فصل شانزدهم

حفاظت

۱۶-۱ . نقش حفاظت در سیستمهای قدرت

برای جلوگیری از اثرات نامطلوب خطاها در سیستم های قدرت دستگاه حفاظتی لازم است که در حداقل زمان ممکن شبکه قدرت را از سایر قسمتها جدا نماید . بدین منظور رله ها به قطع کلیدهای قدرت اقدام می نمایند .

۱۶-۲ . وظیفه یک سیستم قدرت و ارتباط آن با حفاظت

الف) تداوم سرویس همراه با کیفیت مناسب با در نظر گرفتن رشد بار

ب) شرایط کار عادی که بیشترین سرمایه گذاری در این حالت است تا سیستم بدون خطای الکتریکی یا پرسنل به کار خود ادامه دهد .

ج) پیش گیری :از بروز خطا که با تسهیلاتی در طرح و بهره برداری از قبیل ایجاد سطح کافی عایقی بهره برداری ، تعمیرات صحیح و استفاده از سیم گارد در خطوط انتقال و غیره در نظر می گیرند

د) کاهش و محدود نمودن اثرات نامطلوب خطاها که این حالت را بعنوان حفاظت مورد توجه قرار می دهیم . به طور خلاصه سیستم های الکتریکی باید چنان طراحی و اداره شوند که تحویل انرژی به نقاط مصرف اولا همراه با قابلیت اطمینان لازم و ثانیا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد حرکت این دو عامل در خلاف هم می باشند لذا ضروری است که بین آنها توازن تعادلی برقرار کنیم .

۱۶-۳ . خطاها

در اثر ضعف مقاومت عایقی بروز شرایطی که سیستم برای تحمل آن طرح نشده از لحاظ الکتریکی ، مکانیکی و افزایش درجه حرارت از حد مجاز به صورت اتصال کوتاه ، اتصال باز ، اتصال زمین ، شکستن عایقها یا خرابی آنها ظاهر می شود البته جریان اتصال کوتاه بزرگترین تهددی برای ایمنی شبکه های قدرت می باشد که سبب تغییرات ناگهانی در سیستم می شود ، این جریان همراه با آزاد شدن مقدار زیادی انرژی توام است که باعث آتش سوزی در محل عیب و صدمات مکانیکی به

کل سیستم می شود . لذا مجزا نمودن سریع محل عیب توسط نزدیکترین کلید خسارت وارده و از مدار خارج شدن سیستم را به حداقل می رساند بنابراین منظور از سیستم حفاظتی عبارتست از معین یا مشخص کردن خطا به طور سریع و توانایی جدا کردن این قسمت از سیستم قدرت به طوریکه خطا ایزوله و بر طرف گردد .

۱۶-۳-۱ . اثرات نامطلوب خطاها :

۱- احتمال اینکه یک یا چند ژنراتور در یک یا چند نیروگاه از سنکرونیزم خارج شده و از سیستم جدا گردند .

۲ – بروز خسارت بیشتر در محل استقرار خطاها : هر چه از زمان بوجود آمدن آن بگذرد

۳ – احتمال بروز گسترش خطا به قسمتهای سیستمهای سالم سیستم

۴ – احتمال خارج شدن موتورهای سنکرون در واحدهای صنعتی از مدار

۵ – مصرف کننده ها ، سرویس برقی را از دست می دهند و یا با کیفیت نامناسب دریافت می کنند .

۳) اثرات عمل سریع و صحیح سیستمهای حفاظتی عبارتند از :

۱ – از بروز خطا در دستگاه دارای خطا جلوگیری کرده و یا مقدار خسارت را به حداقل می رساند در نتیجه هزینه و وقت کمتری صرف تعمیرات شده و دستگاه آسیب دیده سریعتر به مدار برمی گردد .

۲ – شدت ومدت تداخل خرابی یک عضو را با سایر اجزا سیستم کاهش داده یا از آن جلوگیری می کند و در نتیجه به بهره برداری عادی از سیستم کمک می کند .

۳ – قدرتی را که می توان به مصرف کننده تحویل داد به حداکثر می رساند .

۱۶-۴ . مواردی که باید در طراحی سیستمهای حفاظت یک پست مورد توجه قرار دارد

خصوصیات کلی سیستم حفاظت که عبارتند از قابلیت اطمینـان ، سـرعت ، سـادگی ، اقتـصادی بودن ، قدرت تمایز ، قابلیت انتخاب و .... باید در طراحی سیستم حفاظتی مورد توجه قرار گیرد .

۱۶-۴-۱ . تقسیم بندی مناطق حفاظتی سیستم قدرت

الف) ترانسفورماتورها

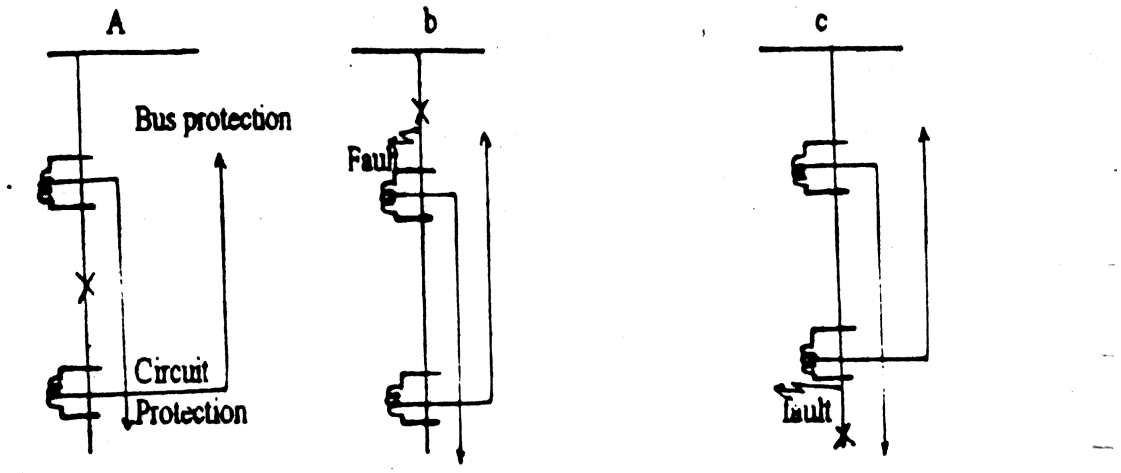
ب) ژنراتورها در سیستم های تولید و نیروگاهها

ج) باسبارها

د) خطوط هوایی و یا زمینی و مدارهای مربوط به موتورها

سیستم های کنترل توان راکتیو معمولا سعی می شود مناطق حفاظتی با توجـه بـه Overlap حداقل تعیین و طراحی حفاظت در مورد آنها انجام می شـود . بـا ایـن روش منـاطق مـرزی نـواحی مجاور نیز در پوشش حفاظتی قرار می گیرند . این عمل با اتصال صـحیح ترانـسفورماتورهای جریـان صورت می گیرد .

ناحیه Overlap باید بریکر را در برگیرد تا خود بریکر در هر دو ناحیه حفاظتی قرار گیرد به همـین طریق نصب ترانسهای جریان در هر دو طرف لازم به نظر می رسد و این نحوه اتصال با اکثر تجهیزات عملی است .



شکل(۱)

دو ترانس جریان در طرفین بریکر قرار گرفته اند . نواحی باسبار و فیدر روی بریکر (overlap) شده اند و هیچ ناحیه ای بدون حفاظت باقی نمانده است .

۱۶-۵ . مراحل طراحی سیستم حفاظتی

به طور کلی طراحی سیستم های حفاظتی پست های فشار قوی را می توان به صورت زیر بیان و این موارد همیشه برای طراحی حفاظت پست باید مد نظر قرار گیرد .

۱) بررسی و شناخت کل پست

۲) بررسی سیستم های حفاظتی موجود در کل سیستم

۳) مطالعه در مورد توسعه های احتمالی پست

۴) میزان قابلیت اطمینان مورد نظر در طراحی مطالعات دقیق و محاسبه شاخصهای مربوط به ملاحظات اقتصادی

۵) محاسبات مربوط به مشخصات ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان از نقطه نظر حفاظتی

۶) شناسایی موقعیت ترانسفورماتورهای جریان و اتصالات آنها

۷) مطالعه مشخصات الکتریکی سیستم از قبیل آمپدانس خطوط ، میزان تغییرات نسبت تبدیل در ترانسهای قدرت

پس از مراحل ذکر شده فوق رعایت اصول زیر در طراحی سیستم ضروری است

الف) در سیستم های با اهمیت بالا برای بالا بردن قابلیت اطمینان حداقل یک حفاظت اضافی با پشتیبانی در نظر گرفته می شود

ب) سیستم حفاظت پیشنهادی می بایست کلیه بخشهای لازم را تحت پوشش قرار دهد

ج) استفاده از رله های تریپ مجزا برای سیستم های حفاظتی اصل و پشتیبانی

د) در نظر گرفتن سیستم وصل مجدد اتوماتیک برای خطوط با اهمیت

ه) استفاده از مسیرهای تغذیه ای مستقل برای حفاظتهای اصلی و پشتیبانی و Overlap کردن مناطق مرزی در حفاظت

ز) استفاده از حفاظتهای واحد برای نواحی محدود مثل ترانسفورماتور و باسبار استفاده ا زحفاظتهای غیر واحد برای نواحی نامحدود مثل خطوط

۱۶-۶ . خصوصیت یک طرح حفاظتی

۱۶-۶-۱ . قابلیت اطمینان طرح حفاظتی

الف) طراحی صحیح ب) نصب صحیح ج) خرابی و استهلاک

الف) طراحی صحیح: برای سیستم حفاظتی یک شبکه قدرت باید قبل از هر چیز وضعیت و چگونگی شبکه کاملا بررسی شود در این مورد انجام آزمایشات مفید و مناسب حائز اهمیت است . آزمایشات باید در بر گیرنده تمام جنبه های حفاظت ، همچنین تا حد ممکن شامل عملکرد و شرایط محیطی آن باشد ، ضمن اینکه آزمایش بر روی رله ها ، C.T ها و P.T ها و غیره ضرورت دارد . برای نیل به این هدف باید شرایط را بطور واقعی بوجود آورد .

ب) نصب صحیح : ضرورت نصب صحیح تجهیزات حفاظتی برای همه روشن است . اما پیچیدگی اتصالات داخلی بسیاری از سیستم ها و ارتباط آنها با سایر قسمتهای نیروگاه یا پست ممکن است ، درست چنین مسئله ای را مشکل نماید . لذا لازم است از تجهیزات حفاظت آزمایش مناسب به عمل آید .

ج) خرابی و استهلاک : پس از نصب صحیح قطعه ای از سیستم ممکن است به مرور زمان در آن خرابی و استهلاک پیش آید و در نتیجه مانع عمل درست آن شود . آلوده شدن کنتاکتها ، سوختن سیم پیچ ها ، قطع مدار فرمان یا این که قسمتهای مکانیکی بر اثر گرد و غبار قادر به تحریک عادیشان نباشد .

