۱۶۰



۳۷۹.۵	۲۵.۳	فشارضع	تک رشته	۱۸۵
۶۶۵	۶۳	فشارمتس	چند رشته	
۵۸۸	۶۹	فشارضع	تک رشته	۲۴۰
۱۲۰۰	۸۰	فشارمتس	چند رشته	
۶۲۶.۵	۲۸.۳	فشارضع	تک رشته	۳۰۰
۶۷۵	۶۵	فشارمتس	چند رشته	
۶۷۲	۵۶	فشارضع	تک رشته	۳۰۰
۱۲۷۵	۸۵	فشارمتس	چند رشته	
۶۶۹.۵	۳۱.۳	فشارضع	تک رشته	۳۰۰
۷۲۰	۶۸	فشارمتس	چند رشته	
۰	۰	فشارضع	تک رشته	۳۰۰
۱۳۵۰	۹۰	فشارمتس	چند رشته	

جدول ۱: حداقل شعاع خمش کابل‌های مسی

### ۶- کشش مجاز کابل :

زمانی که کابل توسط دستگاه کشیده می شود حداکثر نیروی مجاز کشش طبق جدول زیر می باشد:

روش کشش	ساختمان کابل	سطح مقطع	قطر خارجی (mm)	حداکثر نیروی کشش (N)
بوسيله گيره سر کابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۳۵		۱۷۵۰
باجوراب کابل	تمام کابل‌های بازره مفتولی	۳۵ تک رشته	۲۸	۷۰۵۶
		۳۵ چند رشته	۵۸	۳۰۲۷۶
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	۳۵ تک غلافه	۲۸	۲۳۵۲
		۳۵ سه رشته	۵۸	۳۳۶۴

		باغلاف فلزی		
۱۷۵۰		۳۵	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	
۲۵۰۰		۵۰	تمام انواع کابلها	بوسیله گیره سرکابل روی هادی
۱۰۴۰۴	۳۴	۵۰ تک رشته	تمام کابل‌های بازره مفتولی	باجوراب کابل
۳۳۴۸۹	۶۱	۵۰ چندرشته		
۳۴۶۸	۳۴	۵۰ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	
۳۷۲۱	۶۱	۵۰ سه رشته باغلاف فلزی		
۲۵۰۰		۵۰	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	
۳۵۰۰		۷۰	تمام انواع کابلها	
۱۱۶۶۴	۳۶	۷۰ تک رشته	تمام کابل‌های بازره مفتولی	باجوراب کابل
۳۸۰۲۵	۶۵	۷۰ چندرشته		
۳۸۸۸	۳۶	۷۰ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون	

۴۲۲۵	۶۵	۷۰ سه رشته باغلاف فلزی	زره مقاوم در برابر کشش	
۳۵۰۰		۷۰	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	
۴۷۵۰		۹۵	تمام انواع کابلها	بوسیله گیره سر کابل روی هادی
۱۲۹۹۶	۳۸	۹۵ تک رشته	تمام کابل‌های بازره مفتولی	باجوراب کابل
۴۱۶۱۶	۶۸	۹۵ چند رشته		
۴۳۳۲	۳۸	۹۵ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	
۴۶۲۴	۶۸	۹۵ سه رشته باغلاف فلزی		
۴۷۵۰		۹۵	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	
۶۰۰۰		۱۲۰	تمام انواع کابلها	
۱۳۶۸۹	۳۹	۱۲۰ تک رشته	تمام کابل‌های بازره مفتولی	باجوراب کابل
۴۶۶۵۶	۷۲	۱۲۰ چند رشته		

۴۵۶۳	۳۹	۱۲۰ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	
۵۱۸۴	۷۲	۱۲۰ سه رشته باغلاف فلزی		
۶۰۰۰		۱۲۰		
۷۵۰۰		۱۵۰	تمام انواع کابلها	بوسیله گیره سر کابل روی هادی
۱۵۱۲۹	۴۱	۱۵۰ تک رشته	تمام کابلهای بازره مفتولی	باجوراب کابل
۵۱۹۸۴	۷۶	۱۵۰ چند رشته		
۵۰۴۳	۴۱	۱۵۰ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	
۵۷۷۶	۷۶	۱۵۰ سه رشته باغلاف فلزی		
۷۵۰۰		۱۵۰		

جدول ۲: حداکثر کشش مجاز کابلها

ادامه جدول فوق در صفحه بعد:

ادامه جدول ۲:

روش کشش	ساختمان کابل	سطح مقطع	قطر خارجی (mm)	حداکثر نیروی کشش (N)
بوسیله گیره سر کابل روی هادی	تمام انواع کابلها	۱۸۵		۹۲۵۰
		۱۸۵ تک رشته	۴۳	۱۶۶۴۱
باجوراب کابل	تمام کابلهای بازره مفتولی	۱۸۵ چند رشته	۸۰	۵۷۶۰۰
		۱۸۵ تک غلافه	۴۳	۵۵۴۷
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	۱۸۵ سه رشته	۸۰	۶۴۰۰
		۱۸۵ باغلاف فلزی		
باجوراب کابل	کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره	۱۸۵		۹۲۵۰
		۲۴۰		۱۲۰۰۰
باجوراب کابل	تمام انواع کابلها	۲۴۰ تک رشته	۴۵	۱۸۲۲۵
		۲۴۰ چند رشته	۸۵	۶۵۰۲۵
	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش	۲۴۰ تک غلافه	۴۵	۶۰۷۵
		۲۴۰ سه رشته	۸۵	۷۲۲۵

		باغلاف فلزی	
۱۲۰۰۰		۲۴۰	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره
۱۵۰۰۰		۳۰۰	تمام انواع کابلها
۲۰۷۳۶	۴۸	۳۰۰ تک رشته	تمام کابل‌های بازره مفتولی
۷۲۹۰۰	۹۰	۳۰۰ چند رشته	
۶۹۱۲	۴۸	۳۰۰ تک غلافه	کابل باغلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش
۸۱۰۰	۹۰	۳۰۰ سه رشته باغلاف فلزی	
۱۵۰۰۰		۳۰۰	کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی بدون زره

بوسیله گیره سر کابل  
روی هادی

باجوراب کابل

جدول ۲: حداکثر کشش مجاز کابلها

توجه: در صوتی که کابل بعد از نصب در سیستم تحت کشش دائم قرار گیرد، بایستی کابل مجهز به سیم مهار یا مشابه آن باشد تا بتواند به راحتی نیروی کشش را تحمل کند.

**سیستم زمین کابل:**

۱- در کابلها با جنس عایق از مواد ترموپلاستیک (PVC ، XLPE ، ...) هادی هم مرکز حفاظتی پوشش الکترواستاتیکی، زره کابل و غلافهای فلزی بایستی زمین شوند. این مساله بایستی در پستها و مفصلها رعایت گردد.

۲- برای کابلهایی که دارای هادی هم مرکز و یا پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی هستند بایستی سیمهای مسی به هم تابیده شده و زمین گردند.

۳- برای کابلهایی که پوشش الکترواستاتیکی آن از نوارهای مسی یا مفتولهای فولادی است، این پوشش توسط لحیم کردن و یا پیچیدن سیم مسی به دور آن زمین شوند.

#### - کابلهای با پرده هادی از زره {۲} :

۴- در مواردی که در نقطه وصل خطوط کابلی به هوایی برقگیر پیش بینی شود بایستی بین اتصال زمین زره یا پرده کابل و اتصال زمین برقگیر همبندی بعمل آید. {۲}

۵- کابلهای بدون غلاف عایق اتصال باید به هادی خنثی ترانسفورماتور منع تغذیه و همینطور در نقاط انتهایی (ترمینالها) انجام شود. {۲}

۶- کابلهای با غلاف عایق توصیه می شود اتصالات اضافی بین پرده های عایق بندی یا غلاف هادی و زمین سیستم ایجاد شود. در سیستمهای با اتصال زمین مکرر و کابلهای دارای پرده هادی، پرده (شامل غلاف هادی در صورت وجود) باید در محل همه مفصلها از هر قبیل که در دسترس بوده یا در معرض تماس کارکنان می باشند زمین شود. در مواردی که به علت وجود الکترولیز یا عبور جریان از زره نتوان از اتصال زمین مکرر برای پرده هادی استفاده نمود، غلاف پرده هادی و محفظه های مفصلها از هر قبیل باید نسبت به ولتاژی که ممکن است در هنگام بهره برداری بر روی سطح آنها ظاهر شود، عایق بندی شوند. {۲}

(سایر موارد در استاندارد سیستم زمین ذکر شده است)

#### کابل کشی در داخل پست :

در صورت نصب کابل روی سینی فاصله نقاط اتکاو و نگهدارنده ها نباید از مقدار جدول ۳ بیشتر شود.

#### فاصله سینی کابل :

فاصله سینی های دو طبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

#### فاصله کابلها روی سینی :

حداقل فاصله کابلهای مجاور نباید کمتر از قطر کابل بزرگتر باشد.



### کابل کشی داخل کانال:

به جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع صفحه ۹ بند ۲-۲ مراجعه شود.

کابل کشی در داخل زمین: مراحل کابل کشی در داخل زمین طبق جدول ۴ می باشد.

سطح مقطع	تعداد رشته	قطر خارجی (mm)	نصب عمودی	نصب افقی	
				فاصله بستها یا نقاط اتکاو یا نگهدارنده ها (mm) برای کابل‌های بدون زره	فاصله بستها یا نقاط اتکاو یا نگهدارنده ها (mm) برای کابل‌های بدون زره
۲۵	تک	۱۲,۱۴	کابل نصب عمودی در مسیرهای عمودی دارد و این مقدار نباید از ۱,۵ متر بیشتر شود	۲۴۲,۸	۴۲۴,۹
	خند	۲۷,۱		۵۴۲	۸۰۰
۳۵	تک	۱۳,۷		۲۷۴	۴۷۹,۵
	پشتینه	۲۸		۵۶۰	۸۰۰
		۳۰		۶۰۰	۸۰۰
	۵۸	۸۰۰		۸۰۰	
۵۰	رنگته	۱۵,۳		۳۰,۶	۵۳۵,۵
	پشتینه	۳۴		۶۸۰	۸۰۰
		۳۰		۶۰۰	۸۰۰
	۶۱	۸۰۰		۸۰۰	
۷۰	رنگته	۱۷,۱		۳۴۲	۵۹۸,۵
	پشتینه	۳۶		۷۲۰	۸۰۰
		۳۳		۶۶۰	۸۰۰
	۶۵	۸۰۰		۸۰۰	
۹۵	رنگته	۱۹,۴	۳۸۸	۶۷۹	
	پشتینه	۳۸	۷۶۰	۸۰۰	
		۳۸	۷۶۰	۸۰۰	
	۶۸	۸۰۰	۸۰۰		
۱۲۰	رنگته	۲۱	۴۲۰	۷۳۵	
	پشتینه	۳۹	۷۸۰	۸۰۰	
		۴۲	۸۰۰	۸۰۰	
	۷۲	۸۰۰	۸۰۰		

رشته

۸۰۰	۴۶۰	۲۳	تک	۱۵۰
۸۰۰	۸۰۰	۴۱	پشتینه	
۸۰۰	۸۰۰	۴۶		
۸۰۰	۸۰۰	۷۶	رکته	۱۸۵
۸۰۰	۵۰۶	۲۵,۳		
۸۰۰	۸۰۰	۴۳		
۸۰۰	۸۰۰	۴۹	پشتینه	۲۴۰
۸۰۰	۸۰۰	۸۰		
۸۰۰	۵۶۶	۲۸,۳	رکته	
۸۰۰	۸۰۰	۴۵	پشتینه	۳۰۰
۸۰۰	۸۰۰	۵۶		
۸۰۰	۸۰۰	۸۵		
۸۰۰	۶۲۶	۳۱,۳	رکته	۳۰۰
۸۰۰	۸۰۰	۴۸		
۰	۰		پشتینه	
۸۰۰	۸۰۰	۹۰		

رشته  
جدول ۳: فاصله کابلها به هنگام کابل کشی در داخل پست

شماره	شرح	اقداماتی که می بایست انجام گیرد
۱	مسیر کابل	نقشه برداری مسیر-شناسایی موانع از طریق هماهنگی با سازمانهای مرتبط نظیر شهرداری، راهنمایی، آب، گاز، مخابرات و اداره راه-پیش بینی تاسیسات آینده که نصب می گردد-بررسی شیمیایی خاک از لحاظ وجود نمک، کلر، اسید و آهن جهت تعیین نوع کابل
۲	حفر کانال	حفر کانال به صور  عرض کانال بستگی به تعداد کابلهایی که در مجاورت هم قرار گرفته اند مثلاً برای کابل دورشته ۵۰ سانتیمتر-عمق کابل با توجه به تعداد کابلهایی که روی هم قرار می گیرند ، فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف از سطح زمین نباید از ۶۰ سانتیمتر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کمتر باشد. این عمق در مورد کابلهای باولتاژ ۱۱، ۳۰ و تا ۳۳ کیلوولت ۴۰ سانتیمتر اضافه می گردد.
۳	آماده سازی کانال	تمیز کردن کانال و دیواره آن از سنگ و اشیای نوک تیز-صاف کردن کف کانال و کوبیدن آن - ریختن حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم
۴	نصب خارج	فاصله بین کابلهای مجاور ۲۰ سانتیمتر می باشد

قطر داخلی لوله ۱,۵ برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده - از بین بردن لبه لوله مثلاً لوله به شکل قیف در آید - حفر گودال کوچک در محل ورود کابل به لوله - تمیز کردن داخل لوله با فرچه - استفاده از سیم مهار جهت قراردادن و بیرون آوردن کابل - محافظت ابتدا و انتهای کابل داخل لوله پس از نصب با استفاده از خاک کوبیده شده یا بالشتک کفی - در صورتی که لوله خم داشته باشد ، رعایت حداقل شعاع خمش - مسدود کردن دهانه لوله				کابل	داخل لوله
ریختن حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم - چیدن ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتیمتر یا بلوک سیمانی - نصب نوار پلاستیکی هشدار دهنده - ریختن ۲۰ سانتیمتر سنگریزه - ریختن خاک معمولی - فشرده کردن سطح پر شده				پوشاندن روی کابل	۵
۱۱ (۱۲)	۲۰ (۲۴)	۳۳ (۳۶)	ولتاژ نامی	آزمایش ولتاژ مستقیم به کابلها	آزمونهای پس از نصب
۶,۳۵	۱۲	۱۹	کابل (KV)	ی فشار متوسط	
۲۵	۵۰	۷۶	ولتاژ نامی	ی فشار ضعیف	
آزمایش ولتاژ مستقیم به مدت ۱۵ دقیقه با ولتاژ ۲,۴۵ کیلوولت				کابلها	
با توافق خریدار و فروشنده آزمون ولتاژ متناوب با فرکانس صنعتی در مدت ۵ دقیقه با ولتاژ سیستم بین هادی و پوشش الکترواستاتیکی				ی فشار متوسط	
باتوافق خریدار و فروشنده آزمون ولتاژ متناوب با فرکانس صنعتی با ولتاژ عملکرد نامی سیستم برای ۲۴ ساعت				ی فشار ضعیف	

