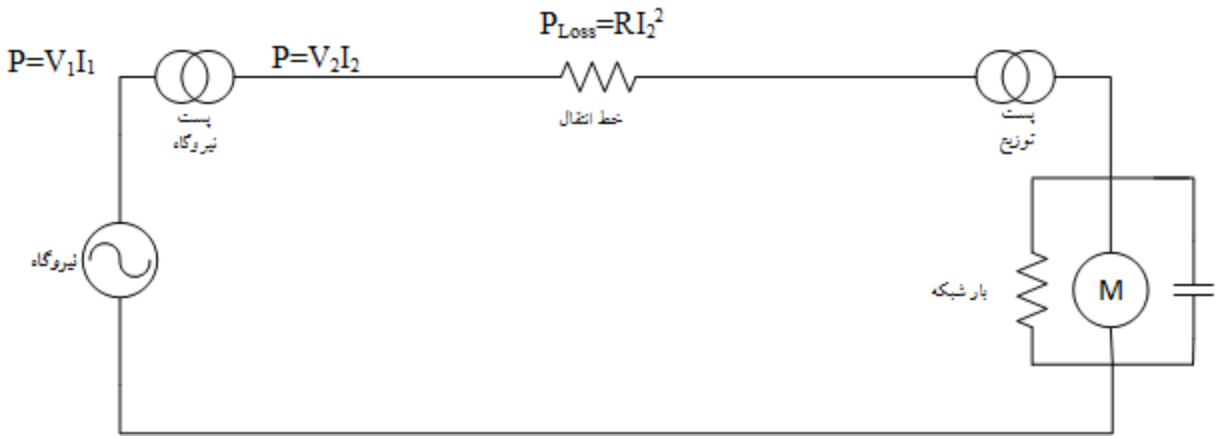
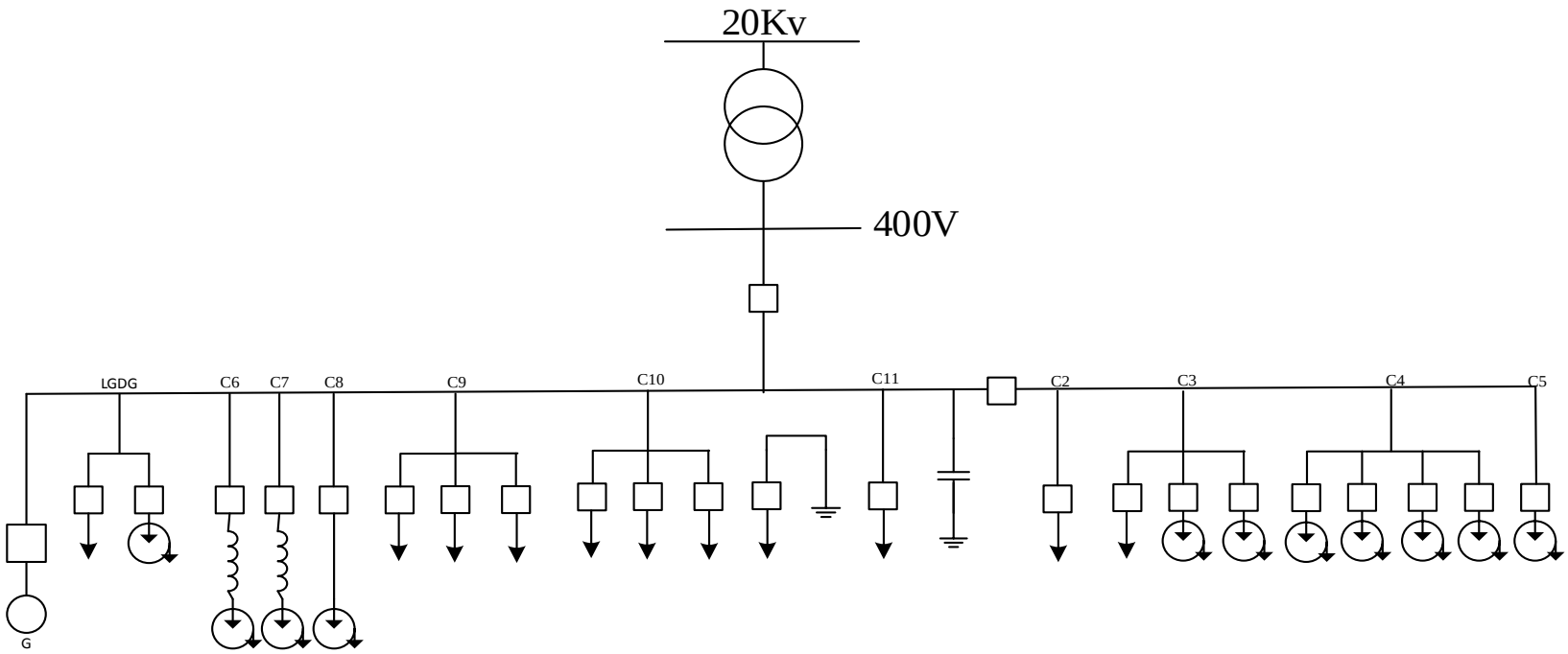
مفهوم پست

- بین نیروگاه و بار معمولا فاصله طولانی در حد چند صد کیلومتر قرار دارد.
- با عبور جریان از خط انتقال، انرژی الکتریکی به گرما تبدیل می شود و میزان این تلفات انرژی به مقاومت خط و مجذور جریان وابسته است.
- برای آنکه تلفات خط کاهش یابد در پست نیروگاه ولتاژ را افزایش (در نتیجه جریان را کاهش می دهند) و در نقطه مصرف، ولتاژ را کاهش می دهند (جهت ایمنی مصرف کنندگان)
- اگر جریان نصف شود تلفات یک چهارم خواهد شد.



یک پست توزیع در یک کارخانه



اجزا تشکیل دهنده پست

سوئیچگیر[1]، ترانسفورماتورهای قدرت ، ترانسفورماتورهای زمین یا تغذیه داخلی،سیستم های جبران کننده از قبیل راکتور و یا خازن ، تاسیسات جنبی الکتریکی مانند سیستم روشنایی محوطه ، سیستم حفاظت از رعد و برق و سیستم زمین تشکیل می‌گردند. نمونه ای از پست بهمراه ترانسفورماتور در شکل (۵-۱) نشانداده شده است.

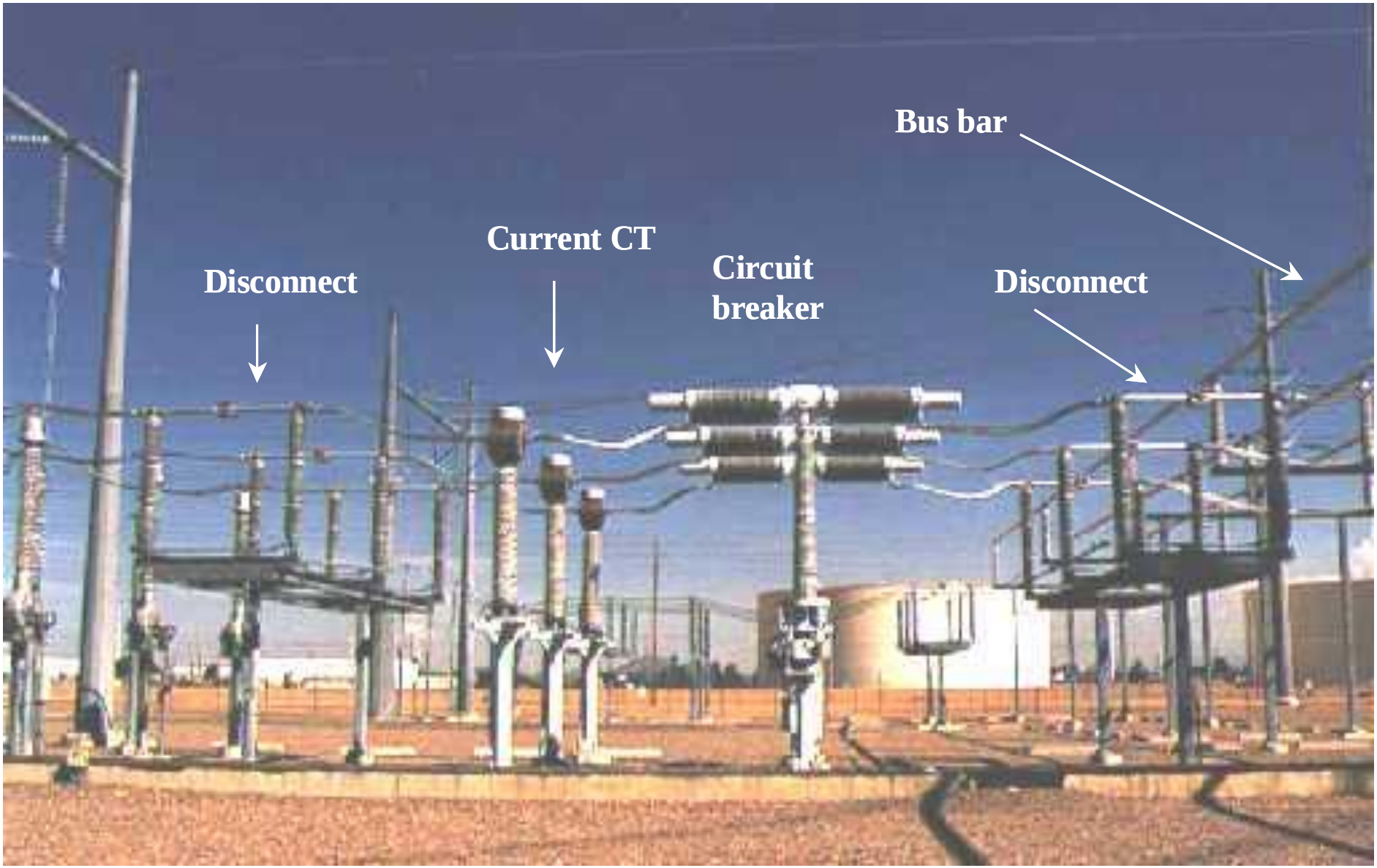
البته باید توجه داشت که در بعضی از پستها بسته به نوع پست ممکن است بعضی از اجزاء فوق وجود نداشته باشد، به طور مثال در پستهای کلیدی ترانسفورماتور قدرت وجود ندارد.

تجهیزات پست

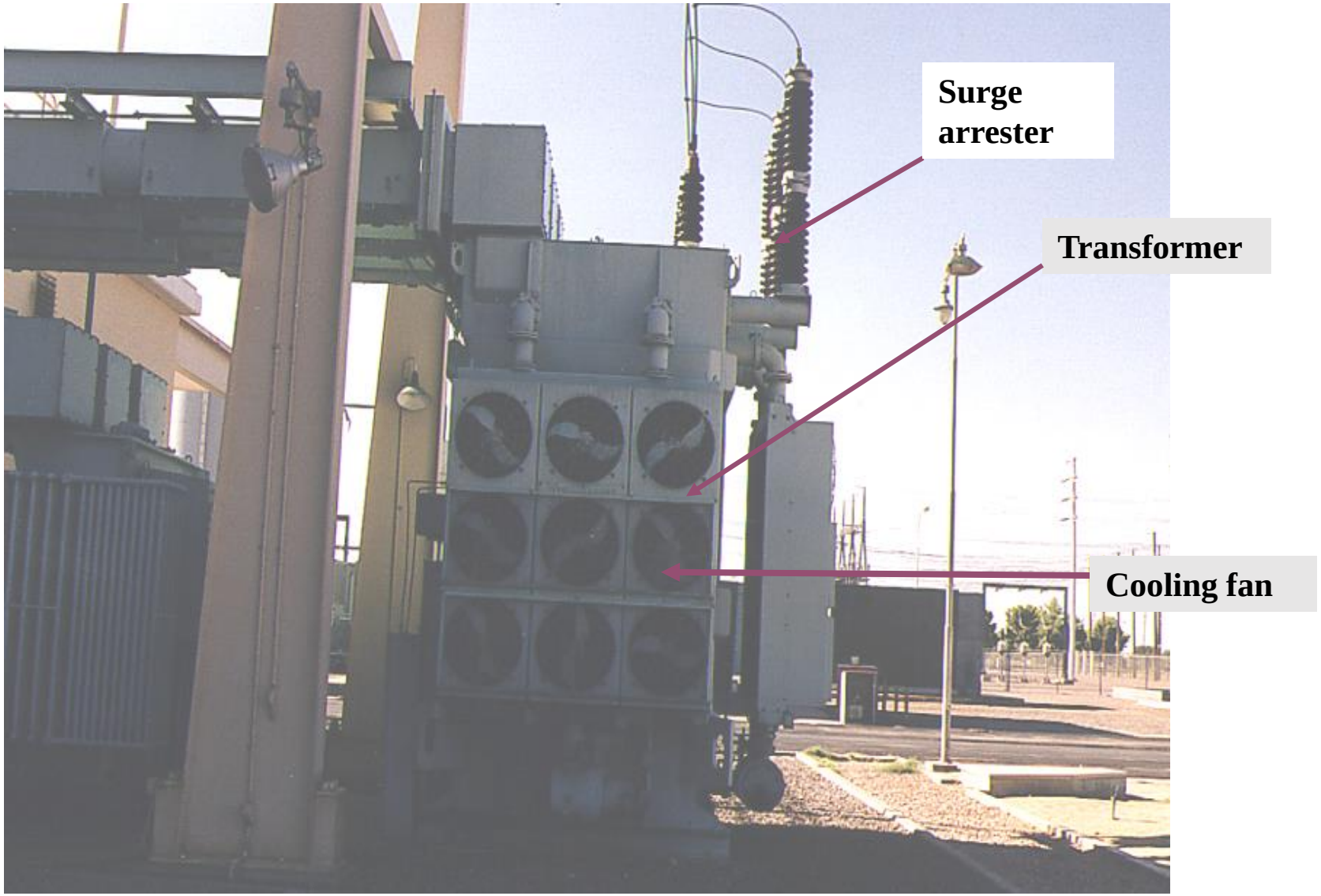
- ترانسفورماتور برای تغییر سطح ولتاژ
- کلید قدرت برای قطع جریان بار و اتصال کوتاه، که جریان اتصال کوتاه به صورت اتوماتیک قطع می شود.
- سکسیونر برای جدا سازی قابل رؤیت در هنگام تعمیرات کلید قدرت و جداسازی در حالت بدون بار
- ترانسفورماتور جریان و ولتاژ برای کاهش جریان به ۵ آمپر و کاهش ولتاژ به ۱۰۰ ولت جهت ایزوله کردن دستگاههای اندازه گیری از قسمت فشار قوی
- برقگیر برای حفاظت در مقابل رعد و برق و اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی

نمایی از یک پست

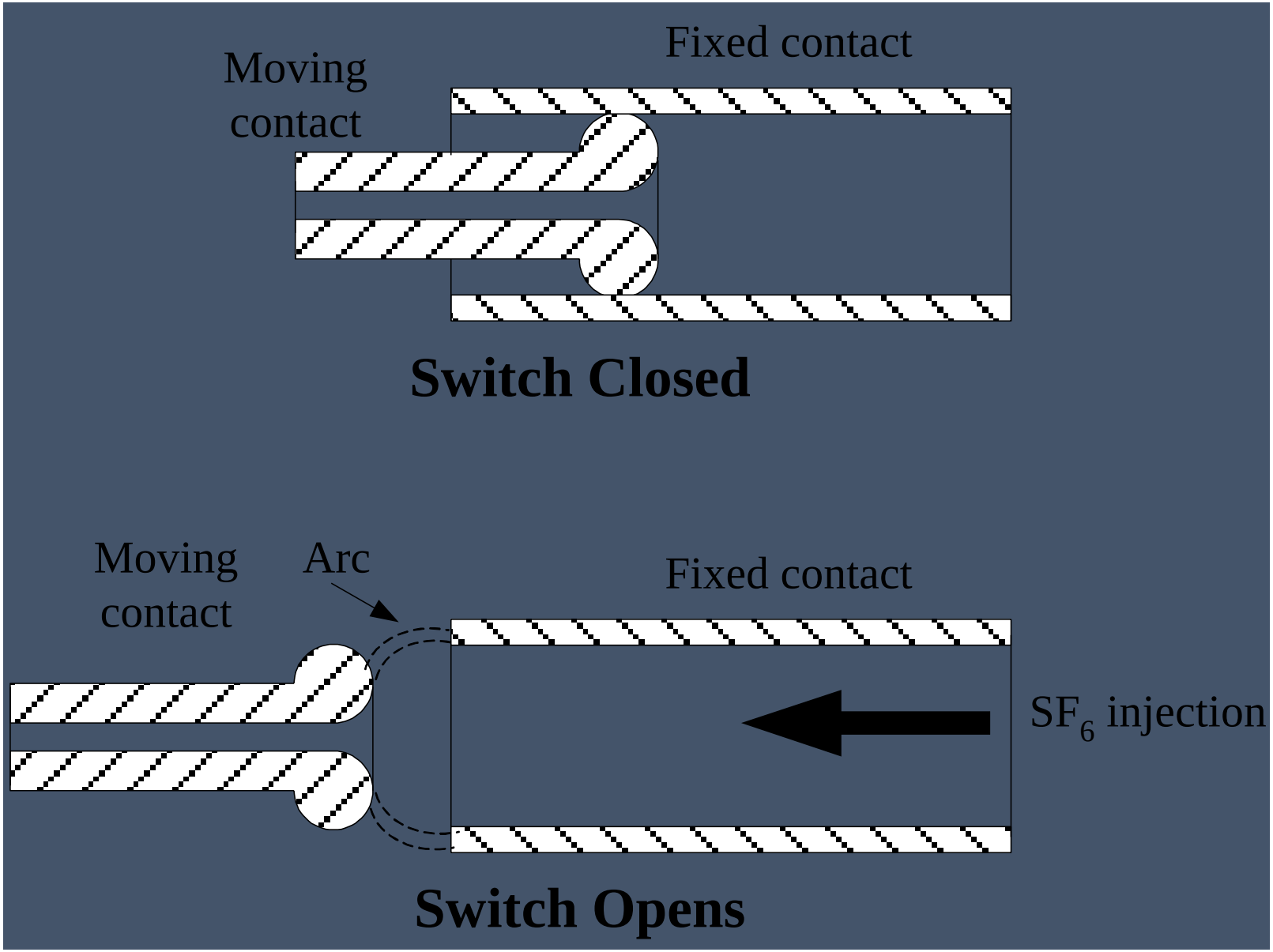
یک پست 33 KV



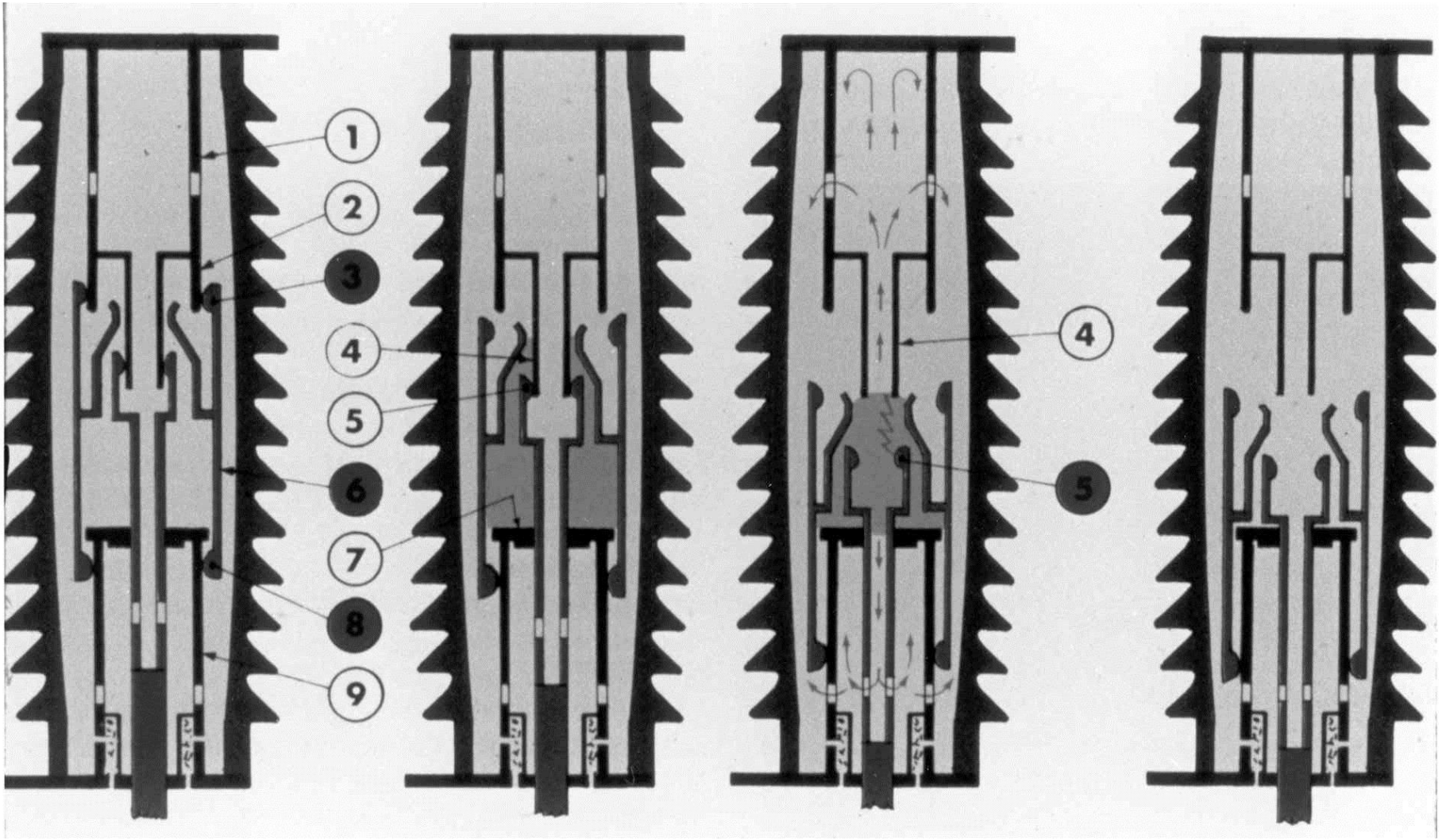
ترانسفورماتور



مفهوم کلید قدرت

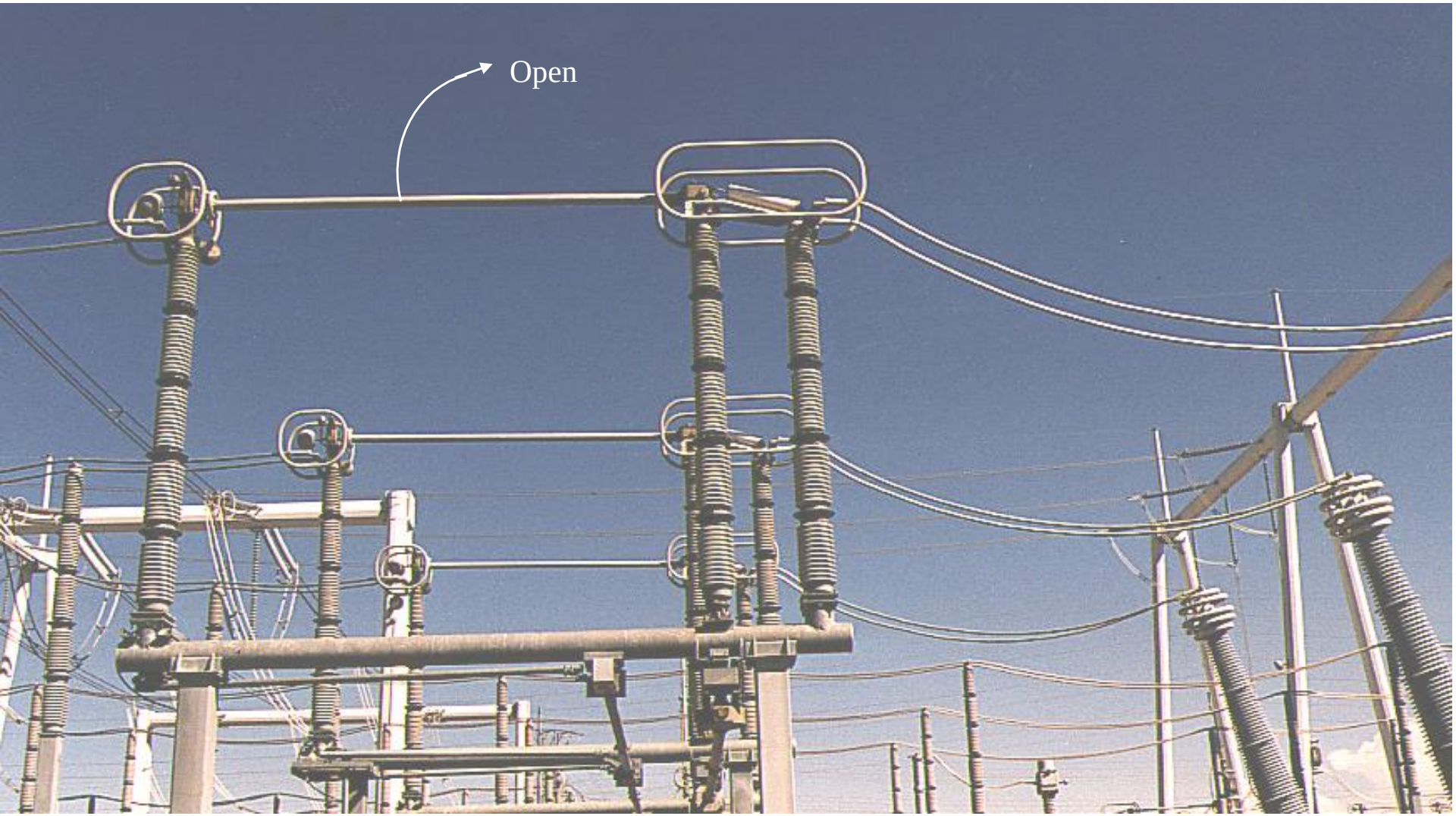


کلید قدرت گازSF6

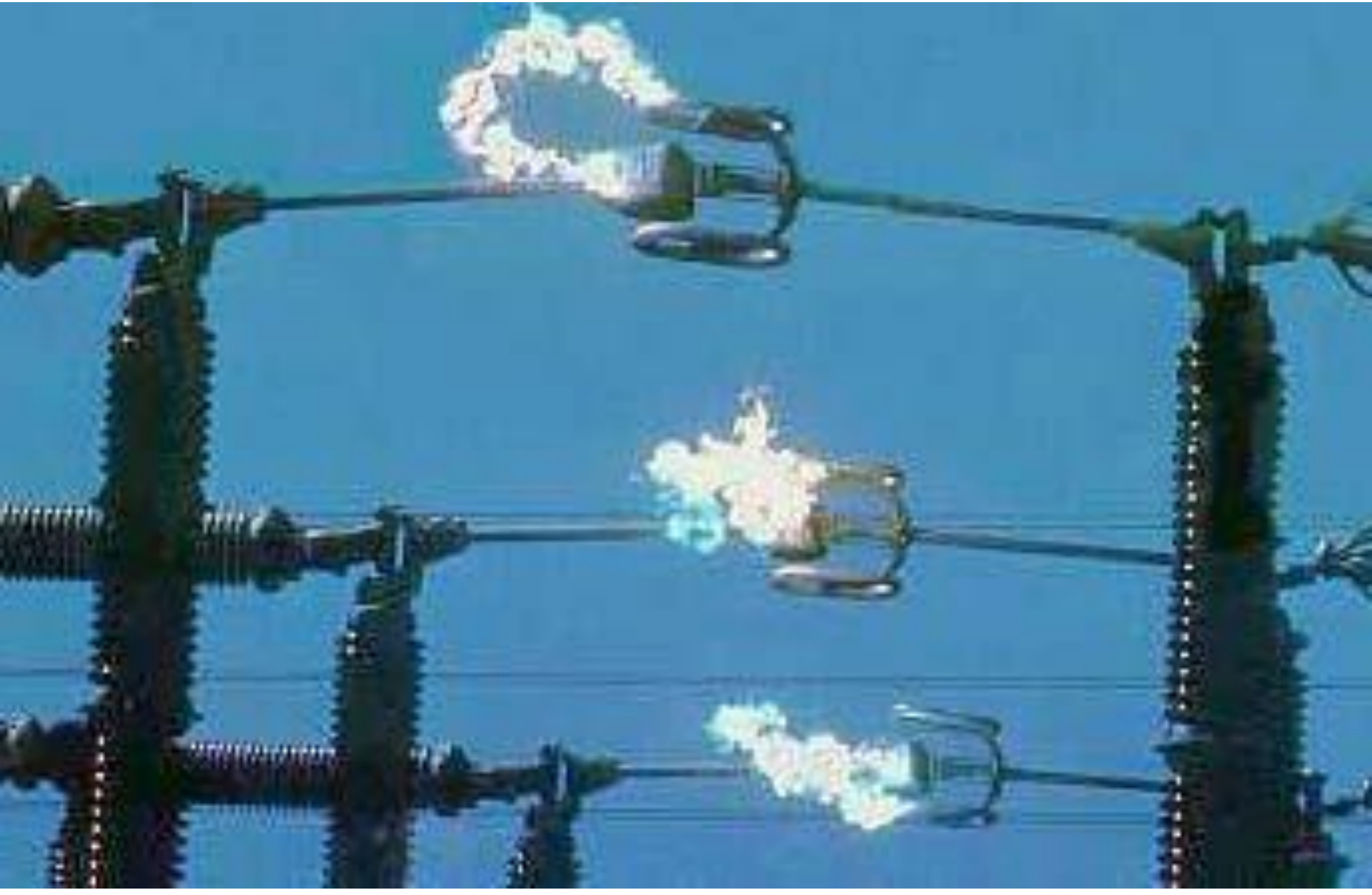


یک کلید قدرت 500 KV

سکسیونر یا دیسکانکت سوئیچ



ایجاد جرقه در هنگام باز شدن کلید قدرت

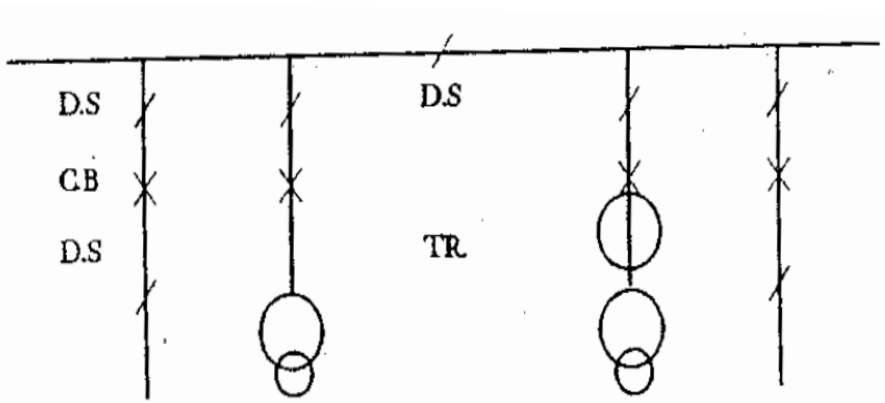


یک راکتور حفاظت شده با برقگیر

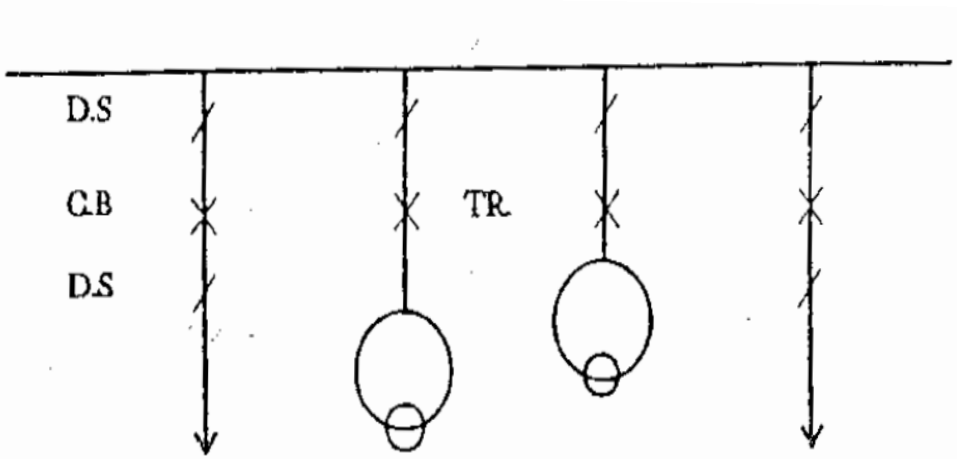
پارامترهای مهم در طراحی پستها و انتخاب تجهیزات

الف - درجه حرارت حداکثر محیط.
ب - درجه حرارت حداقل محیط.
ج - ارتفاع از سطح دریا.
د - سرعت باد.
ه - مقدار یخ
و - زلزله .
ز - مقدار باران و رطوبت هوا.
ح - تعداد صاعقه .

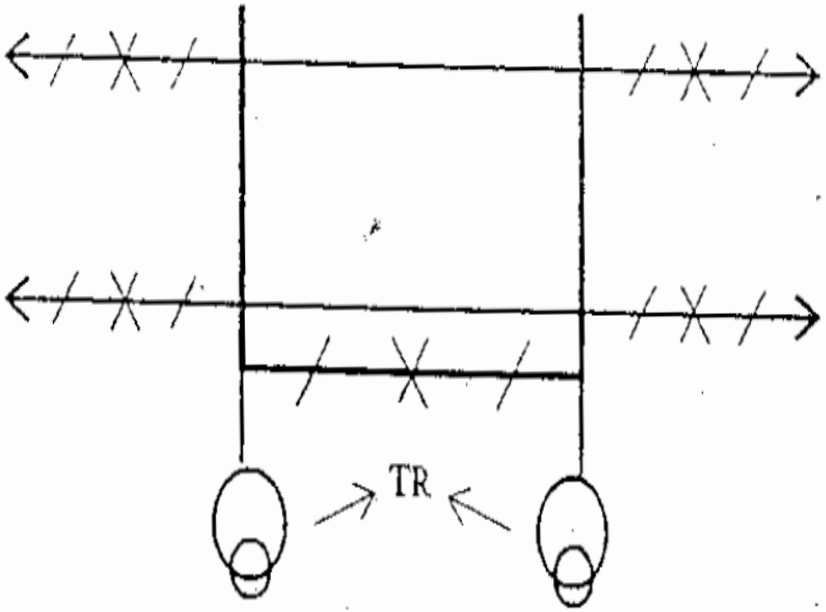
نظر به اینکه در یک پست فشار قوی که شامل ورودی و خروجی می‌باشد بایستی انرژی هر کدام از ورودی ها به تنهایی به اولیه ترانسفورماتورها منتقل گردد تا در صورت خرابی یک ورودی ، از ورودی های دیگر بتوان استفاده کرد لذا خطوط ورودی و خروجی به طریقی به یکدیگر مرتبط می‌شوند. عاملی که این ارتباط را برقرار می‌سازد شینه یا باس بار نام دارد.

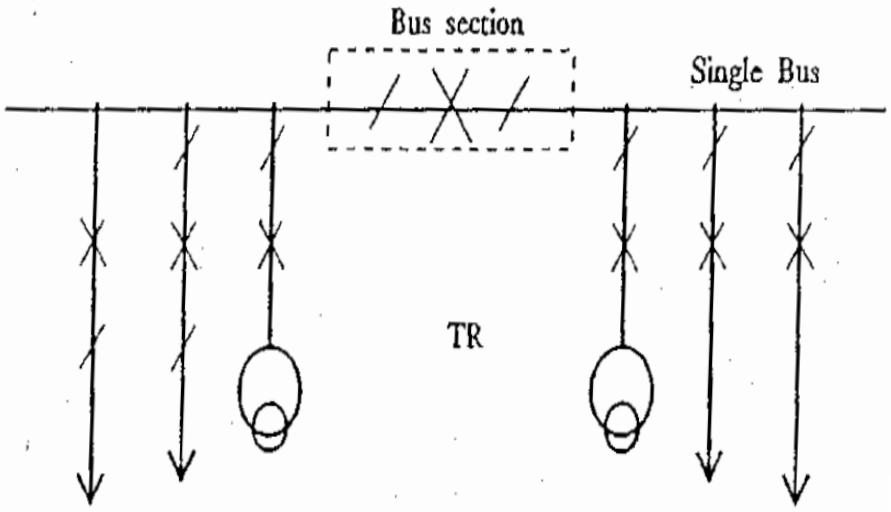


شکل (۲-۲): سیستم تک شینه ساده باسکسیونر روی شین



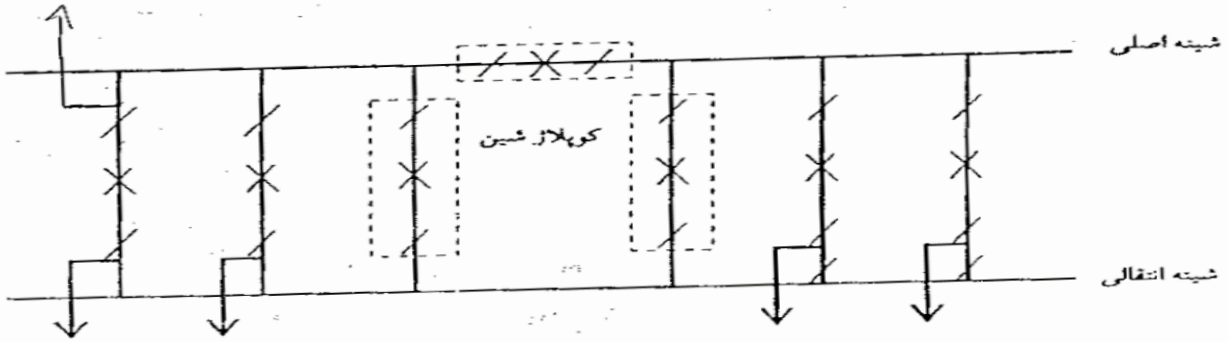
شکل (۲-۱):سیستم تک شینه ساده





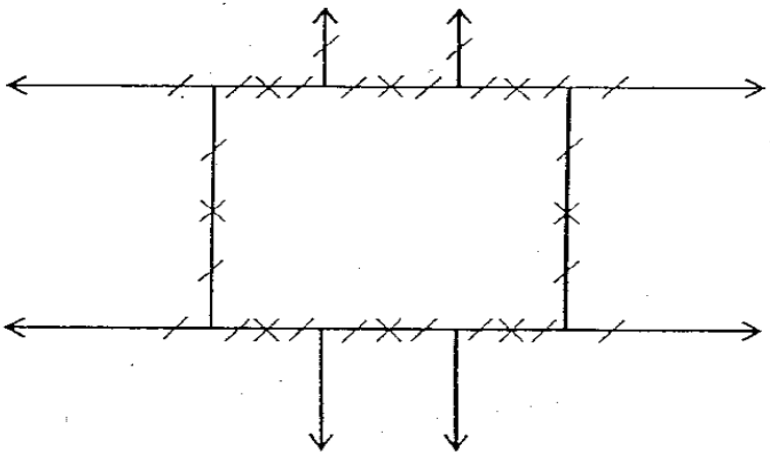
شکل (۲-۳): سیستم تک شینه ساده باکلید قدرت روی شینه(جداگانه)

شکل (۲-۴): سیستم تک شینه فرم U

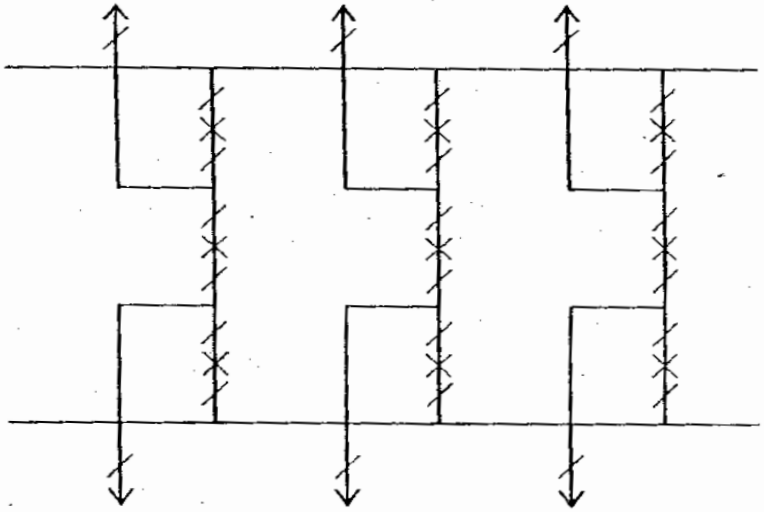


شکل (۲-۵): شین بندی دوبل (اصلی و یدکی)

دراین سیستم از شین دوبل استفاده شده و هردو شین بعنوان شین‌کار در نظر گرفته شده است و هر کدام از ارتباطات توسط دو سکسیونر امکان مانور روی شین ها را دارد(شکل ۶-۲). در این سیستم چنانچه خطای دایمی و یا مشکلی برای شین ها اتفاق بیافتد ، می‌توان از شین دیگر تا تعمیر آن شین استفاده نمود. برای مانور هر ارتباط از روی یک شین به شین دیگر بایستی کلید کوپلاژ بکار گرفته شود.