یکی از مشکلات خاص رله های حفاظتی این است که فاصله زمانی بین دوبار به کار افتادن آنها ممکن است ، چند سال به طول انجامد و در این مدت پیش آمده بدون جلب توجه کسی آن قدر توسعه یابد که فقط به هنگام بروز عیب و عمل نکردن آن آشکار شود .

به این علت باید در فواصل زمانی نا مناسب با انجا م تست های اساسی و ساده توانایی عملکرد آنها را بررسی کرد .

۱۶-۶-۲ . عملکرد حفاظت کننده ها

عملکرد حفاظت کننده های سیستم های قدرت غالبا به صورت عدد عنوان می شود . بدین صورت که هر عیب سیستم را با یک اتفاق یا رویداد در نظر می گیرند و فقط آن تعداد از رویدادها که با عملکرد صحیح کلیدها رفع شوند . در کلاس صحیح جای می گیرند که به این ترتیب درصدد رفع موانع یا عیب به طور صحیح تعیین می شود . لازم به ذکر است ترانسهای جریان ، ترانسهای ولتاژ و یا باطری ها و غیره تا مقدار زیادی عدد عملکرد حفاظتی را کاهش می دهند .

۱۶-۶-۳ . قابلیت انتخاب (Selectivity)

تجهیزات حفاظتی در مناطقی قرار داده می شوند که سیستم قدرت را تحت پوشش قرار دهند به طوری که هیچ قسمتی بدون حفاظت نماند . لذا در هنگام بروز عیب و اتصالی آنچه که از سیستم قدرت انتظار می رود این است که فقط نزدیکترین کلید قدرت را انتخاب نموده و آن را قطع کند .

۱۶-۶-۴ . مرزهای حفاظت :(Zero of protection)

مناطق حفاظت شده با ید در حالت ایده آل ، Overlap داشته باشد .

۱۶-۶-۵ . پایداری (Stability)

پایداری در سیستم حفاظتی بیان کننده توانایی بی اثر و خنثی نمودن عیب های خارج از منطقه حفاظتی در شرایط متفاوت بار شبکه می باشد . ضمنا پایداری برای سیستم های واحد اطلاق می شود .

۱۶-۶-۶ . سرعت Speed :

وظیفه سیستم های حفاظت اتوماتیک این است که عیبهای حادث شده را در زمانی به مراتب کمتر از حالت دستی از سیستم های قدرت ایزوله نماید . منظور از این کار نگهداری و مراقبت مداوم از تجهیزات شبکه از طریق برطرف نمودن هرگونه اختلال و عیب در سیستم است . بعنوان مثال قبل از اینکه هادی یا ورقه های هسته ترانس یا ماشین الکتریکی بر اثر افزایش جریان یا نیروی الکترو مغناطیس ذوب شوند . سیستم حفاظتی وارد عمل شده و از استمرار عیب جلوگیری نماید .

۱۶-۶-۷ . حساسیت (sensivity):

یک سیستم حفاظتی را وقتی حساس می گویند که مقادیر مورد نیاز برای عملکرد آن در حد پایین و می نیمم باشد .

در مورد رله های AC این امر ولت آمپر مصرفی و در مورد رله های DC وات بجای ولت آمپر استفاده می شود .

۱۶-۶-۸ . حفاظت اولیه و کمکی :(Primary and backup protection)

معمولا حفاظت اولیه و اصلی با سیستم های دیگری تکمیل می گردد که این حفاظت را کمکی می نامند و سیستم های حفاظتی کمکی ممکن است از طراحی حفاظت اصلی به طور اتوماتیک و بصورت ذاتی حاصل شوند یا اینکه بطور جداگانه به کمک تجهیزات دیگر بدست آیند .

طرحهای زمان بندی شده مانند حفاظت جریان زیاد یا حفاظت دیستانس مواردی هستند که با حفاظت کمکی رابطه ذاتی ایجاد می نمایند . به این ترتیب که ناحیه دچار حادثه یا اتصال بطور عادی با کمک سیستم زمانبندی جداگانه تفکیک گردد .

در صورتیکه رله های مربوطه عمل نکند یا کلید قدرت قطع ننماید در این صورت رله بعدی بر حسب ترتیب زمانی عمل خواهد کرد . برای اینکه عوامل عدم عملکرد سیستم حفاظت اولیه بر سیستم کمکی اثر نگذارد حفاظت کمکی را از نظر مدار و تغذیه تا حدی مستقل از حفاظت اولیه قرار داد یعنی مشترکات آنها را حداقل نمود .

۱۶-۷ . شناخت رله های حفاظتی

برای حفاظت دستگاههای الکتریکی از وسیله ای بنام رله استفاده می کنند که با اندازه گیری جریان ، ولتاژ ، و یا آمپدانس سیستم و بررسی آن در مواقع لزوم دستگاه را از خطر نجات می دهد . برای آشنایی بیشتر به بررسی انواع رله ها می پردازیم .

رله ها از نظر ساختمانی به دو نوع اصلی زیر تقسیم می شوند

۱) رله های الکترومغناطیس ۲) رله های استاتیکی

برای اینکه دستگاهی را حفاظت بکنیم لازم است که پارامترهای زیر را محاسبه کنیم

۱) جریان ۲) ولتاژ

۳) آمپدانس شبکه ۴) جهت قدرت شبکه

۵) چرخش فازهای شبکه ۶) راکتانس و مقاومت شبکه

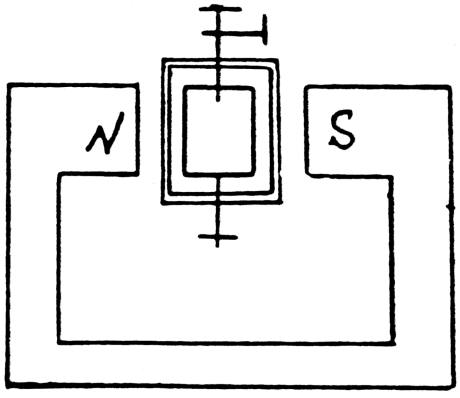
۷) قدرت شبکه ۸) مولفه های مثبت و منفی و صفر

۹) اضافه بار حرارتی

برای سنجش قدرت لازم است که جریان و ولتاژ سنجیده شود وقتی که رله ای بخواهد جریان و ولتاژ را بسنجد یا اینکه اضافه جریان را مشخص نماید بدیهی است باید از یک وسایل الکتریکی و مکانیکی استفاده شود و با استفاده از آنها عمل قطع و یا وصل سیگنال انجام می شود .اما در یک سیستم آنالوگ تنها با انجام بلی یا خیر انجام پذیر است . یعنی اینکه اگر جریان به حد معین برسد عدد ۱ و چنانچه به آن حد نرسید عدد صفر ظاهر می شود .

۱۶-۸ . رله های الکترو استاتیکی

چنانچه یک رله با قاب گردان را مطالعه نماییم و آنرا بررسی کنیم مشاهده خواهیم نمود که از نظر فنی و عملکرد تقریبا مشابه رله استاتیکی بوده که در زیر به شرح آنها می پردازیم .



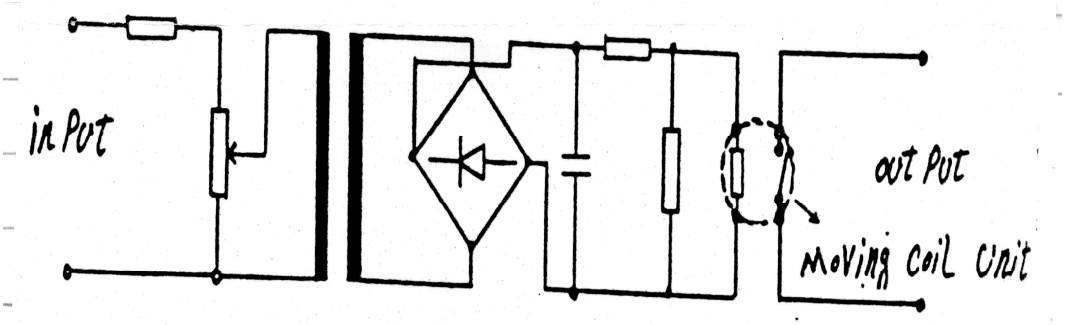
قاب گردان فوق دارای جریان عملکرد ۵۰ میکرو آمپر و قدرت ۱/۲۵ میکرو وات می باشد . مقدار قدرت یک

شکل(۲)

رله حفاظتی در حقیقت برابر مصرف قاب گردان و مصارف ورودی و قسمت خبر دهنده می باشد .

نظربه اینکه رله با قاب گردان تنها Dc را می تواند اندازه گیری کند . بنابراین برای جریانهای AC حتما احتیاج به یکسو کننده می باشد . از این نظر این رله ها ، رله های یکسو گویند .

برای رله های با یک ورودی (تغذیه) شکل زیر چگونگی تغذیه آن را نشان می دهد .

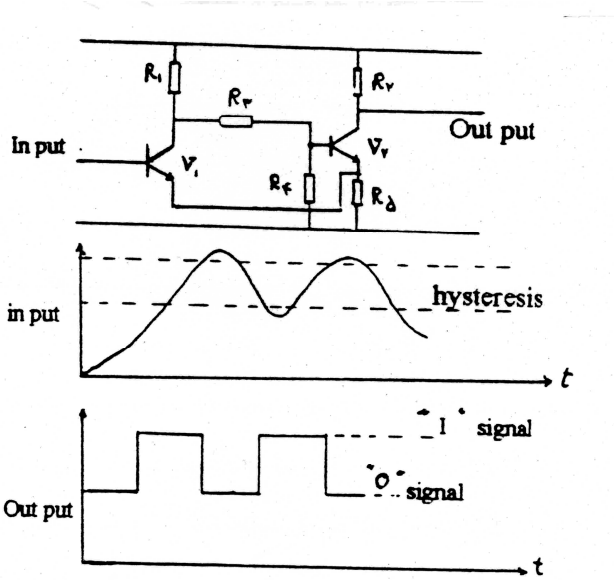


شکل(۳)

در حالتی که مقدار گشتاور حاصل روی قاب گردان صفر باشد در این صورت برای حرکت قاب گردان و اتصال کنتاکها باید نیروی زیادی بر آن وارد شود که این عمل توسط جریان کمکی که از منبع تغذیه خواهد شد ، انجام می گیرد .

بنابراین می توان گفت این حالت وجه تشابهی است بین رله های استاتیک و رله با قاب گردان ، زیرا هر دو رله دقیقا تابع جریان ورودی بوده و در یک لحظه عمل خواهند کرد . تنها با این تفاوت که از رله استاتیک می توان به عنوان رله با زمان عملکرد آن استفاده کرد ، در صورتیکه از رله های الکترومکانیکی به راحتی نمی توان استفاده نمود . همانطوریکه می دانیم تکنیک الکترونیک در صنعت امروز جای مخصوص به خود دارد و دارای رشد قابل ملاحظه ای بوده به همین علت رله های حفاظتی نیز از این امر مهم بی نصیب نبوده اند .