جدول ۴: مراحل کشی در داخل زمین

**حریمها:** حریم کابلها از خیابان ، خطوط آهن ، و تقاطع کابل با کابل‌های قدیمی برق یا مخابرات و نیز تقاطع

با لوله آب و کانال ف

اکبر تا ضلع لوله طبق بحث و توجه به ملاحظات: بار منطقه ، یک یا دو عدد بیشتر در نظر گرفته شود ۲- فاصله لوله تا سطح خیابان یک متر می باشد. ۳- فاصله افقی لبه لوله تالبه خیابان ۷۵ سانتیمتر می باشد (شکل صفحه ۱۷ جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه عبور کابل
۱- فاصله لوله تاریل راه آهن کمتر از ۱,۵ متر می باشد ۲- فاصله افقی لبه لوله تالبه ریل عبور کابل از خط

راه آهن ۲ متری باشد. (شکل صفحه ۱۷ جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع)		آهن
۱- در محل تقاطع لوله محافظ به طول ۱۲۰ سانتیمتر استفاده نموده و کابل جدید از داخل آن عبور نماید. ۲- فاصله عمودی کابل جدید و قدیمی حداقل ۳۰ سانتیمتر است. ۳- در صورت موازی بودن کابل جدید با کابل مخابرات فاصله حداقل افقی و عمودی به میزان ۳۰ سانتیمتر باید رعایت شود.		تقاطع کابل جدید با کابل قدیمی برق یا مخابرات
۱- کانال دوپله ای مشابه شکل صفحه ۱۹ جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع حفر شود. ۲- کابل فشارقوی در بستری پایینی و کابل فشار ضعیف در بستری بالایی نصب شود.		عبور کابل فشارقوی و ضعیف در یک کانال
در این مورد می بایست طبق شکل صفحه ۲۰ جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع عمل شود.		تقاطع کابل با کانال فاضلاب
۳۰ سانتیمتر	حداقل فاصله افقی و عمودی کابل فشار ضعیف و متوسط با لوله آب طبق شکل صفحه ۲۱ جلد چهارم استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع	به موازات لوله آب
۳۰ سانتیمتر	حداقل فاصله عمودی کابل از لوله آب (کابل در لوله ۱۲۰ سانتیمتری قرار می گیرد)	در تقاطع با لوله آب
۱ متر	حداقل فاصله جداره کابل فشار ضعیف از جدار لوله های گاز	تقاطع کابل با لوله های گاز
۲ متر	حداقل فاصله جداره کابل فشار متوسط از جدار لوله های گاز	
۵ متر	حداقل فاصله جداره کابل فشار ضعیف از جدار لوله های گاز با استفاده از لوله ۱۲۰ سانتیمتری	
۱ متر	حداقل فاصله جداره کابل فشار متوسط از جدار لوله های گاز با استفاده از لوله ۱۲۰ سانتیمتری	

جدول ۵: حریم کابل در تقاطع با سایر تاسیسات

محل قرار گرفتن کابل :

- بهتراست کابل در مسیر پیاده رونصب شده واز کنار پایه های روشنایی عبور نماید (طبق شکل صفحه ۲۲ جلد چهارم استاندارد کابل های مورد استفاده در شبکه توزیع

### روشهای مختلف کشیدن کابل :

**الف** - استفاده از تریلر کابل و وسیله ای که قرقره کابل روی آن قرار دارد

**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 در اسرع وقت تعمیر گردد. مطالب ارایه شده در این مربوط به غلافهایی از جنس PVC می باشد. با توجه به عمق صدمه وارده به کابل ، روش

مناسب جهت تعمیر آن بایستی انتخاب گردد. در جدول ۶ روشهای تعمیر کابل آمده است.

روش مناسب				نوع آسیب
<p>(مناسب برای ولتاژ آزمون تا ۵KV)</p> <p>سایش، پارگی کم به حدی که تمام محیط غلاف را در بر نرفته باشد (عمق خرابی تا نصف ضخامت غلاف)</p> <p>پارگی بیشتر، خرابی در تمام اطراف غلاف دیده شود. (عمق خرابی بیش از نصف ضخامت غلاف)</p>				
نوع نصب	در زمین یا محیط روباز	در کانال یا مجرای کابل	در زمین یا در محیط روباز	در مجرای 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

جدول ۶: خارجی کابل باجنس PVC

تعمیر کابل صدمه دیده باید بلافاصله بعد از زخمی شدن کابل انجام گردد. مخصوصاً در مورد کابل‌های فشار متوسط دقت گردد که عایق XLPE با آب یا رطوبت تماس نداشته باشد.

#### تعمیر غلاف صدمه دیده با استفاده از عایق ترموپلاستیکی :

در این روش از یک تیوب منقبض شونده استفاده می شود. این تیوب بایستی در هر طرف قسمت صدمه دیده به اندازه سه برابر قطر خارجی و حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بریده شود و بکار رود و انقباض برای طول ۱۰ در صد برای آن منظور گردد. قسمت صدمه دیده کابل به اندازه طول وصله به وسیله پارچه زبر یا سمباده تمیز شود سپس وصله تعمیراتی روی قسمت صدمه دیده کابل قرار گرفته و بسته می شود. بعد از این مرحله وصله توسط تمرکز شعله آتش یا دمنده هوای گرم منقبض گردد. بعد از اینکه دما به حد مطلوب رسید کل وصله را حرارت داده تا قسمت چسبنده داخل وصله مورد نظر نرم و در هر دو انتها کاملاً چسبیده شود.

#### قالب گیری وریختن رزین برای کابل‌های با غلاف خارجی PVC :

قسمت صدمه دیده باید کاملاً تمیز شده و توسط سمباده هر دو طرف قسمت صدمه دیده تا ۱۰۰ میلی‌متر پاک شود. جایی از محل آسیب دیده که عمق آن تارشته‌ها می رسد را توسط لایه ای از نوارچسب طوری پوشانده که هر دو نوارچسب نصف دور قبل را بپوشاند، این لایه بدین جهت مورد استفاده قرار می گیرد که از نفوذ رزین به کابل جلوگیری کند. (شکل صفحه ۲۹ جلد چهارم استاندارد) یک

تیوب PVC به شکل قالب بر روی محل آسیب دیده بکار می رود. شعاع داخلی این تیوب ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر بزرگتر از قطر کابل می باشد. قالب بایستی ۱۶۰ میلیمتر بزرگتر از قسمت آسیب دیده باشد. قالب به صورت طولی بریده شده و اطراف محل مورد نظر قرار داده می شود. در صورتی که آسیب دیدگی زیاد نباشد می توان از این تیوب استفاده نکرد. برای بستن و مهار دو طرف قالب با استفاده از نوار PVC دو طرف قالب نوار پیچ می شود. این نوار پیچی باید حداقل ۵۰ میلیمتر بیشتر از محل آسیب دیدگی در هر دو طرف باشد و یا برای کابل های با قطر ۳۵ میلیمتر و بیشتر ۳ برابر قطر کابل باشد. سپس مفصل را روی انتهای محل باند پیچی شده و بطور مناسبی قرار داده و دو طرف آن را بدقت باند پیچی کرده تا غیر قابل نفوذ گردد. در انتها ماده رزین ذر آن ریخته می شود. بعد از اتمام مفصل بندی باید دقت گردد تا محل تعمیر شده نباید مورد خمش قرار گیرد.

### نوار پیچی با استفاده از نوار چسب PVC :

استفاده از این روش فقط برای کابل های موجود در کانال یا داخل ساختمان که امکان کنترل کابل وجود دارد مجاز است. و قطر کابل مورد تعمیر نباید از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد در حالتی که سایش یا پارگی کم وجود دارد از این روش استفاده شده و ابتدا اطراف محل آسیب تا ۱۰۰ میلیمتر از هر دو طرف تمیزی شود سپس نوار چسب را روی محل آسیب دیده و ۱۰۰ میلیمتر بیشتر از هر دو طرف محل صدمه دیده می پیچند، این قسمت از کابل نباید تحت تنش مکانیکی باشد، بعد از این مرحله کابل را می توان بر روی غلطک های کابل قرار داد و بعد از نصب کابل این قسمت باید مورد بازرسی مجدد قرار گیرد.

### سیستم زمین شبکه های توزیع

#### مقدمه :

انرژی الکتریکی علی رغم جذابیت فراوان آن و نیز مزایای زیادی که برای انسان دارد، خطراتی دارد

نیز بدن بال. از جمله مهمترین این خطرات می توان به ایجاد حریق و برق گرفتگی اشاره کرد. حریق می تواند بدلیل تولید حرارت در اثر عبور جریان زیاد از سیمها و وسایل برقی ، شل بودن محل اتصالات و اتصالی در شبکه های برق ایجاد شود. برق گرفتگی نیز در اثر تماس بدن انسان با سیم برق یا قسمتهای برقدار تجهیزات

ولتاژ پایین شبکه ها، سیستم زمین ایجاد نمی شد. این شبکه ها نسبت به شبکه های زمین شده امروزی دارای چند امتیاز بودند یکی اینکه اتصال اتفاقی یک فاز به زمین موجب برقراری جریان قابل ملاحظه، قطع برق وخاموشی نمی شد، دیگر اینکه در صورت تماس بدن شخصی که روی زمین قرارداداشت با یکی از فازها، به علت برقرار نشدن جریان خطرناک شخص دچار برقگرفتگی نمی شد. با توسعه شبکه ها و افزایش ولتاژ آنها، جریانها در حالت اتصال یک فاز به زمین قابل ملاحظه گردید که این مساله سبب قطع متناوب برق شده و در ولتاژ فازهای سالم نیز اختلال ایجاد می شد، که این موضوع نیز سبب وارد شدن صدمات و خساراتی به تجهیزات شبکه های برق می گردید. به این ترتیب توجه به ایجاد سیستم زمین به عنوان راهکاری جهت حفظ جان انسان و نیز جلوگیری از بروز آسیب به تجهیزات شبکه های برق و مشترکین مطرح و سیستمهای زمین در شبکه های برق رایج گردیدند. در این جزوه تصمیم داریم به تفصیل درباره سیستم زمین شبکه های توزیع و انواع آن توضیح دهیم. ضمن اینکه استاندارد سیستم زمین که در حال حاضر در ایران مطرح می باشد را نیز مورد بررسی قرار خواهیم داد.

## **انواع سیستم زمین شبکه های توزیع:**

به طور کلی در شبکه 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 در تشخیص و حفاظت اتصالیهای شبکه به زمین و جلوگیری از ایجاد ولتاژهای بالا در فازهای سالم می گردد.

امروزه کلیه سیستمهای قدرت دارای نقطه صفر زمین شده می باشند. اتصال سیستم الکتریکی به زمین از طریق نقطه صفر ژنراتورها، ترانسفورماتورها و موتورها انجام می شود. این اتصال می تواند به صورت مستقیم یا با واسطه یک مقاومت یا راکتانس انجام شود. دلایل ایجاد سیستم زمین الکتریکی به شرح زیر می باشد:

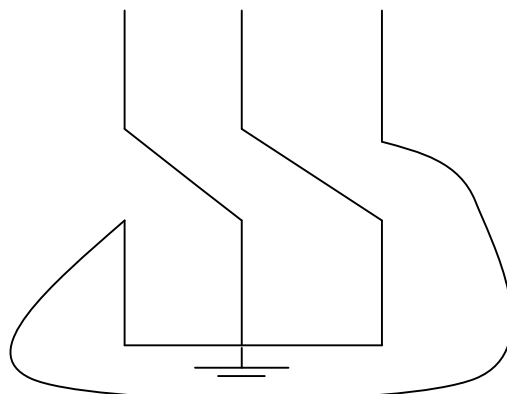
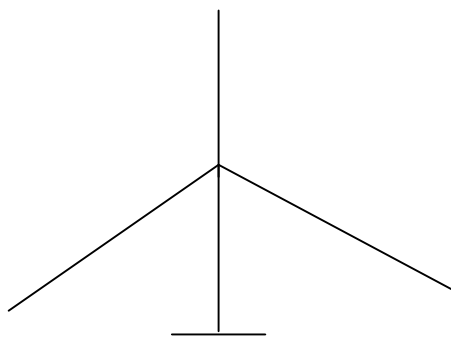


- ۱- ایجاد یک سیستم حفاظتی در برابر خطای فاز به زمین
- ۲- جلوگیری از عدم تعادل ولتاژ فازهای سالم به هنگام اتصال یک فاز به زمین
- ۳- زمین شدن اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه و ...

در صورت عدم اتصال نقطه صفر به زمین، اگر یکی از فازها به زمین وصل شود زمین به عنوان یک هادی عمل کرده و جریان برق از سمت شبکه به سمت زمین برقراری گردد این مساله علاوه بر احتمال بروز خطرات جانی برای انسان سبب آسیب دیدن تجهیزات و شبکه های برق نیز می شود. با اتصال نقطه صفر شبکه به زمین و قرارداد یک رله حفاظتی در مسیر سیستم زمین به محض اتصال یک فاز به زمین جریان اضافی از رله عبور کرده و با توجه به تنظیمات انجام شده فرمان قطع شبکه توسط رله صادر می شود و به این ترتیب از وارد آمدن آسیبهای احتمالی بعدی به تجهیزات و انسانها جلوگیری می شود. همچنین با توجه به بروز عدم تعادل در فازهای سالم احتمال آسیب دیدن به تجهیزات مشترکینی که از فازهای سالم تغذیه می شوند نیز با قطع برق از این می رود. با توجه به این توضیحات در ادامه موارد مختلف زمین الکتریکی در شبکه های توزیع را توضیح خواهیم داد.

چنانکه می دانیم بخش توزیع شامل ولتاژهای پایین تر از ۳۳ کیلوولت می شود. در واقع انرژی الکتریکی پس از تولید و انتقال در ایستگاههای تبدیل انرژی فوق توزیع از ۶۶ کیلوولت (این سطح ولتاژ در استان فارس بوده و در سایر نقاط کشور ۶۳ کیلوولت می باشد) به سطوح ولتاژ توزیع یعنی ۲۰، ۱۱ و ۳۳ کیلوولت تبدیل می شود که سطح ولتاژ ۱۱ تنها در بخشهایی از استان فارس و بوشهر و سطح ولتاژ ۳۳ در استان خوزستان می باشد. و در سایر نقاط کشور سطح ولتاژ توزیع ۲۰ کیلوولت می باشد. بنابراین اولین قسمتی که ما در بخش توزیع سیستم زمین الکتریکی ایجاد می کنیم، نقطه صفر ترانسفورماتورهای توزیع که ولتاژ سطح توزیع را به ولتاژهای ۲۳۱ و ۴۰۰ ولت تبدیل می کنند، خواهد بود.

- **زمین شدن نقطه صفر ترانسفورماتور:** ترانسفورماتورهای توزیع معمولاً دو سیم پیچ بوده و نحوه اتصال سیم پیچهای آن در قدرتهای کمتر از ۲۵۰ کیلوولت آمپر به صورت YZ (ستاره-زیگزاگ) بوده و در قدرتهای بالاتر DY (مثلث - ستاره) می باشد. منظور از زمین 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 در اولین پایه بعد از پست و انتهای فیدر زمین می گردد و این نوع زمین در تنظیم ولتاژ مشترکین تکفاز موثر می باشد. طبق استاندارد هادی خنثی باید در نقاط متعددی در طول هر یک از خطوط خروجی به الکترودهای زمین وصل شود به نحوی که یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر از طول خط یا کسری از آن وجود داشته باشد. در هر صورت تعداد الکترودهای زمین هر خط نباید از ۲ کمتر باشد که در مورد خطوط کوتاهتر از ۴۰۰ متر ابتدا و انتهای خط زمین می شود. در حال حاضر در شبکه های فشار ضعیف سیم نول در هر ۱۵۰ متر زمین می شود.

