

## آشنایی کلی با پست:

ایستگاههای برق بطور کلی بعنوان رابط بین قسمت های تولید ( نیروگاه ) و توزیع برق ( مصرف کننده ها ) در یک سیستم می باشند . در این میان ایستگاههای فوق توزیع نیز بعنوان نقش ارتباط دهنده انتقال نیروی برق و توزیع برق می باشند .

ایستگاه فرعی برق گتوند در نزدیکی شهرستان گتوند و در فاصله 3 کیلومتری این شهر احداث و واقع شده است . این ایستگاه در ردیف ایستگاههای فوق توزیع و از نوع تبدیلی می باشد . دو خط ورودی 132 کیلوولت به شماره های 710 و 711 که مبدأ آنها ایستگاه اصلی شوشتر ( ایستگاه برق 400 کیلوولت ) می باشد وارد ایستگاه شده و پس از گذر از تجهیزاتی چون برقگیر ، ترانس ولتاژ خارجی ( cvt ) ، موج گیر ، سکسیونر - ترانس جریان ( ct ) ، برقگیر و باس بار ، توسط ترانسفورماتور کاهنده ای که ساخت شرکت ایران ترانسفو می باشد . ولتاژ ورودی 132 کیلوولت به ولتاژ خروجی 33 کیلوولت تبدیل می شود ایستگاه برق گتوند دارای چهار فیدر خروجی ( خطوط خروجی ) 501 ، 502 ، 503 ، 506 می باشد . که خطوط 501 و 502 شهر گتوند ، خط 503 سد گتوند علیا و خط 506 که کلیه روستاهای منطقه عقیلی را تغذیه می کنند . این ایستگاه دارای یک ترانس قدرت می باشد که امکان توسعه ایستگاه نیز برای چهار ترانس فراهم شده است . سکسیونرهای مورد استفاده ایستگاه از نوع دورانی برای ولتاژ 132 کیلوولت و سکسیونر نوع تیغه ای ( عمودی ) برای ولتاژ 33 کیلو ولت استفاده شده است . بریکرهای 132 و 33 کیلوولت ایستگاه از نوع گازی SF 6 می باشند . دیگر تجهیزات منصوبه ایستگاه CT ( ترانس جریان ) ، CVT ( ترانس ولتاژ خازنی ) ، برقگیر ، موج گیر ، باس بار و رله های حفاظتی فوق جریانی ، ولتاژی ، دیستانس ، دیفرانسیل ، سنکرون چک ، لاک اوت و تریپ رله می باشند .

## وظایف و حدود اختیارات بهره بردار پست ( ایستگاه ) :

اپراتور تنها نیروی انسانی است که با انجام عملیات و بهره برداری از دستگاههای تحت کنترل خود با توجه به مقررات ایمنی و حفاظت و ممانعت از بروز صدمات به دستگاهها ، نوعی خدمت مورد نیاز را عرضه می کند جهت عرضه این خدمت دستگاههایی که با میلیاردها ریال ثروت مملکت تهیه شده ، در اختیار اپراتور قرار

می گیرد . پس لازم است هر اپراتور آشنایی کامل به تمام دستگاههایی که تحت کنترل او می باشد ، داشته باشد . همچنین چگونگی عمل و راه اندازی و کار دستگاهها را فرا گیرد این آشنایی یکی از ضروریات مسلم حرفه اپراتور می باشد تا شخص قادر به انجام عملیات سریع بر روی دستگاهها باشد . در مواقعی که اپراتور بایستی معلومات و کفایت خود را در آن زمان به ظهور رساند مواقع اضطراری و شرایط غیر عادی سیستم میباشد . که اپراتور باید با ورزیدگی و خونسردی کامل هر چه زودتر و بدون وقفه شرایط را به حالت عادی برگرداند . دیگر آنکه دستور العمل های ثابت بهره برداری و دستور العمل های داخلی را هر چند وقت یکبار مطالعه نموده تا بتواند مفاد آنرا در مواقع اضطراری که فرصت برای مطالعه مجدد وجود ندارد ، سریعاً در جهت عادی ساختن وضعیت شبکه بکار بندد .

### چارت سازمانی :

چارتهای سازمانی ایستگاههای برق به ترتیب اولویت و رتبه سازمانی ، شامل شرکت برق منطقه ای استان ، سازمان انتقال نیروی برق ، معاونت بهره برداری ، ناحیه های انتقال نیروی برق ( انتقال نیروی ناحیه شمال شرق ) ، مسئول ایستگاههای برق شوشتر و گتوند ، مسئول ایستگاه و اپراتور ایستگاه می باشد .

### تعیین وظایف و تقسیم مسئولیت ها :

هدف از تدوین دستورالعمل ها ، تعیین حوزه عملیاتی و حدود مسئولیت ها و وظایف دیسپاچینگ های ملی و مناطق و ایستگاهها و نحوه ارتباط بین آنها می باشد .

حوزه عملیاتی دیسپاچینگ های مناطق شامل کلیه پست های فشار قوی و خطوط 400 و 230 کیلوولت و نیروگاهها و پست های مربوطه تحت کنترل مستقیم دیسپاچینگ ملی است . همچنین کنترل عملیات کلیه پست های فوق توزیع و خطوط ارتباطی ( 132 و 63 کیلوولت ) هر منطقه تحت نظارت دیسپاچینگ آن منطقه می باشد . وظایف و مسئولیت های بهره برداری از شبکه به هم پیوسته به شرح زیر بین قسمت مطالعات سیستم و برنامه ریزی و مراکز کنترل دیسپاچینگ ملی و مناطق و ایستگاهها تقسیم می شود .

1 - مسئولیت ها و وظایف قسمت مطالعات سیستم و برنامه ریزی دیسپاچینگ ملی

2 - مسئولیت ها و وظایف مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی

3 - مسئولیت ها و وظایف مراکز کنترل دیسپاچینگ مناطق

4 - مسئولیت ها و وظایف ایستگاهها در رابطه با مراکز کنترل

مسئولیت ها و وظایف ایستگاهها در رابطه با مراکز کنترل :

مسئولین ایستگاهها علاوه بر اجرای دستورالعمل های ثابت بهره برداری و داخلی ملزم به اجرای موارد ذیل می باشند .

الف : تشخیص و تصمیم گیری در مورد مساعد بودن شرایط بهره برداری از خطوط ، مولدها ، ترانسفورماتورها ، راکتورها و سایر تجهیزات ایستگاه تحت کنترل با در نظر گرفتن تنظیمات ، محدودیت ها و عیوب .

ب : تنظیم بار اکتیو مورد درخواست مرکز کنترل بر روی واحدها با حداکثر راندمان ممکن.

د : مطلع ساختن مسئول برنامه ریزی شبکه از وضعیت و محدودیت های خطوط - واحدها و سایر تجهیزات ، قبل از تنظیم برنامه خروجی و همچنین مسئول شیفت مرکز کنترل قبل از اجرای برنامه .

ه : گزارش کلیه حوادث و شرایط غیر عادی به مرکز کنترل .

و : گزارش کلیه مانورهای داخلی مؤثر در بهره برداری از شبکه به مرکز کنترل قبل از انجام آن .

ز : گزارش نحوه انجام مانورهای در خواست شده از طرف مرکز کنترل قبل از انجام آن .

چ : تهیه اطلاعات فنی و تکمیل فرمهای آماری دیسپاچینگ .

#### مقره :

مقره ها نگهدارنده قسمتهایی از تأسیسات الکتریکی هستند که نسبت به زمین دارای اختلاف سطح الکتریکی می باشند لذا مقره ها باید از یک استقامت مکانیکی و الکتریکی خاصی برخوردار باشند . تا بتوانند علاوه بر نیروهای مختلف مکانیکی ( فشار ، کشش ، خمش ) و الکترو دینامیکی که به آنها وارد می شود در نامناسب ترین شرایط ( باران ، مه ، شبنم ، آلودگی ) فشار الکتریکی وارده را نیز تحمل کنند . بدین جهت پایداری و انتقال بدون وقفه انرژی الکتریکی تا حدودی بستگی به انتخاب و مراقبت صحیح ایزولاتور دارد .

استقامت مکانیکی ایزولاتور بستگی به جنس و ضخامت عایق استقامت الکتریکی آن بستگی به جنس ، طول

و شکل مقره دارد . مقره ها و پایه های عایقی اکثراً از چینی و نوعی از مقره ها از شیشه ساخته می شوند . حتی در این دهه اخیر از مواد مصنوعی ( صمغ مصنوعی ، آراالدیت و غیره ) در شرایط خاصی استفاده شده است مواد اولیه چینی که در ایزولاتور از آن استفاده می شود عبارتست از : 33% - 18 فلدسپات ، 46% - 43 کائولین و 30% - 10 کوارتز .

کلیه ایزولاتورهای چینی دارای پوششی از لعاب شیشه می باشند . لعاب علاوه بر اینکه استقامت مکانیکی ایزولاتور را تا حدودی بالا می برد . باعث صیقلی شدن سطح خارجی ایزولاتور نیز می گردد . در نتیجه قدرت چسبندگی ذرات خارجی ( گرد و خاک و دوده ) به آن کم می شود و در اثر باد و باران به سادگی تمیز و شسته می شود . رنگ لعاب معمولاً تیره ( قهوه ای سوخته ) می باشد . تا از شبلم روی آن جلوگیری شود چترهای اطراف ایزولاتور باعث میشوند که قسمتهایی از ایزولاتور از آب باران مصون بمانند و قشرهای آب در طول ایزولاتور بصورت مقطع ظاهر شوند و در نتیجه جریان خزنده به مقدار قابل ملاحظه ای کوچک میشود و اختلاف سطح لازم برای جنبی ( خارجی ) چینی بالا می رود این چترها در مه و شبلم تأثیر چندانی ندارد . زیرا با وجود مه و شبلم تمامی مقره و حتی زیر چترها نیز نمناک می شود . تنها تأثیری که روی اختلاف سطح جرقه می گذارد این است که در هر حال به خاطر طویل شدن فاصله بین دو الکتروود در روی سطح جانبی مقره جریان خزنده کوچک می شود و باعث می شود که اختلاف سطح شکست الکتریکی تا حدودی بالا رود و به همین دلیل مه و شبلم و گرد و خاک در شکست الکتریکی جنبی مؤثر تر از باران می باشد . در ضمن اینکه باران اغلب باعث شستشو دادن و تمیز کردن ایزولاتور نیز می گردد . برای اینکه اثر کثافات و اجسام خارجی روی ایزولاتور را به حداقل برسانند و خطر شکست خارجی را کمتر کنند از تعداد زیادی چتر با لبه های بلند استفاده می شود که در نتیجه مسیر تخلیه الکترونی طویل تر شده و جریان خزنده در طول ایزولاتور کوچک می شود .

شین:

تمام ژنراتور ها و ترانسفورماتورها و سیم ها و کابل های یک نیروگاه یا یک تبدیل گاه که ولتاژ مساوی دارند با یک شمش یا رسانا به نام شین یا باسن بار در هر فاز به هم وصل می شوند در شین تمام انرژی ژنراتور ها

ویا ترانسفورماتورها و یا هردو به هم می پیوندند . و از آنجا به طور مستقیم با همان ولتاژ و یا به کمک ترانسفورماتور افزایشده یا کاهشده با ولتاژ دیگر به مصرف کننده ها و یا شین های دیگر هدایت می گردند .  
لذا می توان گفت که شین وسیله جمع و پخش انرژی در آن واحد است .

