



دانشگاه فنی و حرفه ای ایلام

آشنایی با شبکه‌های توزیع و کارگاه

رشته کاردانی الکتروتکنیک

مدرس : مهندس جواد خشت زر

javadkheshtzar@gmail.com

ویرایش ششم

..... فصل اول	1
آشنایی با ساختار سیستم های قدرت	
..... فصل دوم	2
هادی های مورد استفاده در شبکه های توزیع	
..... فصل سوم	3
پایه های مورد استفاده در شبکه های توزیع	
..... فصل چهارم	4
مقره های مورد استفاده در شبکه های توزیع	
..... فصل پنجم	5
یراق آلات شبکه های توزیع	
..... فصل ششم	6
حریم شبکه های توزیع	
..... فصل هفتم	7
ترانسفورماتورهای توزیع	
..... فصل هشتم	8
تابلو های برق	
..... فصل نهم	9
روشنایی معابر	
..... فصل دهم	10
سیستم های اتصال زمین	



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

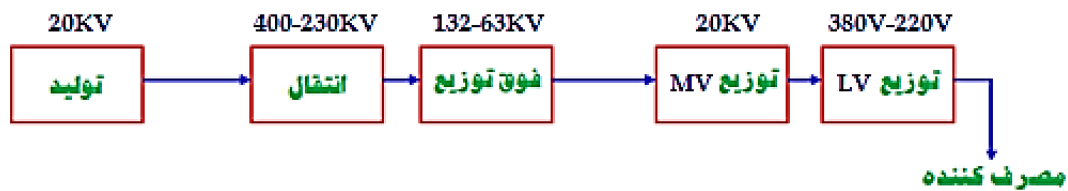
فصل اول

آشنایی با ساختار سیستم های قدرت

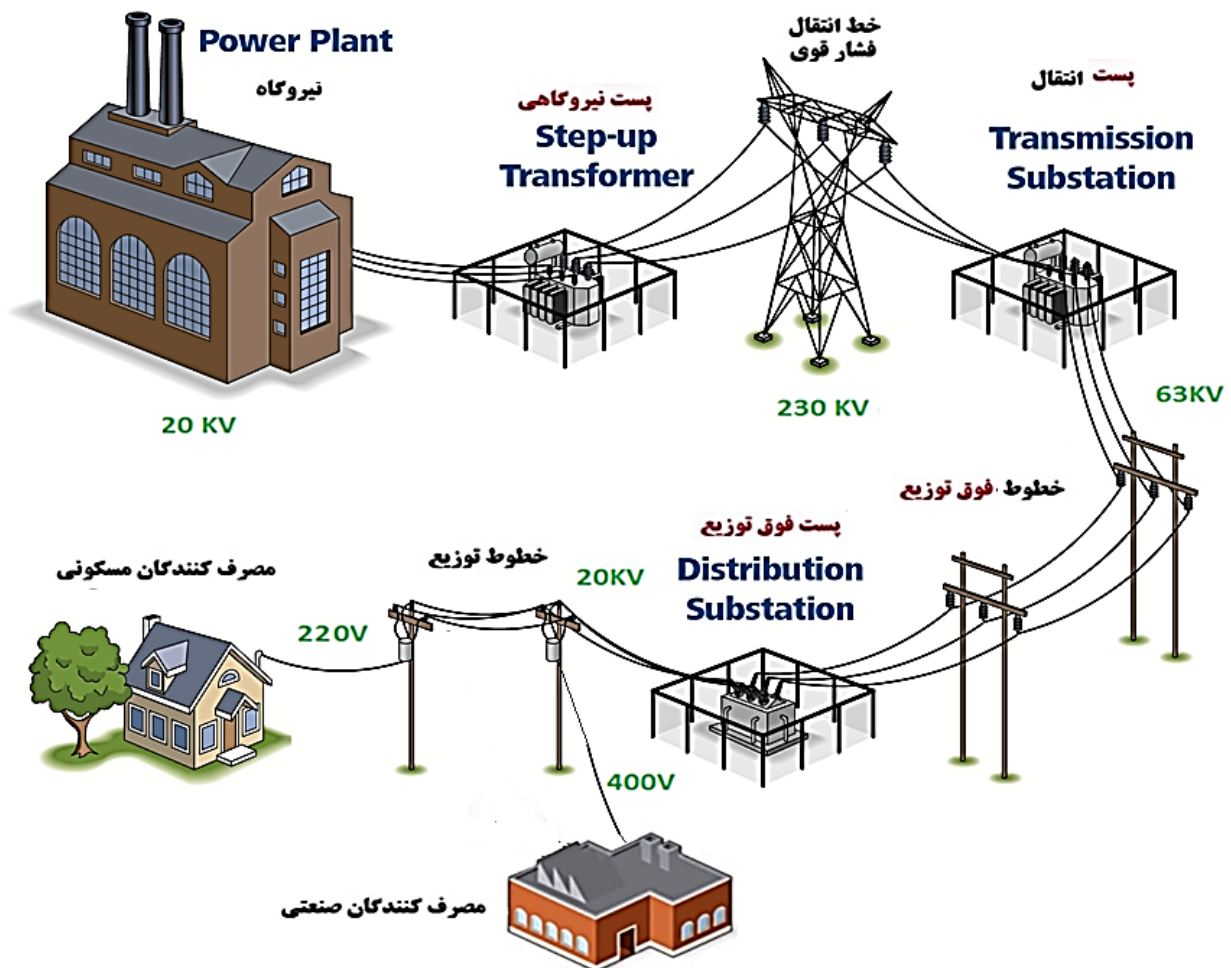


ساختار یک سیستم قدرت

ساختار یک سیستم قدرت به صورت کلی متشکل از قسمت تولید، انتقال و فوق توزیع می‌باشد که برق را از نیروگاه به مصرف کننده‌های مختلف می‌رساند، ولتاژ تولیدی توسط ژنراتور در نیروگاه‌ها به دلیل مسائل عایقی حداکثر ۳۰KV است، از آنجایی که فاصله نیروگاه تا مراکز مصرف زیاد و توان انتقالی بالا است، جریان عبوری از خط انتقال بسیار زیاد می‌شود که موجب افزایش تلفات خط، نیاز به سیم با سطح مقطع بالا و تجهیزات با ابعاد و قیمت بالاتر و ... می‌شود. در یک توان ثابت هرچه قدر سطح ولتاژ بالا رود جریان عبوری از خط کمتر می‌شود پس در ابتدای سیستم قدرت توسط ترانسفورماتور ولتاژ افزایش پیدا می‌کند و سپس در چند مرحله ولتاژ کاهش می‌یابد تا در نهایت در انتهای خط بین مصرف کننده‌ها توزیع گردد.



ساختار تک خطی یک سیستم قدرت



ساختار گرافیکی یک سیستم قدرت

سطوح ولتاژ در سیستم های قدرت

سیستم	سطح ولتاژ
تولید	۱۱-۲۰-۳۳ Kv
انتقال	۲۳۰ - ۴۰۰ Kv
فوق توزیع	۱۳۲-۶۳ Kv
توزیع فشار متوسط MV	۲۰ Kv
توزیع فشار ضعیف LV	۳۸۰-۲۲۰۷

بخش تولید انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی در نیروگاه های مختلف (بخاری، گازی، سیکل ترکیبی، آبی، اتمی، خورشیدی و ...) تولید می شود. چون مصرف کننده ها بسیار پراکنده هستند و از لحاظ اقتصادی، بهره برداری و تامین انرژی امکان تولید انرژی در محل مصرف وجود ندارد، انرژی الکتریکی به صورت متمرکز در نیروگاه ها تولید می شود و توسط خطوط انتقال به شهرهای مختلف منتقل می شود و توسط سیستم توزیع به دست مصرف کننده ها می رسد.



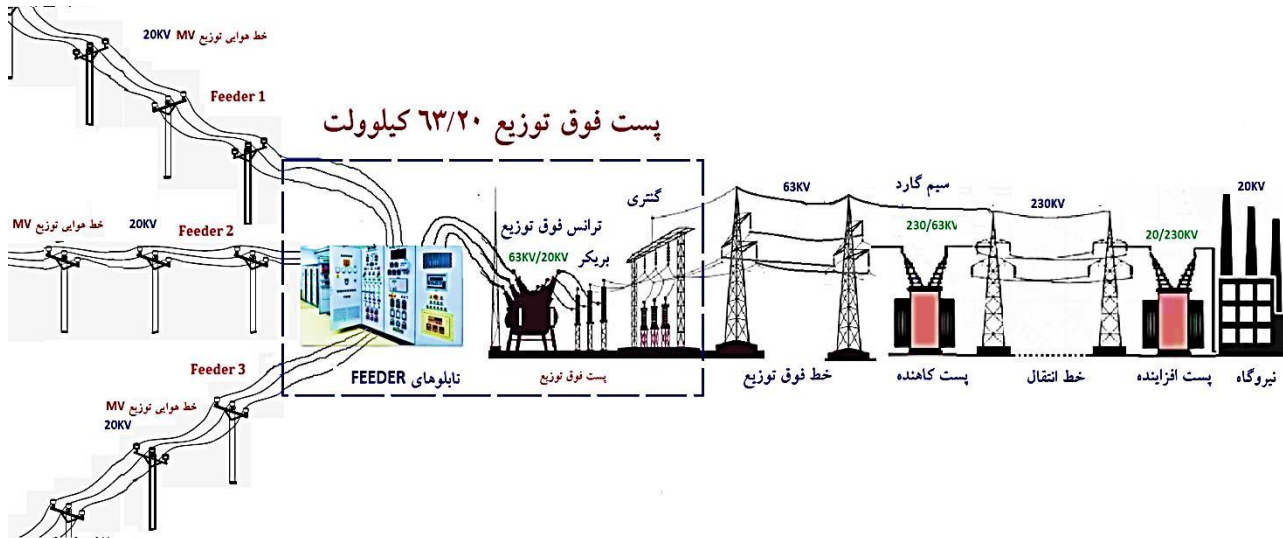
بخش انتقال انرژی الکتریکی

جهت انتقال برق از نیروگاه به مراکز مصرف از خطوط انتقال استفاده می شود. به مجموعه ای متشکل از تجهیزات و تاسیسات که شامل دکل های ، هادی ها، پستهای انتقال است که در محدوده مرز فیزیکی معین شده بابخش تولید و شبکه فوق توزیع قرار دارد.



پست فوق توزیع

پست فوق توزیع اولین حلقه یک سیستم توزیع می باشد این پست ها در شهرهای کوچک در ورودی شهر قرار می گیرد و برق را از خط فوق توزیع ۶۳ کیلوولت دریافت می کند و توسط ترانسفورماتور ولتاژ از ۶۳kV به ۲۰kV کاهش پیدا می کند، سپس توسط خطوط هوایی متعدد ۲۰kV به نقاط مختلف شهر فرستاده می شود، در نهایت در معابر توسط پست های هوایی که شامل یک ترانسفورماتور ۴kV/۲۰/۰ برق مخورد نیاز مصرف کننده های تک فاز ۲۳۰V و سه فاز ۴۰۰V تامین می گردد.



در شهرهای بزرگتر شاهد عبور خط ۶۳kV از محدوده شهری می باشیم که به دلیل تعدد تعداد پست ها می باشد، برای اینکه تلفات و هزینه کمتر گردد پست فوق توزیع در نزدیکترین حالت ممکن به مصرف کننده ها قرار می گیرد

وظایف اپراتور در پست های فوق توزیع

- بازدید و کنترل صحیح کلیه تاسیسات موجود در پست با توجه به برنامه تعیین شده.
- ثبت ارقام ساعتی در دفتر ایستگاه (ارقام میترینگ ها خطوط و فیدرها و ترانس ها ، کنتورها، دمای روغن ترانس و...)
- هماهنگی با دیسپاچینگ ها برای قطع و وصل خطوط و فیدرها
- ثبت کلیه رویداد ها در دفتر پست و ثبت گزارش قطعی ها
- بازدید روزانه از تجهیزات پست
- انجام کلیه عملیات لازم در مواقع اضطراری در جهت تامین ایمنی فردی و تاسیسات



مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی SCC و منطقه ای AOC

توسعه روزافزون و گسترش شبکه سراسری برق، باعث شد تا طرح ایجاد دیسپاچینگ ملی System Control Center و دیسپاچینگ منطقه ای Area Operating Center به اجرا درآید. در این طرح دیسپاچینگ ملی به عنوان دیسپاچینگ مادر، افزون بر امر برنامه ریزی و کنترل نیروگاه های بزرگ و بهره برداری اقتصادی از کل شبکه به هم پیوسته، وظیفه کنترل فرکانس و هماهنگی و نظارت بر دیسپاچینگ های منطقه را بر عهده دارد. از آنجایی که حفظ ایمنی، پایداری، برنامه ریزی و بهره برداری بهینه از شبکه تولید و انتقال به عهده دیسپاچینگ ملی می باشد، کلیه دیسپاچینگ منطقه ای، نیروگاه ها و کلیه پست ها و خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت و نیروگاه های با ظرفیت کمتر از ۱۰۰ مگاوات، با توجه به دستورالعمل شرایط تفویض اختیار از طریق دیسپاچینگ مناطق اعمال می گردد.

دیسپاچینگ ملی

این سطح کنترل و بهره برداری از نیروگاه های بزرگ کشور را با استفاده از اطلاعات دیسپاچینگ های زیر دست انجام می دهد بدین ترتیب که با اخذ مستقیم اطلاعات مربوط به واحدها و دیگر نقاط شبکه از دیسپاچینگ های منطقه ای، شبکه تولید و انتقال را زیر نظر داشته و کنترل های لازم را بر روی نیروگاه های بزرگ کشور انجام می دهد. در کلیه دستورالعمل های ثابت بهره برداری منظور از عبارت دیسپاچینگ ملی، مرکز کنترل، دفتر برنامه ریزی و دفتر مطالعات سیستم دیسپاچینگ ملی می باشد. با توجه به اینکه فرکانس یک مفهوم متمرکز بوده و یکی از شاخص های اصلی پایداری و تعادل بین میزان تولید و مصرف برق می باشد، کنترل فرکانس شبکه به مرکز ملی سپرده شده است. ابزار مرکز کنترل ملی جهت تثبیت فرکانس شبکه، مدیریت تولید واحدهای بزرگ می باشد سیستم دیسپاچینگ ملی با نصب تجهیزات اسکادا در نیروگاه های بزرگ، ضمن قرائت تولید هر واحد و وضعیت آنها با استفاده از نرم افزارهای کنترل از راه دور تولید (نرم افزار AGC) چه به صورت دستی و یا خودکار بار واحدها را متناسب با فرکانس شبکه کنترل می نماید. بدین منظور لازم است که کلیه نیروگاه ها و پست های توزیع برق با این مراکز ارتباط داشته و اطلاعات آنها دریافت گردد.



وظایف دیسپاچینگ ملی SCC و دیسپاچینگ منطقه ای AOC

دیسپاچینگ منطقه ای کنترل ولتاژ و بار شبکه انتقال را بر عهده دارد. با توجه به اینکه ولتاژ یک مفهوم غیرمتمرکز می باشد و شبکه انتقال کشور بسیار گسترده می باشد، لذا شبکه انتقال به مناطق کوچکتری تقسیم شده است تا کنترل بار و ولتاژ هر منطقه به صورت غیرمتمرکز انجام گیرد. هم اکنون شبکه انتقال کشور به صورت زیر تقسیم شده است:

- ۱ - منطقه شمال شرق که مرکز دیسپاچینگ آن در مشهد می باشد (NEAOC)
- ۲ - منطقه شمال غرب که مرکز دیسپاچینگ آن در تبریز می باشد (NWAOC)
- ۳ - منطقه جنوب شرق که مرکز دیسپاچینگ آن در کرمان می باشد (SEAOC)
- ۴ - منطقه جنوب غرب که مرکز دیسپاچینگ آن در اهواز می باشد (SWAOC)
- ۵ - منطقه مرکزی که مرکز دیسپاچینگ آن در اصفهان می باشد (ESSC)
- ۶ - منطقه تهران که مرکز دیسپاچینگ آن در تهران می باشد (TAOC)
- ۷ - منطقه غرب که مرکز دیسپاچینگ آن در کرمانشاه می باشد (WAOC)
- ۸ - منطقه فارس که مرکز دیسپاچینگ آن در شیراز می باشد.
- ۹ - منطقه شمال که مرکز دیسپاچینگ آن در ساری می باشد.

دیسپاچینگ منطقه ای AOC

مسئولیت کنترل ولتاژ در حوزه عملیاتی هر نقطه مستقیماً به عهده مرکز کنترل دیسپاچینگ مربوطه می باشد. مسئولین کنترل مناطق می توانند با توجه به سطح ولتاژ در حوزه عملیاتی و با استفاده از منابع مگاوازی (راکتورها، خازنها، قابلیت تغییر و تنظیم تپ ترانسفورماتورهای قدرت و قابلیت تولید توان راکتیو مولدهای نیروگاهی با ظرفیت کمتر از ۱۰۰ مگاوات) ولتاژ را کنترل نمایند.

در صورتی که با استفاده از امکانات فوق الذکر ولتاژ به حد قابل قبول نرسد، جهت کنترل و تصحیح ولتاژ حوزه عملیاتی، مسئولین مراکز کنترل دیسپاچینگ مناطق باید با مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی هماهنگی لازم را به عمل آورند. کنترل ولتاژ در سطح شبکه و هماهنگی عملیات کنترل و تصحیح ولتاژ بین مراکز کنترل مناطق از وظایف و مسئولیت های مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی می باشد.

با توجه به تأثیر تغییرات ولتاژ در بهره برداری و ایمنی شبکه، محدوده های ولتاژی ذیل قابل تعریف می باشد.

الف) ولتاژ عادی: افزایش تا ۲٪ و یا کاهش ۲٪ ولتاژ نامی

ب) ولتاژ غیر عادی: افزایش تا ۵٪ و یا کاهش تا ۱۰٪ ولتاژ نامی

ج) ولتاژ غیر قابل تحمل: افزایش بیش از ۵٪ و یا کاهش بیش از ۱۰٪

مرکز کنترل دیسپاچینگ فوق توزیع RDC

باتوجه به گسترش روز افزون شبکه و پستهای فوق توزیع و انتقال و ضرورت کنترل و نظارت از راه دور این پستها به منظور ایجاد هماهنگی بین پستهای فوق توزیع و تأمین پایداری شبکه های انتقال انرژی ایجاب می کند، مراکزی به عنوان مراکز دیسپاچینگ فوق توزیع Regional Dispatching Center تشکیل شده

وظایف مرکز کنترل دیسپاچینگ فوق توزیع

در صورتیکه وضعیت ولتاژ ایستگاه ها از حالت عادی خارج شد، اپراتور ایستگاه بایستی جهت اعلام وضعیت و کسب تکلیف با دیسپاچینگ ناحیه تماس حاصل نماید، دیسپاچینگ ناحیه ضمن تماس با مرکز کنترل دیسپاچینگ منطقه از طریق دیسپاچینگ فوق توزیع اقدام به تصحیح ولتاژ تا حد امکان می نماید، در صورت عدم امکان تصحیح ولتاژ تا حد مطلوب بدین طریق، در حالت ولتاژ پایین، دیسپاچینگ ناحیه با هماهنگی با مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع می تواند با دستور خاموشی فیدرهای خروجی ایستگاه مربوطه اقدام به تصحیح ولتاژ تا حد مطلوب بنماید. در حالت ولتاژ بالا دیسپاچینگ ناحیه با هماهنگی مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع اقدام به خروج کابل ها و ترانسفورماتورهایی که به صورت پارالل هستند تا میزانی که از نظر بار آسیبی به شبکه وارد نشود می نماید.

مرکز کنترل دیسپاچینگ توزیع Distribution Dispatching Center

این سطح کنترل و نظارت شبکه توزیع را که بر حسب منطقه شامل ولتاژهای ۳۳ و ۲۰ و ۱۱ کیلو ولت می باشد بر عهده دارد و کلیه ایستگاه های ۳۳ و ۲۰ و ۱۱ کیلو ولت به ۴۰۰ ولت و خطوط ارتباطی این سطوح از ولتاژ را تحت پوشش قرار می دهد، دیسپاچینگ توزیع به عنوان آخرین سطح دیسپاچینگ که انرژی را به دست مصرف کننده می رساند عمل می نماید.



وظایف مرکز کنترل دیسپاچینگ توزیع DDC

در صورتیکه ولتاژ خطوط توزیع در ایستگاهی به حد بحرانی برسد، ایستگاه مذکور موظف است با تغییر تاپ ترانسفورماتور و با هماهنگی دیسپاچینگ فوق توزیع ولتاژ را تصحیح نماید و در صورتیکه وضعیت ولتاژ ایستگاهی بر روی خطوط توزیع غیر قابل تحمل باشد، اپراتور ایستگاه بایستی جهت اعلام وضعیت و کسب تکلیف با دیسپاچینگ فوق توزیع تماس حاصل نماید و منتظر دستورات بعدی دیسپاچینگ فوق توزیع جهت تصحیح ولتاژ باشد.

در شبکه توزیع حدود تغییرات ولتاژ بهره برداری به شرح ذیل می باشد.

الف) ولتاژ عادی: افزایش و کاهش ولتاژ به میزان ۵٪

ب) ولتاژ بحرانی: افزایش و کاهش ولتاژ به میزان ۷٪

ج) ولتاژ غیر قابل تحمل: افزایش بیش از ۷٪ و کاهش بیش از ۱۰٪

۱- کنترل شبکه تحت پوشش شامل: کابل ها، خطوط هوایی و سایر تجهیزات در سطح ولتاژ ۱۱ و ۲۰ کیلو و ولت

۲- صدور دستور انجام مانورهای لازم عملیاتی

۳- ایجاد هماهنگی لازم با مراکز کنترل دیسپاچینگ منطقه

۴- اعلام وضعیت ولتاژ و بار خطوط و یا محدودیت تجهیزات در سطح ۱۱ و ۲۰ کیلو ولت و تقاضای اصلاح ولتاژ از دیسپاچینگ فوق توزیع

۵- دریافت اطلاعات و گزارشات از ادارات اتفاقات و تهیه گزارش روزانه توزیع

۶- صدور دستور انجام مانورهای عملیاتی در پست های فوق توزیع در سطوح ۱۱ و ۲۰ کیلو ولت با هماهنگی دیسپاچینگ فوق توزیع

۷- هماهنگی و اعلام نتیجه درخواست خروجی ها در سطوح ۱۱ و ۲۰ کیلو ولت به دیسپاچینگ فوق توزیع

۸- تصمیم گیری در مورد درخواست خروجی های بدون برنامه و اضطراری و اعلام موافقت و یا عدم موافقت با برنامه به درخواست کننده

و اعلام شماره دفتر خروجی های روزانه اضطراری به درخواست کننده در صورت موافقت با برنامه و هماهنگی با دیسپاچینگ فوق توزیع

۹- در صورت بوجود آمدن هرگونه اشکال بر روی خطوط ۱۱ و ۲۰ کیلو ولت و دستگاه ها و تجهیزات تحت پوشش، مورد را به ادارات

بهره برداری اتفاقات گزارش نموده و موظف به پیگیری تا رفع اشکال از طریق قسمت بهره برداری ادارات اتفاقات می باشد.

۱۰- کنترل شبکه توزیع تحت پوشش ناحیه خود و صدور دستور انجام مانورهای لازم به منظور بهره برداری صحیح از شبکه طبق دستور و با هماهنگی مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع

۱۱- هماهنگی کامل با مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع در انجام عملیات

۱۲- کنترل و نظارت بر تنظیم بار و ولتاژ کابل ها و خطوط توزیع با هماهنگی مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع

۱۳- هماهنگی و صدور دستورات مقتضی به اپراتورهای ادارات اتفاقات تحت سرپرستی بر اساس دستورالعمل های مربوطه

۱۵- تهیه و ارائه گزارش و آمار روزانه بهره برداری شبکه تحت سرپرستی خود به مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع

۱۶- صدور دستور قطع فیدرهای خروجی ایستگاه ها جهت انجام کار بنا به درخواست ادارات اتفاقات شرکت توزیع

۱۷- صدور فرمان وصل مجدد فیدرهای خروجی ایستگاه با ذکر علت و نام درخواست کننده

۱۸- هماهنگی و کنترل در انجام مانورهای تعمیراتی و بهره برداری با اخذ مجوز انجام مانور از مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع

۱۹- اجرای دستورات مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع در رابطه با اعمال خاموشی ناشی از کمبود نیرو

۲۰- گزارش هرگونه اختلال عمده و یا تغییرات مؤثر در مانورهای عملیات شبکه توزیع تحت سرپرستی به مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع و قسمت بهره برداری امورهای توزیع در اسرع وقت

۲۱- کنترل و اجرای دستورالعمل وصل دستگاه ها بعد از قطع شدن به طور اتوماتیک و گزارش تعداد دفعات اینگونه قطعها به مرکز دیسپاچینگ فوق توزیع

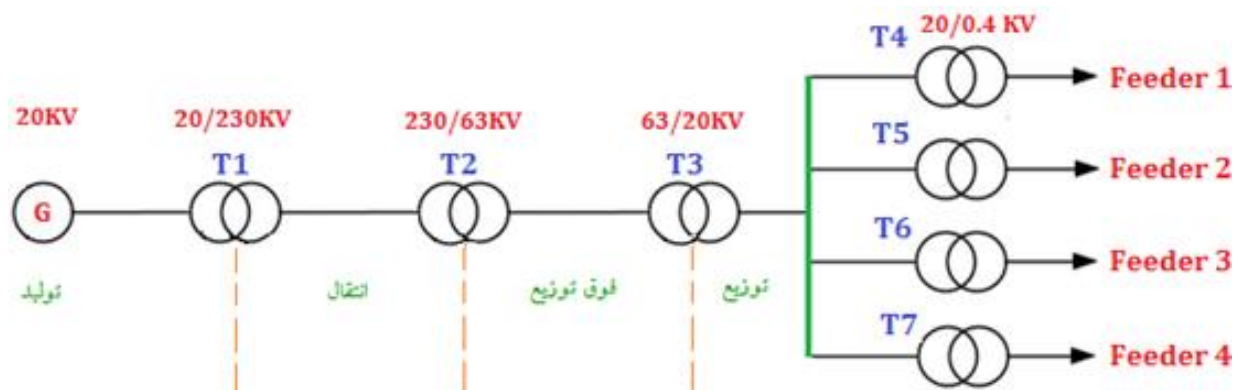
۲۲- تنظیم کلیه فرم ها و گزارش ها و جمع آوری دیگر اطلاعات فنی مورد لزوم دیسپاچینگ فوق توزیع

۲۳- عدم اعمال خاموشی به مشترکین به مدت طولانی و رفع خاموشی ها (حادثه- تعمیرات) در حداقل زمان

۲۴- اعلام خاموشی های بیش از دو ساعت به دیسپاچینگ فوق توزیع در اسرع وقت

شبکه های توزیع انرژی الکتریکی

شبکه توزیع شامل کلیه خطوط هوایی، زمینی و تأسیسات فشار ضعیفی هستند که جهت توزیع نیرو از پست های عمومی توزیع واقع در معابر گذرگاه های عمومی مورد استفاده قرار می گیرند. این شبکه ها دارای سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت سه فاز و یا ۲۳۰ ولت تک فاز هستند که زیر مجموعه شبکه های توزیع برق فشار متوسط محسوب می گردند



اجزای تشکیل دهنده شبکه توزیع انرژی الکتریکی



- ترانسفورماتورها
- هادی ها شامل کابل یا سیم های هوایی
- وسایل حفاظتی مثل فیوز، رله های حفاظتی
- وسایل قطع و وصل شامل انواع کلیدها
- اتصالات شامل سرکابل، مفصل، کلمپ و ...
- مقره ها
- پایه ها
- یراق آلات
- تابلوها
- کنتورها
- لامپ های گازی و LED معابر

1 شبکه های زمینی: اولین خطوط انتقال برق؛ خطوط زمینی بودند، اما کم کم جای خود را به خطوط هوایی دادند. راه اندازی خطوط زمینی انتقال برق به علت هزینه های فراوان حفاری و ایجاد کانال های زمینی و زیر زمینی بسیار گران تر از راه اندازی خطوط هوایی است و گرفتن انشعاب از این خطوط مستلزم وجود ایستگاه های توزیع، جعبه های انشعاب و تابلو های برق می باشد. عیب یابی این خطوط به علت در دسترس نبودن احتیاج به وسائل مخصوص و گران قیمتی دارد که هزینه های آن را افزایش می دهد. در عوض در خطوط زمینی به ندرت اشکالی به وجود می آید و خاموشی آن به مراتب از خطوط هوایی کمتر است. این خطوط به زیبایی محیط آسیب نمی زنند و چون در دسترس نمی باشند دارای خطرات بسیار کمتری نسبت به خطوط هوایی خواهند بود و چون حریمی برای آن ها تعریف نمی شود در اماکن کم عرض و مسکونی بسیار مفید می باشند.

2 شبکه های هوایی: خطوط انتقال هوایی نوعی از خطوط انتقال هستند که در آن از دکل ها و تیرها برای نگه داشتن کابل ها بالای سطح زمین استفاده می شود. از آن جایی که در این گونه خطوط از هوا به عنوان عایق کابل ها استفاده می شود این روش انتقال یکی از کم هزینه ترین و رایج ترین روش های انتقال است احداث شبکه های هوایی آسان تر بوده و در هر نقطه و محل می توان به وسیله شبکه هوایی، به سرعت جریان برق را برقرار نمود. به طور کلی سیستم های هوایی برخلاف سیستم های زمینی، بسیار کم هزینه تر و ارزان ترند زیرا به کندن کانال، هزینه های اخذ مجوزهای حفاری، لوله های مخصوص و ... نیازی نداشته و در مورد خود کابل ها نیز حفاظ و عایق گران قیمت، اتصالات و غلاف های آب بندی گران جهت امکانات ویژه ضد آب کردن تجهیزات زیرزمینی وجود ندارد. درست همین هزینه های گزاف سرمایه گذاری است که سیستم های زمینی را چندین برابر گران تر از سیستم های هوایی کرده است.



موارد استفاده از شبکه های زمینی و هوایی

- 1 از شبکه های زمینی در صورت عدم وجود شبکه هوایی و یا غیر قابل دسترس بودن آن استفاده میشود.
- 2 طول مسیر انتقال یکی از عوامل مهمی است که در انتخاب نوع شبکه -هوایی یا زمینی- دخالت می کند. اگر فاصله از پست تا محل مصرف کم باشد کابل های زمینی به سیم کشی هوایی ارجحیت دارد، مخصوصاً در مواردی که این طول کم باشد و پیچ و خم آن بالا باشد. ولی اگر فاصله زیاد باشد و مخصوصاً فشار الکتریکی شبکه هم قوی باشد، از سیم کشی هوایی استفاده می شود.
- 3 نوع مسیر عامل مهم در استفاده از شبکه های هوایی یا زمینی می باشد. در بعضی نقاط اجباراً از شبکه های زمینی استفاده می شود مانند حریم باند فرودگاه. در بعضی نقاط دیگر اجباراً از شبکه های هوایی استفاده می شود؛ مانند حریم عرض راه آهن.
- 4 برای حفظ زیبایی شهرها و مواردی که تراکم جمعیت زیاد می باشد از شبکه های زمینی استفاده می شود.

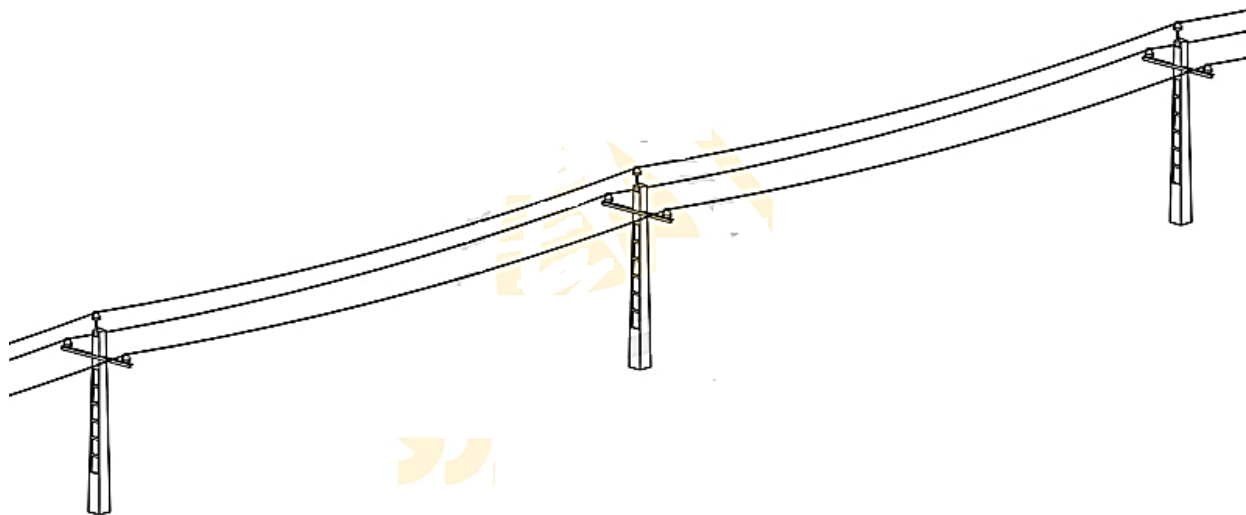
مقایسه شبکه های هوایی و زمینی

- 1 احداث شبکه های هوایی آسانتر است در صورتی که برای احداث شبکه های هوایی و زمینی باید مسیر مناسب باشد ثانیاً احتیاج به ایجاد کانال می باشد.
- 2 احداث شبکه های هوایی ارزانتر از شبکه های زمینی می باشد.
- 3 عیب یابی و رفع عیب شبکه های هوایی آسانتر است زیرا بیشتر عیوب آن با چشم دیده می شود ولی پیدا کردن عیب در شبکه های زمینی به دستگاه های عیب یاب نیاز دارد و زمان بیشتری برای رفع عیب نیاز خواهد بود.
- 4 همانطور که ولتاژ خطوط انتقال افزایش می یابد هزینه کابلها (شبکه های زمینی) افزایش می یابد.
- 5 در شبکه های زمینی به افراد متخصص بیشتری نیاز است.
- 6 در شهرها و مناطق پرجمعیت برای حفظ زیبایی شهر معمولاً از شبکه های زمینی استفاده می شود.
- 7 شبکه های زمینی باعث دوری از یخ و برف و باران و شاخه های درختان و رعد و برق امکان خرابی آنها کمتر خواهد بود.



انواع شبکه های توزیع از لحاظ سطح ولتاژ

۱ خط های فشار متوسط: شبکه های فشار متوسط عمومی در ایران، با ولتاژهای ۳۳، ۲۰ و ۱۱ کیلو ولتی کار می کنند، که در این میان، ولتاژ ۲۰ کیلو ولت رایج ترین آنها است و امروزه نیز، ایجاد و توسعه شبکه های فشار متوسط به طور اساسی با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت صورت می گیرد. در بعضی از شهرها نیز که از قدیم ولتاژ ۱۱ کیلو ولت معمول بوده است، رفته رفته جای خود را به ولتاژ ۲۰ کیلو ولت داده اند رساندن انرژی و توان به مراکز مصرف بیش تر با خط های ۶۳ یا (۶۶) یا ۱۳۲ کیلو ولتی صورت می گیرد. این بخش از فعالیت نیرو رسانی را در اصطلاح شبکه های فوق توزیع می نامند.



۲ خط های فشار ضعیف: برق مصرف کنندگان عادی با خط های فشار ضعیف تأمین می شود. این خط ها آخرین قسمت از شبکه عظیم و گسترده برق رسانی را پیش از تحویل انرژی به مصرف کننده تشکیل می دهند. خط های فشار ضعیف رایج در سراسر کشور از نوع ۲۲۰/۳۸۰ ولتی و معمولاً به صورت ۵ سیمه اند.





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل دوم

هادی‌های مورد استفاده در شبکه‌های توزیع



انواع هادی‌های خطوط هوایی

هادی ها مهمترین اجزای یک شبکه توزیع انرژی محسوب شده و مسیر جریان از طریق آنها برقراری گردد . یک هادی خوب بایستی دارای مشخصات زیر باشد

- دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا باشد
- دارای استحکام مکانیکی زیاد باشد
- انعطاف پذیر باشد
- استقامت شیمیایی داشته باشد
- اقتصادی بوده و فراوان باشد

1 هادی‌های مسی

- مس دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا و استقامت کششی قابل توجهی است
- بعد از طلا و نقره مس بهترین هادی جریان الکتریکی
- فراوان و ارزان است .
- استحکام مکانیکی خوبی دارد .
- براحتی انعطاف پذیر است . لذا با خم و راست شدن در سر پیچهای مسیر نمی شکند .
- در برابر تاثیرات جوی (مثل رطوبت) پایدار است و اکسیده نمی شود .

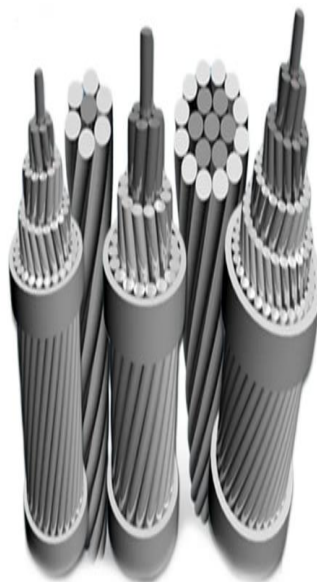
2 هادی‌های آلومینیومی

بعد از مس آلومینیوم به عنوان هادی الکتریکی در شبکه ها بکار می رود . اگرچه ضریب هدایت آن کمتر از مس است ، ولی وزن آن هم کمتر است . برای آنکه هادی آلومینیومی از نظر هدایت الکتریکی معادل هادی مسی گردد ، باید مقطع آنرا (۶ / ۱) برابر مقطع هادی مسی انتخاب نمود که باز هم در این صورت وزن آن فقط نصف وزن هادی مسی خواهد شد . سیم آلومینیومی بخاطر سبک بودنش بیشتر در سیم کشی هوایی بکار می رود و هادی مسی مخصوصا بخاطر قابلیت انعطاف پذیر بودنش در کابل کشی زمینی خیلی بیشتر از هادی آلومینیومی مورد استفاده قرار می گیرد . استحکام مکانیکی هادی آلومینیومی بمراتب کمتر از هادی مسی است . برای افزایش استحکام مکانیکی هادی آلومینیومی (مخصوصا در خطوط هوایی) عموما آنرا بصورت آلیاژ بکار می برند . راه دیگر افزایش استحکام مکانیکی هادی آلومینیومی استفاده از آن بصورت آلومینیوم - فولاد می باشد که در وسط آن یک یا چند رشته سیم فولادی (steel) جای می دهند . (هادیهای تقویت شده فولادی ACSR) .

برای بالا بردن قابلیت انعطاف پذیری هادیها (آلومینیوم و مس) آنها را مخصوصا در مقاطع بزرگ بصورت چند رشته ای می سازند . جهت چرخش هر لایه در هادیهای چند رشته ای بر خلاف لایه های مجاور می باشد تا از باز شدن رشته ها جلوگیری شود .

انواع هادی های آلومینیومی

- ① هادی آلومینیوم (AAC (All Aluminum Conductor
- ② رسانای آلیاژ آلومینیوم (AAAC (All Aluminum Alloy Conductor
- ③ هادی آلومینیوم تقویت شده از فولاد (ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced
- ④ هادی آلومینیوم آلیاژ تقویت شده (ACAR (Aluminum Conductor Aluminum Alloy Reinforced



1 هادی هوایی تمام آلومینیومی AAC

از رشته های AL با درجه خلوص بالا استفاده شده است. مقاومت الکتریکی بسیار پایین ولی مقاومت مکانیکی کمی دارند که کاربرد آنها را در خطوط هوایی بسیار محدود مینماید. در کابلها بیشتر از این نوع هادی استفاده میشود.



2 هادی هوایی آلومینیومی آلیاژی AAAC

در این هادی از آلیاژهای مقاوم آلومینیوم استفاده شده است. این عامل موجب میشود تا مقاومت مکانیکی این هادی در مقایسه با انواع دیگر هادیها، کمتر باشد. اما استفاده از آلیاژ آلومینیوم موجب شده است تا مقاومت الکتریکی آن در یک سطح مقطع برابر، کمتر شود لذا تلفات آن کمتر خواهد شد. هادی های AAAC به طور گسترده ای در خطوط هوایی توزیع و انتقال در مناطق مجاور به دریا و یا مناطقی که امکان بروز مشکلات خوردگی برای مغزی فولادی در هادی های ACSR وجود دارد کاربرد دارند.



3 هادی هوایی آلومینیوم تقویت شده با مغزی فولادی ACSR

هادی آلومینیوم فولاد از یک یا چند مغز فولادی تشکیل شده که اطراف آن رشته های آلومینیومی قرار دارند. مغز فولادی برای افزایش استحکام مکانیکی و رشته ه ای آلومینیومی به منظور هدایت الکتریکی است بمنظور جلوگیری از زنگ زدگی و همچنین خوردگی بین سیم های فولادی و آلومینیومی بایستی از فولاد گالوانیزه استفاده شود این کابل ها برای توزیع انرژی الکتریکی در خطوط ولتاژ متوسط و قوی که فاصله تیرها از هم زیاد باشد، مناسبند.



4 هادی آلومینیوم. آلیاژ تقویت شده ACAR

در این هادی از ترکیب رشته های آلیاژ مقاوم آلومینیوم در لایه های مرکزی AL با درجه خلوص بالا در لایه های بیرونی استفاده شده است. مقاومت الکتریکی آن نسبت به هادی های قبلی کمتر است. با این حال مقاومت مکانیکی آن نیز کمتر میباشد. در مناطق آلوده کاربرد دارد اما در مناطق با بار مکانیکی بالا در مقایسه با هادی های قبلی توجیه ندارد. هادی های ACAR در مناطقی که قابلیت انتقال جریان بالا، استحکام متوسط و وزن کم مد نظر باشد، مورد استفاده قرار می گیرند

مشخصات هادی های ACSR

برای دسته بندی سیم های هوایی آلومینیومی با مغزی فولادی، از نامهای حیوانات و پرندگان استفاده میشود. هر کدام از این هادیها سطح مقاطع مختلف و چینش متفاوتی از مفتولهای آلومینیوم و فولاد دارند.

مشخصات فنی هادی هوایی تقویت شده با مغزی فولادی مطابق BS EN 50182

کد/نام	سطح مقطع mm ²	ساختمان فولاد mm	سطح مقطع فولاد mm ²	ساختمان آلومینیوم mm	سطح مقطع آلومینیوم mm ²	قطر هادی mm	وزن تقریبی kg/km	استحکام کششی kN	مقاومت الکتریکی Ohm/km
MOLE	10	1/1.50	1.77	6/1.50	10.62	4.5	43	4.1	2.702
SQUIRREL	20	1/2.11	3.49	6/2.11	20.94	6.33	85	7.9	1.370
GOPHER	25	1/2.36	4.37	6/2.36	26.24	7.08	106	9.6	1.093
WEASEL	30	1/2.59	5.27	6/2.59	31.61	7.77	128	11.4	0.908
FOX	35	1/2.79	6.11	6/2.79	36.66	8.37	149	13.2	0.783
FERRET	40	1/3.00	7.07	6/3.00	42.41	9.0	172	15.2	0.677
RABBIT	50	1/3.35	8.81	6/3.35	52.88	10.05	214	18.4	0.543
MINK	60	1/3.66	10.53	6/3.66	63.18	10.98	255	21.8	0.454
SKUNK	60	7/2.59	37.03	12/2.59	63.18	12.95	465	53.1	0.456
BEAVER	70	1/3.99	12.47	6/3.99	74.82	11.97	302	25.7	0.383
HORSE	70	7/2.79	42.80	12/2.79	73.37	13.95	538	61.2	0.394
RACCON	75	1/4.09	13.20	6/4.09	79.20	12.30	320	27.2	0.362
OTTER	80	1/4.22	13.98	6/4.22	83.88	12.66	339	28.7	0.342
CAT	90	1/4.50	15.90	6/4.50	95.40	13.50	386	32.7	0.301
HARE	100	1/4.72	17.50	6/4.72	105.0	14.16	425	36.0	0.273
DOG	100	7/1.57	13.50	6/4.72	105.0	14.15	394	32.7	0.273
COYOTE	125	7/1.91	20.09	26/2.54	132.1	15.89	522	46.4	0.219
COUGAR	125	1/3.05	7.24	18/3.05	130.3	15.25	419	29.8	0.221
TIGER	125	7/2.36	30.59	30/2.36	131.1	16.52	602	58.0	0.220
WOLF	150	7/2.59	36.88	30/2.59	158.0	18.13	726	69.2	0.183
DINGO	150	1/3.35	8.80	18/3.35	158.7	16.75	506	35.7	0.181
LYNX	175	7/2.79	42.77	30/2.79	183.4	19.53	842	79.8	0.157
CARACAL	175	1/3.61	10.24	18/3.61	184.3	18.05	587	41.0	0.156
PANTHER	200	7/3.00	49.49	30/3.00	212.0	21.00	974	92.2	0.136
JAGUAR	200	1/3.86	11.69	18/3.86	210.6	19.30	671	46.6	0.136
LION	225	7/3.18	55.65	30/3.18	238.5	22.26	1.095	100.6	0.121
BEAR	250	7/3.35	61.60	30/3.35	264.0	23.45	1.213	111.1	0.109
GOAT	300	7/3.71	75.67	30/3.71	324.3	25.97	1.489	135.7	0.089
SHEEP	350	7/3.99	87.29	30/3.99	374.1	27.93	1.718	155.9	0.077
ANTELOPE	350	7/2.97	48.37	54/2.97	373.1	26.73	1.411	118.2	0.077
BISON	350	7/3.00	49.49	54/3.00	381.8	27.00	1.444	120.9	0.076
DEER	400	7/4.27	100.2	30/4.27	429.3	29.89	1.971	178.5	0.067
ZEBRA	400	7/3.18	55.59	54/3.18	428.9	28.62	1.621	131.9	0.067
ELK	450	7/4.50	111.3	30/4.50	477.0	31.50	2.190	198.2	0.061
CAMEL	450	7/3.35	61.60	54/3.35	475.2	30.15	1.797	145.7	0.061
MOOSE	500	7/3.53	68.53	54/3.53	528.7	31.77	1.999	161.1	0.055

انتخاب هادی های ACSR بر اساس سطح ولتاژ

Cardinal	Canary	Drake	Hawk	Orlone	Lynx	Partridge	Dog	Mink	Fox	هادی
سهره	قناری	مرغابی	شاهین	مرغ انتیجیروار	وشق	کبک	سگ	راسر	رویه	
۲۳۰	۲۳۰	۱۳۲	۱۳۲	۱۳۲	۶۳	۶۳	۲۰	۲۰	۲۰	KV

هادی های هوایی روکش دار

هادی های روکش دار را نباید با کابل های عایق دار اشتباه گرفت، زیرا روکش قرار گرفته روی هادی در برابر برق گرفتگی افراد ایمنی ایجاد نمی کند و تنها امکان اتصالی در اثر برخورد فازها به هم دیگر و زمین را از بین می برد و از این رو به جای عایق از کلمه روکش استفاده شده است



مزایای کابل هوایی با هادی روکش دار

- کاهش خطاهای گذرا و دائم در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی
- کاهش احتمال آتش سوزی
- بهبود وضعیت بهره برداری از شبکه ها به دلیل کاهش اتفاقات و حوادث ایجاد شده بر روی آن ها
- آزادی عمل بیشتر در طراحی خطوط به دلیل امکان کاهش فاصله بین هادی ها
- افزایش قابلیت اطمینان شبکه در مقابل شرایط جوی و برخورد اشیاء خارجی
- کاهش خوردگی و پارگی کابل
- کاهش احتمال اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق
- امکان کاهش خسارات ناشی از آزادسازی حریم خطوط
- حفظ محیط زیست از طریق کاهش شاخه زنی، قطع درختان و جلوگیری از مرگ و میر پرندگان
- کاهش تلفات و نشتی برق
- کاهش انشعابات غیر مجاز
- کاهش هزینه های نگه داری خطوط
- امکان افزایش دوره های تعمیرات خطوط و کاهش هزینه های مربوط به تعمیرات
- کاهش فضا مورد نیاز برای احداث شبکه به سبب کاهش ابعاد کراس آرم ها
- افزایش زیبایی محیط

مزایای کابل هوایی با هادی لخت

- سهولت در احداث شبکه
- هزینه احداث به مراتب کمتر در مقایسه با شبکه های زمینی
- سهولت عیب یابی و رفع عیب
- عیب یابی با هزینه کم و عدم نیاز به افراد متخصص
- سهولت انشعاب گیری با هزینه و زمان کمتر

معایب کابل هوایی با هادی لخت

- عدم پایداری در برابر باد و طوفان
- قطعی های مکرر ناشی از برخورد شاخه های درختان
- آتش سوزی ناشی از تماس شبکه ها با شاخه درختان و در نهایت تخریب محیط زیست
- ایجاد تلفات ناشی از جریان نشتی در تجهیزات شبکه
- ایجاد خطاهای گذرا ناشی از پرندگی و برخورد اشیا خارجی
- ایجاد حریم و خطر جانی برای افراد
- تخریب محیط زیست در اثر شاخه زنی
- امکان ایجاد انشعابات غیر مجاز برق
- پارگی سیم بر اثر استفاده از انشعاب غیر مجاز
- از بین رفتن زیبایی محیط و مبلمان شهری
- آسیب پذیری شبکه ها در مقابل عوامل و شرایط نامطلوب جوی و محیطی



کابل‌های خود نگهدار

این کابل ها در مواردی که استفاده از خطوط با هادی های لخت هوایی منجر به بروز حوادث و خطرات جانی و یا اینکه رعایت حریم خطوط برق و سایر نکات فنی و ایمنی شبکه برق مقدور نیست استفاده می گردند . از عمده ترین این موارد می توان به مسیرهایی اشاره نمود که دارای عرض کم بوده و یا در آنها موانعی از قبیل ردیف درختان وجود دارد.