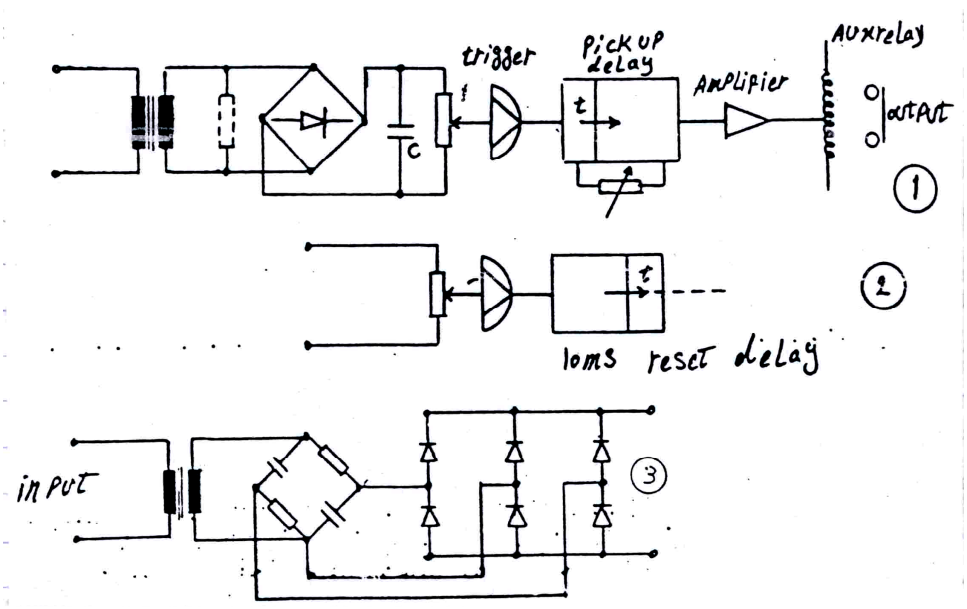
یک مدل خیلی ساده آن بصورت آنالوگ می باشد که در حالت خاصی بصورت آری یا خیـر عمـل می کند و یا عدد ۰و۱ را نمایان می نماید. بطور مثال چنانچه در موارد زیر ، V1 کنتاکت نکنـد در این صورت با تغییرات $\frac{R_1}{R_5}$ مقدار پتانسیل ورودی برای V_1 زیاد گردد و افت ولتـاژ دو سـر R_1



نیز افزایش یابد در این صورت V_2 نیز عمل کـرده و عـدد ۱ نمایـان مـی گـردد . در ایـن حالـت پتانسیل امیتر V_1 توسط $\frac{R_1}{R_5}$ تنظیم می گردد . بنابراین در هر دو نیم پریود ممکن است سیستم عمل کرده و قطع گردد ، فاصله ایکه مدار عمل می کند به آن Hysteresise گویند .

شکل(۴)

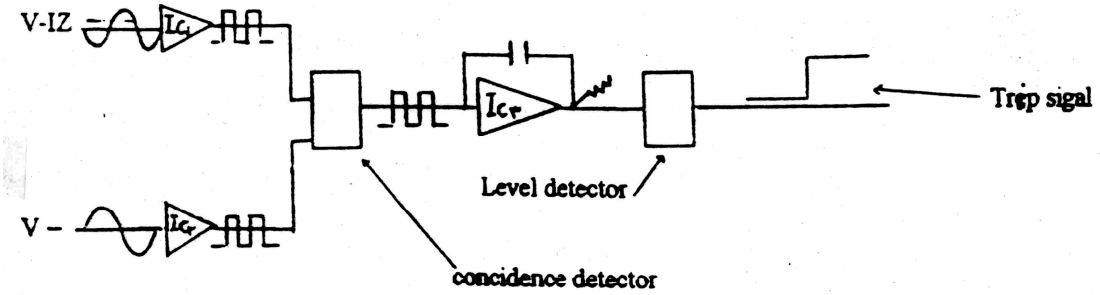
که در شکل زیر دارای مدار تاخیر زمانی نیز هست . که می تواند این تاخیر زمانی را بـرای حالـت



عملکرد رله و یا به وضعیت اول برگردان رله باشد .

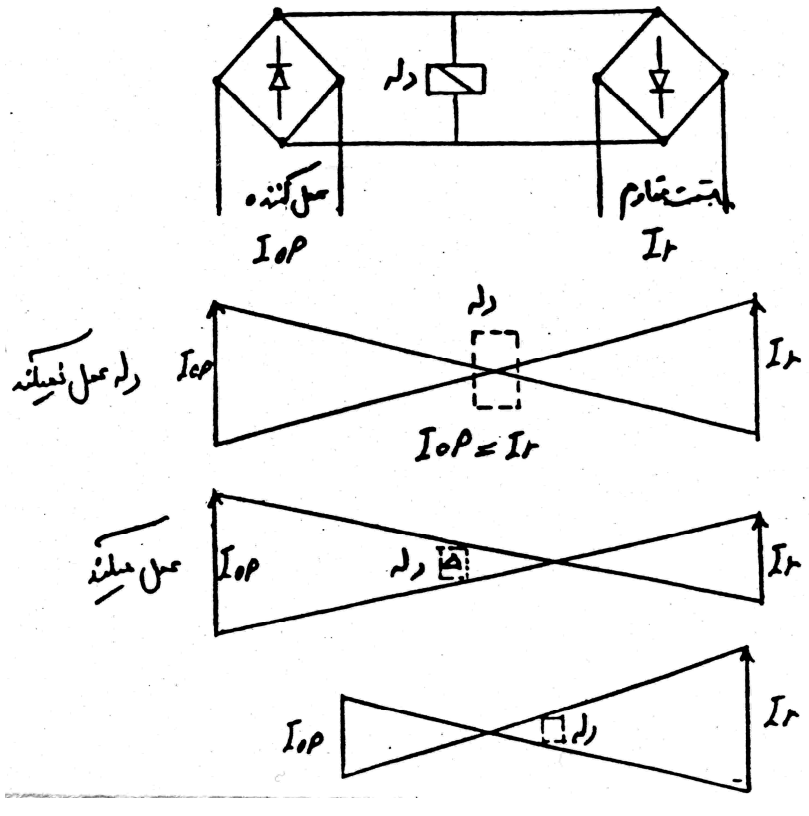
شکل(۵)

دیاگرام زیر عملکرد یک رله استاتیک با دو ورودی ولتاژ و جریان را مشخص نموده و رله فوق دارای مشخصه Mho می باشد که برای رله دیستانس استفاده می شود .



شکل (۶)

شکلهای زیر چگونگی عمل یک رله استاتیک را با دو ورودی نشان می دهند .



شکل(۷)

مزایای رله های استاتیک :

۱) رله های استاتیک دارای سرعت عمل بالاتری هستند .

۲) ساخت رله در رنج وسیعی امکان پذیر است و می تواند در آن رنج به خوبی کار کند .

۳) تهیه و ساخت رله های استاتیکی نیاز به تکنیک خیلی پیچیده ای ندارد .

۴) رله های استاتیکی حجم خیلی کمتری دارند .

۵) تغییرات درجه حرارت چندان اثری روی عملکرد رله های استاتیکی ندارد .

۶) خطا در این رله ها کمتر می باشد

۷) زمان برگشت به حالت اولیه برای این رله ها فوق العاده کم است .

۱۶-۹ . انواع رله ها برحسب موارد استعمال

۱) رله سنجش

۲) رله زمانی

۳) رله جهت یاب

۴) رله خبر دهنده

۵) رله کمکی

۱۶-۹-۱ . رله سنجشی : Measuring

رله سنجشی رله ای است که با دقت و حساسیت معینی در موقع تغییر کردن یک کمیت الکتریکی یا یک کمیت فیزیکی دیگری شروع به کار می کند . چنین رله ای برای مقدار معینی از

یک کمیت مشخص تنظیم می شود را می سنجد . در این گونه رله حقیقتا عمل سنجش مـی شـود . و رله شبیه یک دستگاه اندازه گیری با تمام مشخصات ، محاسن و معایب آن کار می کند .

۱۶-۹-۲ . رله زمانی :

رله زمانی موثرترین عضو یک رله در حفاظت موضعی و سـلکتیو اسـت رلـه زمـانی نـه تنهـا در حفاظت تاسیسات الکتریکی بلکه در خود کار کردن آنها نیز مورد اسـتعمال بـسیار دارد . رلـه زمـای هیچ وقت به تنهایی به کار برده نمی شود بلکه با رله سنجش در حفاظت شـبکه الکتریکـی اسـتفاده می شود و مورد استعمال آن در محلی است که خواسته باشیم عمدا تاخیری در عمـل قطـع و وصـل ایجاد کنیم . دقت یک رله زمانی بسیار زیاد و قابل تنظیم تا چند دهم ثانیه می باشد

۱۶-۹-۳ . رله جهت یاب :Directional relay

برای کنترل سنجش جهت توان در شبکه الکتریکی و یا قسمتی از شبکه جریان متنـاوب از رلـه جهت یاب استفاده می شود .تعیین جهت نیرو برای حفاظت محلی و سلکتیو در اغلب شبکه ها کاملا ضروری است . به کمک رله جهت یاب می توان فقط آن قسمت از شبکه که خسارت دیده و معیـوب شده از مدار خارج کرد . حتی می توان از این رله جهت حفاظت ژنراتور و تـوربین در موقـع برگـشت وات و نیرو استفاده نمود

۱۶-۹-۴ . رله خبر دهنده :Infornation relay

وظیفه رله خبر دهنده نمایان ساختن و مشخص کردن تغییراتی است که در تغذیه شـبکه پدیـد آمده باشد بعبارتی دیگر این رله نشان می دهد که کدام کلید قـدرت در اثـر خطـایی کـه در شـبکه بوجود آمده است ، قطع شده است . بعضی از رله های خبر دهنده علت قطـع شـدن را نیـز مـشخص می کنند .

۱۶-۹-۵ . رله هیا قطع کننده : TRIP realy

رله ها عموما خودشان مستقیما سبب قطع کلید بریکر نمی شود ، ولـی اگـر در حالتهـای کـاملا استثنایی رله ای خود مستقیما سبب قطع بریکر شود به آن رله قطع کننده می گوئیم . لذا می تـوان گفت رله قطع کنده رله ایست که به محض ازدیاد جریان یا ولتاژ از حد معینی به کار می افتـد و بـه طور مکانیکی و خودکار سبب قطع کلید می شود که این قطع کننده روی آن نصب شده است .

۱۶-۱۰ . انواع قطع کننده :

۱۶-۱۰-۱ . قطع کننده پریمر Primary trip relay

در این قطع کننده سیم پیچ تحریک شونده مستقیما در مدار جریان با اضـافه کـردن یـک رلـه زمانی به قطع کننده پریمر می توان یک قطع کننده زمانی جریانی زیاد بدست آورد .