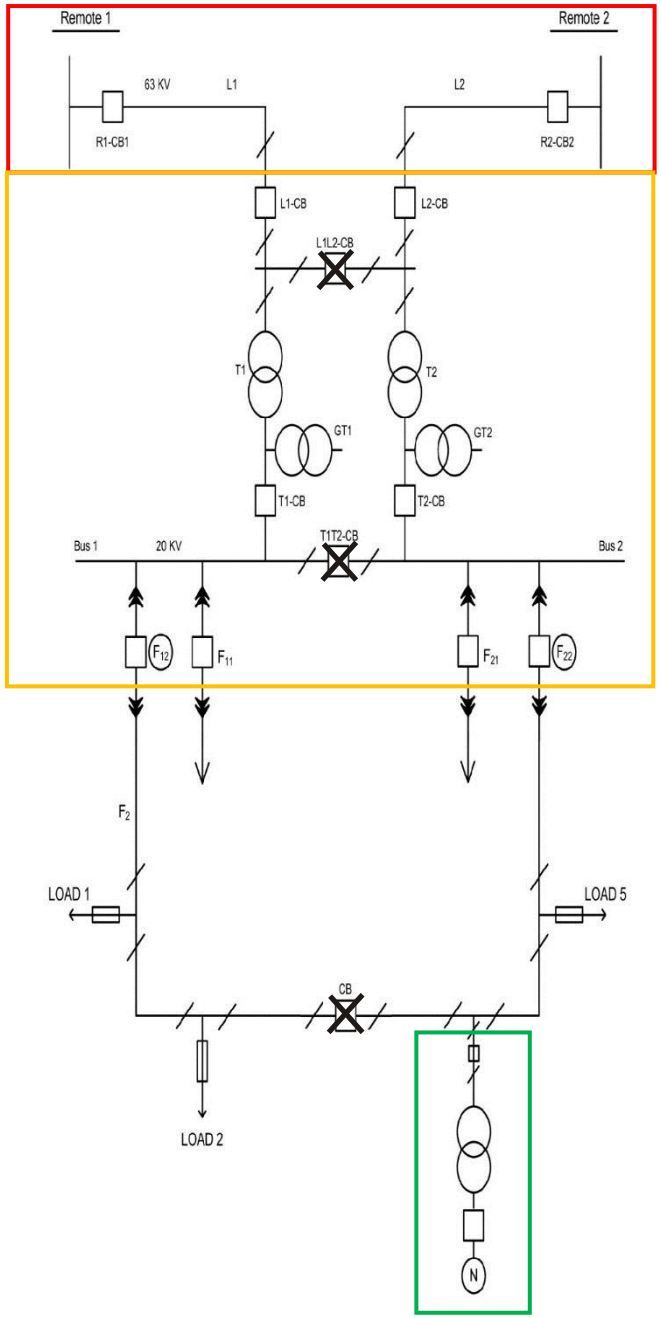


شکل (۸-۲): سیستم شینه حلقوی



شکل (۹-۲): سیستم شینه بندی یک ونیم کلیده

نوع شینه بندی	مزایا	معایب
تک شینه ای	۱- هزینه کم. ۲- با استفاده از تکنیکهای جداسازی شینه ویا U شکل نمودن می توان بعضی از معایب آنرا تا حدی بر طرف نمود.	۱- کلید منجر به قطع تمام پست می شود. ۲- سرویس وتعمیر بسیار مشکل است. ۳- توسعه بدون قطع کامل پست امکان پذیر نیست. ۴- فقط در مواردی که بار از اهمیت کمی برخوردار بوده ویا راههای دیگری جهت تغذیه آن وجود دارد مناسب است.
دوبل باس بار (اصلی وانتقالی)	۱- هزینه کم. ۲- امکان تعمیر یا سرویس هر کلید وجود دارد. ۳- ازوسیله اندازه- گیری ولتاژ بر روی باس می توان برای تمام فیدرها استفاده نمود.	۱- کلید اضافی برای ارتباط باس انتقالی به باس اصلی نیاز هست. ۲- درموقع سرویس هر کلید عملیات سوئیچینگ مشکل است. ۳- خطای باس بار ویاخرابی کلید باعث قطع کامل پست می گردد.
دوبل باس بار (هردوشین اصلی)	۱- انعطاف بیشتری نسبت به سیستم تک شینه با داشتن دوباس بار وجود دارد. ۲- هریک از دو باس بارمی توانند تحت سرویس قرار گیرند. (بطورجداگانه)	۱- کلید(کلیدهای) اضافی برای کوپلاژ باس بارنیاز است. ۲- برای هر مدار در واقع چهار سکسیونر نیاز است. ۳- خطای هرکلید باعث قطع تمام مدارهای متصل می شود.
حلقوی	۱- هزینه نسبتاً کم. ۲- قابلیت انعطاف. ۳- تعداد کم کلید(برای هر مدار فقط یک کلید). ۴- در واقع به باس بار اصلی احتیاج نیست. ۵- هرفیدر از طریق دو کلید. ۶- تمام عملیات فقط باکلیدها انجام می شود.	۱- درمقطع سرویس کلید، رینگ به دو قسمت تقسیم می شود. ۲- وصل مجدد اتوماتیک و سیستم حفاظتی پیچیده ای دارد. ۳- وسایل اندازه گیری ولتاژ روی تمام مدارها نیاز است.
۱/۵ کلید	۱- بیشترین قابلیت انعطاف در تعمیر وبهره برداری. ۲- قابلیت اطمینان ۳- خطای کلیدهای وسط فقط یک مدار اضافی را بی برق می‌کند (بطورموقت) ۴- تمام عملیات سوئیچینگ فقط با کلیدها انجام می گیرد. ۵- عملیات مانور بسیارآسان است وبرای عملیات عادی عملکرد سکسیونرنیاز نمی‌باشد ۶- برای سرویس وتعمیر هر یک از باس بارها می تواند از مدار خارج شوند.	۱- تعداد کلیدهای بیشتری نیاز دارد. ۲- سیستم حفاظتی ودوصل مجدد اتوماتیک پیچیده تر می‌باشد.


Remote 1
Remote 2
63 KV
L1
L2
R1-CB1
R2-CB2
L1-CB
L2-CB
L1L2-CB
T1
T2
GT1
GT2
T1-CB
T2-CB
T1T2-CB
Bus 1
20 KV
Bus 2
F12
F11
F21
F22
F2
LOAD 1
LOAD 5
CB
LOAD 2
N

کلیدهای قدرت و سکسیونر

كليات

- برقراري ارتباط ميان قسمت‌هاي مختلف شبكه قدرت و ايجاد امكان قطع و وصل اين قسمتها توسط كليد قدرت انجام مي‌گيرد. در واقع تجهيزات الكتريكي توسط كليدها به شبكه متصل و يا از آن جدا مي‌گردند. همچنين در صورت بروز خطا در شبكه، جداسازي قسمت معيوب از بقيه شبكه توسط كليد صورت مي‌گيرد. به طور كلي قطع و وصل كليدهاي قدرت به دو صورت انجام مي‌شود:
  - قطع كليد با برنامه و با اطلاع مسئولان شبكه به منظور انجام مانور و جابجائي فيدرها، انجام تعميرات، بازرسي و غيره. در اين حالت كليد به صورت دستي توسط اپراتور قطع مي‌شود.
  - قطع كليد بدون برنامه قبلي كه در نتيجه بروز خطا در شبكه رخ مي‌دهد. در اين حالت رله‌هاي حفاظتي با تشخيص خطا، به كليد فرمان قطع مي‌دهند.
- كليدها در رژيم كار عادي شبكه و در هنگام وصل، نقش مهمي در تأمين انرژي مصرف‌كنندگان به عهده ندارند. نقش اصلي آنها در پي بروز خطا در شبكه مشخص مي‌شود. از اين نظر كليد اختلاف عمده‌اي با ساير تجهيزات شبكه دارد. درحالي كه در شرايط عادي ممكن است كليدها براي مدت طولاني مورد استفاده قرار نگيرند، اما قطع و وصل صحيح و مطمئن آنها در حين بروز خطا ضروري است.

مكانيزم عملكرد (فرمان)

- مكانيزم عملكرد علاوه بر اينكه در هنگام قطع و وصل كليد، انرژي لازم براي كنتاكت متحرك را فراهم مي‌آورد، لحظه حركت كنتاكت را نيز كنترل مي‌كند. به دنبال اعمال فرمان قطع و وصل به صورت دستي يا توسط رله، انرژي ذخيره شده در مكانيزم توسط ارتباطات مكانيكي به كنتاكت متحرك منتقل و باعث حركت سريع آن مي‌شود. با توجه به اينكه كل مدت زمان قطع كليد شامل زمان عملكرد رله حفاظتي، رله‌هاي كمكي (در صورت وجود) و رله قطع به اضافه زمان عملكرد مكانيزم و زمان خاموش شدن قوس مي‌باشد، كاهش زمان عملكرد مكانيزم تأثير مهمي در كاهش مدت زمان قطع كليد داشته و از جمله پارامترهاي حساس در انتخاب كليد محسوب مي‌شود. به علاوه، طبق بررسي‌هاي انجام شده اغلب خطاهاي كليدهاي قدرت ناشي از اشكال در مكانيزم عملكرد آنهاست.
- مكانيزم‌هاي عملكرد معمولاً برحسب نحوه ايجاد انرژي لازم براي حركت كنتاكت متحرك تقسيم‌بندي مي‌شوند. بدين ترتيب مي‌توان به انواع فنري، هيدروليك و نيوماتيك اشاره نمود. مكانيزم فنري - هيدروليك نيز ساخته و معرفي شده است.

شمای داخلی یک نوع کلید قدرت

1= تکیه گاه بالایی کلید

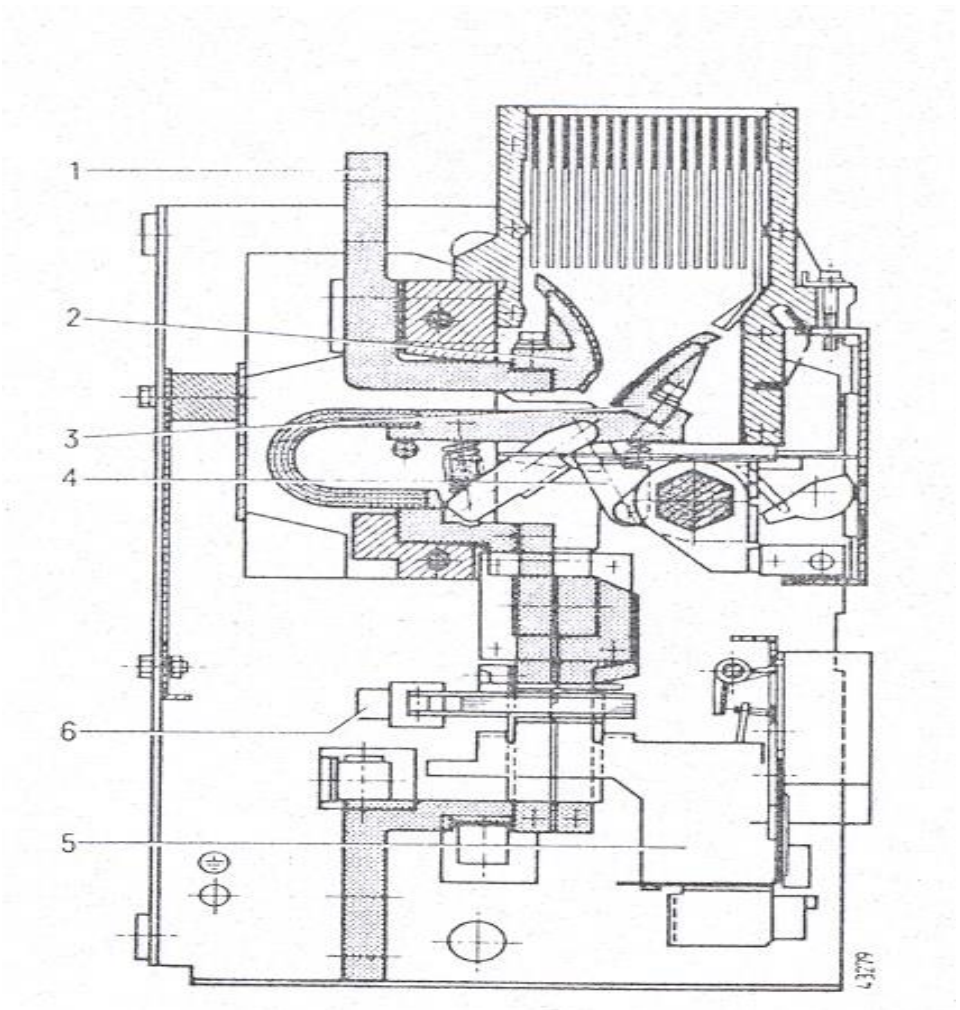
2= کنتاکت ثابت

3= کنتاکت متحرک

4= مکانیزم کلید

5= رله جریان زیاد
الکترومغناطیسی سریع

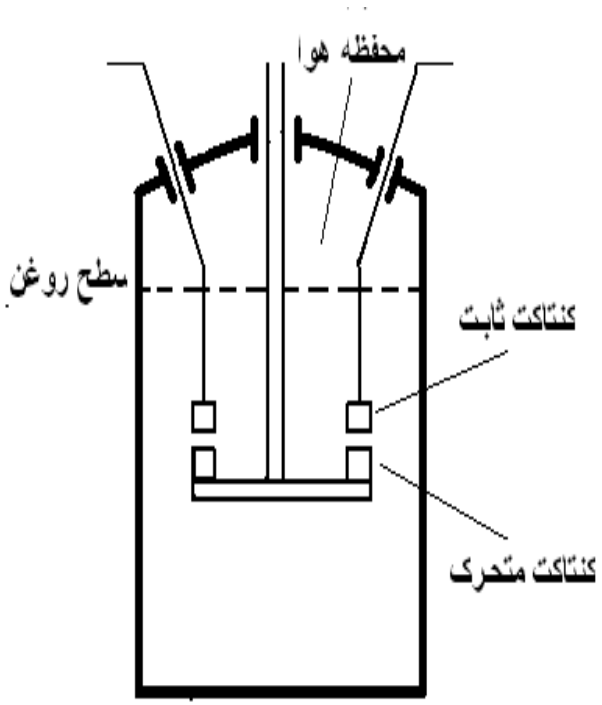
6= مبدل برای رله جریان
زیاد تأخیری (حرارتی)



انواع کلیدهای روغنی

- کلید با قطع ساده
- کلید با تولید فشار داخلی
- کلید با تولید فشار خارجی
- کلید کم روغن

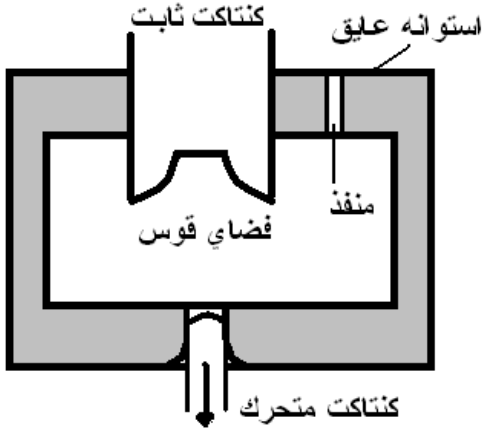
کلید با قطع ساده



- این کلید از نظر مکانیکی ساده بوده و احتیاجی به اتصالات دائمی حامل جریان به قسمت های متحرک ندارد، به این معنی که برای هر فاز دو قطع کننده وجود دارد.هر چند این اولین نوع کلید روغنی است که توسعه یافته، دیده شده که عمل آن در جریان های زیاد به علت غیر قابل پیش بینی بودن طبیعت حباب های گاز نامنظم است. از این جهت مورد استعمال آن به جایی محدود می شود که قدرت قطع از ۱۵۰ MVA تجاوز نکند.

کلید با تولید فشار داخلی

- در این نوع کلید کنتاکت ها داخل محفظه کوچکی محصور شده که این محفظه داخل ظرف بزرگی قرار دارد که از روغن پر شده است. داخل محفظه کوچک، قوس باعث تولید فشار شده و این فشار جهت اطفاء به قوس اعمال می شود. این محفظه از یک استوانه تشکیل شده که در آن کنتاکت ها قرار دارند. بالای این محفظه بسته است ولی پایین آن به طور محدود باز است تا کنتاکت متحرک از داخل آن عبور کند. قوس در فضای محصور ایجاد شده و فشار تولیدی باعث می شود که محصولات قوس الکتریکی با کشیده شدن کنتاکت های متحرک به شدت از سوراخ پائینی خارج شوند. محفظه سپس با روغن تمیز مجدداً پر می شود. منفذ کوچکی برای تعویض کامل روغن لازم است.