- **زمین کردن برقگیر** : نقطه دیگری از شبکه که زمین می گردد ، ترمینال انتهایی برقگیرهای منصوبه در پستهای توزیع یا ابتدا و انتهای شبکه های زمینی می باشد. از محل این سیستم زمین بدلیل مقاومت بالای برقگیر جریان نشتی بسیار کوچکی در حد میکرو آمپر عبور می کند. البته زمین برقگیر به عنوان زمین نقطه

شناخته

صفره نمی شود. چنانکه می دانیم برقگیر در محل ورود شبکه فشار متوسط هوایی به پست یا شبکه های زمینی روی هر سه فاز نصب شده و با بدنه ترانسفورماتور و بدنه تابلو همبندی شده و زمین می گردد.

- **زمین زره یا پرده کابل** : در ابتدا و انتهای 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 ولتاژهای

- **زمین کردن سیم گارد** : یکی از موارد دیگری که جهت جلوگیری از بروز خسارت در تاسیسات برق سیستم زمین ایجاد می شود سیستم زمین سیم گارد است. البته این مورد بیشتر در سطوح فوق توزیع و انتقال استفاده قرار می گیرد که در آن سیم گارد که جهت جلوگیری از اصابت صاعقه به شبکه در بالاترین مورد

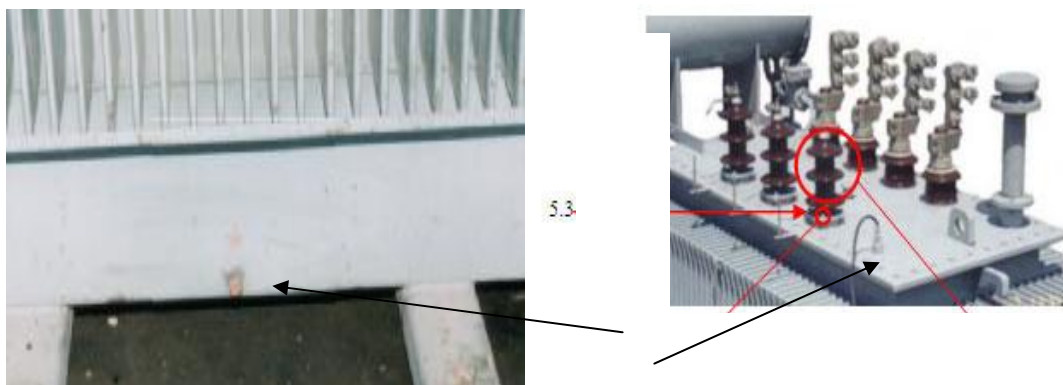
نقطه برج انتقال نیرو نصب شده است بطور مستقیم زمین می شود. البته در مواردی که شبکه های توزیع در تقاطع با شبکه های انتقال نصب شده یا در فواصلی بدلیل مشخصات جغرافیایی منطقه ناچارا به صورت موازی هم احداث شده اند ، جهت جلوگیری از القاء ولتاژ ناشی از میدان شبکه فشارقوی یک سیم بعنوان سیم گارد نصب شده و زمین می گردد. در برخی موارد جهت جلوگیری از اصابت صاعقه به تاسیسات از میله های بلند در قسمتهای مرتفع ساختمانها و یا پستها ممکن است استفاده شود.

#### - زمین کردن حفاظتی :

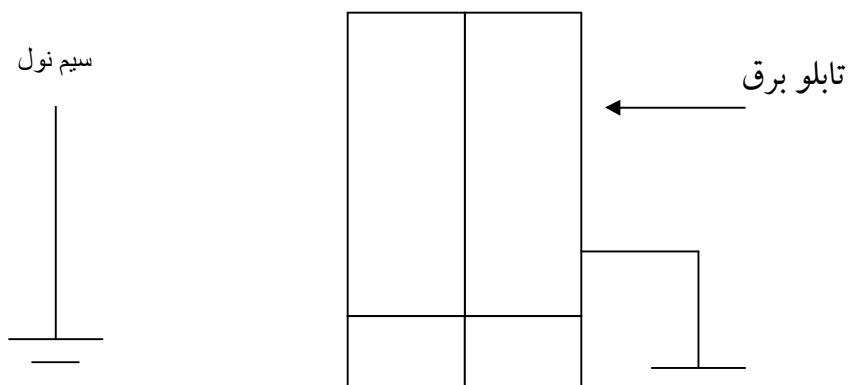
عبارتست از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تاسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم با مدار الکتریکی قرار ندارند و به عبارت دیگر در حالت عادی برقدار نمی باشند.

این نوع سیستم زمین برای حفاظت اشخاص در مقابل اختلاف پتانسیل تماسی بزرگ به کار برده می شود و به همین دلیل این سیستم زمین مهمتر از سیستم قبلی می باشد. بدین منظور می بایست کلیه بدنه تجهیزات برقی نظیر پایه های روشنایی، ترانسفورماتور، تابلوها ، درب پستهای برق بدنه سکسیونر و دژنگتورها و... به نحوی زمین شود که قسمتی از مسیر جریان که توسط اعضاء بدن انسان اتصالی می شود (دست و پا یا دو پا یا دودست) ، دارای اختلاف پتانسیل زیاد نباشد. اختلاف پتانسیل بستگی به مقاومت مسیر عبور جریان و شدت جریان دارد لذا برای کوچک نگهداشتن اختلاف پتانسیل می بایست مقاومت مسیر عبور جریان را در پایینترین حد ممکن نگه داشت. لازم به ذکر است بدنه برخی دستگاههای برقی ممکن است در بیش از یک نقطه زمین شود مثلاً بدلیل قرار داشتن یک و اشر لاستیکی میان درپوش و تانک ترانسفورماتور و عایق بودن این و اشر جهت ایجاد سیستم زمین مناسب هر کدام از این موارد پیچ اتصال زمین جداگانه دارد که این پیچها

متصل و سپس زمین می گردند. شکل زیر پیچ اتصال زمین ترانسفورماتور روی درپوش وتانک را نشان می دهد.



- **زمین کردن بدنه تجهیزات برقی:** چنانکه ذکر شد می بایست بدنه تجهیزات برقی به زمین با مقاومت پایین متصل گردد. در این قسمت قصد داریم خطرات عدم اتصال زمین بدنه تجهیزات را مورد بررسی قرار دهیم. چنانکه در شکل زیر مشاهده می شود در صورتی که بدنه زمین نشده تجهیزات الکتریکی بدلیل بروز اتصالی در سیستم داخلی برقدار شود، با توجه به اینکه جریان اضافی از فیوزها و تجهیزات حفاظتی عبور نمی نماید، تجهیزات فوق عمل نکرده و همچنان بدنه فلزی برقدار می ماند.



اکنون اگر فردی با این بدنه تماس حاصل نماید، مدار عبور جریان از طریق بدن شخص بسته شده و در صورت عبور جریان بیش از حد مجاز از بدن فرد (۲۵ میلی آمپر)، منجر به صدمه دیدن او خواهد شد. اکنون فرض

کنیم اتصال بدنه تابلو طبق استاندارد برقرار شده باشد ، در این صورت میزان جریان عبوری از بدن با توجه به اینکه جریان همیشه از مسیر با مقاومت کمتر عبور می کند به حد خطرناک نخواهد رسید و از طرفی در صورت انتخاب وسایل حفاظتی مناسب ، بلافاصله پس از برقرار شدن تابلو وسایل حفاظتی عمل نموده و عیب را برطرف می نمایند. البته اتکا به وسایل حفاظت در برابر اضافه بار برای تامین ایمنی اتصال به زمین تنها هنگامی مجاز است که جریان برقرار شده در مدار حداقل سه برابر ظرفیت اسمی فیوز محافظ مدار و یا بیشتر از ۱,۵ برابر ظرفیت اسمی کلید خودکار محافظ مدار باشد تا از قطع کردن بموقع آن اطمینان حاصل شود. بنابراین در مورد مدارهای تک فاز که با فیوز و کلید اتوماتیک محافظت می شوند، حداکثر امیدانس مجاز مداراتصالی زمین به ترتیب زیر می باشد.

$$Z = 220/3 * I_f$$

$$Z = 220/ 1.5 * I_{cb}$$

در این معادلات  $I_f$  و  $I_{cb}$  به ترتیب ظرفیت اسمی فیوز و کلید اتوماتیک است. اکنون با توجه به شکل فوق در صورتی که یک فاز با بدنه تابلو متصل شده و مقاومت اتصال زمین ۴ اهم باشد داریم :

$$I = 220/(2+2) = 55 \text{ A}$$

اگر منحنی قطع فیوزهای سریع ساخت زمینس رادرنظر بگیریم این جریان توسط یک فیوز ۲۵ آمپری در مدت ۲ دقیقه و توسط یک فیوز ۳۵ آمپری در ۲۰ دقیقه قطع خواهد شد. در صورت انتخاب فیوزی با مقادیر بالاتر فیوز هرگز عمل نمی کند و تابلو برقرار می ماند. که از نظر ایمنی خطرناک است. اکنون فرض می کنیم هر کدام از مقاومت اتصال زمینها ۱۰ اهم باشد داریم :

$$I = 220/(10+10) = 11 \text{ A}$$

این جریان توسط یک فیوز ۶ آمپری در مدت حدود یک ساعت قطع خواهد شد و با وجود فیوزهای رنج بالاتر هیچگاه قطع نخواهد شد. ملاحظه می شود در صورت بالابودن مقاومت اتصال زمین ، عیب هیچگاه رفع نخواهد شد و خطرات بالقوه برای افراد باقی خواهد ماند.

- **اتصال زمین (ارت) موقت** : اتصال زمین یا ارت موقت رانیز می توان بعنوان یک سیستم زمین حفاظتی منظور نمود. شاید اکثر کارگرانی که بر روی شبکه کار می کنند قطع کلید و به طور کلی باز کردن شبکه از سمت تغذیه آن را بعنوان بی برق شدن شبکه تلقی کنند، در حالی که شبکه بی برق به شبکه ای اطلاق می شود، که پس از قطع مدار تست و تخلیه شده و گراند موقت در معرض دید فرد مجری کار نصب شده باشد. در واقع پس از تست و تخلیه خط می بایست در طرفین محل کار گراند نصب شود. دلیل نصب گراند موقت را می توان احتمال وصل اشتباهی برق توسط اپراتور پست یا سایر همکاران ، راه اندازی ژنراتورهای اضطراری مشترکین و یا القا ولتاژ حاصل از وجود مداری دیگر در مجاورت شبکه خاموش ذکر کرد.

### - نحوه ایجاد سیستم زمین :

چنانکه در قسمتهای قبل ذکر شد در شبکه های برق نقطه صفر سیستم ، برقیگیر ، سیم نول و بدنه تجهیزات الکتریکی می بایست زمین شود. به طور کلی ایجاد سیستم زمین در موارد فوق با استفاده از حفر چاه ، کویدن میله و اتصال کابل زمین به میله ارت انجام می شود . سالهای قبل سیستم زمین پستهای توزیع در سه ایجاد می شد بدین ترتیب که یک حلقه چاه جهت نول ، یک حلقه جهت بدنه تابلو و یک حلقه نیز نقطه

برقیگیر و بدنه ترانسفورماتور حفر شده و موارد ف

جهت وق زمین می شدند . ابتدا قبل از توضیح در مورد عملیات

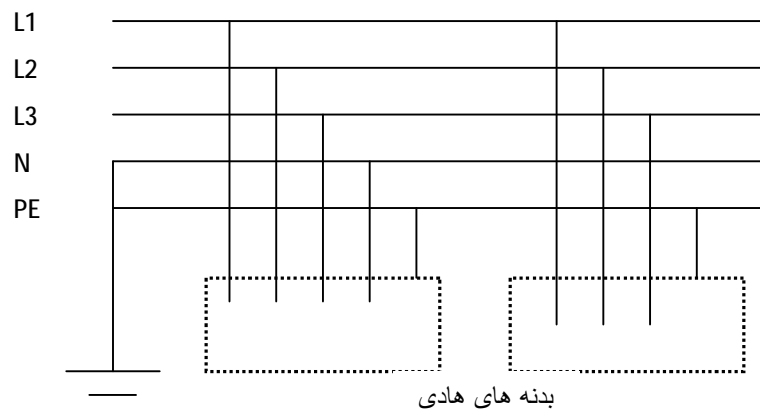
اجرای سیستم زمین انواع مختلف سیستمهای زمین را طبق استاندارد توضیح می دهیم . طبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع در فشار ضعیف سه نوع سیستم زمین معمول است :

TN -

سیستم :

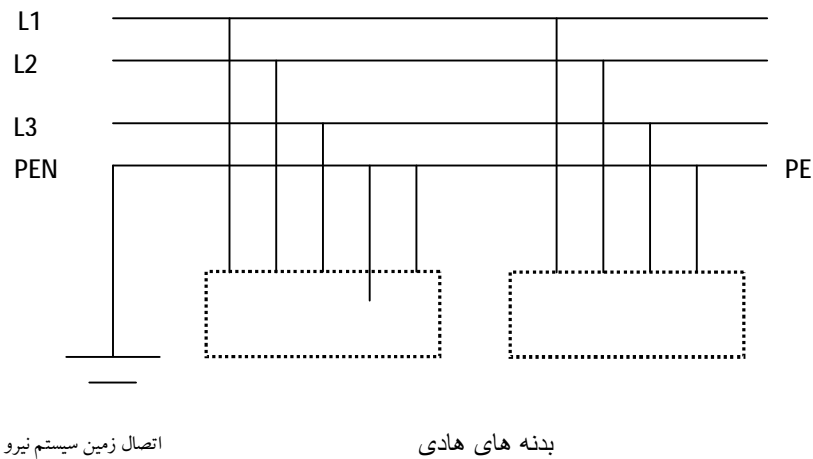
(حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه سیستم با زمین و حرف دوم از سمت چپ بیانگر رابطه بدنه های هادی تاسیسات با زمین است) T

### ۱- سیستم TN-S



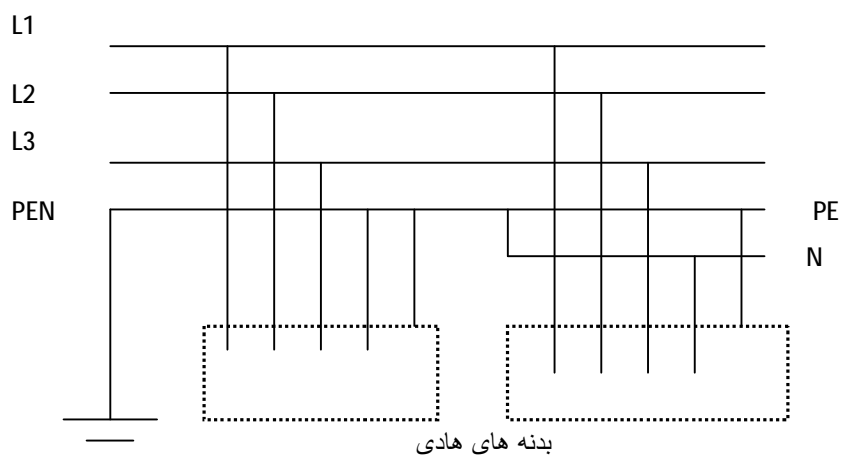
اتصال زمین سیستم نیرو

### ۲- سیستم TN-C



اتصال زمین سیستم نیرو

### ۳- سیستم TN-C-S



اتصال زمین سیستم نیرو

- سیستم TT

- سیستم IT

با توجه به شناخت و بررسی که پیرامون انواع سیستمهای توزیع بعمل آمده است ، انتخاب سیستم TN-C با در نظر گرفتن شرایط اختصاصی آن منطقی و معقول به نظر می رسد. (طبق بند ۳۰۲ استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع) زیرا علاوه بر آوردن نیازهای ایمنی ، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد. در این سیستم بدنه هادی تجهیزات الکتریکی به نقطه خنثی وصل شده و به طور مستقیم زمین می شوند.