۱۶-۱۰-۲ . قطع کننده زکوندر :Secondary trip relay

در این قطع کننده سیم پیچ تحریک مستقیما به مدار جریان دسـتگاهی کـه بایـد حفاظـت شـود متصل نمی باشد بلکه به کمک ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ به شبکه اصلی مرتبط است .

۱۶-۱۱ . رله پشتیبان :Back –up relay

رله های اصلی یک سیستم حفاظت اصلی (اولی) را ایجاد می کند ، برای تامین حفاظت شـبکه در مواقعی که حفاظت اصلی به دلایلی عمل نکند و اتصالی از مدار بر طرف نشود لازم است یک یا چ ند حفاظت پشتیبان (بسته به ملاحظات اقتصادی و حـساسیت و اهمیـت سیـستم مـورد حفاظـت) توسط رله های پشتیبان ایجاد شود .

۱۶-۱۱-۱ . انواع رله های پشتیبان :

۱-رله ای که اگر رله اصلی اشکال داشته باشد ، پالس قطع را به همان کلید که رله اصلی آن را قطـع می کند می فرستد (Relay Back-up)

۲-رله پشتیبانی که نزدیکترین کلید روی همان باس بار را قطع می کنند اگر کلید اصلی بـرای قطـع اشکال داشته باشد یا منابع تغذیه ولتاژ و جریان ثانویه معیوب باشـد . (Circuit Breaker Back-up)

۳ –رله هایی که از پست مجاور به عنوان کمکی برای رله ، کلید و یا منابع تغذیه در حالتیکـه رلـه و کلید محلی برای عمل کردن و با منابع مثل باطریها اشکال داشته باشند عمل می کنند . (Remote current relay)

۱۶-۱۲ . رله جریان زیاد :Over current relay

حفاظت تجهیزات الکتریکی در مقابل اتصال کوتاه به وسیله رلـه جریـان زیـاد از قـدیمی تـرین سیستم های حفاظتی است . این حفاظت اصولا برای برطرف کردن اتصالیها مورد اسـتفاده قـرار مـی گیرد . کاربرد صحیح رله های جریان زیاد احتیاج به داشتن مقدار جریان اتصال کوتاه در هر قـسمت شبکه دارد . استفاده از این رله ها در سیستم قدرت منوط به هماهنگی آنها می باشد .

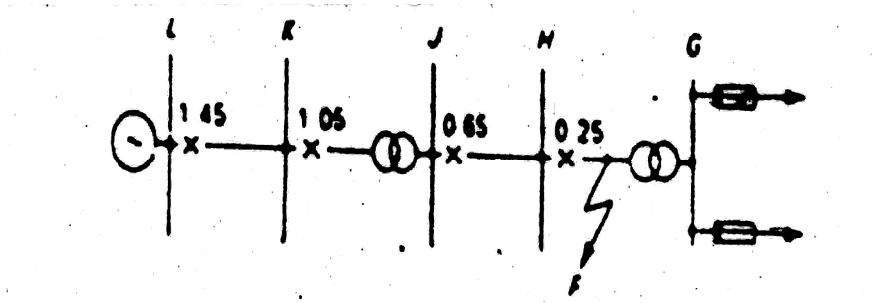
۱۶-۱۲-۱ . انواع رله جریان زیاد :

۱-رله جریان زیاد قابل تنظیم براساس زمان :

در این رله ، زمان های حفاظتی صادر شده توسط رله جریان زیا د با یک تاخیر قابل تنظیم به کلیـد قدرت اعمال می گردد . در این رله زمان بندی به نحوی است که ابتدا نزدیکترین کلید به نقطه عمل می نماید . در این نوع رله های جریان زیاد ناشی از اتصال کوتاه باعث عملکرد جز حساس به جریـان شده و عملکرد این جز نیز باعث به کار افتادن رله زمانی خواهد شد .

شرط عملکرد این راه آن است که میزان جریان اتـصال کوتـاه از مقـدار تنظـیم شـده روی رلـه بیشتر باشد . لازم به ذکر است که جز حساس به جزیـان در تـشخیص نقطـه معیـوب سیـستم هـیچ تاثیری نداشته و تنها عامل تشخیص رله های زمانی مربوط می باشند .

در شکل(۸) در صورت وجود اتصال در نقطه F رله H با زمان تاخیری ۲۵٪ ثانیه عمل خواهد کرد و به دنبال آن کلید H قطع خواهد شد . فاصله زمانی رله های متوالی برای صحت عمل سیستم حداقل باید برابر ۴/. ثانیه باشد.

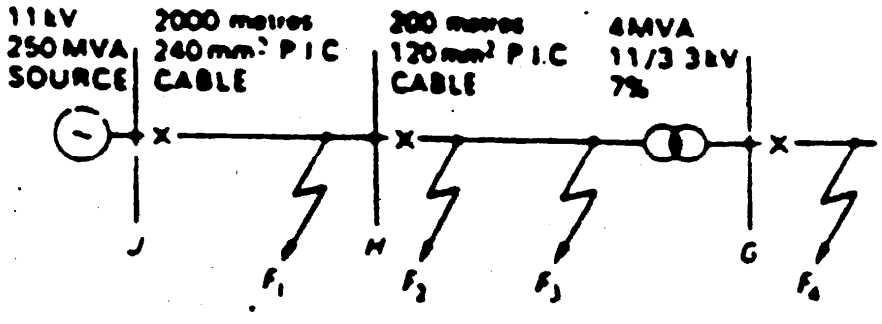


شکل (۸)

بنابراین رله های موجود در شینه های T و KC وI به ترتیب با sec ۴/. افزایش زمان روبرو خواهند شد . اشکال عمده این رله این است که با نزدیک شدن محل وقوع استعمال به منبع تولید زمان قطع رله افزایش می یابد . با توجه به اینکه هر چه به منبع تولید نزدیکتر می شویم حداکثر جریان اتصال کوتاه نیز افزایش خواهد یافت .

۲-رله های جریان زیاد قابل تنظیم بر اساس جریان :

نحوه عملکرد این رله بر این اساس استوار شده است که جریان اتصال کوتاه به میزان فاصله نقطه اتصالی تا منبع تولید بستگی دارد . همانطور که در شکل ۸-۱۲ مشخص شده است ، با دور شدن از منبع تولید امپدانس افزایش یافته و در نتیجه جریان اتصال کوتاه کاهش می یابد .



شکل (۹)

در صورت بروز اتصالی در نقطه f1 جریان اتصال کوتاه به صورت ذیل محاسبه می شود :

U_{ph} : ولتاژ زمانی می باشد $I = \frac{U_{ph}}{Z_s + ZL_1}$

Z_s: امپدانس منبع

ZL_1: امپدانس بین شینه J,H

$$Z_s = (u_j)\frac{\hat{Z}}{s} = (11)\frac{\hat{Z}}{250} = 0.485$$

$$I = 6350 \big/ (0.485 + 0.24)$$

بر اساس محاسبات رله ای که برای ۸۸۰۰ آمپر تنظیم شده است به کلید قدرت J به خط JH در نقطه J فرمان داده و کامل JH به این طریق به طور کامل حفاظت می شود هر چند در عمل دو نکته مهم به روش مزبور اثر می گذارد :

الف) در عمل جریان اتصال کوتاه در نقطه f1 و اتصال کوتاه در نقطه f2 تفاوت چندانی وجود ندارد زیرا فاصله این دو نقطه از چند متر تجاوز نمی کند و در نتیجه میزان کاهش جریان اتصال کوتاه در نقطه f2 نسبت به F1 در حدود ۰/۱٪ خواهد بود ، این بدین معنی است که در صورت بروز اتصالی در نقطه f2 که باعث تحریک رله شینه h شده و کلید قدرت قطع می شود رله مربوط به شینه J تحریک شده و کلید J قطع می شود که به معنای قطع کلید مصرف کننده های روی شینه h خواهد شد .

ب) در عمل تغییرات در سطح اتصال کوتاه منبع تولید به طورمثال ۲۵۰ MVA و ۱۳۰MVA وجود دارد . در این شرایط حتی برای اتصال در ابتدای خط JH جریان اتصال کوتاه برابر با ۶۸۰۰ آمپر خواهد بود .

بدیهی است رله ای که برای ۸۸۰۰ آمپر تنظیم گردیده است جریان اتصال کوتاه ۶۸۰۰ آمپر را تشخیص نخواهد داد و بنابراین قطع قابل HJ هیچ گونه حفاظتی برای این طرح اتصال کوتاه ندارد ، بنابراین می توان نتیجه گرفت استفاده از رله جریان زیادی که بر اساس تنظیم جریان می باشد برای هماهنگی صحیح بین کلیدهای قدرت J,H محلی نیست .به هر حال موقعیکه امپدانس دو کلید قدرت به اندازه کافی بزرگ باشد مسئله تغییر می کند و استفاده از این رله امکان پذیر می گردد .

۳-رله های جریان زیاد و زمان :

همانطور که قبلا ذکر گردید عیب عمده رله جریان زیاد زمانی این است که با نزدیک شدن به منبع تولید حداکثر جریان اتصال کوتاه زیاده شده و زمان عملک رد ربه نیز افزایش می یابد . این مسئله بدان معناست که جریانهای اتصال کوتاه شدیدتر در زمان طولانی تری قطع می شوند که در چنین شرایطی احتمال گسترش خطا به نقاط سالم سیستم افزایش می یابد . از طرفی دیگر مزیت عمده این روش آن است که عامل زمانی موجب ایجاد فاصله معقولی بین رله ها شده و از عملکرد بی مورد آنها جلوگیری می نماید . در رله های جریان زیاد جریانی عیب عمده آن بود که هماهنگی بین رله ها به خوبی رعایت نشده و در عرض دارای این مزیت است که هرگاه جریان بیش از مقدار تنظیمی رله شود موجب قطع سریع خواهد شد .

با تلفیق دو رله فوق معایب دو رله پوشانده شده و نقاط قوت را تقویت می نماید . لذا می توان به روش جدیدیدی برای حفاظت صحیح در سیستم های قدرت دست یافت . در این روش تشخیص زمان عملکرد رله ، تابعی از میزان جریان اتصال کوتاه می باشد . در چنین روش تشخیص ، افزایش جریان اتصال کوتاه ، زمان قطع ، شدت کاهش یافته و در جریان اتصال کوتاه ، زمان عملکرد به تناسب جریان افزایش یافته تا فرصت کافی برای عملکرد هماهنگ رله ها پدید آید .

در واقع در این روش تشخیص زمان عملکرد با مقدار جریان اتصال کوتاه نسبت عکس دارد . این رله ها به عنوان حفاظت اصلی و حفاظت پشتیبان به کاربرده می شوند . این رله ها عموما در شرایطی که امپدانس منبع نسبت به خط کم بوده و در جایی که سطح قدرت اتصال کوتاه زیاد و جریان اتصال کوتاه با افزایش امپدانس کاهش می یابد کاربرد دارد .