### اتصال شین :

در موقع ارتباط شین ها به یکدیگر و گرفتن انشعاب باید دقت کرد که مقاومت شیب در محل اتصال حتی المقدور کوچک نگه داشته شود که باعث ایجاد حرارت موضعی زیاد  $(RI^2)$  نشود . انشعاب های شین منحصرأً توسط پیچ و مهره به شین اصلی وصل می شوند . از آنجا که مقاومت الکتریکی شین در محل اتصال بستگی به سطح ارتباط ندارد و فقط بستگی به فشار سطوح تماس گیرنده دارد باید از پیچ و مهره ای که دارا ی استقامت مکانیکی زیاد است استفاده شود و از این جهت تقریباً همیشه از پیچ و مهره فولادی استفاده می شود و فقط در جریان های خیلی زیاد ( از 6000 آمپر به بالا ) بهتر است از پیچ و مهره و وسایل ارتباطی غیر مغناطیسی استفاده شود . جهت شین کشی بهتر است از شین های بلند استفاده گردد تا حتی المقدور از تعداد اتصالی ها کم گردد برای ارتباط شین های طولی بهتر است شین در محل اتصالی روی هم قرار گیرد و از ورقه مسی ارتباط اضافی خودداری شود.

از آنجا که شبکه ها در معرض ساعقه و جریانهای هجومی می باشد باید تدابیری جهت حفاظت سیستم در برابر این امواج ضربه ای اندیشید ، که عموماً توسط وسایل زیر انجام می شود .

1- جرقه گیر ، 2- برق گیر ، که خود به سه نوع زیر تقسیم می شوند :

الف) برق گیرهای با مقاومت غیر خطی و فواصل هوایی .

ب) برق گیرهای با مقاومت غیر خطی و فاصله هوایی مجهز به کوپل مغناطیسی خاموش کننده.

ج) برقگیری های اکسید فلزی یا ZnO بدون فواصل هوایی .

### جرقه گیرها :

ساده ترین و ارزانتین راه برای حفاظت عایقی در برابر اضافه ولتاژ ضربه ای استفاده از فواصل هوایی می

باشد. بدلیل معایب زیر ، امروزه از این وسایل بعنوان حافظ اصلی در برابر امواج ضربه استفاده نمی شود :

الف) در صورت عمل کرد این وسائل ، شبکه با افت شدید ولتاژ روبرو می شود . حتی با سپری شدن ولتاژ ضربه ، جرقه بدلیل حضور ولتاژ همچنان پایدار باقی می ماند ، ناگزیر جهت قطع جریان تعقیبی بایستی کلیدهای قدرت عمل کنند.

ب) مشخصه حفاظتی این وسائل شدیداً تابع پلار تیه موج گرایش الکترو دی و شرایط آب و هوایی است.  
ج) چنانچه جرقه گیرها در موقعیت مناسب نصب نشوند ، احتمال آسیب دیدن تجهیزات توسط قوس ، نیز سرایت آن به سایر فازها وجود دارد. معمولاً در حال حاضر تجهیزاتی همانند مقره های آویزی مجهز به این جرقه گیرها می گردند .

### برقگیر :

برقگیر در حقیقت یک ایزولاسیون ناقص است و تخلیه ایکترونی در اثر اختلاف سطح ضربه ای زیاد حتماً در آن انجام می گیرد و بارهای موجود در موج سیار از آن طریق از تاسیسات فشار قوی خارج می گردد . بدون اینکه مزاحمتی برای شبکه بوجود آید . در موقع کار عادی شبکه ، برقگیر که بین فاز و زمین بسته شده است مانند یک عایق عمل می کند ولی به محض اینکه ولتاژ شبکه از ولتاژ کار برقگیر تجاوز کرد برقگیر مانند یک گیرنده موج سریع عمل می کند و روشن می شود و جریانی که توسط برقگیر از راه قوس الکتریکی به زمین هدایت می شود باعث هدایت اختلاف سطح زیادی به زمین می گردد برقگیر باید در موقعی که ولتاژ شبکه به مقداری که دیگر برای تجهیزات خطرناک نیست رسید جریان زمین را قطع کند و شبکه را به حالت عادی خود برگرداند .

### برقگیرها :

الف) برق گیرهای موسوم یا برقگیرهای با مقاومت غیر خطی و فواصل خطی .  
در این نوع از برقگیرها ، نقش حفاظتی تجهیزات و شبکه در مقابل موجهای گذرا بمعده تعدادی المان یا مقاومت غیر خطی که بصورت سری با فاصله هوائی می باشد قرار دارد با این مقاومتها در مقابل ولتاژهای فرکانس قدرت ، مقاومت زیادی دارند لذا ولتاژ شکست کافی بر روی فاصله هوایی نمی افتد . ولی این

مقاومتها در مقابل ولتاژهای صاعقه و یا کلید زنی ، مقاومت کمی داشته و نتیجتاً ولتاژ بالاتری از حد شکست الکتریکی فاصله هوایی بیشتر است بر روی فاصله هوایی می افتد .

مقایسه اجمالی بین برقگیرهای  $ZnO$  و برقگیرهای موسوم :

مزیت عمده برقگیرهای  $ZnO$  نسبت به برقگیرهای با فاصله هوایی در این است که جریان این برقگیر در ولتاژهای عادی کار به حدود یک میلی آمپر محدود می شود در حالی که این مقدار برای مقاومتهای غیر خطی از نوع  $SIC$  بسیار بیشتر است ، لذا در برقگیرهای موسوم نیاز به فاصله هوایی می باشد . دیگر مزیت ناشی از حذف فواصل هوایی در برقگیرهای  $ZnO$  بشرح زیر می باشد :

1-تعداد قطعات بطور قابل ملاحظه کم شده و این باعث سادگی طرح و افزایش قابلیت اطمینان آن شده است .

2-دقت در طرح و پیش بینی سطوح حفاظتی بیشتر شده و هرگونه عدم قطعیت در رابطه با ولتاژهای جرقه در شرایط مختلف از بین رفته است .

3-در هنگام ظاهر شدن اضافه ولتاژ برقگیر  $ZnO$  آرامتر و یکنواخت تر دارد ناحیه هدایت شده و یا از آن خارج می شود و این حالت موجب کاهش پدیده های گذرا در سیستم است.

4-این نوع برقگیرها جریان تعقیبی ( جریانهایی که بعد از رفع ولتاژ گذرا هنوز از طریق برقگیر به زمین جریان می یابند) 200 الی 400 آمپری برقگیرهای موسوم ندارد و بنابراین احتمال قطعی در شبکه بمراتب کمتر است.

5-رفتار برقگیرها  $ZnO$  در مقابل آلودگی بمراتب بهتر است .

6-کوچکی و سبکی از دیگر مزایای برقگیر های نوع  $ZnO$  بشمار می رود.

برای این ولتاژها در فاصله هوایی شکست الکتریکی رخ می دهد . البته بعلمت مقاومت غیر خطی موجود ، ولتاژ کل خط در حد باقی مانده و حالت اتصال کوتاه جرقه گیر رخ نمی دهد و پس از رفع ولتاژهای گذرا مجدداً مقاومت، مقاومتهای غیر خطی بالا رفته و جرقه خاموش می شود چون جریان دائم این مقاومتهای در

مقابل ولتاژ فرکانس قدرت نسبتاً بالاتر از نوع  $ZnO$  می باشد وجود فواصل هوایی الزامی است.

ب) برقگیرهای با مقاومت غیر خطی و فواصل هوایی مجهز کوپل مغناطیسی خاموش

کننده جرقه :

این برقگیر از همان نوع برقگیر با مقاومت غیر خطی و فاصله هوایی هستند که در محفظه فاصله هوایی علاوه بر فاصله هوایی کوپل مغناطیسی هم قرار دارد که با عبور جریان از آن در حین تخلیه میدان مغناطیسی ایجاد می شود. و این میدان بر قوس نیرو وارد می کند که باعث افزایش طول جرقه گشته و نتیجتاً خاموش شدن جرقه راحتتر خواهد بود .

ج) برق گیرهای اکسید فلزی ZnO بدون خواص هوایی .

این برقگیر از مجموعه ای از مقاومتهای غیر خطی که نسبت به ولتاژ مقاومت بالایی دارند تشکیل شده است ولی در زمان وقوع اضافه بار ولتاژ صاعقه یا کلید زنی در مقابل این موجهها مقاومت کمی داشته جریان را از خود عبور می دهد و کل ولتاژی که برای عملکرد این برق گیر لازم است از ولتاژ قابل تحمل تجهیزات ( کلید زنی صاعقه ) پایین تر است . این برقگیرها فاقد فاصله هوایی می باشند.

**تجهیزات و متعلقات برقگیر :**

**شمارنده موج ضربه :**

شمارنده در واقع وسیله ای است که جهت نمایش عمل کردن برق گیر در مقابل ضربه های موج کلید زنی یا صاعقه بکار برده می رود . شمارنده توسط کابل یا شیشه مسی به برقگیر وصل شده و جریان تخلیه از طریق این دستگاه به زمین جریان می یابد و یا هر بار عبور جریان تخلیه ، شمارنده عمل می نماید .

**پایه ها یا مقره های عایق کننده :**

در برقگیری که می بایست مجهز به شمارنده باشند بایستی تمام جریان تخلیه از شمارنده عبور نماید و مسیر دیگری جهت تخلیه جریان ضربه وجود نداشته باشد تا از عملکرد حتمی شمانده به ازاء هر بار تخلیه جریان موج اطمینان حاصل شود . لذا لازم است که برق گیر از استراکچی ایزوله باشد این عمل توسط مقره های

کوچکی که زیر پایه های برقگیر نصب می شوند انجام می گیرد .



## سوپاپ اطمینان برقگیر :

یک برقگیر ممکن است در مواردی اضافه بار پیدا کند و معیوب شود. با معیوب شدن برقگیر ، شبکه با یک اتصال کوتاه در محل نصب برقگیر رو برو خواهد شد . اتصال کوتاه در برقگیر باعث تولید گازهای داغ یونیزه با فشار بالا شده و نهایتاً به انفجار برقگیر می انجامد . هدف از تعبیه ماکنیزم سوپاپ اطمینان جلوگیری از انفجار ناگهانی و شدید برقگیر است . این انفجار ممکن است باعث آسیب دیدن تجهیزات مجاور و خسارت جانی گردد.

## طرز انتخاب و محل نصب برقگیر :

ولتاژ برقگیر متناسب با ماکزیمم ولتاژ با فرکانس 50 هرتز که شبکه ممکن است پیدا کند انتخاب می شود . البته این اختلاف سطح نباید از  $1/15$  ولتاژ نامی شبکه تجاوز کند . در موقع محاسبه باید بدترین و نا مساعدترین حالات را که در موقع اتصال زمین شدن یک فاز و بالا رفتن ولتاژ فاز سالم نسبت به زمین پیش می آید در نظر گرفت در غیر این صورت ممکن است همزمان با اتصال زمین شدن یک فاز ، موج فشار قوی فاز سالم را سیر کند و در نتیجه برقگیر ، جریان باقیمانده را نتواند قطع کند و جرقه مدت درازی ادامه داشته باشد .

برقگیرها با دو جریان ضربه ای نامی 5 KA و 10 KA ساخته می شوند که معمولاً 5 KA آن در بیشتر و مناطقی کافی است و فقط در مناطقی با رعد و برق و صاعقه های پی در پی و شدید که برقگیر متوالیاً تحت فشار قرار می گیرد برقگیر های با جریان ضربه ای نامی 10 KA مناسب ترین می باشد . برقگیرها معمولاً در ورودی خطوط هوایی به پست، اطراف ترانسفورماتور های قدرت و ترمینالهای راکتور نصب می شوند . و وجودیکه کابلها تحت تاثیر ولتاژ صاعقه قرار نمی گیرند و دامنه امواج سیار در آنها کاهش می یابد لیکن در حد فاصل اتصال کابل به خطوط هوایی و در صورتیکه بیش از 30 متر باشد . به جهت مسائل ناشی از انعکاس امواج بسیار استفاده از برقگیر توصیه شده است.