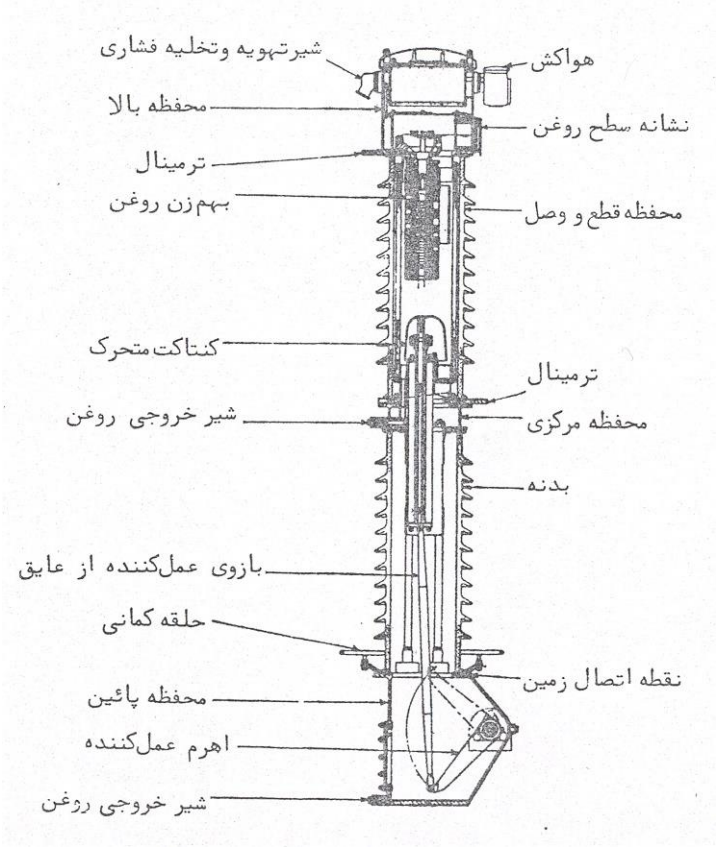
کلید با تولید فشار خارجی

- برای برقراری شرایط یکنواخت تر کار کلید در جریان های مختلف، فشار تولیدی در محفظه ی اطفاء قوس بایستی مستقل از جریان قوس باشد. این شرط در کلید با تولید فشار خارجی با استفاده از یک پیستون تأمین می شود. این پیستون حرکت روغن را در فضای کنتاکت ها در لحظه ی قطع جریان تأمین می کند. فشار تولیدی توسط پیستون مستقل از مقدار جریان است. هر چند زمان عمل این نوع کلید در حدود وسیعی از جریان تقریباً ثابت است، به علت مشکلات مکانیکی، این نوع ساختمان به ندرت به کار میرود.

کلید کم روغن

- کلید کم روغن در دسته ی جداگانه ای قرار دارد، هر چند با همان روش های اطفاء قوس مشروح در نوع " ب و ج " کار می کند. ساختمان آن اساساً متفاوت است. در کلید روغنی بزرگ روغن دو عمل انجام می دهد، اول فراهم آوردن محیط اطفاء قوس و دوم عایق کاری بین قسمت های برقدار کلید و بدنه فلزی ظرف کلید که زمین شده است. روغن لازم برای اطفاء قوس حدود ۱۰% مقدار کل روغن است. برای کاهش حجم، روغن لازم و ابعاد کلید کم روغن عرضه شده است. در این نوع کلید، روغن فقط برای اطفاء قوس لازم است و به جای ظرف فلزی یک استوانه از کاغذ باکلیتی محصور در چینی قرار گرفته است. دو بخش عایق لازم است، قسمت پائینی پایه ی عایق شده از زمین بوده و قسمت بالایی آن محتوی کنتاکت های ثابت و متحرک می باشد.

کلید کم روغن


شیرتهویه وتخلیه فشاری
هواکش
محفظه بالا
نشانه سطح روغن
ترمینال
بهم زن روغن
محفظه قطع و وصل
کنتاکت متحرک
ترمینال
شیر خروجی روغن
محفظه مرکزی
بدنه
بازوی عمل‌کننده از عایق
حلقه کمانی
نقطه اتصال زمین
محفظه پائین
اهرم عمل‌کننده
شیر خروجی روغن

کلیدهای قطع هوایی

- روغن تنها محیط اطفاء قوس کلیدها نیست و ماده ی جالب توجه دیگر هوا می باشد. می توان محفظه ی قطع و وصل با تولید فشار طرح کرد، ولی فقط برای مقادیر نامی کم مناسب است. اگر واحدهای پرظرفیتی لازم باشد دستگاه تولید فشار خارجی لازم است تا جریان هوا را به طرف قوس هدایت کند. کلیدهای هوایی برای کار در محل های سرپوشیده و برای محدوده ولتاژ متوسط و ظرفیت قطع متوسط، عموماً تا ولتاژ ۱۵ کیلوولت و ظرفیت های ۲۵۰۰ مگاولت آمپر به کار می روند. در حال حاضر کلیدهای هوایی در مدارهای دارای ولتاژ بالا در کلیدخانه های بیرونی برای خطوط ۲۲۰ کیلوولت به کار می روند.

مزایای اصلی کلیدهای هوایی عبارتند از سرعت عملکرد بالا، حذف روغن، قابل ذخیره بودن وسیله قطع کننده از قبل (هوای فشرده)، سهولت عمل، وسایل مناسب کنترل ولتاژ بازگشتی، مناسب بودن برای تجدید وظیفه کاری، سرعت بالای وصل مجدد، سادگی مکانیکی و پاکیزگی تعمیر و نگهداری و عملکرد.

در کلیدهای هوایی ماده خاموش کننده ی قوس (هوا)، قابل اشتغال نبوده و بنابراین خطر آتش سوزی رفع می شود. ولی لزوم جاری شدن هوا در زمان دقیق حین عمل اطفاء و باز و بستن کلید قطع کننده، طرح مکانیکی مشکلی را به همراه می آورد. به علاوه باید منبع هوا با فشار صحیح در هنگام لزوم در دسترس باشد. بنابراین بایستی یک کمپرسور با ظرفیت ذخیره کافی تهیه کرد تا فشار مناسب را برای ۴ یا ۵ قطع متوالی تأمین نماید.

سکسیونرها

کلیات

- سکسیونرها کلیدهایی هستند که نمی بایست تحت شرایطی که جریان بار از آن ها عبور می نماید باز شوند. معمولاً در جایی از مدار نصب می گردند که بخواهیم خط یا یکی از تجهیزات از بقیه قسمت برق دار مدار مجزا گردد. سکسیونر وسیله ی قطع سیستم هایی است که تقریباً بدون جریان هستند. به عبارت دیگر سکسیونر قطعات و وسائلی را که فقط زیر ولتاژ هستند از شبکه جدا میسازد. تقریباً بدون بار بدین معنی است که می توان به کمک سکسیونر جریان های کاپاسیتیو مقره ها، شینه ها و تأسیسات برقی و کابلهای کوتاه و خطوط و همین طور جریان ترانسفورماتور ولتاژ را نیز قطع نمود و یا حتی ترانسفورماتورهای کم قدرت را با سکسیونر قطع کرد.

- از آنچه که گفته شده چنین نتیجه می شود که سکسیونر یک کلید نیست بلکه یک ارتباط دهنده یا قطع کننده ی مکانیکی بین سیستم ها است. سکسیونر باید در حالت بسته یک ارتباط گالوانیکی محکم و مطمئن برای هدایت بهتر جریان در کنتاکت هر قطب برقرار سازد و مانع افت ولتاژ گردد. لذا باید مقاومت عبور جریان در محدوده ی سکسیونر کوچک باشد، تا حرارتی که در اثر کار مداوم در کنتاکت ها ایجاد می شود از حد مجاز تجاوز نکند. در ضمن باید سکسیونر طوری ساخته شود که در اثر جرم و وزن تیغه ها یا فشار باد و برف و غیره خود به خود بسته نشود یا در موقع بسته بودن نیروی دینامیکی شدیدی که در اثر عبور جریان اتصال کوتاه به وجود می آید باعث لرزش تیغه ها یا احتمالاً باز شدن آن نگردد.

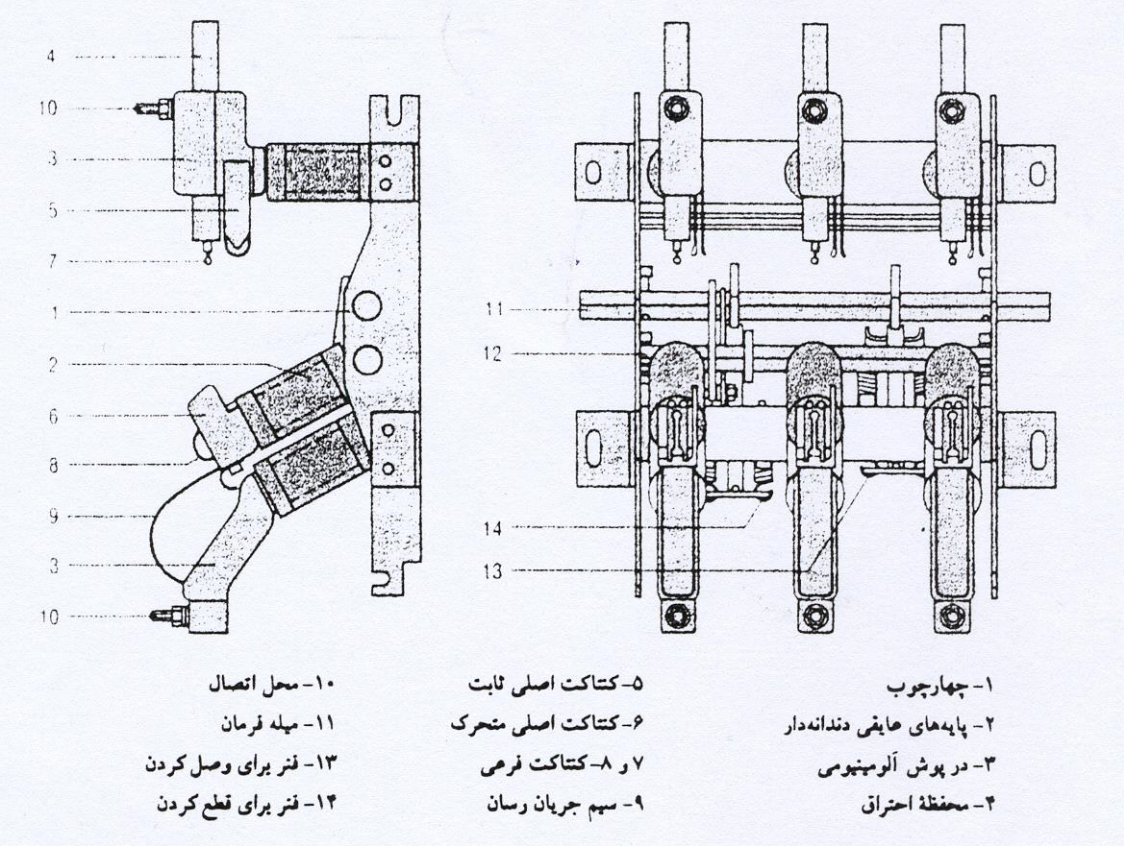
موارد کاربرد

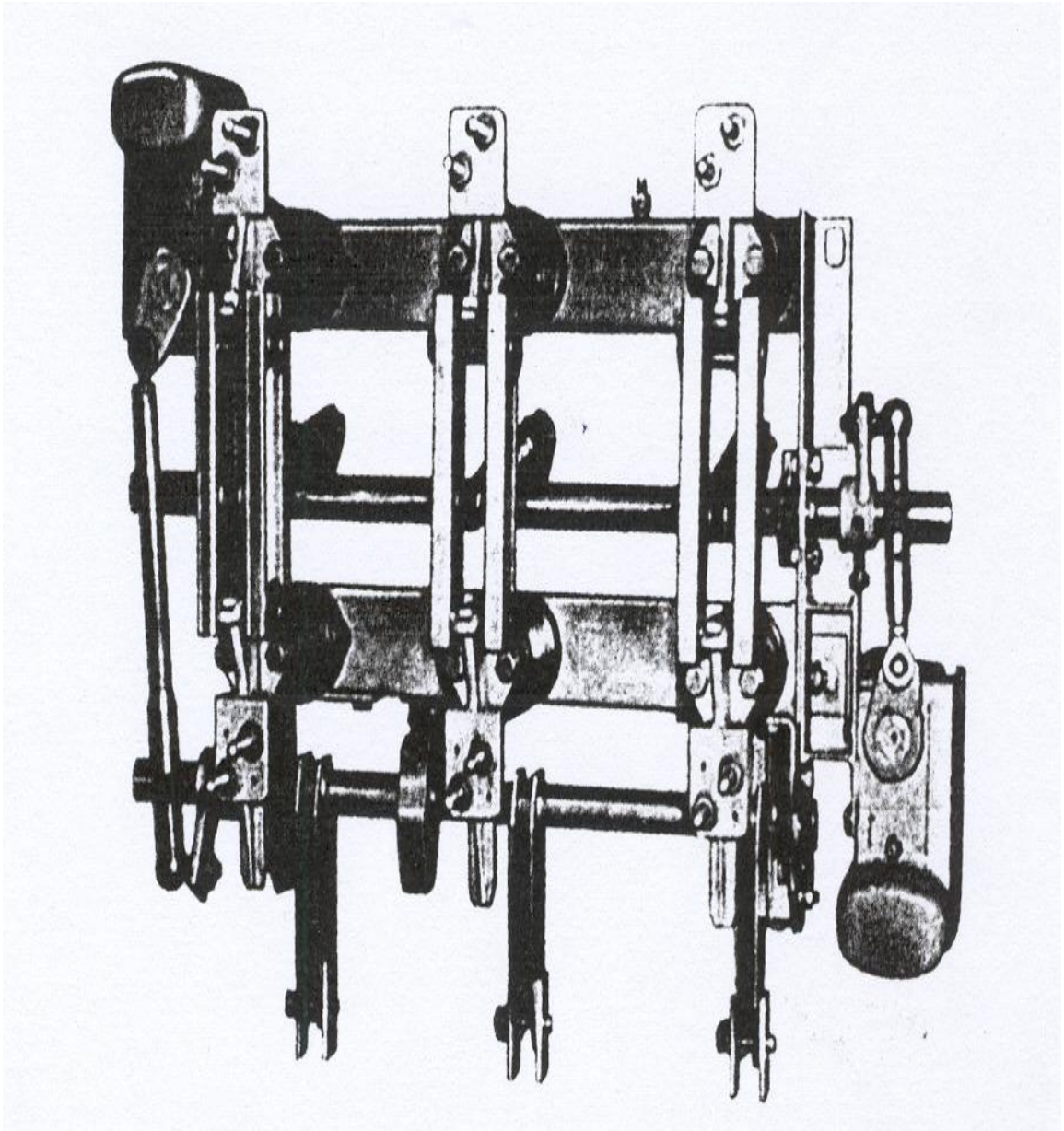
- سکسیونرها طوری ساخته می شوند که در حالت قطع یا وصل، محل قطع شدگی یا اتصال به طور واضح و آشکار قابل رؤیت باشد، یعنی در هوای آزاد انجام گیرد. سکسیونر قطع مدار را به شکلی که بتوان آن را با چشم دید میسر می گردانند و برایمنی کارگرانی که می خواهند روی تجهیزات کار کنند می افزایند. از آنجا که سکسیونر باعث بستن یا باز کردن مدار الکتریکی نمیشود، برای باز کردن و بستن هر مدار الکتریکی فشارقوی احتیاج به کلید قدرت می باشد که قادر است مدار را تحت هر شرایطی بسته یا باز کند و سکسیونر وسیله ای است برای ارتباط کلید قدرت به شینه و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است.

لذا طبق قوانین متداول الکتریکی و به منظور ایمنی لازم در هنگام تعمیرات، لازم است تا جلوی هر کلید قدرتی از ۱ کیلوولت به بالا و یا در هر دو طرف در صورتی که از دو طرف تغذیه گردد سکسیونر نصب گردد. با این شرایط هنگا م باز کردن مدار، ابتدا کلید و سپس سکسیونر باز میشود و در موقع بستن ابتدا سکسیونر و سپس کلید بسته می شود و در صورتی که سکسیونر به تیغه های زمین مجهز باشد، این تیغه ها بعد از باز شدن سکسیونر بسته شده تا شارژ های خازنی ذخیره شده را به زمین منتقل نماید. سکسیونرهای به کار رفته در سیستم قدرت سه فاز بوده و دارای سه پل مشابه می باشد. عملکرد همزمان سه فاز به وسیله ی ارتباط مکانیکی بین سه پل امکان پذیر می باشد.

- از آنجا که مقدار شارژ خازنی باقیمانده (ولتاژ) در روی قسمتهای جدا شده از شبکه، در رده های ولتاژهای فشارقوی قابل توجه است، لازم است قبل از عمل تعمیرات، به وسیله ی بستن تیغه های زمین سکسیونر، این شارژ (ولتاژ) تخلیه گردد. برای جلوگیری از قطع و یا وصل بی موقع و در زیر بار سکسیونر، معمولاً بین سکسیونر و کلید قدرت ارتباط (مکانیکی یا الکتریکی) به نحوی برقرار می شود که با وصل بودن کلید نتوان سکسیونر را قطع و یا وصل نمود. برای این منظور از یک بوبین که از ولتاژ خط تغذیه می شود برای ایجاد ارتباط الکتریکی جهت عملکرد تیغه های زمین استفاده می نمایند. هم چنین از رابط مکانیکی و یا الکتریکی جهت حصول اطمینان از باز بودن سکسیونر در زمان عملکرد تیغه های زمین و بالعکس استفاده می شود.

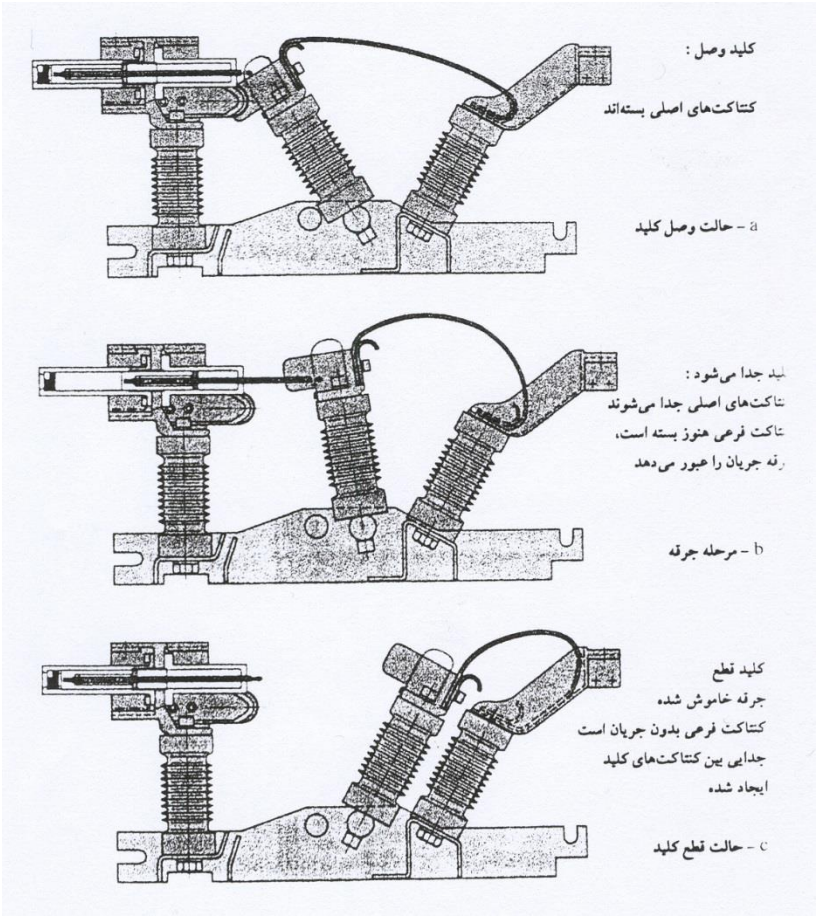
سکسیونر قابل قطع زیر بار





سکسیونر در ارتباط با کلید زمین، قطع و وصل توسط موتور. برای اختلاف سطح 12kV، جریان نامی 1250 A و جریان ضربه ای نامی 80kA

رفتار کلید ضمن قطع کردن



نوع مکانیسم عملکرد

عمل قطع و وصل سکسیونر و تیغه های زمین مستلزم صرف انرژی مکانیکی می باشد. اما با توجه به اینکه این عمل در شرایط بی باری و تنها در زیر ولتاژ انجام می گیرد و نیازی به قطع جریان ندارد لذا بر خلاف کلیدهای قدرت سرعت قطع و وصل چندان مورد نظر نبوده و بنابراین بسته به شرایط بهره برداری می توانند توسط سه روش زیر انجام گیرد:

- سکسیونر با مکانیسم عملکرد موتوری
- سکسیونر با مکانیسم عملکرد دستی
- سکسیونر با مکانیسم عملکرد موتوری- دستی

هر یک از انواع مکانیسم های عملکرد فوق توسط کلیه سازندگان ساخته می شود، نوع مکانیسم بستگی به این دارد که عملکرد و کنترل سکسیونر از محل سکسیونر و یا از راه دور انجام گیرد.