- چگونگی اجرای سیستم زمین :

اکنون پس از شناخت انواع سیستمهای زمین و نیز دلایل ایجاد این سیستم در شبکه های برق ابتدا به طور مختصر درباره مقاومت زمین بحث کرده و سپس راهکارهای اجرایی ایجاد سیستم زمین را مطالعه می کنیم.

- مقاومت زمین :

به طور کلی می توان گفت عواملی نظیر جنس خاک ، میزان رطوبت زمین ، عمق خاک ، دمای ، جنس الکتروود زمین و چگونگی قرارداد آن و قطر و پهنای الکتروود زمین در مقاومت زمین موثرند ، محیط .

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



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

طبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع مقاومت کل اتصال به زمین هادی حفاظتی یا هادی خشی هر سیستم نباید بیشتر از ۲ اهم باشد. تادر صورت بروز اتصالی بین هادی فاز وزمین ، ولتاژ هادی خشی یا از میزان حفاظتی ۵۰ ولت که آستانه خطر برقگرفتگی می باشد ، تجاوز ننماید. با وجود این با توجه به اینکه در مناطق خشک ، صخره ای وسبگلاخی که در آن مقاومت زمین اتفافی بیشتر از مقدار فوق بوده واتصال به زمین اتفافی هادی فاز به زمین بر حسب تجربه وطبق داده های آماری از ۷ اهم بیشتر باشد ، حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین را می توان به جای ۲ اهم از رابطه زیر بدست آورد :

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

در آن  
که :

RS  
- : حداکثر مقاومت مجاز اتصال زمین

RE

U0 - ولتاژ اسمی بین فاز و خنثی (۲۳۰ ولت)

### - لوازم مورد نیاز جهت اجرای سیستم زمین:

۱- میله اتصال زمین : جنس این میله از فولاد بوده و جهت افزایش هدایت الکتریکی آن از روکش مس استفاده شده است.

۲- سیم اتصال زمین : جنس آن از مس و معمولاً هم مقطع با سیم نول شبکه می باشد.

۳- کلمپ اتصال میله اتصال زمین به سیم زمین

۴- کلمپ اتصال سیم اتصال زمین به سیم نول شبکه

۵- 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 رادر آن ایجاد کنیم روشهای مختلفی برای اتصال زمین

دارد

وجود.

۱- استفاده از الکترود میله ای :

طبق استاندارد قطر میله آهنی یا فولادی نباید از ۱۶ میلیمتر کمتر بوده و طول آن ۲,۴۵ متر می باشد و می بایست از جنسی ساخته شده باشد که در شرایط موجود و در طول عمر مفید پیش بینی شده برای آنها، دچار خوردگی بیش از حد نشود. ضمن اینکه سطح خارجی میله باید هادی جریان برق بوده و نباید رنگ و لعاب آن قرار گیرد

روی. در این روش جهت کاهش مقاومت زمین می توان از تعدادی میله موازی استفاده کرد

البته فاصله بین میله های موازی نباید کمتر از طول کل هر میله بوده و تعداد میله های موازی تا حد معینی به

باشد. البته در شرایط استثنایی نظیر برخورد به لایه سنگی عمق کوبیدن میله کمتر از مقدار ذکر شده می تواند یا اینکه می توان از روشهای دیگر

باشد. روی جهت کاهش مقاومت زمین استفاده کرد.

۲- استفاده از سیم یا تسمه یا ورق دفن شده :

در مناطقی که مقاومت ویژه خاک بالا است یا لایه های کم عمق سنگ در آنها وجود دارد ، استفاده از سیم یا تسمه یا ورق دفن شده مناسب خواهد بود.

سیم مورد استفاده جهت سیستم زمین می بایست دارای قطر ۴ میلیمتر یا بیشتر بوده و عمق حداقل ۴۵ سانتیمتری از سطح زمین در راستایی مستقیم به طول ۳۰ متر دفن شده باشد.

ورق یا صفحه فلزی که مساحت آن از ۰٫۵ مترمربع کمتر نبوده و هر دو طرف آن با زمین در تماس باشد. یک اتصال زمین قابل قبول را تشکیل خواهد داد. صفحه باید در جهت قائم قرار گرفته و عمق لبه بالایی آن از سطح زمین نباید کمتر از ۱٫۵ متر باشد . ضخامت صفحه اگر آهنی یا فولادی باشد نباید از ۶ میلیمتر کمتر و اگر گالوانیزه گرم باشد از ۳ میلیمتر و اگر از مس باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

۳- الکتروود زمین ته تیر - صفحه ای یا چمبره ای :

در مناطقی که مقاومت ویژه خاک خیلی کم است می توان از این روش استفاده کرد. مشخصات چمبره و روش انجام آن در شکل صفحه بعد که از استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع اقتباس شده ، آمده است.

۴- حفر چاه : در مناطق خشک و کویری نمی توان با استفاده از کوبیدن میله یا خواباندن سیم جهت کاهش زمین اقدام کرد

مقاومت. در این گونه مناطق از حفر چاه و کوبیدن میله یا خواباندن صفحه در کف چاه استفاده می شود. در این صورت با انجام این اقدامات مقاومت زمین تا حد استاندارد کاهش نیابد از مخلوط نمک سنگ کوبیده شده و سرند شده با خاکه ذغال چوب و خام سرند شده که بهتر است خاک رس یا مشابه

نمک / ذغال چوب / خاک با نسبت ۱۰/۰,۵/۱

ضمن اینکه بقیه چاه با خاک سرند شده پر ولایه به لایه کوبیده می شود. لایه بندی نمک و ذغال به این ترتیب است که خاکه ذغال چوب در اطراف صفحه الکتروود ریخته شده و کوبیده می شود به نحوی که حداقل ۰,۲ متر بالاتر از الکتروود قرار گیرد. سپس به تناوب یک لایه نمک و یک لایه ذغال چوب در لایه هایی به ضخامت ۰,۱۵ متر در اطراف الکتروود تا ارتفاع ۱,۵ متری از ته چاه پر شده و فشرده می شود. البته در سالهای اخیر از ماده جدیدی بنام بنتونیت نیز جهت کاهش مقاومت اهمی زمین استفاده می کنند.

#### - ولتاژ گام و ولتاژ تماس :

وقتی جریان خطا از الکتروود عبور می کند تا به داخل زمین تخلیه شود ، در هر نقطه اطراف الکتروود یک میدان الکتریکی به وجود می آید. این میدان سبب القاء ولتاژهایی در اطراف الکتروود زمین شده که ممکن است مقادیر بالا داشته و برای موجودات زنده کشنده باشد لذا می بایست الکتروودهای زمین به نحوی ترتیب داده شوند و اجرا شوند که خطرات ناشی از عبور جریانهای خطا در هنگام اتصال کوتاه یا صاعقه به حداقل ممکن تقلیل یابد برخی خطراتی که ممکن است در اثر این عامل بوجود بیاید را می توان به شرح زیر برشمرد:

- آتش سوزی در اثر حرارت ناشی از عبور جریان یا بروز جرقه در حضور مواد سوختنی

- برق گرفتگی در اثر تماس با الکتروود یا بروز ولتاژ قدم در اطراف ندر نزدیکی الکتروود

با توجه به اینکه در اطراف پستهای هوایی و پایه های فلزی عبور و مرور زیاد بوده و احتمال تماس عابرین با آنها می باشد ، می بایست برای تنظیم ولتاژ قدم و تماس 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 و تماس می پردازیم .

### - ولتاژ گام یا قدم :

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه روی سطح زمین است که به فاصله یک قدم از هم فاصله داشته باشند. فاصله یک قدم معمولاً یک متر فرض می شود.

این اختلاف پتانسیل به ترکیبات لایه سطحی زمین بستگی دارد و مقدار ولتاژ گام در زمان خطای زمین می تواند به مقدار زیادی برسد. به همین دلیل و با توجه به مسایل ایمنی لازم است مقدار آن محدود گردد. طبق آزمایشهای انجام شده مقدار مجاز جریان عبوری از بدن انسان از رابطه تجربی زیر بدست می آید:

$$I_k = 0.116 / vt$$

که در آن :

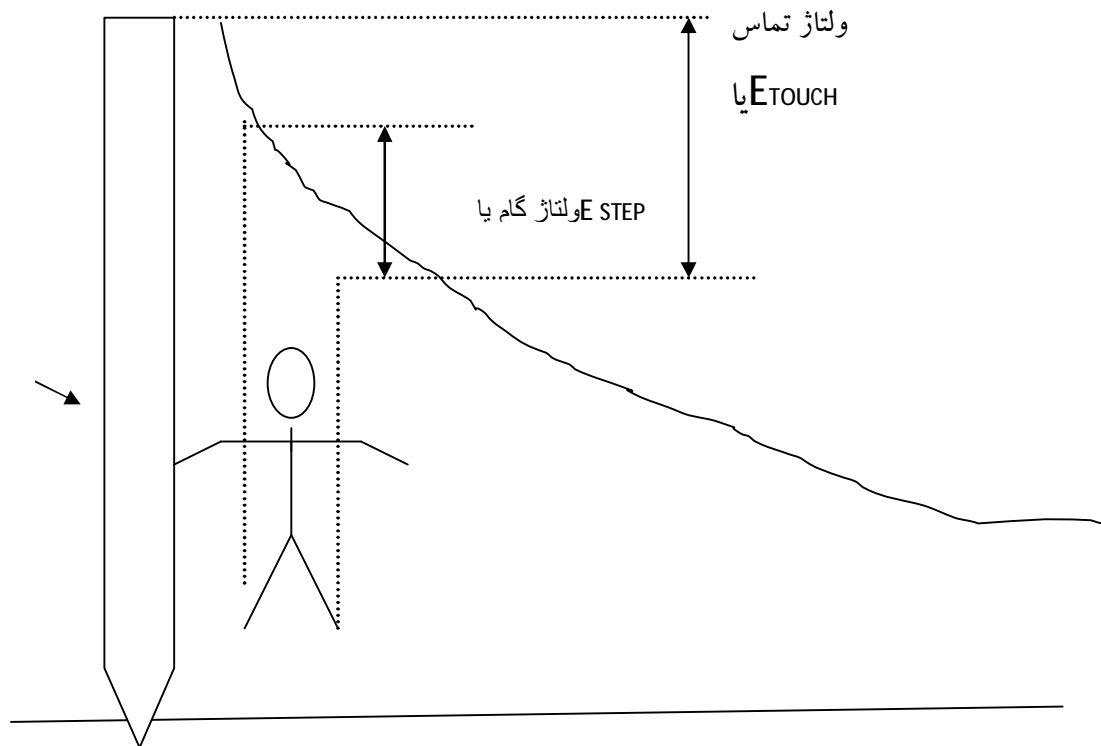
$I_k$  : جریان بر حسب آمپر

$t$  : مدت زمان تداوم جریان بر حسب آمپر

با توجه به مقدار مجاز جریان عبوری از بدن انسان و طبق محاسبات انجام شده حداکثر ولتاژ مجاز گام می بایست به ۳۰۰۰ ولت محدود شود.

### - ولتاژ تماس :

اختلاف پتانسیل بین قسمتهای فلزی زمین شده و نقطه ای روی زمین به فاصله افقی یک متر است. در واقع این ولتاژ بین دست و پای شخصی که قسمتهای فلزی را زمین می کند، قرار می گیرد. شکل زیر این مورد را نشان می دهد.

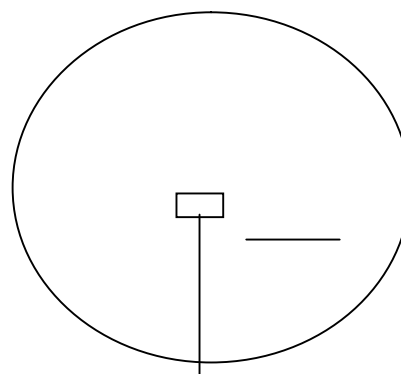
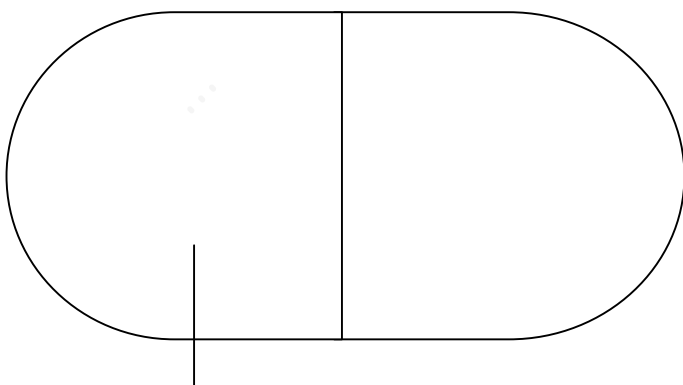
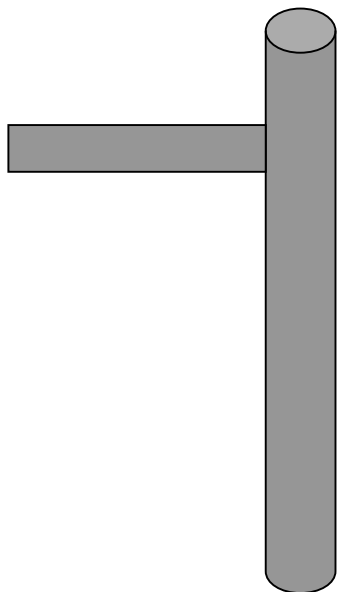


البته تعریف دیگری در مرجع شماره ۲ ذکر شده که در آن فاصله یک متر ذکر شده در تعریف فوق را برای تاسیسات انتقال منظور کرده و این فاصله را برای بخش توزیع ۳ متر ذکر کرده و اینکه در این حالت ایده محدود به نقاط روی زمین نیست و شامل هر سطح دیوار که از مواد غیر عایق ساخته شده، لوله های فلزی، ساختمان فلزی و... نیز می شود.

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

با عنایت به توضیحات فوق می بایست با استفاده از ایجاد یک سیستم زمین ساده ولتاژ گام و تماس را به مقادیر مجاز محدود کنیم. برای این منظور و طبق استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع از دو حلقه تنظیم ولتاژ تماس که یک مورد برای پستهای توزیع هوایی که دارای دو الکتروود زمین بوده و دیگری برای حالتی که سیستم دارای تنها یک الکتروود می باشد طبق شکل زیر استفاده می کنیم.