## میگر:

این دستگاه جهت تست برقی‌ها و مقرها و در کل تستهای عایقی تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرز کار این دستگاه به این صورت می‌باشد که: بر روی این دستگاه سه ترمینال خروجی وجود دارد که هر کدام بسته به کارخانه‌ی سازنده، سه ولتاژ خروجی دارند که شامل 625، 2500، 5000 ولت می‌باشند. در بعضی دیگر از این دستگاهها هم فقط دو ترمینال خروجی وجود دارد و در عوض یک رنج سلکتوری جهت انتخاب ولتاژ خروجی وجود دارد. برای تست برقی‌ها یک پروب را به سر برقی‌ر و یک پروب دیگر را به ته برقی‌ر متصل می‌نماییم. سپس همدل این دستگاه که در کنار آن واقع شده را می‌گردانیم، بر روی میگر یک اهمتر انالوگ وجود دارد و در صورتی که عقربه‌ی اهمتر حرکت نکند و مقدار بی‌نهایت را نشان دهد برقی‌ر سالم است و در صورت حرکت عقربه‌ی اهمتر میگر، برقی‌ر معیوب می‌باشد.

ساختمان داخلی میگر تشکیل شده از یک ژنراتور کوچک که ولتاژ تولیدی آن توسط یک چند برابرکننده‌ی ولتاژ به چندین کیلو ولت تبدیل می‌شود.

## تست عایقی روغن:

از این دستگاه جهت تست عایقی روغن استفاده می‌شود. نحوه‌ی کار با این دستگاه به این صورت می‌باشد که: ابتدا مقداری از نمونه‌ی روغن ترانس را درون مخزن دستگاه می‌ریزیم درون مخزن دستگاه دو عدد الکتروود با فاصله‌ی دو میلیمتر از هم فیلر گیری شده‌اند. پس از روشن کردن دستگاه، ولتاژ دو الکتروود را توسط یک رنج که مانند یک پتانسیومتر عمل می‌کند و در روی دستگاه واقع شده است افزایش می‌دهیم.

تا زمانی که حالت عایقی روغن دیگر نتواند جلوی ولتاژ دو الکتروود را بگیرد و ولتاژ از یک الکتروود به الکتروود دیگر جهش یابد، که در این صورت یک صدای خاص همراه با نور ساطع شده از جهش ولتاژ نمایان می‌شود و دستگاه در این حالت قفل شده و دیگر ولتاژ را نمی‌توان افزایش داد. و می‌توان ولتاژ را از روی یک ولت متر که در مقابل است قرائت کرد. شایان ذکر است که ولتاژ دو الکتروود تا 100 کیلو ولت قابل افزایش می‌باشد. این دستگاه دارای یک سیستم اتوماتیک و یک سیستم دستی می‌باشد.

بعد از اندازه گیری و پیدا کردن نقطه ی شکست روغن ، از روی مشخصات و کاتالوگ ترانس می توان فهمید که روغن ترانس خوب است یا باید تصفیه و جرم گیری شود . لازم به ذکر است که بر اثر جرقه و خاصیت خوردندگی روغن بر عایقها و بقیه ی تجهیزات داخلی ترانس ، ناخالصی هایی به روغن اضافه می شود که این ناخالصی ها باعث پایین آمدن خاصیت عایقی روغن می شود .

### دستگاه تصفیه ی روغن :

از این دستگاه جهت تصفیه ی روغن ترانسها استفاده می شود . نحوه ی کار با این دستگاه به این صورت است که : یک شیلنگ مکنده ی دستگاه را به قسمت شیر تخلیه ترانس که در پایین آن واقع شده متصل می کنند . سپس شیلنگ برگشت روغن را درون ترانس قرار می دهند و دستگاه را روشن می کنند روغن ترانس توسط پمپ از زیر ترانس مکیده می شود ، سپس وارد مخزنی می شود که درون آن المنتهایی وجود دارد که روغن را گرم می کند تا روغن رقیق تر شده و راحت تر از صافی ها عبور کند .

با عبور روغن از صافی ها ، املاح و جرم های آن گرفته می شود و روغن تصفیه شده به ترانس باز می گردد . پس از تصفیه ی روغن هم چند مرتبه روغن را از نظر عایقی تست می کنند تا روغن به حد مطلوب برسد .

### ترانسفورماتور :

ترانسفورماتور وسیله ای است که با استفاده از میدان مغناطیسی انرژی الکتریکی AC را با یک سطح ولتاژ مشخص و انرژی الکتریکی AC با سطح ولتاژ دیگری تبدیل می کند ترانسفورماتور از دو یا تعداد بیشتری کلاف که دور یک هسته فرو مغناطیسی مشترک پیچیده شده اند تشکیل می شود . این کلاف ها معمولاً به طور مستقیم به یکدیگر متصل نیستند . تنها ارتباط بین کلاف ها شار مغناطیسی مشترک موجود در هسته است . یکی از سیم پیچ های ترانسفورماتور به منبع انرژی الکتریکی AC متصل می شود و سیم پیچ دوم و ( یا سوم ) ترانسفورماتور ، توان الکتریکی بارها را تامین می کند . سیم پیچی که به منبع انرژی الکتریکی متصل می شود سیم پیچ اولیه یا سیم پیچ ورودی نامیده می شود و سیم پیچی که به بار متصل است سیم پیچ ثانویه یا سیم پیچ خروجی نام دارد چنانچه سیم پیچ سومی در ترانسفورماتور وجود داشته باشد سیم پیچ سوم نامیده می شود .

بیشترین کاربرد ترانسفورماتورها در تبدیل ولتاژ ، جریان و امپدانس و در ایجاد ایزولاسیون است . منظور از ایزولاسیون حذف اتصال مستقیم بین مدارهای الکتریکی است .

اجزایی که در ترانسفورماتور بایستی در جهت کنترل و بهره برداری بهینه مورد بررسی مداوم قرار گیرند به شرح زیر است :

1- سطح روغن : سطح روغن بوسیله نشان دهنده های سطح ( LEVEL INDICATOR ) که بصورت شیشه ای یا عقربه ای مغناطیسی در محل می باشند مشخص می گردد. حدود تغییرات مجاز ( کم یا زیاد شدن سطح روغن) بستگی به درجه حرارت محیط و میزان بار عبوری از ترانسفورماتور دارد.

2- فشار روغن : فشار روغن توسط رله فشاری اندازه گیری و در صورتی که فشار از حد مجاز بیشتر باشد ، این رله عمل کرده باعث ایزوله شدن ترانسفورماتور می گردد. فشار روغن معمولاً بر اثر بروز اتصالی در ترانسفورماتور به وجود می آید . لازم به توضیح است که تغییرات جزئی فشار که بر اثر تغییرات درجه حرارت بوجود می آید باعث عملکرد رله نمی گردد .

3- حرارت سنج : به منظور اندازه گیری درجه حرارت روغن و سیم پیچ استفاده می گردد . چنانچه درجه حرارت روغن و سیم پیچ ترانسفورماتور از حد مجاز تجاوز نماید ، با ارسال آلام و به صدا در آوردن زنگ اخبار بصورت اتوماتیک به اپراتور اخطار میدهد که سریعاً اقدامات لازم را جهت کاهش درجه حرارت انجام دهد . تا از تریپ ترانسفورماتور به صورت خودکار جلوگیری به عمل ، آید . در صورتی که نسبت به آلام دریافت شده بی توجهی شود ازدیاد درجه حرارت باعث آسیب و از مدار خارج شدن ترانسفورماتور می گردد.

جهت کاهش درجه حرارت ترانسفورماتور با توجه به وضعیت شبکه بایستی بار عبوری از ترانسفورماتور را کاهش داد . و از سیستم خنک کنندگی آن بازرسی به عمل آورد در صورتی که اقدامات فوق مؤثر واقع نشد بایستی ترانسفورماتور جهت بازرسی کلی از مدار خارج گردد.

4- سیستم خنک کننده ترانسفورماتور : نظر به این که روغن دارای خاصیت عایق خوب و همچنین تبادل حرارتی زیاد می باشد در ترانسفورماتور ها به عنوان خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد .

جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف ، اصولاً روغن از طریق رادیاتور و پمپ های روغن یک سیکل بسته را طی می نمایند و حین عبور از رادیاتور توسط فن ها با محیط اطراف تبادل حرارتی انجام می دهند.

### رله بوخهلتس

رله بوخهلتس یک رله حفاظتی برای دستگاهی است که توسط روغن خشک می شود و یا از روغن به عنوان ایزولاسیون در آن استفاده شده است و دارای ظرف انبساط نیز می باشد این رله با وجود آمدن گاز یا هوا در داخل منبع روغن دستگاه و یا پایین رفتن سطح روغن از حد مجاز و یا در اثر جریان پیدا کردن شدید روغن بکار می افتد و سبب به صدا درآمدن سیگنال (آلارم) و دادن علامت می شود و یا اینکه مستقیماً دستگاه خسارت دیده را از برق قطع کند. رله بوخهلتس به قدری دقیق است که به محض اتفاق افتادن کوچکترین خطایی عمل می کند و مانع آن می شود که دستگاه خسارت زیاد ببیند. اگر از این رله حفاظت ترانسفورماتور روغنی استفاده شود ، خطاهایی که سبب بکار انداختن رله بوخهلتس می شود عبارتند از :

- جرقه بین قسمت های تحت ولتاژ ترانسفورماتور

- اتصال زمین

- اتصال حلقه و سیم پیچ

- قطع شدن در یک فاز

- چکه کردن روغن از ظرف روغن و یا لوله های ارتباطی

- کاهش سطح روغن ترانس

در خطاهای کوچک ، هوا یا گاز های متصاعد شده از روغن وارد لوله رابط بین ترانسفورماتور و منبع ذخیره روغن ( ظرف انبساط ) شده و به داخل رله بوخهلتس که در یک قسمت از این لوله قرار دارد راه یافته و بطرف قسمت بالای رله که بصورت مخزن گاز درست شده است صعود می کند و در آنجا جمع می شود گازهای راهیافته به داخل رله بوخهلتس به سطح فوقانی روغن فشاری می آورد و باعث پایین آوردن سطح روغن در رله بوخهلتس میگردد. این فشار به شناور بالایی رله منتقل میشود و آنرا بطرف پایین میراند حرکت شناور باعث بستن و یا باز کردن کنتاکت هایی می شود که جهت دادن فرمان در یک محفزه جیوه ای

تعبیه شده است . در موقعی که خطا بصورت یک اتصالی شدید باشد گازهای متصاعد شده در اثر قوس الکتریکی بقدری زیاد میگردد که موجب راندن موجی از روغن به داخل ظرف انبساط میشود. اگر سرعت موج روغن از مقدار معینی که قبلاً تنظیم شده است تجاوز کند . قبل از اینکه گازها به داخل رله بوخهلتس راه یابند. دریچه اطمینان رله بکار می افتد و باعث قطع ترانسفورماتور از مدار می شود . در صورتیکه مقدار گاز ذخیره شد هدر رله بوخهلتس از حد معین تجاوز کند اولین شناور آن ( شناور آژیتر ) به حرکت در آمده و با وصل کردن کلید مخصوص آژیتر خطر را به صدا در می آورد . اگر ترانسفورماتور را با وجود به صدا در آمدن آژیتر خطر شخصاً قطع نکنیم و عاملی که سبب متصاعد شدن گاز از ترانسفورماتور شده نیز برطرف نگردد رله بقدری از گاز پر میشود که نیروی لازم برای بکار افتادن دومین شناور ( شناور قطع ) را نیز پیدا میکند و در نتیجه شناور قطع بطور خودکار ترانسفورماتور مزبور را از شبکه قطع میکند.