کابل‌های خود نگهدار از ۶ رشته سیم با سطح مقطع یکسان که سه رشته آن به عنوان فاز، یک رشته به عنوان نول، یک رشته جهت روشنایی معابر و یک رشته سیم نگهدارنده تشکیل می شود. با توجه به نوع کاربرد، کابل خودنگهدار می تواند به صورت سه فاز (شش رشته) یا تک فاز (چهار رشته) یا تک فاز بدون روشنایی (سه رشته) تولید می گردد.

کابل‌های خود نگهدار دارای هادی آلومینیومی و عایق پلی اتیلن شبکه ای یا کراس لینک می باشند و برای نصب این کابل ها بر روی پایه ها نیاز به یک **سیم نگهدارنده (massenger)** می باشد که جنس آن برای کابل‌های فشار قوی از فولاد و برای کابل‌های فشار ضعیف از آلایژ آلومینیوم می باشد. در کابل خود نگهدار فشار ضعیف از سیم نگهدارنده بعنوان سیم نول نیز استفاده می گردد.



مشخصات کابل های خودنگهدار

ردیف	شرح مشخصه	واحد	۲۵ + ۷۰ + ۲۵ × ۳	۲۵ + ۵۰ + ۱۶ × ۳	۲۵ + ۱۶ × ۱
۱	مقطع هادی فاز	mm ²	۹۰	۷۰	-
۲	مقطع هادی نول	mm ²	۷۰	۵۰	۲۵
۳	مقطع هادی مستجر	mm ²	۲۵	۲۵	-
۴	مقطع هادی روشنائی	mm ²	۲۵	۱۶	۱۶
۵	جریان نامی فاز	A	۲۴۵	۲۰۵	-
۶	حداکثر جریان فاز	A	۱۵۰	۱۲۵	-
۷	مقاومت	Ω/km	۰٫۳۲	۰٫۴۴۳	-
۸	راکتانس	Ω/km	۰٫۴۱	۰٫۴۲	-
۹	حداکثر مقاومت ویژه الکتریکی مفتول آلومینیم	Ω.mm ² /m	۰٫۰۲۸۰۸	۰٫۰۲۸۰۸	۰٫۰۲۸۰۸
۱۰	حداقل استقامت کششی هر یک از رشته های مفتول مطابق با IEC۶۰۲۲۸	N/mm ²	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
۱۱	حداقل تعداد رشته هادی های فاز و نول	عدد	۱۹	به ترتیب ۱۹ و ۷	۷
۱۲	حداقل قطر هادی فاز فشرده شده لخت	mm	۱۱	۹٫۳	۴٫۵
۱۳	حداکثر قطر هادی فاز فشرده شده لخت	mm	۱۲	۱۰٫۲	۵٫۱
۱۴	حداکثر مقاومت الکتریکی DC هادی فاز در دمای ۲۰ °C	Ω/km	۰٫۳۲	۰٫۴۴۳	۱٫۹۱۰
۱۵	حد نیروی پارگی میم نگهدارنده	kN	۲۳٫۸	۲۳٫۸	۱۱٫۴

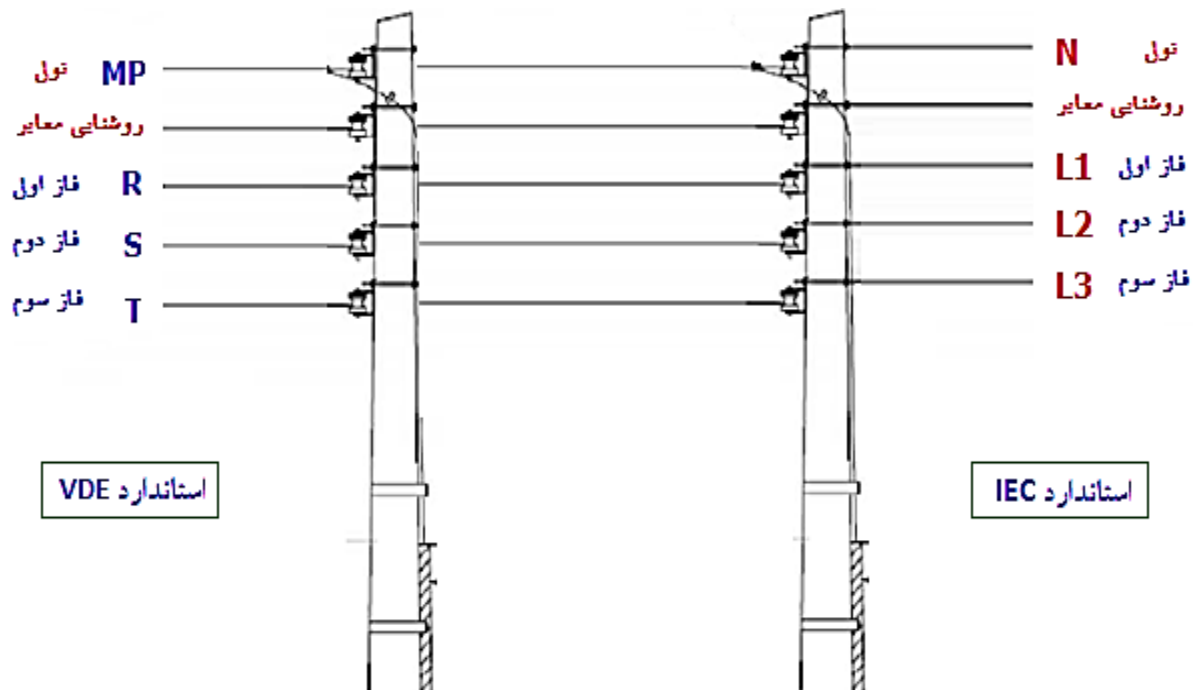
کلمپ انشعاب خودنگهدار

اتصالات کابل خودنگهدار باید به نحوی باشد که به روکش کابل صدمه وارد نسازد. این یعنی در صورت انشعاب گیری از کابل خودنگهدار نباید از کانکتوری استفاده شود که مجبور شویم روکش کابل را لخت کنیم. چرا که در این صورت با نفوذ رطوبت و هوا به داخل کابل موجب ایجاد خوردگی و اکسید شدن هادی در کابل می شود. لذا کانکتورهای کابل خودنگهدار حتما باید دنداندار باشد. تا این دندان در حین نصب، ضمن سوراخ کردن روکش، با هادی کابل اتصال برقرار کند.



ترتیب قرار گرفتن سیم ها در شبکه ۵ سیمه

خطوط انتقال، فوق توزیع و فشار متوسط سه سیمه RST هستند و شبکه های فشار ضعیف دارای ۵ سیم است که به ترتیب از بالا به پایین، سیم نول، روشنایی معابر و سه فاز شبکه می باشند که مطابق استاندارد VDE و IEC به صورت زیر نامگذاری می شوند.



کابل های زمینی

تعریف کابل: هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور داده و توسط موادی نسبت به محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ در روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر بوده و در روی سطح سیم یا هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، کابل نامیده می شود. هر کابل دارای لایه های مختلفی است که هر لایه کارکرد خاص خود را دارد.

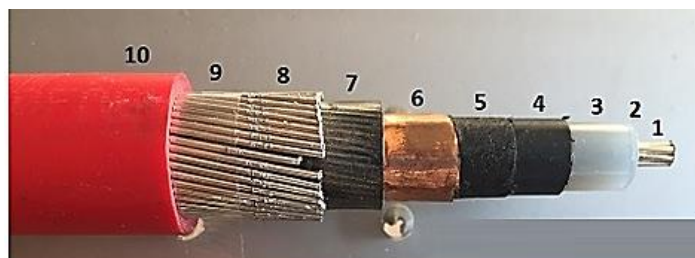


اجزای تشکیل دهنده ی کابل

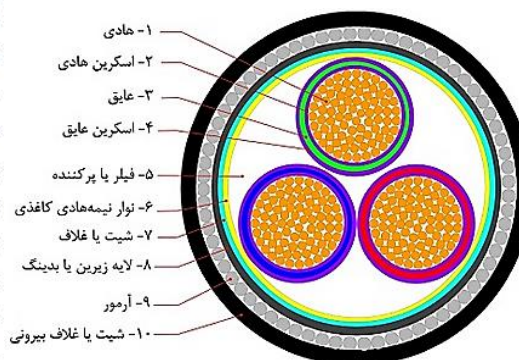
① هادی کابل

② عایق کابل

③ غلاف کابل



۱. هادی کابل (مس)
۲. نیمه هادی رسانا (بین رسانا و عایق بوده و در تصویر به وضوح مشخص نیست)
۳. عایق کابل (از جنس XLPE - نسبت به PVC شفاف تر است)
۴. نیمه هادی عایق
۵. نیمه هادی کاغذی
۶. شیلد مسی (نواز مسی بدون مفتول - در تولیدات جدید معمولاً از هر دو استفاده می شود).
۷. بدینگ (Bedding)
۸. آرمور یا زرد (Armour)
۹. نوار PP یا PET یا مایلار (جهت نگهداری لایه های زرد)
۱۰. ژاکت یا شیت بیرونی (PVC) رنگ قرمز جهت نشان دادن کابل MV به کار رفته است.



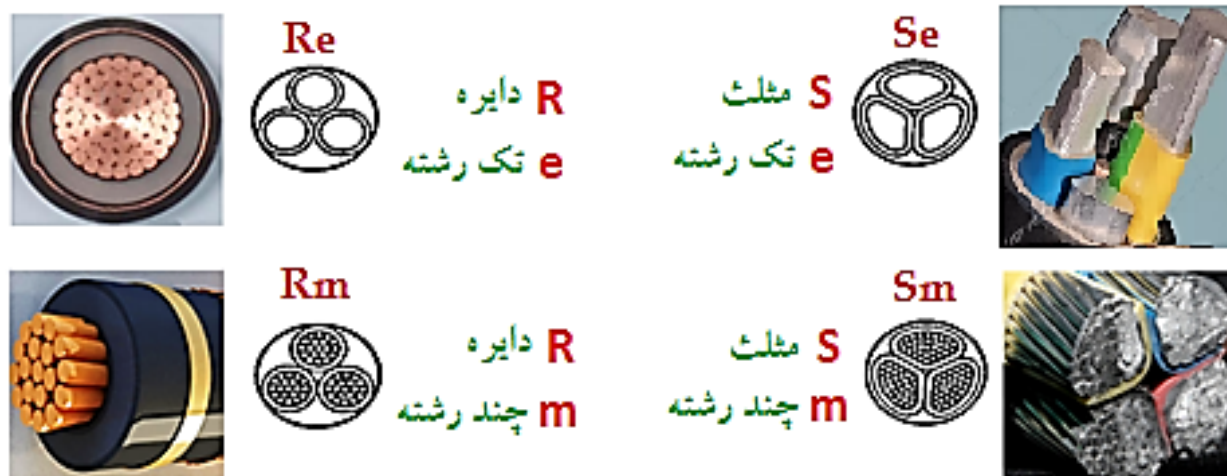
1 هادی کابل

قسمت اصلی کابل که جریان الکتریکی را هدایت می کند هادی نام دارد که از جنس مس یا آلومینیوم است ، هادی های کابل را از جهات مختلف می توان تقسیم بندی کرد .

الف - هادی ها بر اساس تعداد رشته : به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) موجود هستند برای مشخص کردن کابل های تک رشته از حرف اختصاری (e) و کابل چند رشته ای از حرف اختصاری (m) استفاده می شود .

ب - هادی ها از نظر شکل سطح مقطع : در دو شکل دایره (r) و مثلث یا سکتور (S) وجود دارند .

ج - کابل ها را از نظر کاربرد : ه دو دسته کابل های مسطح و کابل های غیر مسطح می توان تقسیم کرد .



➤ استفاده از هادی های چند رشته ای rm و sm باعث کاهش اثرات پوستی و افزایش سطح موثر هدایت هادی می شود .

➤ مقاطع بالای 10 mm^2 به بالا حتماً باید به صورت رشته ای باشند زیرا جریان تمایل دارد روی سطح هادی حرکت کند .

➤ کابل های مثلثی کاربرد چندانی ندارد و بیشتر جهت حذف فضای مرده ساخته می شود . کابل های با هادی مثلثی در فشارضعیف کاربرد دارد زیرا در ولتاژهای بالا نقاط نوک تیز محل تجمع میدان الکتریکی است که باعث تضعیف کابل می شود .



2 عایق کابل

متناسب با نوع مصرف، میزان ولتاژ و جریان و ... عایق کابل‌ها را از مواد مختلفی می‌سازند.

1 عایق لاستیکی : از عایق لاستیکی تنها در موارد خاص که کابل متحرک است مانند آسانسور و در جاهایی که کابل قوطه‌ور در آب می‌باشد مانند برق‌رسانی به کشتی‌ها، استفاده می‌شود. برای جلوگیری از اثر گاوگرد موجود در لاستیک بر روی هادی مسی باید روی هادی را قبل از عایق کردن قلع اندود کرد.

2 عایق پلاستیکی : عایق پلاستیکی عموماً از عایق مصنوعی پنی ونیل کلراید PVC ساخته می‌شوند، که برای عایق سیم و عایق کل کابل مورد استفاده قرار می‌گیرند. کابل با عایق PVC نمی‌سوزد و سبب هدایت آتش نیز نمی‌شود و همچنین کهنه نمی‌شود و از ثبات شیمیایی کم نظیری برخوردار است. در صورت زخم شدن روکش خارجی PVC همان عایق مستقیم سیم به اندازه کافی با ثبات است و می‌تواند محافظت کامل را انجام دهد.

3 پلی اتیلن : پلی اتیلن PET پلیمری با خصوصیات الکتریکی عالی، جذب آب کم و بدون هالوژن می‌باشد. در کابل‌های مخابراتی به صورتی وسیع به عنوان عایق و روکش به کار می‌رود، اما به اندازه‌ی کابل PVC مزیت ندارد. پلی اتیلن قابل اشتعال است و در کابل‌های بالاتر از 20 KV به کار می‌روند. پلی اتیلن برخلاف PVC خود خاموش کن نیست و در مجاورت مستقیم با مس یا نوار مسی اسکرین دچار نوعی شکنندگی می‌شود که این خاصیت با افزایش دما تشدید می‌شود. نقطه کار دمایی پلی اتیلن 70 درجه سانتی‌گراد است.

4 کاغذهای آغشته به روغن مخصوص : کاغذهای روغنی جزء اولین نوع عایق‌ها می‌باشد که به دلیل شرایط نگهداری دشوار، نشت روغن و نفوذ رطوبت، کمتر استفاده می‌شود. روغن دو کار عایق کردن و انتقال حرارت را انجام می‌دهد.

5 عایق پلی‌اتیلن کراس‌لینک XLPE : علیرغم مشخصات عالی الکتریکی پلی اتیلن، استفاده از آن به دلیل نرم شدن و تغییر شکل آن در درجه حرارت بالا و خواص ضعیف مکانیکی آن، محدود است و برای مصارفی که نقطه کار بیش از 70 درجه سانتی‌گراد نیاز دارند مناسب نیست. برای غلبه بر این محدودیت از روش پخت یا کراس‌لینک کردن استفاده می‌کنند و به این ترتیب دمای نقطه کار به 90 درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد XLPE برخلاف PVC غیر هالوژنه است و در هنگام سوختن فاقد گازها و بخارات سمی و خورنده است XLPE. از کراس‌لینک نمودن PE بدست می‌آید و همانند PE دارای خواص عایقی بسیار خوب میزان جذب آب خیلی کم (حدود یک چهارم PVC (وزن مخصوص و ثابت دی الکتریک کم است و علاوه بر این‌ها با توجه به فرآیند کراس‌لینک شدن که همان ایجاد پیوندهای عرضی در ساختار PE می‌باشد دارای پیوندهای طولی هیدروکربنی است. 2X سمبل این کابل می‌باشد و تا 90 درجه‌ی سانتی‌گراد تحمل حرارت را دارد.

6 اتیلن پروپان رابر EPR : برای ولتاژهای متوسط حدود 12 کیلوولت و در نیروگاه‌های 6 کیلو ولت استفاده می‌شود.

7 سیلیکون رابر Sic : از این عایق بیشتر به عنوان روکش کابل، سرکابل و سایر تجهیزات شبکه استفاده می‌شود که دارای تحمل حرارت خوب و نیز در مقابل ضربه نیز مقاوم است و شرایط دفع رطوبت خوبی نیز دارد.

3 غلاف کابل

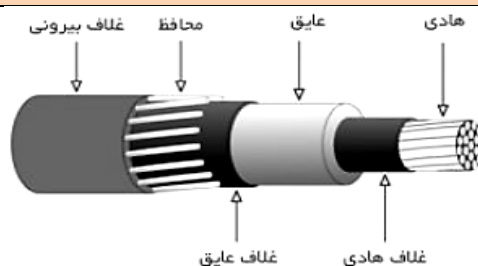
غلاف به لایه هایی در روی کابل اطلاق می شود که می توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و همچنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند . در ساده ترین حالت کابل دارای یک غلاف از مواد PVC می باشد . حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهایی به آن وارد شود باید برای حفاظت از مواد محکم تری استفاده شود

▲ جهت حفاظت نوارهای فولادی در کابل های زمینی، باید دور نوارها را با پارچه یا کنف قیراندود بپوشانیم .
▲ در کابل هایی که تحت کشش زیاد قرار دارند مانند کابل های معدن و کابل هایی که از رودخانه عبور می کنند، از یک حفاظ فلزی از سیم های گرد یا تخت و یا پروفیل استفاده می شود که باعث حفاظت کابل در مقابل خطرات و حوادث خارجی نیز می شوند.

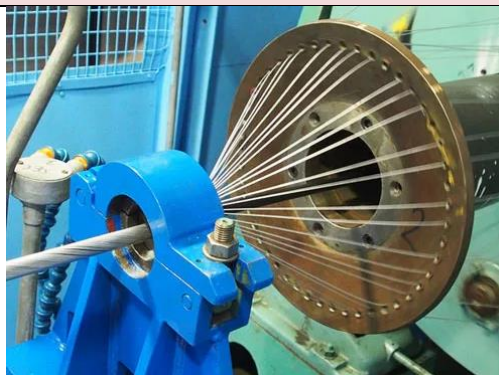
کابل مسطح: در کابل هایی که تحت فشار و ضربه قرار می گیرند برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می کنند . کابل هایی که در آنها نوارهایی از فولاد و غلافهای سربی به کار می رود به کابل مسطح معروفند .

کابل H: در برخی کابل های چند سیمه پس از عایق نمودن هر یک از رشته سیم ها، ورق نازک فلزی بر روی آنها پیچیده می شود و سپس همگی آنها در یک غلاف سربی قرار می گیرند . این ورق نازک به کاغذ متالیزه معروف است و کابلی که دارای چنین کاغذی باشد، کابل H نامیده می شود . وجود این کاغذ باعث محصور شدن میدان مغناطیسی هر سیم در اطراف آن شده و نیاز به استفاده از عایق بسیار مرغوب در کابل نیست .

کابل کمربندی: کابل هایی که منحصراً دارای یک غلاف سربی برای تمام رشته های سیم می باشد کابل کمربندی نام دارد . این کابل ها فقط برای ولتاژهای تا 20 kv مورد استفاده قرار می گیرند ، در این کابل سیم فاز معمولاً به صورت سکتوری و سیم نول با مقطع دایره ای ساخته می شوند .



نکته مهم: برای افزایش استحکام و کم کردن خاصیت خازنی کابل ها را به صورت مارپیچ می سازند. هر سیم از هادی های چند رشته ساخته که این رشته ها به هم تابیده می شود. همچنین در کابل های چند سیمه، سیم ها به صورت مارپیچ ساخته می شوند.



کاربرد استاندارد در مهندسی برق

استاندارد در لغت به معنی داشتن نظم و مطابق قانون بودن است. مفهوم استاندارد، تعیین کیفیت مناسب پذیرفته شده و توافقی برای هر کالا و یا خدمات یک شرکت در مقیاس جهانی می باشد.

استاندارد های بین المللی: این استانداردها به منظور ایجاد تعریفی واحد بین تمامی کشورهای دنیا برای ایجاد سطح کیفی مناسب ضمن مبادلات، تعیین می شوند. برخی از مهم ترین استانداردها در زمینه تجهیزات الکتریکی شامل استانداردهای CSA، GS، UL، NEC، VDE، DIN، ANSI، IEEE، ISO، IEC هستند.

استاندارد های کشوری: استانداردهایی می باشد که در داخل هر کشوری به منظور حمایت از مصرف کنندگان، یکدست بودن محصولات از نظر کیفی و حفظ اعتبار کشور برای صادرات تعیین می شوند.

استاندارد VDE آلمان

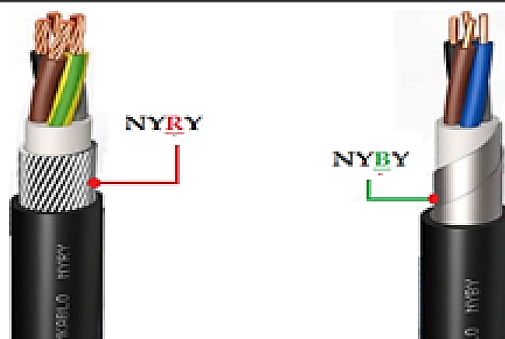
استاندارد VDE است. مخفف عبارت آلمانی Verband der Elektrotechnik است و نشان استاندارد آن به منظور اعلام ایمنی و کیفیت در فناوری های برق و فناوری اطلاعات است. مؤسسه آزمایش و صدور گواهینامه VDE یک مؤسسه معتبر ملی و بین المللی در آلمان در زمینه آزمایش و صدور گواهینامه استاندارد دستگاه ها، تجهیزات و اجزای سیستم های برقی است. در زیر انواع استاندارد های مرتبط با کابل ها آمده است

- VDE 0207 : آمیزه های عایق و روکش کابلها و بندهای قابل انعطاف
- VDE 0245 بخش 101 تا 202 : کابلهای کنترل (فرمان) انعطاف پذیر با عایق PVC
- VDE 0250 پارت 1 تا 819 : کابلها، سیمها و کابلهای رابط انعطاف پذیر در تأسیسات برق
- VDE 0262 : کابلهای تأسیسات قدرت با عایق XLPE و روکش PVC و ولتاژ اسمی 0.6/1 کیلوولت
- VDE 0266 : کابلهای قدرت با ویژگی بهبود یافته در شرایط آتش سوزی و جلوگیری از گسترش آن
- VDE 0267 : کابل های قدرت بهبود یافته برای شرایط آتش سوزی با ولتاژ اسمی 6 تا 30 کیلوولت
- VDE 0271 : کابلهای قدرت با عایق و روکش PVC و ولتاژ نامی تا خود 3.6/6(7.2) کیلوولت
- VDE 0276 بخش 603 : کابلهای توزیع برق با ولتاژ نامی 0.6/1 کیلو ولت
- VDE 0276 بخش 604 : کابل های قدرت 0.6/1 KV ویژه عملکرد در آتش سوزی مناسب نیروگاهها و پستهای برق
- VDE 0276 قسمت 620 : کابلهای توزیع برق از 3.6 تا 20.8/36(42) کیلوولت
- VDE 0276 بخش 1000 : ظرفیت جریان (آمپر) کابلهای قدرت به همراه جدولهای ضرایب تصحیح
- VDE 0277 : کابلهای مدار پرایمری (اولیه) روشنایی فرودگاه
- VDE 0285 : انواع کابل های الکتریکی LV تا خود 450/750 ولت با عایق ترموپلاستیک و ترموست
- VDE 0289 : تعاریف سیمها، کابلها و کابلهای انعطاف پذیر رابط برق
- VDE 0293 : شناسایی رشته های کابل بر اساس رنگ یا علامتگذاری
- VDE 0295 : مشخصات رسانای کابلها و سیمهای عایق شده
- VDE 0298 : راهنمای استفاده و کاربرد کابلها و بندها در تأسیسات برق
- VDE 0482 : آزمایش کابلهای برق و فیبر نوری در شرایط آتش سوزی
- VDE 0812 : سیمها و کابلهای رشته ای برای تجهیزات مخابراتی و سیستمهای پردازش داده
- VDE 0815 : کابلهای داخل ساختمانی برای سیستمهای مخابراتی و پردازش داده
- VDE 0816 : کابلهای بیرون ساختمانی مناسب سیستمهای مخابراتی و پردازش داده
- VDE 0839 : سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)

طرز شناخت و نامگذاری کابل ها بر اساس استاندارد VDE

بر اساس استاندارد VDE بر روی سیم و کابل درج می شود که بر اساس جدول تعیین شده توسط این انجمن هر یک از این حروف بیانگر جنس و نوع هادی، عایق، هادی هم مرکز، زره، غلاف است که به وسیله آن می توان به صورت دقیق از کلیه مشخصات و ساختمان سیم یا کابل به صورت کامل مطلع شد.

علامت اختصاری	شرح
N	علامت کابل با سیم از جنس مس
NA	علامت کابل با سیم آلومینیومی
Y	علامت عایق پروتودور یا PVC (اولین Y در ردیف حروف)
G	عایق لامتیک برای هر رشته
۲y	عایق از جنس PET
۲x	عایق از جنس XLPET
B	حفاظت فولادی نواری شکل (بانداژ فولادی)
R	حفاظت فولادی سیم نواری شکل (زره از مفتول فولادی قلع اندود شده)
F	زره از سیم تخت فولادی قلع اندود (کابل مسطح با سیم تخت)
Gb	حفاظت فولادی نواری شکل (تسمه فولادی مارپیچی برای محکم کردن F یا R)
CW	سیم مسی متحد المركز با نوار مسی مارپیچی
SE	پوشش الکترولیتیک از سیم های مسی و نوار مسی به صورت مارپیچی روی هر رشته به صورت جداگانه (به جای H)
S	حفاظت مسی از تسمه پهن ولی نازک مسی که دور عایق سیم پیچیده می شود (به جای H)
C	حفاظت شامل هادی مسی هم مرکز
J	کابل همراه با یک رشته حفاظتی به رنگ سبز و زرد
O	کابل بدون رشته یا رنگ سبز - زرد بدون هادی حفاظتی
Y	علامت روپوش پروتودور PVC می باشد (دومین Y در ردیف حروف)
K	علامت غلاف سربی
A	غلاف خارجی دوبل
E	کابل با سه غلاف سربی
T	سیم نگهدارنده در کابل های هوایی ساخته شده از فولاد ناپایده شده

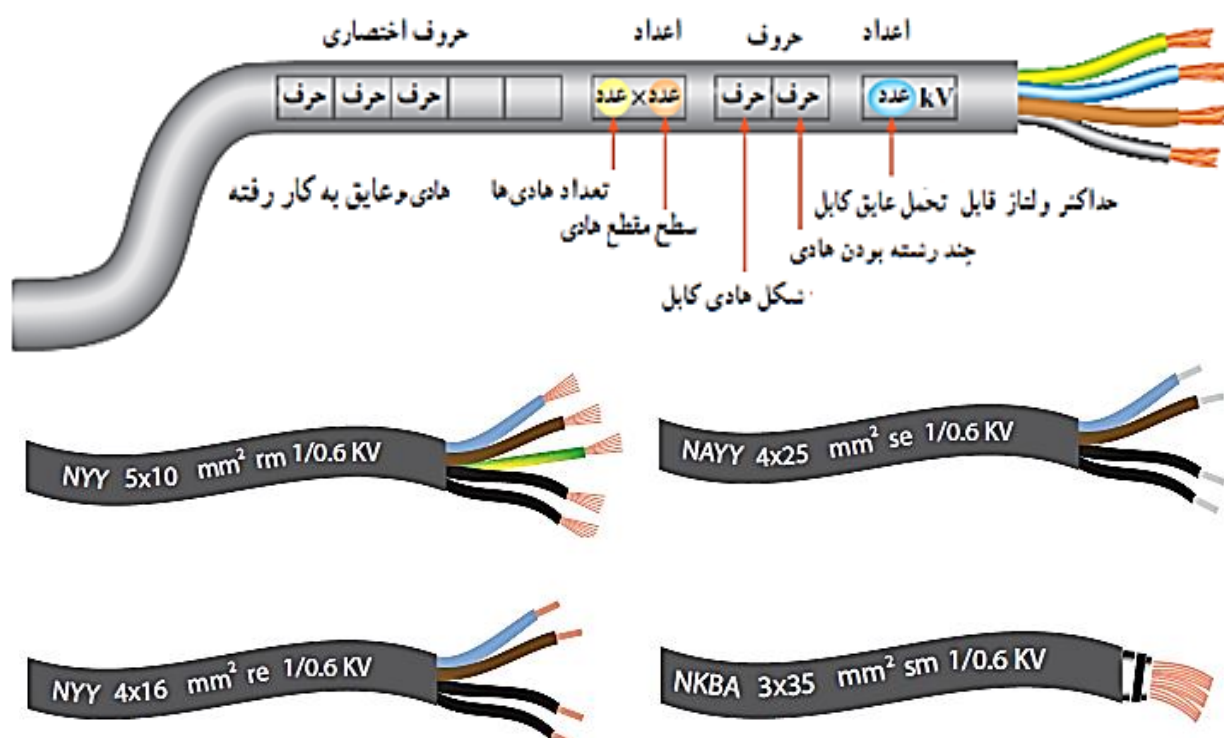


طرز شناخت و نامگذاری کابل های جریان زیاد

در مورد کابل های چند رشته ای فشار ضعیف مخصوصاً کابل های چهار رشته معمولاً سطح مقطع سه رشته از کابل ها (رشته های اصلی) با هم مساوی و سطح مقطع رشته ی چهارم کوچکتر است . معمولاً سطح مقطع رشته چهارم که به عنوان سیم نول به کار می رود ، نصف سطح مقطع سایر رشته هاست، ولی در بعضی از اندازه ها کابل تا چند نمره از سایر رشته ها کوچکتر است . این موضوع به کمک سه عدد نشان می دهند. مثلاً اگر کابلی دارای سه رشته ی اصلی با سطح مقطع 25mm^2 و یک رشته نول با مقطع 16mm^2 باشد آن را به صورت $3 \times 25 + 16$ نشان می دهند. یا اگر سه رشته سیم 50mm^2 برای سه فاز شبکه و سیم نول با سطح مقطع 35mm^2 را به صورت $3 \times 50 + 35$ نشان داده می شود .

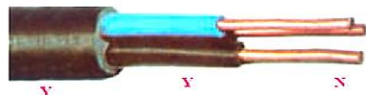
در کنار حروف فوق و پس از نوشتن سطح مقطع کابل ولتاژ مرجعی که کابل برای آن طراحی شده است نوشته می شود . این ولتاژ معمولاً توسط ترکیب Uph/UL مشخص می شود. Uph ولتاژ فازی که ولتاژ موثر بین هر فاز یا هر هادی عایق دار و زمین است و UL ولتاژ خطی که ولتاژ موثر بین هر جفت هادی فاز در سیستم چند فازه است. برای مثال $6\text{KV} / 3/5$ به این معنی است که ولتاژ نامی خطی این کابل ۶ کیلو و ولتاژ فازی ۳/۵ کیلو ولت است .

در کابل های فشار ضعیف همیشه سیم با عایق آبی رنگ به عنوان سیم نول و سیم با رنگ زرد و سبز برای حفاظت (مثلاً به عنوان سیم زمین) به کار می رود و در صورتی که تنها یک رشته سیم رنگی وجود داشته باشد آن رشته برای سیم نول است .

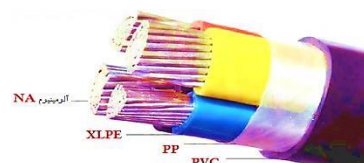


معرفی و کاربرد برخی از کابل های معروف

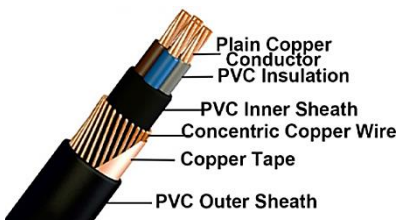
کابل NYY: این کابل دارای رشته های مسی N که دارای عایق های پروتودور Y می باشد و Y دوم نشان دهنده عایق کل کابل از جنس پروتودور است ..



کابل NA۲XY: این کابل دارای هادی از جنس آلومینیوم NA است و عایق دور سیم ها پلی اتیلن کراسلینک شده یا همان XLPE و روکشی بیرونی کابل از PVC ساخته شده است.



کابل NYCY: این کابل دارای هادی هایی از جنس مس N است و عایق سیم ها و کل کابل پروتودور Y است و بین دو عایق پروتودور زره سیم مسی C قرار گرفته است.



NYN	بدون زره	بدون هادی هم مرکز	عایق PVC
NYRY	با زره مفتولی	بدون هادی هم مرکز	عایق PVC
NYBY	با زره نواری	بدون هادی هم مرکز	عایق PVC
NYCY	بدون زره	با هادی هم مرکز	عایق PVC
NYCYRY	با زره مفتولی	با هادی هم مرکز	عایق PVC
NYCYBY	با زره نواری	با هادی هم مرکز	عایق PVC
N2XY	بدون زره	بدون هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XYRY	با زره مفتولی	بدون هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XYBY	با زره نواری	بدون هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XCY	بدون زره	با هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XCYRY	با زره مفتولی	با هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XCYBY	با زره نواری	با هادی هم مرکز	عایق XLPE
N2XH	بدون زره	بدون هادی هم مرکز	ضد آتش

نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها

بر روی بدنه‌ی کابل‌ها از یک سری حروف که نشان دهنده‌ی جنس کابل و یک سری عدد که نشان دهنده‌ی تعداد و سطح مقطع هر رشته و ولتاژ کابل است استفاده می‌شود. در زیر نمونه‌هایی از این اطلاعات آورده شده است.

NY 4 × 25 + 16 sm

در این کابل سه هادی افشان از جنس مس و با سطح مقطع مثلی ۲۵ میلی‌متر مربع ای و یک سیم ۱۶ میلی‌متر مربع ای برای سیم نول وجود دارد، جنس عایق هادی‌ها و عایق کلی کابل پروتو دور یا PVC است.

NY 4 × 50 + 25 sm

در این کابل از ۴ رشته سیم مسی افشان با سطح مقطع مثلی ۵۰mm^۲ و یک رشته سیم ۲۵mm^۲ برای سیم نول و از عایق PVC برای رشته‌ها و کل کابل استفاده شده است.

NY 4 × 50 re ۰/۶ / ۱ kv

این کابل ۳ رشته سیم مفتولی با مقطع دایره‌ای با عایق‌هایی از جنس پروتودور دارد که برای ولتاژ فازی ۶۰۰ ولت و ولتاژ خطی ۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

NKBA 4 × 25

جنس ۳ هادی این کابل مسی با سطح مقطع ۳۵mm^۲ است که توسط غلاف سربی و غلاف خارجی دویل عایق شده است و برای حفاظت از بانداژ فولادی استفاده شده است.

تقسیم بندی کابل‌های انتقال نیرو از لحاظ عایق بندی

- ۱ کابل‌های فشار ضعیف (LV (Low Voltage Cables): قدرت عایق نمودن تا ۱ کیلو ولت را دارند.
- ۲ کابل‌های فشار متوسط (MV (Medium Voltage Cables): قدرت عایق نمودن از ۱ تا ۳۳ کیلو ولت را دارا می‌باشد
- ۳ کابل‌های فشار قوی (HV (high voltage cables): قدرت عایق نمودن از ۶۳ تا ۲۳۰ کیلو ولت را دارا می‌باشند.
- ۴ کابل‌های فوق فشار قوی (EHV (Extra High Voltage): قدرت عایق نمودن بیشتر از ۴۰۰ کیلو ولت را دارا می‌باشند.



کابلشو Cable Lugs

کابلشوها، کانکتورهایی هستند که برای اتصال مطمئن کابل‌ها به تجهیزات برقی استفاده می‌شوند. کابلشوها برای ایجاد اطمینان در ایمنی تجهیزات و انسان استفاده می‌شوند. کابلشوها بر اساس نیاز و کاربردها مختلف می‌تواند به شکل‌های مختلفی طراحی و ساخته شوند. هدف اصلی در استفاده از کابلشو، اتصال صحیح، مطمئن و ایمن کابل‌ها می‌باشد.



انواع کابلشو از نظر جنس

1 **کابلشو مسی**: کابلشویی است که برای کابل‌های مسی استفاده می‌شود



2 **کابلشو آلومینیومی**: کابلشویی است که برای کابل‌های آلومینیوم استفاده می‌شود



3 **کابلشو بيمتال**: زمانی که جنس هادی و محل اتصال یکی نباشد، برای اینکه خوردگی ایجاد نشود، از این نوع کابلشو استفاده می‌کنند.

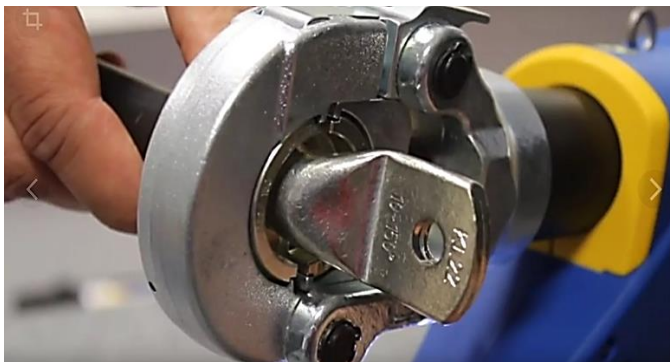


انواع کابلشو از نظر اتصال

1 کابلشو پیچی: در این نوع سرسیم محل قرار گیری کابل توسط ۲ پیچ در طرفین اتصال پیدا می کند



2 کابلشو پرس: سیم داخل کابل درون کابلشو قرار گرفته و سپس به کمک پرس، متصل می شوند.



اطلاعات روی کابلشو

بر روی هر سرسیم نشانه هایی حک شده اند که هر کدام نشانگر یک ویژگی آن کابلشو است. برخی از این ویژگی ها عبارتند از: مقطع هادی متناسب، قطر حفره مناسب برای پیچ، علامت شرکت تولید کننده.

KL-70-8

KL شرکت سازنده واپرشو و یا همان شرکت **klauke** آلمان است.

70 نشان دهنده مقطع هادی مناسب برحسب میلی متر مربع برای کابلشو است.

8 قطر سوراخ متناسب با پیچ سرسیم است.



سرکابل

سرکابل یکی از تجهیزات کابل ها بوده که وظیفه آن برقراری ارتباط بین هادی کابل و دیگر تجهیزات می باشد. سرکابل پس از برقراری ارتباط هادی کابل به قسمت های برقدار شبکه وظیفه ایزولاسیون هادی را در محل اتصال به عهده دارد. سرکابل برای کاهش میدان الکتریکی های تحت ولتاژ بالا در محل اتصال و یکنواخت کردن میدان برای جلوگیری از ایجاد جریان ناشی استفاده می گردد.

انواع سرکابل

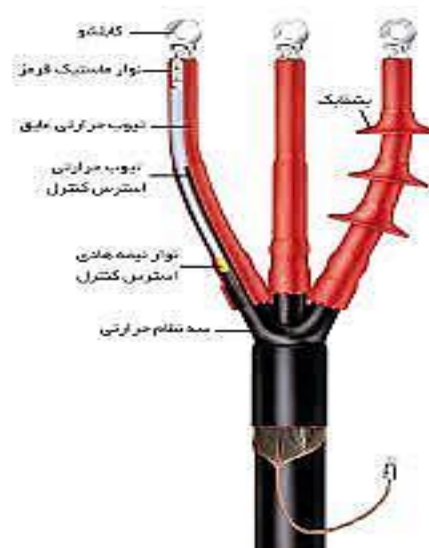
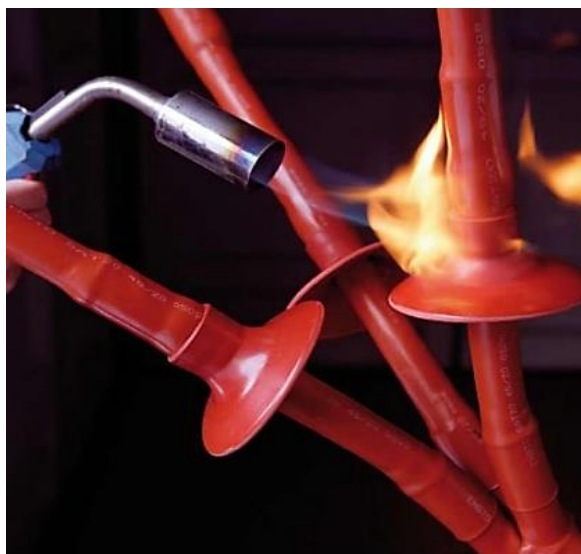
- سرکابل های حرارتی Heat shrink
- سرکابل های سرد Cold Shrink
- سرکابل های فشاری slip on
- سرکابل plug in

1 سرکابل حرارتی

سرکابل های حرارتی جهت اتصال کابل های فشار قوی و متوسط به تجهیزات برقی استفاده می شود. در این نوع سرکابل ها از روکش Heat shrink که اساسا از پلی اتیلن کراس لینک تهیه می شود، استفاده شده و تا ولتاژ ۶۳KV می توان از این سرکابل ها استفاده کرد

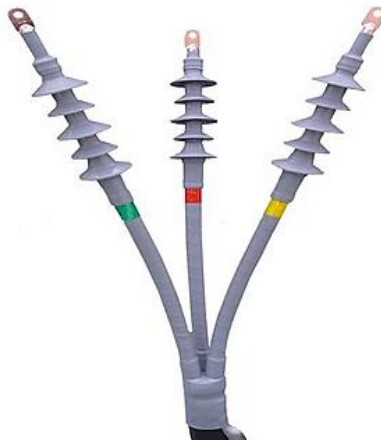
اجزای سرکابل حرارتی

- انوار ماستیک قرمز
- انوار استرس کنترل زرد رنگ
- استرس کنترل حرارتی
- روکش حرارتی
- پشقابک ها
- کابلشو
- تجهیزات لازم برای ارت



② سرکابل سرد

جنس بدنه ی این سرکابل ها از پلیمر سیلیکون تهیه شده اند و بعد از تولید و کراس لینک شدن، اکسپند شده روی یک فنر پلیمر قرار داده می شوند که در موقع نصب روی کابل فراگرفته و در اثر کشیدن فنر، روکش روی کابل جمع شده و آب بندی می گردد.



مزایای سرکابل سرد :

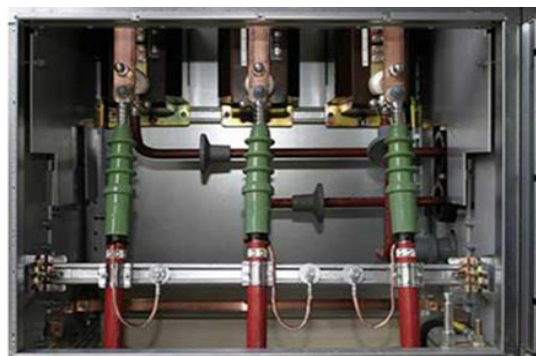
- زمان نصب کوتاه
- وزن سبک
- پوشش دادن چندین سایز سرکابل و مفصل با یک بدنه امکان پذیر است.
- مقاوم در برابر اشعه UV
- به علت نرمی و خاصیت ارتجاعی سیلیکون، این سرکابل بهتر از هر ماده عایق دیگری به سطوح ناصاف کابل می چسبد و فرورفتگی و برجستگی ها را پر می کند و به این ترتیب از ایجاد گپ و در نتیجه تخلیه جرئی جلوگیری می کند.
- به دلیل خاصیت هیدروفوبیک سیلیکون، آب روی سرکابل مسیر پیوسته تشکیل نمی دهد، هم چنین به دلیل صاف بودن سطح آن آلودگی های محیطی در اثر وزش باد و یا بارش باران از روی آن تمیز می شوند .
- به دلیل خاصیت عایقی بالای سیلیکون طول سرکابل سرد کم می شود و این امتیازی است که باعث می شود در مکان هایی که کمبود فضا برای نصب سرکابل وجود دارد از آن استفاده شود.

مزایای سرکابل حرارتی:

- نصب آسان
- تاریخ مصرف ندارد
- از یک نوع سرکابل برای چند سایز نزدیک به هم می توان استفاده کرد.
- از پلیمر مقاوم به اشعه UV و آنتی تراک تهیه شده است که در اثر تماس مستقیم با اشعه خورشید آسیب ندیده و مقاومت عایقی بسیار خوبی دارد .

③ سرکابل های فشاری

در ولتاژهای بسیار بالا هیچگونه عایق قدرت کافی برای کنترل میدانهای الکتریکی را ندارد. در تکنولوژی Slip on تمام قست ها از لاستیک سیلیکون با گرید بالا ساخته شده اند و هسته های کنترل کننده میدان های الکتریکی که مخروطی شکل هستند، در داخل آن روکش ها جاسازی شده اند و هسته ها از لحاظ شکل فضایی وضخامت به دقت محاسبه شده اند تا اطمینان حاصل گردد که هرگونه میدان الکتریکی در ولتاژهای بالا می تواند مهار شود. استفاده از سیلیکون نه تنها به دلیل قدرت عایق کافی بلکه به دلیل محافظت مکانیکی و حرارتی بسیار خوب است. د اثر تغییرات حرارتی و انبساط و انقباض کابل چسبندگی سیلیکون تغییر نمی کند و در همه ی جهات یکنواخت است. خاصیت نرمی سیلیکون باعث می شود که این ماده بهتر از هر ماده سخت دیگری به سطوح ناصاف کابل بچسبد و در نتیجه از ایجاد حباب هوا و به وجود آمدن تخلیه الکتریکی جلوگیری شود. این کابل ها احتیاج به نگهداری خاص ندارد و بسیار مقاوم است .



④ سرکابل های پلاگین

این سرکابل جهت اتصال کابل های پلیمری به تجهیزات مانند ترانسفورماتور ها و کلیدهای گازی GIS استفاده می شود. این سرکابل می تواند جهت قطع و وصل کابل با عایق پلیمری استفاده شود. سیستم خشک و قابل نصب در تمام زوایا را دارد و طراحی آن فشرده و قابل لمس است. از مهم ترین ویژگی های این سرکابل این است که محل مخصوص جهت اندازه گیری ولتاژ خازنی در صورت نیاز دارد . سر کابل های پلاگ این جهت اتصال به تابلوها و پست های کمپکت استفاده می گردد. کلیه اجزا این سرکابل ها به صورت یکپارچه در یک قطعه قرار دارند و این امر موجب سهولت در نصب آنها می گردد و همچنین ساختار آنها به گونه ای است که گستره وسیعی از سایزهای کابل را پوشش می دهند.



تعیین سطح مقطع کابل

در تعیین سطح مقطع کابل عواملی چون جریان مجاز، ولتاژ نامی، افت ولتاژ مجاز، شرایط محیطی و ... تأثیر گذار است.

جریان مجاز: جریان مجاز جریانی است که حرارت تولید شده ناشی از آن در کابل هیچگونه آسیبی به هادی و عایق کابل وارد نکند. لازم به ذکر است که درجه حرارت مجاز کابل‌های PVC نباید از ۷۰ درجه سانتی گراد فراتر رود.

افت ولتاژ مجاز: در دستگاه‌های الکتریکی کاهش ولتاژ از مقادیر نامی مشکلات و اختلالاتی در کار دستگاه‌ها به وجود می‌آورد. مقررات حداکثر افت ولتاژ را در مدارات روشنایی ۴٪ و در مدارات تغذیه موتورهای را ۶٪ تعیین کرده است.