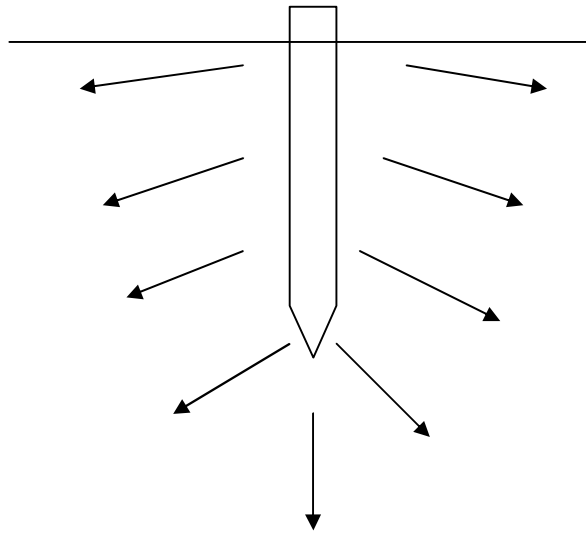
حلقه تنظیم ولتاژ تماس و قدم الکتروود پست هوایی

حلقه تنظیم ولتاژ تماس و قدم الکتروود تک تیر

- روشهای اندازه گیری مقاومت زمین :

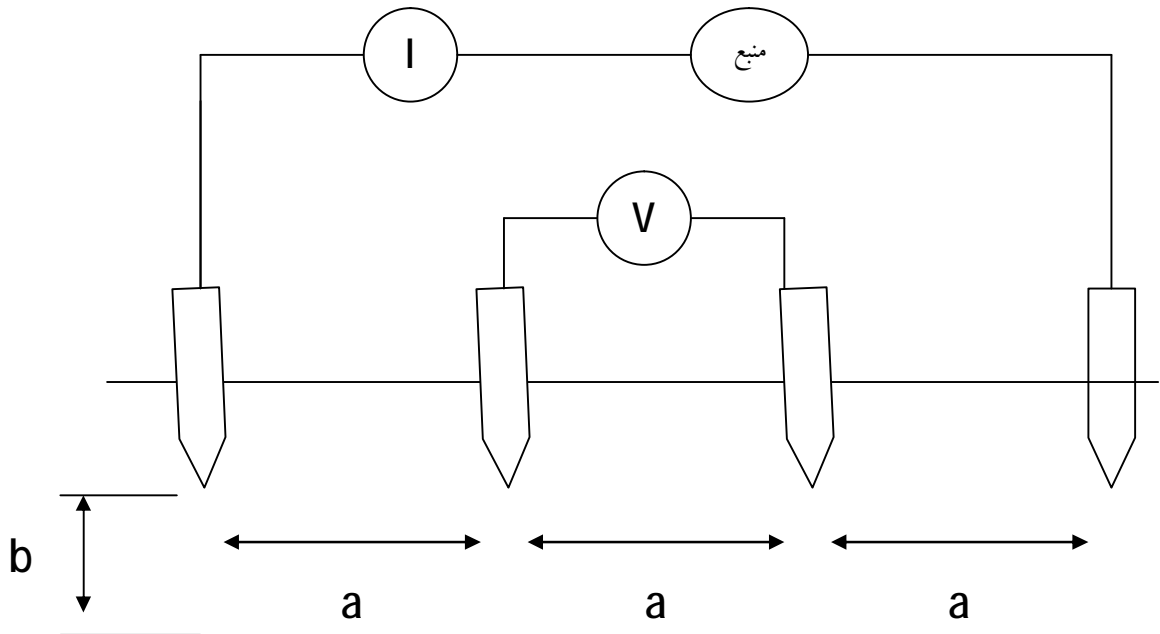
- روش چهار الکترودی {۲} :

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



در این روش از چهار الکترودی که در یک مسیر مستقیم بفواصل مساوی قرار گرفته اند ، استفاده می شود. جریان تزریقی بین دو الکترودی بیرونی  $I$  و ولتاژ بین دو الکترودی داخلی  $V$  می باشد.

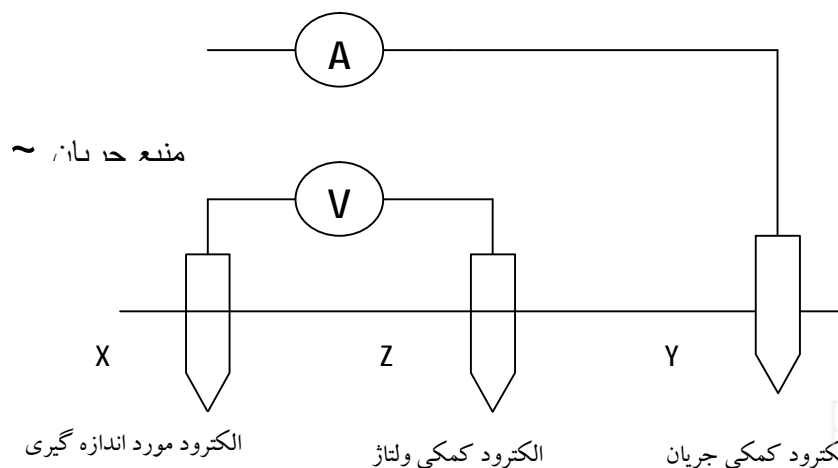




در این روش می بایست طول الکتروود دفن شده  $b$  خیلی کمتر از فاصله بین الکتروود  $a$  باشد در عمل نسبت  $b/a$  باید کمتر از  $0,05$  باشد. وجود لوله ها و تجهیزات فلزی زیر زمین ممکن است جوابها را دچار خطا نماید. در نتیجه چندین اندازه گیری در جهات عمود بر هم لازم می باشد.

### - روش سه الکتروودی :

در این روش که اساس کار کلیه دستگاههای مدرنی است که امروزه در دسترس می باشند ، از سه الکتروود استفاده می شود . به شکل زیر توجه کنید



در این روش الکتروود الکترودی می باشد که اندازه گیری مقاومت آن مد نظر می باشد. این الکتروود می تواند مربوط به بدنه هادی دستگاههای برقی یا نقطه خنثی سیستم باشد. الکتروودهای کمکی Y و Z که به ترتیب الکتروود کمکی جریان ولتاژ می باشند ممکن است از قطعات لوله نیم اینچی یا میله های تشکیل شده باشند که تا عمق یک متری در زمین کوبیده می شوند

فولادی. فواصل الکتروودهای کمکی

از یک دیگر و از الکتروود اصلی X بسیار مهم می باشد. در واقع چیزی که بنام مقاومت الکتروود خوانده می شود، مقاومت حجم خاکی است که الکتروود را احاطه می کند. و به آن باصطلاح حوزه مقاومت الکتروود زمین می گویند. در عمل بسته به زمین (خاک) ولایه های آن در اطراف الکتروود و عوامل دیگری مانند رطوبت و مقدار املاح و غیره این حوزه ممکن است از ۱۰ تا ۲۰ متر ادامه یابد. می توان در هنگام اندازه گیری عملی فاصله الکتروودها را جابجا کرده و میانگین مقادیر اندازه گیری شده را بعنوان مقاومت الکتروود زمین منظور کرد. اندازه گیریها قابل قبول نبود، الکتروود جریان Y اگر نتیجه را به فاصله ای دلخواه مانند ۴۵ تا ۵۰ متری از الکتروود اصلی منتقل کرده و اندازه گیری را تکرار می کنیم.

### - تاثیر مقاومت بالای زمین برای مینی افراد :

اکنون که با توجه به توضیحات فوق به اهمیت سیستم زمین پی بردیم می خواهیم حوادث منجر به فوت را که در اثر این عامل بوقوع پیوسته را مورد بررسی قرار دهیم تا اهمیت آن بیش از پیش روشن شود.

- در سالهای ۶۶، ۶۹ و ۷۰ در سه حادثه مشابه سه نفر طبق شرح زیر فوت می کنند:  
در اثر یخبندان و لیز خوردن، افراد جهت جلوگیری از زمین خوردن به تیر برق و سیم زمین متصل به آن متوسل می شوند که در اثر عدم وجود لوله محافظ سیم زمین و برق دار بودن آن فوت کردند. علت حادثه هر سه مورد بالا بودن مقاومت زمین در شرایط یخبندان، مقطع پایین سیم زمین، عدم وجود اتصالات

- در سالهای ۶۷ و ۶۹ در دو حادثه جداگانه دو نفر فوت می کنند علت حادثه اول ، برخورد کامیون با سیم فاز شبکه فشار ضعیف ، پاره شدن آن و افتادن در داخل جوی آب ذکر شده است. دختر بچه ای در حال شستشوی دستهای خود در جوی آب دچار برقگرفتگی می شود. در حادثه دوم به علت نامشخصی یکی از سیمهای شبکه فشار ضعیف پاره شده و روی زمین می افتد . جوانی در حین عبور از کنار سیم پاره شده به علت تماس با سیم دچار برقگرفتگی شده و جان خود را از دست می دهد. چنانکه ملاحظه می شود در هر امپدانس بالای زمین محل حادثه باعث عدم قطع برق و حادثه گردیده است

دومورد.

## استاندارد خطوط هوایی

### شبکه هوایی با استفاده از سیم نخت:

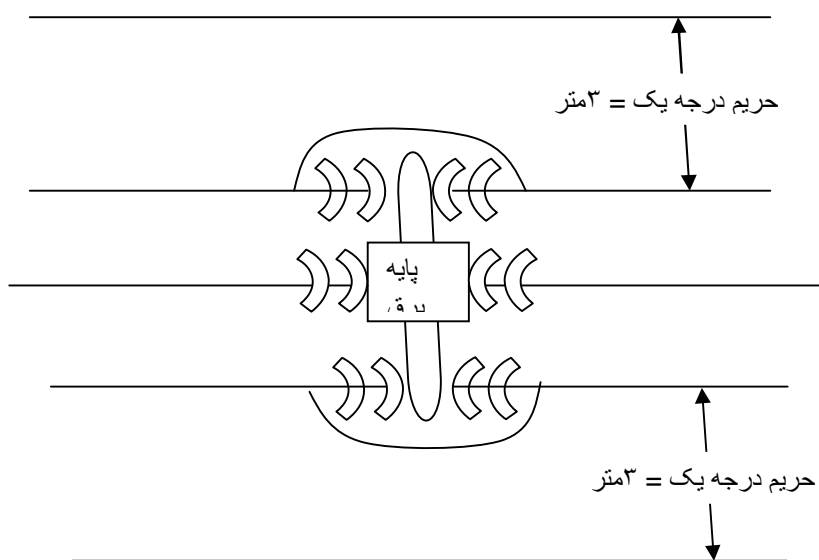
چنانکه می دانیم شبکه هوایی ارزانترین راه انتقال برق به نقاط مصرف است چنانکه اگر بخواهیم بطور سرانگشتی هزینه احداث یک کیلومتر شبکه با قیمتهای کالاها در حال حاضر را برآورد کنیم، برای خطوط هوایی حدود سیصد میلیون ریال است در حالی که این مبلغ برای شبکه زمینی حدود هشتصد میلیون ریال خواهد بود. با توجه به این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

محدودیتهای شبکه هوایی را می توان در دو دسته محدودیتهای قانونی که به منظور ایمنی وضع شده اند و که در آینده بعلافت احداث شبکه ها بوجود خواهد آمد ، دسته بندی کرد

محدودیتهایی.

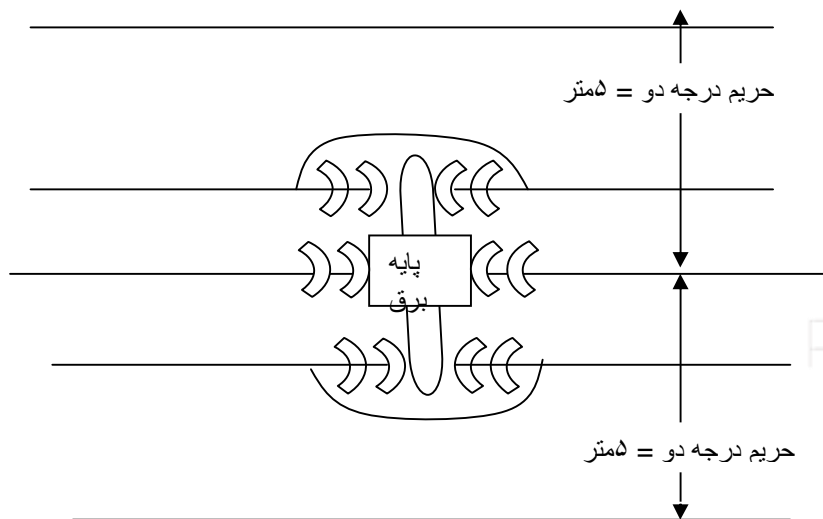
**الف - محدودیت قانونی یا حریم شبکه :** بطور کلی کلیه تاسیساتی که ایجاد می شوند دارای یک حریم قانونی می باشند که رعایت آن لازم است. براین اساس برای شبکه های برق دو نوع حریم با عنوان درجه یک و درجه دو تعریف شده است که طبق قانون و برای شبکه های فشار متوسط (سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰،

نواری در طرفین شبکه برق به عرض سه متر از سیم کناری است. در این حریم احداث هر گونه تاسیسات مسکونی و تاسیسات دامداری یا باغ و درختکاری و انبارداری تا هر ارتفاعی ممنوع می باشد. و فقط ایجاد زراعت فصلی و سطحی و حفر چاه و قنات و راهسازی و شبکه آبیاری (در فاصله سه متر از پی پایه)، مشروط به اینکه سبب خسارت به تاسیسات برق نشده و ماده ۸ آیین نامه حریم رعایت گردد مجاز می باشد. شکل ۷ محدوده حریم درجه یک خطوط فشار متوسط را نشان می دهد.



شکل ۷: 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. در این حریم احداث هر نوع ساختمان و کاشت درخت تا هر ارتفاعی ممنوع بوده و تنها کشت فصلی بلامانع است. شکل ۸ حریم درجه دو خطوط فشار متوسط را نشان می دهد.



شکل ۸: حریم درجه دو خطوط فشار متوسط

### ب- محدودیتهای آینده یا عدم امکان احداث تاسیسات در حریم شبکه :

در صورتی که وضعیت موانع موجود نظیر ساختمانها و درختان اجازه احداث شبکه از نظر حریم را در حال حاضر به ما بدهد، می بایست به این نکته توجه داشت که در آینده امکان احداث هیچ نوع ساختمان یا توسعه ساختمانهای موجود در حریم شبکه هایی که احداث می شوند، وجود ندارد.

البته با راهکارهایی که وجود دارد، می توان برخی مسایل حریم را حل کرد و شبکه 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

زیرا سایر قسمتها نظیر پایه، مقره ها، کلمپها و ... تنها جهت عایق کردن و نگهداشتن هادیها استفاده می شوند.

در شبکه 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 بر اساس خصوصیات گفته شده و نیز قیمت فلزات در گذشته انجام شده، دو هادی مس و آلومینیم

برای استفاده در شبکه های برق مناسب تشخیص داده شده و سالهاست 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 از هادی آلومینیمی در شبکه های توزیع اولیه مرسوم بوده و هادی مس نیز برای احداث شبکه های توزیع ثانویه یا همان فشار ضعیف مورد استفاده قرار می گیرد.

**مقایسه آلومینیم و مس از نظر خصوصیت فیزیکی:** فلز آلومینیم به عنوان یک هادی مناسب جریان برق نسبت به مس مزایا و معایبی دارد. از جمله مزایای آن نسبت به مس وزن کمتر آن می باشد هر چند هدایت الکتریکی آن نسبت به مس کمتر می باشد ولی به دلیل قیمت مناسبتر آن نسبت به مس، گسترده گی استفاده از آن در شبکه های توزیع و انتقال بسیار بیشتر است. جدول ۱ خصوصیات آلومینیم را در مقایسه با مس نشان می دهد.

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

جدول ۱: مقایسه خواص مس و آلومینیم و آلیاژ آلومینیم

چنانکه ملاحظه می شود، در صورت استفاده از هادی آلومینیمی با توجه به مقاومت بیشتر این فلز، برای شرایط مساوی انتقال توان می بایست هادی با سطح مقطع بالاتر انتخاب گردد.