تعداد پل ها

- تعداد پل ها (فاز) در سیستم قدرت ۳ عدد می باشند. لازم به توضیح است که در رده های ولتاژ تا ۲۳۰ کیلوولت سکسیونر سه فاز به صورت واحد و در رده ی ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت به بالا با توجه به بزرگ بودن ابعاد سکسیونر و مخصوصاً تیغه های آن، سکسیونر معمولاً به صورت سه واحد مستقل تکفاز ساخته می شوند.

کلاس داخلی یا بیرونی

- کلاس سکسیونر عبارت است از نوع سکسیونر در فضای باز یا فضای بسته که با توجه به اینکه سکسیونر و تیغه های زمین در فضای باز یا بسته نصب و مورد استفاده قرار گیرد مشخص می شود.

- ولتاژ نامی
- ولتاژ نامی سکسیونر و تیغه های زمین طوری انتخاب میشود که مقدار آن حداقل مساوی حداکثر ولتاژ سیستم در نقطه ای که سکسیونر و تیغه های زمین نصب می شود باشد.

مطابق استاندارد مقادیر ولتاژ نامی بر حسب کیلووات برای سکسیونر و تیغه های زمین عبارتند از :

۳.۶-۷.۲-۱۲-۱۷.۵-۲۴-۳۶-۵۲-۷۲.۵-۱۰۰-۱۳۲-۱۴۵-۱۷۰-۲۴۵-۳۰۰-۳۶۲-۴۲۰-۷۶۵

که ولتاژ نامی سکسیونر و تیغه های زمین با توجه به مقدار حداکثر ولتاژ سیستم از مقادیر فوق انتخاب می شود.

فرکانس نامی

مقادیر استاندارد فرکانس برای تجهیزات قطع و وصل برابر ۵۰ یا ۶۰ هرتز است که در مورد شبکه ی ایران این مقدار ۵۰ هرتز است.

جریان نامی

جریان نامی یک تجهیز قابل قطع و وصل عبارت است از مقدار مؤثر جریانی که وسیله ی مربوطه در شرایط مشخص استفاده، قادر به عبور دادن آن به طور پیوسته باشد. مقدار جریان نامی سکسیونر با توجه به نتایج محاسبات پخش بار و جریان اتصال کوتاه برای محل نصب سکسیونر و با در نظر گرفتن روند افزایش بار بر اساس برنامه ریزی های توسعه سیستم و همچنین نوع شینه بندی از مقادیر مندرج در استاندارد است.

سوالات

۱. علت استفاده از کلید در پست چیست ؟
۲. قطع کلید در چه حالاتی انجام می شود ؟
۳. اجزاء اصلی کلید چیست ؟
۴. از چه مواد عایقی در کلید استفاده می شود ؟
۵. تفاوت کلید قدرت، سکسیونر و دژنگتور در چیست ؟
۶. ولتاژ و جریان نامی در یک کلید یا سکسیونر را تعریف کنید.

ترانسفورماتورهای اندازه گیری ولتاژ (PT,CVT)

***P**otential **T**ransformer*
***C**apacitive **V**oltage **T**ransformer*

اندازه گیری ولتاژ

- جهت بررسي نحوه عملكرد شبكه‌هاي قدرت مي‌بايستي پارامترهايي نظير ولتاژ، جريان، توان و ... اين شبكه‌ها را همواره كنترل نمود. كنترل اين پارامترها به جهت حفظ قابليت اطمينان نسبت به تداوم بار، امري حياتي و لازم مي‌نمايد. به همين جهت مي‌بايستي ترانسفورماتورهاي جريان و ولتاژ بكار گرفته شوند. ترانسفورماتورهاي ولتاژ علاوه بر پايين آوردن ولتاژ طرف فشار قوي و ايزوله نمودن طرف فشار قوي از دستگاههاي قابل دسترس طرف ثانويه، جهت اهداف مختلفي مانند: اندازه‌گيري، حفاظت، كنترل و سنكرونيزاسيون بكار مي‌روند. از ولتاژ تبديل شده توسط ترانسفورماتورهاي ولتاژ، تجهيزات مختلفي چون دستگاههاي اندازه‌گيري، رله‌ها، ثباتها، كنتورها، تجهيزات سيستم اسكادا و .... استفاده مي‌نمايند. تصميم‌گيري در مورد وضعيت حال و آينده شبكه‌هاي الكتريكي نيازمند پارامترهايي است كه توسط تجهيزات مذكور بدست مي‌آيد كه اين امر خود بيانگر ضرورت وجود ترانسفورماتورهاي ولتاژ است.

انواع اندازه گیری ولتاژ

- ترانسفورماتورهاي ولتاژ از نظر ساخت به دو دسته كلي زير تقسيم مي‌شوند:
  - ترانسفورماتورهاي ولتاژ نوع اندوكتيو (PT)
  - ترانسفورماتورهاي ولتاژ خازني (CVT)
- در سطوح ولتاژ متوسط نظير ۲۰ و ۳۳ كيلوولت كه استفاده از سيستم PLC ضرورتي ندارد از ترانسفورماتورهاي ولتاژ نوع اندوكتيو(PT) استفاده مي‌شود ولي در سطوح ولتاژي ٦٣ كيلوولت و بالاتر استفاده از ترانسفورماتورهاي ولتاژ اندوكتيو اقتصادي نبوده و ترانسفورماتورهاي ولتاژ خازني (CVT) بكار گرفته مي‌شوند. لازم به ذكر است در سطح ولتاژ ۶۳ كيلوولت به ندرت از PT نيز استفاده مي‌شود. خازن ترانسفورماتورهاي ولتاژ خازني مي‌تواند بعنوان خازن كوپلاژ سيستم PLC هم بكار رود و در اين صورت در پستهاي با سطح ولتاژ بالاتر از ٦٣ (٦٦) كيلوولت كه داراي سيستم PLC مي‌باشند نيازي به استفاده از خازن كوپلاژ مجزا نخواهد بود.

مقادیر استاندارد ولتاژ خروجی از ترانسفورماتور ولتاژ

- مقدار ولتاژي كه در طراحي ترانسفورماتور ولتاژ جهت سيم‌پيچ ثانويه در نظر گرفته شده و مشخصات و عملكرد ترانسفورماتور بر مبناي آن مي‌باشد.
- مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۰۴۴-۲ ، مقادير استاندارد ولتاژ نامي ثانويه براي ترانسفورماتورهاي ولتاژ تكفازي كه بين فاز و زمين قرار گرفته‌اند عبارتند از :

- مقادیر به ولت می باشد. $\frac{۱۰۰}{\sqrt{۳}}$ $\frac{۱۱۰}{\sqrt{۳}}$ $\frac{۲۰۰}{\sqrt{۳}}$
- در ایران بیشتر از ولتاژ ۱۰۰ استفاده می شود (نوع اول)
- به عبارتی ولتاژ خطرناک ۴۰۰ کیلوولت که در فاصله ۲ متری انسان را به ذغال تبدیل کند به ولتاژ ۱۰۰ ولت که با یک چسب برق معمولی عایق می شود تبدیل میگردد. (یعنی ولتاژ ۵۷ ولت تک فاز، تقریبا ولتاژ سیم تلفن موقع زنگ خوردن!!)
- این ولتاژی است که در اتاق کنترل می توان به راحتی با آن کار کرد.

ترانسفورماتورهای اندازه گیری جریان (CT)

***C**urrent **T**ransformer*

كليات

- ترانسفورماتورهاي جريان جهت تبديل جريانهاي با دامنه بالا به جريانهاي قابل اندازه‌گيري توسط تجهيزات حفاظتي و كنترلي به كار مي‌روند. ترانسفورماتورهاي جريان در شرايط عادي و غير عادي به شبكه متصل هستند، بنابراين حالات ايجاد شده در اين شرايط نبايد سبب خرابي يا عدم دقت آنها شود. ترانسفورماتورهاي جريان همچنين بايد قابليت تحمل جريانهاي اتصال كوتاه و دقت مناسب را در حالت گذرا (به استثناء ترانسفورماتورهاي جريان اندازه‌گيري كه دقت آنها در شرايط خطا تضمين نمي‌گردد) داشته باشند.
- از ديگر وظايف اساسي و مهم ترانسفورماتورهاي جريان مي‌توان به ايزوله نمودن ولتاژ فشار قوي اوليه از دستگاههاي قابل دسترسي طرف ثانويه (دستگاههاي اندازه‌گيري و رله‌هاي حفاظتي و ...) اشاره نمود.
- از اوليه ترانسفورماتورهاي جريان در شرايط عادي شبكه، جريان نرمال شبكه عبور مي‌كند و در حالت ايده‌ال دامنه جريان ثانويه برابر درصدي از جريان اوليه و هم‌فاز با آن خواهد بود.

هدف استفاده

ترانسفورماتورهاي جريان در شبكه قدرت به دو منظور عمده بكار مي‌روند:

الف- اندازه‌گيري جريان به منظور اطلاع از وضعيت شبكه از لحاظ عبور جريان در آن نقطه.

- در اين حالت به ترانسفورماتور جريان، ترانسفورماتور جريان اندازه‌گيري گفته شده كه ثانويه آن به دستگاههاي اندازه‌گيري متصل مي‌گردد. آنچه در اين حالت بيشتر مورد نظر است، شرايط عادي شبكه بوده و نيازي به دقت در شرايط غيرعادي از قبيل اتصال كوتاه و غيره نمي‌باشد.

ب- اندازه‌گيري جريان به منظور حفاظت شبكه در شرايط غيرعادي.

- در اين حالت به ترانسفورماتور جريان، ترانسفورماتور جريان حفاظتي گفته شده كه ثانويه آن به رله‌هاي حفاظتي متصل مي‌گردد. آنچه در اين نوع ترانسفورماتورهاي جريان داراي اهميت است تبعيت جريان ثانويه از اوليه آنها و حفظ دقت مورد نياز در جريانهاي اتصال كوتاه (هنگام بروز عيب) مي‌باشد.

انواع ترانس جريان

- ترانسفورماتورهاي جريان از نظر ساختماني به دو نوع هسته بالا (معكوس) و هسته پايين (تانك) تقسيم مي‌شوند.

ترانسفورماتورجريان هسته بالا

ترانسفورماتور جريان هسته پايين

جريان اوليه و ثانويه

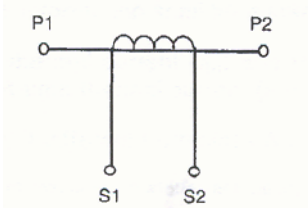
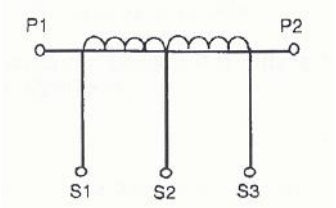
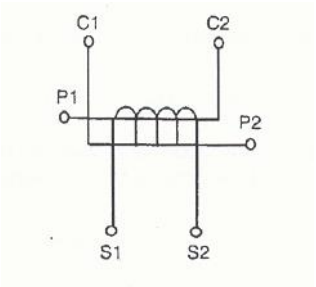
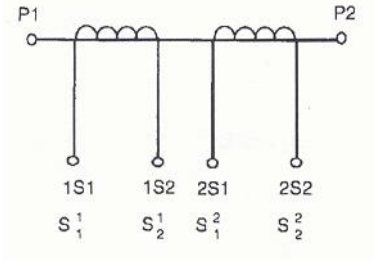
جريان نامي اوليه

- مقداري از جريان اوليه كه مبناي كار ترانسفورماتور جريان است. مقادير استاندارد جريان نامي اوليه بر حسب آمپر عبارتند از: ٧٥-٦٠-٥٠-٤٠-٣٠- ٢٥-٢٠- ١٥- ١٢,٥-١٠ و يا ضرايب دهدهي از آنها. مقاديري كه زير آنها خط كشيده شده است داراي ارجحيت بيشتري مي‌باشند.
- توجه شود كه با وجود آنكه جريان زياد نيست اما ولتاژ آن بسيار بالاست.

جريان نامي ثانويه

- مقداري از جريان ثانويه كه مبناي كار ترانسفورماتور جريان است. مقادير استاندارد جريان نامي ثانويه عبارتند از: ١، ٢ و ٥ آمپر كه مقادير ١ و ٥ آمپر ارجحيت دارند. براي ترانسفورماتورهاي جرياني كه به صورت مثلث بسته مي‌شوند مقادير فوق تقسيم بر نيز مقادير استانداردي مي‌باشند.
- در ايران بيشتر از نوع ۵ آمپر در صنعت استفاده می شود.

علامتگذاري ترمینالهای ترانس جریان

ترمینال‌های اولیه ترمینال‌های ثانویه	 شکل ۱: ترانسفورماتور با یک نسبت تبدیل	 شکل ۲: ترانسفورماتور باتپ میانی روی سیم‌پیچ ثانویه
ترمینال‌های اولیه ترمینال‌های ثانویه	 شکل ۳: ترانسفورماتورباسیم‌پیچ اولیه در دو بخش، درنظرگرفته‌شده برای اتصال سری یا موازی	 شکل ۴: ترانسفورماتوربا دوسیم‌پیچ ثانویه، هریک با هسته مغناطیسی مربوط به خود (دو انتخاب برای علامتگذاری ترمینالهای ثانویه)

سوالات

۱. علت وجودی دستگاههای اندازه گیری جریان چیست ؟
۲. از CT با چه اهدافی در پست استفاده می شود ؟
۳. به چه علت جریان را جهت اندازه گیری کاهش می دهند ؟
۴. نحوه کار CT را توضیح دهید.
۵. استاندارد جریان خروجی دستگاههای اندازه گیر جریان چه میزان است ؟
۶. در حالتی که جریان فشارقوی ۱۰ آمپر است به چه علت از CT استفاده می شود تا جریان را به ۵ آمپر کاهش می دهند ؟

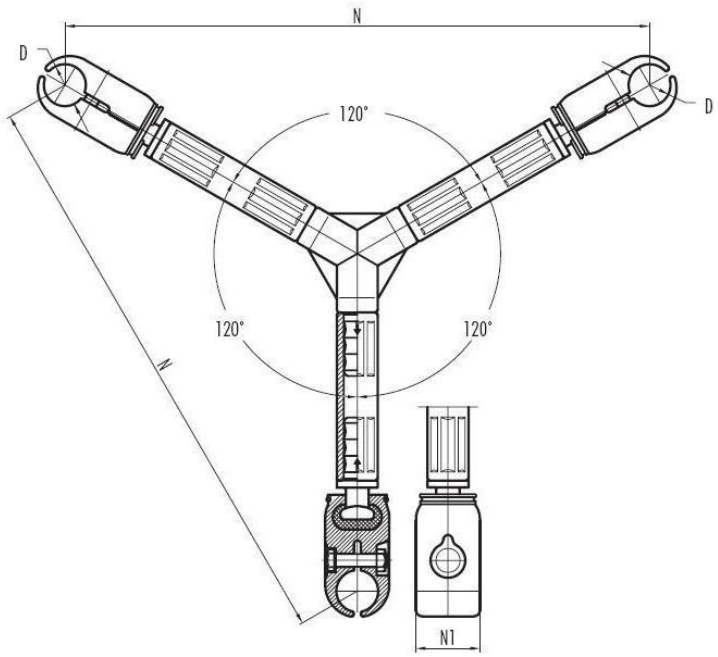
یراق آلات خطوط انتقال

فاصله‌ساز (Spacer)

SEMI-RIGIDE SPACERS

for triple bundle conductor

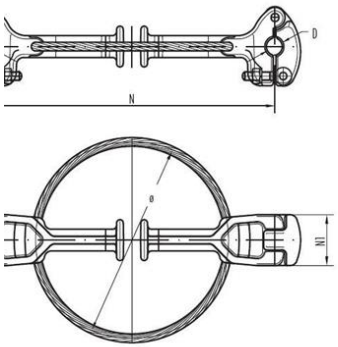
For AAC, AAAC and ACSR



FLEXIBLE SPACERS

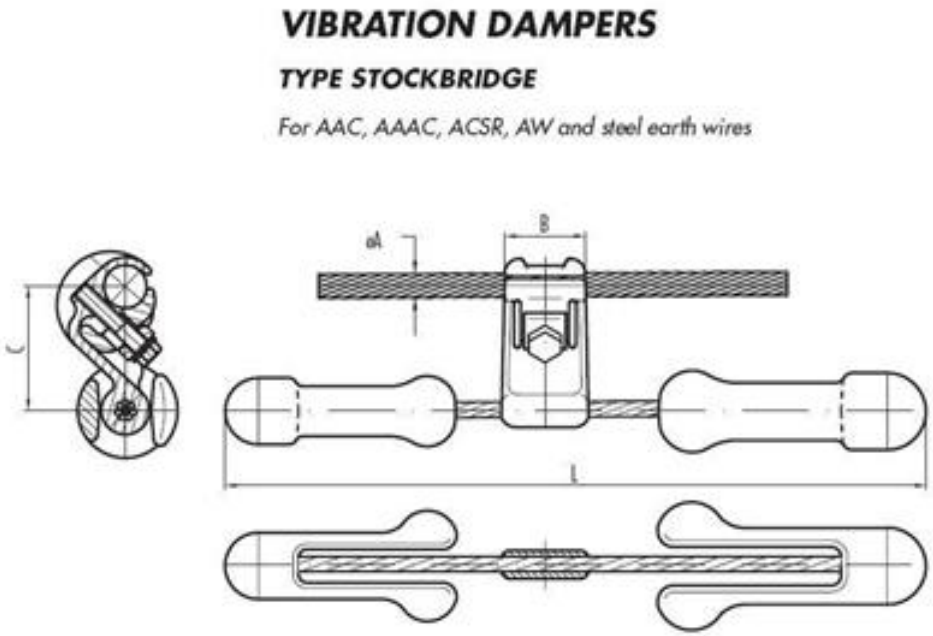
for twin bundle conductor

For AAC, AAAC and ACSR



Diameter D [mm]	Dimensions N	ø	[mm] N1	Mass [kg]
17,5 - 20,5	400	270	70	3,20
17,5 - 20,5	450	320	70	3,38
20,6 - 23,8	400	270	70	3,17
20,6 - 23,8	450	320	70	3,17
23,9 - 25,8	400	270	70	3,15
23,9 - 25,8	450	320	70	3,33
25,9 - 28,1	400	270	70	3,12
25,9 - 28,1	450	320	70	3,30
28,2 - 30,4	400	270	70	3,09
28,2 - 30,4	450	320	70	3,27
30,5 - 32,9	400	270	70	3,06
30,5 - 32,9	450	320	70	3,24
32,9 - 34,5	500	373	70	3,80
34,5 - 36,0	400	270	70	3,60

دمپر (Damper)



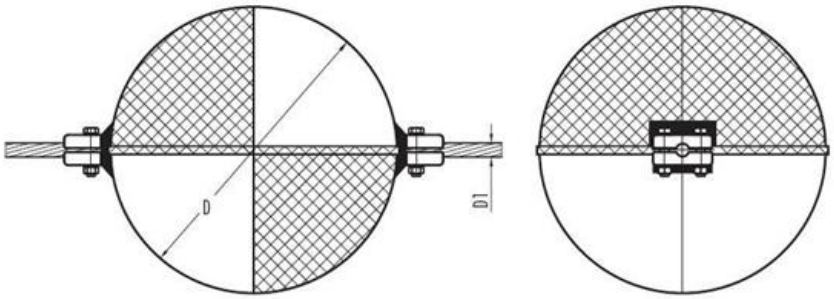
وظیفه دمپر حداقل کردن نوسانات سیم در اثر وزش باد است زیرا نوسان سیم باعث فشار به مقره ها و نقطه اتصال هادی با مقره می شود و در طولانی مدت سیم پاره می شود

توپ (Aircraft Warning Spheres)
و نحوه اتصال آن

وظیفه توپ هشدار به بالگردهایی است که قصد نشستن در کنار خطوط برق را دارند زیرا هادیهای خطوط در نور کم قابل مشاهده نمی باشند و برخورد بالگرد با هادی باعث صدمات جانی برای بالگرد و قطع خطوط انتقال می شود.