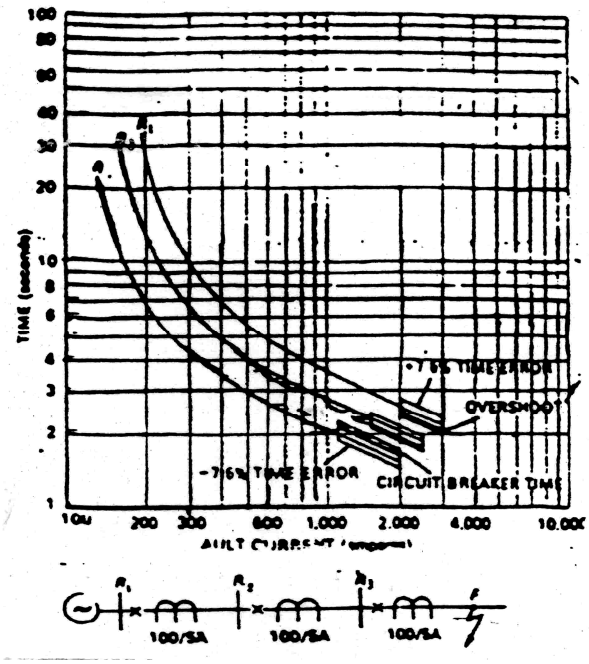
۴-رله های جریان زیاد زمان معکوس استاندارد :

STANDARD INVERS DEFINITE TIME OVER CURRENT RELAY

این رله ها برای حفاظت فیدرهای شعاعی چند قسمتی مناسب است ، حداقل فاصله زمانی رله های متوالی برای موفقیت در حدود نیم ثانیه است ایان فاصله ناشی از عوامل زیر است :

فاصله زمانی لازم=Pickup Time +operation+OverShoot+C.B.Time

منحنی های شکل (۱۰) منحنی مشخصه های رله های R1,R2,R3 می باشد که فاصله زمانی را نشان می دهد .



شکل(۱۰)

برای کاهش زمان باید از کلیدهای قدرت سرعت زیاد و نهایتا اگر فاصله زمانی هنوز زیاد باشد باید تعداد کلیدهای قدرت سری را کاهش داد .

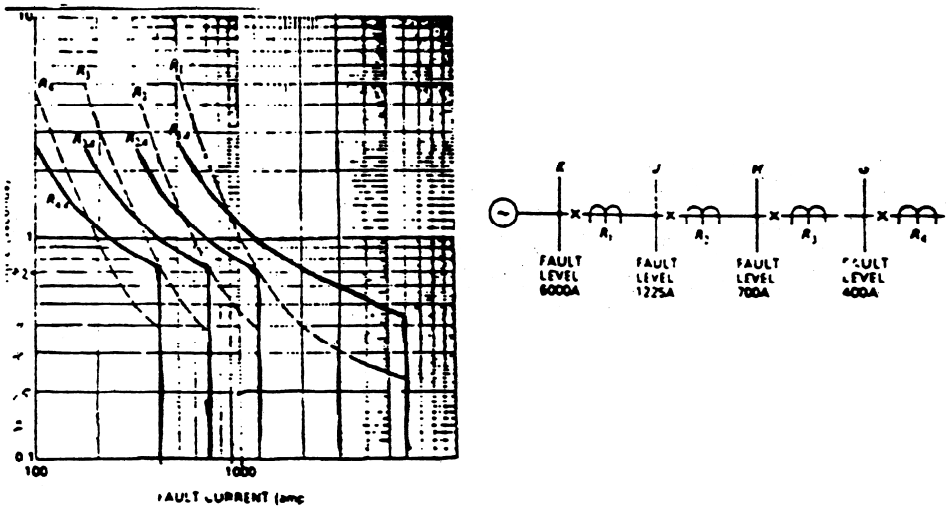
۵-رله های جریان زیاد شدیدا معکوس زمانی :

این رله برای سیستم هایی که جریان اتصال کوتاه به طور محسوس با افزایش فاصله از منبع قدرت کاهش می یابد مناسب است .

رله های زمان معکوس استاندارد (S.I.D.M.T) در شرایطی که زمانهای مشابه روی رله ها تنظیم شده باشد . بین رله های متوالی برابر عملکرد موفق کلیدهای قدرت ممکن است دچار اختلال شده و در خارج از شرایط و محدوده مورد نیاز عمل نماید .

رله های شدیدا معکوس زمانی دارای زمان توالی طولانی تری بوده و بنابراین شرایط فوق الذکر را می تواند تشخیص دهد . مشخصه این رله ها در شرایطی که جریان اضافه بار از ۷ به ۴ برابر جریان تنظیمی رله کاهش یابد ، دارای زمان عملکرد یکسان است .

بطور مثال برای فیدر که جریان اتصال کوتاه بین ۱۴ الی ۷ برابر جریان نامی می باشد زمانهای مشابه می تواند روی رله تنظیم شود .



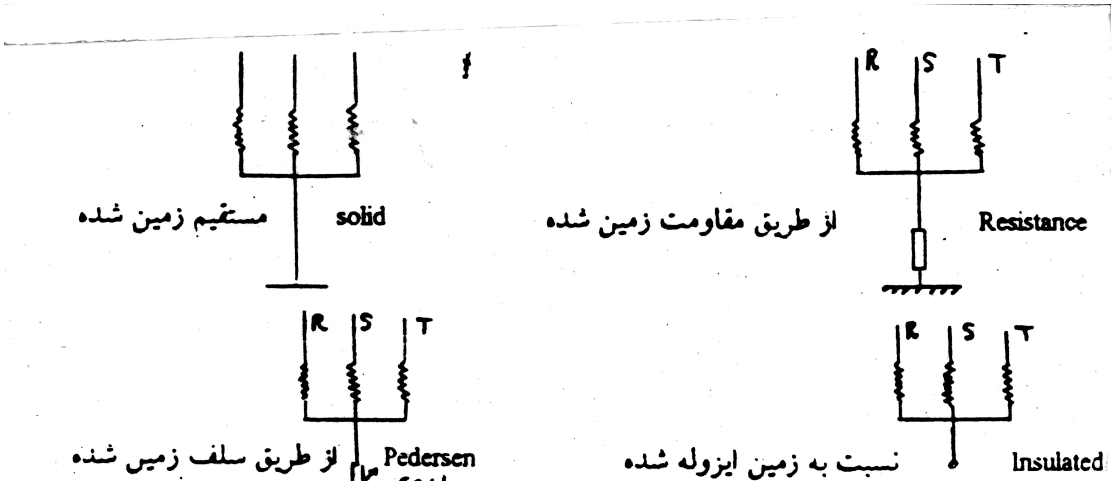
شکل (۱۱)

۱۶-۱۳ . رله اتصال زمین :EARHT FAULT RELAY

رله اتصال زمین همان اضافه جریان می باشد ، با این تفاوت که بجای 0.2 تـا p.s=0.1 مـی باشد یا از داده های افت ولتاژ و ازدیاد ولتاژ استفاده می گردد.

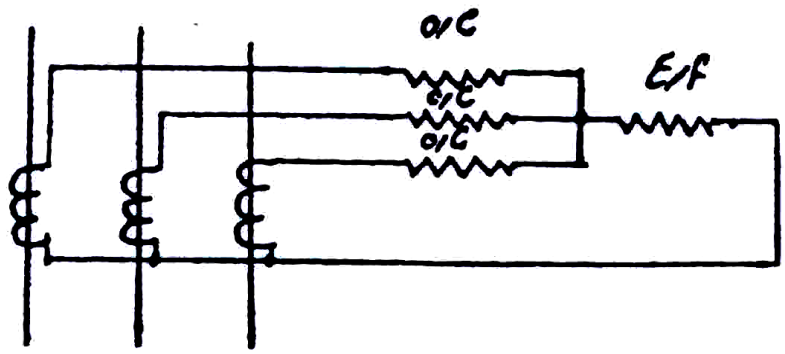
(جریان انتخاب شده رله × نسبت تبدیل CT)/(جریان اولیه) – PS

حفاظت اتصال در شبکه بستگی به وضعیت نول شبکه دارد که چگونه زمین شده باشد همـانطور کـه می دانیم شبکه های مختلف می توانند به صورت زیر با زمین ارتباط داشته باشند.



شکل (۱۲)

در شکلهای ۱و۲ چون در حالت اتصال جریان از زمین عبور می کند بـه روش زیـر مـی تـوان آنهـا را حفاظت نمود . در این حالت از رله ارت حالت که همان رله اضافه جریان می باشد استفاده می شود.



شکل (۱۳)

در حالتیکه نول به زمین ایزوله باشد و یا اینکه از طریق بوبین به زمین وصل شده باشد در ایـن صورت در حالت اتصال زمین به جریانی از زمین ، جریانی از زمین عبور نمی کند .ولـی در عـوض در فاز دیگر اندازه $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ آنها نسبت به زمین افزایش یافته و فازی کـه زمـین شـده دارای ولتـاژ صفر می گردد . در این حالت می توان توسط رله های ولتـاژ سیـستم را محافظـت کـرد کـه در ایـن حالت از رله های افت ولتاژ (under voltage) یارله ای افزایش ولتاژ (Over voltage) استفاده نمود .

۱۶-۱۴ . رله ولتمتری

در شبکه ها و مدرارات الکتریکی اغلب افت ولتاژ و یا ازدیاد ولتاژ پیش می آید که هر دو بـرای اغلب دستگاههای الکتریکی زیان آور است و باید دستگاههای الکتریکی در مقابل این تغییـرات ولتـاژ حفاظت شوند این نوع رله ها عبارتند از :

الف) رله افت ولتاژ (under Voltage)

رله افت ولتاژ شبیه رله جریان است و اغلب به صورت رله الکترومغناطیس ساخته می شود رلـه افـت ولتاژ معمولا به محض رسیدن ولتاژ به ۷۰٪ ولتاژ نامی شروع به کار می کند.

ب) رله ازدیاد ولتاژ (over Voltage)

عضو سنجشی رله افزایش ولتاژ نیز شبیه رله جریان زیاد است با این تفاوت که بوبین رله ازدیاد ولتاژ بسته می شود و به این جهت یک رله ولتمتری است این رله برای ولتاژهای ۸/. تا ۲ برابر نـامی ولتـاژ قابل تنظیم است . رله ازدیاد ولتاژ نیاز به عضو زمانی ندارد و اگر به منظور خاصی نیـاز بـه تـاخیر در قطع باشد از یک رله اضافی استفاده می شود موارد استعمال اصلی این رلـه در حفاظـت ژنراتورهـا ، تراسفورماتورها و همچنین شبکه در اتصال تکفاز به زمین میباشد.