۱- محاسبه سطح مقطع با استفاده از جدول

جدول زیر جریان مجاز کابل‌های فشار ضعیف تا ولتاژ نامی ۱kV را در شرایط نصب مختلف نشان می‌دهد

جدول مجاز کابل‌های برق با ولتاژ ۱ kV بر حسب آمپر										
طرز قرار گرفتن کابل‌ها										
سطح مقطع mm ²	کابل‌های ۱ سیمه DC		کابل‌های ۲ سیمه		کابل‌های ۳ و ۴ سیمه		سه کابل یک سیمه سه فاز			
	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک ○○○	در هوا ○○○	در خاک ○○○	در هوا ○○○
۱.۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	-	-	-	-
۲.۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	-	-	-	-
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	-	-	-	-
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۹	۴۴	-	-	-	-
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۵۰	-	-	-	-
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	-	-	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۰۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	-	-	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۵	۲۶۰	۲۴۰	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	-	-	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	-	-	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	-	-	۳۵۵	۳۲۰	۴۲۰	۴۳۰	۳۸۰	۳۸۰
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	-	-	۴۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۴۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	-	-	۴۶۵	۴۳۵	۵۴۰	۵۹۰	۴۹۰	۵۳۰
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۶۲۰	۶۸۰	۵۵۰	۶۱۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۶۵۰	۷۴۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	-	-	-	-	۸۲۰	۹۶۰	۷۴۰	۸۶۰

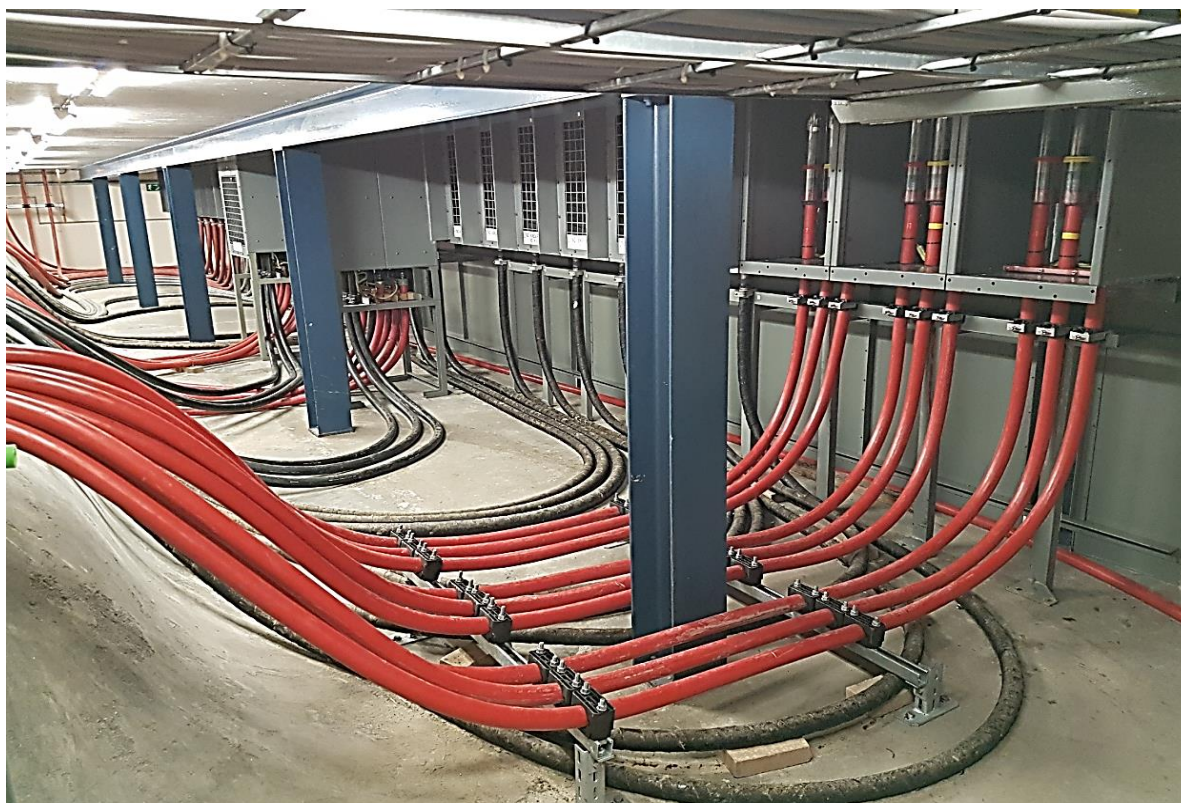
جدول فاکتور تصحیح تغییر درجه حرارت محیط در شرایط نصب مختلف

درجه حرارت محیط	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
فاکتور تصحیح کابل در هوای آزاد	-	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۴	-	-	-
فاکتور تصحیح سیم عایق دار	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۶۷
فاکتور تصحیح کابل در خاک	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱

EX- اگر جریان یک مصرف کننده سه فاز ۱۸۵ آمپر باشد، سطح مقطع مناسب کابل برای نصب در خاک در درجه حرارت ۳۰ درجه چقدر است؟
با توجه به جدول برای جریان ۱۸۵A کابل مناسب چهار سیمه که در خاک نصب شود، برابر ۵۰ میلیمترمربع می باشد.

EX- اگر در یک سیستم هوایی از کابل NYY چهار سیمه با سطح مقطع 250mm^2 به صورت هوایی استفاده نماییم، میزان جریان دهی این کابل در ۳۵ درجه سانتی گراد را از جدول بدست آورید.
با توجه به جدول جریان نامی کابل چهار سیمه در هوای آزاد با سطح مقطع 250mm^2 و در دمای ۳۰ درجه ۱۰۵ آمپر است .
حال اگر بخواهیم جریان کابل را در ۳۵ درجه سانتی گراد بدست آوریم باید از ضریب تصحیح حرارت استفاده کنیم (ضریب تصحیح جریان کابل در هوای آزاد در دمای ۳۵ درجه برابر با ۰/۸۴ است)

$$105 \times 0.84 = 88.2 \text{ A}$$



۲- محاسبه‌ی سطح مقطع با استفاده از فرمول

$$A = \frac{200 \rho l i \cos \varphi}{\alpha V}$$

در این رابطه:

A : سطح مقطع کابل بر حسب میلی متر مربع .

ρ : مقاومت ویژه مس در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد که برابر با $10^{-8} \times 2 \Omega m$ است .

l : طول کابل بر حسب متر .

i : جریان مجاز کابل بر حسب آمپر

$\cos \varphi$: ضریب قدرت یا پاور فاکتور مصرف کننده‌ای است که توسط کابل تغذیه می‌شود .

α : درصد افت ولتاژ مجاز کابل ها .

V : ولتاژ فازی مدار .

ضریب : از ضریب ۲۰۰ برای مصرف کنندگان تکفاز و از ضریب ۱۰۰ برای مصرف کنندگان سه فاز استفاده می‌شود .

EX – سطح مقطع کابل ورودی برای یک مصرف کننده سه فاز ۴۰ کیلووات و ضریب قدرت تقریبی ۰/۸ که در فاصله ۷۰ متری از شبکه فشار ضعیف قرار گرفته است چقدر انتخاب شود تا افت ولتاژ از ۲ درصد بیشتر نشود.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{40 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 76 A$$

$$A = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 70 \times 76 \times 0.8}{2 \times 220} = 1934 \times 10^{-8} m^2 = 20 mm^2$$

می‌توان از کابل $3 \times 25 + 16 mm^2$ استفاده کرد.

EX – آیا می‌توان در محیطی با حرارت ۳۰ درجه‌ی سانتی گراد، برای تغذیه یک موتور سه فاز با جریان ۲۰ A و $\cos \varphi = 0.75$ که در فاصله ۵۰ m از تابلوی اصلی قرار دارد از یک کابل NYY با سطح مقطع $2/5 mm^2$ استفاده کرد ؟

جریان مجاز کابل $2/5 mm^2$ در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد ۲۵ A است و از نظر جریان برای این موتور مناسب است . حال افت ولتاژ را بررسی می‌کنیم .

$$A = \frac{200 \rho l i \cos \varphi}{\alpha V}, \quad \alpha = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 50 \times 20 \times 0.75}{2/5 \times 10^{-6} \times 220} = \% 3/6$$

از آنجایی که افت ولتاژ از ۲٪ بیشتر است باید سطح مقطع را یک اندازه بزرگتر انتخاب کرد یعنی باید سطح مقطع کابل $4 mm^2$ باشد . و در این حالت افت ولتاژ را محاسبه می‌کنیم .

$$\alpha = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 50 \times 20 \times 0.75}{4 \times 10^{-6} \times 220} = \% 1/75$$



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

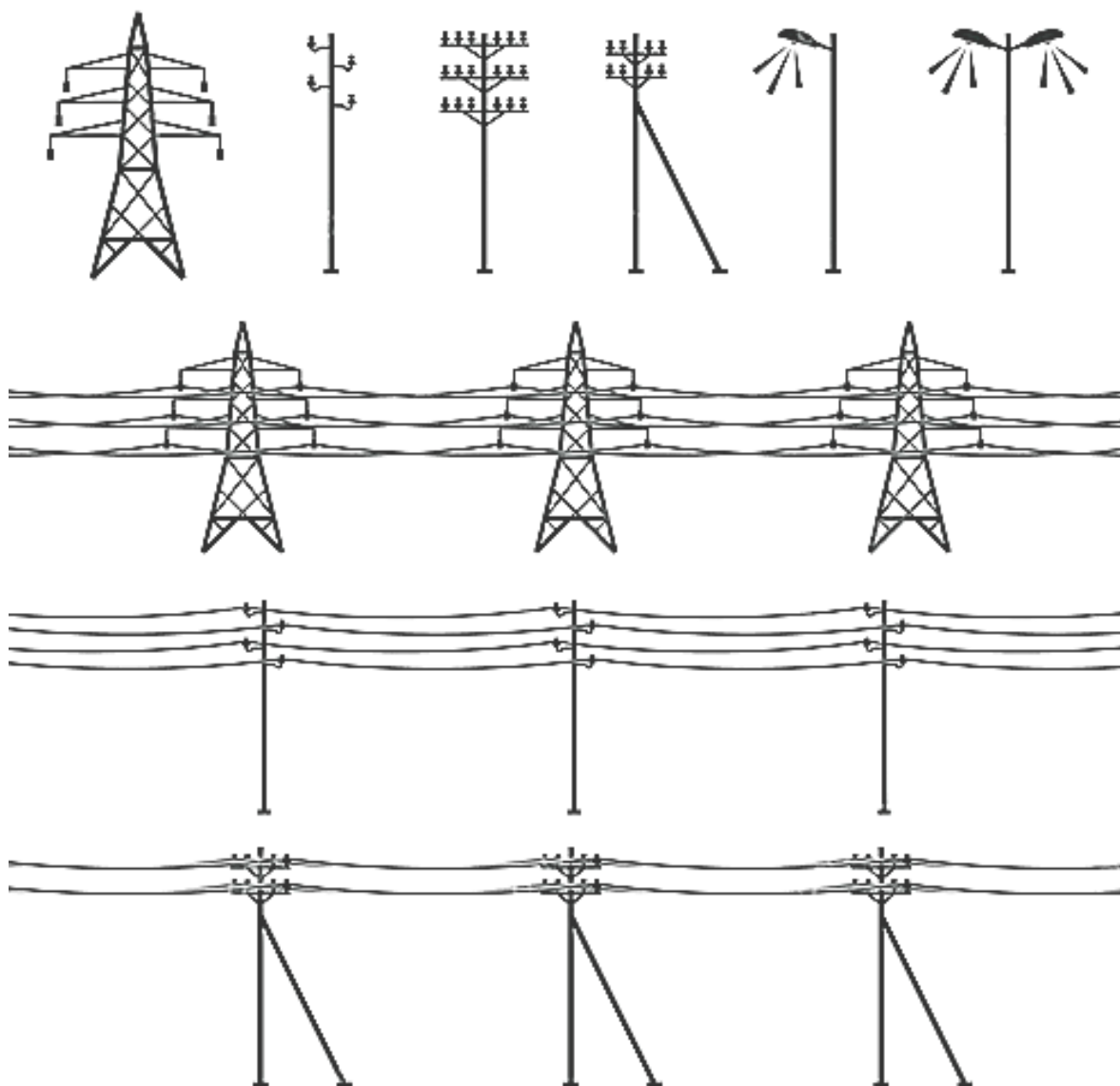
فصل سوم

پایه های مورد استفاده در شبکه های توزیع



پایه های مورد استفاده در شبکه های توزیع

خطوط توزیع هوایی، به طور کلی در همه جا روی پایه ها نصب می شوند این پایه ها بیشتر از نوع بتنی چوبی و یا فلزی بوده و مورد استفاده قرار می گیرد. پایه ها باید دو نیرو و نیروی عمودی ناشی از وزن سیم و لایه یخ دور سیم و ... (افقی) ناشی از شمش سیم، فشار و باد و ... را بتواند تحمل کنند



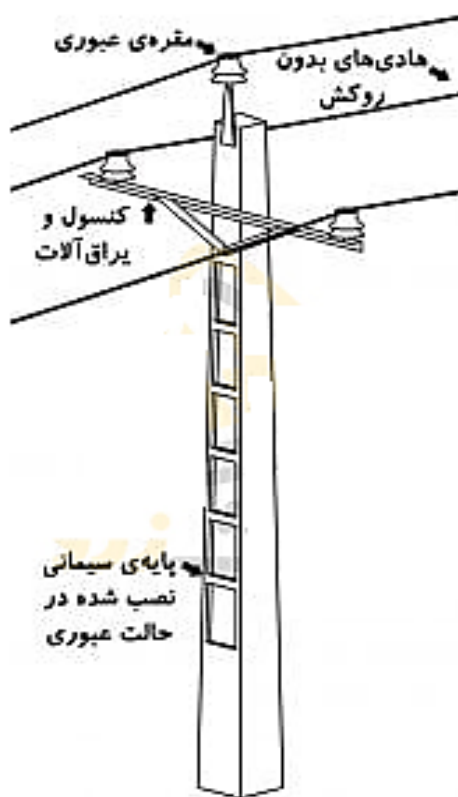
انواع پایه از لحاظ محل نصب

- پایه های تو خطی (عبوری) که همان پایه های میانی در یک خط مستقیم هستند.
- پایه های کششی که بیشتر در نقاط زاویه و انحراف خط نصب می شوند.
- پایه های انتهایی خط (کششی یک طرفه).

انواع پایه ها از لحاظ جنس

1 پایه چوبی: این نوع پایه برای شبکه های فشار ضعیف و فشار متوسط تا اسپان (۱۰۰) متر مناسب می باشد و معمولاً در کشورهایی که چوب فراوان باشد، مقرون به صرف خواهد بود. سهولت در حمل و نقل و نصب به علت سبکی وزنشان مخصوصاً در مسیرهای ناهموار کوهستانی، یکی دیگر از مزیت های پایه های چوبی نسبت به سایر پایه ها می باشد. از معایب پایه های چوبی پوسیدگی آنها مخصوصاً در نقاط مرطوب را می توان نام برد. برای جلوگیری از پوسیدگی و نفوذ رطوبت معمولاً پایه ها را با روغنهای مخصوص آغشته و اشباع می کنند، پایه های چوبی را اگر از درخت کاج که دارای استحکام زیادی می باشد، انتخاب می نمایند و نمی توان نیروهای کششی زیادی را به آنها اعمال نمود. بطور متوسط نیروی کششی که هر پایه ی چوبی می توان تحمل کند (۳۰۰) کیلوگرم در نظر گرفته می شود.

2 پایه بتونی: این پایه ها به خاطر آرماتورهایی که در داخلشان است، برخلاف پایه های چوبی می توانند دارای استحکام زیاد می باشند. پایه های بتونی برای تحمل کشش های مختلف ساخته می شوند. امروزه پایه های بتونی برای کشش های (۱۲۰۰-۱۰۰۰-۸۰۰-۶۰۰-۴۰۰-۲۰۰) کیلوگرم و برای ارتفاع های (۱۴-۱۲-۱۰-۹-۸-۷) متر را می توان در بازارهای ایران تهیه نمود. بنابراین وقتی گفته می شود پایه (۱۲-۱۰۰۰) یعنی پایه ای که ارتفاعش (۱۲) متر است و می تواند نیروی کششی تا (۱۰۰۰) کیلوگرم ناشی از سیم ها را تحمل نماید. پایه های بتونی برای نقاط مرطوب به مراتب مناسب تر از پایه های چوبی می باشند. عمر این پایه ها نسبتاً زیاد می باشد اگرچه هزینه نگهداری ندارند، ولی به علت سنگینی هزینه ی حمل و نقل و نصب آنها زیاد می گردد و عموماً برای نصب احتیاج به جرثقیل خواهد داشت.



طول (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰

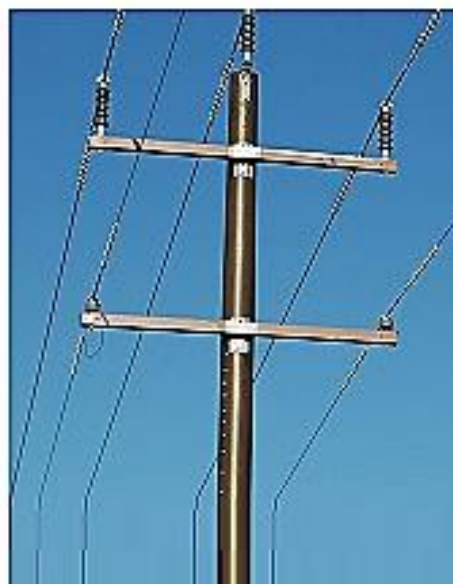
3 پایه‌های فلزی: پایه فلزی نسبت به پایه چوبی این مزیت را دارد که اولاً در معرض حمله ی حشراتی مثل موریانه و نیز تحت تأثیر عوامل جوی مثل رطوبت قرار نمی گیرد. ثانیاً استحکام بیشتری می تواند داشته باشد. پایه فولادی نسبت به پایه بتونی این مزیت را دارد که ارتفاعش را به هر میزانی که مورد نیاز باشد ، می توان سفارش داد. مثلاً هنگام عبور خطوط هوایی الکتریکی از حریم راه آهن ، چون فاصله ی آزاد سیم ها مطابق استاندارد باید بزرگترین را دارا باشند ، لذا در طرفین خطوط راه آهن پایه های فولادی نصب می شوند. همچنین قابلیت انعطاف پذیری پایه ی فولادی بیشتر از پایه ی چوبی و پایه ی بتونی می باشد ، البته بهتر است که جهت بالا بردن عمر پایه های فولادی فلز مصرف شده به صورت گالوانیزه باشد

انواع پایه های فلزی

1 پایه های پرتیک A شکل با تیر آهن کشیده

2 پایه های مشبک (دکل) یا اسکلتی

3 پایه های تلسکوپی (لوله ای)



مقایسه انواع پایه ها

ردیف	نوع پایه	کاربرد	مزایا	معایب
۱	چوبی	- معابر غیر قابل تردد توسط جرثقیل و ادوات خودروپی سنگین جهت حمل و نقل - مناطقی که دارای جنگل های انبوه باشد و تولید تیر های چوبی مقرون به صرفه تر از سایر پایه ها باشد	- وزن کم و حمل و نقل آسان - هزینه کمتر در مناطق جنگلی - عایق الکتریکی ذاتی	- پوسیدگی - آسیب های وارده توسط حیوانات وحشی و جوندگان - خوردگی در اثر مجاورت با بتن - قیمت تمام شده بالا به علت وارداتی بودن و نداشتن صرف اقتصادی
۲	بتونی	- مناطق شهری و بین شهری - شبکه هایی که فشار زیادی را از نظر مکانیکی به تیر وارد می نماید (اسپن های بلند ناشی از عبور از دره ها و ...)	- استحکام مکانیکی بالا - توجیه اقتصادی خوب - تولید آسان و سریع - در دسترس بودن مصالح تولید	- وزن بالا و به طبع آن هزینه بالای حمل و نقل - شکنندگی بیشتر بتن در برابر ضربات در مقایسه با تیر های چوبی و فلزی - فرایند مستحکم سازی پس از تولید نسبتا طولانی مدت
۳	فلزی	- معابر غیر قابل تردد توسط جرثقیل و ادوات خودروپی سنگین جهت حمل و نقل (مونتاژ پایه در محل احداث) - شبکه هایی که فشار زیادی را از نظر مکانیکی به پایه وارد می نماید - شبکه های روشنایی	- استحکام مکانیکی بالا - وزن کم - تولید داخلی - در دسترس بودن و سهولت در حمل و نقل	- عایق نبودن - قیمت بالا - آسیب پذیری در مقابل شرایط جوی

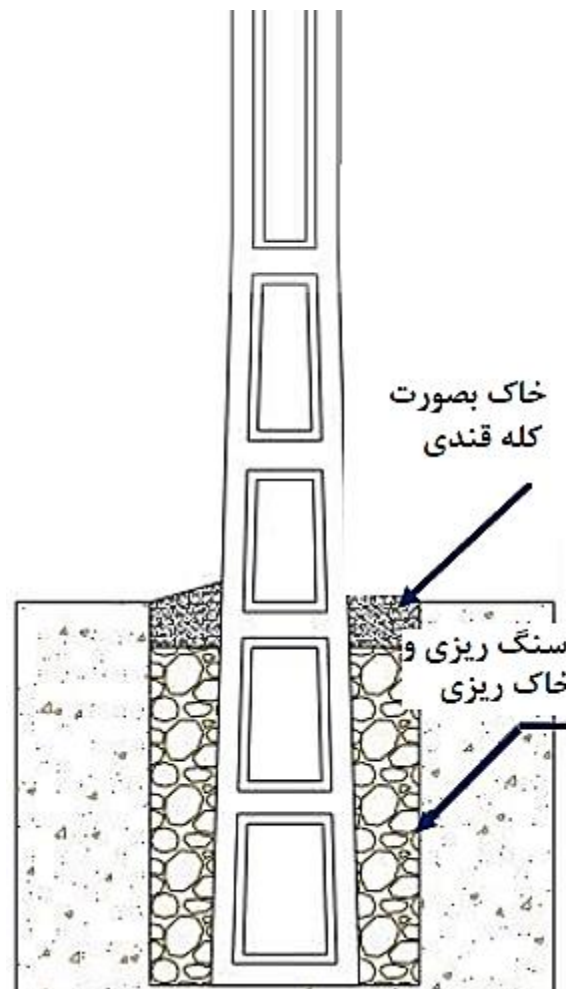
کاربرد انواع پایه ها بر اساس طول

ردیف	طول پایه	کاربرد
۱	>۱۵	برای شبکه های فشار متوسط با اسپن بلند و کیلپرینس کم
۲	۱۴	برای شبکه های فشار متوسط و همچنین نصب ترانسفورماتورها
۳	۱۲	برای شبکه های فشار متوسط که همزمان شبکه فشار ضعیف را نیز پشتیبانی می کند
۴	۱۰	برای شبکه های فشار ضعیف
۵	۹	برای شبکه های فشار ضعیف

فونداسیون تیرهای بتونی

معمول‌ترین فونداسیون برای تیرهای چوبی و بتنی مسلح، دفن مستقیم آن‌ها در خاک است. تجربه خطوط اجرا شده نشان‌دهنده عملکرد خوب این نوع فونداسیون با هزینه کم آن است. آن مقدار از طول تیر که در خاک قرار می‌گیرد، برحسب مقاومت جانبی خاک (جنس زمین) به دست می‌آید و تابعی است از خاک محل و مصالحی که گودال فونداسیون را پر می‌کند. نکته قابل توجه در مورد کیفیت مصالح پرکننده «درجه تراکم» آن است که به بقین در استقامت فونداسیون تأثیر خواهد گذاشت. بنابراین مهم‌ترین قسمت دفن مستقیم پایه‌های بتنی، مربوط به نحوه سنگ چینی و کوبیدن آن‌ها توسط دیلم و یا اهرم مخصوص است.

برای پر کردن گودال اطراف تیر، می‌توان از خاک محل، خاک، درشت دانه، سنگ‌های شکسته شده، قلوه سنگ و حتی بتن استفاده کرد. بتن نسبت به خاک‌های درشت دانه‌ای که خوب کوبیده شده، دارای مزیت خاصی نیست، تنها امتیاز پر کردن با بتن این است که به علت یکپارچه‌سازی فونداسیون، نیازی به کوبیدن نیست، اما این نکته را نیز باید در نظر داشت که علاوه بر گران‌تر بودن بتن، عدم دقت در پر شدن کامل ته فونداسیون و نگهدارنده‌های شیمیایی تا زمان گیرش نهایی بتن، هزینه‌های زیادی باید صرف شود.

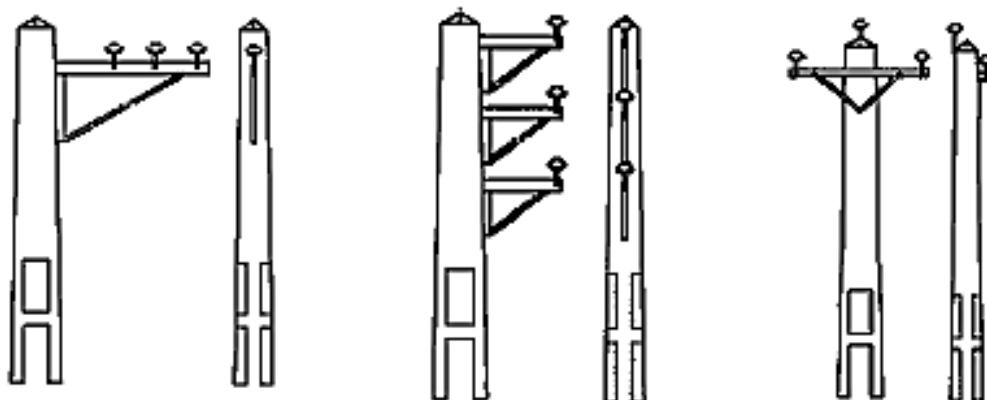


ابعاد گودال تیرهای بتونی

قطر چاله‌ای که کنده می‌شود متناسب با اندازه قطر پایه مورد نظر که باید در چاله قرار گیرد، است. یعنی قطر چاله باید به اندازه‌ای باشد که فضای کافی در هر طرف پایه، برای پرکردن اطراف و محکم نمودن آن و همچنین برای مانور تیر و قرار دادن آن در طول خط وجود داشته باشد. در مورد چاله پایه‌های چوبی نیز باید فضای کافی برای استفاده از اهرم به منظور نصب تیر وجود داشته باشد. به طور معمول ابعاد جانبی گودال را باید به اندازه تیر به علاوه ۲۰ سانتی متر از هر طرف در نظر گرفت. به عنوان یک قانون تجربی، می‌توان عمق فونداسیون را برابر ۱۰ درصد طول تیر به علاوه ۶۰ سانتی متر (در زمین معمولی) در نظر گرفت.



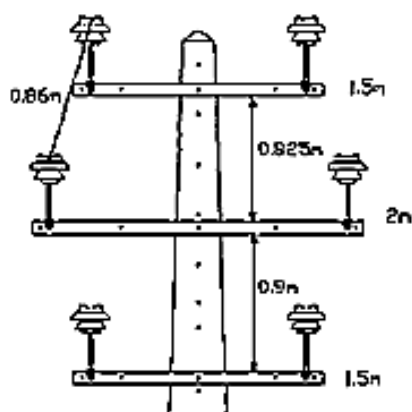
انواع آرایش شبکه ها



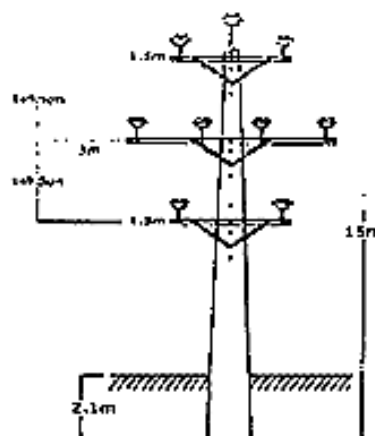
آرایش افقی هادی های تیر برق

آرایش عمودی هادی های تیر برق

آرایش مثلثی هادی های تیر برق



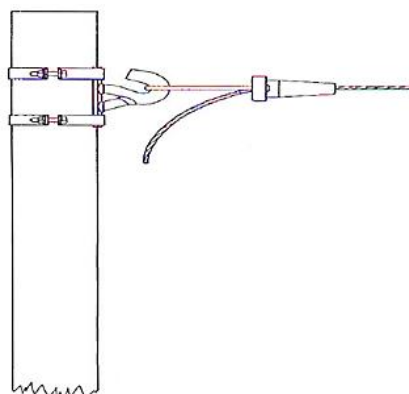
آرایش دو مداره



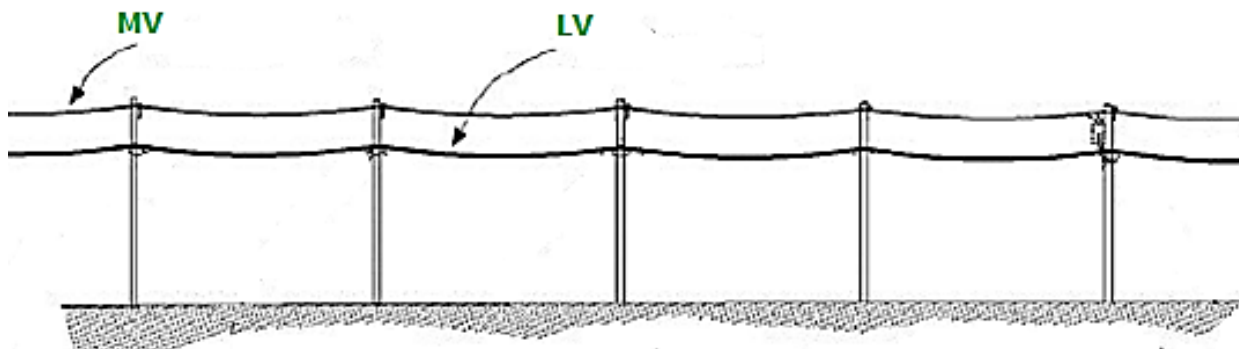
آرایش سه مداره

تیر انتهایی

برای تیرهایی که شبکه بر روی آنها تنتهایی شده یا با زاویه بیش از ۳۰ درجه از روی آن ها عبور می کند از قلاب و کلمپ انتهایی استفاده می گردد.



شبکه فشار ضعیف و متوسط روی یک پایه



سیریابی و نقشه برداری خطوط هوایی توزیع

پیکتاژ یا تعیین مرکز پایه ها توسط میخ کوبی به نام پیکه برای حفر چاله و نصب پایه ها، همزمان با شروع اجرای خط هوایی (با استفاده از دوربین نقشه برداری توسط شخصی به نام پیکتاژچی) متداول بود. امروزه، پیاده کردن مسیر عبور خطوط هوایی توزیع و همچنین تعیین محل و نوع پایه ها برای تیرهای بتونی، چوبی و یا فلزی از روی نقشه طرح به عنوان یک فعالیت مهم قبل از اجرای خطوط توسط شرکت های توزیع مد نظر قرار می گیرد. با مهندسی شدن روش های اجرایی در شرکت های توزیع، ضرورت تهیه طرح، انجام سیریابی و نقشه برداری برای پروژه های توسعه و احداث خطوط هوایی توزیع براساس استانداردهای مورد قبول وزارت نیرو، مورد توجه قرار گرفته است، به شکلی که انتخاب مسیر بهینه و ارایه نقشه «پلان و پیکتاژ» از مسیر خط هوایی و یا در صورت اهمیت تهیه «پلان و پروفیل» از طرح خط پیشنهادی، مورد توجه کلیه دفاتر طراحی قرار گرفته است. در این راستا، سیریابی، از جمله اقدامات اولیه عملیات طراحی یک خط هوایی توزیع به شمار می رود و به علت نقش مهمی که در چگونگی قرارگیری خط هوایی در ارتباط با سایر تأسیسات و محیط و عوارض مجاور خود از یک طرف و تأثیر قابل توجهی که در هزینه اجرای آزادسازی و تحصیل مسیر و بهره برداری خط از طرف دیگر دارد، مورد بررسی دقیق قرار خواهد گرفت.

برداشت مسیر تعیین شده توسط عملیات نقشه برداری و سپس تعیین محل، آرایش پایه ها واسپاتینگ خط براساس نتیجه های طراحی مکانیکی، جزء فعالیت های تکمیلی هرپروژه طرح خطوط هوایی ۲۰ کیلوولت بوده و یکی دیگر از ملزومات طراحی و اجرای صحیح پروژه هاست : نقشه بردار، مجموعه اطلاعات لازم برای طراحی و ارایه نقشه اجرایی خطوط هوایی توزیع را در اختیار مسئول و طراح پروژه قرار می دهد .



محاسبات الکتریکی خطوط هوایی

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین دو نقطه از طریق احداث خطوط هوایی، ابتدا مسیر مناسب (براساس اصول مسیر یابی) توسط نقشه بردار (در شبکه های توزیع پیکتاژچی) انتخاب می گردد، سپس نسبت به تهیه پلان و پیکتاژ و در موارد تکمیلی تر تهیه پلان و پروفیل مسیر (با رعایت موازین مشخص) اقدام می شود. فعالیت اصلی طراحی خطوط در شبکه توزیع از مبحث محاسبات الکتریکی آغاز می گردد که این مرحله، خود شامل تعیین پارامترهای الکتریکی خط مورد نظر، انتخاب مقاطع مناسب برای هادی از جمله تعداد مدارها، آرایش آن ها و کنترل افت ولتاژ و تلفات توان، جریان اتصال کوتاه و... خواهد بود. در نهایت، هر خط پایدار دارای محاسبات مکانیکی و چگونگی رعایت فاصله های مجاز و حریم ها خواهد بود.

در هنگام طراحی خط باید افت ولتاژ و تلفات قدرت را به طور دقیق مورد بررسی قرار داد. پس از تعیین و پیش بینی میزان بار کشیده شده از خط و رشد آن در سال های آینده سرویس دهی خط و انجام محاسبات مربوط به پخش بار ممکن می گردد. به طور کلی، با توجه به این محاسبات، مقطع هادی باید چنان باشد که تلفات قدرت در هر حالت، از میزان حداکثر ۵ درصد توان انتقالی آن خط تجاوز نکند. همچنین بررسی اختلالات شدید و ناگهانی در زمان ایجاد انواع اتصال کوتاه ها و یا پاره شدن خطوط که با عنوان خطا در سیستم های قدرت می باشد، باید مورد مطالعه قرار گیرند. در صورتی که برای شدید ترین نوع خطا (اتصال کوتاه سه فاز متقارن) طراحی صورت گیرد، خط برای حالت های دیگر اتصالی نیز، قابلیت تحمل و پاسخگویی را خواهد داشت.



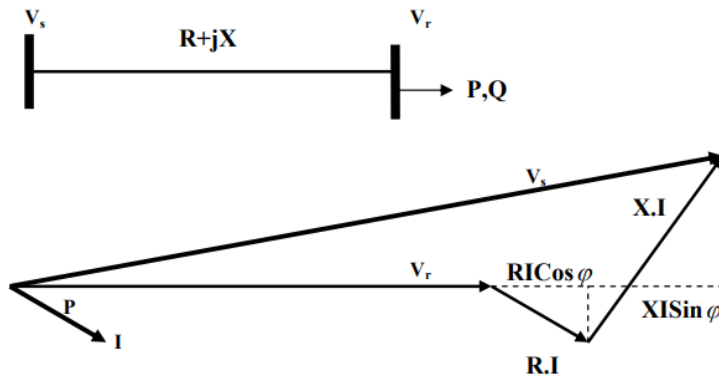
میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری

یکی از مهمترین ملاحظات در طراحی سیستم توزیع تامین برق با کیفیت مطلوب به مشترک میباشد و از جمله پارامترهای تعیین کیفیت، میزان ولتاژ تحویلی به مشترک میباشد که باید در محدوده تعریف شده و مجاز قرار گیرد که براین اساس حداکثر میزان افت ولتاژ مجاز برای اجزای مختلف شبکه توزیع نیروی برق در مناطق شهری به شرح جدول شماره زیر تعیین گردیده است

ولتاژ نامی و وضعیت شبکه	حداکثر افت ولتاژ(%)
خطوط توزیع ۲۰ کیلوولت	۲٪
پست توزیع ۲۰/۰.۴ کیلوولت	۴٪
خطوط توزیع فشار ضعیف	۳٪
خطوط سرویس مشترکین	۱٪

محاسبه افت ولتاژ در شبکه توزیع

در ساده‌ترین حالت ممکن یک مصرف کننده با توان اکتیو و راکتیو مصرفی معادل P و Q با ولتاژ V_r توسط یک خط با مقاومت R و راکتانس X از شین اصلی که ولتاژ آن V_s می‌باشد تغذیه می‌شود. جریان بار I و اختلاف فاز آن با ولتاژ ϕ در نظر گرفته می‌شود. این شبکه ساده و دیالگرام برداری ولتاژها و جریانه‌های آن در شکل زیر نشان داده شده است.



بردار افت ولتاژ برای شبکه ساده فوق عبارت است از :

$$V_d = I(R + jX) = IZ$$

آنچه در شبکه‌های توزیع اهمیت بیشتری دارد، عبارت است از تفاضل اندازه ولتاژ در شین تغذیه و شین بار و منظور از افت ولتاژ بجای کمیت برداری فوق، مقدار این تفاضل جبری است. در حالت کار در شبکه‌های توزیع، تفاوت زاویه ولتاژ در شین‌های تغذیه و بار معمولاً از چند درجه تجاوز نمی‌کند و بدون فدا کردن دقت قابل توجه در محاسبات می‌توان بردارهای ولتاژ را هم فاز در نظر گرفت، در زوایای ϕ و ϕ' نیز تقریباً مساوی هم خواهند بود. با فرضیات فوق بجای روابط برداری از معادلات جبری زیر برای محاسبه افت ولتاژ می‌توان استفاده کرد :

$$V_s = V_r + IR \cos \phi + IX \sin \phi$$

افت ولتاژ خط توزیع ساده برای ولتاژ فاز به زمین برابر خواهد بود با:

$$\Delta V_s = V_s - V_r = IR \cos \phi + IX \sin \phi$$

اگر بخواهیم از معادله فوق برای محاسبه افت ولتاژ یک شبکه تکفاز استفاده کنیم باید مقاومت و راکتانس مسیر برگشت را نیز در R و X منظور نمائیم.

در یک شبکه سه فاز افت ولتاژ خط به خط برابر خواهد بود با:

$$\Delta U = \sqrt{3} \Delta V$$

محاسبات اتصال کوتاه شبکه فشار متوسط توزیع

در طراحی شبکه های توزیع یکی از موارد مهم انتخاب کابل مناسب ، تحمل حداکثر جریان اتصال کوتاه در مواقع بروز خطا میباشد. حداکثر جریان اتصال کوتاه شبکه بهنگام بروز اتصال کوتاه سه فاز روی میدهد.

ماکزیم قدرت اتصال کوتاه در باسبار ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع ۵۰۰ مگاوات آمپر در نظر گرفته میشود . در این صورت ماکزیمم جریان اتصال کوتاه در ابتدای فیدر های ۲۰ کیلوولت برابر است با :

$$I_k = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{500000}{1/73 \times 20} \approx 14450 A$$

حداکثر جریان اتصال کوتاه کابل های XLPE از رابطه زیر محاسبه میشود.

$$I_{sc} = \frac{K.A}{\sqrt{t}}$$

A: سطح مقطع کابل (mm²)

(K_{AL}=۹۲ , K_{CU}=۱۴۴)

t: زمان قطع خطا

با توجه به رابطه فوق حداکثر جریان اتصال کوتاه قابل تحمل در یک ثانیه برای کابل های رایج در شبکه مطابق جدول ذیل است.

جریان اتصال کوتاه قابل تحمل (A)		جنس هادی	سطح مقطع هادی کابل (mm ²)
۰/۵ ثانیه	۱ ثانیه		
۱۴۴۰۰	۷۲۰۰	مس	۵۰
۲۷۳۶۰	۱۳۶۸۰	مس	۹۵
۶۴۴۰	۳۲۲۰	آلومینیوم	۳۵*
۹۲۰۰	۴۶۰۰	آلومینیوم	۵۰*
۱۲۸۸۰	۶۴۴۰	آلومینیوم	۷۰*
۲۲۰۸۰	۱۱۰۴۰	آلومینیوم	۱۲۰*
۳۴۰۴۰	۱۷۰۲۰	آلومینیوم	۱۸۵

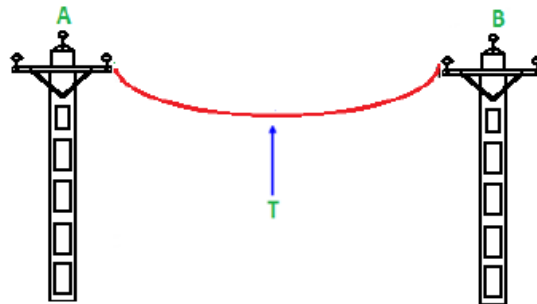
محاسبات مکانیکی خطوط هوایی توزیع

طراحی مکانیکی خطوط هوایی توزیع از اساسی ترین مباحث در فرآیند تهیه طرح و نقشه های اجرایی می باشد. قوانین و دستورالعمل هایی حاکم بر منحنی سیم و پارامترهای طراحی (ازجمله کشش و فلش هادی و حل معادلات تغییر وضعیت سیم) است. این روابط براساس وزن سیم، شرایط مختلف آب و هوایی، بازه های مجاز فلش و کشش سیم و فاصله بین پایه ها در خطوط توزیع، قابل تغییر خواهند بود، که با استفاده از نمایش نتایج در جدول های کاربردی و منحنی های سیم کشی، مقایسه و انتخاب می شوند. برای انجام مراحل طراحی مکانیکی، از نتایج محاسبات کامپیوتری و نمایش نتایج در جدول ها، یک الگوریتم و روش مدون شده به شرح زیر استفاده می شود:

- 1 محاسبات مکانیکی نیروهای وارد بر سیم، در انواع رژیم های آب و هوایی ← جدول کشش و فلش
- 2 محاسبات مکانیکی نیروهای وارد بر تیر و انتخاب قدرت پایه های میانی و کششی ← جدول انتخاب پایه ها
- 3 محاسبات و کنترل مجدد طرح پایه گذاری شده و ارایه منحنی فلش برای سیم کشی ← جدول سیم کشی و منحنی های فلش (تمپلت)

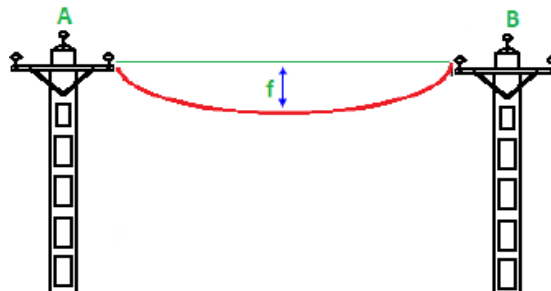
کشش Tention

در هر نقطه از سیم نیرویی که در امتداد محور سیم بر آن نقطه وارد می شود کشش در آن نقطه نامیده می شود. به عبارت دیگر اگر سیم در نقطه ای یاره شود نیرویی که لازم است به آن نقطه اعمال شود تا سیم در حالت قبلی بایستد کشش در آن نقطه نامیده می شود. و با T نشان داده و بر حسب Kg می شود.



فلش Sag

بیشترین فاصله قائم بین سیم و خط راست واصل نقاط اتصال سیم به برج (دو برج متوالی) را فلش یا شکم سیم می گویند. این بیشترین فاصله همواره (در برج های هم ارتفاع و یا غیر هم ارتفاع) در نقطه وسط دو برج حاصل می شود.

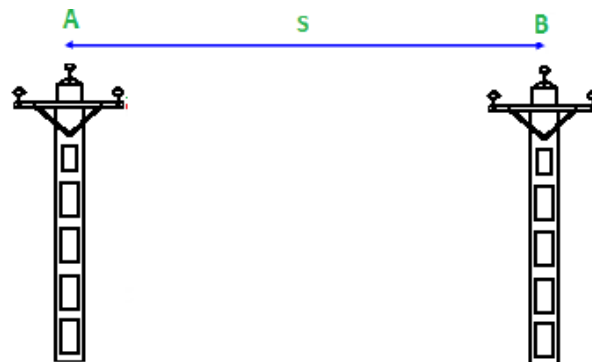


جدول تعیین فلش سیم کشی سیم مینک در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن m
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	دما c
۱۵	۱۰	۷	۶	۵	۴	۳۰
۲۰	۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۳۵
۲۵	۱۸	۱۳	۱۰	۸	۷	۴۰
۳۰	۲۲	۱۶	۱۳	۱۱	۹	۴۵
۳۶	۲۶	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۵۰
۴۲	۳۲	۲۴	۱۹	۱۶	۱۳	۵۵
۵۱	۴۰	۳۱	۲۴	۲۰	۱۷	۶۰
۶۲	۴۹	۳۸	۳۰	۲۵	۲۱	۶۵
۷۴	۶۰	۴۷	۳۷	۳۰	۲۵	۷۰
۸۸	۷۲	۵۸	۴۶	۳۷	۳۱	۷۵
۱۰۲	۸۶	۷۰	۵۶	۴۶	۳۷	۸۰
۱۱۸	۱۰۱	۸۴	۶۸	۵۵	۴۵	۸۵
۱۳۴	۱۱۷	۹۹	۸۲	۶۷	۵۵	۹۰
۱۵۲	۱۳۴	۱۱۶	۹۸	۸۱	۶۶	۹۵
۱۷۰	۱۵۲	۱۳۴	۱۱۵	۹۶	۸۰	۱۰۰
۱۹۰	۱۷۲	۱۵۳	۱۳۳	۱۱۴	۹۶	۱۰۵
۲۱۰	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۳	۱۳۳	۱۱۳	۱۱۰

اسپن Span

به فاصله افقی بین دو برج متوالی اسپن می گویند که با S نشان می دهند و بر حسب متر است.



تعیین اسپن اقتصادی

در تعیین محل مناسب پایه های یک خط نیرو باید علاوه بر رعایت معیارهای فنی از قبیل رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین، حد نهایی نیروهای قابل تحمل پایه و زاویه مجاز انحراف مقرر، هزینه اجرای خط را نیز تا حد ممکن کاهش داد.

اسپن طراحی اسپنی است که علاوه بر تأمین ضریب اطمینان کافی برای هادی و پایه در سخت ترین شرایط آب و هوایی منجر به کمترین هزینه گردد. چنین اسپنی را اسپن اقتصادی نیز می نامند. با افزایش طول اسپن تعداد پایه ها کم می شود اما در عوض فلش زیاد شده و بر ارتفاع پایه ها افزوده می گردد. در مقابل با کاهش طول اسپن از ارتفاع هر پایه کاسته و بر تعداد پایه ها افزوده می گردد. لذا باید در جستجوی اقتصادی ترین اسپن بود. بدین منظور ابتدا باید کلیه اسپن هایی که ضریب اطمینان کافی را برای هادی و پایه خط فراهم می کنند مشخص شوند. سپس برای هر یک از آن ها هزینه کل تأمین و اجرای خط برآورد گردد. به این ترتیب قیمت خط به ازای اسپن های مختلف محاسبه می شود و طبیعتاً اسپنی که کمترین هزینه را برای خط به همراه داشته باشد اسپن اقتصادی است. (به عنوان مثال در یک خط راسترو، با مشخص بودن قدرت و پایه های قابل استفاده در طرح و همچنین نوع هادی و آرایش شبکه، حداکثر اسپن بادگیر پایه های میانی مشخص میشود. در نهایت اسپنی که حداقل هزینه را برای یک مسیر خط در پی داشته و ضریب اطمینان کافی را برای هادی و پایه خط فراهم می کند، تعیین میگردد).

رابطه بین قدرت پایه ها با اسپن

اسپن (m)	قدرت پایه میانی (kg)	قدرت پایه انتهایی (kg)
۴۰	۴۰۰	۸۰۰
۵۰	۴۰۰	۸۰۰
۶۰	۴۰۰	۸۰۰
۷۰	۴۰۰	۱۰۰۰
۸۰	۴۰۰	۱۲۰۰
۹۰	۴۰۰	۲*۸۰۰
۱۰۰	۴۰۰	۲*۱۰۰۰

محاسبات پایه های انتهایی و میانی با سیم هائینا

اسپن (m)	قدرت پایه میانی (kg)	قدرت پایه انتهایی (kg)
۴۰	۴۰۰	۸۰۰
۵۰	۴۰۰	۸۰۰
۶۰	۴۰۰	۸۰۰
۷۰	۴۰۰	۸۰۰
۸۰	۴۰۰	۱۲۰۰
۹۰	۴۰۰	۱۲۰۰
۱۰۰	۴۰۰	۱۲۰۰

محاسبات پایه های انتهایی و میانی با سیم مینک



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل چهارم

مقره‌های مورد استفاده در شبکه‌های توزیع



مقره ها

در شبکه های توزیع برق مانند خطوط انتقال، به تجهیزاتی نیاز است که بتوانند نقش عایقی و جداسازی قسمت های تحت ولتاژ را از دیگر قسمت ها داشته باشد. طبق تعریف، «مقره» به وسیله ای گفته می شود که دارای مقاومت الکتریکی بالایی بوده، بین هادی های برق دار و سازه های نگهدارنده قرار می گیرد. مقره، علاوه بر عایق نمودن هادی نسبت به پایه (و همچنین نسبت به زمین) ارتباط مکانیکی هادی و پایه را نیز تشکیل می دهد.