AIRCRAFT WARNING SPHERES

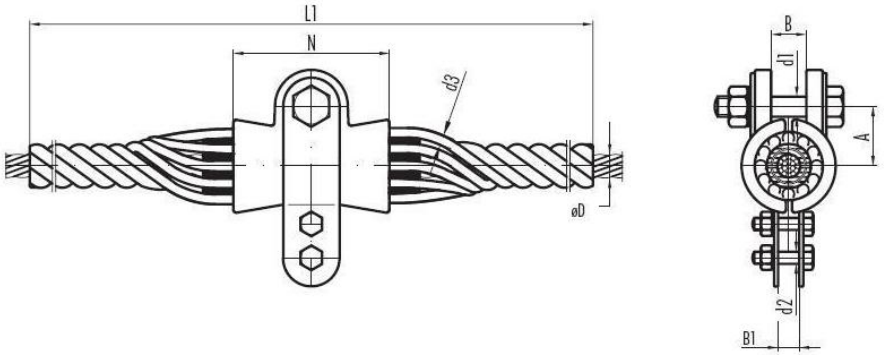
For earth wires



Code	For conductor diameter D1 [mm]	Sphere D [mm]	Mass [kg]
43.07.11.30	max. 9	600	8,40
43.07.11.40	9,10 - 11,25	600	8,90
43.07.11.50	11,26 - 13,50	600	8,90
43.07.11.60	13,51 - 15,75	600	9,00
43.07.11.70	15,76 - 18,00	600	9,00
43.07.11.80	18,01 - 20,25	600	9,10
43.07.11.90	20,26 - 22,50	600	9,20
43.07.21.20	22,00 - 24,25	600	9,20
43.07.21.30	24,26 - 26,50	600	9,25
43.07.21.40	26,51 - 28,75	600	9,25
43.07.11.50	28,76 - 31,00	600	9,30
43.07.21.60	31,01 - 33,25	600	9,30
43.07.21.70	33,26 - 35,50	600	9,35
43.07.22.20	35,30 - 37,55	600	9,40
43.07.22.30	37,56 - 39,80	600	9,40
43.07.22.40	39,81 - 42,05	600	9,45
43.07.22.50	42,06 - 44,31	600	9,45
43.07.22.60	44,32 - 46,55	600	9,50
43.07.22.70	46,56 - 48,80	600	9,50
43.07.22.80	48,81 - 51,01	600	9,50

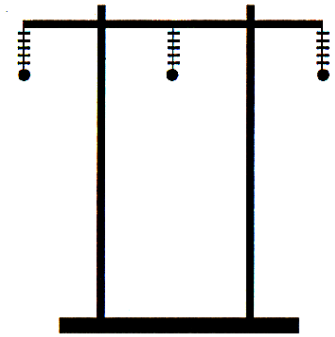
ARMOUR - GRIPS SUSPENSION CLAMPS (AGS)
for counterweight attachment

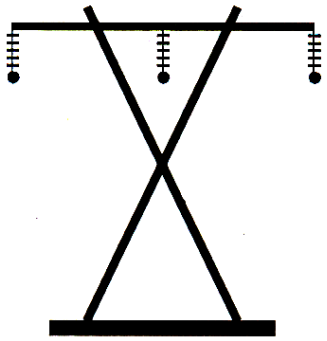
For AAC, AAAC and ACSR



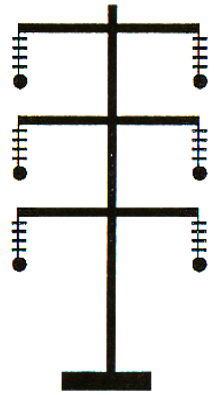
پایه های خط انتقال و جابجایی فاز ها در طول خط (ترانسپوز)

انواع پایه ها از نظر چیدمان فازها

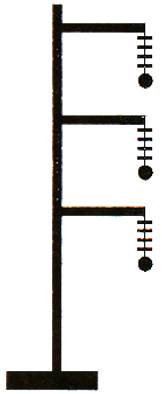


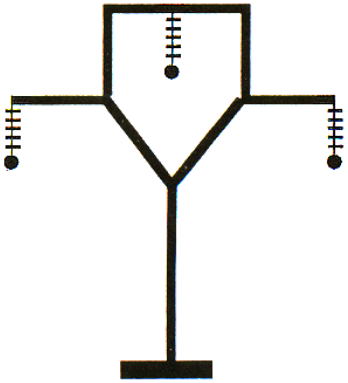


افقی

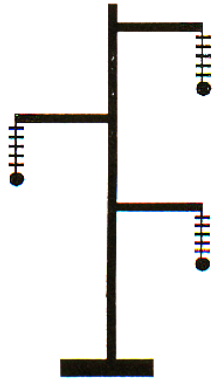


عمودی





مثلثی



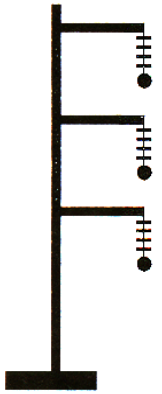
انواع پايه‌ها از نقطه‌نظر وضعيت در خطوط نيرو

- صرف نظر از شكل و جنس پايه‌هاي خطوط نيرو، آن‌ها را مي‌توان به سه نوع مياني(۱)، زاويه‌اي (۲)و انتهايي(۳) تقسيم نمود. اين تقسيم‌بندي با توجه به موقعيت‌هاي مختلف پايه‌ها در يك خط صورت مي‌گيرد. قرار گرفتن در وضعيت‌هاي متفاوت باعث وارد آمدن نيروهاي مختلفي به سازه پايه مي‌گردد و دسته‌بندي پايه‌ها سبب صرفه‌جويي در وقت و هزينه طراحي و ساخت انواع پايه‌هاي خطوط نيرو مي‌گردد.
- هر كدام از انواع فوق، بر حسب شرايط مي‌توانند بصورت آويزي(۴) يا كششي(۵) به كار روند.

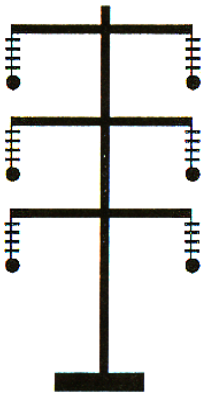
- *1. Tangent*
- *2. Angle*
- *3. Dead end*
- *4. Suspension*
- *5. Tension*

انواع پایه‌ها از نقطه‌نظر تعداد مدار

- بر روی یک پایه می توان یک یا چند مدار ۳ فاز مستقر کرد. به خطوطی که تنها یک مدار بر روی آن قرار دارد خط تک مداره و به خطوطی که دو مدار بر روی پایه قرار دارد خط دو مداره گویند.



خط تک
مداره



خط دومداره

مقره ها

- در خطوط انتقال نيرو مقره‌ها عامل اصلي جداسازي هاديها از دكلها و زمين مي‌باشند و براي اينكه بتوانند وظايف خود را كه در حقيقت تأمين فاصله عايقي مناسب مي‌باشد به خوبي انجام دهند، مي‌بايستي خواص مكانيكي و الكتريكي معيني را داشته باشند.
- براي اتصال هاديهاي خطوط انتقال كه داراي ولتاژهاي زيادي است به بدنه دكل ، از وسايل جدا كننده استفاده مي‌شود. اين جداكننده‌ها كه عموماً به صورت مقره در خطوط انتقال به كار مي‌روند، عمدتاً داراي وظايف زير مي باشند:
  - مقره‌ها بايد داراي استقامت مكانيكي مناسب بوده و قادر باشند بارهاي مكانيكي را تحت شرايط محتمل از قبيل برف، باد، باران و غيره به خوبي تحمل نمايند. از طرف ديگر مقره‌ها بايد داراي خواص عايقي خوب بوده تا بتوانند از نظر الكتريكي هاديهاي داراي ولتاژ را بخوبي از دكل جدا نموده و علاوه بر تحمل ولتاژ بهره‌برداري خط، در مقابل ولتاژهاي ضربه‌اي ناشي از صاعقه و كليدزني نيز به خوبي مقاومت كنند.
  - در ضمن جريان نشتي مقره‌ها كه ممكن است در اثر تخليه كرونا، تلفات عايقي مواد داخلي مقره و عبور جريان نشتي سطحي روي آنها بوجود آيد ، مي‌بايستي حتي‌الامكان ناچيز باشد. شكست ولتاژ اعمال شده روي مقره ممكن است بدليل تخلية الكتريكي در هواي اطراف مقره، تخلية الكتريكي سطحي از طريق گرد وغبار و آلودگي‌هاي روي سطح مقره و يا تخلية الكتريكي از داخل خود مقره صورت گيرد كه در حالت اخير منجر به خرابي مقره مي‌گردد.

انواع مقره ها

مجموعه كامل مقره‌آويزي (١)

- يك دسته مقره كامل كه به يراق آلات لازم جهت نگهداري هادي يا هادي‌هاي خط به صورت آويز از دكل مجهز شده است.

مجموعه كامل مقره كششي (٢)

- يك دسته مقره كامل كه به يراق‌آلات لازم جهت نگهداري هادي يا هادي‌هاي خط بصورت كششي مجهز شده است.

- *1-Suspension insulator set*
- *2-Tension insulator set*

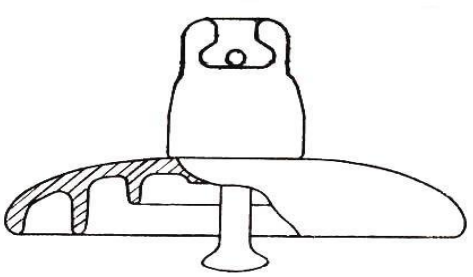
انواع مقره ها از نظر جنس

- چینی *Procelain*
- شیشه *Glass*
- سیلیکون Silicon Rubber

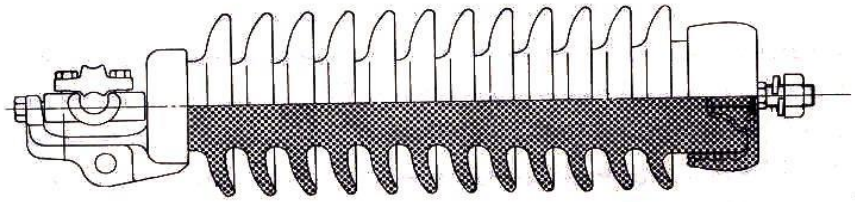
مواد مختلفي وجود دارند كه بعنوان عايق الكتريكي در ساخت مقره‌ها به كار مي‌روند. اين مواد عمدتاً به دو گروه سراميكي وغيرسراميكي (پلاستيك) تقسيم مي‌گردند. گروه سراميكي كه از اهميت بيشتري برخوردار مي‌باشد خود انواع مختلفي را شامل مي‌شود كه عمدة آنها بخصوص براي خطوط انتقال، شامل چيني و شيشه مي‌باشند. تقريباً در تمامي خطوط انتقال نيروي ايران از مقره‌هاي چيني و شيشه‌اي استفاده شده است، كه در اين بين مقره‌هاي چيني كاربردگسترده‌تري دارند.

انواع متداول مقره‌هاي مورد استفاده در خطوط انتقال ۶۳ الي ۴۰۰ كيلوولت هوايي

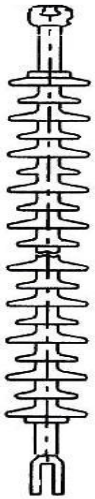
- **مقره بشقابي** *Disc insulator*
- **مقره‌هاي يكپارچه** *Long rod insulator*
- **مقره اتكايي خط** *Line post insulator*
- **مقره‌هاي تركيبي***Composite insulator*



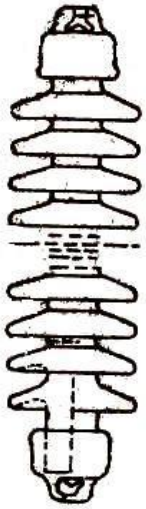
شكل (۱-۱)- مقره بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت



شكل (۱-۷) : مقره اتكايی خط



شكل (۱-۸)- مقره تركيبی



شكل (۱-٦)- مقره يكپارچه

تشخیص ولتاژ خط انتقال از روی شمارش تعداد مقره

- گرچه ولتاژ روی مقره به عوامل مختلفی بستگی دارد اما به عنوان یک محاسبه سرانگشتی هر مقره حدود ۱۴ کیلوولت تحمل می کند. بنابراین با شمارش تعداد مقره در زنجیره مقره می توان به طور تقریبی ولتاژ خط را بدست آورد و به نزدیکترین عدد از ولتاژ خط گرد کرد.

ولتاژ خطوط ایران عبارتست :

۱- 400, 230, 132, 63, 20, 0.4 KV

۲- 33, 11 Kv (در استان خوزستان و بوشهر)

۳- 6.6 , 3.3 Kv (در بعضی از کارخانجات صنعتی)

تشخیص ولتاژ خط انتقال از روی شمارش تعداد مقره

خط باندل دوتایی در شکل زیر مشاهده میشود.تعداد مقره ها ۲۹ عدد است و ولتاژ تخمینی ٤٠٦ کیلوولت می شود. پس خط ٤٠٠ کیلوولت است.

بنام خدا

آشنایی با سیم و کابل استاندارد

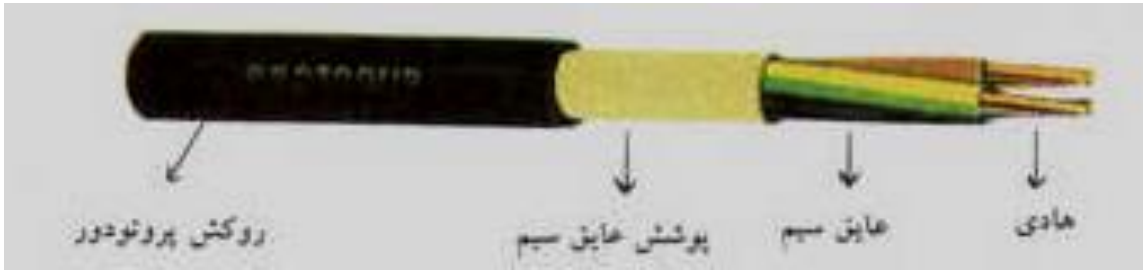
ساختمان کابل

- یک کابل معمولا از سه قسمت تشکیل می شود:

۱- هادی کابل

۲- عایق کابل

۳- غلاف کابل



۱- هادی

- کار انتقال جریان الکتریکی توسط هادی صورت میگیرد.
- هادی ها عبارتند از : مفتول های نازک مسی و آلومینیوم نرم شده

نکته :

- در سیم و کابلهای ساختمانی هادی های آلومینومی نامناسب میباشد اما در مصارف صنعتی و مقاطع بالای ۱۰ میلی متر مربع به شرط اینکه از مفصل ها ، کانکتورها و یراق آلات مناسب آن استفاده شود هادی آلومینیومی بلامانع است.

DTL-2-240mm²
ekahroba.ir

شکل هادی :

- شکل هادی ها عمدتا گرد میباشد ولی در کابلهای ۳/۵ رشته یا ۴ رشته (کابلهای خشک یا اصطلاحا زمینی) به شکل مثلثی میباشد.

۲- سیم

- هادی که توسط پوششی(عایق) احاطه شده را سیم میگویند.

۳- کابل

- سیم یا مجموعه سیم ها (رشته ها) که توسط پوششی (غلاف) احاطه شده باشد را کابل میگویند.

۴- عایق

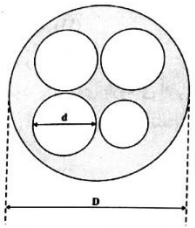
- پوششی که روی هادی کشیده میشود اصطلاحا عایق گفته میشود

حداقل سطح مقطع مدارات مختلف

نوع مدار	*نیرو	روشنایی	پری ز	کنترل نیرو	ارسال علائم و سایر مدارات کنترل
سطح مقطع سیم میلیمتر مربع	۱/۵	۱/۵	۲/۵	۱	۰/۵

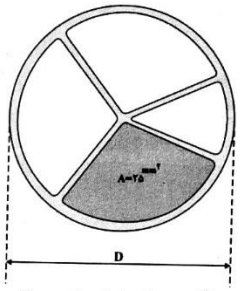
شعاع خمش کابلها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

- ۱- کابل روپوش فلزی (زره دار یا غلاف سربی) $r=9(D+d)$
- ۲- کابل بدون روپوش فلزی (پلاستیکی) $r=8(D+d)$
- r : شعاع خمش کابل
- D : قطر خارجی کل کابل
- d : قطر هادی بزرگترین رشته داخل کابل
- قطر هادی های به شکل قطاع یا سکتور یا مثلثی از رابطه $d=1/3\sqrt{A}$ محاسبه میشود A سطح مقطع هادی میباشد.