**-انواع هادیهای آلومینیمی:** چنانکه در جدول ۱ می بینیم مقاومت کششی آلومینیم بسیار کمتر 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 معمولاً 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 نزنند. با توجه به این موضوع باید توجه داشت که استاندارد بودن مغزی فولادی نقش مهمی در استقامت سیم آلومینیومی دارد بنابراین می بایست این مغزی فولادی شرایط استاندارد طبق جدول زیر را داشته باشد.

جدول (۲) مشخصات مفتولهای فولادی

قطر استاندارد (میلیمتر)	سطح مقطع استاندارد (میلیمتر مربع)	وزن (کیلوگرم بر کیلومتر)	حداقل نیرو <sup>۱</sup> (نیوتن)	حداقل نیرو گسیختگی (نیوتن)		ضخامت روی گالوانیزه شده (میکرون)	حداقل وزن روی (گرم بر متر مربع)
				پس از زائنه شدن	پس از زائنه شدن		
۱/۹۳	۲/۹۲۶	۲۲/۸۲	۳۴۲۷	۳۸۳۱	۳۶۳۹	۳۰	۲۱۴
۲/۷۹	۶/۱۱۴	۲۷/۶۹	۶۹۵۰	۸۰۰۵	۷۶۰۳	۳۴	۲۴۴
۳/۶۶	۱۰/۵۲۱	۸۲/۰۶	۱۱۵۹۹	۱۳۷۷۵	۱۳۰۸۴	۳۶	۲۵۹

براین اساس سازندگان هادیهای مختلفی با مشخصات متفاوت تولید کرده اند. این هادی که معمولاً 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 هادی ACSR 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. جدول ۲ برخی مشخصات هادیها را همراه با نام آنها نشان می دهد.

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

جدول ۲: مشخصات هادیهای متداول در ایران

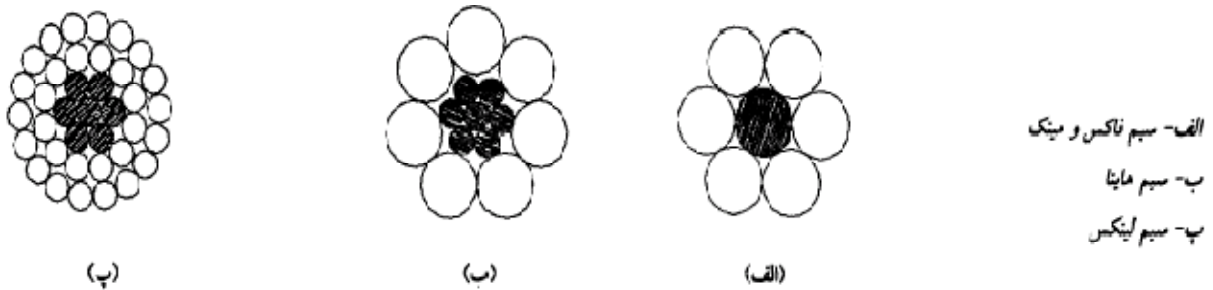
البته باید توجه داشت ، مقاومت هادی در ۲۰ درجه سانتیگراد داده شده و برای محاسبه دقیق میزان تلفات و افت ولتاژ می بایست مقاومت هادی در دمای محیط و با استفاده از رابطه زیر اصلاح شود :

$$R_2 = R_1 \frac{(T+t_2)}{(T+t_1)}$$

ثابت T برای مس خالص ۲۳۴,۴ ، برای آلیاژ مس ۲۴۱ و برای آلیاژ آلومینیم ۲۲۸ است.



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



الف- سیم ناکس و مینک  
ب- سیم ماینا  
پ- سیم لینکس

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 بروز خطرات جانی ممکن است در هنگام بارندگی و بهنگام 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 قرار می

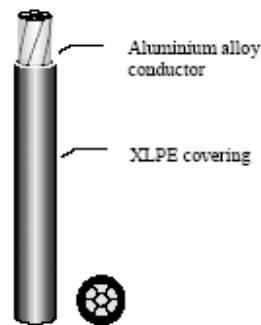
گیرد) استفاده می کنند. در این روش بجای هادی لخت از یک هادی روکشدار استفاده می شود که البته این هادی روکشدار را نباید با کابل اشتباه گرفت، زیرا روکش قرار گرفته روی هادی تنها امکان اتصالی در اثر برخورد فازها به همدیگر و زمین را از بین می برد و در برابر برقگرفتگی افراد ایمنی ایجاد نمی کند. همین دلیل از 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. شکل ۲۰ نمای یک شبکه با استفاده از هادی روکشدار (COVERED CONDUCTOR) را نشان می دهد.



شکل ۲۰: 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 باشد در استاندارد کشورهای اسکانندیناوی و بدلیل 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 قطر نهایی آن و در نتیجه مسایل مکانیکی نظیر افزایش سطح بادخور می شود لذا هادیها را در این تکنولوژی فشرده می کنند. دمای کار عادی این هادی ۸۰ درجه سانتیگراد، دمای اضطراری آن ۱۰۰ درجه سانتیگراد و دمای اتصال کوتاه آن می تواند به مدت ۵ ثانیه به ۲۵۰ درجه سانتیگراد برسد. سطح مقطع رایج این هادیها ۵۰، ۷۰، ۹۵، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۵ میلیمتر مربع است. جنس روکش این هادی از XLPE مشکی می باشد که در برابر اشعه ماوراء بنفش مقاوم بوده و براحتی 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 قرار می گیرد. این روکش می بایست در مقابل آب مقاوم باشد. این نوع در مقابل برخورد های اتفاقی برای دفعات تقریباً نامحدود مقاوم است.

ب- هادی با روکش ضخیم (Full Thickness 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 صرفاً 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 و یا 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 صرفاً دارای کربن مشکی بوده و برای مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش می باشد.

**نوع جدید هادی روکشدار :** اخیراً نوع پیشرفته تری 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 و تلفات کمتری دارند.

## ۲-۹- تفاوت هادی روکشدار و سیم لخت از نظر صاعقه :

شاید بتوان تنها تفاوت هادیهای روکشدار و لخت 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 برقراری 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 و در 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 قرار نداشته و حرارت 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 و در 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 ۳۰۰ متر 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:

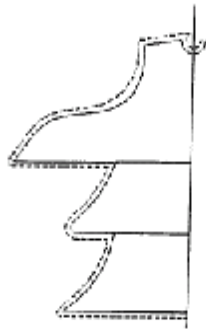
- ۱- کاهش قطع برق بدلیل پوشش دار شدن هادی
  - ۲- کاهش باند حریم خط. باید توجه داشت که این مساله به معنای کاهش حریم قانونی نمی باشد بلکه با توجه به لخت نبودن هادی می توان هادیهای سه فاز را روی پایه در فاصله نزدیکتری نسبت به هم در مقایسه با شبکه لخت نصب نمود.
  - ۳- کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری شبکه
  - ۴- افزایش ایمنی شبکه برای کارگران و عابری
  - 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 یا ایزولاتور به طور کلی تجهیزاتی است که در هر قسمت تاسیسات الکتریکی و بخشهای تحت ولتاژ، شبکه را از زمین عایق کرده و یا بعنوان نگهدارنده آنها عمل می کند. مقره ها ضمن اینکه مهمترین نقش

را در شبکه های برق بعهدہ دارند، همواره در معرض نامناسبترین شرایط کاری نظیر برف و باران ، آلودگی ، مه و شب‌نم و نیز شکسته شدن در اثر برخورد اجسام خارجی یا وارد شدن نیروی اضافی به آنها می باشند.

- **فاصله خزشی مقره** : طول منحنی فصل مشترک مقره و هوا را فاصله خزشی یا **creepage distance** می گویند طبق 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 و رطوبت 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 فلذا اسپات استقامت مکانیکی و کائولین استقامت چینی در برابر حرارت را تامین می کند. از مقره های چینی یا همان سرامیکی در خطوط هوایی فشار متوسط و ضعیف استفاده می شود. نوع سرامیکی در رنگهای قهوه ای تیره و خاکستری تولید شده اند. لعاب روی مقره سبب می شود سطح آن صیقلی و صاف شده و این سطح صاف سبب می گردد، ذرات موجود در هوای آلوده به مقره ها نچسبیده و در اثر باد و باران به راحتی تمیز و شسته شوند. ضمن اینکه گرمای جذب شده در طول روز ، از جمع شدن شب نم در طول شب روی مقره جلوگیری می کند. معمولاً 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 از آب باران در زمان بارندگی مصون مانده و در نتیجه در زمان بارندگی از شکست جنبی مقره ها جلوگیری شود. نکته قابل ذکر اینکه طول فاصله خزشی مقره ها براساس سطح آلودگی محیطی که قرار است 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 ها از نوع سرامیکی بهتر هستند ولی به دلیل عدم تولید در داخل کشور کمتر مورد استفاده قرار گرفته اند. مواد تشکیل دهنده این مقره ها مخلوطی از اکسید سیلیس ( $SiO_2$ ) به میزان ۷۳ درصد ، اکسیدهای سدیم و پتاسیم حدود ۱۴ درصد و حدود ۱۳ درصد سایر اکسیدها می باشد. برای ساخت مقره ، مواد یاد شده را در کوره حرارت داده و ذوب می نمایند سپس ماده مذاب را در دو مرحله سرد کرده و در داخل قالب قرار می دهند و در نهایت عملیات سخت نمودن شیشه و شوکهای حرارتی را انجام می دهند تا شیشه تقویت شود. نوع شیشه ای در رنگهای سفید و سبز و رنگ تولید شده است. برخی مزایای مقره های شیشه ای نسبت به چینی به شرح زیر است :

- قدرت عایقی مقره شیشه ای بیشتر از مقره چینی است. قدرت عایقی مقره چینی ۱۶۰ کیلوولت در هر سانتیمتر و برای مقره شیشه ای ۲۵۰ کیلوولت در سانتیمتر 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 و لب پریدگی مقاومتر است.
- مقره های چینی سه برابر زودتر از مقره های شیشه ای کهنه و فرسوده 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 در سالهای اخیر وارد بازار شده به سرعت جای خود را در شبکه های توزیع باز کرده و جایگزین مقره های سرامیکی و شیشه ای می شود. دلایلی که سبب استفاده زیاد از این مقره ها شده رامی توان به شرح زیر برشمرد:

- احتمال آسیب دیدگی و شکستن آنها در حین حمل و نقل بسیار کم است
- در اثر پرتاب سنگ توسط رهگذران نمی شکنند.

-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 باعث از بین رفت لعاب می شد.

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



شکل ۹: 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 و در 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):**

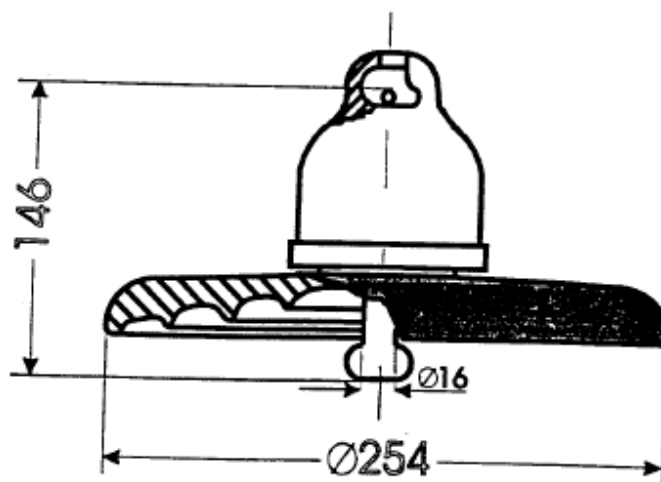
این مقره ها در خطوط هوایی انتقال و توزیع برق بکاررفته و معمولاً به صوت زنجیر مقره با تعداد زیاد (بستگی به سطح ولتاژ)مورد استفاده قرار می گیرند.تعداد مقره در خطوط هوایی توزیع معمولاً برای سطح ۱۱



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 قرار می گیرد. شکل ۱۷ این مقره ها را برای خطوط توزیع نشان می دهد.

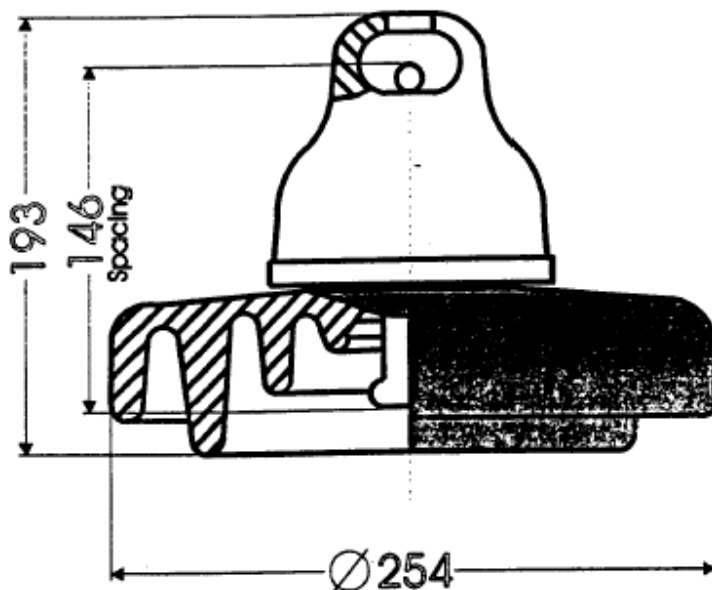


شکل ۱۷: مقره بشقابی سرامیکی و شیشه ای



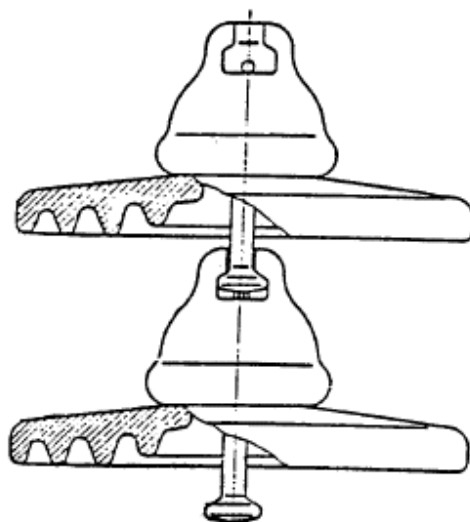
نمای جانبی و برش مقطعی یم مقره بشقابی

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



شکل (پ-۵) مقره بشقابی مهی

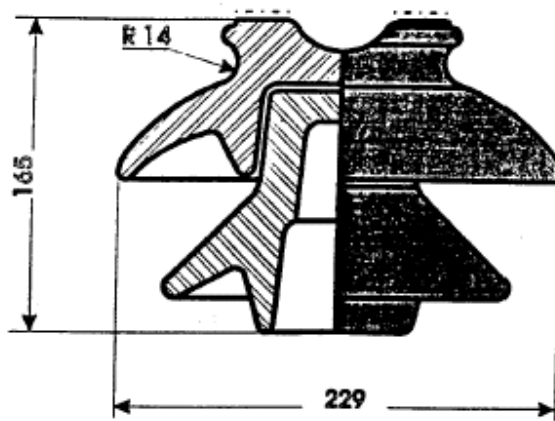
-شکل کلی یک زنجیره مقره :