وظیفه مقره ها

1 وظیفه اصلی مقره ها، ایزوله کردن هادی از بدنه کنسول و پایه می باشد. این مقره ها، باید بتوانند بدون داشتن جریان نشستی، مشخصات الکتریکی لازم برای تحمل بیشترین ولتاژ عادی و سایر ولتاژهای اضافی تحت شرایط مختلف را داشته باشند. این ویژگی ها به عنوان «خواص الکتریکی مقره ها» عبارتند از:

- مقاومت الکتریکی حجمی و سطحی بالا
- مقاومت در برابر سوراخ شدن توسط شوک حرارتی در اثر عبور جریان الکتریکی فشارقوی
- مقاومت زیاد در مسیر
- عدم تشکیل خود القایی

2 وظیفه دیگر مقره ها، تحمل نیروهای مکانیکی حاصل از وزن هادی ها و نیروهای اعمالی ناشی از باد و یخ می باشد که در هر شرایطی، فاصله هادی از بدنه و بازوی پایه، نباید از مقادیر مجاز کمتر باشد. این ویژگی ها به عنوان «خواص مکانیکی مقره» نامیده شده و به شرح زیر هستند:

- خاصیت الاستیسیته به نسبت خوب که باعث می شود مقره، تنش های خمشی و کششی را تا حدودی تحمل کرده و در برابر تغییر شکل مقاومت نماید.
- در برابر نیروی فشاری مقاومت بالایی از خود نشان می دهد.
- چون مقره های چینی در برابر ضربه مقاومت کمی دارند باید سعی شود تا لبه و گوشه های تیز نداشته باشند.
- مقاومت لازم را در برابر شوک های حرارتی حاصل از تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی، صاعقه و... به طور ناگهانی داشته باشند.

نکته: مقره ها باید در برابر تغییرات جوی و درجه حرارت مقاوم بوده، خواص خود را در اثر گذشت زمان و کهنه شدن، تا حد قابل قبول حفظ نماید. این ویژگی ها، که به عنوان «خواص فیزیکی» نامیده شده عبارتند از:

- مقاومت در برابر عوامل جوی و تابش آفتاب
- زنگ نزدن و اکسید نشدن
- دارا بودن ضریب انبساط کم
- حفظ خواص در برابر سرما و گرما
- عدم میل ترکیبی با بیشتر مواد موجود در محیط اطراف

انواع مقره‌ها از لحاظ جنس

① مقره‌های چینی : چینی بکار رفته در ساختمان این مقره‌ها ، ترکیبی از کائولین و رس یا سیلسکات آلومینیوم هیدراته ، کوارتز و فلدسپات که بایستی به یک نسبت معین آنها را ترکیب نمود . از آنجائیکه بسیار ضروری است که یک مقره بدون هر گونه حفره هوا و یا ناخالصی باشد ، روش و مراحل ساخت آن از دقت و حساسیت خاصی برخوردار است . استقامت عایق چینی در حدود $12-28 \text{ kV/mm}$ می‌باشد . از معایب مقره‌های چینی این است که در برخی از مواقع ترکهای ریزی در آنها بوجود می‌آید و این مسئله باعث کاهش مقاومت در مقابل ولتاژ ضربه می‌گردد . در مواردی قبل از ایجاد جرقه در سطح خارجی مقره‌ها ، ولتاژ ضربه باعث سوراخ شدن آنها می‌گردد .



② مقره‌های شیشه‌ای : این مقره‌ها از شیشه سخت شده ساخته شده‌اند . شیشه از ذوب مواد متشکله شامل سیلیس یا شن ، سود و سنگ آهک و منیزیم در درجه حرارت حدود 1400°C درجه بدست می‌آید که پس از قالب ریزی دوباره پخته و کنترل می‌شود و سپس آنرا سرد می‌کنند . پوسته خارجی در حالت فشردگی بوده و در مقابل لب پریدگی و قوس الکتریکی مقاوم است.



از مزایای مقره های شیشه ای می توان به ضریب انبساط حرارتی بسیار کم اشاره کرد که در نتیجه ، تغییرات شکل آنها در اثر افزایش درجه حرارت بسیار کم است. مقره های شیشه ای قبل از بروز ترک کاملاً خرد می شوند و از این رو به راحتی می توان مقره های معیوب را پیدا کرد. برخلاف مقره های چینی ، در هنگام ساخت مقره های شیشه ای ، حفره به وجود نمی آید و یا اگر حفره ای هم باشد قابل مشاهده است.

مزایای مقره های شیشه ای نسبت به مقره های چینی

- قدرت دی الکتریکی بالایی در مقایسه با چینی دارد.
- مقاومت آن بسیار بالا است.
- ضریب انبساط حرارتی کمی دارد.
- از استحکام کششی بالاتری نسبت به عایق چینی برخوردار است.
- از آنجایی که ماهیت آن شفاف است ، در شرایط تابش نور خورشید به اندازه چینی گرم نمی شود.
- به دلیل شفافیت شیشه ، ناخالصی ها و حباب های هوای داخل آن به راحتی در داخل بدنه قابل تشخیص هستند.
- شیشه طول عمر بسیار بالایی دارد ، زیرا خصوصیات مکانیکی و الکتریکی آن با گذشت زمان تحت تأثیر قرار نمی گیرد.
- شیشه ارزان تر از چینی است.

معایب مقره های شیشه ای نسبت به مقره های چینی

- رطوبت می تواند به راحتی روی سطح شیشه متراکم شود و از این رو ، گرد و غبار هوا روی سطح شیشه قرار گیرد که خود موجب ایجاد مسیر جریان نشی می شود.
- برای شیشه هایی با ولتاژ بالاتر ، نمی توان شکل های نامنظمی را قالب گیری کرد ، زیرا به دلیل سرمایش نامنظم ، کرنش های ناشی از سرمایش داخلی رخ خواهد داد.
- مقره های شیشه ای گرد و خاک بیشتری را به خود جذب می کنند.

③ مقره کامپوزیتی: مقره های کامپوزیتی ترکیبی از مواد پلیمری بوده و در برابر اشعه فرابنفش خورشید مقاوم هستند. این مقره ها به علت خواص الکتریکی و مکانیکی بسیار خوب ، در حال جایگزین شدن به جای مقره های چینی و مقره های شیشه ای هستند. مقره های کامپوزیتی بسیار سبک هستند و برخلاف چینی و شیشه ای ، قابل شکستن نیستند و از این رو استحکام مکانیکی بسیار خوبی دارند. همچنین ، به دلیل بالاتر بودن جریان نشی در مناطق آلوده ، برای استفاده در این مناطق بسیار مفید بوده و نیازی به شست و شو و تمیز کردن آنها نیست.

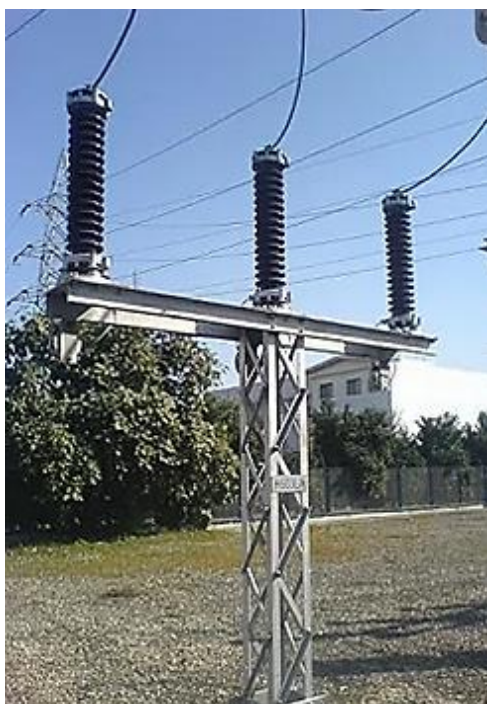
مزایای مقره های کامپوزیتی

- وزن پایین تری نسبت به مقره های چینی و شیشه ای دارند.
- از آنجایی که عایق کامپوزیت انعطاف پذیر است ، احتمال شکستگی آن کاهش می یابد.
- به دلیل وزن پایین تر و اندازه کوچکتر ، این نوع مقره هزینه نصب پایین تری دارد.
- مقاومت کششی این نوع مقره نسبت به مقره چینی بالاتر است.
- عملکرد بهتری در نقاط آلوده دارد.
- عایق پلیمری ، به دلیل وزن پایین تری که دارد ، بار کمتری را به دکل و تیر وارد می کند.
- به دلیل ماهیت آب گریزی این نوع مقره ، به تمیزکاری کمتری نیاز دارد.



انواع مقره ها از نظر کاربرد

1 مقره اتکایی: مقره‌های اتکایی به صورت استوانه‌هایی بلند هستند که فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌هایی روی سطح آن دارند و از نظر ساخت می‌توانند به صورت توپر و توخالی باشند. نوع توپر این مقره دارای استقامت مکانیکی و الکتریکی بیشتری در مقابل سوراخ شدن است. امروزه مقره‌های پُست بیشتر به صورت توپر ساخته می‌شوند. از نوع توخالی در مواردی استفاده می‌شود که مقره باید نیروی مکانیکی بیشتری تحمل کند. برای افزایش استقامت الکتریکی مقره آن را با گاز خشک ازت پر می‌کنند.



2 مقره عبوری (بوشینگ): مقره‌های عبوری برای خروجی و ورودی دستگاه‌های فشار قوی و برای جلوگیری از ایجاد جرقه بین خط عبوری و بدنه دستگاه استفاده می‌شوند. این نوع مقره‌ها به صورت لایه‌های استوانه‌ای به کار می‌روند. با توجه به محیط کاری، شکل مقره‌ها متفاوت است. معمولاً فضای داخل این استوانه‌های عایقی، توسط گازها یا مایع‌های عایق پر می‌شود.



3 مقره های کششی: مقره های کششی در برج های کششی، به صورت زنجیره مقره ای، وظیفه اتصال هادی به برج را بر عهده دارند. این زنجیره مقره ها می توانند به صورت دوتایی یا سه تایی و یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرند که انتخاب آن ها به تعداد هادی های هر فاز و همچنین شرایط بارگذاری و نوع مقره بستگی دارد. از مقره های کششی در پایه های ابتدا و انتهای خطوط انتقال، توزیع و در پایه هایی که در مسیر خط از حالت مستقیم خارج شده و یا نسبت به افق زاویه پیدا می کنند، استفاده می شود.



4 مقره های مهار: در خطوط ولتاژ ضعیف، مقره ها باید در ارتفاعی که نسبت به زمین قرار دارند، عایق باشند. عایق مورد استفاده در سیم مهار، مقره مهار نامیده می شود و معمولاً از جنس چینی است. این عایق به گونه ای طراحی می شود که در صورت شکست عایق سیم، با زمین تماس پیدا نکند.



5 مقره های سوزنی (میخی): از این مقره ها برای نگهداری خطوط توزیع ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت استفاده می شود که بیشتر به صورت یکپارچه ساخته می شوند و معمولاً به شکل ناقوس کلیسا هستند و هادی خط روی شیار بالایی مقره قرار می گیرد و توسط یک سیستم به مقره محکم می شود. مقره توسط یک پیچ فولادی که در داخل مقره محکم شده است به بازوی دکل بسته می شود. اطراف پیچ فولادی را با فلز نرم مانند سرب یا سیمان پر می کنند تا چینی مقره با فولاد سخت در تماس نباشد و در اثر گشتاور خمشی شکسته نشود.



6 مقره های بشقابی: در ولتاژهای بالاتر از ۵۰ کیلو ولت که در سیستم های انتقال و فوق توزیع استفاده می شود ، استفاده از مقره های سوزنی به علت نیاز به ضخامت زیادتر و پیچیده تر شدن ساختمان مقره ها و گرانتر شدن و غیر اقتصادی بودن آن ها امکان پذیر نیست. لذا در ولتاژهای بالا از مقره های آویزان می شود و هادی خط به وسیله کلمپ فلزی به پایین ترین مقره بشقابی زنجیره متصل می گردد.



هر مقره بشقابی از یک دیک بشقاب از جنس چینی یا شیشه تشکیل شده است که در قسمت بالایی آن ، یک کلاهک چدنی گالوانیزه به شیشه یا چینی متصل شده است و در قسمت پایین مقره نیز یک پین فولادی گالوانیزه به مقره متصل شده است. همچنین مسیر زیر بشقاب ها به صورت چین دار است تا طول مسیر جریان نشتی افزایش یابد.

حفره در مقره ها

کلاهک از سوراخ ریز مقابل آن اتصال پین و کلاهک محکم می شود. دو مقره ضمن اتصال محکم به مقره در محل اتصال به صورت لولایی حرکت آزادانه هم دارند. قطر بشقاب های این نوع مقره ها معمولاً بین ۱۵۰ تا ۳۶۰ میلیمتر و یا بیشتر می باشد استقامت مکانیکی آن ها هم معمولاً بین ۴۰ تا ۳۰۰ کیلو نیوتن می باشد .

مزایای استفاده از مقره های بشقابی

- ۱- چون هر واحد مقره بشقابی برای یک ولتاژ نامی (در حدود ۱۱ کیلو ولت) طراحی می شود. متناسب با ولتاژ خط می توان به تعداد دلخواه از این بشقاب ها را به هم متصل نمود تا یک زنجیره آن بتواند ولتاژ خط را تحمل کند (قابلیت انتخاب تعداد بشقاب ها)
- ۲- اگر هر کدام از بشقاب های یک زنجیره مقره آویزان ، معیوب یا صدمه ببیند فقط لازم است همان یک بشقاب عوض شود و نیازی به تعویض کل زنجیره نیست (اقتصادی بودن مقره)
- ۳- چون زنجیره مقره به کراس آرم خط آویزان است و می تواند به صورت آزادانه حرکت نماید ، حداقل فشار مکانیکی بر مقره های آویزان وارد می شود (تنش های مکانیکی کمتری به مقره وارد می شود)
- ۴- اگر به دلیلی بخواهند ولتاژ نامی خط را افزایش دهند به راحتی می توان با اضافه نمودن چند تا بشقاب ، قدرت عایقی مناسب را به دست آورد و نیازی به تعویض زنجیره مقره نیست (قابلیت انعطاف در افزایش ولتاژ خط)

۵- چون هادی خط به زنجیره آویزان می گردد و پایین تر از بازوی کراس آرم (صلیبی) دکل خط انتقال قرار می گیرد در نتیجه هنگام برخورد صاعقه به خط ، صاعقه ابتدا به بازوی کراس آرم خط برخورد می نماید تا حدود زیادی از خط حفاظت می شود (حفاظت خط در برابر صاعقه به وسیله بازوی کراس آرم دکل انجام می شود)

۶- اگر بار مکانیکی خط زیاد باشد مثلاً : در اسپن های بلند ، هنگام عبور خطوط انتقال از روی رودخانه ها ، دره ها ، اتوبان ها می توان از زنجیره های دابل یا بیشتر استفاده نمود (قابلیت استفاده از زنجیره های دابل یا بیشتر)

تعداد مقره های بشقابی در زنجیره مقره

هرچند هر واحد مقره بشقابی برای یک ولتاژ نامی پایینی (در حدود ۱۱ کیلو ولت) طراحی می شود. اما متناسب با ولتاژ خط می توان به تعداد دلخواه از این بشقابها را به هم متصل نمود تا یک زنجیره آن بتواند ولتاژ خط را تحمل کند (قابلیت افزایش طول زنجیر مقره یا افزایش تعداد مقره ها متناسب با سطح ولتاژ).

ولتاژ کاری سیستم (کیلوولت)		حداقل تعداد مقره بشقابی در هر زنجیر مقره
		زنجیر مقره آویزی زنجیر مقره کششی
۱۱	۱	۱
۳۳	۲	۳
۶۶	۵	۶
۱۳۲	۹	۱۰
۲۲۰	۱۴	۱۵
۴۰۰	۲۱	۲۲

۷ مقره چرخی: از مقره های چرخی در خطوط فشار ضعیف ۴۰۰ ولت استفاده می شود. این مقره ها توسط تسمه فلزی U شکل به نام اتریه و پین واشپیل به پایه های خطوط توزیع هوایی بسته می شوند و سیم هوایی شبکه بر روی شیار چرخی مانند مقره قرار می گیرد و از آن به عنوان مقره کششی نیز استفاده می شود و در دو نوع یک شیار و دو شیار استفاده می شود.

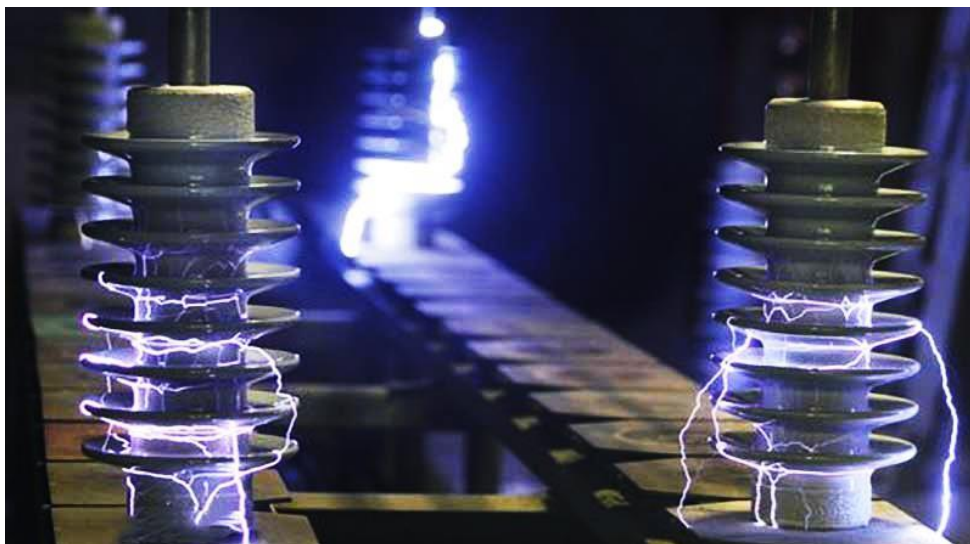


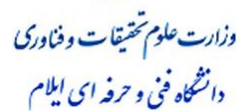
8 مقره استوانه ای: این مقره ها به صورت یک زنجیره استوانه ای و به صورت یکپارچه از جنس چینی یا اخیراً از مواد ترکیبی (که استقامت مکانیکی بسیار بالایی داشته و آب بر روی سطح آن ها پخش نمی شود و برای مناطق صحرایی مناسب هستند) ساخته می شوند و به دو طرف انتهایی آن ها دو کلاهک فلزی با سیمان مخصوص اتصال داده شده است. قطر استوانه عایق متناسب با قطر مکانیکی نیاز انتخاب می شود. از این مقره بعضاً در خطوط انتقال استفاده می شود. این مقره ها در مقایسه مقره های آویزان بشقابی از وزن بسیار کمتری برخوردارند (وزن مقره های آویزان در یک زنجیره بیشتر به خاطر وزن کلاهک های فلزی آن است) و لذا از نظر اقتصادی ارزان تر هستند. ولی نقطه ضعف اصلی آن ها امکان خراب شدن کامل مقره در اثر یک قوس الکتریکی یا ضربه مکانیکی بیرونی بر آن است. در صورتی که در مقره های بشقابی تمام زنجیره از بین نمی رود. در زنجیره های بشقابی اگر یک مقره دچار ترک شود تا مدت زیادی بقیه آن ها می توانند ولتاژ خط را تحمل کنند و همچنین بار مکانیکی خط را تحمل نمایند. در ولتاژهای بالا می توان دو یا سه مقره استوانه ای را به هم متصل نمود. نوع ساخته شده از مواد ترکیبی (Composite Material) این نوع مقره ها دارای خاصیت آب گریزی بوده و آب و آلودگی بر روی سطح مقره پخش نمی شود ، بلکه این آلودگی و رطوبت در یک نقطه روی سطح باقی می ماند و چون تمام سطح مرطوب نمی شود ، می توان مسیر خزشی آن را کوتاه نمود. جریان ناشی این نوع مقره ها خیلی کم است و در مناطق با آلودگی زیاد روی سطح آن ها جرقه زده نمی شود و نیازی به تمیز کردن هم ندارند. این مقره ها ضمن داشتن استقامت مکانیکی بالا از وزن بسیار کمی نیز برخوردارند.

شکست الکتریکی در مقره ها

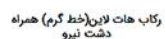
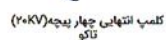
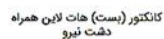
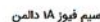
ولتاژ اعمالی بر مقره ها و عملکرد آن در مقابل اضافه ولتاژها شکل و ساختار آنها را تعیین می نماید. شکست الکتریکی بر روی مقره ها به دو شکل زیر صورت می گیرد:

- 1 در داخل مقره جرقه ای زده شده و موجب سوراخ شدگی (پانچ) و از بین رفتن خاصیت عایقی مقره می شود.
- 2 تخلیه در سطح عایق صورت می گیرد و جرقه هایی در سطح آن زده می شود و به این ترتیب ارتباط الکتریکی در طرفین عایق برقرار می شود؛ که رطوبت و آلودگی در سطح مقره در این نوع تخلیه تأثیر گذارند.





یراق آلات شبکه‌های توزیع



پراق آلات خطوط هوایی شبکه های توزیع

پراق آلات مورد نیاز برای مونتاژ مقره ها و نیز برپایی سازه های خطوط هوایی شبکه های توزیع، دارای تنوع و گونه های فراوانی است. بیشتر این اتصالات، از فولاد گالوانیزه یا آلیاژ آلومینیوم و بعضی نیز از چدن نرم ساخته شده اند که کلیه قطعات آهنی برای جلوگیری از زنگ زدگی باید به صورت گرم گالوانیزه شوند. همچنین به دلیل اهمیت کیفیت این قطعات، علاوه بر کنترل ضخامت گالوانیزه آن ها باید از نظر کمترین مقاومت (کشش) مکانیکی مورد آزمایش قرار گیرند.

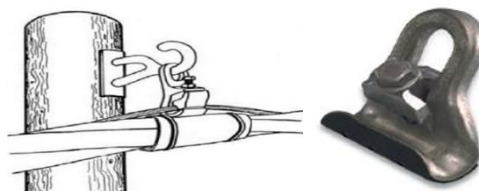
کلمپ انتهایی

برای انتهایی کردن کابل از کلمپ انتهایی استفاده می شود.



کلمپ آویز

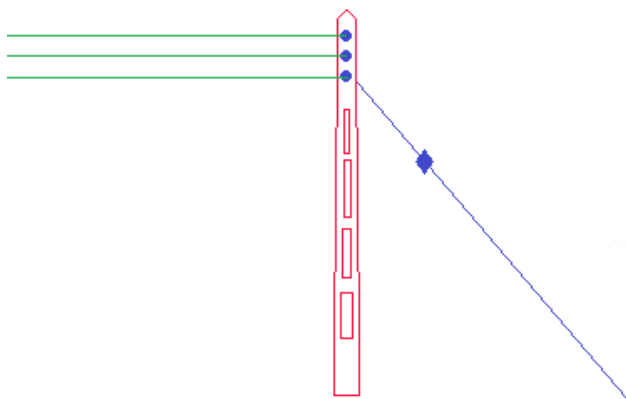
کلمپ آویز جهت عبور دادن سیم نگهدارنده در پایه های عبوری تا زوایای ۹۰ درجه مورد استفاده قرار می گیرد. این کلمپ دارای بدنه آلومینیومی آلیاژی با مقاومت مکانیکی بالا و روکش پلیمری مقاوم در برابر اشعه می باشد.



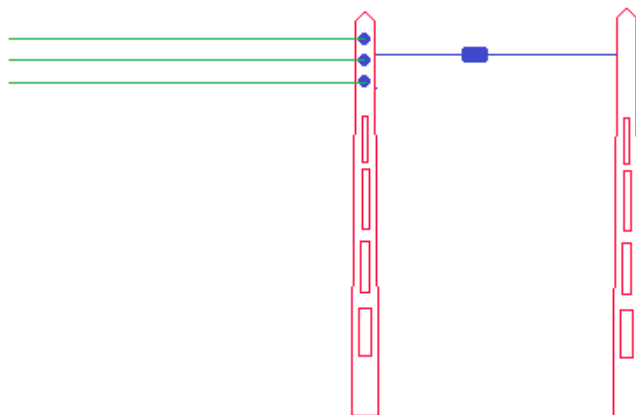
مهار و انواع آن

برای حفظ پایداری مکانیکی خط باید پایه به نوعی باشد که قدرت تحمل نیروهای وارد بر آن را داشته باشد. گاهی پایه‌ها قدرت تحمل نیروهای وارد بر آن‌ها را ندارند و یا محل نصب به گونه‌ای است که قدرت تحمل پایه در برابر نیروهای وارد بر آن کم می‌شود (مثلاً زمین شیبدار، زمین باتلاق و...) در این گونه موارد از مهار استفاده می‌شود. سیم مهار از جنس فولاد گالوانیزه است.

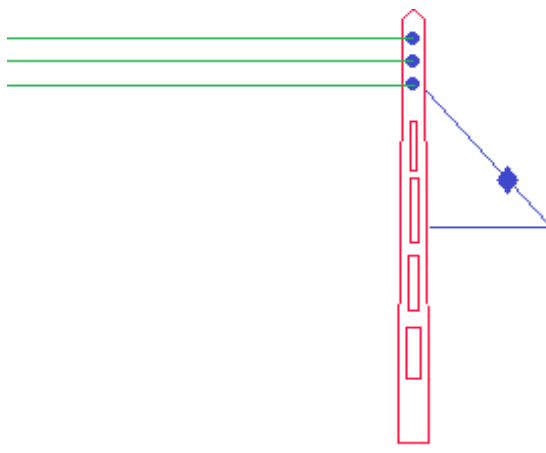
1 مهار ساده یا معمولی: این نوع مهار برای مقابله با نیروی برآیند کشش سیم وارد بر پایه در ابتدا، انتها، زوایا، سرپیچ‌ها و سرانشعابات خطوط استفاده می‌شود.



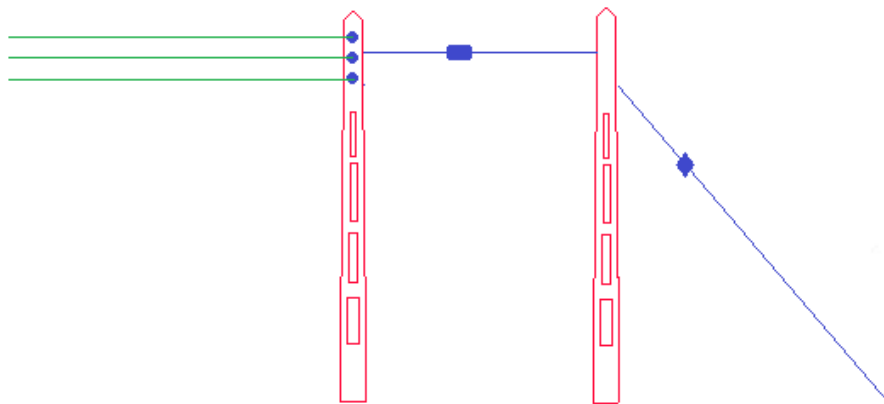
2 مهار اسپن (تیر به تیر): برای جاهایی که فاصله کافی برای نصب مهار معمولی در پشت تیر نباشد استفاده می‌شود.



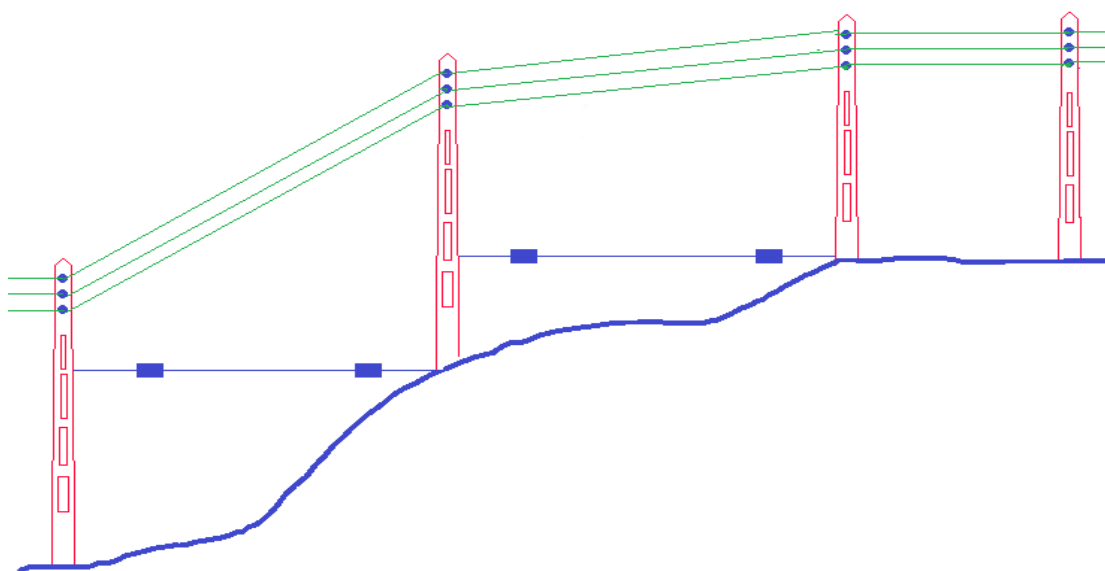
3 مهار پیاده روی (زانویی): در جایی استفاده می‌شود که فاصله زیادی پشت تیر جهت نصب مهار موجود نباشد.



4 **مهار مرکب:** برای استحکام بیشتر مهار می‌توان از ترکیب مهار اسپن و مهار ساده استفاده کرد.



5 **مهار سر:** این نوع مهار شبیه مهار اسپن است با این تفاوت که جای نصب تیر مهار از تیرهای خط جهت نگهداری یکدیگر استفاده می‌شود.



مشخصات سیم مهار

سیم‌های مهار با قدرت زیاد		سیم‌های مهار معمولی		سیم‌های مهار با قدرت زیاد		مشخصات سیم مهار
۱۲,۷	۹,۵	۱۲,۷	۹,۵	۱۲,۷	۹,۵	قطر کلی سیم (mm)
۷	۷	۷	۷	۷	۷	تعداد رشته سیم‌ها
۴,۲	۳,۰۵	۴,۱۶	۳,۱۷	۴,۱۶	۳,۱۷	قطر هر رشته (mm)
۱۲۲۰۰	۷۰۰۰	۸۵۴۰	۴۹۰۰	۳۳۶۰	۱۶۳۰	حداکثر مقاومت کششی (kg)

بوش اسپلایس

در موقع سیم کشی با هادی آلومینیوم فشار متوسط در مسیر راسترو ، بدلیل کوتاه شدن سیم ناگزیر به اضافه نمودن سیم می‌شوی در اینگونه موارد جهت اتصال و سر به کردن سیم ها از تجهیزاتی به نام بوش اسپلایس استفاده می‌شود. اسپلایس از دو قسمت تشکیل شده، مغزی فولادی که وظیفه تحمل نیروی کششی را بر عهده دارد و قسمت آلومینیوم که هدایت الکتریکی را انجام می‌دهد. این نوع اسپلایس به نحوی طراحی شده است که ۹۵ درصد نیروی گسیختگی هادی را بدون بروز هیچ مشکلی تحمل می‌نماید

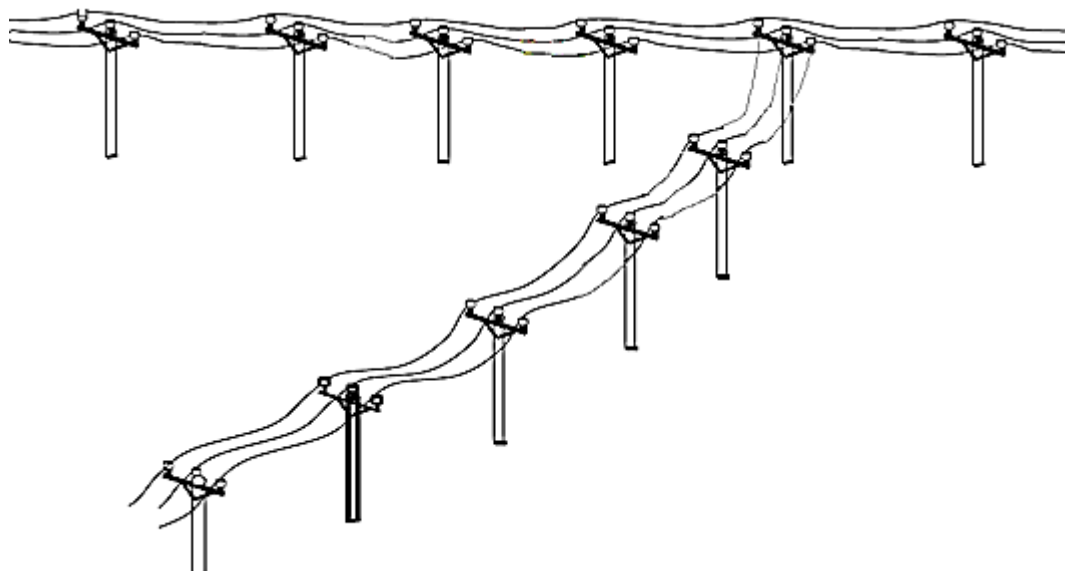


جمپر

زمانی که دو شبکه در ی نقطه روی ی پایه به یکدیگر می‌رسند با استفاده از یک قطعهم سی و توسط یک کلمپ به هم اتصال داده می‌شود که این عمل را جمپر زدن می‌گویند.

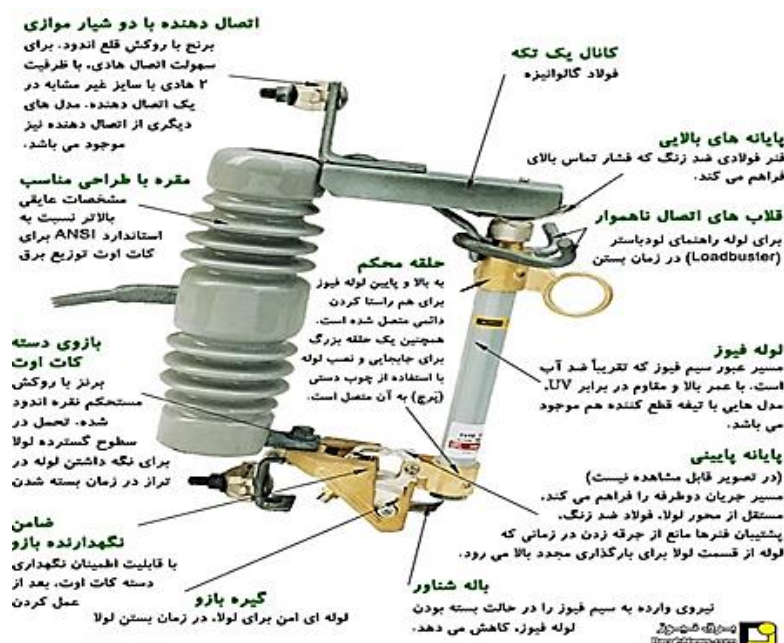


شبکه انشعابی است که از شبکه اصلی گرفته می‌شود. در ابتدای انشعاب از کت اوت فیوز استفاده می‌شود که اگر در خط انشعابی خطایی رخ دهد کل خط بی برق نگردد.



کات اوت فیوز

کات اوت فیوز یک وسیله حفاظت الکتریکی است که در سیستم های خط سربار مورد استفاده قرار می گیرد تا از آسیب دیدن ترانسفورماتور های توزیع در اثر افزایش اضافه جریان جلوگیری کند. همچنین در سیستم های توزیع انرژی الکتریکی برای جدا کردن سریع بخش هایی که دچار خطا شده اند از سایر بخش های سیستم استفاده می شود. امکان باز کردن کات اوت فیوز توسط مامورین خط از روی زمین و به وسیله چوب عایق به نام هات استیک Hot Stick یا پرچ وجود دارد.



انتخاب سیم فیوز کت اوت Fuse Cut Out

معمولاً سیم فیوز ها در عمل ترانسفورماتورهای توزیع را در برابر اضافه بارهای جزئی حفاظت نمی کنند، زیرا باعث سوختن غیر ضروری فیوز و قطع مکرر مدار می شود که هر دوی این ها خوشایند نیستند. بنابراین معمول است که فیوزها را با جریان نامی بالاتر از جریان نامی قسمت اولیه ترانسفورماتور انتخاب کنند. معمولاً جریان نامی فیوز را ۲ تا ۳ برابر جریان نامی ترانسفورماتور در نظر می گیرند. جریان های اتصال کوتاه چندین برابر جریان عادی است بنابراین آمپر المنت فیوز کات اوت، ۲ تا ۳ برابر جریان نامی ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود. آمپراژ سیم فیوزها مانند فیوزها متناسب با بار خط یا ترانسفورماتور ها انتخاب می گردد، اما باید توجه داشت که بسته به شرایط می توان از نوع کند کار T، تندکار K و یا ترکیبی KT استفاده کرد. برای ترانسفورماتورها طبق جدول می توان المنت مناسب انتخاب کرد:

11KV			20KV			33KV			توان نامی ترانسفورماتور
T	K	جریان نامی ترانس	T	K	جریان نامی ترانس	T	K	جریان نامی ترانس	KVA
۶	۶	۱ / ۳۱	۳	۳	۰ / ۷۷	۲	۲	۰ / ۴۴	۲۵
۶	۶	۲ / ۶۲	۳	۳	۱ / ۴۴	۲	۲	۰ / ۸۷	۵۰
۶	۶	۳ / ۹۴	۶	۶	۲ / ۱۷	۲	۲	۱ / ۳۱	۷۵
۶	۶	۵ / ۲۵	۶	۶	۲ / ۸۹	۳	۳	۱ / ۷۵	۱۰۰
۱۲	۱۲	۸ / ۴۰	۸	۸	۴ / ۶۲	۶	۶	۲ / ۸۰	۱۶۰
۱۵	۱۵	۱۰ / ۵۰	۱۰	۱۰	۵ / ۷۷	۶	۶	۳ / ۵۰	۲۰۰
۲۰	۲۰	۱۳ / ۱۲	۱۰	۱۰	۷ / ۲۲	۶	۶	۴ / ۳۷	۲۵۰
۲۵	۲۵	۱۶ / ۵۳	۱۲	۱۲	۹ / ۰۹	۸	۸	۵ / ۵۱	۳۱۵
۳۰	۳۰	۲۰ / ۹۹	۱۵	۱۵	۱۱ / ۵۵	۱۰	۱۰	۷ / ۰۰	۴۰۰
۴۰	۴۰	۲۶ / ۲۴	۲۰	۲۰	۱۴ / ۴۳	۱۲	۱۲	۸ / ۷۵	۵۰۰
۵۰	۵۰	۳۳ / ۰۷	۲۵	۲۵	۱۸ / ۱۹	۱۵	۱۵	۱۱ / ۰۲	۶۳۰
۶۵	۶۵	۴۱ / ۹۹	۳۰	۳۰	۲۳ / ۰۹	۲۰	۲۰	۰۰ / ۱۴	۸۰۰
۸۰	۸۰	۵۲ / ۴۹	۴۰	۴۰	۲۸ / ۸۷	۲۵	۲۵	۱۷ / ۵۰	۱۰۰۰



محاسبه سیم فیوز کت اوت با فرمول

المنت کت اوت ترانسفورماتور را در برابر جریانهای اتصال کوتاه و همچنین اضافه بارهای زیاد حفاظت می کند . برای انتخاب المنت کت اوت در ترانس خطوط ۲۰ کیلو ولت از فرمول زیر استفاده می شود

$$\text{آمپر المنت} = 0.6 \times S_{(KVA)}$$

Ex : برای حفاظت از یک ترانسفورماتور توزیع هوایی به توان ۱۰۰KVA و نسبت تبدیل KV ۰.۴/۲۰ از چه المنتی برای کت اوت فیوز استفاده می شود؟
با مراجعه به جدول آمپر مناسب المنت ۶ آمپر است.

$$6A = 0.6 \times 100 = \text{آمپر المنت}$$



لود بوستر

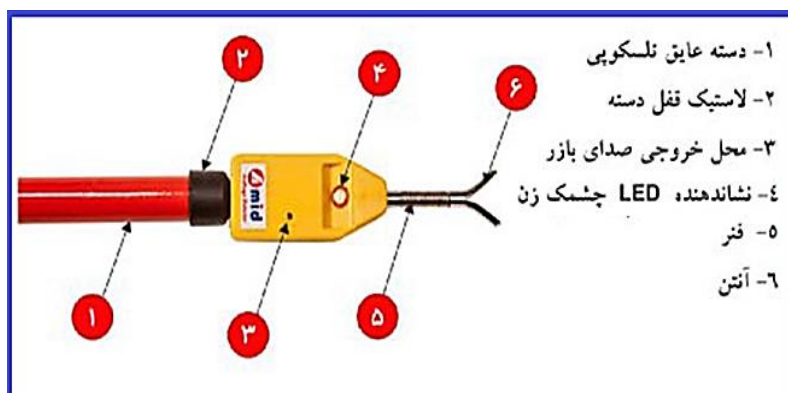
دستگاه لود بوستر وسیله‌ای سبک و قابل حمل و کاربردی آسان و راحت جهت قطع برق تیغه‌های جدا کننده زیر بار، کات اوت فیوزها و فیوزهای قدرت می‌باشد. لود بوستر برای سوئیچینگ زیر بار مدارهای تک فاز و سه فاز سیستم‌های شبکه توزیع نیروی برق استفاده می‌شود. مزیت آن این است که زمان قطع را کوتاه می‌کند که این عمل با افزایش قابلیت اطمینان و قدرت باعث انجام عملیات قطع بدون قوس الکتریکی می‌گردد.



فازمتر فشارقوی (اپرومتر)

وسیله‌ای است برای تست برقدار بودن شبکه 20KV که جهت تشخیص و تست شبکه بایستی با رعایت حریم مجاز با تماس قسمت نوک فلزی این وسیله به شبکه مورد آزمایش، با استفاده از چراغ‌های هشدار دهنده روی این وسیله و صدای صوتی آن متوجه برقدار شدن شبکه شویم. البته این وسیله بایستی روزانه قبل از اعزام اکیپ به محل کار، مورد تست قرار گیرد.

فازمتر با کمک دو یا چهار باتری قلمی معمولی و یا باتری کتابی راه اندازی می‌گردد و در صورت روشن نشدن چراغ و یا آلارم آن ابتدا باید باتری آن تعویض گردد و در صورت روشن نشدن آن با تعویض باتری بررسی لازم جهت تعمیر آن صورت پذیرد.



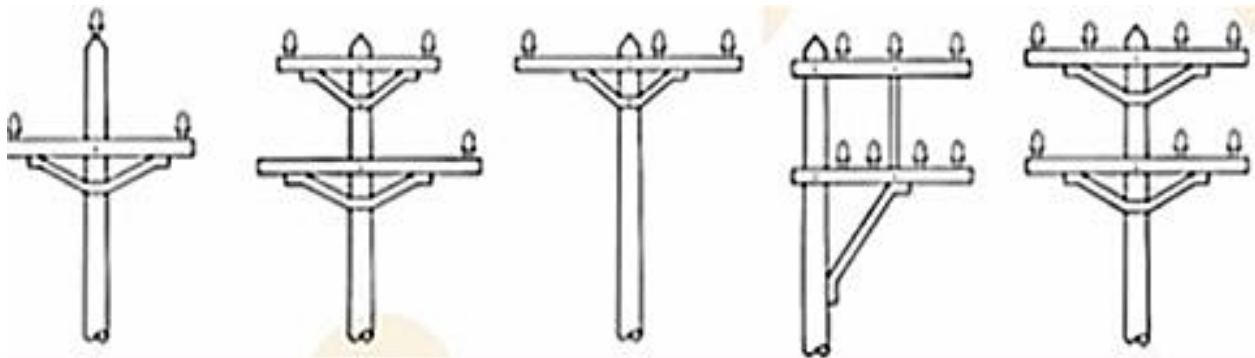
ولت متر ۲۰ کیلوولت

ولت‌متر ۲۰ کیلوولت یا فازمتر دابل فشار متوسط یکی دیگر از وسایل ایمنی گروهی می‌باشد که بیشتر بخاطر تشخیص فازها (فیزینگ) جهت رینگ یا مانور نمودن فیدرها بکار می‌رود. دو فاز متر که توسط کابلی بهم مرتبط بوده که در هنگام کار هر کدام از فازمترها در یک دست قرار می‌گیرند. البته بایستی توجه داشت که کابل رابط کاملاً از بدن فاصله داشته باشد. با نزدیک شدن شاخک‌ها به فازهای دو فیدر مختلف، اگر لامپها که در وسط فازمتر تعبیه شده روشن شود، بیانگر غیر همنام بودن فازها می‌باشد و اگر لامپها روشن نشد به معنی هم فاز بودن آنها می‌باشد. و به همین ترتیب هر سه فاز را مشخص می‌کنیم.



کراس آرم یا کنسول

جهت نگهداری سیم‌ها و مقره‌ها روی پایه‌ها از کراس آرم استفاده می‌شود. طول آن به پارامترهای زیادی از قبیل ولتاژ خط فاصله بین فازها و باد و یخ و برگ بستگی دارد معمولاً کراس آرم‌های با طول ۱۲۰ سانتی متر و ۲۴۴ سانتی متر در شبکه توزیع به کار می‌رود. کنسول‌ها توسط پیچ مهره‌هایی به پایه محکم می‌شوند از لحاظ شکل نصب روی پایه‌ها به سه دسته افقی، انبی (پرچمی)، جناقی (کانادایی) تقسیم می‌شوند.



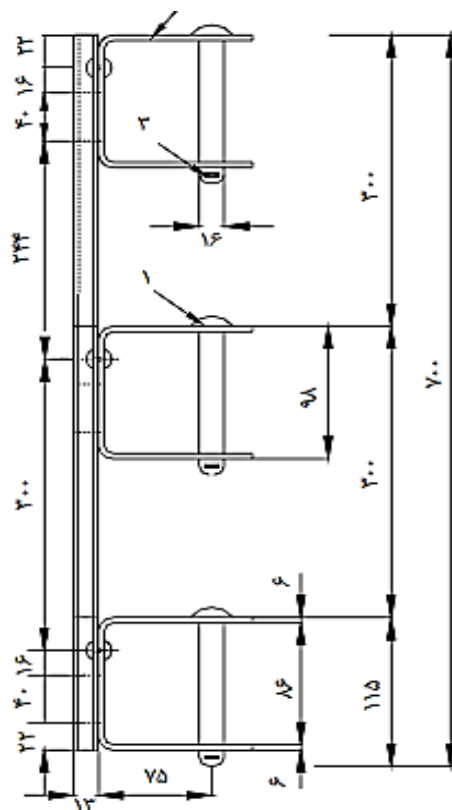
اترینه

در شبکه‌های فشار ضعیف توزیع و به منظور نگهداری مقره‌های چرخی استفاده می‌شود که جنس آن از فولاد گالوانیزه گرم می‌باشد.