#### رله توی بر ( پر شرلیف ) :

این رله نیز در حفاظت ترانسفورماتور روغنی بکار برده میشود . در این رله نیز از حرکت روغن و ایجاد گاز استفاده شده است . همانطور که می دانیم ازدیاد درجه حرارت باعث انبساط روغن میشود و این روغن ضمن گذشتن از لوله رابط بین ترانسفورماتور و ظرف انبساط به یک سوپاپ سنجش ( دیافراگم ) برخورد می کند و سبب ایجاد فشاری در پشت سوپاپ خواهد شد . که توسط فشار سنج سنجیده میشود در این فشار سنج چندین کنتاکت پیش بینی و نصب شده است بطوریکه اگر ازدیاد فشار بطور آهسته انجام گیرد . کنتاکت دیگری در فشار سنج موجب قطع فوری ترانفورماتور میشود. بطور کلی می توان گفت که رله پر شرلیف در درجه اول برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اضافه بار و در درجه دوم برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه بکار می رود .

#### انواع کاربری ترانسفورماتورها

الف) ترانسفورماتورهای قدرت برای انتقال و توزیع انرژی الکتریسته

ب) ترانسفورماتورهای قدرت که برای مقاصد خاص مثل کوره ها

ج) یکسوکننده ها و واحدهای جوشکاری بکار میروند

د) ترانسفورماتورهایی که برای تنظیم ولتاژ در شبکه های توزیع بکار میروند.

ه) اتوترانسفورماتورهای جهت تبدیل ولتاژ با نسبت کم و راه اندازی موتورهای القایی

چ) ترانسفورماتورهای وسایل اندازه گیری

### قسمتهای مختلف ترانسفورماتور

اگرچه اصول کار تمام ترانسفورماتورهای ولتاژ یکسان است ولی در ترانسفورماتورهای بزرگ به علت ولتاژ بالا و عبور جریان زیاد آنها، هسته و سیم پیچ هاب شدت گرم می شوند و امکان بروز خسارت و از کار افتادن ترانسفورماتور وجود دارد، از این رو اینگونه ترانسفورماتورها با وسایل ایمنی مجهز می گردند و ساختمان آنها پیچیده تر از ترانسفورماتورهای خشک با قدرت کم می باشد. بابررسی ساختمان ترانسفورماتورهای روغنی با قدرت زیاد دیگر احتیاجی به تشریح ترانسفورماتورهای کوچکی نمی باشد. قسمتهای مختلف این

### ترانسفورماتور عبارتند از:

هسته - سیم پیچ ها (بویلر ها) - مخزن روغن - پوششینگ - پاك و لوله انفجار - تاپ چنجر - ترمومترها - رله بوخهلتس - درجه نمایی روغن - تابلوی مشخصات - چرخها - شیرهای مختلف و واشرها - لوله های ارتباط - ترانسفورماتورهای جریان - جعبه کنترل (فرمان پنکه ها، ترموستات، پمپ و رگولاتور) - سیستم خنك کننده (رادیاتورها - پنکه ها و غیره)

### الف - هسته

هسته های ترانسفورماتورها باید تا حد امکان دارای قابلیت نفوذ مغناطیسی خوب و قابلیت هدایت الکتریکی بد باشد. هسته های ترانسها از ورقهای نورد شده ی دیناموبلش یا فریت به ضخامت 0/35 تا 0/50 میلیمتر ساخته می شوند. هسته ها به خاطر کاهش تلفات فوکو و هیستریزیس به صورت مورق ساخته می شوند که این ورقه ها نسبت به هم عایق می باشند. این خاصیت توسط یک لایه ی نازک از رزین یا مواد عایقی دیگر تامین می گردد. هسته های ترانسها بسته به قدرت آنها ساخته و طراحی می گردد. که شامل دو نوع می باشد، هسته های شکافدار (E I) و هسته های نواری. کاربرد هسته های شکافدار بیشتر از هسته

های نواری می باشد. و این به این علت است که این هستهها به راحتی در کنار هم قرار گرفته و سیم پیچ ها بر روی آنها نصب می شوند .

## ب - سیم پیچها

سیم پیچ ترانسها اغلب از جنس مس یا آلومینیم انتخاب می شود سیم پیچهای ترانسهای کوچک را معمولا روی قرقره می پیچند جنس قرقره ها اغلب از ترموپلاست است . در اصل بیشترین درصد اشکالات ترانسها در این قسمت می باشد زیرا این قسمت نقش اصلی را ایفا می کند . سیم پیچها در کل به دو صورت هستند . نواری ، که غیرقابل تعمیر می باشند یا به صورت طبقه طبقه می باشند که به آنها دیسکی هم گفته می شود و قابل تعمیر هستند . سیم های به کار برده شده در ترانسها ، بسته به قدرت آنها تغییر می کنند مثلا در قدرتهای پایین و متوسط از سیم هایی با سطح مقطع کوچک و گرد استفاده می شود . در ترانس هایی با قدرت بالا از شمشهایی با سطح مقطع مربعی و یا نواری استفاده می شود .

1- اتصال ستاره - ستاره ( Y - y )

2- اتصال ستاره - مثلث ( Y - d )

3- اتصال مثلث - ستاره ( D - y )

4- اتصال مثلث - مثلث ( D - d )

5- ستاره - زیگزاک ( Y - z )

در میان اتصالات بالا فقط از یکی از آنها نمی توان در سیستم توزیع استفاده کرد . و آن هم اتصال ستاره - ستاره می باشد . در این اتصال ، در صورتی که ترانس به صورت نامتقارن زیر بار رود ترانس می سوزد . علت این امر این است که ، هنگامی که از یک فاز یک ترانس ستاره - ستاره جریان بیشتری کشیده شود در هسته شار بیشتری تولید می شود و هسته فوراً اشباع می شود و باعث گرم کردن بیش از حد می شود . از سوی دیگر هم برگشت این جریان از دو بازوی دیگر این ترانس می باشد و بر بازوهای دیگر هم تاثیر می گذارد . در چنین مواردی سعی می شود در اولیه از اتصال مثلث استفاده شود ،

و در مواردی که استفاده از اتصال مثلث غیر ممکن باشد از اتصال زیگزاک در ثانویه ی آن ترانس استفاده می شود تا بار بر روی دو بازوی ترانس در صورت نامتقارن بودن توزیع شود .



## تپ چنجر

در بعضی از مواقع به علت طول زیاد شبکه ی توزیع وانتقال در انتهای خط با افت ولتاژی مواجه می شویم که باید این افت برطرف شود تا مصرف کننده بتواند بدون هیچ مشکلی از ولتاژ شبکه استفاده کند . در چنین مواقعی از تغییرات نسبت دور در ترانسها استفاده می شود .

همان طور که از رابطه ی اساسی ترانس ها برآورد می شود (  $N1/N2 = V1/V2$  ) هنگامی که تعداد دور اولیه افزایش یابد ولتاژ خروجی کاهش و با کم کردن تعداد دور اولیه ولتاژ خروجی افزایش می یابد . تپ چنجر که بر روی اولیه ی ترانسها می باشد ، در واقع تعداد دور اولیه را هنگام پایین بودن ولتاژ شبکه کم می کند و بالعکس . معمولاً تپچنجرها دارای پنج رنج می باشند که از 1 تا 5 مدرج می باشد .

عمل تاپ چنجر درحقیقت افزایش یا کاهش شماره دورهای مؤثرسیم پیچ ترانسفورماتور می باشد و استفاده از تاپ چنجر (یارگولاتورولتاژ) معمولترین روش کنترل

ولتاژ در ترانسفورماتورهای با قدرت زیاد می باشد. تاپ چنجرها امروزه با طرح های مختلف در حال کارند و معمولترین آنها شامل راکتورها یا مقاومتهای محدود کننده جریان می باشند. تغییر ولتاژ توسط تاپ چنجر و جریان حاصله در مدار و قوس های الکتریکی آن امکان سوختگی شدید و از بین رفتن کنتاکتها را بوجود می آورد و وجود قوسهای الکتریکی و حرارت حاصل از آن خود دلیل مجزا نمودن تاپ سلکتور و کنتاکتورها در تانک روغن جداگانه ای قرار می گیرند و بدین ترتیب بدون اینکه کنتاکتها صدمه ببینند قوس الکتریکی نیز از بین میرود.

## تانک روغن

تانک روغن مخزن روغنی است که هسته و سیم پیچ های ترانسفورماتور در آن قرار می گیرند، ترانسفورماتورهای روغنی تا 40 KVA ممکن است فقط دارای تانک بادیواره های صاف و بدنه و وسائل خنک کننده اضافی باشند. برای ترانسفورماتورهای بزرگتر سطح صاف برای از بین بردن حرارت کافی نبوده

و باید بطور مصنوعی افزایش یا باید در آنها وسائل خنک کننده اضافی تعبیه گردد. در ترانسفورماتورهای تا 1600

KVA سطح تانک توسط لوله هایی که از خارج به بدنه تانک جوش می خورند افزایش می یابد.

ترانسفورماتورهای از 1000 تا 10000 KVA با تانک ساده از رادیاتورهایی که با اتصالات فلانچ به تانک

جوش می خورد استفاده می نمایند در قدرت های بالاتر از 10000 KVA خنک کردن با روغن بطور طبیعی

کافی نبود باید از جریان هوا و روغن با فشار استفاده شود. یک تانک شامل یک دیواره، کف و قاب به بالای دیواره

جوش داده می شود و شامل نوار فولادی است که حاوی سوراخ هایی به فواصل مساوی می باشد.

یک پوشش (کاور) از ورق فولادی به قاپ پیچ می شود. ضمناً در روی تانک محل هایی برای حمل و نصب

ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود.

### مخزن روغن

مخزن روغن در حقیقت یک طبل فولادی است که بطور افقی روی تانک نصب می شود و توسط یک لوله به آن

ارتباط می یابد. این مخزن طوری ساخته می شود که بتوان کف آن را جهت تمیز نمودن و رنگ زدن جدا نمود.

باک ها با لوله روغن و رطوبت گیر مجهز میشوند تا بتوان رطوبت هوایی را که در مخزن به علت کم شدن روغن

وجود دارد برطرف نمود. هوا از طریق یک ماده جذب کننده رطوبت بنام سیلیکاژل (silicagel) عبور می

کند و در حالت خشک وارد مخزن می شود. و الیور و روغن گرد و خاک را از هوا دور (جدا) می نماید و مواد جذب کننده

را از اثرات رطوبت موجود در محیط محافظت می نماید. در یک محفظه سیلیکاژل ، هوا ابتدا از یک توری عبور کرده

و سپس پس از عبور روغن به منظور گرفتن گرد و غبار و رطوبت به سیلیکاژل رسیده و پس از رطوبت گیری کامل

به باک ترانسفورماتور هدایت می شود.

### بدنه

بدنه ی ترانسها از فولاد می باشد . بر روی بدنه ترانسها رادیاتورهایی جهت تهویه و خنک شدن هر چه

سریعتر ترانس تعبیه شده است بر روی بدنه ، شیر تخلیه ی روغن ، تانک روغن ، مقرهای فشار ضعیف و

فشار قوی قرار می گیرند .

## تابلو مشخصات ترانسفورماتور

این تابلو (پایلاک) که بر روی ترانسفورماتور نصب می شود معمولاً دارای مشخصات زیر است: نوع ترانسفورماتور - شماره سریال ترانسفورماتور - سال مونتاژ - تعداد فازها - گروه ترانسفورماتور - فرکانس - نوع خنک کردن - قدرت اسمی - جریان اسمی - وزن کل - وزن روغن - و دیالگرام سیم پیچی .