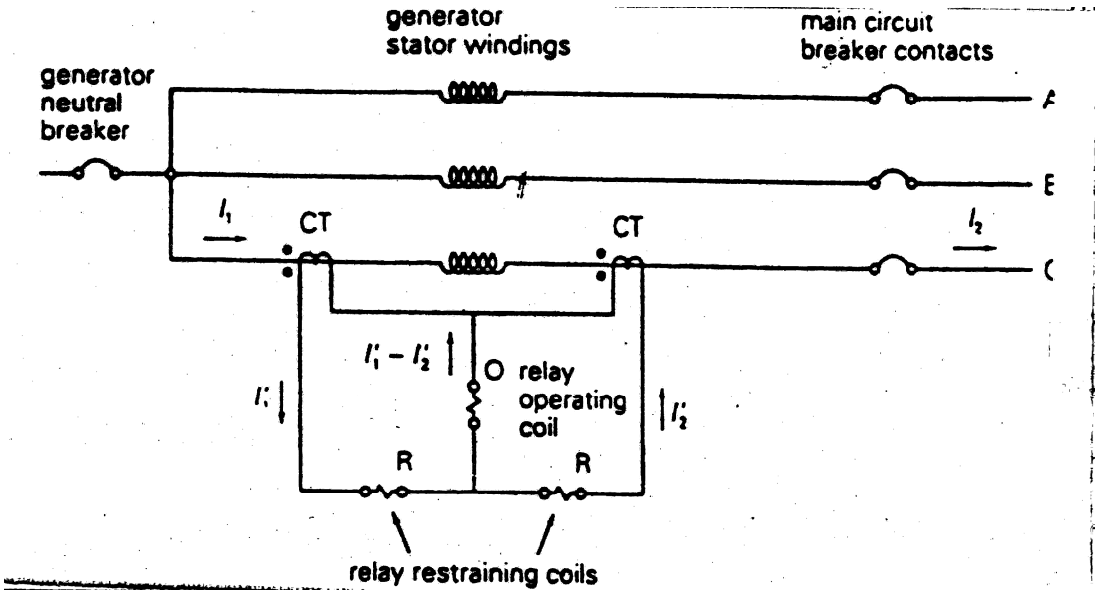
۱۶-۱۵ . رله دیستانس (distance Relay)

رله دیستانس یک رله حفاظتی است که زمان قطع آن تابع مقاومت طـول سـیم مـی باشـد در اغلب اوقات باید زمان قطع رله تابع محل اتصال کوتاه نسب به رله باشند و از ایـن جهـت بایـد زمـان قطع رله تابع جهت یعنی از انرژی اتصال کوتاه نیز گردد . همانطور که می دانیم هر چه محل اتـصال از رله دوتر باشد مقاومت قطعه سیم بین محل اتـصالی تـا رلـه بزرگتـر مـی گـردد – از آنجـا کـه در تاسیسات برق رابطه مستقیمی بین مقاومت و طول سیم موجود است لذا با استفاده از رله دیـستانس و تنظیم جهت زمانی رله ها پی در پی نیز برطرف می شود . رله دیستانس را می توان جهت حفاظت هر نوع شبکه ای با هر ولتاژ بکار برد .

۱۶-۱۶ . رله دیفرانسیلی (differenjtial Realy)

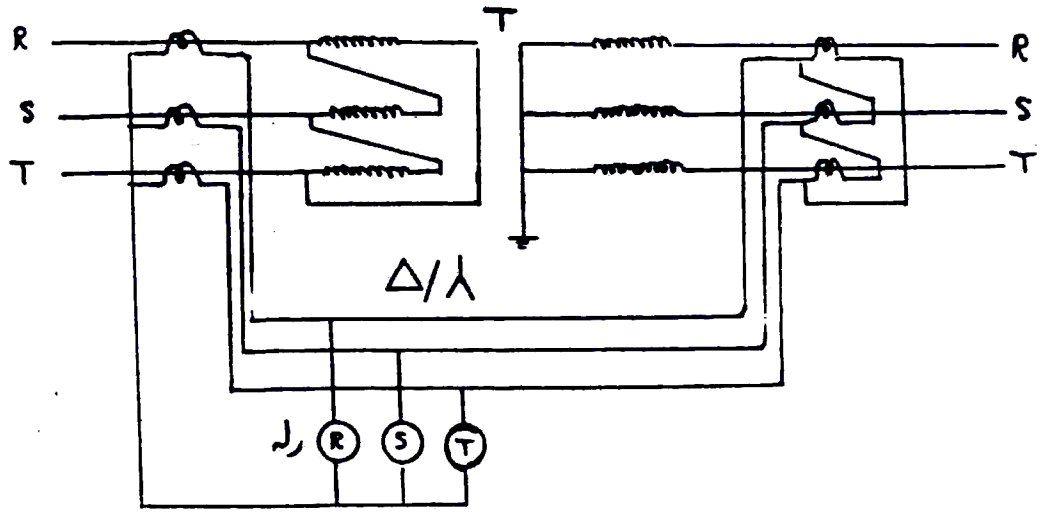
برای حفاظت سیستم های کوتاه مثلا در داخل نیروگاه و یا پست ترانسفورماتورها بعلت کوچک بودن آمپدانس آن نمی توان از رله دیستانس استفاده کرد و لذا در این گونه مواقع از رله دیفرانسیل استفاده می شود .

رله دیفرانسی بر اساس مقایسه جریانها کار میکند و بدین وسیله جریان در ابتدا و انتهای وسیله ای که باید حفاظت شود سنجیده و مقایسه می شود . این تفاوت جریان در دو طرف محدوده حفاظت شده اغلب در اثر اتصال کوتاه یا اتصال زمن و غیره بوجود می آید در صورتیکه قبل از اتصال شدن مسلما جریانهای دو طرف با هم برابر می باشند . از رله های دیفرانسیل برای حفاظت ژنراتورها ، باسها ، و ترانسفورماتورها استفاده می شود شکل (۱۳-۱۲) روش ابتدایی نصب رله دیفرانسیل را برای حفاظت ژنراتور بیان می کند در این شکل حفاظت یک فاز نشان داه شده است از همین روش برای دو فاز دیگر نیز استفاده می شود . وقتی که رله ای در یک فاز عمل می کند تمام سه فاز کلید و کلید خنثی ژنراتور و کلید میدان باز خواهد شد .



شکل (۱۴)

در حالتی که عیب داخلی در سیم پیچهای ژنراتور نداریم . $I_1 = I_2$ و با فرض CT های یکسان $I_1' = I_2'$ خواهد بود برای این حالت جریان سیم پیچ عمل کننده رله صفر است و رله عمل نخواهد کرد بعبارت دیگر برای یک عیب داخل مانند اتصال کوتاه تکفاز یا فاز به فاز در سیم پیچهای ژنراتور $I_1 \neq I_2$ و $I_1' \neq I_2'$ خواهد بود بنابراین تفاوت $I_1' - I_2'$ از سیم پیچ عمل کننده رله گذشته و باعث عمل کردن رله خواهد شد . از آنجائیکه عملکرد رله به تفاوت جریان بستگی دارد به این علت آنرا رله دیفرانسیل می نامیم .



شکل (۱۵) رله دیفرانسیلی برای حفاظت ترانسفورماتور

۱۶-۱۷ . تعاریف و اصطلاحات

رله حفاظتی (Protective Relay) : دستگاهی است برای جدا کردن قسمتی از سیستم که دچار اتصال با شرایط غیر عادی شده یا در چنین شرایطی هشدار دهد واحد یا المان (unitorElement) رله ای که شامل یک چند رله بوده و عملکرد خاص را سبب می شود .

کمیت انرژی دهنده (Enegizing Quantity): کمیتهای الکتریکی مانند جریان ولتاژ که می توانند به تنهایی یا به ترکیبی از یکدیگر سبب عملکرد رله گردانند کمیتهای مشخصه (Characterisies Quantity) کمیتهایی که رله برای عملکرد مطابق آنجا جدا می شود بعنوان مثال جریان برای یک رله جریان زیاد و یا ولتاژ برای یک رله افت ولتاژ .

تنظیم (setting): مقدار واقعیت کمیت که رله برای عمل کردن در شرایط به خصوص طبق آن طراحی شده است .

مصرف توان یا قدرت (Power consumation): توان مصرف شده توسط رله تحت ولتاژ و جریان نامی که مقدار آن برای رله های AC بر حسب ولت آمپر و برای رله های DC بر حسب وات بیان می شود (دراپ اوت یا ریست)

در آپ اوت (Dropoutor Reset): تغییر موقعیت رله از وضعیت عمل به حالت سکون را در آپ – اوت گویند و مقدار کمیت مشخصه که این تفسیر در آن انجام می پذیرد در آپ اوت نامیده می شود .

پیک آپ (pickup): تغییر موقعیت رله از وضعیت سکون به حالت عمل را پیک آپ رله می نامند .

زمان عمل (Operating time): فاصله زمانی از مقدار پیک آپ تا بسته شدن کنتاکتهای رله را زمان عمل رله می نامند .

زمان ریسیت (Reset time): فاصله زمانی که یک رله عمل کرده به حالت سکون بر می گردد به زمان ریسیت معروف است .

زمان اوورشوت (Over shoot time): مدت زمانی که طول می کشد تا انرژی ذخیره شده ناشی از کمیت مشخصه پس از قطع منبع مستهلک شود .

زاویه مشخصه رله (Relay characteristics Angle): زاویه فلزی که عمل رلـه بـر طبـق آن انجام می شود .

رله تقویتی(Rein FORING ReLAY): رله ای که توسط کنتاکتهـای رلـه ای اصـلی برقـرار شده و کنتاکتهایش که به صورت موازی با کنتاکتهای رله اصلی می باشد باعث قطع جریـان عبـوری از آنها می شود و معمولا کنتاکتهای رله فوق دارای قدرت تحمل جریان بیـشتری از کنتاکتهـای رلـه اصلی می باشد.

رله های اولیه (Primery Relay): رله هایی که مستقیماً به مداری که باید حفاظت شود متـصل می گردد رله های اولیه می گویند.

رله های ثانویه (Secondery Relay): رله هایی که توسط ترانسفورماتورهای جریان و ولتـاژ بـه مداری که باید حفاظت شود متصل می گردد رله های ثانویه می نامند.

رله های کمکی(Backup Relay): رله ای که با تأخیر زمانی جزئی پس از زمانی که رلـه اصـلی عمل نکند عمل نموده و سبب قطع بریکر مربوطه به رله اصلی مـی شـود مـسافت یـا دیـه(Reach) دورترین حد ناحیه حفاظتی پیش بینی شده برای رله غالباً در مورد رلـه دسـتیابی بـه کـار مـی رود ونشان گر مقدار مسافتی است که رله می تواند در طول خط حفاظت نماید.