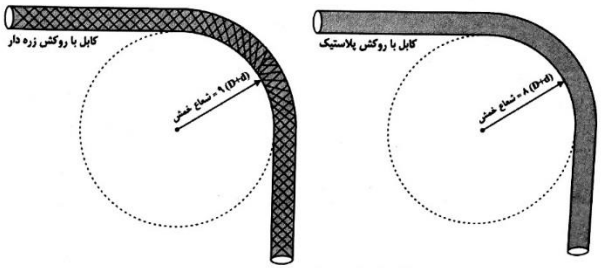
شکل ۳-۱۴- نمایش قطر خارجی کابل و قطر هادی بزرگترین رشته کابل به شکل دایره‌ای

$d=1/3\sqrt{A}$



شکل ۳-۱۵- نمایش قطر خارجی کابل و سطح مقطع هادی بزرگترین رشته کابل به شکل سکتوری

$r=9(D+d)$



$r=8(D+d)$

شکل ۳-۱۶- نمایش شعاع خمش کابل

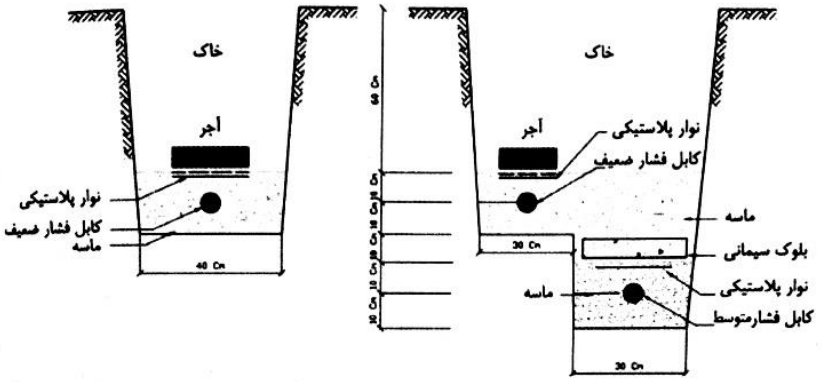
- چنانچه کابلها در چند لایه روی بازوها یا سینی کابلها نصب میشوند،فاصله بین لایه ها حداقل ۳۰ سانتی متر باشد.البته فاصله دو کابل همجوار که حدودا ۲ برابر قطر بزرگترین کابل بوده نیز رعایت شود.

- ۱- عمق دفن کابل در خاک برای کابل فشار ضعیف (تا ۱۰۰۰ ولت موثر،معمولا ۳۸۰ولت) بین ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی متر میباشد.(اطراف کابل به شعاع ۱۰ سانتی متر ماسه نرم ریخته میشود ، پس عمق حفرکانال حداقل ۸۰ سانتی متر است).

- ۲- عمق دفن کابل فشار متوسط (۲۰کیلو ولت) باید حداقل ۳۰ سانتی متر بیشتر از کابلهای فشار ضعیف باشد (یعنی عمق ۱۰۰ تا ۱۳۰سانتی متر) و نباید کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط به صورت مستقیم و موازی در زیر یکدیگر قرار گیرند.

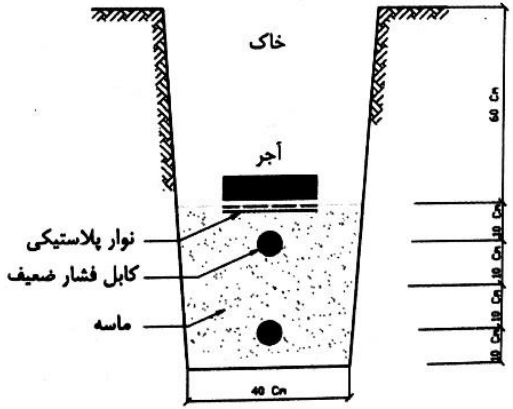
- ۳- کابل باید داخل ماسه نرم خوابانده شود و حداقل ۱۰ سانتی متر ماسه نرم اطراف کابل را احاطه کند.

- ۴- برای حفاظت کابل از عوامل مکانیکی باید طول آجر محافظ روی کابل عمود بر محور کابل قرار گیرد و در مورد ردیف کابلهای کناری یکدیگر نیز ، کل سطح کابل ها با آجر پوشانده شود. همچنین در مورد کابلهای طرفین یا بیرونی ، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد.



جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

جزییات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف



شکل ۳-۲۰- جزئیات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در دو ردیف افقی

کابل کشی

- نباید جابه جایی کابل در هوای آزاد، در دمای کمتر از ۳+ درجه سانتی گراد انجام گیرد، مگر آنکه کابل را از قبل حداقل به مدت ۷۲ ساعت (۳شبانه روز کامل) در فضای بسته مثلا انبار که دمای آن کمتر از ۲۰درجه نباشد نگهداری کرد و نیز کابل کشی ظرف ۸ ساعت خاتمه یابد.

کدبندی کابل‌های قدرت مطابق استاندارد DIN/ VDE آلمان

ولتاژ نامی کابل قدرت	شکل هادی		سطح مقطع هادی mm^2	تعداد رشته‌های کابل	هادی محافظ (ارت)	جنس روکش	آرمورینگ زره	جنس روکش	هادی هم محور یا Screen حفاظ الکترواستاتیکی یا حفاظ مغناطیسی(شیلد)	جنس عایق	جنس هادی	کد استاندارد DIN/ VDE آلمان
۰/۶ تا ۱kv ۳/۶ تا ۶ kv ۶ تا ۱۰kv ۱۲ تا ۲۰ kv ۱۸ تا ۳۰ kv	E تک مفتولی گرد M هادی استرند شده Strand رشته‌ای H هادی گرد توخالی V هادی فشرده شده Compact	O round r هادی گرد Δ sector S هادی قطاعی O oval O هادی بیضوی	اعدادی مثل ۱۰ ۱۶ ۲۵ ۳۵ ۵۰ ۷۰ ۹۵ ۱۲۰ ۱۵۰ ۱۸۵ ۲۴۰ ۳۰۰ ۴۰۰ ۵۰۰	۱ ۲ ۳ . . .	J کابل چند رشته‌ای با هادی محافظ O کابل چند رشته‌ای بدون هادی محافظ	A روکش خارجی از مواد فیبری K روکش سربی KL روکش آلومینیومی Y روکش PVC Y=PVC 2X=XLPE (پلی اتیلن تقویت شده) Cross Link PE 2Y روکش پلی‌اتیلن PE	B: Bandage زره با نوار فولادی F: Flat زره با سیمهای تخت فولادی گالوانیزه شده G: زره با نوارهای فولادی با پیچش معکوس R: Round (SWA) زره با سیمهای گرد فولادی گالوانیزه شده AWA زره آلومینیوم SWAT زره فولاد گالوانیزه	A روکش خارجی از مواد فیبری K روکش سربی KL روکش آلومینیومی Y روکش PVC Y=PVC 2X=XLPE (پلی اتیلن تقویت شده) Cross Link PE 2Y روکش پلی‌اتیلن PE	C: هادی هم محور مسی CW هادی هم محور مسی موجی شکل CE هادی هم محور مسی بصورت جداگانه روی هر رشته کابل S ← Screen یا پرده با سیم‌های مسی SE ← Screen Exclusive یا پرده با سیم‌های مسی جداگانه روی هر رشته کابل H ← لایه‌های رسانا F ← Screen ضدنفوذ آب بصورت طولی ST حفاظت الکترواستاتیک	Y=PVC PVC عایق Y 2X=XLPE (پلی اتیلن تقویت شده) Cross Link PE 2Y عایق پلی اتیلن PE	A=AL جنس هادی از آلومینیوم بدون نشانه: CU هادی مسی	N مشخصات کابل طبق استاندارد آلمان

نکته: ضرورتی ندارد که همه دسته‌بندی‌های بالا در کد یک کابل موجود باشد.

مثال: 1x35 rm 6/10kv NA 2XS2YRY یعنی این کابل مطابق استاندارد DIN آلمان از جنس آلومینیوم و با عایق پلی‌اتیلن تقویت شده و پرده محافظ با سیم‌های مسی با روکش پلی‌اتیلن و زره فولادی و روکش نهایی پی وی سی است. سطح مقطع آن ۳۵ میلیمتر مربع است دسته سیم ها کنار هم، مقطع گرد تشکیل داده اند و هر سیم یا هادی رشته ای یا استرند شده است. ولتاژ نامی کابل۶ تا ۱۰ کیلوولت می‌باشد.

جدول ۳-۲۵- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌های فشار متوسط

شرح	نشانه
نصب کابل به صورت روکار روی دیوار و یا سقف	
نصب کابل روی سینی کابل و یا راک	
نصب کابل به صورت آویز	
نصب کابل در کانال خاکی	
کابل زیر آبی	
نشان‌دهنده تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	
سرکابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

شبکه توزیع

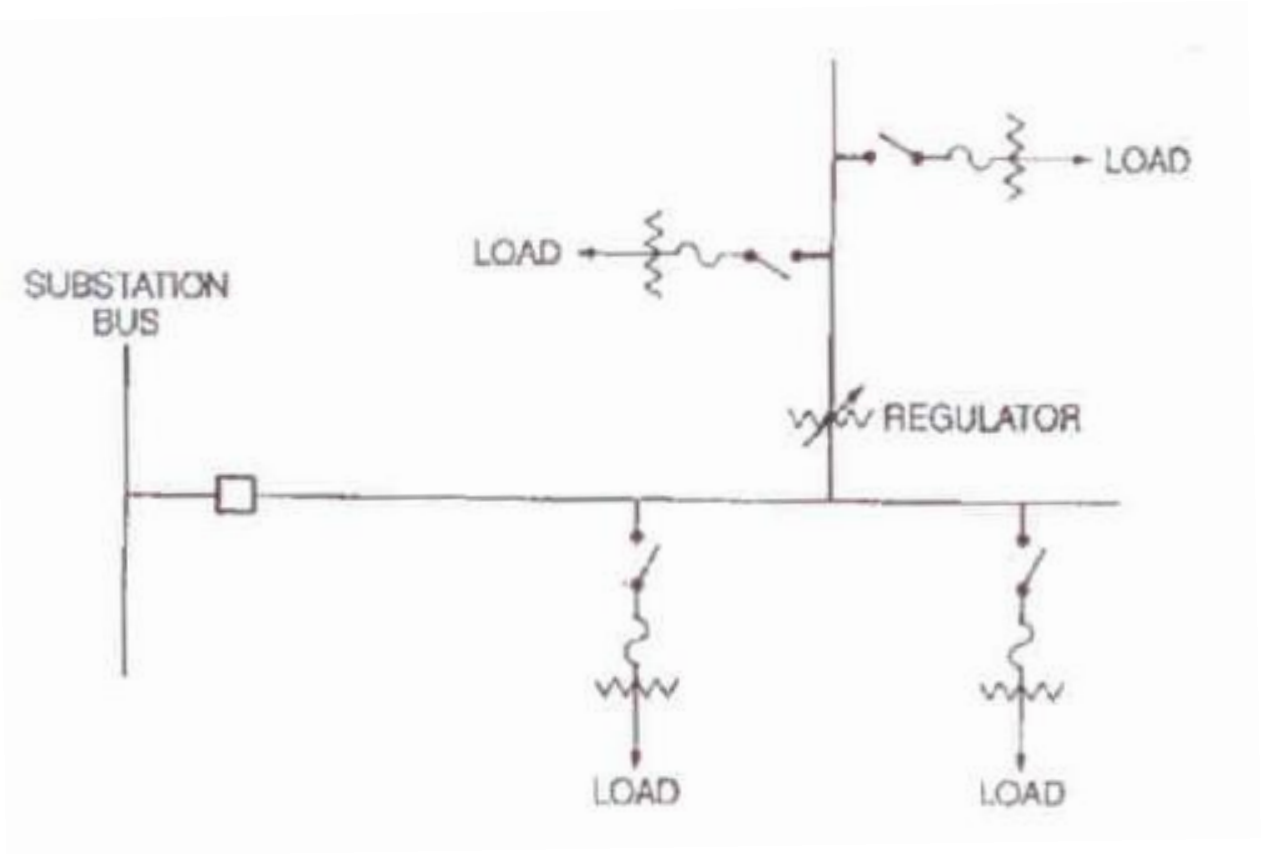
انواع شبکه توزیع

- ۱- شبکه شعاعی
- ۲- شبکه حلقوی هوایی
- ۳- شبکه حلقوی زیرزمینی
- ۴- شبکه شعاعی دوبل اولیه،
- ۵- شبکه شعاعی دوبل ثانویه
- ۶- شبکه غربالي
- ۷- شبکه نقطه ای

تفاوت این شبکه ها در قابلیت اطمینان شبکه در شرایط بروز خطا و کیفیت توان است.

در تمام ایران شبکه توزیع به صورت شعاعی مورد بهره برداری قرار می گیرد (یعنی در نقاطی که به صورت حلقه است نیز به صورت حلقه باز بهره برداری می شود)

۱- شبکه شعاعی



۱ـ شبکه شعاعی

- شناخته شده ترين سيستم توزيع موجود مي باشد. از شبکه هاي شعاعي در مواردي استفاده مي شود که ارزش خاموشي بارهاي تغذيه شونده پايين باشد. در نتيجه استفاده عمده اين ساختار در شبکه هاي فشارضعيف و به صورت بسيار محدود براي تغذيه بارهاي بسيار کم اهميت و دور افتاده در شبکه هاي فشارمتوسط استفاده مي شود.
- در ايران حدود ۷۰ % شبکه فشارضعيف شعاعي ساده است . اين ساختار در شبکه فشارمتوسط براي تغذيه بارهاي روستايي و دور افتاده و يا نواحي حاشيه اي شهرها استفاده مي شود. اينگونه سيستم ها براي تغذيه بارهاي متمرکز نظير مراکز خريد با ساختمان هاي بلند مرتبه مناسب نيستند . اين معماري نسبت به ساير معماري ها کمترين قابليت اطمينان را دارد و هزينه سرمايه گذاري اوليه و هزينه هاي بهره برداري مربوط به آن نيز از همه کمتر است از نقطه نظر کيفيت توان ، مشترکين متصل به سيستم ه اي شعاعي بسياري از قطعي هاي موقت را تجربه نمي کنند اما در معرض تعداد بيشتري خطاهاي ماندگار قرار دارند.

انواع شبکه توزیع

- ۵ سیمه مسی (۳ فاز، یک نول و یک فاز روشنایی معابر)
  - این نوع شبکه از ابتدای راه اندازی شبکه توزیع شکل گرفته است عمده اشکال آن گران بودن مس و رعایت حریم خط است. (یعنی فاصله ای که درختان و ساختمانها باید از آن داشته باشند)
- کابل خود نگه دار (۵ سیمه استاندارد، ۳ فاز، یک نول و یک فاز روشنایی معابر)
  - کابل خودنگهدار فشار ضعیف از نوع کابل هاي دسته بندي شدة هوايي است كه درآن، هادي هاي آلومينيومي روكش دار فاز (همراه با هادي روشنايي معابر) به دور يك رشته هادي نگهدارنده آلومينيوم آلياژي روكش دار كه نقش نُول را نيز دارد، پيچيده شده اند. كلّ اين مجموعه اصطلاحاً كابل خودنگهدار هوايي ABC ناميده مي شود.
  - در سال ۹۳ حدود ۲۲ درصد کل شبکه توزیع فشار ضعیف به صورت کابل خودنگه دار بوده است.
- Aerial Bundled Cable

محاسبه قدرت مورد نیاز ترانسفورماتور پستها

$$\text{ظرفیت ترانسفورماتور} = \frac{\text{ضریب همزمانی مصارف} \times \sum KW}{\text{ضریب بهره‌برداری ترانسفورماتور}}$$

$$\sum KW = \sum (\text{ضرایب همزمانی} \times \text{بارهای درخواستی})$$

ضریب همزمانی مصارف = ۰/۷-۱

ضریب بهره برداری ترانسفورماتور = ضریب بهره برداری × ضریب قدرت = ٪۷۰ × ۰/۹ = ٪۶۳

نوع مصرف	ضرایب همزمانی
خانگی	٪۲۵-٪۳۵
عمومی	٪۷۰-٪۸۵
تجاری	٪۵۰-٪۶۵
صنعتی	٪۹۰-٪۱۰۰

محاسبه قدرت مورد نياز ترانسفورماتور پستها

- به عنوان مثال اگر سه بلوك آپارتماني كه هركدام شامل ۲۰ واحد مسكوني و هر بلوك داراي ۲۰ انشعاب ۵ كيلو وات و يك انشعاب ۳۰ كيلو وات باشند ظرفيت ترانسفورماتور مورد نياز به شرح زير محاسبه مي گردد:
- اگر ضريب همزماني را مطابق جدول براي واحدهاي خانگي ۰,۳ و براي عمومي ۰,۸ فرض نماييم و ضريب همزماني مصارف را نيز ۰,۸۵منظور كنيم خواهيم داشت:

$$\sum KW = ((20 \times 5KVA \times 0.3) + (1 \times 30KVA \times 0.8)) \times 3 = 162$$

- بنابراين ظرفيت ترانسفورماتور

$$\text{ظرفيت ترانسفورماتور} = \frac{162 \times 0.85}{0.63} = 218KVA$$

ظرفیت استاندارد ترانس توزیع و مشخصات تابلو

جدول ۲- تعیین شینه تابلوهای توزیع

ردیف	ظرفیت ترانسفورماتور K.V.A	جریان سمت فشارضعیف (آمپر)	کلید کل فشارضعیف (آمپر)	تعداد کلید فیوز خروجی	ابعاد شینه مسی(mm)			
					اصلی	فرعی	نول	ارت
۱	۵۰	۷۲	۱۰۰	۲×۱۶۰	۲۰×۳	۲۰×۳	۲۰×۳	۲۰×۳
۲	۱۰۰	۱۴۴	۲۰۰	۱×۱۶۰ و ۳×۱۶۰	۲۰×۵	۲۰×۳	۲۰×۳	۲۰×۳
۳	۲۰۰	۲۸۹	۴۰۰	۱×۱۶۰ و ۳×۲۵۰	۳۰×۵	۲۵×۵	۲۵×۳	۲۵×۳
۴	۲۵۰	۳۶۰	۴۰۰	۱×۱۶۰ و ۳×۲۵۰	۴۰×۵	۲۵×۵	۲۰×۵	۲۰×۵
۵	۳۱۵	۴۵۵	۶۳۰	۱×۱۶۰ و ۴×۲۵۰	۵۰×۵	۲۵×۵	۲۵×۵	۲۵×۵
۶	۴۰۰	۵۷۷	۸۰۰	۱×۱۶۰ و ۴×۴۰۰	۵۰×۱۰	۳۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵
۷	۵۰۰	۷۲۲	۱۰۰۰	۱×۱۶۰ و ۶×۴۰۰	۵۰×۱۰	۳۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵
۸	۶۳۰	۹۰۹	۱۲۵۰	۱×۱۶۰ و ۶×۴۰۰	۶۰×۱۰	۳۰×۵	۳۰×۱۰	۳۰×۱۰
۹	۸۰۰	۱۱۵۵	۱۶۰۰	۱×۱۶۰ و ۸×۴۰۰	۸۰×۱۰	۳۰×۵	۴۰×۱۰	۴۰×۱۰
۱۰	۱۰۰۰	۱۴۴۳	۱۶۰۰	۱×۱۶۰ و ۸×۴۰۰	۲(۶۰×۱۰)	۳۰×۵	۶۰×۱۰	۶۰×۱۰
۱۱	۱۲۵۰	۱۸۰۴	۲۰۰۰	۱×۱۶۰ و ۱۰×۴۰۰	۲(۸۰×۱۰)	۳۰×۵	۸۰×۱۰	۸۰×۱۰

- برای ردیفهای ۱ تا ۹ از کلید اتوماتیک الکترونیکی MCCB و ردیفهای ۱۰ و ۱۱ از کلید ACB استفاده گردد.