## سیستمهای خنک کننده ی ترانسها

ترانسها را می توان از نظر سیستم خنک کنندگی به چند گروه تقسیم کرد . ترانسهایی که با جریان هوا خنک می شوند و ترانسهایی که با روغن خنک می شوند و یا ترکیبی از هر دو . انتخاب سیستم خنک کننده ، بسته به قدرت ترانس و محل استفاده از آن می باشد . مثلاً در محلهایی که بلاجبار ترانس باید در سالن یا محل کار باشد از ترانسهایی با سمغ ریختگی استفاده می شود . این انتخاب به این علت است که چون امکان آتش سوزی در کارگاه یا محل کار وجود دارد از ترانس با سیستم روغنی استفاده نمی شود .

در ترانسهای توزیع معمولاً از سیستم خنک کنندگی روغن استفاده می شود . در ترانسهای بزرگ که معمولاً در انتقال از آنها استفاده می شود از سیستم روغن و هوا با هم استفاده می شود . معمولاً بر روی پلاک ترانسها ، نوع سیستم خنک کنندگی آنها نوشته می شود . که نمونه ای از آنها در زیر نوشته شده اند :

روغن طبیعی و هوای طبیعی ( O N A N )

روغن با گردش توسط پمپ و هوای طبیعی ( O F A N )

روغن طبیعی و پنکه های خنک کننده ( O N A F )

تلفات ترانسفورماتور باعث گرم شدن ترانسفورماتور می شود و اگر حرارت ایجاد شده بخارج هدایت نشود باردهی ترانسفورماتور کم شده و چه بسا باعث سوختن ترانسفورماتور می شود .

برای خنک کردن ترانسفورماتور بر حسب نوع ترانسفورماتور ( ترانسفورماتور خشک و ترانسفورماتور روغنی ) طرق مختلفی موجود است که عبارتند از :

#### 1- ترانسفورماتور خشک :

ترانسفورماتور خشک با قدرت زیاد بندرت ساخته می شود زیرا این ترانسفورماتور ها از نظر استقامت الکتریکی و دینامیکی خیلی ضعیف تر از ترانسفورماتورهای روغنی می باشند . ترانسفورماتورهای خشک معمولاً با قدرت 300 کیلو ولت آمپر و ولتاژ ماکسیموم  $KVA10$  ساخته می شوند . زیرا در ولتاژ های زیاد فاصله پیچک ها از یکدیگر و از قسمت هائی که مربوط به مدار جریان نیستند خیلی زیاد می شود بطوری که برای ترانسفورماتورهای بیش از  $KVA10$  نیز ترانسفورماتورهای روغنی با صرفه تر است .

در امریکا ترانسفورماتورهای خشک تا ولتاژ  $KV15$  و قدرت 6000 کیلو ولت آمپر نیز ساخته شده است . در ترانسفورماتورهای خشک با قدرت کم معمولاً وسیله اضافی برای خشک کردن ترانسفورماتور بکار برده نمی شود بلکه همان خنک شدن طبیعی در اثر تماس مداوم و عادی هوا با سطوح ترانسفورماتور کافی است . این نوع ترانسفورماتور را که خود به خود خنک می شود با TS نشان می دهند . ترانسفورماتورهایی با قدرت بیشتر کمک فننیلانو (بادزن) های مخصوص خنک می کنند . این ترانسفورماتورها با علامت TF مشخص می شوند . در این طریق خنک کردن کردن حرکت و سیر کولاسیون هوا به وسیله فننیلاتور زیاد و سریع شده در نتیجه هدایت حرارت بخارج سریع تر عملی می گردد . ترانسفورماتور های خشک باید حتی الامکان بطور دائمی به ولتاژ وصل باشد و از شبکه برق قطع نگردند زیرا قطع شدن آن باعث خنک شدن عرق کردن و مرطوب شدن ترانسفورماتور می گردد.

## 2- ترانسفورماتور روغنی

در این ترانسفورماتورها روغن واسطه انتقال حرارت از هسته و سیم پیچ ترانسفورماتور به هوای خارج می باشد .

### لوله انفجار

در بعضی مواقع امکان دارد لوله گاز عمل ننماید و گازهای تولید شده در تانک در اثر سوختن دی الکتریک ممکن است با فشار زیاد تانک را منفجر نماید و به علاوه روغن چکه کرده خطر آتش سوزی بوجود آورد. برای جلوگیری از این اتفاقات پوشش ترانسفورماتور بایک لوله انفجار که مجاور مخزن روغن سوار است مجهز می باشد از طریق این لوله، گازها و روغن های اضافی بخارج می ریزد. این لوله بایک دیافراگم شیشه ای که در اثر فشار زیاد می شکنند و از ترکیدن تانک جلوگیری می کند . حفره بالایی این لوله از طریق یک لوله دیگر به قسمت بالایی مخزن روغن وصل است تا از ترکیدن دهانه لوله انفجار توسط فشار حاصل از افزایش درجه حرارت روغن داخل مخزن جلوگیری شود.

لوله انفجار در ترانسفورماتورهای با قدرت 1000 KVA و بیشتر تعبیه می گردد.

### نمایان کننده ی سطح روغن

چون امکان دارد که رله بوخهلتس بعللی کم شدن روغن رانشان ندهد از این رو روی مخزن روغن، درجه ای رانصب می نمایند تا کاهش روغن داخل تانک رانشان دهد این درجه دایرای شناوری می باشد که در اثر کم شدن روغن بحرکت درمی آید و کنتاکتی رامی بندد که توسط آن زنگ خطر در اطاق کنترل به صدا درمی آید.

### اندازه گیری و تعیین مشخصات ترانسفورماتور

برای اینکه مشخصات و خواص یک ترانسفورماتور را مورد بررسی قرار دهیم ، بهتر است که آن را به صورت ایده آل در نظر بگیریم . در این صورت بررسی بسیار ساده تر انجام می گیرد . از طرف دیگر چون ترانس های بزرگ واقعی دارای راندمان بالایی هستند به حالت ایده آل خیلی نزدیکند و در موارد زیادی می توان با

تقریب مناسب این ترانسها را ایده آل فرض کرد

## تعریف ترانسهای ایده آل :

ترانسفور ماتوری را ایده آل گویند که دارای هیچگونه تلفاتی نباشد و ضریب بهره ی آن صد در صد باشد . به عبارت دیگر توان خروجی و ورودی آن یکی باشد . با توصیف بالا می توان گفت که ترانسفور ماتور ایده آل یک ترانسفور ماتور است که تلفات در آن صفر بوده و کوپلینگ مغناطیسی آن کامل است .

## آزمایش بی باری و اتصال کوتاه ترانسفورماتور

هدف از انجام این آزمایش ها ، بدست آوردن مقدارهای تلفات مسی و آهنی می باشد . در آزمایش اتصال باز ( بی باری ) ، ثانویه ی ترانس بدون بار می ماند و در حقیقت جریانی که از اولیه در این آزمایش می گذرد ، جریانی است که صرف مغناطیس شدن هسته می شود و می توانیم از این آزمایش مقدار تلفات آهنی هسته را بدست آوریم .

همچنین با انجام آزمایش اتصال کوتاه که ثانویه ی ترانس اتصال کوتاه می گردد ، مقدار تلفات مسی بدست می آید . معمولا تلفات هسته های ترانسها در بارهای مختلف ثابت می باشد . ولی با تغییر فرکانس این تلفات تغییر دارد . تلفات مسی هم در اصل وابسته به جریانی است که از ثانویه ی ترانس کشیده می شود و در حقیقت تابع جریان مصرف کننده می باشد .

## موازی کردن ترانسها

در شبکه های قدرت اغلب لازم می شود که قدرت بسیار زیادی توسط ترانسفورماتورها منتقل شود . در این صورت معمولا دو ترانسفورماتور را با هم موازی می کنند . حسن استفاده از دو ترانس به جای یک ترانس در این است که اولاً حجم و وزن ترانسها کمتر می شود و حمل و نقل آنها آسان تر است ثانياً اگر عیبی در یکی از ترانسها پیش آید تمام مصرف کننده ها بدون برق نمی مانند و ترانس دوم می تواند قسمتی از بار را تغذیه کند . اما برای موازی کردن دو ترانس لازم است که ولتاژ خروجی آنها در هر لحظه با هم برابر باشند . در این صورت ترانسهای موازی شده باید در زیر بار رفتار مشابهی داشته باشند .

برای موازی کردن ترانسهای سه فاز احتیاج به بررسی و فراهم ساختن شرایط خاصی وجود دارد. ترانسفورماتورهایی را می توان به طور موازی به هم وصل کرده ، که دارای ولتاژهای مساوی ، زاویه ی اختلاف فاز بین ولتاژهای فشار قوی و فشار ضعیف برابر و همچنین ولتاژ اتصال کوتاه یکسان باشند .

### کلیدهای فشار قوی

کلیدها وسیله ارتباط سیستم های مختلف هستند و باعث عبور و یا قطع جریان می شوند.

کلید در حالت بسته و یا در حالت باز دارای مشخصاتی به شرح زیر میباشد .

1- در حالت قطع دارای استقامت الکتریکی کافی و مطمئن در محل قطع شدگی است .

2 - در حالت وصل باید کلید در مقابل کلیه ی جریانهایی که امکان عبور آن در مدار هست حتی جریان اتصال کوتاه مقاوم و پایدار باشد و این جریانه ها و اثرات ناشی از آنها نباید کوچکترین اختلالی در وضع کلید و هدایت صحیح جریان بوجود آورد .

بدین ترتیب کلید فشار قوی در مقابل اثرات دینامیکی و حرارتی جریانه ها مقاوم باشد البته برای اینکه ساختمان کلید ساده تر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد اغلب استقامت الکتریکی و دینامیکی و حرارتی کلید را توسط دستگاههای حفاظتی تا حدودی محدود می کنند کلیدهای فشار قوی را می توان بر حسب وظایفی که بر عهده دارند به انواع مختلف زیر تقسیم نمود :

1- کلید بدون بار یا سکسیونر .

2- کلید قابل قطع زیر بار یا سکسیونر قابل قطع زیر بار

3- کلید قدرت یا دیژنکتور

### 1- کلید بدون بار (سکسیونر)

سکسیونر وسیله ی قطع و وصل سیستمهایی است که تقریباً بدون جریان هستند به عبارت دیگر سکسیونر

قطعات و وسایلی را که فقط زیر ولتاژ هستند از شبکه جدا میسازد . تقریباً بدون بار بدان معنی است که میتوان

به کمک سکسیونر جریانهای کاپاسیتیو مفره ها ، ماشینها و تاسیسات برقی و کابلهای کوتاه و همینطور جریان ترانسفورماتور ولتاژ را نیز قطع نمود و یا حتی ترانسفورماتورهای کم قدرت را با سکسیونر قطع کرد . علت بدون جریان بودن سکسیونر در موقع قطع یا وصل ، مجهز نبودن سکسیونر به وسیله جرقه خاموش کن است . لذا بطور کلی میتوان نتیجه گرفت که عمل قطع و وصل سکسونر باید بدون جرقه یا با جرقه ی ناچیزی صورت گیرد . بر حسب این تعریف در صورتیکه از سکسیونر جریان عبور کند ولی در موقع قطع اختلاف پتانسیلی بین دو کنتاکت آن ظاهر نشود ، قطع سکسیونر بلامانع است . همینطور وصل سکسیونری که بین دو کنتاکت آن تفاوت پتانسیلی موجود نباشد گرچه به محض وصل باعث عبور جریان گردد نیز مجاز خواهد بود . از آنچه که گفته شده چنین نتیجه میشود که سکسیونر یک کلید نیست بلکه یک ارتباط دهنده یا قطع کننده ی مکانیکی بین سیستمها است ، بدون اینکه مداری بسته شود . سکسیونر باید در حالت بسته یک ارتباط گالوانیکی محکم و مطمئن 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 مدام در کلید ایجاد میشود از حد مجاز تجاوز نکند . این حرارت توسط ضخیم کردن تیغه و بزرگ کردن سطح تماس در کنتاکت و فشار تیغه در کنتاکت دهنده کوچک نگهداشته میشود . درضمن باید سکسیونرطوری ساخته شود که در اثر جرم ووزن تیغه ویا فشار باد و برف و غیره خود بخود بسته نشود، از این جهت در موقع شین کشی و نصب سکسیونر باید دقت شود تا تیغه سکسیونر در امتداد قرار گیرد و بدینوسیله از ایجاد نیروی دینامیکی حوزه الکترومغناطیسی جریان اتصال کوتاه جلوگیری بعمل آید بهمین منظور تیغه سکسیونر بصورت تسمه یا پروفیل های موازی ساخته می شود تا نیروی الکترو دینامیکی حاصل از جریان اتصال کوتاه باعث فشردن هر چه بیشتر تیغه در محل کنتاکت دهنده می شود و از لرزش آن که باعث کوچک شدن سطح تماس می گردد جلوگیری شود .