۱۶-۱۸ . حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت

ترانسفورماتورهای قدرت یکـی از مهمتـرین تجهیـزات شـبکه انتقـال انـرژی در یـک سیـستم الکتریکی بوده و وظیفه تبدیل کمیتهای الکتریکی ولتاژ و جریان را بدون تغییر در فرکـانس سیـستم بر عهده دارد با استفاده از ترانسفورماتور در پستهای نیروگاهی اصلی یا فرعی میتوان انرژی الکتریکی را از یک مدار به مدار دیگر بدون وجود ارتباط فیزیکی انتقال دادو در مراحل مختلف بر حـسب نیـاز

ولتاژ را افزایش یا کاهش داد تا به این ترتیب انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان در حد نیاز تأمین شود و ضمن اینکه از نظر اقتصادی باعث صرفه جویی واز نظر بهره برداری باعث افزایش راندمان در تأمین و پیوستگی انرژی الکتریکی خواهد شد . باتوجه به بالابودن هزینه تعمیرات ترانسفورماتورهای آسیب دیده همچنین به دلیل امکان سرایت عیب به قسمتهای دیگر وبروز آتش سوزی در اثر عدم قطع ترانسفورماتوردر موقع بروز عیب لزوم استفاده از وسایل حفاظتی سریع و حساس برای جداکردن ترانسفورماتور آسیب دیده از شبکه مشخص می گردد، برای طراحی حفاظت ترانسفورماتور باید اصول رله ها خصوصاً در زمان راه اندازی ترانسفورماتورهای قدرت مورد بررسی قرار گیرد طرح انتخاب شده حفاظتی ترانسفورماتورها باید بهترین ترتیب از پارالل ومسائل اقتصادی داشته باشد. ضمناً در حفاظت ترانسفورماتورها لازم است که حفاظت کمکی نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

۱۶-۱۸-۱ . انواع حفاظت ترانسفورماتور

۱- در حفاظت نصب شده برروی بدنه ترانسفورماتور که بعضی از آنها حفاظت کننده در مقابل اتصالهای داخلی و بعضی نشان دهنده شرایط غیر عادی ترانسفورماتور بوده که در اثر اضافه حرارت وایجاد گاز عمل می کنند این رله ها عبارتند از رله بوخهلتس رله حرارت سیم پیچ و درجه حرارت روغن و ....

۲- حفاظت ترانسفورماتورها توسط حفاظت سریع که اصولاً حفاظت کننده های اصلی ترانس می باشند عبارتند از رله دیفرانسیل - رله اتصال زمین محدود شده و همچنین رله های پشتیبانی که بعضی از آنها عبارتند از رله جریان زیاد- رله افزایش یا کاهش ولتاژ و. – که بسته به طرح حفاظت نوع و تعداد آنها مشخص می شود.

۱۶-۱۹ . خطاهای ترانسفورماتورهای قدرت :

برای طراحی حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت ابتدا باید انواع خطاهایی که ترانسفورماتوررا تهدید می کنند مشخص نموده و پس با توجه به نوع خطاها حفاظت های موردنیازانتخاب شوند این خطاها عبارتند از:

الف : خطاهای داخلی ترانسفورماتور

ب : خطای خارجی ترانسفورماتور

ج : خطاهای غیر الکتریکی

۱۶-۱۹-۱ . خطاهای داخلی ترانسفورماتور

۱- اتصالی بین سیم پیچهای ترانس و زمین (اتصال فاز به زمین)

۲- اتصال سیم پیچهای هر فاز به هم(اتصال حلقه)

۳- اتصال بین فازها

۴- اتصال بین سیم پیچهای فشار قوی و فشارضعیف

۱۶-۱۹-۲ . خطاهای خارجی ترانسفورماتور

این نوع اتصالها عبارتند از اتصال کوتاه در خطوطی که توسط ترانسفورماتور تغذیه می شوند. در اثر اتصالی جریان زیادی از ترانس عبور می کندو سبب افزایش درجه حرارت در ترانسفورماتور می شود. در نتیجه عمر آن کاهش می یابد. از دیگرخطاهای خارجی می توان اضافه بار، اضافه ولتاژ شبکه، و اضافه ولتاژ در اثر امواج بسیار را ذکر نمود.

۱۶-۱۹-۳ . خطاهای غیر الکتریکی

این خطاها می توانند از اثر عوامل زیر به وجود آیند.

اشکال در عمر تپ چنجر ، اشکال در تانک ترانس و نقص فنی در سیستم خنک کننده

۱۶-۲۰ . عوامل ایجاد خطاهای داخلی ترانسسفورماتور

۱۶-۲۰-۱ . افزایش درجه حرارت در عایق ها که به دلایل زیر بوجود می آیند

۱- عدم توانایی حرکت روغن و دفع حرارت

۲- کمبود روغن ترانسفورماتور

۳- فقدان سیستم خنک کننده ترانسفورماتور

۴- ازبین رفتن یا صدمه دیدن هسته ترانسفورماتور

۵- عبورجریان اتصالی درمدت طولانی از ترانسفورماتور

۶- عدم سرویس و تعویض به موقع روغن ترانسفورماتور

۷- تنش های مکانیکی و الکترودینامیکی

۱۶-۲۰-۲ . عایقای ترانسفورماتور ممکن است به دلایل زیر از بین بروند

۱- اضافه ولتاژ شامل اضافه ولتاژهای بافرکانس صنعتی و اضافه ولتاژ با فرکانس غیر صنعتی

۲- نیروهای دینامیکی ناشی از اتصال کوتاه

۱۶-۲۱ . حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت

۱۶-۲۱-۱ . حفاظت در مقابل خطاهای داخلی

این حفاظت دارای دو قمست زیر می باشند :

الف) حفاضت مکانیکی ب) حفاظت الکتریکی

۱۶-۲۱-۱-۱ . حفاظت مکانیکی

۱- استفاده از نشان دهنده سطح روغن

۲- استفاده از خلاص کننده فشار

۳- استفاده از رله بوخهلس

۴- استفاده از رله جانسون

۱۶-۲۱-۱-۱-۱ . استفاده از نشان دهنده سطح روغن

این حفاظت جهت پی بردن به خطاهای زیر مورد استفاده قرار میگیرد :

الف) کاهش حجم روغن در اثر نشتی روغن در تانک ترانس و کاهش درجه حرارت محیط

ب) افزایش حجم روغن در اثر افزایش بار وعمل نکردن سیستم های خنک کننده برای حفاظت ترانسفورماتورها با قدرت بالا در مقابل افزایش درجه حرارت از یک رله مغناطیسی که مجهز به کنتاکت الکتریکی نیز می باشد استفاده می شدو این حفاظت منجر به صدور فرمان آلارم می شود این حفاظت در مورد محفظه تپ چنجرنیز مورد استفاده قرار می گیرد.

۱۶-۲۱-۱-۱-۲ . استفاده از خلاص کننده فشار

این حفاظت جهت جلوگیری از انفجار ترانسفورماتوردر اثر بروز اتصال کوتاههای داخلی شدید که منجر به تولید فشار زیاد در داخل تانک و ترانس می شود. مورداستفاده قرار می گیرد. خلاص کننده فشار دارای یک دیافراگم شیشه ای ، لاستیکی یا سوپاپی بوده که در اثر فشار دیافراگم ترکیده یا سوپاپ باز می شدو و این عمل

همراه فرمان آلارم می باشد.

۱۶-۲۱-۱-۱-۳ . حفاظت بوخهلتس

تمام اشکالات داخلی ترانسفورماتور منجربه تجزیه و شکست عایقی روغن می گردد در بیشتر اوقات جرقه در محلی که سیم پیچ قرار دارد اتفاق می افتد و منجربه تجزیه روغن شده ونهایتا"گازهایی مانند هیدروژن، منواکسید کربن و هیدروکربنهای سبک ایجاد می نمایند. موقعیکه اشکال خیلی کوچک است مانند وجود یک نقطه داغ در هسته گاز به آرامی آزاد شده و به سمت تانک انبساط می رود در اشکالات عمده جرقه شدید ایجاد شده و در مرحله اول باعث افزایش فشار

روغن شده و باعث جابجایی روغن از طریق لوله رابط به تانک انبساط می گردد. رله بوخهلتس شامل یک محفظه ای است که در مسیر لوله رابط به تانک انبساط نصب گردیده است این رله دارای دوشناور بوده و در شرایطی که محفظه رله پس از روغن شناور ها درموقعیت بالاقرارگیرند وبه هرشناور نیزیک کلید جیوه ای متصل شده است.

اگر گاز مخلوط با روغن از لوله به سمت بالا حرکت نماید در محفظه رله گازهای داخلی روغن به سمت بالا رفته و درزیرمحفظه رله جمع می شوند شناور بالایی با جمع شدن گاز در محفظه بعلت افزایش وزنی که پیدا می کند پایین آمده و باعث بسته شدن کلید جیوه ای و دادن آلارم (Alarm) می گردد این شرایط میتواند در وضعیت نشتی روغنی نیز اتفاق بیفتاد . شناور پایینی که در اشکالات داخلی سنگین عمل نموده جابجایی سریع تانک ترانس به سمت تانک انبساط باعث به حرکت در آمدن این شناور نهایتا" باعث تریپ (Trip) می گردد این جابجایی روغن به یک صفحه آهنی که نگهدارنده صفه پایین است برخورد کرده و در صورتیکه سرعت روغن از حد مجاز بیشترشود باعث حرکت روبه پایین صفحه آهن و نتیجتا" پایین آمدن شناور مربوط باعث تریپ خواهد شد.

۱۶-۲۱-۱-۱-۳-۱ . عواملی که باعث ایجاد آلارم رله بوخهلتس می گردد:

۱- وجود یک نقطه داغ روی هسته آهنی بواسطه اتصالی بین صفحات عایق هسته

۲- وجود اشکال در عایق بندی سیم پیچهای هسته

۳- اتصالات عیوب هسته آهنی

۴- اتصالی در سیم پیچ ترانس

۵- کمبود روغن بواسطه نشتی

۱۶-۲۱-۱-۱-۳-۲ . عوامل تریپ رله بوخهلتس

۱- اشکال شدید در سیم پیچها ، چه اتصال به زمین، چه اتصال حلقه ها

۲- کمبود روغن اگر ادامه یافته و بحد خطرناکی برسد

با توجه به موارد ذکر شده می توان دریافت که این رله یک پاسخ عمومی بـه تمـام اشـکالات ترانسفورماتور می دهد که آشکارشدن آن به وسیله دیگر وسایل مشکل است . رله بوخهلتس بعنـوان حفاظت اصلی و حفاظت کمک بکارمی رود حفاظتهـای الکتریکـی عمومـا" بـرای حفاظـت سـریع در اشکالات شدید استفاده می شوند.

درضمن بعلت اینکه بعد از تعمیرات دوره ای ترانسفورماتور در سرویس قرار دادن آن برای جلـوگیری از تریپ رله بوخهلتس را از مدار خارج نموده بنابراین حفاظتهای الکتریکی در چنین شـرایط اهمیـت پیدامیکنند. ترانسفورماتورهای قدرت دارای تانک انبـساط بـر اسـاس اسـتاندارهای اروپـایی بـه رلـه بوخهلتس مجهز می شوند ترانسهای قدرت زیر۱۰۰۰ kvA و بدون انبساط به وسیله رله بـوخهلتس قابل حفاظت نمی باشند.