تعیین تجهیزات پستهاي توزیع زمیني و هوایي

جدول ۳- تعیین تجهیزات پستهای توزیع زمینی و هوایی

ردیف	ظرفیت ترانسفورماتور K.V.A	جریان فشار قوی(آمپر)	المنت فیوز (آمپر)		سطح مقطع کابل ارتباط ترانس به سلول فشارمتوسط(mm۲)	کلید کل فشارضعیف(آمپر)	تعداد و سطح مقطع کابل مسی ارتباط ترانسفورماتور به تابلو فشار ضعیف (mm۲)	تعداد کلید فیوز خروجی	آمپراژ کنتاکتور روشنایی(آمپر)	فیوز کریر (آمپر)
			T یا K	TK						
۱	تکفاز ۲۵	۰/۷۲	۳	۱	–	تکفاز ۴۰	۲×۳۵	–	–	–
۲	سه فاز ۲۵	۰/۷۲	۳	۱	–	۴۰	۴×۳۵	–	–	–
۳	۵۰	۱/۴	۳	۱/۴	–	۱۰۰	۳×۷۰+۵۰	۲×۱۶۰	۶۳	–
۴	۱۰۰	۲/۹	۶	۳/۱	۳(۱×۵۰)	۲۰۰	۳×۷۰+۵۰	۱×۱۶۰ و ۳×۱۶۰	۶۳	۲(۳×۳۲)
۵	۲۰۰	۵/۸	۱۰	۵/۲	۳(۱×۵۰)	۴۰۰	۲× (۳×۷۰+۵۰) یا ۳×۱۵۰+۷۰	۱×۱۶۰ و ۳×۲۵۰	۶۳	۳(۳×۳۲)
۶	۲۵۰	۷/۲	۱۰	۷	۳(۱×۵۰)	۴۰۰	۲× (۳×۷۰+۵۰) یا ۳×۱۵۰+۷۰	۱×۱۶۰ و ۳×۲۵۰	۶۳	۴(۳×۳۲)
۷	۳۱۵	۹/۱	۱۲	۷/۸	۳(۱×۵۰)	۶۳۰	۳(۱(۱×۲۴۰))+۱(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۴×۲۵۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۸	۴۰۰	۱۱/۶	۱۵	۱۰/۴	۳(۱×۵۰)	۸۰۰	۳(۲(۱×۲۴۰))+۱(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۴×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۹	۵۰۰	۱۴/۴	۲۰	۱۴	۳(۱×۵۰)	۱۰۰۰	۳(۲(۱×۲۴۰))+۱(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۶×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۱۰	۶۳۰	۱۸/۲	۲۵	۱۴	۳(۱×۹۵)	۱۲۵۰	۳(۳(۱×۲۴۰))+۲(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۶×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۱۱	۸۰۰	۲۳	۳۰	۲۱	۳(۱×۹۵)	۱۶۰۰	۳(۳(۱×۲۴۰))+۲(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۸×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۱۲	۱۰۰۰	۲۹	–	–	۳(۱×۹۵)	۱۶۰۰	۳(۴(۱×۲۴۰))+۲(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۸×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)
۱۳	۱۲۵۰	۳۶/۱	–	–	۳(۱×۹۵)	۲۰۰۰	۳(۵(۱×۲۴۰))+۳(۱×۲۴۰)	۱×۱۶۰ و ۱۰×۴۰۰	۹۰	۴(۳×۳۲)

– کلیدفیوزهای ۱۶۰ و فیوز کریر در سلول روشنایی نصب می شود.

– کلیدفیوزها با آمپراژ نامی ۴۰۰ ، ۲۵۰ و ۱۶۰آمپر به ترتیب دارای فیوزهای مصرفی حداکثر ۲۵۰، ۱۶۰ و ۱۰۰ آمپر می‌باشد.

سوالات

۱. انواع شبکه توزیع را نام ببرید و هر یک را به طور مختصر توضیح دهید.
۲. انواع شبکه ها را از نظر قطعی کمتر و کیفیت ولتاژبهتر با یکدیگر مقایسه کنید.
۳. انواع شبکه از نظر جنس هادی را نام برده توضیح دهید.
۴. قدرت ترانس و مشخصات تابلو را برای شبکه زیر محاسبه و انتخاب کنید.
۵. یک کوچه که دارای ۱۴ آپارتمان ۸ واحدی (مسکونی) با انشعاب ۵ کیلواتی است. هر آپارتمان یک کنتور ۳۰ کیلوات عمومی نیز دارد.

سطوح ولتاژ

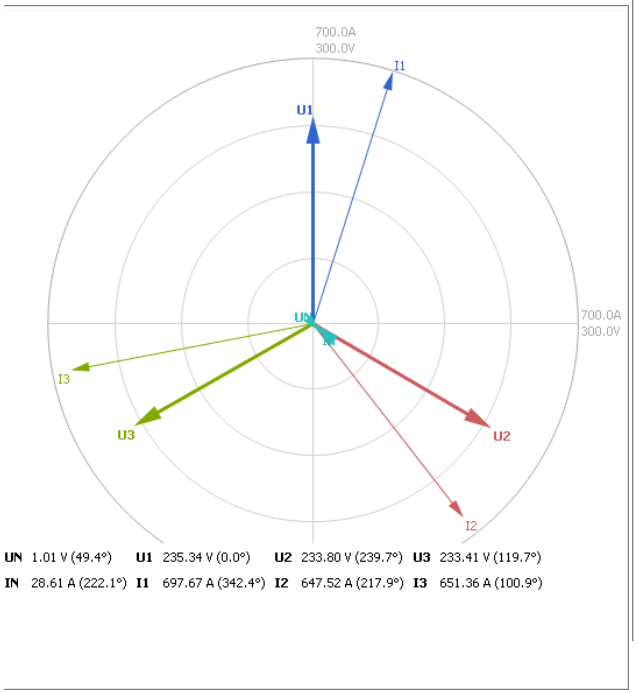
- IEC60038رده های ولتاژ شبکه توزیع بر اساس استاندارد به سه دسته تقسیم می شوند
- ۱-فشار ضعیف (ولتاژ زیر یک کیلوولت)
- ۲-ولتاژمیانی(یک کیلو ولت الی یازده کیلو ولت)
- ۳-ولتاژ متوسط(یازده کیلو ولت الی سی و سه کیلو ولت)

خازن گذاری در شبکه

اصلاح ضریب توان

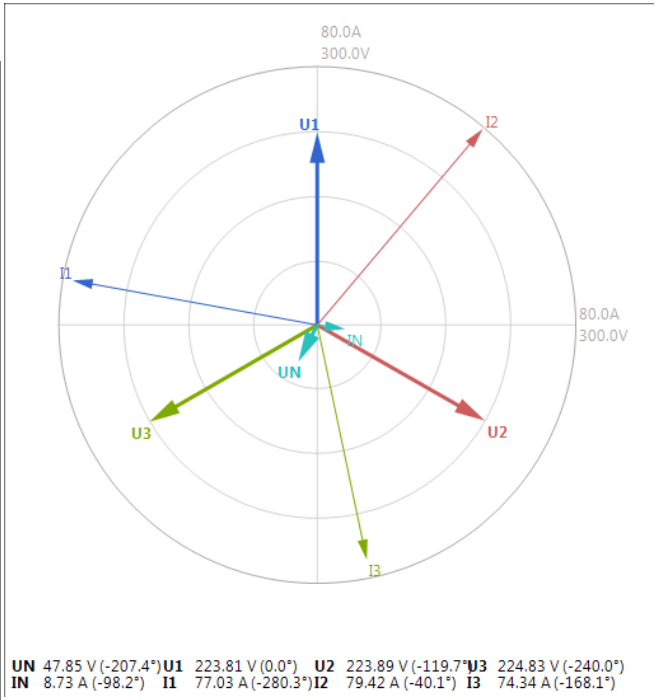
ضریب توان

- ضریب توان در یک سیستم الکتریکی AC اصطلاحی است که به نسبت توان واقعی به توان ظاهری اطلاق می‌شود و مقداری بین ۰ تا ۱ دارد. توان واقعی در واقع توانایی یک مصرف کننده برای تبدیل انرژی الکتریکی به دیگر شکل‌های انرژی را نشان می‌دهد در حالی که توان ظاهری در اثر وجود اختلاف بین ولتاژ و جریان پدید می‌آید. با توجه به نوع بارها و میزان توان راکتیو آنها توان ظاهری می‌تواند از توان واقعی نیز بیشتر باشد.
- کم بودن ضریب توان (بزرگ بودن توان ظاهری نسبت به توان واقعی) در یک مدار موجب بالا رفتن جریان در مدار و در نتیجه بالا رفتن تلفات در شبکه ای که برق را تامین می کند، می‌شود.
- در ایران ضریب توان مشترکین کنتور صنعتی باید بالاتر از ۰.۹ باشد. در غیر اینصورت جریمه می شوند



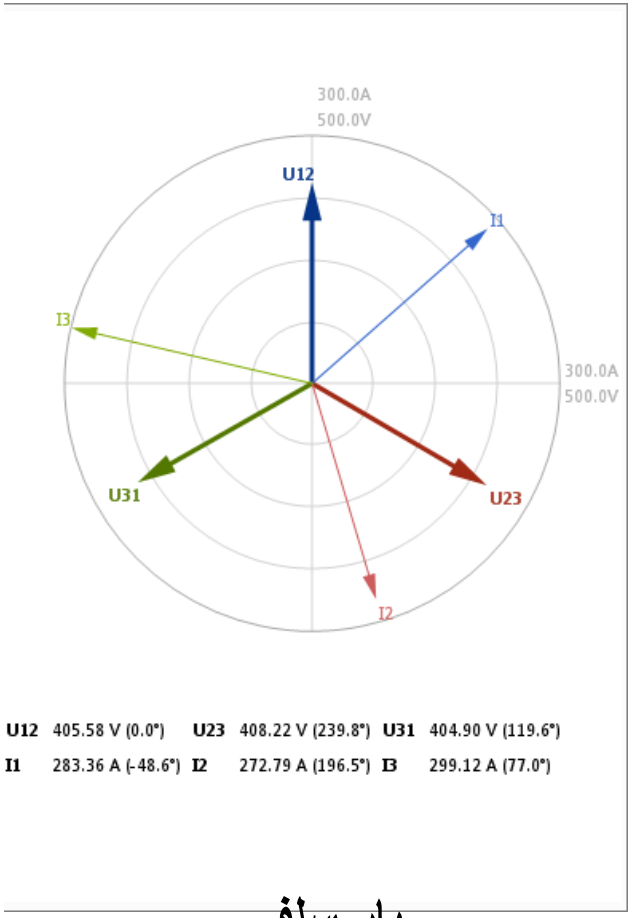
بار سلفی

Pf=0.95



بار خازنی

Pf=0.2



بار سلفی

PF=0.8

به طور کلی در یک مدار ACمی‌توان مصرف کننده‌ها را از نظر نوع مصرف انرژی الکتریکی به دو دسته تقسیم کرد:
مصرف کننده‌های اکتیو (مقاومتی)
مصرف کننده‌های راکتیو (خازنی یا سلفی)
انواع مختلف مصرف کننده‌ها در مدارهای الکتریکی رفتارهای متفاوتی از خود بروز می‌دهند؛ برای مثال مصرف کننده‌های اکتیو با تبدیل انرژی الکتریکی به شکل دیگری از انرژی، انرژی الکتریکی را مصرف می‌کنند. این رفتار در مصرف کننده‌های راکتیو کمی متفاوت است چراکه این مصرف کننده‌ها به جای مصرف انرژی الکتریکی این انرژی را ذخیره می‌کنند.
در یک مدار ACبه علت تغییر دایم میزان انرژی وارد شده به مدار بارهای راکتیو می‌توانند موجب ایجاد اختلال در عملکرد شبکه شوند
اصلاح ضریب توان یک تکنیک است که برای خنثی کردن آثار منفی بارهای راکتیو در یک شبکه ACبه کار می‌رود. در این تکنیک با استفاده از بارهای راکتیوی با ضریب توان برعکس بار وارد شده به شبکه (برای مثال استفاده از خازن برای خنثی سازی تأثیرات القاگرها در شبکه) اقدام به اصلاح ضریب توان یا نزدیک کردن هرچه بیشتر ضریب توان به عدد ۱ می‌کنند.

ضریب توان

تأثیرات منفی پایین بودن ضریب قدرت

- افزایش هزینه برق
- افزایش هزینه تجهیزات به لحاظ بزرگتر شدن اندازهٔ آنها (مانند کلیدها ـ فیوزها ـ کابل‌ها ـ ترانسفورماتورها)
- ایجاد تلفات انرژی الکتریکی در خطوط انتقال و توزیع
- کاهش راندمان ترانسفورماتورها

روش‌های اصلاح ضریب قدرت

- استفاده از موتورهایی که خوب طراحی شده‌اند
- حتی‌الامکان استفاده از موتورهای که با سرعت زیاد به جای موتورهای با سرعت کم
- پرهیز از انتخاب موتور با توان نامی بزرگتر از بار
- نصب خازن
- در صورت امکان استفاده از موتور سنکرون

منافع حاصل از اصلاح ضریب قدرت:

۱- کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، هادیها و کابلها

۲- افزایش ضریب بهره از ظرفیتهای منصوب

۳- کاهش افت ولتاژ درشبکه توزیع داخلی

۴- کاهش هزینه برق مصرفی

۵- بهبود کیفیت توان با کاهش افت ولتاژ

روشهای خازن گذاری

خازن گذاری جداگانه (بارها بصورت تکی)

هر یک از مصرف کنندگان توان رآکتیو توسط یک خازن جداگانه که به ترمینان آن متصل می شود جبرانسازی می شود.

خازن گذاری گروهی (مراکز بار)

مصرف کنندگان توان رآکتیو به گروههای مختلف تقسیم شده و با نصب بانکهای خازنی در مراکز بار جبرانسازی انجام می شود

خازن گذاری کلی (پست ورودی)

با نصب بانک خازنی در پست ورودی جبرانسازی انجام می شود.

خازن گذاری جداگانه (تکی)

مزایا
هر یک از خازنها همراه بار کلید زنی شده و به مدار می آید.
تلفات ناشی از توان رآکتیو در شبکه به کمترین حد ممکن می رسد.
اشغال ظرفیت تجهیزات شبکه بواسطه توان راکتیو به کمترین حد ممکن می رسد.
افت ولتاژ شبکه به کمترین حد ممکن می رسد.
محاسبه و انتخاب اندازه خازنها آسان است.

معایب
هزینه جبرانسازی با استفاده از خازنهای کوچکتر، بیشتر است.
نگهداری خازنها با توجه به گستره نصب آنها مشکل است.

خازن گذاری کلی

مزایا
با توجه به ضریب همزمانی کل مصرف کنندگان ظرفیت خازنها و هزینه مربوط به آن، به کمترین حد ممکن می رسد.

معایب
مشترک تنها جریمه پرداخت نمی کند و از دیگر مزایای جبرانسازی بهره مند نمی شود.
نگهداری بانک خازنی با توجه به اشکالاتی که در رگولاتور بوجود می آید، گاها مشکل است.

سوالات

۱. چرا شبکه برق اغلب اوقات سلفی است ؟
۲. برای اصلاح ضریب توان از چه تجهیزی باید استفاده کرد ؟ علت آن را توضیح دهید.
۳. آیا خازن می تواند توان اکتیو موتور را تامین کند ؟
۴. خازن گذاری در یک کارخانه صنعتی به چه نحوی انجام می شود ؟
۵. سوال اختیاری : یک بار ۱۰۰ کیلووات با ضریب قدرت ۰,۵ وجود دارد برای آنکه یتوان ضریب قدرت را به ۰,۹ افزایش داد به چه میزان خازن نیاز است ؟

انواع تنظیم کننده ها

۱- تنظیم کننده دوّار:

به منظور تقسیم مجموعه ی توان خازن ها به طور یکنواخت روی همه ی کنتاکتورها

- معایب :

- فقط در انشعاب های با توان برابر امکان پذیر است.
- ردیف تنظیم به طور دلخواه انتخاب پذیر نیست.
- ردیف تنظیم روی ۱:۱:۱:۱:۱:۱ و ۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱:۱
- برای توسعه باید تمام انشعابات با توان برابر بزرگ شوند.

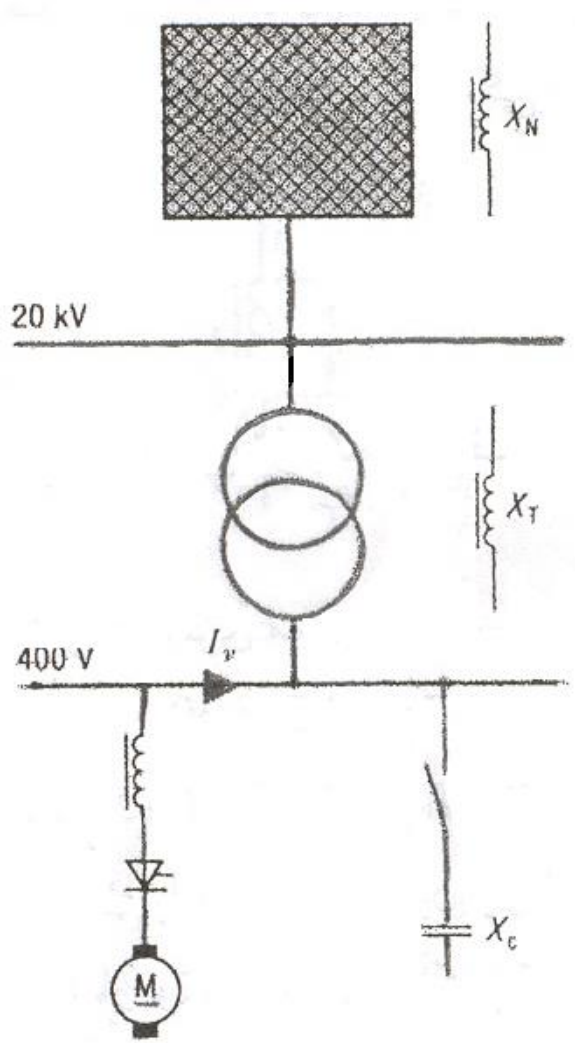
۲- تنظیم کننده با انتخاب آزاد ردیف تنظیم

خازن گذاری گروهی

مزایا
با توجه به ضریب همزمانی ظرفیت کمتری از خازنها نیاز است، که بصورت بانک خازنی نصب شده و با رگولاتور به مدار وارد یا از آن خارج می شوند.
تلفات ناشی از توان راکتیو در شبکه کم است.
اشغال ظرفیت تجهیزات شبکه بواسطه توان راکتیو کم است.
افت ولتاژ شبکه کم خواهد بود.

معایب
مزایای جبرانسازی نسبت به حالت تکی کمتر است.
نگهداری بانک خازنی با توجه به اشکالاتی که در رگولاتور بوجود می آید گاها مشکل است.

جبران کننده توان راکتیو مصرف کننده هایی که با یکسو کننده تغذیه می شوند:



- تجزیه جریان یکسو شده به هارمونیک های اصلی و بالاتر
- امکان به وجود آمدن پدیده تشدید در فرکانس اصلی و تقویت هارمونیک های بالا در مدار شامل خازن جبران گر و راکتانس مصرف کننده یکسو شده

- **حفاظت خازن:**

- حفاظت خازن در برابر جریان راه اندازی ضربه ای در هنگام وصل به شبکه برق

- استفاده از کلید های مغناطیسی به همراه مقاومت راه انداز جهت میرا نمودن جریان راه اندازی

- **سلف تخلیه بار:**

- لزوم تخلیه خازن های جبران گر قبل از قرار گرفتن در مدار

- استفاده از یک سلف دارای مقاومت اهمی کم و مقاومت زیاد سلفی