### مورد استعمال سکسیونر

اصولاً سکسیونر ها وسائل ارتباط دهنده مکانیکی و گالوانیکی قطعات و سیستمهای مختلفی میباشد و در درجه اول بمنظور حفاظت اشخاص و متصدیان مربوطه در مقابل برقزدگی بکاربرده می شوند بدین جهت



طوری ساخته می شوند که در حالت قطع یا وصل محل قطع شدگی یا چسبندگی بطور واضح و آشکار قابل رویت باشد .یعنی در هوای آزاد انجام گیرد.

از آنجا که سکسیونر باعث بستن و یا باز شدن مدار الکتریکی نمی شود برای باز کردن و بستن هر مدار الکتریکی فشار قوی احتیاج به یک کلید دیگری خواهیم داشت بنام کلید قدرت که قادر است مدار را تحت هر شرایطی باز کند و سکسیونر وسیله ای است برای ارتباط کلید قدرت به شین و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است . لذا طبق قونین متداول الکتریکی جلوی هر کلید قدرتی از 1 کیلو ولت به بالا و یا در هر دو طرف در صورتی که آن خط از دو طرف پتانسیل می گیرد سکسیونر نصب می گردد. برای جلوگیری از قطع و یا وصل بیموقع و در زیر بار معمولا بین سکسیونر و کلید قدرت چفت و بست (مکانیکی یا الکتریکی) بنحوی برقرار می شود که با وصل بودن کلید قدرت نتوان سکسیونر را قطع و یا وصل نمود .

### انواع مختلف سکسیونر

سکسیونر را می توان از نظر ساختمانی به انواع مختلف زیر تقسیم نمود :

- 1) سکسیونر تیغهای
- 2) سکسیونر کشویی
- 3) سکسیونر دورانی
- 4) سکسیونر قیچی ای

#### 1) سکسیونر تیغه ای

این سکسیونرها که برای ولتاژهای تا 30 کیلو ولت بصورت یک پل و سه پل ساخته می شوند دارای تیغه یا تیغه هایی هستند که در ضمن قطع کلید عمود بر سطح افقی (در سطح محور پایه ها) حرکت می کنند و در بالای ایزولاتور (پایه) قرار می گیرند .

تیغه ها در جریان کم بصورت تسمه و در جریان های زیاد بصورت پاروفیل و از مس ساخته می شوند و در هر حال تیغه ها بخاطر جلوگیری از ارتعاشات کلید در موقع عبور جریان اتصال کوتاه بطور دو تایی و موازی نصب

میشوند .

## 2- سکسیونر کشویی

سکسیونر کشویی برای کیوسک یا قفسه هایی که دارای عمق کم هستند بسیار مناسب است . در این سکسیونر تیغه متحرک در موقع قطع در امتداد خود حرکت می کند و بدین جهت فضای اضافی برای تیغه در حالت قطع از بین می رود برای جریانهای خیلی زیاد که هر قطب از چندین تیغه موازی تشکیل می شود سکسیونر کشویی دارای این مزیت است که می توان تیغه ها را بصورت لوله ساخت و در داخل هم جای داد . این طریقه باعث می شود جریان در لوله ها که داخل هم قرار دارند بهتر از تیغه های پهلوی هم تقسیم شود.

## 3- سکسیونر دورانی

سکسیونر دورانی که برای ولتاژهای زیاد بخصوص 60 و 110 کیلو ولت ساخته می شود بجای یک تیغه بلند و یک کنتاکت ثابت دارای دو تیغه متحرک و دورانی میباشد که بابر خورد آنها بهم ارتباط الکتریکی برقرار می شود .

در این نوع کلید حرکت تیغه ها بموازات سطح افقی و یا عمود بر سطح محور پایه ها انجام می گیرد و دارای این مزیت است که با کوچک بودن طول بازوی تیغه فاصله هوایی لازم بین دو تیغه بوجود می آید و چون تیغه ها با گردش پایه ها بازوبسته می شوند عوامل خارجی مثل فشار باد و برف و غیره نمی تواند باعث وصل بیموقع آن گردد یا بعثت یخ زدگی کنتاکت ها در زمستان احتیاج به نیروی اضافی برای باز کردن آنها نیست. سکسیونر دورانی بصورت یکفاز ساخته می شود و بسته به نوع شین بندی شبکه سه تایی آن بصورت متوالی در کنار هم یا بطور سری پشت سر هم در شبکه سه فاز نصب می گردد تمام قطب ها توسط اهرم و میله بطور مکانیکی بهم متصل و مرتبط می شوند و دارای فرمان واحد می باشند که معمولاً کمپرسی و در حالت اضطراری دستی است.

هر یک از سکسیونر های یکفاز دارای دئ پایه عایقی قابل گردش می باشند که تیغه ها در روی آنها نصب شده است . بطوریکه در موقع قطع و یا وصل سکسیونر پایه ها حول محور خود در جهت خلاف یکدیگر به

اندازه 90 درجه می چرخند و باعث قطع و یا وصل کنتاکت ها می شوند.

#### 4- سکسیونر قیچی ای

سکسیونر قیچی ای برای فشارهای زیاد و خیلی زیاد مناسب است زیرا بعلا اینکه کنتاکت ثابت آن را شین یا سیم هوایی تشکیل می دهد احتیاج به دو پایه عایقی مجزا از یکدیگر که در فشار قوی باعث بزرگی ابعاد و سنگینی وزن آن می شود ندارد و فقط شامل یک پایه عایقی است که چنگک یا تیغه قیچی مانند کنتاکت دهنده روی آن نصب می شود و با حرکت قیچی مانندی با شین یا سیم هوایی ارتباط پیدا می کند.

مورد استعمال سکسیونر قیچی ای که به آن سکسیونر یک ستونی نیز گفته می شود در شبکه ای است که دارای دو شین به ازای هر فاز در سطوح و ارتفاع مختلف نسبت به زمین و بالای هم باشند و سکسیونر ارتباط عمودی بین این دو شین را فراهم می سازد.

#### انتخاب سکسیونر از نظر نوع و مشخصات

انتخاب سکسیونر از نظر نوع فقط بستگی به شکل و طرز قرار گرفتن شین ها و شمش بندی شبکه و محلی که باید سکسیونر در آنجا نصب شود دارد.

مشخصات سکسیونر بستگی به مشخصات فنی و الکتریکی شبکه دارد .

همانطور که گفته شد سکسیونرها باید در مقابل حرارت ناشی از عبور جریان عادی و اسمی و جریان اتصال کوتاه ، کوتاه مدت و نیروی دینامیکی پ جریان اتصال کوتاه و بخصوص جریان ضربه ای استقامت کافی داشته باشند .

لذا مشخصات مهم یک سکسیونر که گویای مشخصات فنی و استقامت الکتریکی و دینامیکی آن می باشد

عبارتند از:

1- ولتاژ نامی un

2- جریان نامی in

3- جریان اتصال کوتاه ضربه ای مجاز is

4- جریان اتصال کوتاه مدت ith (معمولاً بمدت یک تا 3 ثانیه)

## 2- کلید قابل قطع زیر بار

به علت اینکه در بیشتر شبکه ها و پست های کوچک ، کلید قدرت و سکسیونر و وسائل اضافی مربوط به چفت و بست آنها مبالغ زیادی از مخارج و هزینه کل تاسیسات را شامل می گردد. و بعلت اینکه در اغلب موارد نصب کلید قدرت با مزایای قطع و وصل سریع آن حتمالاً لازم و ضروری نیست . کلید سکسیونر قابل قطع زیر بار طرح و ساخته شد.

کلید فشار قوی قابل قطع زیر بار در ضمن اینکه باید وظیفه یک سکسیونر را انجام دهد ، یعنی در ضمن برداشتن ولتاژ یک قطع شدگی قابل رؤیت و مطمئن در مدار شبکه فشار قوی بوجود می آورد ، باید قادر باشد مانند یک دیژنکتور، قدرتهای کوچک الکتریکی را نیز قطع کند. لذا هر سکسیونر قابل قطع زیر باری باید دارای وسیله ای برای قطع فوری جدقه باشد.

سکسیونر قابل قطع زیر بار اصولاً دارای قدرت وصل بسیار زیاد است و می تواند جریان های با شدت 25-75 کیلوآمپر را بخوبی وصل کند ولی قدرت قطع آن کو واز 400-1500 آمپر یعنی در حدود جریان نامی آن تجاوز نمی کند. لذا نتیجه می شود که این کلیدها برای قطع قطع جریان اتصال کوتاه ساخته نشده و مناسب هم نمی باشند.

به همین دلیل در صورتی می تواند سکسیونر قابل قطع زیر بار در شبکه فشار قوی مورد استفاده قرار گیرد که این کلید مجهز به قطع کننده جریان اتصال کوتاه گردد و یا اینکه جریان اتصال کوتاه شبکه از قدرت قطع کلید تجاوز نکند.

برای اینکه بتوان از این کلید در شبکه هایی که جریان اتصال کوتاه احتمالی آن بیش از قدرت قطع کلید است استفاده شود باید جریان قطع کلید توسط فیوز محدود و مهار شود. لذا در اینگونه مواقع به همراه کلید از فیوز فشار قوی زیاد که در 6 تا 20000 ولت دارای قدرت قطعی در حدود 400 mva می باشد و جریان اتصال کوتاه را در همان مراحل ابتدایی قطع می کنند.

از آنچه که گفته شد نتیجه می شود که سکسیونر قابل قطع زیر بار فقط برای قطع جریان نامی شبکه مناسب است و جریان اتصال کوتاه را فیوز قطع می کند نه کلید.

البته باید متذکر شد که پس از قطع جریان اتصال کوتاه توسط سوختن فیوز ساچمه فیوز باعث قطع کلید بطور خودکار وسه فازه می گردد.

نوع دیگر کلید قابل قطع زیر بار ساخت AEG می باشد . در این کلید کنتاکت ثلثت به روی پایه یا مقره ای نصب شده که در داخل آن حفره ی استوانه ای شکل کوتاهی تعبیه شده است . در داخل این حفره محفظه ی احتراق قرار دارد که با پیچ و مهره به مقره محکم شده است .