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



شکل ۱۸: مقره میخی خطوط توزیع برق



نمای جانبی و برش مقطعی یک مقره سوزنی

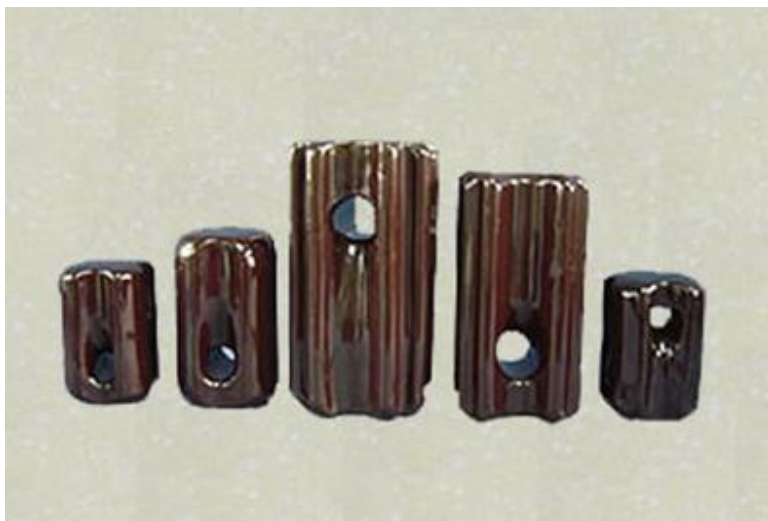
۱-ج- مقره های سوزنی گرافیتی: اگر به شکل فوق توجه شود ملاحظه می گردد بخشی از سر مقره

به رنگ سیاه بوده و با سایر قسمت های 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 و تولید پارازیت های مزاحم رادیویی و مخابراتی جلوگیری می شود. سر مقره نیز خورده نمی شود. از این مقره ها در نواحی که مراکز رادیو و تلویزیونی و نیز

**د- مقره چرخی یا قرقره ای :** این نوع مقره در خطوط توزیع فشار ضعیف کاربرد دارد و برای عبور سیم فشار ضعیف مورد استفاده قرار می 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 و قسمت پایین سیم مهار را از قسمت بالای آن عایق می کند . با نصب این مقره ها ایمنی عابرین و نیز سیمبانانی که روی شبکه کار می کنند در صورت برقرار شدن اتفاقی سیم مهار بدلائیل 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

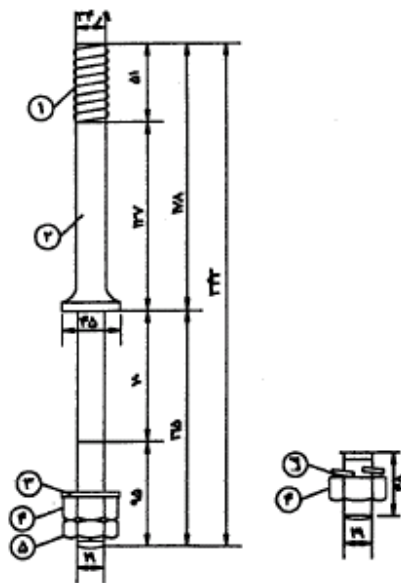
زنجیره مقره تاثیر دارد سطح آلودگی منطقه است. با توجه به جدول تعریف سطوح آلودگی که قبلا تعریف شد انتخاب مقره طبق جدول زیر انجام می شود:

جدول (۳) حداقل فاصله خزشی ویژه برای درجات آلودگی

ملاحظات	حداقل فاصله خزشی ویژه (mm/KV)	درجه آلودگی
در مناطق با آلودگی بسیار ناچیز، بسته به سوابق کارکرد مقادیر کمتری برای حداقل فاصله خزشی ویژه (حداقل ۱۲mm/KV) می تواند به کار رود.	۱۶	۱- سبک
	۲۰	۲- متوسط
	۲۵	۳- سنگین
در شرایط آلودگی بسیار شدید ممکن است مقدار حداقل فاصله خزشی ویژه بیشتری در نظر گرفته شود.	۳۱	۴- خیلی سنگین

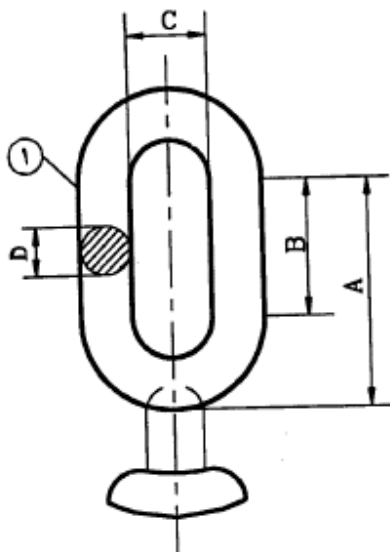
- پراق آلات مقره ها :

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

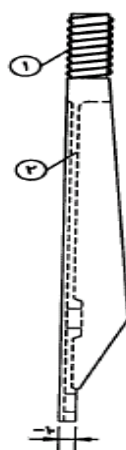


شکل (الف-۱)

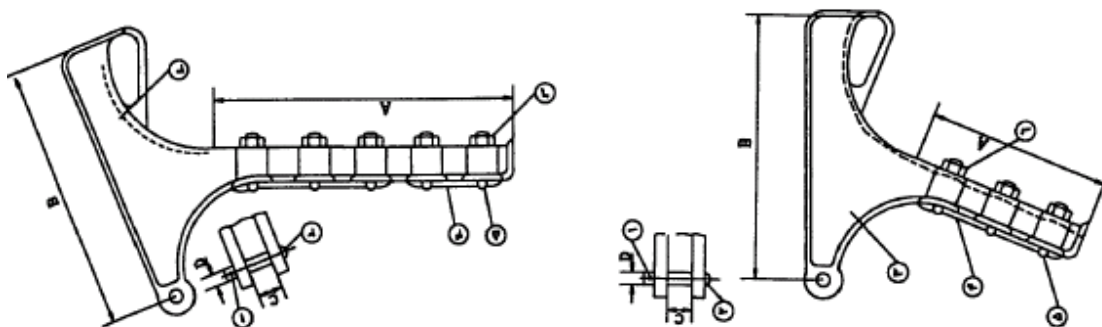
۲- رابط چشمی : این وسیله که از فولاد را روکش گالوانیزه گرم ساخته شده به شکل زیر می باشد و eye ball نامیده می شود.



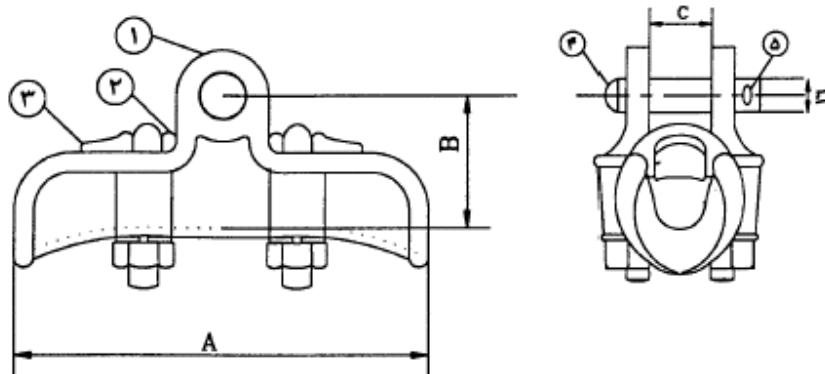
۳- پایه مقرر راس تیر : جهت نصب مقرر فاز وسط و روی پایه استفاده می شود. شکل آن بصورت زیر می باشد



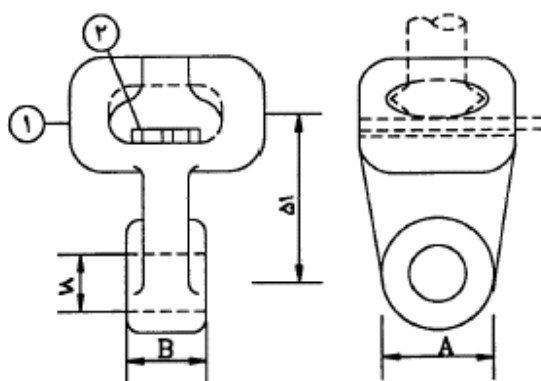
۴- گیره انتهایی سه و پنج پیچه : برای محکم کردن سیم آلومینیم به پایه هادی درون شیار این وسیله قرار گرفته و سپس این گیره با یراق آلات به مقرر وصل می شود. شکل آن بصورت زیر می باشد



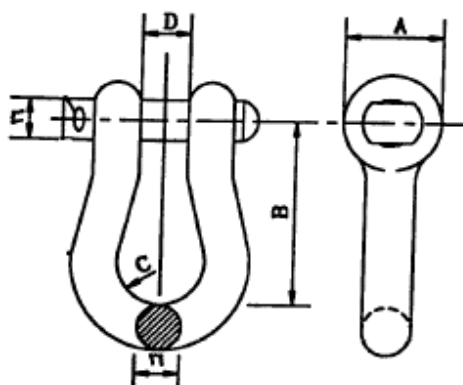
۵- گیره آویزی : شکل این گیره بصورت زیر می باشد :



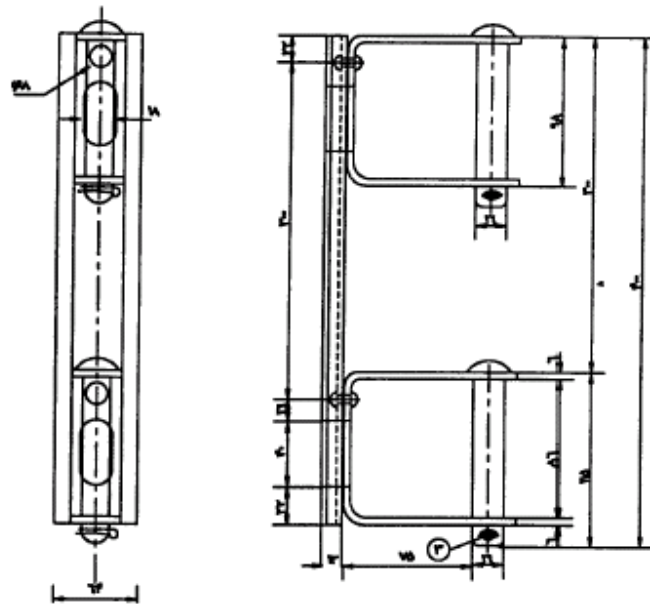
۶- رابط گیره آویزی : شکل این رابط بصورت زیر می باشد :



۷- رکاب انتهایی یا شکل یا یو شکل :



۸- راک دو تایی :



### -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 نقطه هوایی	سطح مقطع مفتول اصلی (میلیمترمربع)	وزن در واحد طول <sup>۱</sup> (گرم بر متر)
فاکس	۱۶	۲۳
مینک	۲۵	۶۸
هائنا	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 کشور ما تاکنون فقط از سه 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 بتنی راحت بوده و در 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 و با برداشت آنها در برخی نقاطی که امکان نصب پایه های بتنی وجود دارد ، پایه های چوبی را برای نقاط صعب العبور که حمل پایه های بتنی 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 بتنی اطلاعات زیادی وجود دارد لذا از توضیح درباره آنها صرفنظر کرده و پایه های چوبی را توضیح می دهیم.

## -پایه های چوبی :

با توجه به استاندارد ایران برای تولید این نوع پایه ها از چوب 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 :

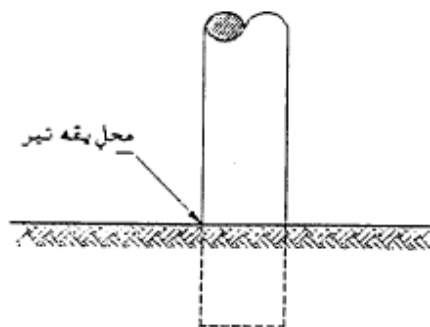
۱- بصورت طبیعی عایق خوبی می باشند.

۲- حمل و نقل 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 و تیر چوبی یقه تیر گفته می شود. کطابق شکل زیر :



شکل (۱) محل بقره تیر

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

### معایب تیرهای چوبی :

- ۱- امکان آتش گرفتن آنها در اثر رعد و برق وجود دارد.
- ۲- در نقاط شرعی 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 آنها وجود 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 (۳۰ سانتیمتر 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 قطری و 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 و بقیه به نسبت کاهش قطر سر تیر و قطر سینه تیر (سینه تیر قسمتی است که در ارتفاع ۱۸۳ سانتیمتری از ته تیر قرار گرفته باشد) تقسیم بندی می شوند. برخی مشخصات تیرهای چوبی در جدول ۳ آمده است. برای اطلاعات بیشتر می توانید به استاندارد مشخصات تیرهای چوبی و کراس آرمهای چوبی مراجعه نمایید.

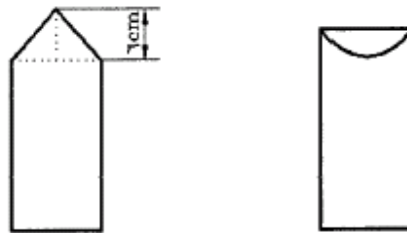
کلاس تیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سر تیر (cm)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸
حداقل قطر سر تیر (cm)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
نیروی شکست (kgf)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰
حداقل محیط سینه تیر ۹ متری (cm)	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳,۵	۷۰	۶۲	۵۸,۵
حداقل محیط سینه تیر ۱۲ متری (cm)	۱۰۱,۵	۹۵	۹۱,۵	۸۲,۵	۷۷,۵	۷۱	۶۶

جدول ۳: مشخصات تیرهای چوبی

**- محل استفاده بر حسب کلاس پایه:** پایه های کلاس یک برای شبکه های فشار قوی، کلاسهای ۲، ۳ و ۴ برای شبکه های فشار متوسط و کلاسهای ۵، ۶ و ۷ برای شبکه های فشار ضعیف مناسب می باشند.

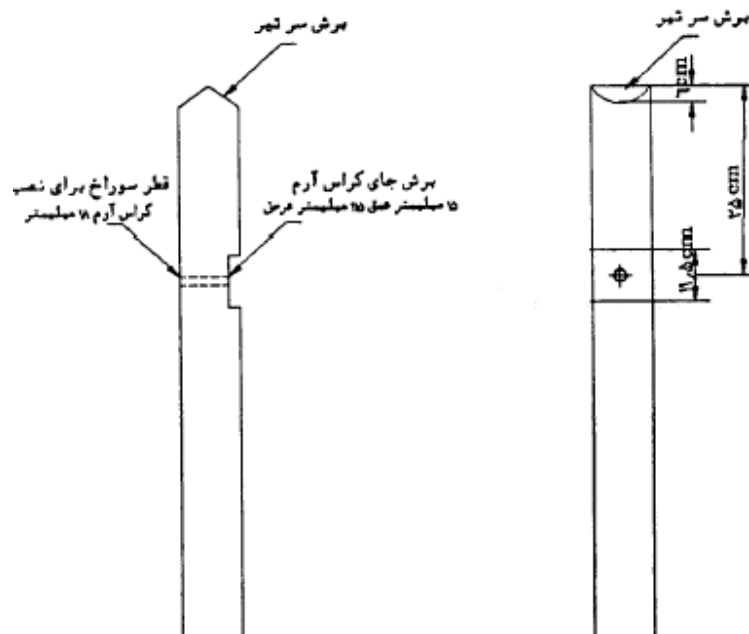
**- طول پایه های چوبی:** بطور معمول طول تیرهای چوبی مورد استفاده در شبکه برق بین ۸ تا ۱۸ متر می باشد. طولهای ۱۷، ۱۵، ۱۴، ۱۲، ۱۱، ۹، ۸ و ۱۸ متر مورد استفاده می باشد.