راک

اصولا از راک در شبکه های فشار ضعیف روی پایه های چوبی ۹ متری و روی پایه های بتونی ۱۲ متری که شبکه های ۲۰ kv بالای آن احداث شده است استفاده می گردد . راکها از یک تسمه فولادی گالوانیزه تشکیل شده است که تعدادی **اترینه** بر روی آن جوش خورده است. راک ها معمولا دو مقره ای و سه مقره ای و پنج مقره ای هستند



جلوبر

برای این که حریم افقی خطوط فشار ضعیف به هم نخورد و فاصله خط تا ساختمان ها و بالکن منازل حفظ شود از بازوی جلوبر استفاده می شود، همچنین در طرفین ترانسفورماتور برای ایجاد فضای کافی جهت اتصال کابل های فشار ضعیف خروجی از تابلو به شبکه و نیز فضای کافی نسبت به ترانسفورماتور و مانور بهتر از این سازه استفاده می شود



کلمپ آویز

این کلمپ برای نصب کابل‌های خودنگهدار با مهار روکشدار بر روی پایه به همراه براکت یا پیچ دم خوکی مورد استفاده قرار می‌گیرد این کلمپ قابلیت استفاده در خطوط مستقیم و زاویه دارد با زاویه حداکثر درجه را دارا است



کلمپ کشی کابل خودنگهدار

این کلمپ برای اتصال سیم مهار روکشدار در پایه انتهایی و همینطور در زاویه های بیش از ... درجه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

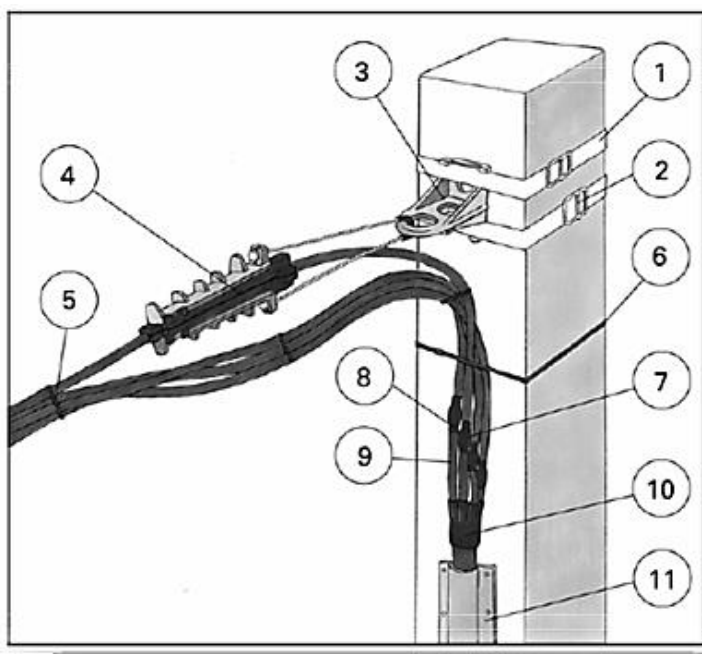


کلمپ نصب رو دیوار

بمنظور کابل کشی روی دیوار جهت عبور کابل سرویس یا بمنظور عبور کابل اصلی از روی دیوار کاربرد دارد



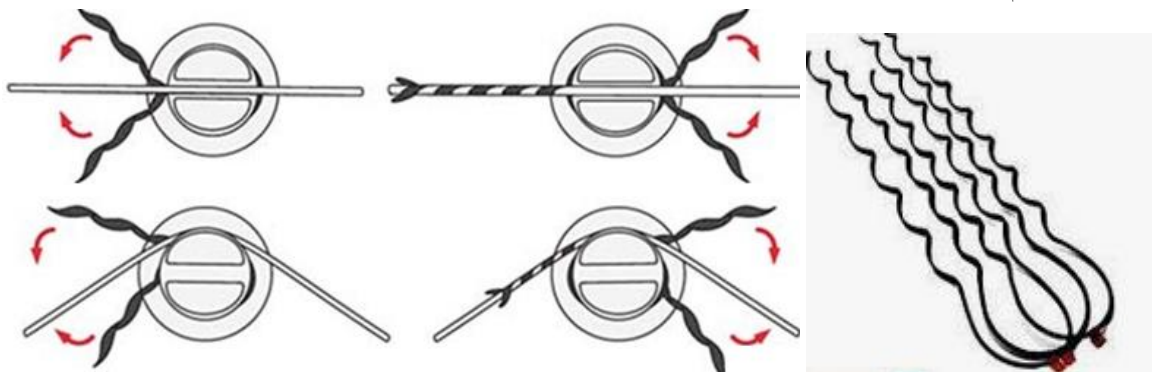
پراق آلات متصل به تیرهای برق کابل های خونگهدار



شماره	ملاحظات و تعریف نقاط
۱	اتصال براکت با ییج و مهره یا اتصال با تسمه های استیل ضد زنگ
۲	سگک تسمه های استیل
۳	پایه کلمپ تکیه گاهی
۴	کلمپ تکیه گاهی
۵	بست کابل
۶	بست کابل
۷	اتصالات مکانیکی
۸	تیوب عایق سازی رطوبت
۹	تیوب حفاظت
۱۰	واسط کابل (شلوار کابل)
۱۱	حفاظت pvc کابل

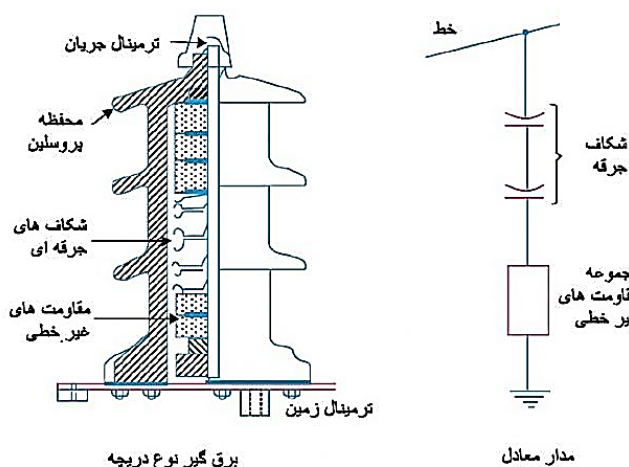
اصلی کردن یا باندینگ

به ثابت نگه داشتن هادی های هوایی بر روی مقره ها اصلی کردن می گویند. در روش قدیمی توسط سیم های آلومینیومی و در روش جدید از سیم اصلی روکش دار استفاده می شود. قسمت به هم تنیده اصله را دور مقره قلاب کرده و قسمت مارپیچ آن را به دور کابل می پیچانیم بر روی هر مقره دو اصله استفاده می شود.



برقگیر

برقگیر از وسایل ایمنی می باشد که برای هدایت موج های ولتاژ ضربه ای به زمین و جلوگیری از ورود آن ها به ایستگاه های انتقال و توزیع نیرو بکار می رود. معمولاً در انتهای خط انتقال و در ورودی ترانس ها نصب می شود. ولتاژ شکست الکتریکی یک برقگیر بایستی کمتر از ولتاژ شکست الکتریکی ایزولاسیون لایه تجهیزات نصب شده در پست باشد .



انواع برقگیر

- 1 برقگیر شاخکی یا فاصله هوایی GAP
- 2 برقگیر سیلسکون کارباید Silicon Carbide – Sic
- 3 برقگیر اکسید روی MOV(Metal Oxide Varistor-Zno)



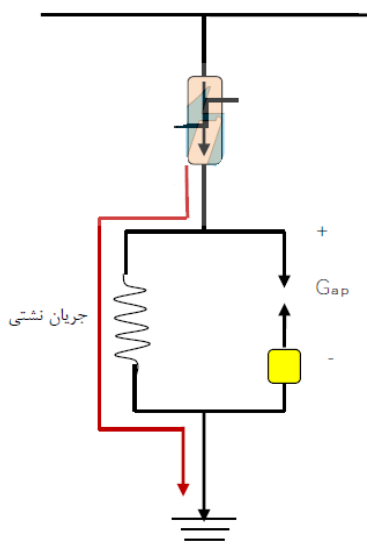
دیسکانکتور برقی

دیسکانکتور در برقی‌های سطح توزیع کاربرد دارد به منظور قطع سیم اتصال زمین برقی به هنگام بروز عیب داخلی در برقی است. یکی از مشکلات عمده بهره برداران خطوط توزیع پس از سوختن برقی‌ها در تشخیص برقی سوخته و برطرف کردن خطای اتصال کوتاه ناشی از آن در شبکه می باشد. برای حل این مشکل دیسکانکتور به عنوان یک تجهیز قابل استفاده به همراه برقی‌های اکسید روی در خطوط توزیع به کار می رود. جلوگیری از اتصال کوتاه دائمی شبکه هنگام سوختن برقی و امکان مشاهده و تشخیص برقی سوخته جهت سهولت در شناسایی و تعویض از وظایف دیسکانکتور برقی می باشد.



روش عملکرد دیسکانکتور

اگر جریان نشتی برقی به هر دلیلی افزایش یابد، با توجه به مدار زیر، باعث بالا رفتن ولتاژ دو سر فاصله هوایی (Gap) خواهد شد و که این افزایش اگر به حد شکست فاصله هوایی برسد، مسیر فاصله هوایی هادی شده که منجر به عبور جریان از این مسیر خواهد شد. لذا با توجه به وجود المان حساس به جریان که بصورت سری با فاصله هوایی قرار گرفته است، سوخته و نهایتاً باعث جداسدن کامل دیسکانکتور از برقی خواهد شد. و برقی را از زمین ایزوله خواهد کرد.



تفنگ پرتاب سیم ارت

تفنگ پرتاب ارت دستگاه یا وسیله ای است برای تخلیه ولتاژ یا الکتریسیته باقی مانده در شبکه هوایی است. این وسیله دارای یک نیزه پرتاب ۶۰ سانتی متری و یک عدد میله ارت و ۲۰ متر سیم نازک می باشد. و همچنین تفنگ پرتاب ارت دارای یک فنر بسیار قوی است که باعث میشود نیزه پرتاب را با سرعت رها کند. و حتما باید برای استفاده از تجهیزات ارت موقت از دستکش عایق برق و کفش عایق برق استفاده نمود و به صورت کامل نکات ایمنی کار را رعایت کرد.



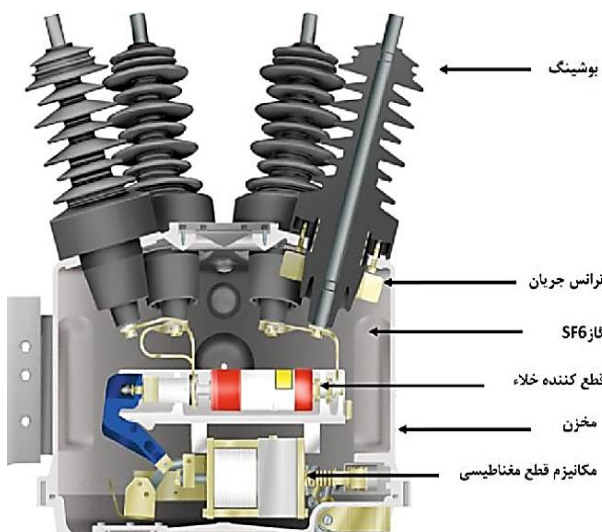
ارت موقت ۲۰ کیلوولت

در موارد تعمیرات بر روی خطوط و یا ایستگاه های برق و برای اجتناب از برق دار شدن ناگهانی (عمدی و یا سهوی) تجهیزات تحت تعمیرات که منجر به صدمات جانی و مالی به شبکه میگردد از سیستم ارت موق (به جهت تغییر مسیر جریان برق ناواسته به سمت شبکه ارت و ایجاد ایمنی برای کارگران و متخصصین استفاده میشود. بنا بر دستورالعمل وزارت نیرو به هنگام کار تعمیراتی بر روی خطوط برق و به جهت بالا بردن ضریب اطمینان بیشتر این خطوط باید از دو نقطه به زمین متصل گردند.



ریکلوزر ReCloser

ریکلوزر به عنوان یک کلید قطع و وصل اتوماتیک در شبکه های هوایی مورد استفاده قرار می گیرد که در صورت بروز عیب زودگذر قبل از آنکه جریان اتصال کوتاه وارد پست فوق توزیع گردد و باعث قطع فیدر شود، این دستگاه بطور خودکار محل اتصالی را از شبکه جدا نموده و فرصتی را پیش می آورد تا عیب حادث شده از روی شبکه برداشته شود و شبکه مجددا برقرار گردد ضمناً این عمل با توجه به تنظیم اعمال شده حداکثر ۳ بار قابل تکرار می باشد.



خازن گذاری در شبکه های توزیع

سطح ولتاژ در سیستم توزیع پایین است و در نتیجه اندازه جریانها زیاد می باشد، به همین دلیل تلفات اهمی در سیستم های توزیع در مقایسه با سیستم های انتقال از اهمیت بیشتری برخوردار است. مسئله کاهش تلفات و بهبود کارایی تحویل انرژی الکتریکی سیستم قدرت عمدتاً به بخش های توزیع الکتریکی برمی گردد. اغلب تجهیزات قدرت از قبیل موتورها و ترانسفورماتورها بعنوان بارهای سلفی و اندوکتیو هستند که در نتیجه سبب پس فاز شدن ضریب قدرت می شوند و موجبات کاهش ظرفیت سیستم افزایش تلفات سیستم و در نهایت کاهش ولتاژ را فراهم می سازند. برای رفع این مشکلات از عملکرد نصب خازن موازی استفاده می شود. کاربرد خازن موازی فواید از قبیل امکان کنترل توان راکتیو، افزایش ظرفیت سیستم، کاهش تلف توان سیستم و کاهش هزینه توزیع و انتقال را بدنبال دارد. افزودن خازنهای موازی و جبران توان غیر فعال مورد نیاز سیستم سبب کاهش تلفات اهمی توان می شود. خازن های موازی نه تنها باعث کاهش تلفات، بلکه منحنی ولتاژ، ضریب توان و پایداری ولتاژ را در سیستم بهبود می بخشد.

در روش انفرادی یا اختصاصی، خازن مستقیم به ترمینال هر بار وصل شده و همراه با بار قطع و وصل می شود. از این روش بیشتر برای جبران سازی توان راکتیو موتورهای بزرگ استفاده می شود. شکل زیر یک مصرف کننده با توان اکتیو P و توان راکتیو Q_1 و ضریب توان $\cos\theta_1$ نشان داده شده است:



برای آنکه ضریب توان به $\cos\theta_2$ برسد، نیاز است تا بانک خازنی به ظرفیت Q_c به صورت انفرادی در کنار این مصرف کننده نصب شود. ظرفیت این بانک خازنی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$



جدول انتخاب خازن جهت بهبود ضریب قدرت

COS ϕ موجود	COS ϕ مورد نیاز												
	۰/۷	۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۸	۱/۰
۰/۴	۱/۲۷	۱/۴۱	۱/۵۴	۱/۵۹	۱/۶۷	۱/۷۲	۱/۸	۱/۸۶	۱/۹۳	۱/۹۶	۲/۰	۲/۰۳	۲/۲۹
۰/۴۲	۱/۱۴	۱/۲۸	۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۵۴	۱/۵۹	۱/۶۸	۱/۷۴	۱/۸	۱/۸۳	۱/۸۷	۱/۹۵	۲/۱۶
۰/۴۴	۱/۰۲	۱/۱۶	۱/۲۹	۱/۳۴	۱/۴۲	۱/۴۷	۱/۵۶	۱/۶۲	۱/۶۷	۱/۷۱	۱/۷۵	۱/۸۳	۲/۰۴
۰/۴۶	۰/۹۱	۱/۰۵	۱/۱۸	۱/۲۳	۱/۳۱	۱/۳۶	۱/۴۵	۱/۵	۱/۵۶	۱/۶	۱/۶۴	۱/۷۲	۱/۹۳
۰/۴۹	۰/۸	۰/۹۵	۱/۰۸	۱/۱۳	۱/۲	۱/۲۶	۱/۳۳	۱/۴	۱/۴۷	۱/۴۹	۱/۵۴	۱/۶۱	۱/۸۲
۰/۵	۰/۷۱	۰/۸۵	۰/۹۸	۱/۳۰	۱/۱۱	۱/۱۸	۱/۲۵	۱/۳۱	۱/۳۷	۱/۴	۱/۴۴	۱/۵۲	۱/۷۳
۰/۵۲	۰/۶۲	۰/۷۵	۰/۸۹	۰/۹۴	۱/۰۲	۱/۰۸	۱/۱۶	۱/۲۲	۱/۲۸	۱/۳۱	۱/۳۵	۱/۴۳	۱/۶۴
۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۹۹	۱/۰۷	۱/۱۳	۱/۱۹	۱/۲۳	۱/۲	۱/۳۵	۱/۵۶
۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۶	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۹۱	۱/۰	۱/۰۵	۱/۱۲	۱/۱۵	۱/۱۸	۱/۲۷	۱/۴۸
۰/۵۸	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۹۸	۱/۰۴	۱/۰۷	۱/۱۱	۱/۱۹	۱/۴
۰/۶	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۹۱	۰/۹۸	۱/۰۱	۱/۰۵	۱/۱۳	۱/۳۴
۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۹	۰/۹۳	۰/۹۷	۱/۰۶	۱/۲۶
۰/۶۴	۰/۱۸	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۵	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹	۰/۹۹	۱/۲
۰/۶۶	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۹۳	۱/۱۴
۰/۶۸	۰/۰۶	۰/۲	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۸۷	۱/۰۸
۰/۷	-	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۸۱	۱/۰۲
۰/۷۲	-	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۴	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۹۶
۰/۷۴	-	۰/۰۳	۰/۱	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۷	۰/۹
۰/۷۶	-	-	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۸۵
۰/۷۸	-	-	-	۰/۱	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۸
۰/۸	-	-	-	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۷۵
۰/۸۲	-	-	-	-	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۹	۰/۹۶
۰/۸۴	-	-	-	-	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۶۴
۰/۸۶	-	-	-	-	-	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۹	۰/۵۹
۰/۸۸	-	-	-	-	-	-	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵۴
۰/۹	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۴۸

جدول انتخاب خازن برای بهبود ضریب قدرت در پست های زمینی

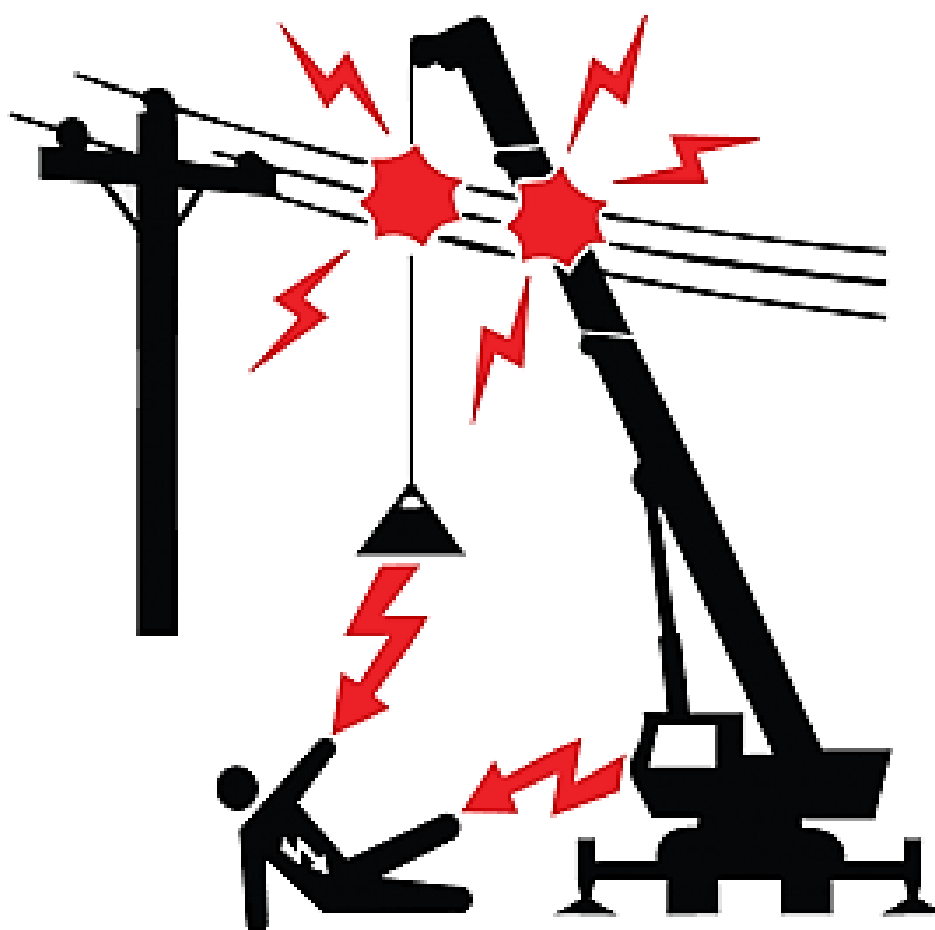
ظرفیت ترانس (KVA)	خازن مورد نیاز (KVAR)
۵۰۰	۳۰
۶۳۰	۵۰
۸۰۰	۷۰
۱۰۰۰	۸۰
۱۲۵۰	۱۰۰
۱۶۰۰	۱۳۰
۲۰۰۰	۱۵۰



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل ششم

حریم شبکه های توزیع



حریم خطوط هوایی انتقال و توزیع نیروی برق

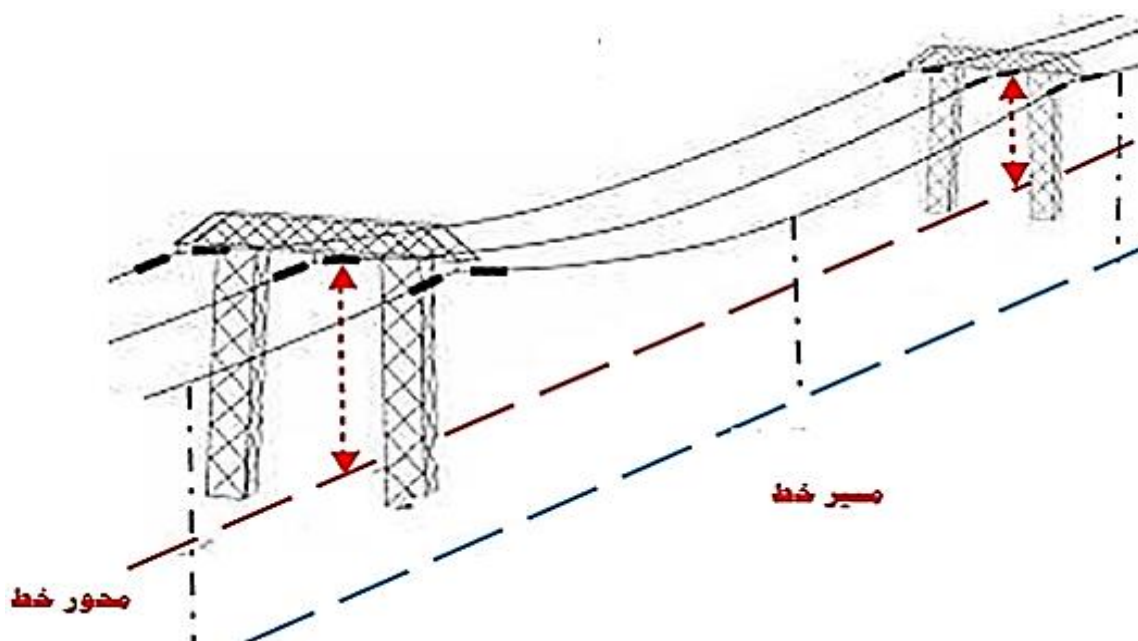
در احداث یا اصلاح خط هوایی و یا تأسیسات الکتریکی با هادی‌های لخت و بدون روپوش عایق، فواصل هوایی مجاز بین این خطوط برق‌دار و زنده با عناصر و طبیعت اطراف آن طبق قوانین ارائه شده در کلیه کشورهای جهان و تحت عنوان >حریم خطوط انتقال و توزیع نیروی برق< رعایت می‌شوند. از جمله این استانداردها، می‌توان به موارد منتشرشده در NES-1990 اشاره نمود. در ایران نیز قانون و تصویب‌نامه‌هایی در این رابطه صادر و حاکم می‌باشند. این محدودیت‌ها و ضوابط، باید توسط کلیه طراحان، مهندسین و ناظرین موردتوجه قرار گرفته و به نحو مقتضی رعایت شوند و حتی در صورت احتیاج به خرید یا تصرف اراضی، ابنیه و مستحذات، موارد را در پروژه‌ها مشخص نمایند. حریم خطوط انتقال و توزیع نیروی برق هوایی، باید با توجه به ولتاژ برق و براساس استانداردهای وزارت نیرو و تصویب‌نامه مربوطه رعایت شود

تعاریف

خط برق: مجموعه‌ای از تجهیزات و متعلقات نظیر پایه، دکل، هادی، مقره، و کابل که به منظور انتقال و توزیع نیروی برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محور خط: خط فرضی رابط بین مرکز پایه‌ها در طول خطوط هوایی و در کابل‌های زمینی و زیر سطح آب در طول خط.

مسیر خط: نواری در طول خطوط برق، که در خطوط هوایی حاصل از تصویر هادی‌های جانبی خط بر روی زمین و در کابل‌های زمینی و زیر سطح آب، منطبق با عرض مستحذته مربوطه است.



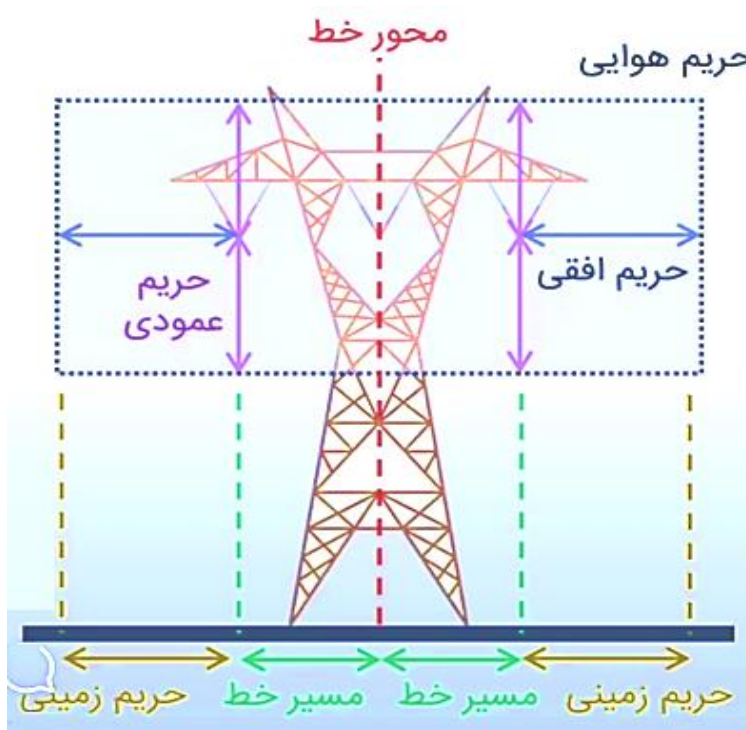
حریم خطوط نیروی برق: حریم خطوط نیروی برق به دو نوع زمینی و هوایی تقسیم می‌شود:

① **حریم زمینی:** دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن از سطح زمین که عرض هریک از این دو نوار در این تصویب‌نامه تعیین شده‌است.

② **حریم هوایی:** نقاطی در هوا در امتداد هادی و به شکل مستطیل، ناشی از اعمال حریم‌های افقی و عمودی به شرح زیر که هادی جریان برق در مرکز آن قرار می‌گیرد:

③ **حریم عمودی:** فاصله عمودی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای قائم که در این تصویب‌نامه تعیین شده‌است.

④ **حریم افقی:** فاصله افقی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای افق که در این تصویب‌نامه تعیین شده‌است.

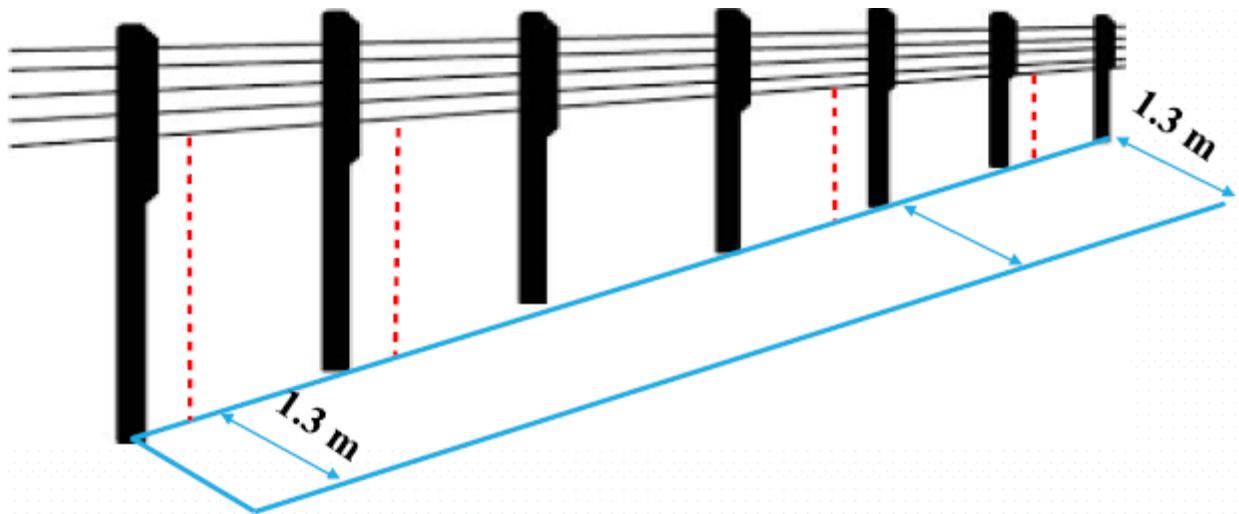


حریم خطوط انتقال و توزیع

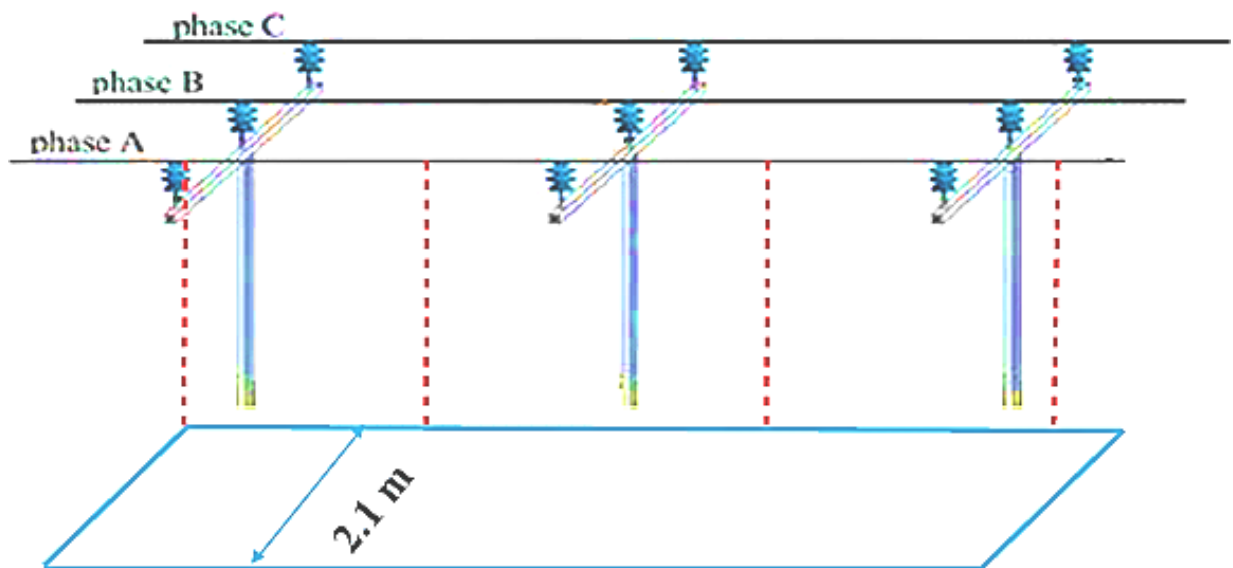
ولتاژ حریم	کمتر از 1kv	از 1kv تا 20kv	33kv	63kv	132kv	230kv	400kv	765kv
حریم زمینی	۱/۳ متر	۲/۱ متر	۳/۵ متر	۸ متر	۹ متر	۱۱/۹ متر	۱۴ متر	۲۵ متر
حریم افقی	-	-	-	۳ متر	۴/۵ متر	۶/۵ متر	۹ متر	۲۰ متر
حریم عمودی	-	-	-	۶ متر	۷ متر	۸ متر	۱۰ متر	۱۵ متر

حریم خطوط هوایی فشار ضعیف ۴۰۰/۷

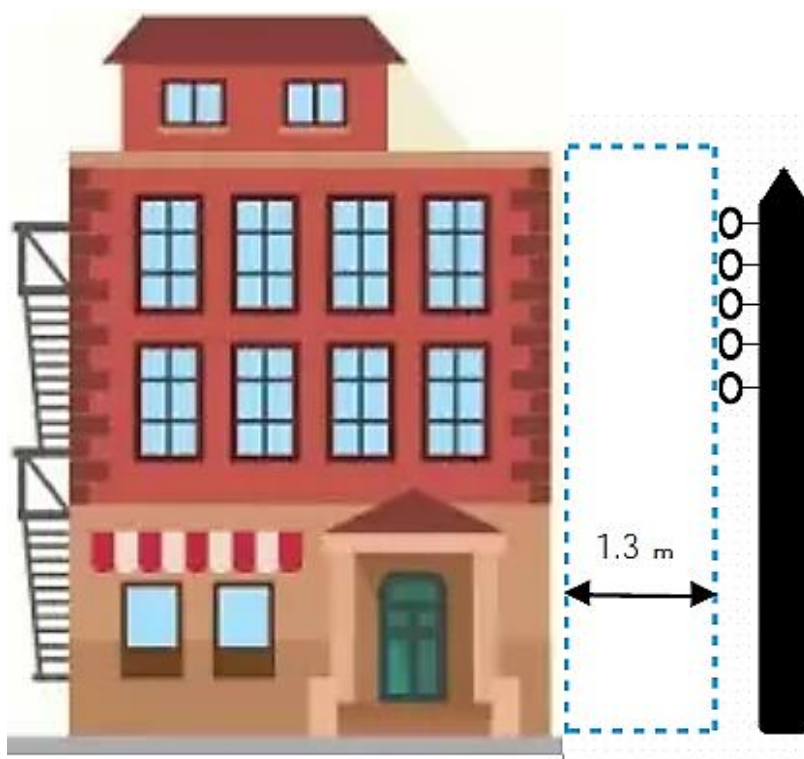
حریم خطوط نیروی برق کمتر از یک هزار ولت، به صورت ۱.۳ متر است.



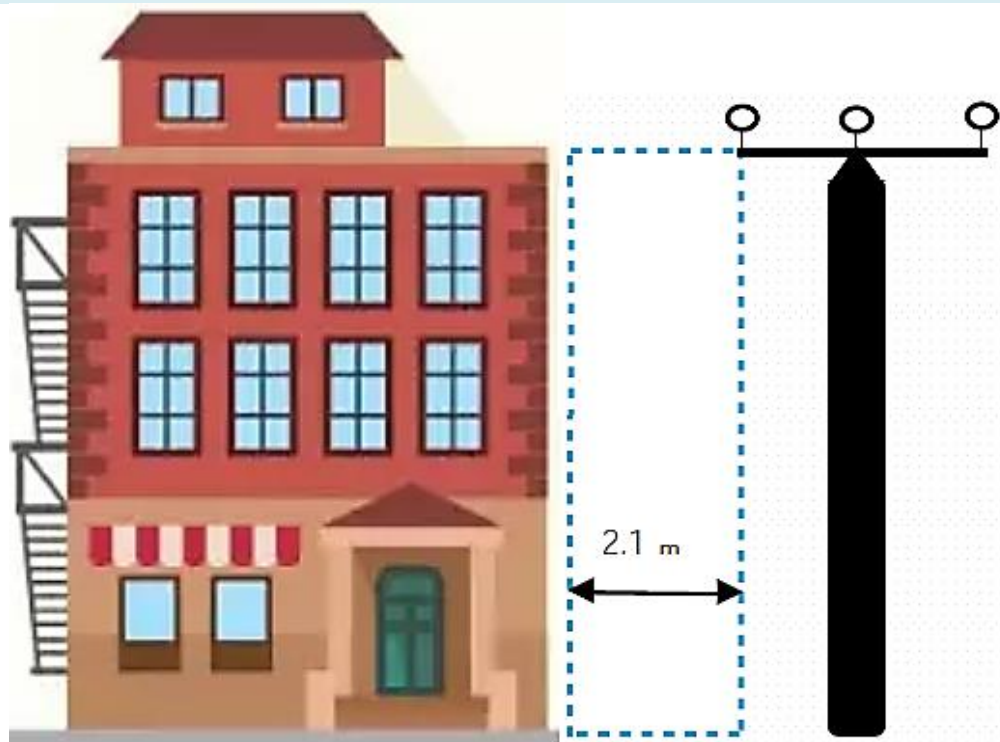
حریم خطوط هوایی فشار متوسط ۲۰KV



حریم خطوط هوایی ۵ سیمه فشار ضعیف ۴۰۰ ولت از ساختمان ها



حریم خطوط هوایی فشار متوسط ۲۰KV از ساختمان ها

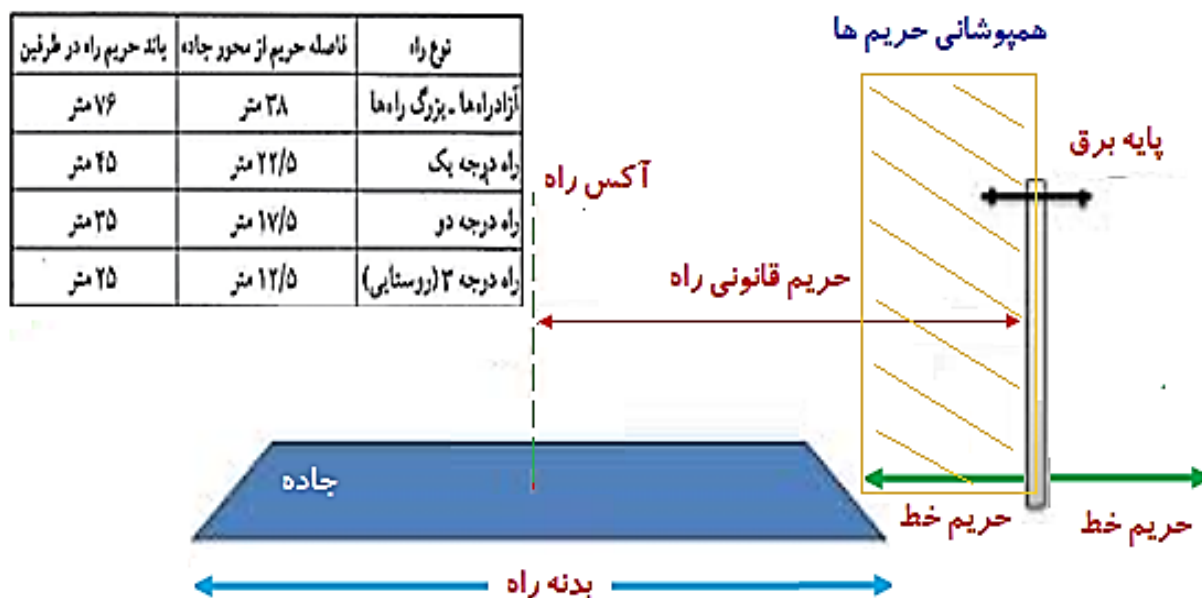


شماره	توضیحات	متراز به متر
۱	حداقل فاصله افقی تیر فشار ضعیف و متوسط از شاخ و برگ درختان	۳
۲	حداقل فاصله افقی تیر فشار ضعیف تا بالکن یا دیوار مسکونی	۱/۳
۳	حداقل فاصله عمودی سیم فشار متوسط تا پشت بام منزل مجاور	۴
۴	حداقل فاصله عمودی سیم فشار ضعیف تا پشت بام منزل مجاور	۳
۵	حداقل فاصله تیر فشار متوسط تا بالکن یا دیوار مسکونی	۲
۶	حداقل فاصله سیم ۲۰ kV تا خط راه آهن	۹/۲
۷	حداقل فاصله سیم ۷۵۰-۰ ولت و مهار تا خط راه آهن	۸/۲
۸	حداقل زاویه بین امتداد راه آهن با جاده و خط فشار ضعیف و متوسط	۳۰ درجه
۹	حداقل فاصله خط ۲۰ kV تا سطح زمین در مناطق شهری و روستایی	۶/۲
۱۰	حداقل فاصله خط ۲۰ kV تا سطح زمین به موازات جاده های فرعی	۶/۲
۱۱	حداقل فاصله خط ۲۰ kV تا سطح زمین در عبور از جاده های اصلی	۷/۵
۱۲	حداقل فاصله خط ۴۰۰ kV تا سطح زمین در مناطق شهری و روستایی	۵/۵
۱۳	حداقل فاصله خط ۴۰۰ kV تا سطح زمین به موازات جاده های فرعی	۴/۶
۱۴	حداقل فاصله خط ۴۰۰ kV تا سطح زمین در عبور از جاده های اصلی	۶/۵
۱۵	حداقل فاصله خط ۲۰ kV از کابل مخابرات	۲/۲
۱۶	حداقل فاصله خط ۲۰ kV از خط فشار ضعیف	۱/۵
۱۷	حداقل فاصله خط ۲۰ kV از سیمهای مهار و اسبن و زمین	۲
۱۸	حداقل فاصله خط ۲۰ kV تا خط دیگرم فشار متوسط	۳
۱۹	حداقل فاصله بین خط ۲۰ kV تا خط فشار قوی ۶۳ kV	۱۷/۸۶
۲۰	حداقل فاصله افقی خط فشار قوی ۶۳ kV تا سطح زمین	۲۳
۲۱	حداقل فاصله بین هادیهای خط ۲۰ kV	۱/۱۲
۲۲	حداقل فاصله بین هادیهای فشار ضعیف	۰/۳
۲۳	حداقل فاصله خط فشار ضعیف تا خط فشار ضعیف دیگرم	۰/۶
۲۴	حداقل فاصله خط فشار ضعیف از خط مخابرات	۱/۲
۲۵	حداقل فاصله خط فشار ضعیف تا مهار و اسبن سیمهای زمین	۰/۶
۲۶	حداقل فاصله خط سیم مهار از کابل مخابراتی	۰/۶

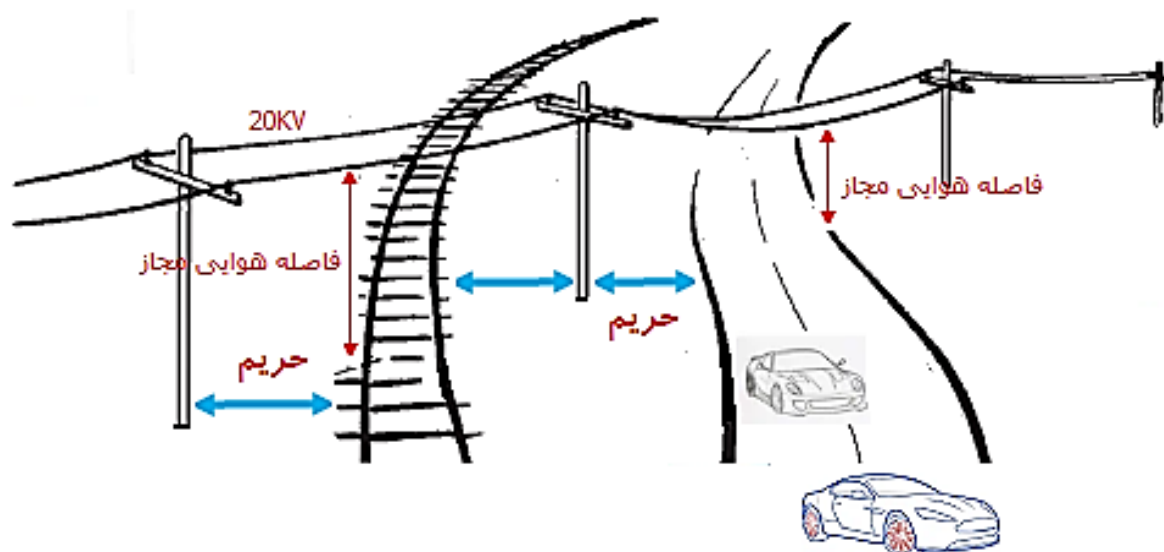
شماره	توضیحات	فاصله به سانتیمتر
۱	حداقل فاصله دو کابل فشار ضعیف یا دو کابل فشار قوی از یکدیگر	۲۰
۲	حداقل عمق کانال برای فشار ضعیف ۲۸۰/۲۲۰	۷۰
۳	حداقل عمق کانال برای فشار متوسط ۲۰ KV	۱۰۰
۴	حداقل فاصله کابل برق از کابل مخابرات	۳۰
۵	حداقل فاصله کابل برق از جاده آب	۳۰
۶	حداقل فاصله کابل فشار ضعیف و قوی از همدیگر	۳۰
۷	حداقل فاصله تقاطع کابل برق با مخابرات	۳۰
۸	حداقل فاصله تقاطع کابل برق با لوله های آب	۳۰
۹	حداقل عمق کانال برای کابلی که عرض خطوط راه آهن از داخل لوله عبور میکند	۱۵۰
۱۰	حداقل عمق کانال جهت عبور کابل روشنایی و فشار قوی و ضعیف در یک کانال	۱۱۰
۱۱	حداقل فاصله عمودی بین کابلها و لوله های گاز در تقاطع های ۲۲۰ و ۲۸۰	۵۰
۱۲	حداقل فاصله عمودی بین کابلها و لوله های گاز در تقاطع های ۲۰ kv	۱۰۰
۱۳	حداقل فاصله کابل های زیر زمینی برق از جدار لوله های گاز در مسیر موازی ۲۸۰/۲۲۰	۱۰۰
۱۴	حداقل فاصله کابل های زیر زمینی برق از جدار لوله های گاز در مسیر موازی ۲۰ kv	۲۰۰
۱۵	حداقل عمق کانال برای کابلی که عرض خیابان ها و جاده ها از داخل لوله عبور می کند	۱۰۰
۱۶	حداقل فاصله کانال از دیوار	۷۰

حریم راه ها

به همه‌ی زمین‌هایی که برای جاده سازی و ایمنی بین حد نهایی تا محور راه در دو سو با رعایت قانون‌ها اختصاص می‌یابد حریم راه گفته می‌شود.



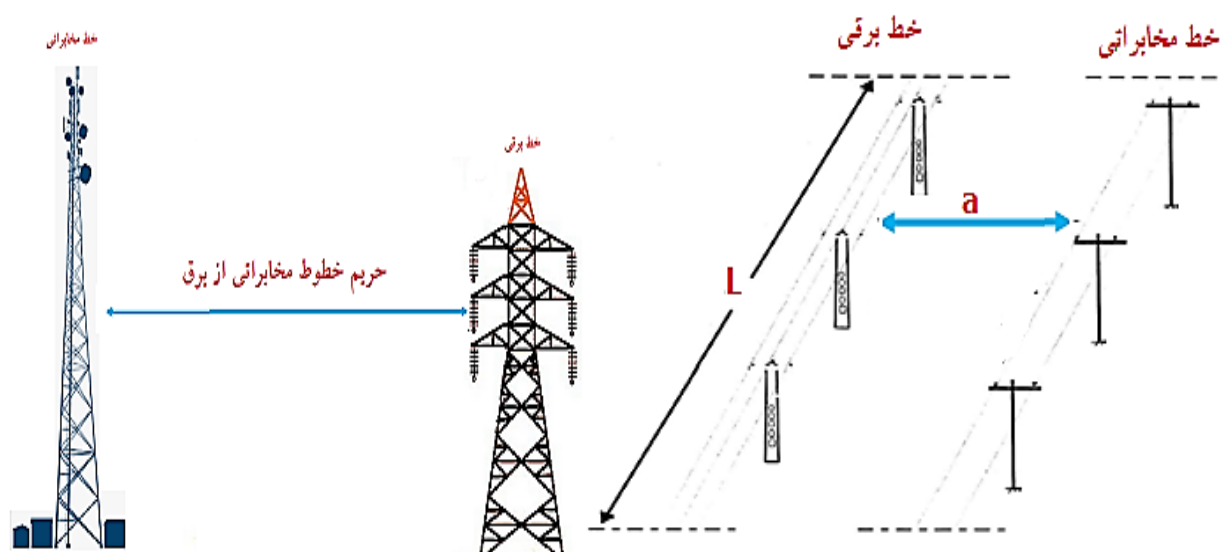
فواصل هوایی مجاز خطوط هوایی از جاده ها



تعريف سطوح يا اجسام مورد نظر				فاصله برای کابل های خودنگهدار (m)	فاصله برای سیم های هوایی (m)
				فاصله صغیر	فاصله بزرگ
هنگامی که کابل به صورت تقاطعی قرار گرفته باشد					
خطوط راه آهن به جز خطوط راه آهن برقی با استفاده از خط تقطی یا نگهدارنده بالای ریل				۷/۳	۷/۵
جاده ها ، خیابان ها و سایر مسیرهای عبور وسایل نقلیه سنگین				۴/۹	۵/۰
کوچه ها ، مسیرهای ماشین رو و محل های پارک				۴/۹	۵/۰
محل های ماشین رو مانند چراگاه ها ، زمین های کشاورزی و جنگل ها				۴/۹	۵/۰
مسیرهایی که کشت محل عبور ماشین پیاده می باشد .				۳/۶	۳/۸
آبهای غیر قابل قایقرانی و آبهای که در آنها قایقرانی ممنوع شده باشد .				۴/۴	۴/۶
آبهای غیر قابل قایقرانی و آبهایی که در آنها قایقرانی آزاد باشد					
آبهای غیر قابل قایقرانی و آبهایی که در آنها قایقرانی ممنوع شده باشد				۴/۴	۴/۶
a) با مساحت کمتر از ۰.۰۸ Km ^۲				۵/۵	۵/۶
b) با مساحت بین ۰.۰۸ تا ۰.۸ Km ^۲				۷/۹	۸/۱
c) با مساحت بالاتر از ۰.۸ تا ۸ Km ^۲				۹/۸	۹/۹
d) با مساحت بالاتر از ۸ Km ^۲				۱۱/۶	۱۱/۷
هنگامی که کابل بصورت موازی یا مسیر قرار گرفته باشد					
خیابان ها ، جاده ها ، کوچه ها				۴/۹	۵/۰
جاده های روستایی که در آنها وسایل نقلیه از کنار مسیر خط عبور نمی کنند.				۳/۴	۴/۴

حريم خطوط مخايرات

در این زمینه، با توجه به مشکلات الفایی شدت میدان الکتریکی و همچنین ایجاد پارازیت‌ها، خطوط انتقال شبکه‌های برق روی سیستم‌های مخابراتی موضوع، علاوه بر دو وضعیت خطوط نسبت به یکدیگر (شامل حالت متقاطع و حالت موازی)، رعایت دیگر شرایط مانند طول دو شبکه موازی همدیگر نیز مطرح می‌شود. در اینگونه موارد هم باید مجریان و طراحان خطوط توزیع ۲۰KV، در شرکت‌های برق نسبت به رعایت حریم کابل‌های هوایی مخابرات، با سیم‌های معمولی تلفن، نیز اقدام نمایند.



طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		طول موازی و حداقل فاصله دو شبکه		لناژ شبکه
a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	a	L	KV
M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	M	km	
۳۵	۱۶	۳۳	۱۴	۳۰	۱۲	۲۸	۱۰	۶	۹	۲۳	۷	۱۹	۵	۱۵	۳	۹	۱			۱۱
۴۷	۱۶	۴۴	۱۴	۴۱	۱۲	۳۷	۱۰	۳۵	۹	۳۱	۷	۲۶	۵	۲۰	۳	۱۲	۱			۲۰
۶۱	۱۶	۵۷	۱۴	۵۲	۱۲	۴۸	۱۰	۴۵	۹	۴۰	۷	۳۶	۵	۲۶	۳	۱۵	۱			۳۳
۸۲	۱۶	۷۸	۱۴	۷۲	۱۲	۶۶	۱۰	۶۲	۹	۵۵	۷	۴۷	۵	۳۶	۳	۲۱	۱			۶۰
۱۲۱	۱۶	۱۱۲	۱۶	۱۰۵	۱۲	۹۶	۱۰	۹۱	۹	۸۰	۷	۶۸	۵	۵۲	۳	۳۰	۱			۱۳۲
۱۶۰	۱۶	۱۴۹	۱۴	۱۳۸	۱۲	۱۲۶	۱۰	۱۱۶	۹	۱۰۶	۷	۸۹	۵	۶۹	۳	۴۸	۱			۳۳۰
۲۱۱	۱۶	۱۹۷	۱۴	۱۸۳	۱۲	۱۶۷	۱۰	۱۵۸	۹	۱۱۹	۷	۱۱۸	۵	۹۱	۳	۵۳	۱			۴۰۰

جدول تعیین کمترین فاصله برای دو شبکه در فاصله‌های متفاوت و در ولتاژهای شبکه مختلف (شبکه مخابرات و شبکه برق)

خطوط انتقال فرآورده‌های نفتی مانند لوله‌های گاز یا لوله‌های نفت (چه به صورت دفن شده یا روی زمین)، نیز مانند دیگر تاسیسات عمومی باید در زمان برداشت مسیر عبور خطوط هوایی شبکه‌های توزیع، توسط طراحان، روی نقشه‌های پلان و پیکناژ مشخص شوند و میزان فواصل مجاز و حریم این خطوط لوله، باید از وزارت نفت استعلام گردد. حداقل فاصله سیم خط هوایی شبکه ۲۰ کیلوولت، از لوله‌های گاز در محل تقاطع، ۸ متر و برای خط ۶۳ کیلوولت ۹ متر خواهد بود:

حداقل فاصله نزدیک‌ترین فونداسیون پایه، از محور لوله در محل تقاطع، برای شبکه ۲۰ کیلوولت ۲۰ متر، و برای شبکه‌های ۶۳ کیلوولت و بالاتر حداقل ۳۰ متر، می‌باشد. در این‌گونه موارد، کلیه پایه‌های فلزی انتقال نیرو، که در فاصله ۲۰۰ متری خطوط لوله قرار دارند باید مجهز به اتصال زمین باشند.

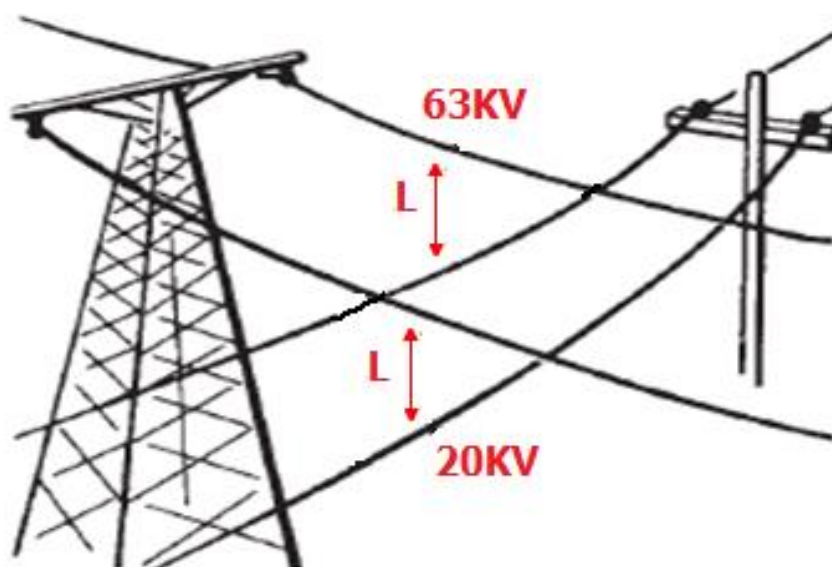
در مواقع احداث خطوط هوایی توزیع، در انتهای حریم لوله‌های نفت و گاز، به صورت مسیر موازی، لازم است حداقل فاصله نزدیک‌ترین فونداسیون پایه از جوار لوله‌های گاز، در شبکه ۲۰ کیلوولت، و برای مسیرهای موازی، کمتر از ۵ کیلومتر، ۲۰ متر و برای مسیرهای موازی بیشتر از ۵ کیلومتر، حداقل فاصله ۳۰ متر رعایت شود. به طور معمول مسیرهای عبور لوله‌های دفن شده نفت و گاز قبلاً به صورت یک باند جاده‌ای آزادسازی و مشخص شده است، که فاصله و محل لوله دفن شده، در استعلام، توسط ادارات خطوط لوله نفت و گاز اعلام می‌شود.



حریم دو خط انتقال با ولتاژ های مختلف

فاصله عمودی: فاصله دو هادی متقاطع واقع شده در دو پایه مختلف، بر حسب ولتاژ خط بالایی نسبت به خط پایین بر حسب جدول به دست خواهد آمد. در نقاط خطوط انتقال با ولتاژ های مختلف، خط با ولتاژ کمتر، در سطح پایین تر قرار می گیرد. در این جا، لازم به توضیح است که به طور معمول در تقاطع، دو فیدر با ولتاژ یکسان فشار متوسط (۲۰ کیلوولت) از نقاط گره به صورت کراس آرم های متقاطع، واقع بر روی یک پایه استفاده می شود.

فاصله افقی: دو خط انتقال با ولتاژ های مختلف، در صورتی که هر دو روی یک پایه نباشند به خصوص برای رعایت فاصله موازی خط ۲۰ کیلوولت، در امتداد خطوط فشار قوی، مانند ۶۳ کیلوولت و با ۱۳۲ و ۲۳۰ کیلوولت (که امروزه به دلیل مشکلات آزادسازی حریم عبور، از حریم های آزاد شده قبلی، این خطوط فشار قوی کشیده و استفاده می شود)، باید از نظر رعایت شدت ولتاژ القایی و مشکلات بعدی برای بهره برداری و ایمنی مورد توجه قرار گیرد. در اینگونه موارد، ضمن حداقل کردن میزان طول موازی کشیده شده در خط، تا حد امکان از ۳ متر داخل از انتها الیه حریم درجه ۲ در خطوط انتقال، استفاده می شود و کلیه این پایه دارای پلاک اعلام خط ولتاژ القایی حتی برای مواقع بی برقی خط ۲۰ کیلوولت برای رعایت موارد ایمنی و ارت کردن در زمان عملیات خواهند بود.



فاصله عمودی دو هادی متقاطع واقع شده در دو برج مختلف (بر حسب متري)

خط بالایی خط پایینی	خطوط مخابراتی	تا 1 KV	از 1 KV تا 38KV	از 38 KV تا 86KV	132 KV	230 KV	400 KV	500 KV	750 KV	1000 KV	1200 KV
خطوط مخابراتی	۰/۶	۱/۲	۱/۸	۲/	۲/۲	۲/۶۳	۳/۶۱	۴/۱۹	۵/۶۳	۷/۰۷	۸/۱۳
تا 1 KV	۱/۳	۰/۶	۰/۶	۱/۱	۱/۲۳	۲/۰۵	۳/۰۲	۳/۳۴	۴/۷۲	۶/۲۳	۷/۴۴
از 1 KV تا 86 KV	۲/۸	۱/۲	۰/۶	۱/۲	۱/۴۶	۲/۰۳	۳/۰	۳/۵۶	۴/۹۳	۶/۲۴	۷/۶۵
132 KV	۲/۰۶	۱/۲	۱/۲۶	۱/۲۶	۱/۸۴	۲/۲۶	۳/۲۲	۴/۳۰	۵/۵۵	۷/۰۶	۸/۲۷
230 KV	۲/۶۳	۱/۲	۲/۳۰	۲/۰۳	۲/۲۹	۳/۱۰	۴/۰۵	۴/۸	۶/۱۷	۷/۶۸	۸/۹۰
400 KV	۳/۶۱	۱/۲	۳/۰	۲/۰	۳/۲۷	۴/۸۴	۵/۰۰	۵/۷۶	۷/۱۴	۸/۶۵	۹/۸۶
500 KV	۴/۱۹	۳/۳۴	۳/۵۶	۳/۷۰	۴/۳	۴/۸	۵/۷۶	۶/۵۱	۷/۸۸	۹/۲	۱۰/۶۱
750 KV	۵/۶۳	۴/۷۳	۴/۹۳	۵/۱۰	۵/۵۵	۶/۱۷	۷/۱۴	۷/۸۸	۹/۲۶	۱۰/۷۷	۱۱/۹۸
1000 KV	۷/۰۷	۶/۲۳	۶/۴۴	۶/۵۸	۷/۰۶	۷/۶۸	۸/۶۵	۹/۲	۱۰/۷۷	۱۲/۲۸	۱۳/۵
1200 KV	۸/۲۳	۷/۴۴	۷/۶۵	۷/۸۰	۸/۲۸	۸/۹۰	۹/۸۶	۱۰/۶۱	۱۱/۹۸	۱۳/۵	۱۲/۷۱

- ولتاژهای داده شده ولتاژ نامی فاز - فاز می‌شمارد.

- مقادیر ارائه شده در جدول، برای ولتاژهای بالاتر از ۸۶ کیلوولت، ۳٪ به ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع (بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا) افزایش خواهد یافت.

- در تقاطع خطوط انتقال با ولتاژهای مختلف، خط با ولتاژ کمتر در سطح پایین‌تر قرار می‌گیرد.

فواصل مجاز خطوط هایی با کابل خودنگهدار نسبت به سایر خطوط

خطوط مورد نظر	فاصله کابل خودنگهدار		فاصله سیم هوایی	
	فشار ضعیف	۲۰ کیلو ولت	فشار ضعیف	۲۰ کیلو ولت
کابل خودنگهدار ۲۰ Kv یا فشار ضعیف دیگر	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
سیم هوایی فشار ضعیف	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
سیم هوایی فشار متوسط	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
هادی یا کابل هوایی مخابرات	۰/۶	۱/۲	۱/۲	۱/۵



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل هفتم

ترانسفورماتورهای توزیع



ترانسفورماتورهای توزیع

یکی از مهم ترین اجزاء یک شبکه قدرت، ترانسفورماتورهای توزیع هستند. این ترانسفورماتورهای ماشین هایی الکتریکی هستند که انرژی را از یک مدار به مدار دیگر منتقل می کنند بدون این که ارتباطی الکتریکی بین دو مدار برقرار کنند. این انتقال انرژی از طریق میدان های مغناطیسی صورت می گیرد. ساختمان ترانسفورماتورها به گونه ای است که برای کار در ولتاژها و جریان های متناوب طراحی شده اند و نمی توانند در ولتاژها و جریان های مستقیم کار کنند.

به آن دسته از ترانسفورماتورهایی که بین مسیر انتقال انرژی از ژنراتورها به مصرف کننده ها قرار گرفته و وظیفه انتقال انرژی را به عهده دارند، ترانسفورماتورهای قدرت گفته می شود. ترانسفورماتورهای قدرت، بسته به این که در کدام سطح ولتاژ قرار گرفته باشند، به انواع ترانسهای انتقال، ترانس های فوق توزیع و ترانسهای توزیع تقسیم میشوند. ترانسهای توزیع، ترانسفورماتورهایی هستند که عمدتاً در سطح ولتاژ زیر ۳۳ کیلوولت مورد استفاده قرار میگیرند. در مجتمع های صنعتی اغلب از ترانسفورماتورهای توزیع و در سطح ولتاژهای ۳۳، ۲۰، ۱۱، ۶/۶ و ۳/۳ کیلوولت مورد استفاده قرار میگیرند

انواع ترانسفورماتورهای توزیع از لحاظ نوع ماده عایقی

۱ ترانسفورماتورهای خشک: در ترانس خشک، از عایق های رزینی یا سیلیکونی برای هسته و سیم پیچ های آنها استفاده می شود. سیم پیچ ها به طور مجزا قابل جدا شدن بوده و برای خنک شدن آنها، هوا در بالا و پایین آنها دمیده می شود. کاربرد این نوع ترانسفورماتورها در مکان هایی است که موضوع آتش سوزی بسیار حساس باشد. همچنین این ترانس ها، حداکثر تا قدرت ۱۰۰۰kVA ساخته می شوند. ترانسفورماتورهای توزیع نوع خشک به سه دسته نوع تهویه ای، نوع غیر تهویه ای و نوع درزگیری شده تقسیم می شوند که در داخل اتاق یا محیط بیرون قابل استفاده هستند.



مزایای ترانسفورماتور خشک

- ایمنی بالا برای افراد و اموال.
- نگهداری راحت و بدون آلاینده‌گی.
- نصب آسان.
- به فضای آزاد دور ترانسفورماتور کمتری نیاز دارد.
- سازگار با محیط زیست.
- توانایی و ظرفیت عالی برای پشتیبانی از اضافه بارها.
- کاهش هزینه نصب و راه اندازی سیستم های حفاظت از حریق.
- عملکرد عالی در صورت بروز زلزله.
- خطر آتش سوزی وجود ندارد.
- مقاومت عالی در برابر جریانهای اتصال کوتاه.
- به دلیل گرمای کم و دی الکتریک ، ماندگاری بالایی دارد.
- مناسب مناطق مرطوب و آلوده.

مضرات ترانسفورماتور خشک

- ترانسفورماتور خشک ماندگاری بالا دارند و احتمال خرابی سیم پیچ کمتر است. اما وقتی در سیم پیچ عیب یا ایرادی ایجاد شود باید کامل تعویض شود ، یعنی تغییر کامل سیم پیچ ولتاژ بالا و سیم پیچ ولتاژ پایین با هسته ها.
- برای توان و ولتاژ نامی مشابه ، ترانسفورماتور خشک نسبت به ترانسفورماتور خنک شونده با روغن گران تر است.

② ترانسفورماتور توزیع روغنی: تمام قسمت‌های ترانسفورماتورهای توزیع روغنی را در یک مخزن روغن قرار می‌دهند، روغن ضمن اینکه عمل عایقی بین قسمت های مختلف ترانس را انجام می‌دهد ، حرارت تولید شده را در سیم پیچ ها را به محفظه‌ی ترانس منتقل می‌کند تا عمل خنک سازی راحت تر صورت گیرد . ترانسفورماتورهای روغنی در دو نوع کنسرواتوری و همرمیک وجود دارند.

۱- ترانسفورماتورهای روغنی با منبع انبساط (کنسرواتوری)

روغن ترانسفورماتور در اثر گرم شدن منبسط می شود . در چنین حالتی روغن نباید با هوا تماس پیدا کند، در غیر این صورت خاصیت خود را از دست می دهد . به همین جهت در بالای مخزن روغن یک منبع انبساط روغن نصب شده است . این منبع از طریق یک مجرای تخلیه هوا با خارج در تماس است . به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل روغن یک فیلتر رطوبت گیر در مجرای تخلیه هوا تعبیه می شود . اگر فیلتر مدت زیادی مورد استفاده قرار گیرد رطوبت هوا را جذب می‌کند و رنگ ماده رطوبت گیر از آبی به صورتی کم رنگ تغییر می‌کند .

۲- ترانسفورماتورهای همرمیک

ترانس همرمیک دارای سه سیم پیچ اولیه ی مثلث و سه سیم پیچ ثانویه ستاره هستند. در این نوع ترانسفورماتور، منبع انبساط وجود نداشته و هیچ ارتباطی بین روغن داخل آن و هوای خارج وجود ندارد. سیم پیچ ها کاملاً داخل روغن بوده و سطح بالای روغن از گاز ازلت یا نیتروژن پر شده است و انبساط و انقباض به صورت آکاردئونی انجام می شود. عدم نیاز به تعویض روغن، کاهش مراقبت و نگهداری از آنها، کاهش فرسودگی مواد عایقی به علت قطع ارتباط با هوا، عدم نیاز به برخی تجهیزات و کاهش ارتفاع به علت حذف منبع انبساط از ویژگی های این ترانسفورماتورها است.

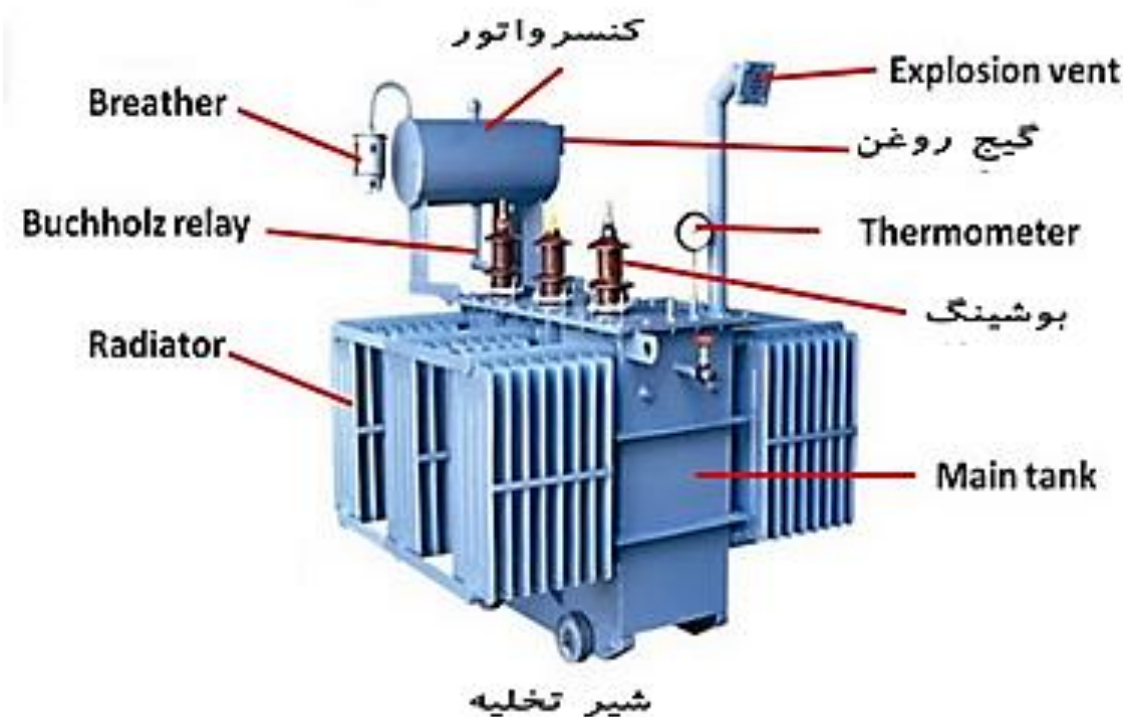


ترانسفورماتور روغنی



ترانسفورماتور همرمیک

اجزای ترانسفورماتور توزیع



مشخصات فنی ترانسفورماتورهای فشار ضعیف در دمای ۴۰ درجه

KVA قدرت اسمی	۵۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵
V ولتاژ اسمی اولیه	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
V ولتاژ اسمی ثانویه	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱
% تب اولیه	±۴	±۴	±۴	±۴	±۴	±۵	±۵
HZ فرکانس نامی	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
گروه ترانسفورماتور	yznδ	yznδ	yznδ	yznδ	yznδ	yznδ	yznδ
% ولتاژ اتصال کوتاه	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
°C درجه حرارت مجاز محیط	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
m ماکزیمم ارتفاع از سطح دریا	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
سیستم خنک کردن	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN
A جریان نامی اولیه	۱,۴۴	۲,۸۹	۳,۶۱	۴,۷۲	۵,۷۷	۷,۲۲	۹,۰۹
A جریان نامی ثانویه	۷۲,۲	۱۴۴,۴	۱۸۰,۴	۲۳۱	۲۸۹	۳۶۰	۴۴۵
W تلفات بی باری	۲۱۰	۳۴۰	۴۰۰	۴۸۰	۵۷۰	۶۱۰	۷۲۰
% جریان بی باری	۲,۸	۲,۶	۲,۵	۲,۴	۲,۴	۲,۱	۲,۰
W تلفات اتصال کوتاه در ۷۵C	۱۲۵۰	۲۱۵۰	۲۵۰۰	۳۱۰۰	۳۶۰۰	۴۴۵۰	۵۴۰۰
Kv تست ولتاژ طبق استاندارد VDL	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵
Kg وزن کل	۵۱۰	۵۹۰	۶۶۵	۷۶۰	۸۴۵	۱۰۱۰	۱۲۲۰
Kg وزن روغن	۱۲۶	۱۶۹	۱۸۴	۲۰۵	۲۱۱	۲۶۳	۳۰۵
Kg وزن قسمت متحرک	۲۲۰	۳۱۰	۳۶۰	۴۲۰	۴۸۵	۵۳۵	۶۱۰
Kg وزن مس و آلیاژهای مس	۵۳	۹۵	۱۱۰	۱۲۴	۱۶۲	۱۶۰	۱۸۵

KVA قدرت اسمی	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰
V ولتاژ اسمی اولیه	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
V ولتاژ اسمی ثانویه	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱	۴۰۰/۲۳۱
% تب اولیه	±۵	±۵	±۵	±۵	±۵	±۵	±۵
HZ فرکانس نامی	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
گروه ترانسفورماتور	Dynδ	Dynδ	Dynδ	Dynδ	Dynδ	Dynδ	Dynδ
% ولتاژ اتصال کوتاه	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
°C درجه حرارت مجاز محیط	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
m ماکزیمم ارتفاع از سطح دریا	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
سیستم خنک کردن	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN
A جریان نامی اولیه	۱۱,۵۵	۱۴,۴۵	۱۸,۱۴	۲۳,۱۰	۲۸,۸۷	۳۶,۱	۴۶,۱۹
A جریان نامی ثانویه	۵۷۷	۷۲۲	۹۰۹	۱۱۵۵	۱۴۱۳	۱۸۰۴	۲۳۰۹
W تلفات بی باری	۸۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۴۵۰	۱۷۵۰	۲۱۰۰	۲۵۵۰
% جریان بی باری	۱,۸	۱,۷	۱,۶	۱,۵	۱,۴	۱,۴	۱,۳
W تلفات اتصال کوتاه در ۷۵C	۶۴۵۰	۷۸۰۰	۹۳۰۰	۱۱۰۰	۱۳۵۰۰	۱۶۱۰۰	۱۹۸۰۰
Kv تست ولتاژ طبق استاندارد VDL	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵	۵۰/۲,۵
Kg وزن کل	۱۵۰۰	۱۷۸۰	۲۰۳۷	۲۴۳۰	۳۰۱۰	۳۷۰۰	۴۵۰۰
Kg وزن روغن	۳۸۵	۴۶۳	۵۲۵	۶۲۸	۷۶۷	۱۰۰۵	۱۱۲۵
Kg وزن قسمت متحرک	۷۳۵	۸۶۰	۱۰۱۵	۱۲۲۰	۱۴۲۰	۱۶۸۰	۲۲۴۰
Kg وزن مس و آلیاژهای مس	۲۲۹	۲۶۷	۳۲۷	۴۰۳	۴۶۲	۴۹۳	۶۰۰

محاسبه ظرفیت ترانسفورماتور

محاسبه اصولی ظرفیت استاندارد ترانسفورماتورها علاوه بر نیاز به محاسبه مقدار متوسط و مقدار حداکثر بار مصرفی به عوامل گوناگونی هم چون شرایط اقلیمی، شرایط بارگذاری و پیش بینی رشد بار در آینده بستگی دارد. اما به طور معمول، در محاسبه ظرفیت ترانسفورماتورها توسط پیمانکاران و حتی شرکت های توزیع، تنها حداکثر بار مصرفی، لحاظ شده و به همین علت، معمولاً ترانسفورماتورها با ظرفیت بالاتر از نیاز واقعی، انتخاب می شوند و نتیجه آن، ایجاد ظرفیت هایی بدون استفاده و در نهایت افزایش تلفات انرژی و هزینه را منجر می شود. اما به منظور محاسبه سرانگشتی ظرفیت ترانسفورماتور مورد نیاز، روش سستی محاسبه آن به زبانی ساده در مطلب زیر، بررسی می شود:

1 محاسبه ظرفیت ترانس بر اساس حداکثر جریان بار مورد نیاز: در صورتی که از مجموع جریان مصرف کننده ها اطلاع داشته باشیم، امکان محاسبه تقریبی ظرفیت ترانسفورماتور، بدون لحاظ نمودن سایر مولفه های موثر از جمله ضریب هم زمانی و رشد بار، از طریق جدول ظرفیت ترانسفورماتور زیر، وجود دارد. این جدول، بیشینه جریان خروجی ترانسفورماتورهای روغنی ۲۰ کیلوولت که به صورت سه فاز و یا هر فازی به تنهایی قابل تامین است؛ را نمایش می دهد.

حداکثر جریان خروجی (جریان ثانویه) ترانسفورماتورهای روغنی بیست کیلوولت

جریان خروجی (A)	ظرفیت (KVA)	جریان خروجی (A)	ظرفیت (KVA)
۵۷۷	۴۰۰	۳۶۰٫۱	۲۵
۷۲۲	۵۰۰	۷۲۰٫۲	۵۰
۹۰۹	۶۳۰	۱۴۴۰٫۳	۱۰۰
۱٫۱۵۵	۸۰۰	۱۸۰۰٫۴	۱۲۵
۱٫۴۴۳	۱۰۰۰	۲۳۱۰٫۹	۱۶۰
۱٫۸۰۴	۱۲۵۰	۲۸۹	۲۰۰
۲٫۳۰۹	۱۶۰۰	۳۶۱	۲۵۰
۲٫۸۸۷	۲۰۰۰	۴۵۵	۳۱۵

EX: اگر بیشینه جریان مصرفی یک سیستم سه فاز، ۱۹۹ آمپر در هر فاز باشد، چه ترانسفورماتوری جهت تامین برق از شبکه فشار متوسط مورد نیاز است؟

با بررسی ستون جریان خروجی مشخص می گردد که ترانسفورماتور ۱۶۰ کیلو ولت آمپر، توانایی انتقال حداکثر ۲۳۱ آمپر را دارد و مناسب نیاز کاربر خواهد بود.

② محاسبه ظرفیت ترانس بر اساس حداکثر توان حقیقی مورد نیاز: در صورتی که توان مصرفی مجموع بارها مشخص باشد، می توان مقدار تقریبی ظرفیت یا کیلو ولت آمپر ترانسفورماتور را از رابطه زیر به دست آورد.

$$ST = \frac{P_{total} \times a}{\cos \phi \times \beta}$$

S_r ظرفیت ترانسفورماتور به کیلو ولت آمپر
 P_{Total} مجموع توان حقیقی بارها به کیلو وات
 α ضریب هم زمانی است که در گروه های گوناگون مصرف، به شرح زیر است:

نوع مصرف	ضرایب همزمانی
خانگی	۰.۲۵-۰.۳۵
عمومی	۰.۷۰-۰.۸۵
تجاری	۰.۵۰-۰.۶۵
صنعتی	۰.۹۰-۱.۰۰

β . ضریب بهره برداری ترانسفورماتور که به طور متوسط و استاندارد، مقدار آن ۰.۸۵ در نظر گرفته می شود .
 $\cos \phi$. ضریب توان که در صنایع گوناگون و برای بارهای مختلف، متفاوت است.

نوع مصرف	ضریب قدرت
صنعت ساخت خودرو و قطعات آن	۰.۷۵-۰.۸۵
صنعت سیمان	۰.۸-۰.۸۵
صنعت پتروشیمی	۰.۶۵-۰.۷۵
صنعت پوشاک	۰.۳۵-۰.۶
صنایع ریخته گری	۰.۷۵-۰.۸۰
صنایع پلاستیک	۰.۷۵-۰.۸۰
صنایع رنگ سازی	۰.۶۵-۰.۷۰
میادین نفتی (بمپاژ)	۰.۴-۰.۶
معادن ذغال سنگ	۰.۶۵-۰.۸
بیمارستان ها	۰.۷۵-۰.۸۰
ساختمان های اداری	۰.۸-۰.۹

پس از محاسبه ظرفیت، به جدول ظرفیت های استاندارد ترانسفورماتور مراجعه و نزدیک ترین ظرفیت رو به بالا انتخاب می شود.

EX : چنانچه مجموع توان بارها در یک بیمارستان ۱۵۰KW باشد، ظرفیت محاسباتی سرانگشتی ترانسفورماتور چقدر است ؟

$$ST = \frac{150 \times 0.95}{0.8 \times 0.85} = 198 \text{KVA}$$

در جدول ظرفیت های استاندارد ترانسفورماتورها، مشخص می شود که ترانسفورماتور ۲۰۰ کیلو ولت آمپر، انتخاب صحیحی برای مصرف مثال بالا می باشد. ولی بهتر است از یک رنج بالاتر یعنی ترانسفورماتور ۲۵۰ کلوولت آمپر استفاده کرد

EX : اگر سه بلوک آپارتمانی که هرکدام شامل ۲۰ واحد مسکونی و هر بلوک دارای ۲۰ انشعاب ۵ کیلووات و یک انشعاب ۳۰ کیلووات باشند ظرفیت ترانسفورماتور مورد نیاز چقدر است؟

$$ST = \frac{P_{total} \times a}{\cos \phi \times \beta} = \frac{3 \times 20 \times 5 \times 0.3}{0.9 \times 0.85} = 23.5 \text{ KVA} \rightarrow 25 \text{ KVA}$$

ضریب تصحیح دما و ارتفاع از سطح دریا برای تعیین ظرفیت ترانسفورماتور

حد اکثر دما (درجه سانتیگراد)	ضریب کاهش
$t \leq 40$	۱/۰۰
$40 < t \leq 45$	۰/۸۸
$45 < t \leq 50$	۰/۸۰
$t > 50$	۰/۷۷

ارتفاع از سطح دریا (متر)	ضریب کاهش
۰ - ۱۰۰۰	۱/۰۰
۱۰۰۰ - ۱۲۰۰	۰/۹۹
۱۲۰۰ - ۱۴۰۰	۰/۹۸
۱۴۰۰ - ۱۶۰۰	۰/۹۷
۱۶۰۰ - ۱۸۰۰	۰/۹۶
۱۸۰۰ - ۲۰۰۰	۰/۹۵
۲۰۰۰ - ۲۲۰۰	۰/۹۴
۲۲۰۰ - ۲۴۰۰	۰/۹۳
۲۴۰۰ - ۲۶۰۰	۰/۹۲

رابطه بین توان ترانس با (کابل، سیم فیوز، آمپر کلید)

قدرت ترانس	جریان اولیه	جریان ثانویه	آمپراژ کلید انوماتیک	کابل ورودی به تابلو	کابل خروجی از تابلو	سیم فیوز
۲۵	۰.۷۲	۳۶	۳۲	$16 \times 25 \times 3$	16×4	۳
۵۰	۱.۴۴	۷۲	۱۰۰-۸۰	$25 \times 50 \times 3$	$16 \times 25 \times 3$	۳
۱۰۰	۲.۸۸	۱۴۴	۲۰۰-۱۶۰	$25 \times 70 \times 3$	$25 \times 50 \times 3$	۶
۲۰۰	۵.۷۶	۲۸۸	۴۰۰-۳۲۰	$(120 \times 1) 4 \times 750 + 150 \times 3$	$25 \times 50 \times 3$	۱۰
۳۱۵	۹.۰۷۲	۴۵۳.۶	۵۰۰	$(185 \times 1) 4 \times (70 + 120 \times 3) 2$	$25 \times 70 \times 3$	۱۲
۴۰۰	۱۱.۵۲	۵۷۶		$185 \times 1 + (240 \times 1) 2 \times (70 + 150 \times 3) 2$		۱۵
۵۰۰	۱۴.۴	۷۲۰		$(400 \times 1) 4$		۲۰
۶۳۰	۱۸.۱۴۴	۹۰۷.۲		$300 \times 1 + (500 \times 1) 3$		۲۰
۸۰۰	۲۳.۰۴	۱۱۵۲		$300 \times 1 + (500 \times 1) 3$		۲۵
۱۰۰۰	۲۸.۸	۱۴۴۰				۳۰

خنک کردن ترانسفورماتور

تلفاتی که در هسته و سیم پیچ های ترانس به وجود می آید به حرارت تبدیل می شود که موجب پایین آمدن راندمان و عمر ترانسفورماتور می شود، پس باید به روشی حرارت ایجاد شده در ترانس دفع شود . در ترانس های قدرت عمل خنک کنندگی توسط روغن (O) ، هوا (A) ، گاز (G) ، مایعات غیرروغنی (L) صورت می گیرد، که ممکن است به صورت طبیعی (N) یا توسط فن هوا (F) یا پمپ روغن با فشار غیرمستقیم داخل تانک (F) یا با فشار مستقیم به داخل هسته و سیم پیچ ها (D) انجام گیرد.

اگر هوا (Air) به صورت طبیعی (Nautral) ترانس را خنک کند با کد AN نشان داده می شود .

اگر هوا (Air) توسط فن (Forsed) ترانس را خنک کند با کد AF نشان داده می شود .

اگر روغن (Oil) به صورت طبیعی (Nautral) ترانس را خنک کند با کد ON نشان داده می شود .

اگر روغن (Oil) به وسیله پمپ (Forsed) ترانس را خنک کند با کد OF نشان داده می شود.

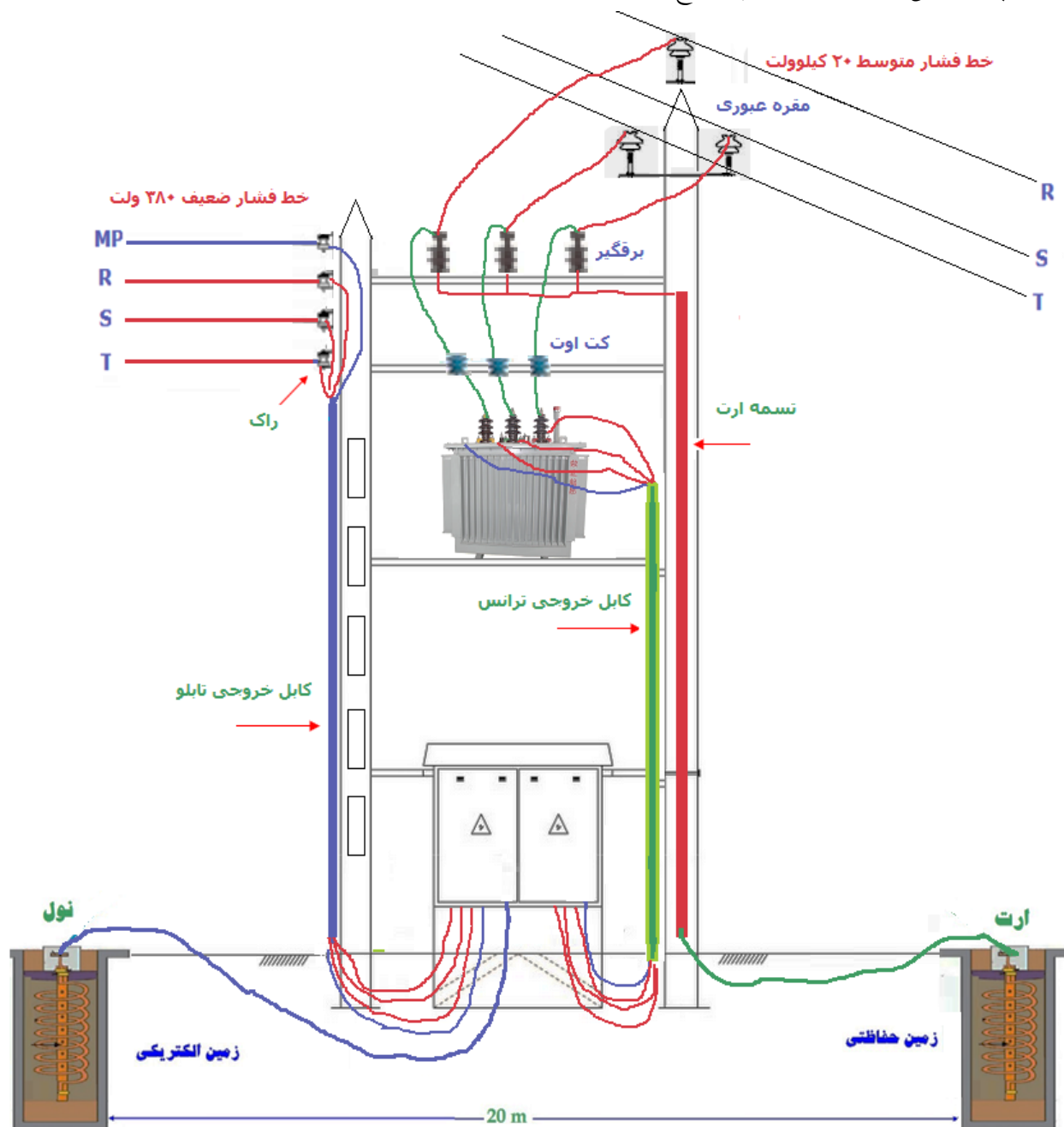


برای ترانس یک کد خنک کنندگی چهار حرفی تعریف می شود که معروفترین آن **ONAF** است.

نوع خنک کنندگی	علامت اختصاری
ترانسپایی که با هوا وبصورت طبیعی خنک می شوند.	AN
ترانسپایی که با هوا توسط فن خنک می شوند.	AF
ترانسپایی که سیم پیچ وبدنه هر دو با هوا بصورت طبیعی خنک می شوند.	ANAN
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته بصورت طبیعی وبدنه با فن خنک میشود.	ANAF
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته باروغن وبدنه با هوا بصورت طبیعی خنک میشوند.	ONAN
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته با گردش طبیعی روغن وبدنه با فن خنک میشوند.	ONAF
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته با روغن وبدنه با گردش آب خنک می شوند.	ONWF
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته با روغن توسط پمپ وبدنه با هوا وبصورت طبیعی خنک می شوند.	OFAN
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته باروغن وسط پمپ وبدنه با فن خنک می شوند.	OFAF
ترانسپایی که سیم پیچ وهسته با روغن توسط پمپ وبدنه توسط گردش آب خنک می شوند.	OFWF

پست توزیع هوایی

پست هوایی مجموعه ای از تجهیزات مشتمل بر ترانسفورماتور، تابلوی فشار ضعیف، کات اوت فیوز، برقگیر و ... است که در هوای آزاد و بر روی پایه نصب می گردد. پست های هوایی به فیدرهای فشار متوسط متصل می شود و ولتاژ فشار متوسط را به ولتاژ مصرف کاهش می دهند. پست های هوایی نسبت به پست های زمینی ارزان تر تمام می شوند و این ارزانی به این خاطر است که جای کمی را اشغال می کنند و مانند پست های زمینی سکسیونر و دژنکتور و ... ندارند. این پست ها حداکثر تا ظرفیت ۵۰۰ کیلوولت آمپر ساخته می شوند و برای ظرفیت های بالاتر به اجبار باید از پست های زمینی استفاده کرد. استفاده از ترکیب این پست با پست زمینی در طول یک انشعاب ممنوع است.



روغن نما ترانسفورماتور

نشان دهنده سطح روغن بایستی قابل رویت از سطح زمین بوده و روی سطح خارجی کنسرواتور نصب گردد .
عقربه نشان دهنده باید نمایانگر سطوح حداکثر، حداقل و عادی روغن باشد. برای نشان دادن سطح روغن روی منبع انبساط نصب و دارای علامتهای $+20^{\circ}\text{C}$ و Min و Max است.



ترمومتر

نشان دهنده درجه حرارت سیم پیچ و روغن : نشان دهنده عقربه ای درجه حرارت روغن به همراه حس گر آن در گرم ترین مکان روغن نصب میگردد.



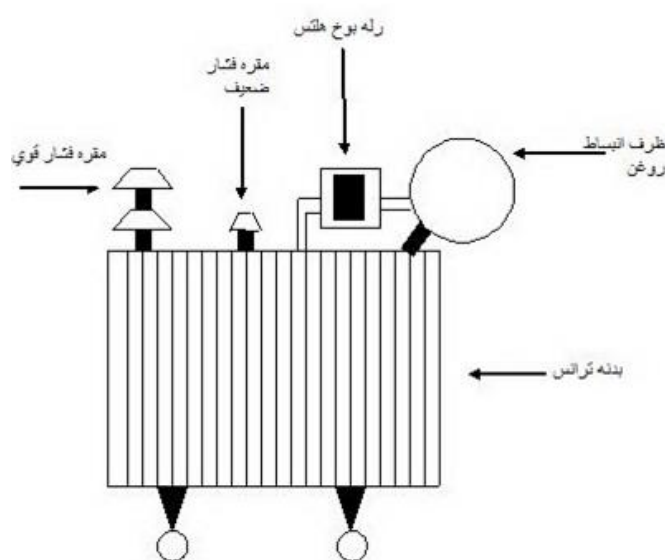
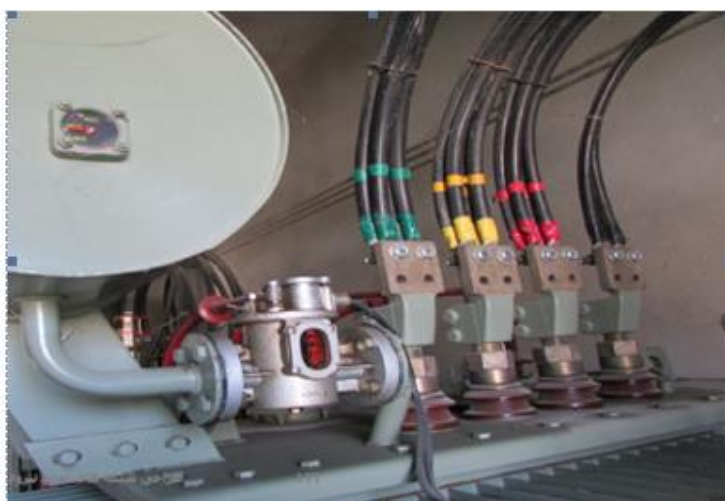
شیر تخلیه و نمونه برداری روغن

جهت تخلیه و یا تصفیه روغن ترانسفورماتورها در مواقع لزوم از شیر نمونه برداری و تخلیه روغن استفاده می شود.



رله بوخهلتس

رله بوخهلتس قابلیت شناسایی انواع مختلف خطاها را دارد و به محض تشخیص، مدار را قطع می‌کند تا از آسیب‌دیدگی ترانسفورماتور جلوگیری شود. شکل زیر طرح کلی رله بوخهلتس در ترانسفورماتور را نشان می‌دهد. رله بوخهلتس، یک محفظه روغن است که از طریق اتصالات لوله‌ای بین مخزن اصلی و منبع انبساط روغن ترانسفورماتور قرار دارد. رله بوخهلتس دو بخش اصلی دارد که بخش بالایی آن از یک شناور تشکیل شده است. این شناور به یک لولا متصل شده، به گونه‌ای که می‌تواند بسته به مقدار روغن محفظه رله به صورت آزادانه به سمت بالا و پایین حرکت کند. یک کلید جیوه‌ای روی شناور تعبیه شده است. در نتیجه، تنظیم و تراز بودن کلید جیوه‌ای به موقعیت شناور بستگی دارد. بخش دوم و پایینی رله از یک صفحه و یک کلید جیوه‌ای تشکیل شده است. این صفحه از طریق یک لولا در درون محفظه و جلوی ورودی روغن و به گونه‌ای تعبیه شده است که وقتی روغن با فشار بالا به رله وارد می‌شود، تراز صفحه با کلید جیوه‌ای متصل به آن تغییر خواهد کرد.



تپ چنجر Tap Changer

تپ چنجرها برای کنترل ولتاژ در سطوح مختلف بکار می‌روند. اساس کار تپ چنجر بر تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور استوار است، به این ترتیب که با ایجاد انشعاباتی در سیم پیچ فشار قوی، امکان تغییر تعداد دور سیم پیچ‌ها در حین بهره‌برداری از ترانس فراهم می‌شود. تغییرات جزئی و ولتاژ شبکه را می‌توان با تغییر نقاط اتصال سیم پیچ فشار قوی برطرف نمود، به نحوی که ولتاژ مورد نیاز مصرف‌کننده ثابت بماند. تغییر دادن نقاط اتصال و استفاده از انشعابات سیم پیچ فشار قوی در حالت بی‌برقی توسط کلید تنظیم ولتاژ صورت می‌گیرد. محدوده تغییرات ولتاژ ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولتی ترا قدرت ۲۰۰۰ کیلوولت آمپر ۴ و ۵ درصد می‌باشد.



منبع انبساط یا کنسرواتور

کنسرواتور، مخزنی است که در بالاترین قسمت ترانس نصب می‌شود. در حین تغییرات بار روزانه، روغن ترانس انبساط و انقباض می‌یابد و در حین انبساط وارد منبع ذخیره می‌شود. اندازه و حجم منبع ذخیره به اندازه ترانس و تغییرات دمایی آن در هنگام بهره‌برداری بستگی دارد. در ترانس‌هایی که دارای تپ چنجر قابل قطع زیر بار هستند، منبع انبساط به دو بخش تقسیم می‌گردد که قسمت کوچکتر برای تپ چنجر و قسمت بزرگتر برای تانک اصلی در نظر گرفته می‌شود. از بالای هر قسمت منبع ذخیره، لوله‌ای به فضای آزاد آورده می‌شود، که به آن مجرای تنفسی می‌گویند (Breather) در ورودی این مجرا ظرف شیشه‌ای قرار دارد، که داخل آن از ماده‌ای رطوبت گیر به نام سیلیکاژل پر می‌شود. به این ترتیب هوای ورودی به ترانس رطوبت خود را از دست داده و کاملاً خشک خواهد بود.



سیلیکاژل Silica Gel

سیلیکاژل نوعی ماده پلیمری است که دارای ساختار سه بعدی بوده که موجب جذب رطوبت می‌شود. در ترانسفورماتور سیلیکاژل به منظور حذف رطوبت هوای ورودی به منبع انبساط استفاده می‌گردد و سبب حفظ خواص عایقی روغن ترانسفورماتور می‌شود. داخل محفظه رطوبت گیر ترانس باید از سیلیکاژل خشک و مرغوب پر شود دانه های سیلیکاژل در حالت عادی آبی پررنگ است و در حالت اشباع رطوبتی تغییر رنگ می‌دهد و صورتی می‌شود. در زیر محفظه سیلیکاژل ظرفی محتوی روغن قرار دارد این روغن علاوه بر جذب ذرات گرد و خاک، دانه های سیلیکاژل را از تماس دائمی با هوای بیرون حفظ می‌کند.

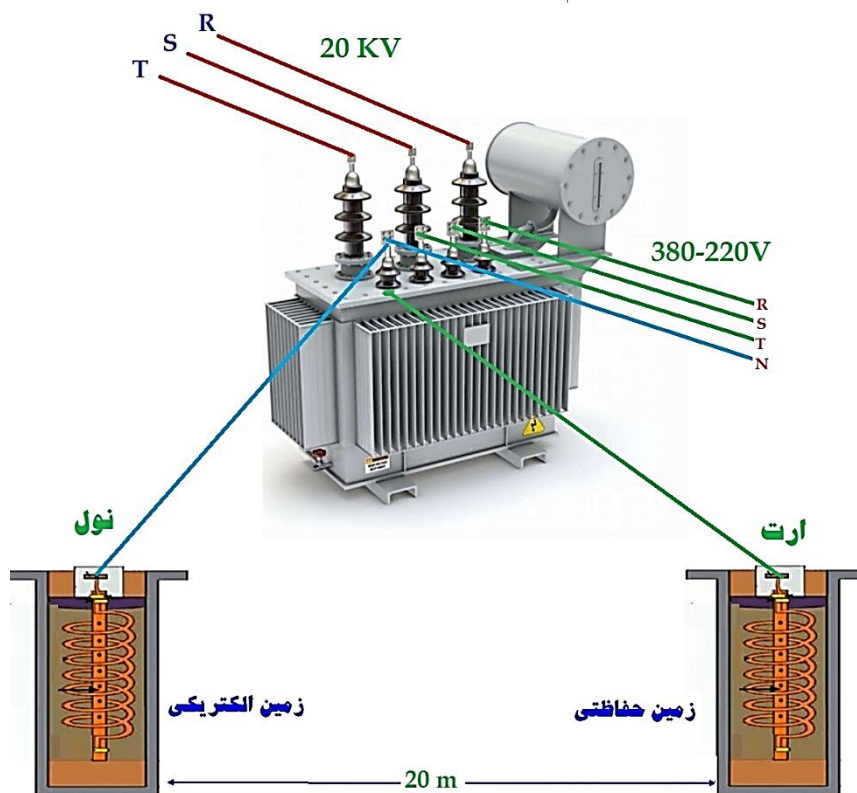


سیستم اتصال زمین الکتریکی و حفاظتی پست هوایی

در یک پست هوایی تک پایه دو عدد چاه زمین، یکی برای اتصال زمین حفاظتی و دیگری جهت اتصال زمین الکتریکی در نظر گرفته می شود.