در داخل محفظه ی احتراق علاوه بر یک استوانه ی عایقی متحرک که در حالت وصل کلید سوزن جرقه گیر را در میان دارد ، یک انبرک فلزی نیز نصب شده است . سوزن و انبرک کنتاکت فرعی کلید را تشکیل می دهند . به محض فرمان قطع کلید تیغه ی اصلی از کنتاکت ثابت بدون ایجاد جرقه جدامی شود و سوزن جرقه گیر انبرک را با خود بطرف خارج می کشد بدون اینکه مدار جریان قطع گردد . در این حالت جمع شدن فنی که انبرک روی آن سوار است ، باعث رها شدن سوزن از انبرک گردیده و در این لحظه قوس الکتریکی بین سوزن و انبرک برقرار می شود . در اثر حرارت جرقه اولاً مقداری گاز از سطح داخلی عایق متصاعدمی شود که باعث خنک شدن جرقه شده و عمل خاموش کردن جرقه را سهل تر می سازد . در ثانی بعلت برگشت سریع انبرک در اثر باز شدن مجدد فنر ، فاصله ی بین دو کنتاکتی که جرقه می زند به سرعت زیاد شده و این اضافه طول باعث قطع جرقه قبل از خارج شدن سوزن جرقه گیر از کنتاکت ثابت کلید می شود .

### مورد استعمال سکسیونر قابل قطع زیر بار

نظر به اینکه کلید قابل قطع زیر بار برای فشار نامی تا 20kV ساخته می شود ، مورد استعمال آن فقط در تاسیسات فشار متوسط است .

کلید قابل قطع زیر بار بخاطر اینکه کار سکسیونر را نیز انجام دهد بدون اینکه برای قطع آن احتیاج به برداشت بار باشد ، برای صرفه جویی در وسائل چفت و بست بین سکسیونر و دیژنکتور و جلوگیری از فرمانهای غلط و رعایت نوبت فرمان ، از آن بجای سکسیونر در خطوط خروجی نیز استفاده می شود .

درضمن سکسیونر قابل قطع زیر بار برای وصل سیم های نقل انرژی، کابل های خروجی، ترانسفورماتورهای کم قدرت و همینطور قطع و وصل مدارها و شبکه های حلقه ای و مسدود بسیار مناسب است. علاوه بر آن می توان از سکسیونر قابل قطع زیر بار برای راه اندازی موتورهای فشار قوی و اتصال خازنها و سلفهای فشار قوی و اتصال استفاده کرد. وسیله قطع و وصل این کلیدها اغلب دستی است. کلید قابل قطع زیر بار را می توان در، جانشین سکسیونر و دیژنکتور کرد. بشرط آنکه قدرت قطع دیژنکتور از قدرت قطع فیوز فشار قوی موجود در صنعت بزرگتر نشود. این تعویض بخصوص در پست های قدیمی که مجهز به کلید روغنی هستند بسیار مناسب است، بشرط اینکه در این پست وصل سریع کلید لازم و ضروری نباشد زیرا همانطور که می دانیم بدون تعویض فیوز سوخته شده نمی توان کلید را مجدداً آماده بهره برداری کرد و این عمل از راه دور و یا با فرمان غیر ممکن است. از آنچه که گفته شد نتیجه می شود: بطور کلی در تمام مواقع که نصب سکسیونر و کلید قدرت مقرون به صرفه نباشد و قدرت اتصال کوتاه شبکه بحدی باشد که بتوان فیوز معادلی برای آن بدست آورد بهتر است از سکسیونر قابل قطع زیر بار استفاده شود. البته بشرطی که فرمان وصل فوری کلید مورد نظر نباشد.

### 3- کلید قدرت یا دیژنکتور

دیژنکتور کلیدی است که می تواند در موقع لزوم جریان عادی شبکه و در موقع خطا جریان اتصال کوتاه و جریان اتصال زمین و یا هر نوع جریانی با هر اختلاف فازی را قطع کند. برای انتخاب کلید قدرت باید به نکات زیر توجه کرد:

- 1- ولتاژ نامی کلید که معمولاً برابر ولتاژ شبکه ای است که کلید در آن نصب می شود و می تواند در حدود 15 درصد از ولتاژ شبکه کوچکتر باشد. اغلب به خاطر بوجود آوردن اطمینان بیشتر در استحکام شبکه از کلیدی استفاده می شود که ولتاژ نامی آن از ولتاژ شبکه قدری بزرگتر باشد.

مثلاً در شبکه 13000 ولت از سری KV 20 به جای KV 10.

- 2- جریان نامی که مساوی بابرگترین جریان کار معمولی شبکه است .
  - 3- قدرت نامی قطع کلید که باید با قدرت اتصال کوتاه در محل کلید مطابقت کند، در ضمن با همین قدرت قطع ، قدرت وصل نامی کلید نیز عملاً مشخص می شود زیرا بر حسب تعریف VDE باید قدرت وصل کلید در حدود  $2/5$  برابر قدرت قطع آن باشد.
  - 4- نوع فرمان کلید: دستی - الکتریکی و یا کمپرسی توسط هوای فشرده
  - 5- طریقه ی نصب کلید: کشویی - ثابت
  - 6- نوع قطع کننده ی اتوماتیک : قطع کننده ی پریمر یا قطع کننده ی زکوندر
  - 7- برای نصب در شبکه آزاد یا شبکه ی سرپوشیده
- یکی دیگر از مشخصات مهم کلید زمان تاخیر در قطع کلید است . این زمان بر حسب تعریف عبارت است از حفاصل زمانی بین لحظه ی فرمان قطع توسط رله ی مربوطه و آزاد کردن ضامن قطع کلید تا خاموش شدن کامل جرقه .
- این زمان در کلیدهای مدرن امروزی به  $0/05$  ثانیه می رسد که تقریباً  $0/02$  ثانیه ی آن برای قطع جرقه مصرف می شود.
- کلیدهای قدرت امروزی برای در حدود 25000 قطع و وصل ساخته می شوند و باید سالانه یک بار یا پس از هر 3000 بار قطع و وصل یک بار سرویس و مورد بازدید اساسی قرار گیرند.
- انواع کلیدهای قدرت
- الف : کلید روغنی
- این کلید در سالهای 1910 تا 1925 از متداول ترین کلیدهای فشار قوی و قدرت زیاد بشمار می رفت امروزه توسط کلیدهای مدرن دیگر به خصوص در اروپا بکلی کنار زده شده است .
- در کلید روغنی در درجه اول از روغن به عنوان عایق استفاده می شود و بدین جهت هر چه فشار الکتریکی شبکه بیشتر باشد حجم روغن داخل کلید نیز زیادتر می گردد بطوریکه وزن روغن در کلید روغنی 220 کیلوولت نزدیک

به 20 تن می رسد و همین حجم زیاده روغن یکی از بزرگترین معایب این نوع کلید به خصوص در موقع آتش سوزی است .

### ب : کلید کم روغن

در موقع جدا شدن دو کنتاکت کلید زیر بار در محفظه ی روغنی جریانی که از آخرین نقطه ی تماس فلزی کنتاکتهای گزرد باعث گداخته شدن و تبخیر فلز (مس) می شود و با آن پایه و اساس جرقه یا قوس الکتریکی بین دو کنتاکت جدا شده گذاشته می شود. حرارت زیاد جرقه روغن اطراف قوس را تبخیر و ایجاد یک حباب گازی یا فشار زیاد می کند این حباب گازی از لایه های مختلفی تشکیل شده که از دیدگاه روغن به طرف مرکز قوس عبارتند از:

- 1- لایه ی بخار مرطوب روغن
- 2- لایه ی بخار داغ و خشک
- 3- لایه ی اطراف قوس مرکب از  $H$  ,  $H_2$  ,  $C_2H_2$  با حرارتی در حدود 1000 تا 5000 درجه ی کلون می رسد. وجود همین اتمها و مولکولهای ئیدروژن است که با خواص خوب حرارتی که دارند روغن را برای قطع جریان مناسب می کنند.

### رله دیفرانسیل :

رله دیفرانسیل بر اساس مقایسه جریانها کار می کند و بدین وسیله جریان در ابتدا و انتهای وسیله ایی که باید حفاظت شود سنجیده شده و با هم مقایسه میشود این تفاوت جریان در دو طرف محدوده حفاظت شده اغلب در اثر اتصال زمین و غیره بوجود می آید . در صورتیکه قبل از اتصال شدن مسلماً جریانهای دو طرف با هم برابر هستند . طریقه حفاظت ترانس بوسیله رله دیفرانسیل به این صورت است که مقایسه جریانهای قبل و بعد ترانسفورماتور توسط ترانسفورماتورهای جریان انجام می شود .

این ترانسفورماتورهای جریان باید دارای جریان ثانویه برابر (معمولاً 5 آمپر) و منحنی مغناطیسی برابر باشند و طوری مخالف یکدیگر بسته شوند که در حالت عادی و نرمال جریان های ثانویه همدیگر را خنثی کرده و رله بدون جریان باشد . اگر این برابری جریان در دو طرف محدوده حفاظت شده در اثر یک اتصال از



بین برود. تفاوت جریان های دو ترانسفورماتور جریان از مدار رله عبور کرده و باعث تحریک آن می شود که مستقیم یا غیرمستقیم سبب قطع کلید شبکه میگردد. رله دیفرانسیل فقط محدوده داخل خود را حفظ می کند و از این جهت از آن بیشتر برای حفاظت ترانسفورماتورها، ژنراتورها و موتورهای فشار قوی و شین ها استفاده میشود و چون از اول و انتهای محدوده حفاظت شده باید سیم های سنجش به محل رله کشیده شود لذا این روش در حفاظت سیمهای انتقال انرژی کمتر مورد استفاده قرار می گیرند.

جریانهای ثانویه ترانسفورماتورهای جریان که در دو طرف فشار قوی و ضعیف ترانسفورماتور بسته میشوند. موقعی از نظر قدر مطلق با هم برابر میشوند که نسبت به ضریب تبدیل ترانسفورماتورهای جریان دو طرف فشار قوی و فشار ضعیف برابر با عکس ضریب تبدیل ترانسفورماتور قدرت باشد.

### رله ازدیاد ولتاژ :

عضو سنجش رله ازدیاد ولتاژ نیز شبیه رله جریان زیاد است با این تفاوت که بوبین رله ولتاژ زیاد بر روی ولتاژ بسته میشود و بدین جهت یک رله ولت متر است. به علت اینکه رله چرخشی دارای خواص خوب در موقع قطع میباشد ( برگشت به حالت عادی ) از آن به عنوان رله ازدیاد ولتاژ استفاده میشود. در رله ازدیاد ولتاژ پریمر تقریباً بدون استفاده می باشد ولی رله زکوندر آن که ولتاژ نامی آن برابر ولتاژ نامی ترانسفورماتور ولتاژ یعنی 100 یا 110 ولت است مورد استفاده زیاد است. این رله برای ولتاژهای 0/8 تا 2 برابر ولتاژ نامی قابل تنظیم است رله ازدیاد ولتاژ احتیاج به عضو زمانی ندارد و اگر برای منظور خاصی احتیاج به تأخیر در قطع باشد از یک رله زمانی اضافی استفاده میشود. مورد استعمار اصلی رله ازدیاد ولتاژ در حفاظت ژنراتور و بخصوص در ژنراتورهایی که با توربین آبی کار می کنند میباشد. در ضمن می توان از رله ازدیاد ولتاژ در حفاظت شبکه نیز استفاده نمود. زیرا همانطور که می دانیم در اثر اتصال زمین تک فاز اختلاف پتانسیل فازهای سالم بالا می رود و اغلب سبب اتصال کوتاه دو فاز میشود.