**- برش سر تیر:** به منظور حفاظت تیر از آثار باقی ماندن برف و باران بر سر آن و نیز جلوگیری از لانه کردن پرندگان روی پایه های چوبی برش سر تیر باید بصورت مثلثی با ارتفاع بین ۶ 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		
	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین
شرایط آب و هوایی نوع پایه (متر)												
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	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۱	۱/۶	۱/۷	۱/۹	۱/۸	۲/۱	۲/۲	۱/۳	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 و سفت ، شنزار خشک و سفت و شن به هم فشرده و سفت

- **خاک سست** : گل نرم و تر ، شن نرم و تر ، گل خشک مخلوط با ماسه نرم و طبقات گل و ماسه

- **خاک خوب** : شن درشت به هم فشرده ، سنگ و گل طبق شده ، سنگ سست و شن و ماس که خوب پهن شده باشد.

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

### پستهای زمینی

یکی از مهمترین المانهای شبکه های توزیع در شهرها پستهای زمینی است. معمولاً 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 دهد لذا بخصوص در نقاط پرتراکم مرکزی شهر شرکت های توزیع می بایست با احداث پست های زمینی انرژی را بین مشترکان توزیع نمایند. در گذشته دو نوع پست بصورت زمینی احداث می شد که عبارتند از پست های کیوسکی و ساختمانی . ولی با گذشت زمان و تغییر شرایط اقتصادی در شهرهای بزرگ و افزایش ارزش زمین در نقاط مرکزی و مراکز تجاری امروزه تامین زمین محل پست های زمینی به عنوان یک بزرگ و چالش جدید شرکت های توزیع با متقاضیان در آمده است

معضل

#### - معیارهای طراحی پست زمینی :

۱- **توجه به مبلمان شهری :** امروزه یکی از مهمترین عوامل و پارامترها در ساخت کلیه تجهیزات و در زمینه ها زیبایی است بخصه همه و ص اگر قرار باشد 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 قرار گرفته و مطابق با فضاهای شهری طراحی انجام. براین اساس و با توجه به فضاهای اختصاصی به پستها و نیز تجهیزات موجود می توان طرح های مختلفی از ساختمانها را با نهای مختلف برای پستها طراحی و احداث کرد. البته در طراحی پست اصول فنی نظیر حریم تاسیسات نسبت به همدیگر و ... می بایست کاملاً رعایت شود.

۲- **ظرفیت پست :** اولین گزینه مهم و فنی در طراحی یک پست تعیین ظرفیت آن است. در انتخاب ظرفیت پست چندین گزینه می بایست به شرح زیر می بایست مد نظر قرار گیرد.

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

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 قرار گیرد.

۳- امکان توسعه آینده در محدوده پست را در نظر گرفت. و این 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 و براساس 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 و باران و حداکثر دمای محیط است که در معماری و نیز نوع خنک کنندگی پست موثر می 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 آن پیش بینی شود تا در مواقع ضروری بتوان از آن استفاده کرد. با این وجود سقف پست را می توان برای نواحی گرم و خشک و یا بارندگی کم برف و باران نظیر شیراز و بسیاری از نواحی تحت پوشش توزیع شیراز سقف

شهر معمولی در نظر گرفت و در 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

-**پست یک طبقه**: زمین مورد نظر برای یک پست یک طبقه یا یک ترانسفورماتور ۳۳ متر مربع و برای 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 گاز sf6 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 و تعمیرات در پستهای زمینی است. این موضوع بخصوص در مورد کابلهای ورودی و خروجی به کابل مهم می باشد. به این منظور در برخی موارد یک نیم طبقه در کف پست جهت ورود و خروج کابلها پیش بینی می شود یا اینکه یک کانال در زیر تابلوهای پست حفر شده و تابلوها 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 و بالاتر 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 و ارتفاع 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 و نیز فرودگاهها توصیه می شود زیرا از ایمنی بالاتری برخوردار بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی کند. از طرفی نیازی به سرویس و نگهداری دوره ای ندارد.



ترانسفورماتورهای روغنی بدلیل روغن مورد استفاده در آن ضمن ایجاد آلودگی زیست محیطی امکان آتش سوزی و انفجار دارند.

-**چگونگی قرار گرفتن ترانسفورماتور در داخل پست** : بدلیل رعایت مسایل ایمنی بهتر است سمت فشار متوسط ترانسفورماتور در کنار دیوار قرار گیرد تا در محل عبور کارگران قرار نداشته باشد.

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

-**فواصل ترانسفورماتور از دیوارهای جانبی** : جهت خنک کنندگی بهتر ترانسفورماتور و با در نظر گرفتن ابعاد یک ترانسفورماتور ۱۲۵۰ کاوا می بایست در فاصله ای معادل ۷۵ سانتیمتر از دیوارهای اطراف ترانسفورماتور قرار گیرد البته سمت دیوار را می توان تا ۵۰ سانتیمتر کاهش داد. ضمناً 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 عموماً 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 و مقداری از کف 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 تخلیه 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 در صورت احداث مناسب ساختمان تهویه طبیعی هوا کفایت می کند. به این صورت که در سمت پایین پست دریچه هایی جهت ورود هوا و در 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 برقرار شود.

**-ریلهای حرکت ترانسفورماتور در داخل پست :** با توجه به عدم امکان نصب ترانسفورماتور در داخل پست با استفاده از جرثقیل برای ترانسفورماتورهای منصوبه در پستهای زمینی چهار عدد چرخ نصب رده و با 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 و مهره روی ریل تعبیه می شود.

**-نصب نردبان کابل جهت کابلهای ورودی و خروجی ترانسفورماتور :** کابلهای ورودی و خروجی به ترانسفورماتور پس از خروج از کانال یا نیم طبقه به یک نردبان که در ف پست نصب شده محکم گردیده و به پوشینگهای 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 و وصل فیدر ورودی به پست و یک تابلو جهت نصب دژنگتور حفاظت ترانسفورماتور نصب می شود ولی در پستهای رینگ بسته به تعداد فیدرهای ورودی و خروجی به پست تعداد تابلوها متفاوت است . تابلوهای فشار متوسط در گذشته مجهز به سسیونرهای تیغه ای یا فیوزدار و کلیدهای روغنی بودند ولی امروزه تقریباً تمام تابلوهای فشار متوسط با استفاده از سکسیونرهای گازی ساده یا فیوزدار ، های کم روغن و دژنگتورهای خلاء ساخته شده و ابعاد آنها بسیار

دژنگتور کمتر از ابعاد تابلوها در گذشته

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

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

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

بدنه تابلوها می بایست سه عدد LED روی بعنوان نشانگر برقدار ورودن تابلو در نظر گرفته شود. ضمن اینکه بنا به موقعیت پست و برای اندازه گیری سریع می توان نسبت به نصب تجهیزات اندازه گیری ظير و ولتметр روی درب تابلوها اقدام کرد آمپر متر.

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

**- سیستم زمین پست :** باید هر دو نوع سیستم زمین حفاظتی و الکتریکی به منظور تامین ایمنی کارگران و تجهیزات برق ایجاد شود.

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

**- ارتفاع کف ساختمان پست ز سطح زمین :** حداقل می بایست ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفت شود مگر

۳-۳- استفاده از پست کیوسکی: در این مورد بجای احداث ساختمان، یکد دستگاه 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 قرار می گیرد) ، نیمه دفنی ، و نصب روی زمین موجود می باشد. شکل ۸ یک نمونه پست کیوسکی با ابعاد بسیار کم (۱۶۰\*۲۰۰\*۲۹۰ سانتیمتر) را در دو نوع با بدنه فلزی و بتونی 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 ترانسفورماتور ۱۰۰۰ کاوا بوده اند.



شکل ۸: پست کیوسکی با بدنه فلزی و بتونی

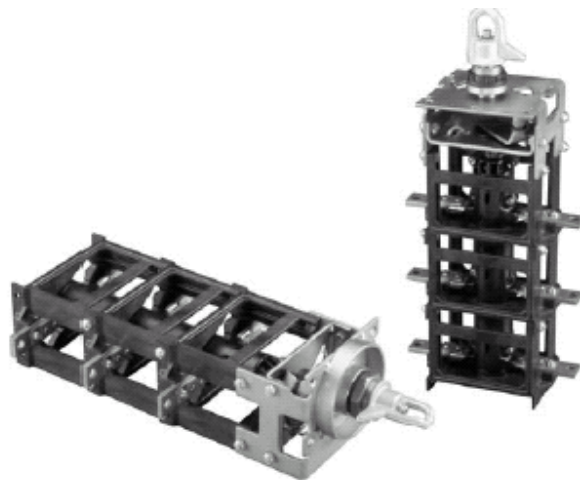
مزایا: در صورت نیاز به جابجایی محل پست در فاصله کم براحتی امکانپذیر است. و برای فواصل بیشتر با نصب اتصالات کابل و شاید اضافه نمودن کابل این امر میسر می شود.

۳-۴- 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 شیراز تا کنون حداکثر ۶۳۰ کاوا 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 و پیشرفته استفاده می شده امروزه به عنوان یک تکنولوژی جدید مورد توجه قرار گرفته است. در این نوع پستها تمام تجهیزات اعم از سکسیونر، فیوزهای حفاظت ترانسفورماتور و... در داخل یک تانک روغنی قرار گرفته و کاملاً 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 پستها 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 و پست دیگری جایگزین شود. شکلهای زیر یک نمونه از این پستها و نیز سکسیونرهای بکار رفته در آن را نشان می دهد.



فیوز BAYONET



## 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 و غبار ، رطوبت ، باران ، ورود اشیای خارجی و حیوانات می باشند و در برخی موارد نیز در دسترس عابریین قرار دارند 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 دو قسمت 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 و متحرک داخل تابلو و حفاظت 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)

وضعیت آزمایش رجوع به بند	درجه حفاظت		اولین رقم مشخصه
	تعریف	توصیف کوتاه و مختصر	
۱-۶-۱	هیچ حفاظت مشخصی وجود ندارد	حفاظت نشده	۰
۲-۶-۱	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.	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۵۰ میلیمتر حفاظت شده است.	۱
۳-۶-۱	انگشتان با اجسام مشابه بطول کمتر از ۸۰ میلیمتر و به قطر بیشتر از ۱۲ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق دار و متحرک داخل تابلو محافظت شده اند.	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۱۲ میلیمتر حفاظت شده است.	۲
۴-۶-۱	ابزارها، سیمها و مواد مشابه به قطر بیشتر از ۲/۵ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق دار و متحرک داخل تابلو محافظت شده اند.	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر حفاظت شده است.	۳
۵-۶-۱	سیمها یا مفتولهایی به ضخامت یک میلیمتر و اجسام جامد به قطر بیشتر از ۱ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برق دار و متحرک داخل تابلو محافظت شده اند.	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۱ میلیمتر حفاظت شده اند.	۴
۶-۶-۱	از نفوذ گرد و غبار بطور کلی جلوگیری نشده و لیکن گرد و غبار نمی تواند به مقدار کافی در عملکرد رها بشوید و سایر وسایل داخل تابلو داخل نماید.	حفاظت در مقابل گرد و غبار مضر وجود دارد.	۵

۴

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)

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

-حفاظتهایی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند طبق جدول زیر می‌باشد:

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

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

مفتصری در مورد استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع

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

طبق این استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع می بایست از نوع روغنی و دارای منبع انبساط باشد. (البته درپیش نویس استاندارد جدید ترانسفورماتور، باعنوان تدوین استاندارد ترانسفورماتورهای روغنی تاسطح ولتاژ ۳۳ کیلوولت تهیه شده در اردیبهشت ۸۱، ترانسفورماتورهای توزیع می توانند هرمتیک (بدون منبع انبساط) و نیز طبق گزارش شماره ۲ با عنوان تدوین استاندارد ترانسفورماتورهای خشک تاسطح ولتاژ ۳۳ کیلوولت ، ترانسفورماتورهای خشک نیز می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

طبق استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع تدوین شده توسط گروه مطالعات توزیع بخش برق مرکز تحقیقات نیرو (پژوهشگاه نیرو) در سال ۱۳۷۴ ، مشخصات قطعات ترانسفورماتور بشرح زیر می باشد:

۱- هسته ترانسفورماتور باید از ورقه های فولاد سیلیکون دارونو ، نورد سرد شده وبخصوص مناسب برای مورد نظرساخته ش

استفاده شود .ضمن اینکه هر دو طرف ورقه های فولادی باید با ماده عایقی مناسبی پوشش

داده شود.

۲- سیم پیچی ها : سیم پیچی های ترانسفورماتور باید به گونه ای پیچیده شوند که کلیه ملاحظات فنی عایقی ، توزیع یکنواخت میدان الکتریکی ، حداقل تلفات عایقی ، وسایر موارد ذکر شده نظیر قدرت

۳- هادیهای سیم پیچی باید عاری از هرگونه برآمدگی، پوسته یا شکاف بوده و از مس الکترولیتی ساخته شده باشند.

۴- عایق بندی سیم پیچی باید از نوع یکنواخت یا غیر یکنواخت باشد. (در ایران عایق بندی ترانسفورماتورهای توزیع از نوع یکنواخت می باشد.)

۵- جنس مخزن ترانسفورماتور باید از فولاد کم کربن نورد شده گرم یا سرد ساخته شده و درپوش آن به گونه ای باشد که آب روی آن راکد نباشد. ضمن اینکه می بایست درپوش به خوبی آب بندی گردد.

۶- واشرهای مورد استفاده جهت آب بندی ترانسفورماتور می بایست غیرقابل حل در روغن بوده و از مواد نرم ارتجاعی ساخته شده باشند. ضمن اینکه واشرها نباید تحت تاثیر گرمای روغن قرار گیرند.

۷- بایست مجهز به تپ چنجر OFF LOAD

ترانسفورماتوری برای تغییر اتصالات به پله های مختلف باشد.

DIN42531 باشد. توضیح اینکه طبق

۸- با آخرین نشریه استاندارد IEC60233

استاندارد IEC60233 حداکثر طول خراش روی لعاب در سطوح داخلی و خارجی بوشینگ نباید بیش از

5 میلیمتر باشد. ضمن اینکه کل مساحت خرابی لعاب روی بوشینگ نباید بیش از مقدار بدست آمده از رابطه

زیر باشد :

$$\left( \text{میلیمتر مربع} \right) + 100 \frac{D * F}{2000}$$

که در آن:

D

: بزرگترین قطر خارجی 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 و درانتهای شیب دارای یک صافی باشد.

۱۰- طبق استاندارد ایران ، قطعات آهنی و فولادی 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 ذکر شده است ضمن آنکه نوع رنگ مورد استفاده نیز در استاندارد دی جداگانه ذکر شده است .

۱۱- بایست مطابق با آخرین نشریه استاندارد IEC296 روغن ترانسفورماتورمی باشد . روغن در دو پایه

و پارافینیک و در کلاس نفتنیک ۱ و ۲ می باشد که برای مناطق با حداقل درجه حرارت ۴۰- درجه سانتیگراد نفتنیک در کلاس روغن ۲ و برای با مناطق با حداقل درجه حرارت ۳۰- روغن نفتنیک یا پارافینیک در کلاس ۱ می بایست استفاده شود .

۱۲- کلیه ترانسفورماتورها می بایست دارای یک پلاک مشخصات حاوی مشخصات ذکر شده در استاندارد نظیر قدرت ، ولتاژ ، جریان اولیه و ثانویه و ... باشند.

## منابع :

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

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

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

۴- استاندارد سیستم زمین شبکه های توزیع - گروه مطالعات توزیع - بخش برق-مرکز تحقیقات نیرو(متن)-بهمن ماه ۱۳۷۴