۱ سیستم زمین حفاظتی: کلیه تجهیزات فلزی منصوبه بر روی پایه، بدنه ترانسفورماتور، و بدنه تابلو فشار ضعیف و نقطه اتصال برقگیر به الکتروود چاه ارت مجاور پایه (چاه اول) متصل می گردد.

۲ سیستم زمین الکتریکی: شینه نول تابلو فشار ضعیف (نقطه خنثی ترانسفورماتور که از بدنه تابلو ایزوله می باشد) بوسیله کابل (۱*۵۰) به الکتروود چاه ارت الکتریکی (چاه دوم) به فاصله ۲۰ متری از چاه اول متصل می شود.



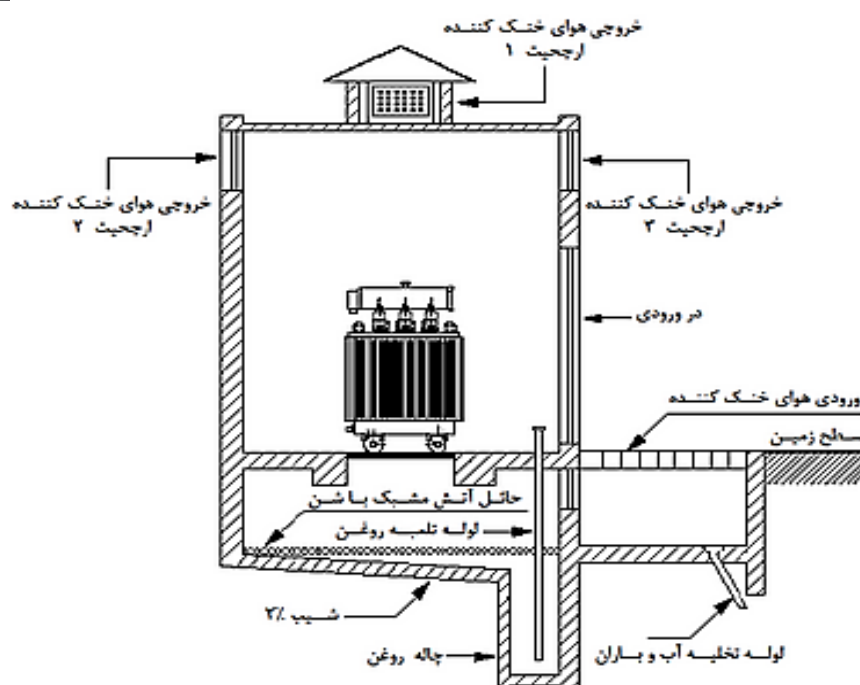
در پست های هوایی به دلیل احتمال برخورد صاعقه، بایستی سیستم زمین که نقطه خنثی شبکه فشار ضعیف به آن متصل است (و تجهیزات فشار ضعیف شبکه و مشترکین به آن متصل می شوند) از سیستم زمین شبکه فشار متوسط (که تخلیه صاعقه از طریق آن صورت می گیرد) از هم مجزا باشند. این کار به دلیل جلوگیری از ایجاد ولتاژهای خطرناک ناشی از صاعقه بر روی سیستم خنثی صورت می گیرد. انجام این کار با ایجاد یک فاصله حداقل ۲۰ متری بین چاه های الکتریکی و حفاظتی انجام می گیرد.

در صورتی که این دو ارت به هم متصل شوند، بروز اتصالی سیم پیچ فشار متوسط به هسته ترانسفورماتور باعث افزایش ولتاژ سیم نول در ثانویه می شود. مقدار این ولتاژ بستگی به مقاومت زمین پست فوق توزیع، مقاومت زمین ترانسفورماتور و مقاومت خط و ترانسفورماتور دارد که معمولاً از دو تا آخر صرف نظر میشود. این ولتاژ بر اساس مشخصه های پستهای فوق توزیع کشور ما و با فرض مقاومت اتصال زمین ۱ اهم در محل ترانسفورماتور توزیع، حدود ۲۴۰ ولت خواهد شد. بنابراین، ولتاژ نول در سمت فشار ضعیف جابجا شده و ولتاژهای فازی دچار نوسان و اضافه ولتاژ خواهند شد.

پست توزیع زمینی

ترانسفورماتورهای با قدرت بیشتر از ۳۱۵ کیلوولت آمپر به صورت زمینی نصب می شوند، که معمولاً داخل اتاقی قرار می گیرند

نحوه نصب	ظرفیت (kVA)							
هوایی	۲۵	۵۰	۱۰۰	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۴۰۰
زمینی	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰



ترانسفورماتور اندازه گیری هوایی فشار متوسط MOF (METERING OUT FIT)

این تجهیز عبارت از مجموعه ترانسفورمرهای ولتاژ و جریان در داخل یک تانک فلزی و غوطه ور در روغن می باشد و به منظور سنجش انرژی سه فاز در سطح ولتاژ فشار متوسط مورد استفاده قرار می گیرد. کشورهای آمریکای شمالی، شرق آسیا و اروپا در گذشته بسته به شرایط آب و هوایی و جغرافیایی و نوع نیاز مشترکین برق از انواع مختلف آن به منظور اندازه گیری انرژی در سطح فشار متوسط به صورت هوایی استفاده کرده اند. با توجه به عوامل مختلف در این روش، نوع روغنی و دارای پوشینگ مشترک دو جداره برای ورود و خروج جریان، انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به تطبیق نسبی پتانسیل هادی های ورود و خروج جریان، از یک پوشینگ دو جداره مشترک برای هر فاز استفاده شده است. مزیت نوع روغنی نسبت به نوع رزینی، راحتی تعمیرات و رفع اشکال آن می باشد، در حالیکه نوع رزینی عملاً غیرقابل تعمیر می باشد. از آنجا که معمولاً بعد از گذشت مدتی از برقراری انشعاب تعدادی از مشترکین درخواست افزایش دیماند انشعاب خود را می نمایند، ترانسفورمر اندازه گیری انتخاب شده دارای دو رنج جریان می باشد که معمولاً در ابتدای نصب با توجه به مقدار توان درخواستی، رنج پایین جریان اولیه انتخاب می گردد و رنج بالای جریان به صورت رزرو برای افزایش دیماند مشترک (تا دو برابر دیماند اولیه) در نظر گرفته می شود. با استفاده از ترانسفورمر مجتمع ولتاژ و جریان MOF، از آنجا که قسمت اعظم سیم بندی و اتصالات در داخل تانک ترانسفورمر قرار می گیرند امکان دسترسی، دستکاری و بروز خطا در سیم بندی به نحو قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و با توجه کلاس بالای دستگاه دقت اندازه گیری افزایش می یابد.

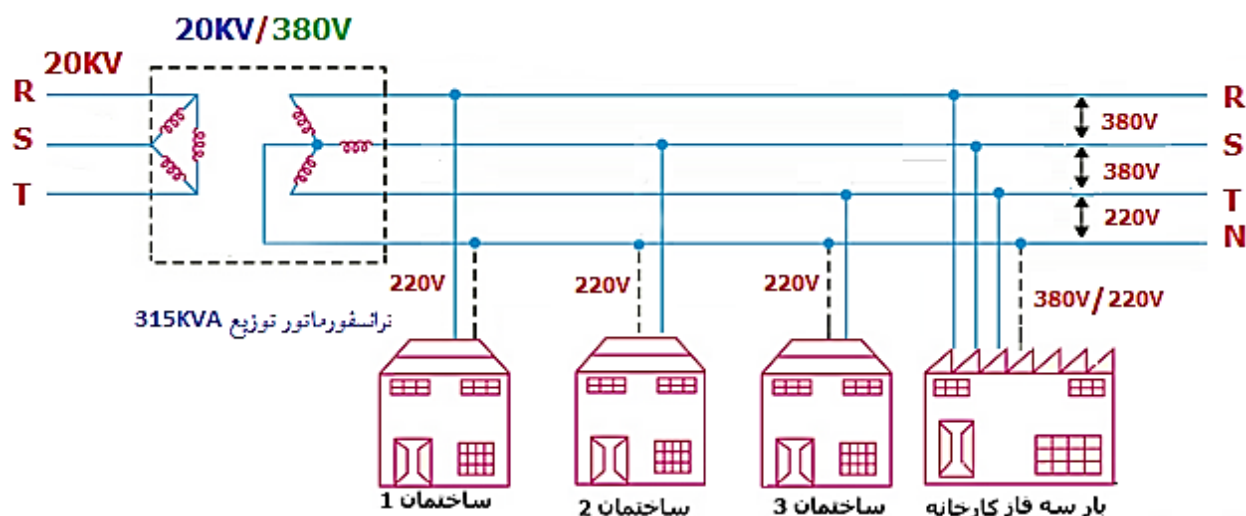


تامین برق

عرضه انرژی الکتریکی پایدار با ولتاژ و فرکانس ثابت که مورد نیاز مصرف کننده است و در قرارداد منعقد شده مشخص شده است.

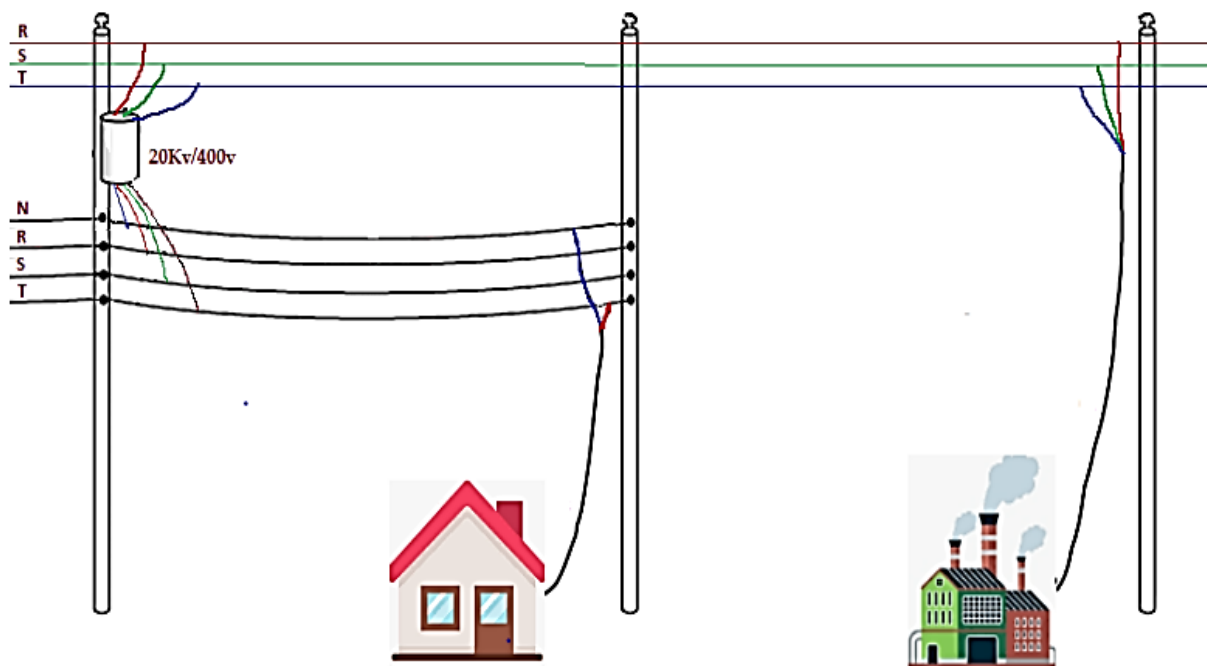
انشعابات

انشعاب برق عبارت است از امکان استفاده مجاز از انرژی الکتریکی که از طریق دایرکدرنخطوط و وسایل اندازه گیری لازم طبق مقررات انجام میشود. و از نظر سطح ولتاژ به دو قسمت تقسیم می شود.



1 انشعاب برق فشار ضعیف: عبارت است از انشعاب برق تکفاز با ولتاژ مؤثر خط به زمین ۲۲۰ ولت و سه فاز با ولتاژ مؤثر خط به خط ۳۸۰ ولت.

2 انشعاب برق فشار متوسط: عبارت است از انشعاب برقی با ولتاژ مؤثر خط به خط ۱۱، ۲۰، و یا ۳۳ کیلوولت.



انواع انشعابات برق بر مبنای قدرت درخواستی

الف - قدرتهای درخواستی مجموعاً کمتر از ۲۰ کیلووات

- انشعاب برق تکفاز ۱۵ آمپر (منحصرأً برای انشعاب روستاها)
- انشعاب برق تکفاز ۲۵ آمپر
- انشعاب برق تکفاز ۳۲ آمپر
- انشعاب برق تکفاز ۵۰ آمپر
- انشعاب برق سه فاز ۱۵ آمپر
- انشعاب برق سه فاز ۲۵ آمپر
- انشعاب برق سه فاز ۳۲ آمپر

ب - قدرتهای درخواستی مجموعاً از ۲۰ تا ۱۰۰ کیلووات: این نوع انشعابات برق اکثراً از پستهای عمومی

(هوایی یا زمینی) به صورت سه فاز با ولتاژ ۳۸۰ / ۲۲۰ تأمین می‌گردد.

ج - قدرتهای درخواستی از ۱۰۰ کیلووات تا ۲ مگاوات: این نوع انشعابات اکثراً از شبکه فشارمتوسط (۱۱،

۲۰، یا ۳۳ کیلوولت) تأمین می‌گردند و متقاضی ملزم به احداث پست توزیع با نظر شرکت خواهد بود.

د - قدرتهای درخواستی از ۲ تا ۷ مگاوات: ولتاژ تحویلی به یک متقاضی تا قدرت ۷ مگاوات با فشارمتوسط و

بطور مستقیم از پستهای فوق توزیع تأمین می‌گردد. برقراری انشعاب هوایی فشارضعیف از شبکه هوایی عمومی: برقراری انشعاب هوایی از شبکه هوایی مجموعاً تا ۳۰ کیلوولت (۵۰ آمپر سه فاز) مجاز می‌باشد. با توجه به جدول روبرو می‌توان کابل مورد نیاز هر انشعاب را انتخاب نمود. شمای کلی برقراری انشعاب از تیر چوبی یا بتونی در شکل زیر نمایش داده شده است. در شکل سمت راست نیز جزئیات برقراری انشعاب از تیر چوبی یا بتونی نشان داده شده است. نصب فیوز قبل از کنتور و کلید مینیاتوری اتوماتیک حفاظتی و یا کلید اتوماتیک حفاظتی محدودکنند (با توجه به مقررات شرکت) بعد از کنتور اجباری است.

انشعابات دیماندی

انشعابات دیماندی به متقاضیان با قدرت درخواستی ۳۰ کیلووات و بیشتر واگذار می گردد که معمولاً متقاضیان غیر خانگی و غیر تجاری می باشند.



سطح مقطع کابل PVC بر اساس قدرت مورد تقاضا

سطح مقطع کابل PVC (۱kv) مسی بر اساس قدرت انشعاب / انشعابات

مقطع کابل (mm ²)	قدرت انشعاب (کیلووات)	آمپر	تعداد کنتور مسکونی ۲۵ آمپر	کنتور عمومی
برای طول انشعاب تا ۱۵ متر	برای طول انشعاب تا ۲۵ متر			
۴×۶، ۲×۶	۴×۶، ۲×۶	۲۵	۳	
۴×۶	۴×۶	۳۰	۶	۱×۳۲
۴×۶	۴×۱۰	۴۵	۱۰	۳×۲۵
۴×۱۶	۴×۱۶	۷۰	۲۰	۳×۵۰

حداقل سطح مقطع کابل انشعاب ۶ میلیمتر مربع می باشد .
در صورت تعدد کنتور ها یا استفاده از ضریب همزمانی قدرت مجموع انشعاب ها محاسبه گردد .
برای انشعابات که در فاصله ۲۰۰ متر از تابلوی اصلی ترانسفورماتور برقرار می شوند حداقل مقطع کابل سرویس mm² ۱۰ خواهد بود.

حداقل ارتفاع کابل انشعاب هوایی از زمین

حداقل ارتفاع کابل انشعاب هوایی از سطح زمین (تا ولتاژ ۶۰۰ ولت)

موقعیت سطح زیر کابل	حداقل ارتفاع کابل تا سطح زمین (m)
خیابان	۵/۵
پیاده رو	۳/۷۵

حداکثر طول مجاز انشعاب برای کابل ۲۵ متر می باشد.

عبور کابل انشعاب از خیابانهای اصلی با عرض بیش از ۱۲ متر ، بزرگراهها، جاده های اصلی و مسیر راه آهن مجاز نبوده و پیشنهاد می شود در این موارد در هر دو طرف خیابان یا جاده شبکه عمومی هوایی دایر و در غیر اینصورت با عبور کابل زیرزمینی از عرض خیابان از داخل لوله انشعاب دایر گردد.

کاورینگ پوشینگ های ترانسفورماتور

جهت کاهش خاموشی و کاهش انرژی توزیع نشده ناشی از اتصال کوتاه می‌توان از سیستم کاورینگ استفاده کرد. در این حالت بر روی پوشینگ های فشار متوسط و برقگیر از کاور عایق استفاده شده و جهت ارتباط بین هادی خطوط و کات‌اوت فیوز و برقگیر از هادی روکش دار آلومینیوم- فولاد و جهت ارتباط بین کات‌اوت فیوز و پوشینگ های فشار متوسط از سیم مسی روپوش دار به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع استفاده می‌گردد. استفاده از سیستم کاورینگ خطاهای اتصال کوتاه ناشی از برخورد فازها در اثر باد و طوفان، برخورد پرندگان و ... را به شدت کاهش می‌دهد.

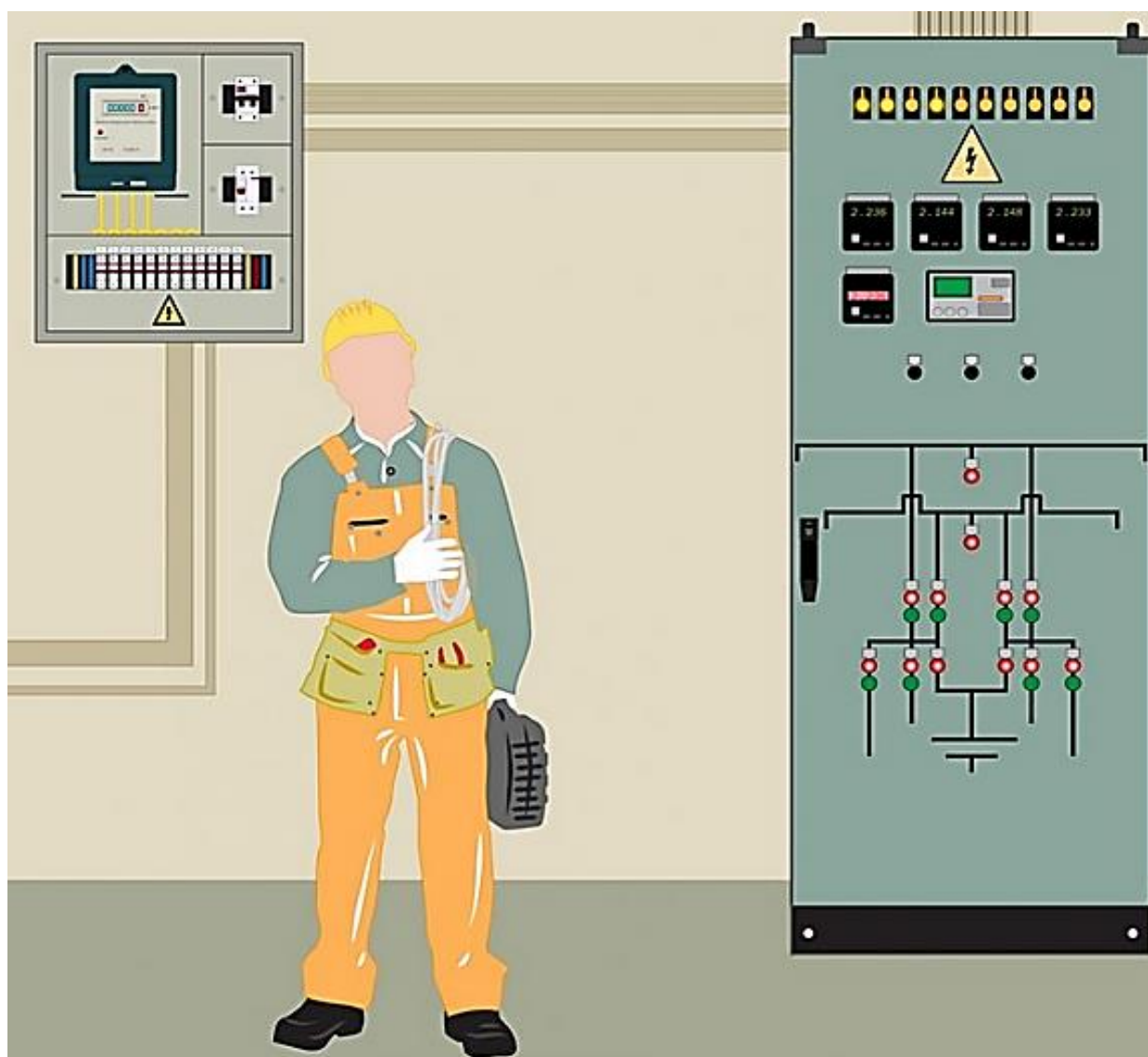




وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل هشتم

تابلوهای برق



فیدر عبارت است از مجموعه‌ای از وسایل قطع و وصل با ولتاژ اسمی معین که برای دریافت برق از بالادست سیستم برق رسانی و تحویل آن به پایین دست سیستم تعبیه می‌گردد. فیدرها به لحاظ مشمول مفاد این آیین نامه به شرح ذیل دسته بندی می‌شوند:

- 1 فیدر در مورد خط فشار متوسط خروجی از پست فوق توزیع عبارت است از تابلو و تجهیزات آن که در اطاق ولتاژ فشار متوسط پست فوق توزیع قرار گرفته و خط فشار متوسط از آن تغذیه می‌گردد.
- 2 فیدر در مورد خط فشار متوسط انشعابی از خط موجود عبارت است از جداساز (سکسیونر) هوایی و یا یک سری قطع کننده که خط انشعابی از آن طریق تغذیه می‌شود.
- 3 فیدر در مورد خط فشار متوسط خروجی از پست توزیع زمینی عبارت است از تابلوی جداساز (سکسیونر) قابل قطع زیر بار و یا تابلوی کلید (دیژنکتور) که خط خروجی مذکور را تغذیه می‌نماید.
- 4 فیدر فشار قوی ترانسفورماتور در پست زمینی عبارت است از تابلوی کلید (دیژنکتور) و یا تابلو سکسیونر فیوزدار که ترانسفورماتور را به شبکه فشار قوی اتصال می‌دهد.
- 5 فیدر در مورد پست ترانسفورماتور توزیع هوایی عبارت است از مجموع قطع کننده‌ها و برقگیرها که در محل اتصال خط فشار متوسط به ترانسفورماتور نصب می‌شوند.
- 6 فیدر در مورد خطهای خروجی فشار ضعیف عبارت است از کلید یا کلید فیوز نصب شده در تابلوی فشار ضعیف پست ترانسفورماتور که از طریق آن برق فشار ضعیف برای مصرف کنندگان ارسال می‌گردد. چنانچه تابلوی فشار ضعیف دارای بیش از یک خط خروجی باشد، هرکلید فیوز منصوب در ابتدای هر خط خروجی یک فیدر محسوب خواهد شد. در این صورت بهای کلید کل اتوماتیک (کلید خروجی ترانسفورماتور) و قیمت تابلو را باید به نسبت بین کلید فیوزهای خروجی موجود تقسیم کرد.



فیدر خط فشار متوسط ۲۰kv

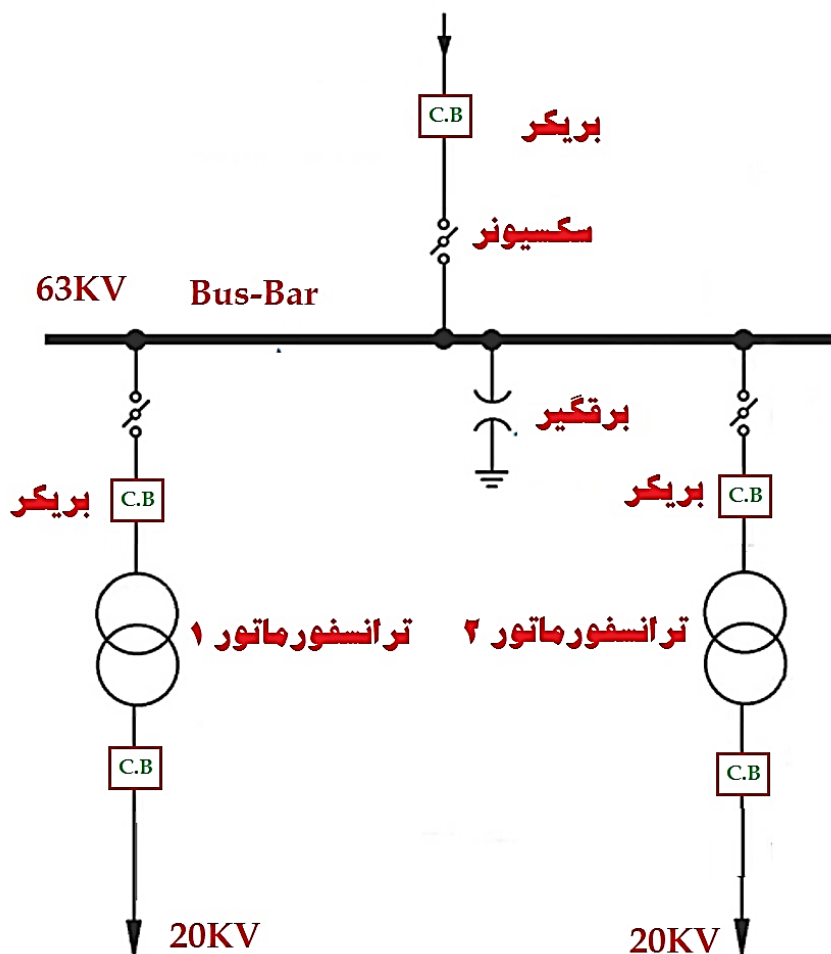


فیدر خط فشار ضعیف ۴۰۰v



دیاگرام تک خطی یک پست برق فوق توزیع ۶۳/۲۰KV

در سیستم زیر که در یک پست فوق توزیع طراحی و اجرا شده است، برق از بریکر عبور کرده و باس بار را تغذیه می کند، هر یک از ترانسفورماتورهای زیر که ولتاژ را به ۲۰KV کاهش میدهد. فیدرهای ۲۰KV را تغذیه می کنند



منطق ۲ از ۲

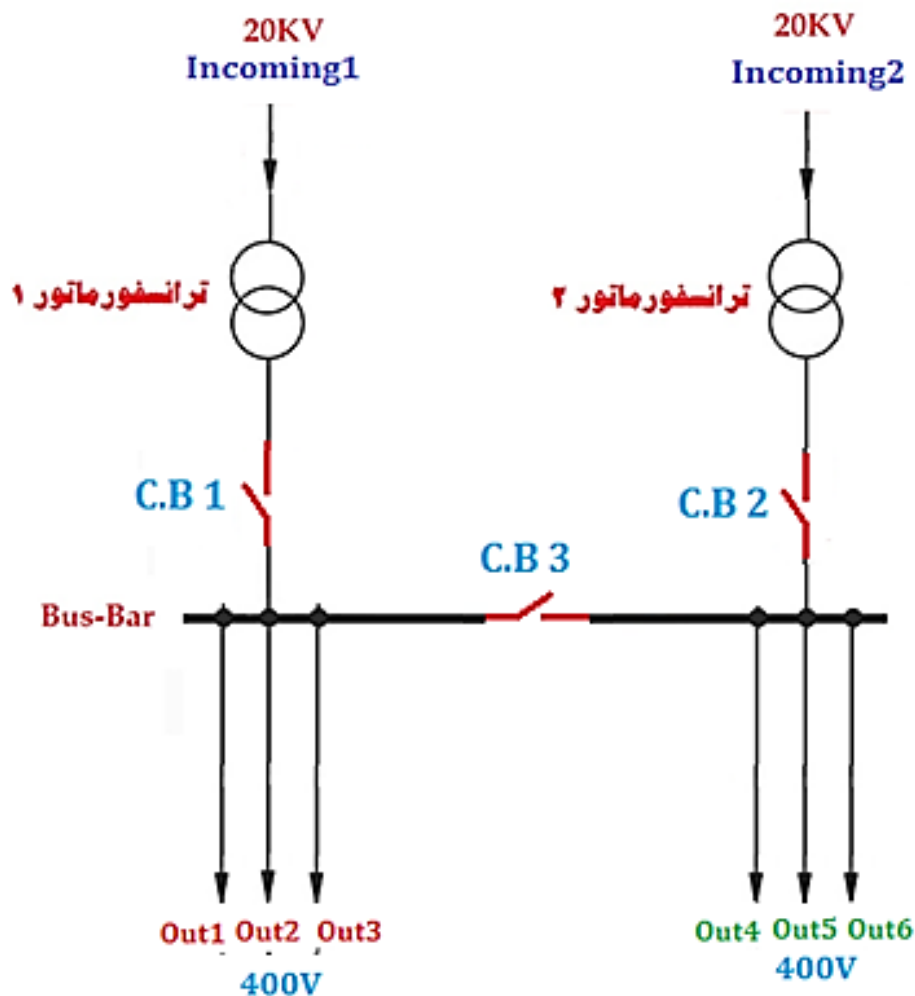
در سیستم زیر مصرف کننده ها توسط فیدرهای فشار ضعیف Out1 تا Out6 توسط دو ترانسفورماتور ۱ و ۲ تغذیه می شوند. ترانسفورماتور ۱ توسط بریکر C.B1 و ترانسفورماتور ۲ توسط بریکر C.B2 به باس بار متصل می شوند و فیدرها را برق دار می کنند. بریکر C.B3 نیز به عنوان بریکر کولپینگ در مدار قرار گرفته است. اگر بخواهیم تمام مصرف کننده ها برق دار باشند باید حداقل ۲ بریکر از ۳ بریکر در مدار قرار بگیرند. که به منطق ۲ از ۳ معروف می باشد.

اگر تنها C.B1 وصل گردد از طریق ترانسفورماتور ۱ فیدرهای Out1-Out2-Out3 برق دار می شوند.

اگر تنها C.B2 وصل گردد از طریق ترانسفورماتور ۲ فیدرهای Out4-Out5-Out6 برق دار می شوند.

اگر بخواهیم تمام فیدرها برق دار شوند باید همزمان توسط C.B1 و C.B2 هر دو ترانسفورماتور در مدار قرار گیرند.

در بهره برداری از چنین سیستمی معمولا هر دو ترانسفورماتور در مدار قرار نمی گیرند و به صورت دوره ای (مثلا ماهیانه) Change می شوند. بنابراین اگر بخواهیم همه فیدرها برق دار شوند باید بریکر کولپینگ C.B3 به همراه یکی از ترانسفورماتورها وصل گردد.



طول مجاز فیدرهای ۲۰ کیلوولت هوایی با سیم ۱۲۰ میلیمترمربع هاینما بر اساس باریکنواخت گسترده

بیشترین طول خط مجاز (KM)			
قدرت انتقالی KW	با احتساب افت ولتاژ ۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۷/۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۱۰٪
۱۰۰۰	۸۲/۵۰	۱۲۳/۷۵	۱۶۵/۰۰
۱۲۰۰	۶۸/۷۵	۱۰۳/۱۳	۱۳۷/۵۰
۱۴۰۰	۵۸/۹۳	۸۸/۳۹	۱۱۷/۸۶
۱۶۰۰	۵۱/۵۶	۷۷/۳۴	۱۰۳/۱۳
۱۸۰۰	۴۵/۸۳	۶۸/۷۵	۹۱/۶۷
۲۰۰۰	۴۱/۲۵	۶۱/۸۸	۸۲/۵۰
۲۲۰۰	۳۷/۵۰	۵۶/۲۵	۷۵/۰۰
۲۴۰۰	۳۴/۳۸	۵۱/۵۶	۶۸/۷۵
۲۶۰۰	۳۱/۷۳	۴۷/۶۰	۶۳/۴۶
۲۸۰۰	۲۹/۴۶	۴۴/۲۰	۵۸/۹۳
۳۰۰۰	۲۷/۵۰	۴۱/۲۵	۵۵/۰۰
۳۲۰۰	۲۵/۷۸	۳۸/۶۷	۵۱/۵۶
۳۴۰۰	۲۴/۲۶	۳۶/۴۰	۴۸/۵۳
۳۶۰۰	۲۲/۹۲	۳۴/۸۳	۴۵/۸۳
۳۸۰۰	۲۱/۷۱	۳۲/۵۷	۴۳/۴۲
۴۰۰۰	۲۰/۶۳	۳۰/۹۴	۴۱/۲۵
۴۲۰۰	۱۹/۶۴	۲۹/۴۶	۳۹/۲۹
۴۴۰۰	۱۸/۷۵	۲۶/۱۳	۳۷/۵۰
۴۶۰۰	۱۷/۹۳	۲۶/۹۰	۳۵/۸۷
۴۸۰۰	۱۷/۱۹	۲۵/۷۸	۳۴/۳۸
۵۰۰۰	۱۶/۵۰	۲۴/۷۵	۳۳/۰۰

طول مجاز فیدرهای ۲۰ کیلو ولت هوایی با سیم ۷۰ میلیمتر مربع مینک بر اساس بار یکنواخت گسترده

بیشترین طول خط مجاز (KM)			
قدرت انتقالی KW	با احتساب افت ولتاژ ۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۷/۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۱۰٪
۱۰۰۰	۵۷/۵۰	۸۶/۲۵	۱۱۵/۰۰
۱۲۰۰	۴۷/۹۲	۷۱/۸۸	۹۵/۸۳
۱۴۰۰	۴۱/۰۷	۶۱/۶۱	۸۲/۱۴
۱۶۰۰	۳۵/۹۴	۵۳/۹۱	۷۱/۸۸
۱۸۰۰	۳۱/۹۴	۴۷/۹۲	۶۲/۸۹
۲۰۰۰	۲۸/۷۵	۴۳/۱۳	۵۷/۵۰
۲۲۰۰	۲۶/۱۶	۳۹/۲۰	۵۲/۲۷
۲۴۰۰	۲۳/۹۶	۳۵/۹۴	۴۷/۹۲
۲۶۰۰	۲۲/۱۲	۳۳/۱۷	۴۴/۲۳
۲۸۰۰	۲۰/۵۴	۳۰/۸۰	۴۱/۰۷
۳۰۰۰	۱۹/۱۷	۲۸/۷۵	۳۸/۳۳
۳۲۰۰	۱۷/۹۷	۲۶/۹۵	۳۵/۹۴
۳۴۰۰	۱۶/۹۱	۲۵/۳۷	۳۳/۸۲
۳۶۰۰	۱۵/۹۷	۲۳/۹۶	۳۱/۹۴
۳۸۰۰	۱۵/۱۳	۲۲/۷۰	۳۰/۲۶
۴۰۰۰	۱۴/۳۸	۲۱/۵۶	۲۸/۷۵
۴۲۰۰	۱۳/۶۹	۲۰/۵۴	۲۷/۳۸
۴۴۰۰	۱۳/۰۷	۱۹/۶۰	۲۶/۱۴
۴۶۰۰	۱۲/۵۰	۱۸/۷۵	۲۵/۰۰
۴۸۰۰	۱۱/۹۸	۱۷/۹۷	۲۳/۹۶
۵۰۰۰	۱۱/۵۰	۱۷/۲۵	۲۳/۰۰

طول مجاز فیدرهای ۲۰ کیلو ولت هوایی با سیم ۳۶ میلیمتر مربع مینک بر اساس بار یکنواخت گسترده

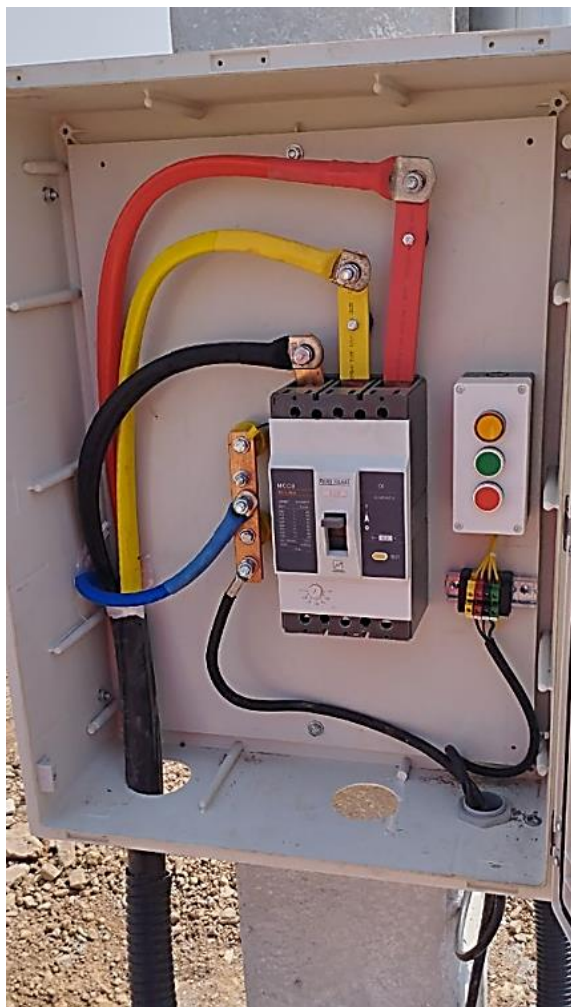
بیشترین طول خط مجاز (KM)			
قدرت انتقالی KW	با احتساب افت ولتاژ ۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۷/۵٪	با احتساب افت ولتاژ ۱۰٪
۱۰۰۰	۳۷/۲۵	۵۵/۸۷	۷۴/۵۰
۱۲۰۰	۳۱/۰۴	۴۶/۵۶	۶۲/۰۸
۱۴۰۰	۲۶/۶۱	۳۹/۹۱	۵۳/۲۱
۱۶۰۰	۲۳/۲۸	۳۴/۹۲	۴۶/۵۶
۱۸۰۰	۲۰/۶۹	۳۱/۰۴	۴۱/۳۹
۲۰۰۰	۱۸/۶۳	۲۷/۹۴	۳۷/۲۵
۲۲۰۰	۱۶/۹۳	۲۵/۴۰	۳۳/۸۶
۲۴۰۰	۱۵/۵۲	۲۳/۲۸	۳۱/۰۴
۲۶۰۰	۱۴/۳۳	۲۱/۴۹	۲۶/۶۵
۲۸۰۰	۱۳/۳۰	۱۹/۹۵	۲۶/۶۱
۳۰۰۰	۱۲/۴۲	۱۶/۶۲	۲۴/۸۳
۳۲۰۰	۱۱/۶۴	۱۷/۴۶	۲۳/۲۸
۳۴۰۰	۱۰/۹۶	۱۶/۴۳	۲۱/۹۱
۳۶۰۰	۱۰/۳۵	۱۵/۵۲	۲۰/۶۹
۳۸۰۰	۹/۸۰	۱۴/۷۰	۱۹/۶۱
۴۰۰۰	۹/۳۱	۱۳/۹۷	۱۸/۶۳



فیدر های خروجی پست ۶۳/۲۰KV شهر ایوان

تابلوهای زیرترانسی

تابلو برق زیر ترانسی برای توزیع برق و حفاظت استفاده می شود. که کلیدها و قطعات کنترلی و حفاظتی و در صورت لزوم وسایل اندازه گیری مخصوصا کتور روی آن نصب می شوند. برخی از اجزای تابلوهای برق توزیع در زیر معرفی می شوند.



کلید اتوماتیک کمپکت MCCB

در فیدرهای ورودی تابلوهای توزیع معمولا از یک کلید اتوماتیک استفاده می شود. این کلیدها در واقع یک بریکر فشار ضعیف هستند و از آنجا که رله هم دارند، به آنها کلیدهای اتوماتیک گفته می شود. جریان نامی استاندارد کلیدهای اتوماتیک به صورت زیر است:

کلید اتوماتیک	جریان نامی (آمپر)								
MCCB	۱۰	۱۶	۲۰	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۳	۸۰
	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰
ACB	۱۰۰۰		۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۲۰۰	۴۰۰۰	

برای جریان های تا ۸۰۰ آمپر معمولاً از کلیدهای اتوماتیک کمپکت (Molded Case Circuit Breaker) استفاده می شود. کلیدهای MCCB حداکثر تا ۳۲۰۰ آمپر ساخته شده است. در کلیدهای MCCB از یک رله مغناطیسی جهت حفاظت در برابر اتصال کوتاه و یک رله حرارتی برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده می شود. معمولاً جریان عملکرد رله مغناطیسی را ۱ تا ۱۰ (در پله های ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸ و ۱۰) برابر و جریان عملکرد اضافه بار را ۰.۴ تا ۱ (در پله های ۰.۴، ۰.۵، ۰.۶، ۰.۶۵، ۰.۷، ۰.۷۵، ۰.۸، ۰.۸۵، ۰.۸۷۵، ۰.۹، ۰.۹۲۵، ۰.۹۵، ۰.۹۷۵ و ۱) برابر جریان نامی کلید تنظیم می کنند.

EX: تنظیمات کلید MCCB مربوط به تابلوی زیر ترانسفورماتور ۲۰۰ کیلو ولت آمپری را برای جریان اتصال کوتاه ۶ برابر جریان نامی و اضافه بار ۲۰ درصد بار ترانسفورماتور، محاسبه نمایید.

مرحله اول: انتخاب آمپر کلید

$$I_{tr} = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 0.4} = 288.7 A$$

لذا کلید ۴۰۰ آمپر انتخاب می شود.

مرحله دوم: تنظیم کلید

$$\text{تنظیم رله مغناطیسی} = \frac{6 \times I_{tr}}{I_n} = \frac{6 \times 288.7}{400} = 4.33 \rightarrow 4$$

فیوز کاردی

فیوز کاردی یا فیوز چاقویی یک فیوز های ذوب شونده است که برای محافظت در تابلوهای زیر ترانسی استفاده می شود.

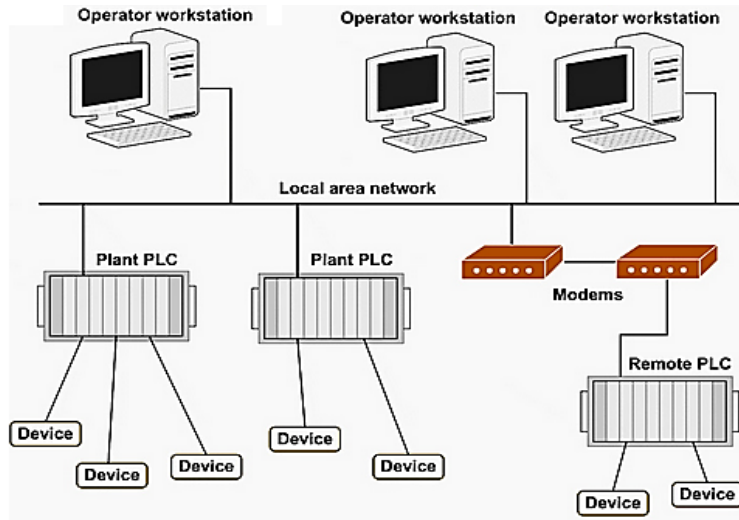


در کلید فیوز غیرقابل قطعی بار وقتی مصرف کننده روشن است نباید دسته ی آن را بکشیم و نمی توانیم به عنوان قطع و وصل کننده برق از آن استفاده کنیم و صرفاً نقش حفاظتی را برایمان انجام می دهد.



سیستم های اسکادا (SCADA)

اسکادا مخفف لاتین جمع آوری داده و کنترل سوپروایزری Supervisory Control and Acquisition Data سیستمی است که هدف آن نظارت و کنترل دستگاه‌های میدانی در نیروگاه‌ها و سایت‌ها، **خطوط انتقال و توزیع** و... از راه دور است. اسکادا یک سیستم متمرکز بوده که همواره کل منطقه تحت حیطه خود را مانیتور کرده و پیوسته آن را تحت کنترل دارد. این سیستم نظارتی داده‌های مربوط به فرآیند در حال انجام را جمع‌آوری کرده و پس از تحلیل دستورات کنترلی را ارسال می‌کند.



اجزای سیستم اسکادا

- 1 رابط کاربری انسان و ماشین (HMI)
- 2 سیستم نظارتی
- 3 واحد ترمینال از راه دور (RTU)
- 4 کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر (PLC)
- 5 زیرساخت ارتباطی برنامه‌نویسی SCADA

مزایای سیستم اسکادا

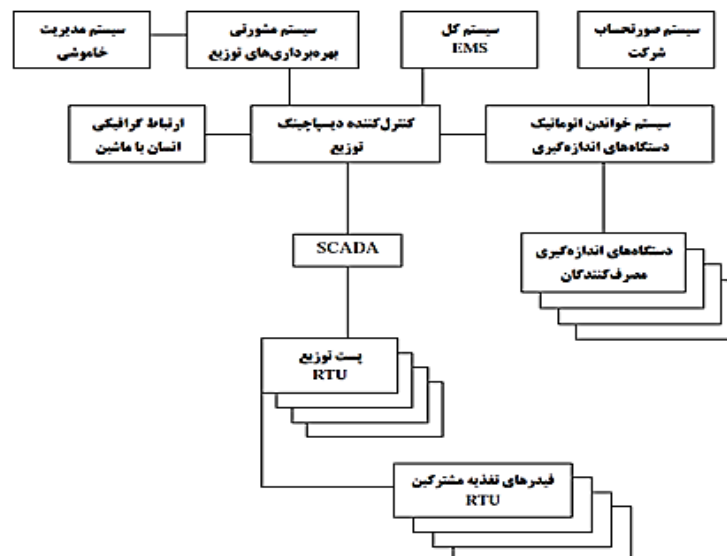
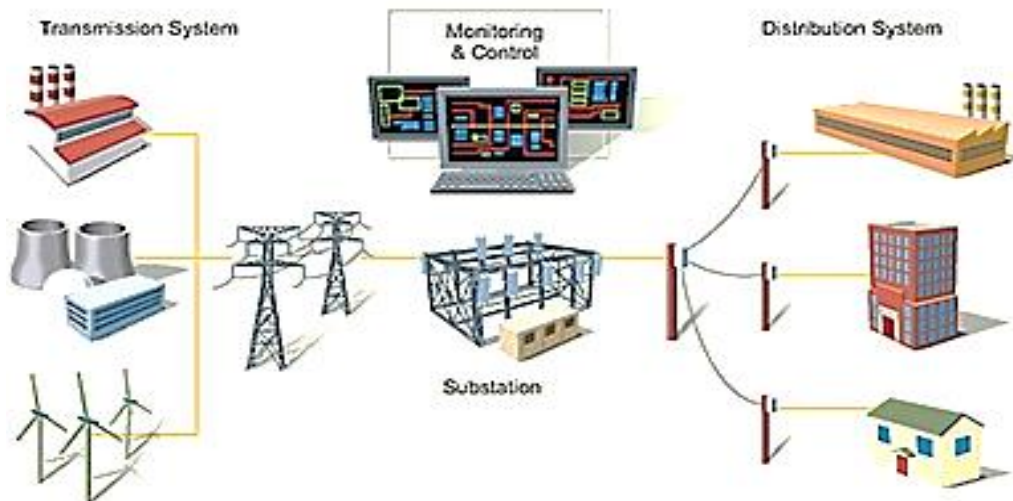
- جمع‌آوری داده‌ها، ذخیره‌سازی و تحلیل آنها
- امکان تعامل کاربر به صورت گرافیکی
- ماژولار بودن و ویژگی گسترش‌پذیری
- مناسب برای محیط‌های صنعتی
- پشتیبانی از ادوات و تجهیزات شرکت‌های مختلف (بدون انحصارگرایی، برخلاف DCS)
- در دسترس بودن نرم‌افزارها و امکان یادگیری مؤثر
- پشتیبانی از قابلیت Redundancy
- سرعت بالا در پاسخ و امکان مقیاس‌پذیری (Scalable)

معایب سیستم اسکادا

- پیچیدگی در ارتباطات میان اجزا PLC ، RTU و ...
- نیازمند به اپراتور و مهندس برنامه‌نویسی با توانایی بالا

اسکادا در سیستم‌های قدرت

شبکه قدرت را می‌توان به عنوان جزء حیاتی تولید، انتقال و توزیع برق در نظر گرفت. برای بهبود کارایی سیستم لازم است که همه این بخش‌ها به طور منظم مانیتور شوند؛ بنابراین، استفاده از SCADA در سیستم قدرت با ارائه نظارت و کنترل بر سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع، کارایی کلی سیستم را بهبود می‌بخشد. SCADA در شبکه سیستم قدرت قابلیت اطمینان و پایداری سیستم را برای عملکرد یکپارچه شبکه افزایش می‌دهد. اسکادا در شبکه‌های توزیع ولتاژ پایین و متوسط: امکان انتخاب مناسب‌ترین قرارداد در بین تأمین‌کنندگان انرژی مختلف باعث راحتی بیشتر یک سیستم نظارتی می‌شود که می‌تواند نظارت مستمر بر مصرف برق و هزینه‌های انرژی شبکه‌های ولتاژ پایین و متوسط را تضمین کند.