حفاظت جریان زیاد جهت دار: حفاظت جریان زیاد جهت دار در شرایطی مورد استفاده قرار می گیرد که جریانهای خطا بتوانند در هر دو جهت در سیستم مورد حفاظت جریان یابند و در آنها بهره گیری از حفاظت جریان زیاد غیر جهتی امکان قطع ناخواسته مدارها را به دنبال داشته باشد. این شرایط در سیستمهای

حلقوی و نیز در سیستمهای با چند تغذیه ممکن است پدید آید. رله های جریان زیاد جهت دار از ترکیب دو واحد ساخته میشوند یکی از این دو واحد یک رله جریان زیاد معمولی است و واحد دوم واحدی است که می تواند جهت گذر توان عنصر سیستم توزیع را تعیین کند. برای بدست آوردن جهت عبور توان اساساً دو روش وجود دارد.

الف) روش سوپر ویژن      ب) روش کنترل

تریپ در صورتی داده میشود که هم جهت فالت و هم جریان فالت مطابق تنظیمات باشند و اگر یکی از شرطها برقرار نباشد فرمان صادر نمیشود. رله جهت یاب معمولاً یک رله ولتمتری می باشد و در صورتی که جریان شبکه از مقدار معینی تجاوز کرد رله جریان زیاد محافظ آن قسمت از شبکه بکار افتاده و رله وات متری را بر روی جریان و ولتاژ وصل میکند این رله متناسب با جهت انرژی مدار رله قطع کننده را که توسط رله زمانی فرمان می گیرد قطع و یا آماده برای وصل شدن میکند.

#### رله دیستانس:

ایده اساسی در حفاظت دیستانس اندازه گیری امپدانس از محل نصب رله تا محل وقوع اتصال میباشد. چنانچه امپدانس اندازه گیری شده یا به عبارت دیگر امپدانس دیده شده توسط رله از مقدار تنظیم شده بر روی رله کمتر باشد رله عمل می کند. در زمان خطا ولتاژ کم شده و جریان زیاد میشود پس امپدانس دیده شده توسط رله کاهش می یابد. اگر  $Z_R$  مقدار تنظیمی رله باشد  $Z_F$  امپدانس خط در فاصله بین رله تا نقطه خطا باشد. اگر  $|Z_F| \leq |Z_R|$  باشد رله عمل میکند. مقدار  $Z_R$  را سیتینگ رله یا Reach Point رله می گویند. رله دیستانس برای اندازه گیری امپدانس نیازمند نمونه گیری ولتاژ و جریان است.

#### ناحیه های حفاظتی رله دیستانس:

در رله های دیستانس هماهنگی مناسب و مطلوب بین رله های متوالی در یک شبکه قدرت با تنظیم برد (آخرین نقطه ای که رله حفاظت میکند) هر ناحیه (zone) و زمان عملکرد رله در آن ناحیه صورت می گیرد یک رله دیستانس دارای حداقل سه ناحیه حفاظتی است که تنظیمات این سه ناحیه بصورت زیر می باشد.

ناحیه اول یا  $Zone^1$ : این ناحیه برای اتصالهایی روبه جلو کاربرد دارد و برد آن 80 % تا 85 % طول خط تنظیم می شود. زمان عملکرد رله در این ناحیه آنی است.

$$Z_1 = (80 - 85\%) Z_L \quad \text{حدوداً } t = 20 \text{ تا } 30 \text{ MS}$$

$$T = \text{آنی} =$$

برای جلوگیری از عدم هماهنگی بین دو رله که پشت سر هم قرار دارند، بعلا خطای ناشی از CT ها و PT ها ناحیه یک رله دیستانس را به جای 100 درصد بر روی 80 تا 85 درصد امپدانس خط تنظیم می کنند.

### ناحیه دوم یا $Zone^2$ :

برد این ناحیه معادل 100 درصد امپدانس خط مورد حفاظت باضافه 50 درصد از کوتاهترین خط بعدی و یا معادل 120 درصد امپدانس خط مورد حفاظت تنظیم میشود و زمان عملکرد آن به اندازه یک فاصله زمانی حدوداً  $0/4$  ثانیه از زمان عملکرد ناحیه اول بیشتر می باشد این ناحیه نیز برای اتصالهای رو به جلو کاربرد دارد.

$$Z^2 = \%120 Z_L \text{ یا } Z^2 = Z_L + 0/5 Z$$

$$T = 0/25 - 0/4 \text{ sec}$$

اگر در  $Zone^2$  ترانس وجود داشته باشد مینیمم 120 درصد طول خط و امپدانس ترانسهای موازی را بعنوان تنظیم در نظر می گیرند.

$$Z^2 = \%120 + \text{امپدانس ترانسها}$$

### ناحیه سوم یا $Zone^3$ :

برد این ناحیه برای اتصالهای رو به جلو معادل 120 درصد مجموع امپدانس خط مورد حفاظت و بلندترین خط بعدی در نظر گرفته میشود و برای اتصالهای پشت سر (طرف با سبار) معادل و 20 درصد تنظیم

<sup>1</sup> Zone ( ناحیه یک ) و یا 20 درصد امپدانس خط پشتی تنظیم میشود . زمان عملکرد در این ناحیه یک فاصله زمانی از زمان عملکرد ناحیه دوم بیشتر است .

$$Z^3 = (z1+z) \times 1/2$$

$$T=0/25-0/8 \text{ sec}$$

**موج گیر یا تله موج :**

نقش یک فیلتر پایین گذر را دارد و فقط فرکانس های 50-60 هرتز را اجازه عبور می دهد و فرکانس های مخابراتی را که معمولاً 3400 کیلوهرتز می باشد را سد می نماید بطور کلی می توان گفت که کار موج گیر جداسازی فرکانس 50 هرتز از فرکانس قدرت می باشد . موج گیر یکی از اجزای سیستم PLC می باشد . موج گیر بطور سری در ابتدا و انتهای خطوط قرار می گیرد . موج گیرها معمولاً از یک سلف که دارای هسته می باشد و یک مجموعه خازن و مقاومت که مجموعاً بطور موازی با هم قرار گرفته اند تشکیل میشود . از سلف ( سیم پیچ ) جریان خط بطور مستقیم عبور نموده و مجموعه خازن و مقاومت معمولاً در داخل سیم پیچ نصب می گردند به منظور حفاظت موج گیر در مقابل اضافه ولتاژهای ناگهانی که ممکن است در دوسر موج گیر پدید آید از برقگیر استفاده میشود موج گیرها در پستهای فشار قوی به سه طریق نصب می شود .

1 - بصورت آویزی

2 - نصب موج گیر بر روی مقره اتکایی

3 - نصب موج گیر بر روی ترانسفورماتور ولتاژ ( مزیت این طرح صرفه جویی در زمین پست است ) .

**ترانسفورماتور جریان :**

برای اندازه گیری جریانهای خیلی زیاد مورد استفاده قرار می گیرد و طرز اتصال آن در مدار بصورت سری می باشد این ترانسفورماتور در انواع مختلف ساخته میشود . ترانسفورماتور جریان فاقد کلید و فیوز می باشد . ترانس جریان دارای دو سیم پیچ می باشد ، یکی سیم پیچ اولیه و دیگری سیم پیچ ثانویه که سیم پیچ اولیه مستقیماً به خط ( شبکه ) وصل میشود و سیم پیچ ثانویه به بار ( وسایل اندازه گیری و حفاظتی ) وصل می شود . سیم پیچ اولیه از یک یا چند هادی آلومینیمی یا مسی که اساساً بصورت بوشینگ U شکل

طراحی گردیده تشکیل شده است . سیم پیچ با استفاده از کاغذی با خصوصیات استقامت مکانیکی و عایقی بالا تلفات عایق پایین و مقاومت خوب در برابر کهنگی عایق بندی شده است . سیم پیچ اولیه از یک لوله با دو سر باز تشکیل شده است که با گردش خود به خود روغن درون آن حرارت با تانک انبساط منتقل شده و در آنجا رفع می گردد .

#### هسته ها و سیم پیچ های ثانویه :

ترانسفورماتورهای جریان معمولاً می توانند تا چهار هسته را در خود جای دهند . ضمن اینکه بیشتر از چهار هسته بر اساس سفارش ساخته می شود هسته ها بصورت حلقه استوانه ای شکل داده میشوند . هسته های اندازه گیری از جنس آلیاژ نیکل با خصوصیات تلفات کم ( دقت بالا ) و سطح اشباع پایین ساخته میشوند . سیم پیچ ثانویه از سیم بالاک دوگانه تشکیل شده که به طور یکنواخت در تمامی محیط هسته پیچیده شده است و در نتیجه راکتانس نشتی ثانویه در سیم پیچ ها و بین سرهای خروجی قابل اغماض میباشد . هسته های حفاظتی بدون در نظر گرفتن تصحیح دور طراحی میشوند . در حالیکه در هسته های اندازه گیری جهت رسیدن به بارها و دقت های مورد نیاز تصحیح دور انجام می گردد .

#### اندازه گیری تانژانت دلتا :

زاویه تلفات دی الکتریک (  $\tan\delta$  ) عایق بیانگر میزان قابلیت هدایت آن میباشد . یک عایق خوب  $\tan\delta$  پایین و هدایت کمی دارد و در مقابل یک  $\tan\delta$  بالا ضریب هدایت بیشتری خواهد داشت هرگونه تغییر در مقدار تانژانت دلتای آن قرار گیرد . بطور کلی در مورد ترانسهای کارکرده می توان تانژانت دلتای 1 تا 1/5 را برای ترانسهای 72 و 145 کیلوولت و کمتر از درصد برای ترانسهای 245 کیلوولت در  $20^{\circ}\text{C}$  قابل قبول است . لیکن تغییرات تانژانت دلتا بسیار مهم است . زیرا افزایش ناگهانی آن می تواند نشانه شروع خرابی عایق باشد . برای اندازه گیری تانژانت دلتا می توان اتصال آنرا از بدنه باز کرده و میزان تانژانت دلتا را اندازه گیری نمود .

ولتاژ آزمایش مورد توصیه 2-2/5 kv rms و حداکثر 5 kv rms می باشد .

## ترانسفورماتور ولتاژ خازنی :

جهت اندازه گیری ولتاژ در شبکه استفاده میشود و بصورت موازی با شبکه قرار می گیرد و مدار آن نیز مجهز به کلید و فیوز می باشد . ترانس ولتاژ خازنی جهت نصب بین فاز و زمین در شبکه های دارای نقطه صفر زمین شده یا جدا شده از زمین مناسب هستند .

## مقسم ولتاژ خازنی ( cvt ) :

مقسم ولتاژ خازنی شامل یک یا دو مقره میباشد که دارای لعاب قهوه ای هستند . هر واحد از مقسم ولتاژ خازنی شامل تعداد زیادی از المانهای خازنی عایق شده بوسیله روغن میشود که بصورت سری به یکدیگر وصل میشوند مقره های مقسم ولتاژ خازنی بطور کامل توسط روغن اشباع کننده که بر اساس طراحی سیستم انبساط تحت مقدار کمی فشار هواست پر میشود ترانس ولتاژ خازنی برای و کلاس دقت مشخص شده توسط مشتری تنظیم شده و سپس تحویل می گردد ، و معمولاً نیازی به تنظیم دیگری نیست در صورتیکه نیاز باشد از سیم پیچ های تنظیم می توان جهت گسترش و یا بهبود دقت cvt استفاده کرد . موارد کاربرد سیم پیچ های تنظیم عبارتند از :

- ثابت نگه داشتن و یا بهتر کردن دقت برای یکبار که به بار نامی تفاوت داشته باشد .
- حداقل کردن خطای دامنه برای یک بار ثابت و شناخته شده به کمتر از 0/0025 درصد .
- ایجاد امکان تعویض مقسم ولتاژ خازنی در محل کار و تنظیم مجدد ترانسفورماتور برای ترکیب جدید مقسم ولتاژ و واحد مغناطیسی .