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه ای ایلام

فصل نهم

روشنایی معابر

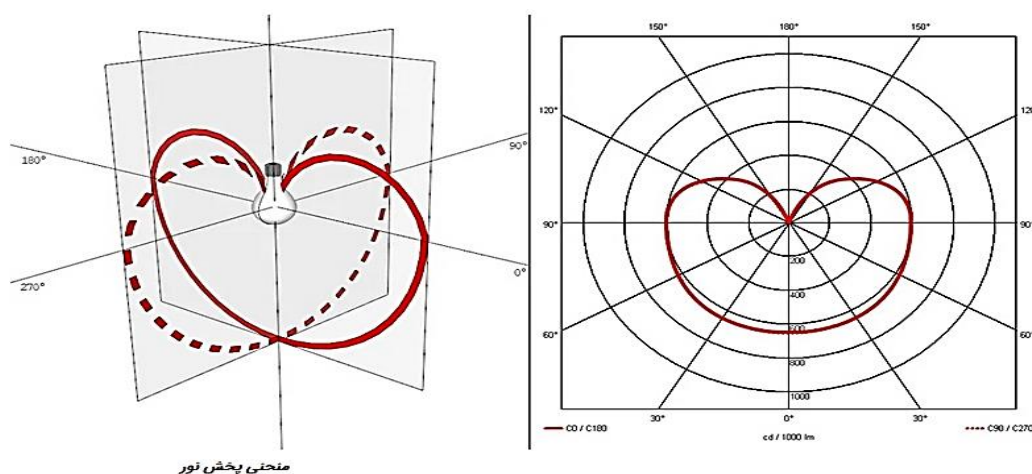


چراغ های خیابانی

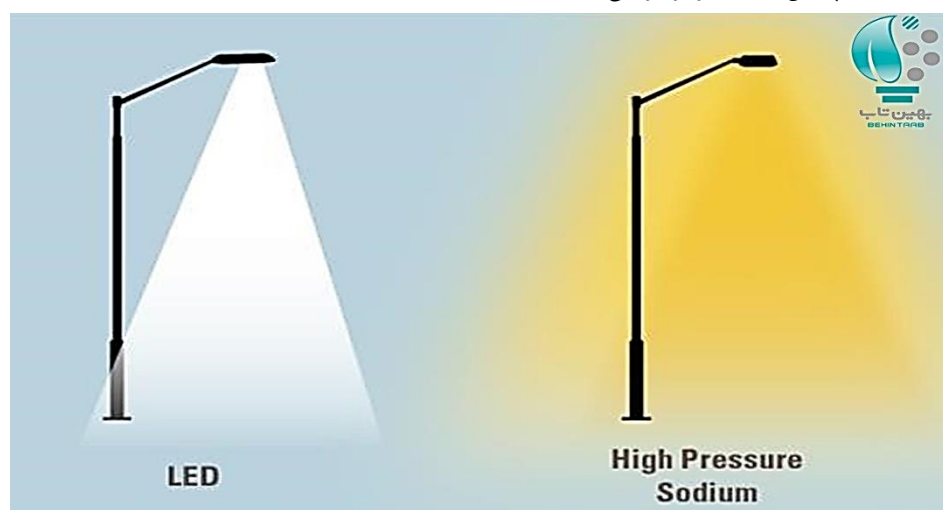
مهمترین ابزار برای تأمین روشنایی معابر، چراغ های خیابانی هستند. از آنجا که چراغ های خیابانی انواع گوناگونی دارند، باید برای تهیه چراغ مناسب، مشخصات فنی مورد نظر تعریف شده و چگونگی بررسی و انجام آزمایش های فنی به منظور انطباق کیفیت چراغ با مشخصات فنی مورد نظر و صلاحیت سازنده آن بیان شود.

منحنی پخش نور چراغ

یکی از مشخصه های مهم این چراغ ها، **منحنی پخش نور** است. چراغ هایی که در روشنایی معابر مورد استفاده قرار می گیرند، به علت عدم تقارن خیابان نسبت به محل نصب چراغ و لزوم تابانیدن بیشتر شار نوری لامپ به سطح خیابان، اغلب دارای پخش نور غیر متقارنی دارند. منحنی پخش نور برای مشخص کردن شدت نور در جهت های مختلف است. همه منابع نور نقطه ای نیستند و برای محاسبه میزان روشنایی، اطلاع از نحوه توزیع نور بسیار مهم است. به همین دلیل تولید کنندگان همراه با چراغ های خیابانی منحنی پخش نور را در اختیار مشتری قرار می دهند.

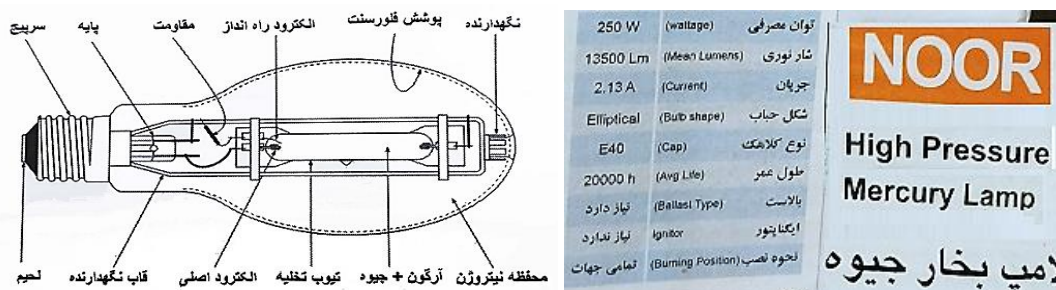


هرچند در چراغ های LED پخش نور متمرکز تر می باشد.



لامپ بخار جیوه Mercury Lamp

لامپ بخار جیوه یا **لامپ گازی مستقیم** از پر نورترین انواع لامپ های تخلیه گازی به شمار می رود که دارای بهره نوری بالایی می باشد. عبور جریان برق از درون بخار جیوه باعث تولید نور در این لامپ ها می شود. این لامپ دارای دو حباب داخلی و خارجی است. حباب داخلی از کوارتز ساخته شده تا بتواند فشارهای بالا را تحمل کند. این حباب در دو انتها به حباب خارجی متصل می شود. الکترودهای درون لامپ از جنس تنگستن ماریپیچ هستند. در نزدیکی یکی از الکترودهای اصلی یک الکتروود فرعی یا کمکی قرار دارد که برای راه اندازی مورد استفاده قرار می گیرد. حباب خارجی معمولاً لوله ای یا بیضوی شکل است. حباب داخلی افزایش دمای ناشی از تبخیر جیوه و آرگون را متحمل می شود. حباب خارجی، حباب داخلی را در برابر عوامل جوی و محیطی محافظت می کند در لامپ جیوه به دلیل مایع بودن جیوه، برای راه اندازی آسان لامپ مقداری گاز آرگون نیز به آن اضافه می کنند. تبدیل جیوه درون لامپ به بخار باعث افزایش فشار داخل حباب لامپ شده و طی گذشت زمان کوتاهی نور لامپ به نور مرئی نزدیک می شود. بیش از نیمی از تابش لامپ بخار جیوه در ناحیه فرابنفش و نامرئی است، برای استفاده از این بخش، سطح داخلی حباب خارجی لامپ را از فسفر مخصوص می پوشانند که بخشی از نور نامرئی را به نور قرمز تبدیل می کند؛ با این کار رنگ نور لامپ به سفید نزدیک تر می شود.



طرز کار لامپ جیوه

با وصل ولتاژ ۲۲۰ ولت بین الکتروود اصلی و الکتروود فرعی مجاور آن جرقه ایجاد می شود. حرارت ایجاد شده سبب یونیزه شدن گاز آرگون می شود و در نتیجه قوس بین دو الکترون اصلی برقرار می شود در این حالت به علت مقاومت زیادی در حدود ۱۰ تا ۳۰ کیلو اهم که با الکتروود فرعی به طور متوالی قرار دارد جریانی از آن نمی گذرد. در ابتدا به علت فشار کم جیوه، نور آبی کم رنگی ناشی از آرگون دیده می شود رفته رفته نور سبز جیوه ظاهر می شود در ظرف حدود ۳ تا ۵ دقیقه همه جیوه بخار می شود و فشار آن بالا می رود و رنگ نور به حالت طبیعی نزدیک می شود. در صورتیکه به علتی جریان برق قطع شود لامپ خاموش می شود و با وصل مجدد برق لامپ روشن نخواهد شد زیرا فشار گاز خیلی زیاد است و امکان برقرار کردن جرقه در آن وجود ندارد. معمولاً ۵ تا ۷ دقیقه طول می کشد تا لامپ به حد کافی خنک شود و فشار داخل آن پایین آید تا مجدداً جرقه برقرار شود

نام تجاری اسرام	توان	شار نوری	سرپیچ
HWL ۱۶۰	۱۶۰ وات	۳۱۰۰ لومن	E۲۷
HWL ۲۵۰	۲۵۰ وات	۵۳۰۰ لومن	E۴۰
HQL ۲۵۰	۲۵۰ وات	۱۳۰۰۰ لومن	E۴۰
HWL ۵۰۰	۵۰۰ وات	۱۴۰۰۰ لومن	E۴۰
HQL ۷۰۰	۷۰۰ وات	۴۲۰۰۰ لومن	E۴۰

لامپ بخار سدیم Sodium-Vapor Lamp

این لامپ ها نیز شبیه لامپ های بخار جیوه است با این تفاوت که داخل حباب به جای آرگون از گاز نئون ، سدیم و گزنون استفاده می شود **نور این لامپ ها زرد** است و بهره نوری زیادی دارند و در جاهایی که رنگ نور اهمیتی ندارد مانند معابر و خیابان ها استفاده می شود .

Production Code	HPS-400
Voltage	220V
Watt	400W
Bulb	T46
Base	E40
CRl	22
Lumen	48000Lm
Life Span	20000hrs



راه اندازی لامپ بخار سدیم

از آنجا که این لامپ به وسیله قوس الکتریکی نور تولید می کند ما نمیتوانیم آن را به صورت مستقیم به برق شهری متصل کنیم و برای راه اندازی آن نیاز به مدار راه انداز است.

ایگنیتور Ignaitor: بیشتر لامپ های گازی و به خصوص لامپ بخار سدیم پرفشار برای راه اندازی خود در ابتدا نیاز به یک ولتاژ بسیار زیاد دارند. اگر دوست دارید با نحوه راه اندازی لامپ بخار سدیم بیشتر آشنا باشید بهتر است از نحوه کار و نقش هریک از قطعات در مدار راه انداز اطلاع داشته باشید. در مباحث مربوط به مهندسی روشنایی و نور پردازی به این ولتاژ بالا، ولتاژ ضربه ای یا پالس می گویند. با اعمال پالس که طول موج نوسانی بیشتر از ولتاژ کاری لامپ بخار سدیم دارد لامپ بخار سدیم استارت خورده و شروع به کار می کند. برای تامین این ولتاژ اولیه ما از قطعه ای به نام ایگنیتور یا استارتر استفاده می کنیم. وظیفه ایگنیتور تولید ولتاژ به مقدار خیلی زیاد و به صورت لحظه ای است. این قطعه مسئولیتی مشابه آنچه استارتر در لامپ های مهتابی دارد را برای لامپ بخار سدیم شما ایفا می کند .



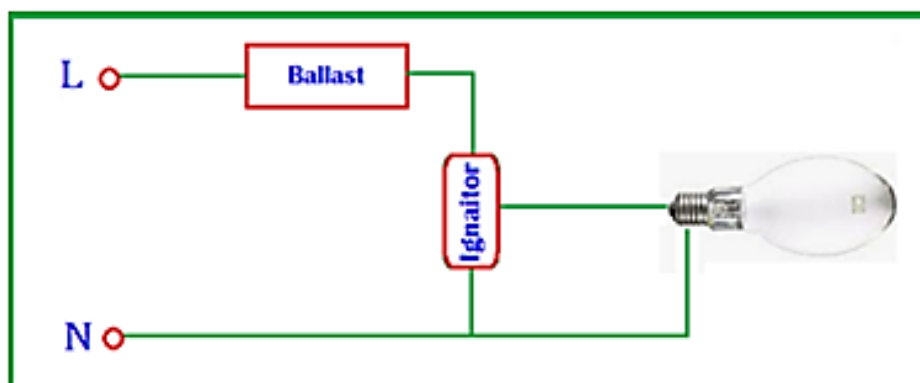
ایگنیتور ۴۰۰ وات سه سیم مدل CD-7B نور لامپ

بالاست Ballast : یک بالاست برای این که میزان جریان کشی لامپ را محدود کند مورد نیاز است. از آنجایی که قوس الکتریکی تشکیل شده دارای مقاومت منفی است و شدت جریان به شدت افزایش پیدا می‌کند، بدون استفاده از یک بالاست یا چوک میزان توان مصرفی این لامپ در مدار می‌تواند بسیار تخریب کننده باشد بالاست به تنهایی کافی نیست و برخی از نمونه‌های لامپ بخار سدیم پر فشار از یک استارتر یا ایگناتور نیز استفاده می‌کنند.



بالاست ۲۵۰ وات سدیم و متال هالید با سیم پیچ آلومینیومی آرش

مدار راه اندازی لامپ بخار سدیم



لامپ متال هالاید Metal Halide Lamp

لامپ متال هالاید ساختمانی شبیه لامپ بخار جیوه دارد که داخل حباب علاوه بر جیوه مقدار کمی نمک های هالوژنی اضافه می شود ، این لامپ ها را می توان به عنوان روشنایی داخلی و روشنایی سالن های کارخانه ها ، معابر شهری ، استادیوم های ورزشی ، محوطه های بزرگ مورد استفاده قرار داد

خباب داخلی لامپ متال هالاید از جنس کوارتز و سرامیک است . استفاده از حباب با جنس کوارتز در این لامپ به دلیل واکنش دادن با سدیم موجود در داخل حباب موجب واکنش دادن این دو عنصر و خوردگی حباب می شود که طول عمر لامپ را کاهش میدهد . باید توجه نمود حباب درونی و حباب بیرونی که حباب بیرونی از انتشار اشعه ماورا بنفش جلوگیری می کند. در صورت شکستن حباب استفاده از لامپ خطرناک است و ممکن است سبب آسیب رسیدن به پوست و چشم شود.

. فرآیند این لامپ به این شکل است که نمکهای هالوژن با روشن شدن لامپ پس از پنج دقیقه تبخیر می شوند که این تبخیر موجب ایجاد نور می شود. طی فرآیند تبخیر متال هالاید در حباب درونی اشعه ماوراء بنفش تولید می شود. حباب بیرونی لامپ از تابش این اشعه مضر به فضای بیرون جلوگیری می کند . لامپ متال هالاید پس از روشن شدن و گذشتن چند دقیقه ، نور کاملاً سفید دارد. دمای محیطی که لامپ متال هالاید در آن استفاده می شود در عملکرد آن تاثیری ندارد به همین دلیل در فضاهای سر بسته و آزاد استفاده می شود .



تفاوت لامپ متال هالید و بخار سدیم

- تفاوت اصلی این دو نوع لامپ، رنگ نور آن ها است. نوری که متال هالید تولید می کند، در طیف رنگی سفید و آبی (سفید رنگ) است. لامپ بخار سدیم نوری در طیف های زرد، نارنجی و قرمز (زرد رنگ) تولید می کند.
- تعویض لامپ های بخار سدیم نسبت به لامپ های متال هالید ارزان تر است.
- استفاده از لامپ های بخار سدیم در مقایسه با لامپ های متال هالید، خطر جیوه و اشعه یووی کمتری را به دنبال دارد. گرچه هر دوی این لامپ ها جیوه دارند و برای سلامتی مضر هستند اما با این حال، لامپ های بخار سدیم برای سلامتی انسان ها و حیوانات خطر کمتری دارد و پرمردارتر هستند. پس از تمام شدن عمر این لامپ ها، لازم است با احتیاط و طبق قواعد خاصی دور انداخته شوند.
- لامپ های متال هالید طول عمر کمتری نسبت به لامپ های بخار سدیم دارند.
- لامپ بخار سدیم لومن در وات بالاتری دارد و از این نظر نسبت به لامپ متال هالید کارآمدتر است و بازده بیشتری دارد.
- جیوه داخل لامپ متال هالید نسبت به لامپ بخار سدیم درخشندگی بیشتری دارد.

تفاوت لامپ بخار جیوه و بخار سدیم

- لامپ بخار سدیم با تخلیه الکتریکی نور خود را تولید می کند ولی لامپ بخار جیوه با اثر ترکیبی تخلیه الکتریکی در بخارهای جیوه و همچنین به کمک ماده فلورسنت، نور را تولید می کند.
- لامپ بخار سدیم بازده نوری بیشتری دارد.
- لامپ بخار جیوه می تواند تمام طیف نور مرئی در سیستم بینایی انسان را تولید کند.
- لامپ بخار جیوه برای گرم شدن، روشن شدن و در نهایت رسیدن به نور نهایی نیاز به زمان بیشتری دارد.
- لامپ های بخار جیوه به دلیل نور مرئی که تولید می کنند، برای استفاده در معابر شهری مناسب تر هستند. لامپ های بخار سدیم نیز به دلیل رنگ زردی که دارند، برای استفاده در جاده های بین شهری و مناطق مه آلود مناسب تر هستند





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه فنی و حرفه‌ای ایلام

فصل دهم

سیستم‌های اتصال زمین



سیستم اتصال زمین

زمین (ارت): رسانندگی جرم زمین را در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفر در نظر گرفته شود، زمین (ارت) می‌نامند.

سیستم اتصال به زمین (ارتینگ): یک یا چند الکتروود همراه با سیمهای ارت را که قابلیت اتصال به ترمینال اصلی داشته باشند، سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) می‌نامند.

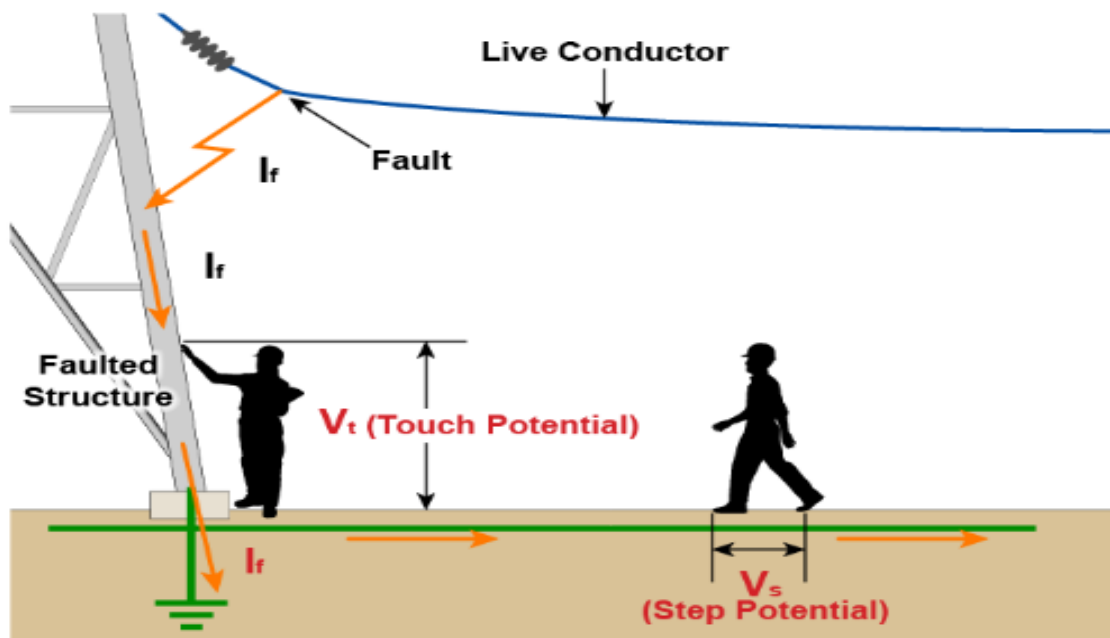
الکتروود ارت (زمین): رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم است که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می‌کنند.

مقاومت الکتروود ارت: مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است.

ولتاژ تماس: ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق‌بندی بین قسمتهایی از هادیها، بدنه‌های هادی، قسمتهای هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند، ظاهر می‌شود.

ولتاژ تماس احتمالی: حداکثر ولتاژ تماس است که احتمال دارد در صورت بروز اتصال کوتاهی با امپدانس ناچیز، در تأسیسات الکتریکی ظاهر شود.

ولتاژ گام: ولتاژی است که بر اثر برخورد هادی فاز با زمین ایجاد می‌شود. این برخورد ممکن است در اثر پارگی هادیهای فاز برق فشار ضعیف یا فشار قوی بوجود آمده و یا اینکه در اثر از بین رفتن عایق‌بندی سیم‌ها یا کابل‌های برقدار و نشت جریان برق به زمین حادث می‌شود.

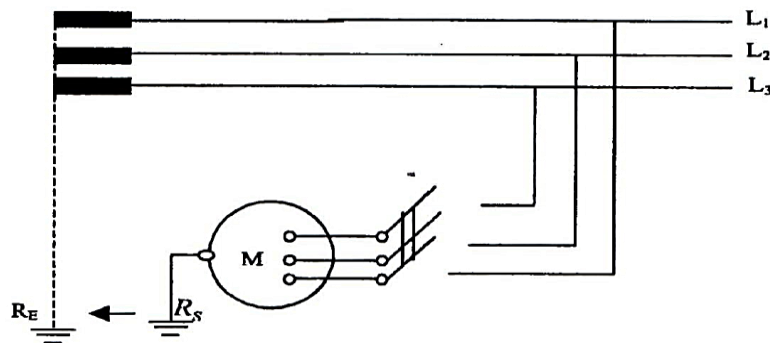


انواع زمین کردن

1 زمین کردن حفاظتی: در زمین کردن حفاظتی، قسمت هایی از دستگاه ها و تجهیزات الکتریکی که نسبت به مدار الکتریکی عایق بوده و اصولاً مربوط به عبور جریان الکتریکی نمی شوند، باید به زمین متصل گردند تا در موقع اتصال ناگهانی آنها به مدار الکتریکی از برق گرفتگی جلوگیری شود. در زمین کردن حفاظتی باید دقت کرد که قسمت متصل شده به انسان (دست / پا / دو دست)، ولتاژ الکتریکی کمی داشته باشد. بعبارت دیگر دارای اختلاف پتانسیل بی خطری باشد (۵۰ ولت طبق استاندارد ملی ایران). هر چه مقاومت اتصال زمین کمتر باشد، اختلاف ولتاژ کمتر می شود. مثلاً اگر یک مقره عبوری که در دیوار مرطوبی کار گذاشته شده است بشکند، در صورتی که هر متر دیوار دارای مقاومت ده اهم و جریان زمین ۲۵ آمپر باشد، مابین دو نقطه از دیوار که انسان با آن تماس دارد و تقریباً دو متر از هم فاصله دارد (بین انگشتان دست و پا) اختلاف پتانسیل $V=RI=25(2 \times 10)=500$ بوجود می آید. ولی اگر محل اتصال مقره با یک سیم قوی و ضخیم زمین شود، جریان اتصال زمین از این سیم عبور می کند و تماس با دیوار بی خطر می شود و حتی تماس با سیم زمین نیز خطری نمی تواند داشته باشد، زیرا مقاومت این سیم آنقدر کم است که باعث افت پتانسیل خطرناک نمی شود.

شرط زمین کردن حفاظتی

چنانچه جریان اتصال زمین مطابق شکل زیر از راه زمین برگردد مقاومت حفاظتی نباید از مقدار بیشتر باشد در این رابطه I_a جریان قطع کلیدهای حفاظتی می باشد.



چگونگی برگشت جریان اتصالی از راه زمین

M : موتور
R_s : مقاومت اتصال زمین تجهیزات
R_E : مقاومت اتصال زمین شبکه

(ولتاژ ۵۰ ولت متناوب برای محیط های عادی زندگی و کار، حداکثر ولتاژی است که از نظر برق گرفتگی در ایران ایمن تشخیص داده شده است).

2 زمین کردن الکتریکی : در زمین کردن الکتریکی قسمتی از دستگاههای الکتریکی و تاسیسات برقی که جزئی از مدارند به عنوان مبدا پتانسیل ، به زمین وصل می شوند ، مثل نقطه صفر اتصال ستاره ترانسفورماتورها و ژنراتورها و غیره . زمین کردن الکتریکی بر سه نوع است :

- زمین کردن مستقیم و یا بدون واسطه
- زمین کردن غیرمستقیم یا با واسطه (توسط مقاومت اهمی – سلفی و یا خازنی)
- زمین کردن باز (مثلاً توسط برقگیر)

محاسن زمین کردن الکتریکی

- از نامتعادل شدن ولتاژها در اثر عدم تعادل بار جلوگیری می کند .
- به سیستم حفاظتی کمک می نماید تا اتصال فاز به زمین را قطع کند و جرقه خاموش شود .
- باعث حفاظت دستگاهها و تاسیسات برقی در هنگام رعد و برق و برخورد آذرخش به شبکه می گردد .

مفهوم حروف اختصاری

حرف اول : از سمت چپ مشخص کننده نوع رابطه سیستم نیرو با زمین است،

T ← یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین وصل است (معمولاً نقطه خشی)

I ← قسمتهای برق دار سیستم نسبت به زمین عایق هند و با یک نقطه از سیستم از طریق امپدانسی به زمین وصل است.

حرف دوم : از سمت چپ مشخص کننده نوع رابطه بدنه های هادی تاسیسات با زمین است،

T ← بدنه های هادی از نظر الکتریکی بطور مستقیم و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل اند

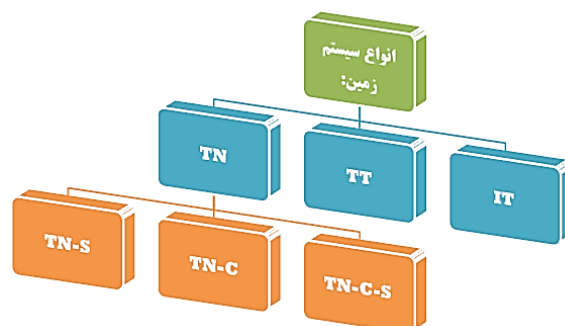
N ← بدنه های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً در نقطه زمین شده سیستم نیرو وصل میشوند.

علاوه بر دو حرف اصلی تعیین کننده نوع سیستم نیرو در مورد سیستم های TN برای مشخص کردن نحوه استفاده از هادیهای حفاظتی PE و خشی N از حروف اضافی استفاده میشود.

S ← در سرتاسر سیستم بدنه های هادی از طریق یک هادی مجزا PE به نقطه خشی N در مبدا سیستم وصل اند.

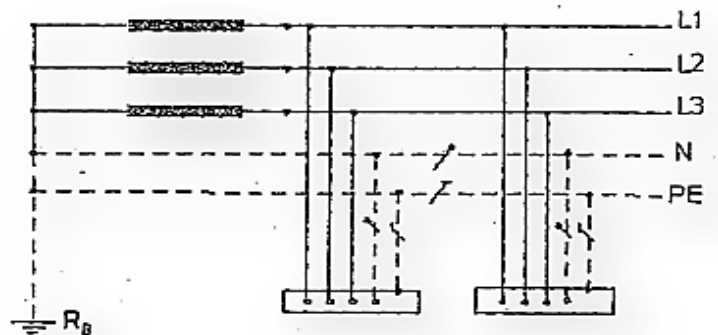
C ← در سرتاسر سیستم بدنه های هادی به هادی مشترک حفاظتی خشی PEN وصل اند .

انواع سیستم های اتصال زمین



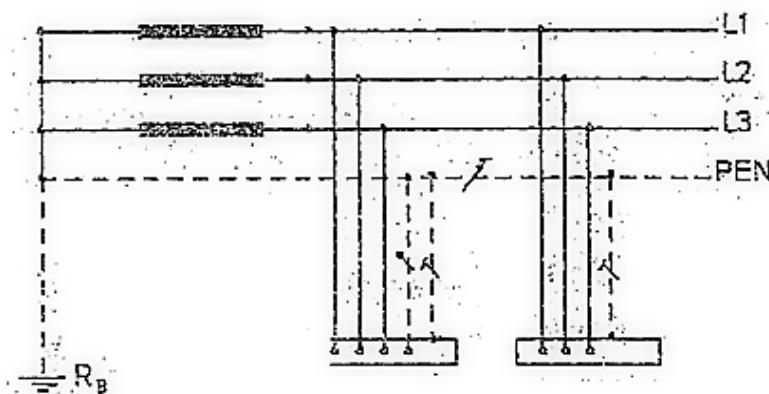
سیستم TN-S

در این سیستم، سیمهای نول و ارت از یکدیگر جدا هستند. یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه بر شینه نول، شینه دیگری به نام شینه ارت وجود دارد که سیم ارت اصلی از الکترودهای زمین به آن وصل شده و از آنجا به موازات سیمهای نول و فازها (به صورت پنج سیمه) تا دستگاههای مصرف کننده برده شده و به بدنه هادی آنها متصل می شود.



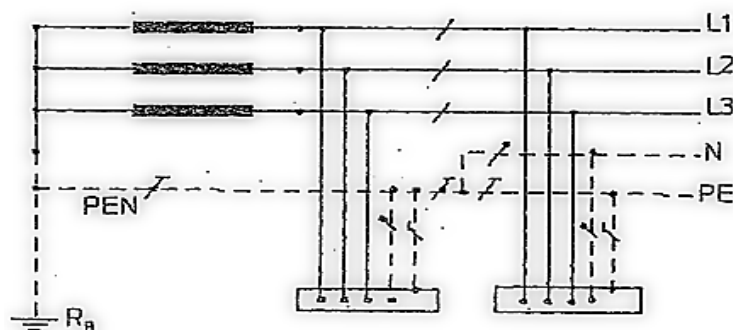
سیستم TN-C

در این سیستم، سیم ارت و نول مشترک هستند. به عبارت دیگر سیم نول که از شینه نول تابلوی اصلی به مصرف کننده ها برده می شود، هم به عنوان نول مورد استفاده قرار می گیرد و هم به عنوان سیم ارت یعنی یک انشعاب از سیم نول به بدنه هادی دستگاههای مصرف کننده به عنوان سیم ارت وصل می شود. کابل های هم مرکز ارت شده یا کابل های غلافدار فلزی ارت شده که مسیر برگشتی برای عبور جریان اتصال به زمین را فراهم می آورند، نمونه هایی از این سیستم هستند.



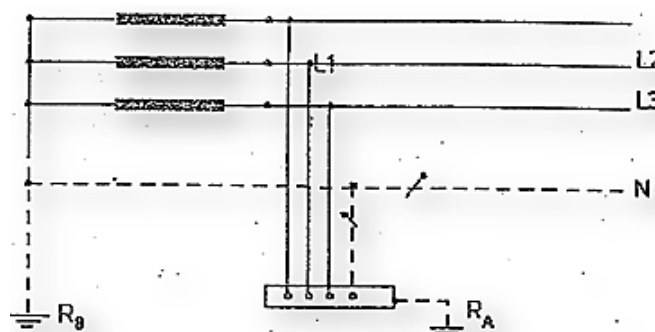
سیستم TN-C-S

تنها در بخشی از این سیستم (معمولاً در ابتدا)، سیم نول و ارت با یکدیگر مشترک هستند و از آن نقطه به بعد، سیم پنجمی از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاههای مصرف کننده اتصال داده می‌شود.



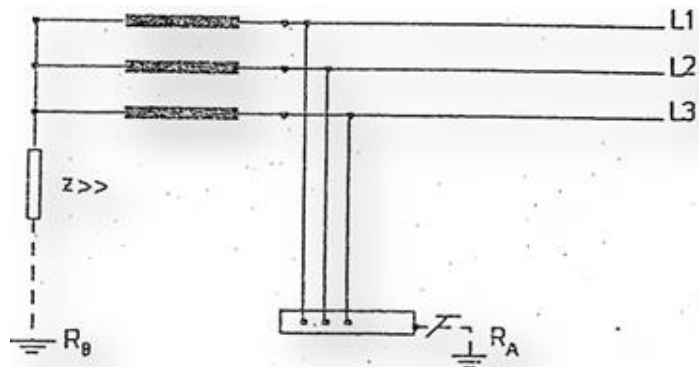
سیستم TT

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور) در یک یا چند نقطه ارت شده و قسمتهای هادی در دسترس و هادی بیگانه تاسیسات به الکتروود ارت محلی یا الکترودهایی که نقطه نظر الکتریکی مستقل از ارتهای منبع سیستم هستند، متصل می‌شوند. یعنی اتصال به زمین حفاظتی هیچ گونه ارتباطی با اتصال به سیستم ندارد.



سیستم IT

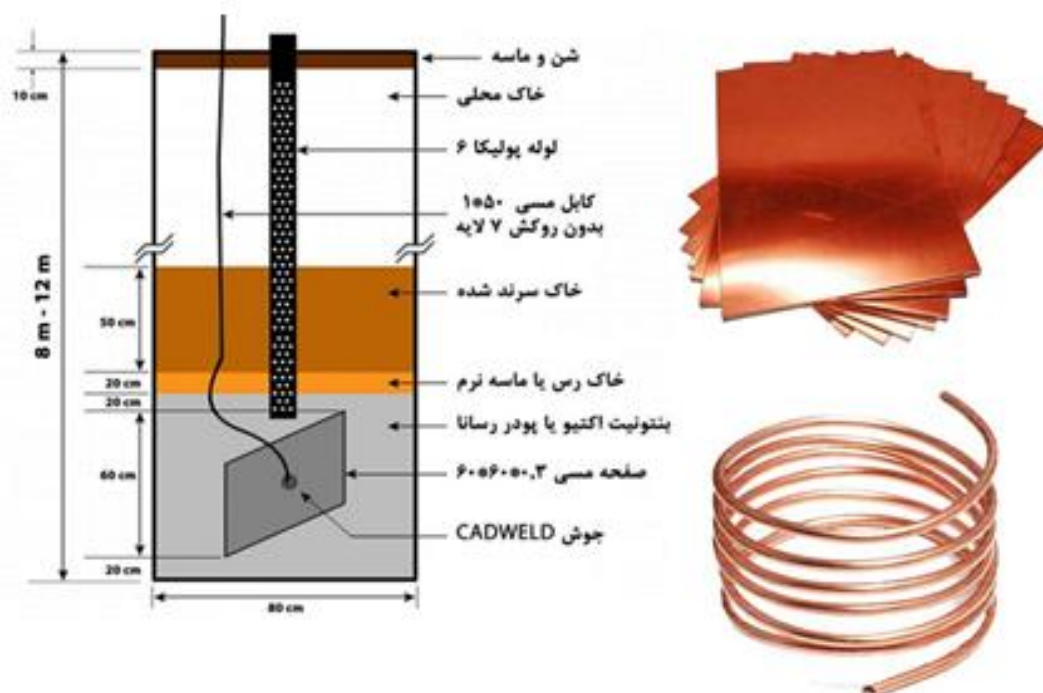
در این سیستم منبع انرژی (ترانس یا ژنراتور برق) یا ارت نشده، یا از طریق یک امپدانس بزرگ ارت می‌شود و قسمتهای هادی در دسترس تاسیسات نیز به الکتروود ارتی که از نظر الکتریکی مستقل است وصل می‌شوند. در این سیستم نیز اتصال به زمین حفاظتی و اتصال سیستم با یکدیگر ارتباط ندارند. استفاده از این سیستم برای شبکه‌های عمومی توزیع ممنوع است.



انواع الکترودهای مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین



۱ الکترود صفحه‌ای: برای استفاده از این نوع الکترودها، صفحاتی از جنس مس با ابعاد حداقل $۰/۵ \times ۰/۵$ متر و ضخامت حداقل ۲ میلیمتر پیشنهاد می‌شود.

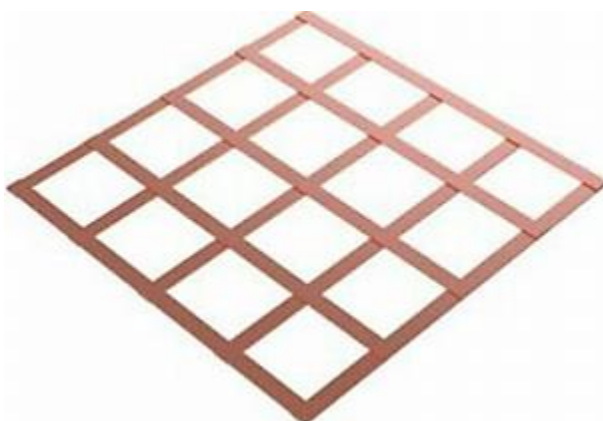


الکترودهای صفحه‌ای باید به صورت عمودی نصب شوند.

۲ الکترودهای میله‌ای: قطر الکترودهای میله‌ای از جنس مس و فولاد با پوشش مس به ترتیب ۱۲ میلیمتر و ۱۶ میلیمتر و برای میله‌هایی از جنس فولاد گالوانیزه ۱۶ میلیمتر پیشنهاد می‌شود. سیم اصلی اتصال به زمین که از سر چاههای ارت یا الکترودهای میله‌ای گرفته شده و به شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) وصل می‌شود، باید سیم مسی شماره ۵۰ باشد.

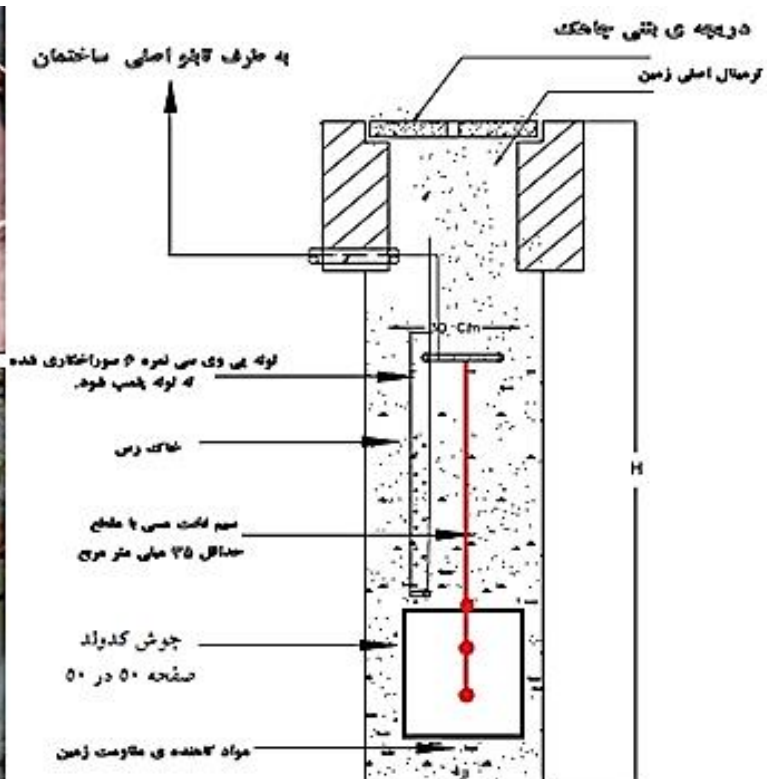


۳ الکترودهای تسمه‌ای: در صورتی که خاک محل نصب الکترودهای صفحه‌ای یا میله‌ای سخت باشد، به گونه‌ای که حفر چاه و رسیدن به لایه‌های مربوط خاک عملاً غیرممکن یا دشوار باشد، می‌توان از سیستم الکترودهای تسمه‌ای استفاده کرد. بدین صورت که الکترودها در خاک، به صورت افقی قرار می‌گیرند. ضخامت الکترود تسمه‌ای نباید بیش از یک هشتم پهنای آن باشد. عمق دفن الکترود تسمه‌ای و پهنای آن تأثیر نسبتاً کمی روی مقاومت دارند. بنابراین، عمق دفن الکترودهای تسمه‌ای بین ۶/۰ تا ۲ متر پیشنهاد می‌شود. علاوه بر سیم تسمه‌ای شکل می‌توان از سیم گرد نمره ۵۰ نیز به عنوان الکترود تسمه‌ای استفاده کرد.



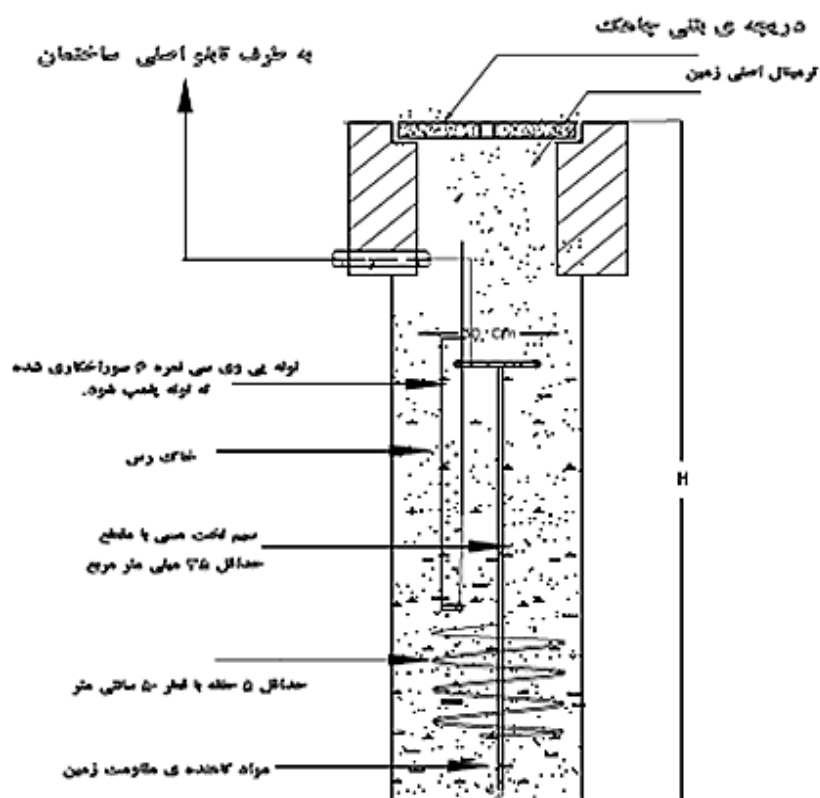
اجرای چاه ارت صفحه ای

- 1 ابتدا با توجه به نوع خاک بین ۲ تا ۴ متر زمین را حفر میکنیم و حدود ۲۰ لیتر محلول آب و نمک تهیه و کف چاه میریزیم بطوریکه تمام کف چاه را در برگیرد
- 2 به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از ته چاه را با خاک رس و یا خاک نرم پر مینمائیم.
- 3 به مقدار لازم ۳۰۰ کیلوگرم بتونیت را با آب مخلوط کرده و بصورت دوغاب در میاوریم و مخلوط حاصل را به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از کف چاه میریزیم هر چه مخلوط حاصل غلیظ تر باشد کیفیت کار بهتر خواهد بود.
- 4 صفحه مسی را به سیم مسی نمره ۳۵ جوش کدولد میزنیم
- 5 صفحه مسی را بطور عمودی در مرکز چاه قرار می دهیم.
- 6 اطراف صفحه مسی را با دوغاب تهیه شده تا بالای صفحه پر می نمائیم.
- 7 لوله پلیکای سوراخ شده را بطور مورب در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می دهیم و داخل لوله پلیکا را شن یریزیم تا ۵۰ سانتیمتر از انتهای لوله پر شود این لوله برای تامین رطوبت ته چاه می باشد و در فصول گرم سال تزریق آب از این لوله بیشتر انجام گردد. لازم بذکر است در مواردی که چاه ارت در باغچه حفر شده باشد و یا ته چاه به رطوبت رسیده باشد و یا کلا در جاهایی که رطوبت ته چاه از بالای چاه یا از پایین چاه تامین گردد نیازی به قراردادن لوله نمی باشد.
- 8 بعد از قراردادن لوله پلیکا به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از بالای صفحه مسی را با دوغاب آماد شده پر مینمائیم.
- 9 الباقی چاه را هم تا ۱۰ سانتیمتر بر سر چاه مانده ، با خاک معمولی همراه با ماسه یا خاک سرند شده کشاورزی پر می نمائیم و ۱۰ سانتیمتر از چاه را برای نفوذ آب باران و آبهای سطحی به داخل چاه با شن و سنگریزه پر می نمائیم . روی چاه مخصوصا در مواقعی که از لوله پولیکا استفاده نمی گردد نباید آسفالت شده و یا با سیمان پر گردد.

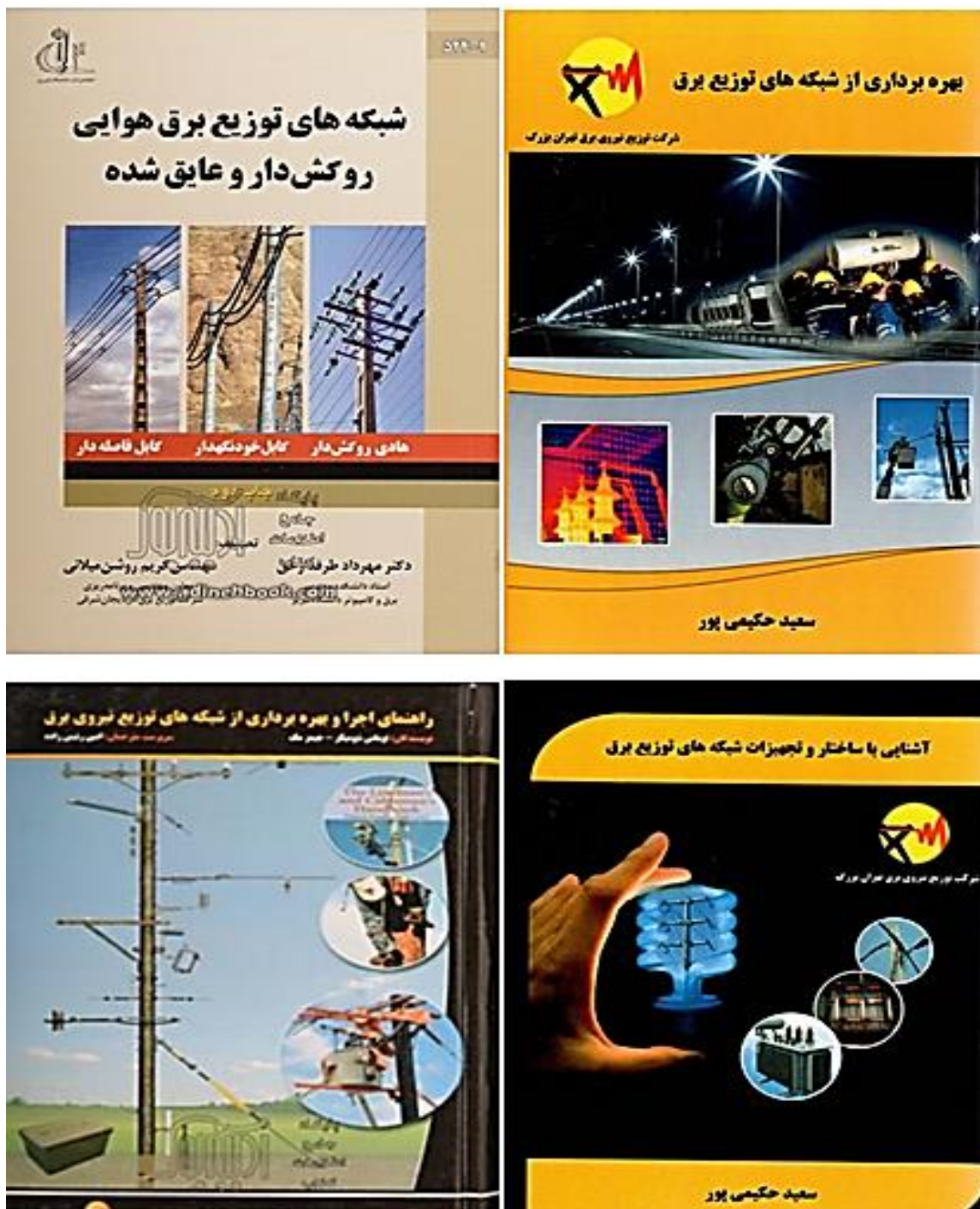


اجرای چاه ارت به روش ۵ حلقه

طبق مبحث ۱۳ انتخاب سیم لخت چند مفتولی مسی به عنوان الکتروود هم از نظر اقتصادی و هم از نظر یک پارچه بودن الکتروود و هادی اتصال زمین تا ترمینال اصلی زمین، نسبت به الکتروود صفحه ای مسی که ایجاد نقاط اتصال سیم به صفحه با جوش یا بست و پیچ و مهره مخصوص در آن اجتناب ناپذیر است، برتری محسوسی دارد برای این منظور می توان در انتهای چاه سیم لخت چند مفتولی مسی را بصورت ۵ حلقه مارپیچ به قطر هر حلقه حدود ۵۰ سانتی متر پیچیده و در زمین قرارداد و بقیه سیم را به صورت یک پارچه تا سطح زمین و از آنجا تا محل ترمینال اصلی اتصال زمین هدایت کرد



مراجع و منابع برای مطالعه بیشتر



<https://namaydanesh.com/courses/۳۹یکچ-جامع-آموزش-شبکه-توزیع-برق>