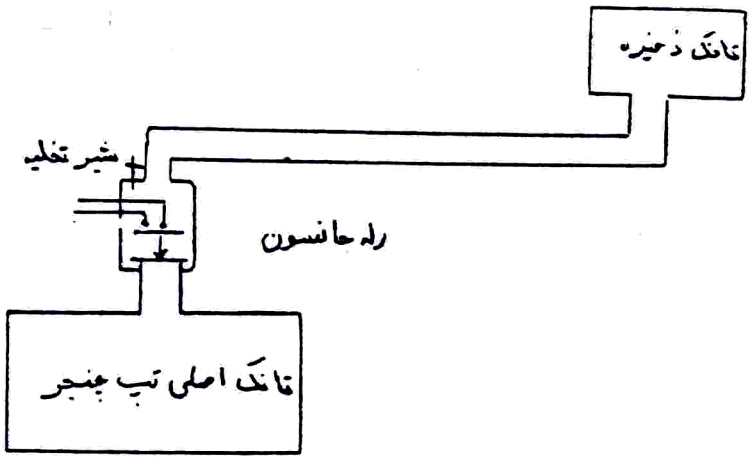
۱۶-۲۱-۱-۱-۳-۳ . نحوه نصب رله بوخهلتس

موقعی که رله نصب می شود باید مطمئن شویم که گاز به را حتـی از طریـق لولـه هـای رابـط بدون اغتشاش و به آرامی در مسیر حرکت دروغن عبورمی کند فلش نشان داده شده بر روی رلـه بـه سمت تانک انبساط می باشد. زاویه لوله رابط بین تانک اصلی و تانک انبساط باید ۵ درجه باشد برای جلوگیری از اغتشاش در حرکت روغن طول لوله ورودی باید حد اقل ۵ برابر لوله ورودی خروجی سه برابر قطر آن است حد اقل ارتفاع نصب به سطح تانک ترانسفورماتور 7.6cm می باشد.

۱۶-۲۱-۱-۱-۴ . رله فشاری یا جانسون

این رله نیز بین تانک اصلی ترانسفورماتور و تانک انبساط روغن قرار می گیرد این رله اصولا برای حفاظت محفظه تپ چنجر ترانسفورماتور استفاده می گردد و به رله جانسون نیز معروف است . اما در بعضی مواقع برای حفاظت سیم پیچهای اصلی ترانسفورماتور نیز استفاده می شود این رله نیز در موقع اتصالی داخلی ترانسفورماتور براثر ایجادگاز و باحرکت سریع روغن عمل می نماید رله جانسون همان عمل رله بوخهلتس را برای مخزن تپ چنجر انجام می دهد چون که تپهای ترانسفورماتور دائما" در داخل روغن عوض می شود و تعویض تپ نیز همراه با جرقه ودر نتیجه تولید گاز می باشد نمی توان از همین سیستم رله همراه با شناور استفاده کرد بلکه برای حفاظت تپ چنجر از رله جانسون که عملی آن با توجه به حرکت روغن و ایجاد گاز انجام پذیر است این رله نیز بین تانک اصلی تپ چنجر و تانک ذخیره قرار گرفته است و به صورت سوپاپ می باشد.

محل قرار گرفتن رله جانسون



شکل ۱-۱۳

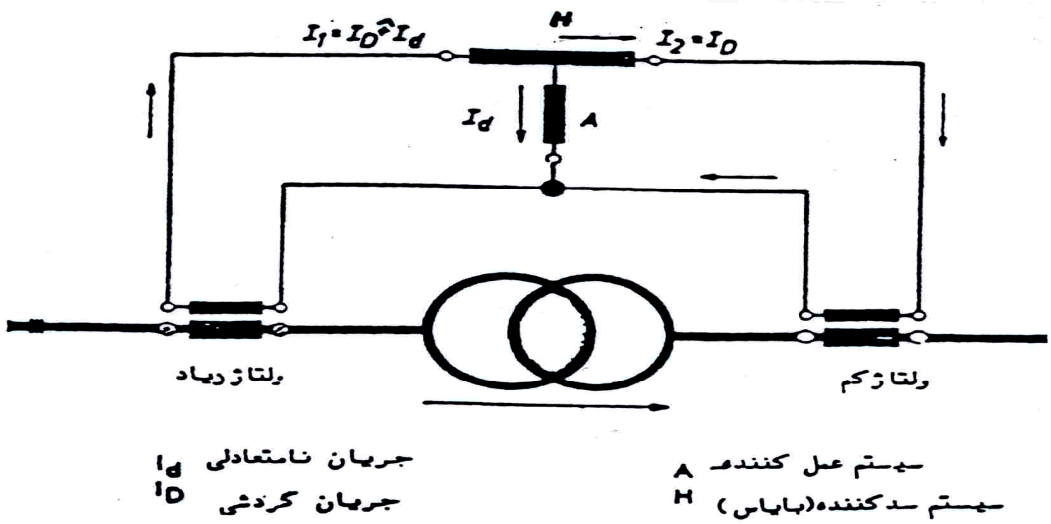
با افزایش درجه حرارت روغن و انبساط آن روغن ضمن عمبر از لوله رابط بین تانک تپ چنجر و تانک ذخیره به یک سوپاپ یا دیافراگم برخورد می کند و دیافراگم فوق را به سمت بالا حرکت می

دهد در این فشار سنج یا سوپاپ دوکنتاکت وجود دارد که اتصال آنها باعث قطع فوری ترانسفورماتور می گرددکه با تخلیه گاز و آزمایش آن می توان از وجود عیب یـا عـدم وجـود داخـل ترانـسفورماتور مطلع شد.

۱۶-۲۱-۱-۲ . حفاظت های الکتریکی

۱۶-۲۱-۱-۲-۱ . استفاده از رله دیفرانسیل

در سیستم های مدرن قدرت برای حفاظت ترانسفورماتورها باظرفیت بیش از 1000KVAدر مقابـل اتصال کوتاه از رله دیفرانسیل استفاده می شود دراین نوع حفاظت جریانهای اولیه و ثانویه ترانـسهای قدرت با در نظر گرفتن زاویه فاز و قدر مطلق آنها مقایسه می شوند در این رله اخـتلاف نـسبت بـین جریانهای دو طرف ترانسفورماتور سنجیده می شود و در صـورت اشـکال کلیـدهای قـدرت در طـرف فشار قوی و طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور قطع گردیده اندازه گیری این رله مطابق شکل زیر مـی باشد



شکل ۲-۱۳

این مدار دارای یک بوبین بایاس (بوبین سد کننده H) و یک بوبین عمل کننده A می باشد که کار آنها بر یک دیگر است. ترانسفورماتور های جریان در فاز همنام

در طرف ولتاژ زیاد و ولتاژ کم ترانسفورماتور نصب گردیده است در صورتیکه جریان ثانویه ترانسفورماتورهای جریان $I_2 = I_d$ و $I_1 = (I_D + I_d)$ باشد در وضعیت عادی جریان بوبین با یاس H برابر اندازه $|I_1 + I_2| = 2I_D + I_d$ که همان جریان نامتعادلی می باشد و روی بوبین عمل می کند A تأثیرمی گذارد در سیستم های قدیمی از رله دیفرانسیل الکترومغناطیسی استفاده میشد.

۱۶-۲۱-۱-۲-۱-۱ . عوامل عملکرد کاذب رله دیفرانسیل

عواملی که باعث عملکرد نابجای را رله دیفرانسیل می شوند عبارتند از :

۱- جریان لحظه ای وصل ترانسفورماتور موقعیکه ترانسفورماتور سوئیچ می شود یک جریان لحظه ای ممکن است که مقدار آن به چندین برابر جریان نامی برسد در لحظه اول در یک طرف ترانسفورماتور ایجاد می شود. لذا برای از بین بدن این عیب رله دیفرانسیل را در مقابل جریان لحظه ای وصل ترانس پایدار می کنند.

۲- خطای نسبت تبدیل ترانس : تفاوت جریان های ثانویه در دو طرف ترانسفورماتورباعث می شود که یک جریان نامتعادل دائمی این ترانس علاوه بر از بین بردن این تفاوت جریان در صورتیکه جریان اولیه و ثانویه و ترانس اصل همفاز نباشد این اختلاف فاز را از بین خواهد برد.

۳- تفاوت منحنی های مشخصه ترانس جریان : تفاوت منحنی مشخصه های ترانس جریان نیز باعث ایجاد جریان نامتعادلی می شود که برای از بین بردن تأثیر آن از حساسیت رله دیفرانسیل کم می نمایند.

۴- وجود تپ چنجر : تپ چنجر در ترانسفورماتور باعث می شود که نسبت جریان ها در دوطرف ترانسفورماتور تغییر کند . بدین علت رله دیفرانسیل ترانسفورماتور را معمولا بین ۴۰-۳۰ درصد جریان نامی تنظیم می کنند .

۱۶-۲۱-۱-۲-۱-۲ . پایدار کردن رله دیفرانسیل در مقابل جریان لحظه ای وصل ترانسفورماتور

برای این کار معمولا از چهار روش زیر استفاده می کنند:

الف – کاهش حساسیت رله دیفرانسیل بوسیله یک رله ولتاژ و یک رله زمانی : این سیستم که فقط در موقع وصل ترانسفورماتور در مدار می باشد به علت غیر اقتصادی بودن آن نسبت به انوغ دیگر استفاده نمی شود.

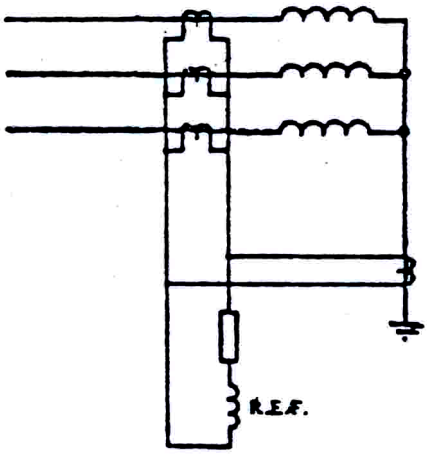
ب - سد کردن بوسیله مؤلفهDC از این عمل رله دیفرانسیل را در موقع وصل ترانسفورماتور پایدارمی کند اما در موقع اشکال داخلی بعلت وجود موازنه DC در موج اصلی باعث کاهش حساست رله و احیانا عمل نکردن آن خواهد شد.

ج - پایدار کردن بوسیله هارمونیک سوم به بالا: در این روش هارمونیکهای چهار و پنج و بالاتر نیز بعلت کم بودن درصد آن نسبت به موج اصلی قابل استفاده نیست و نیز در شرایط نادر دیده شده است که در زمان اشکال داخلی و ترانسفورماتور اشباع هارمونیک سوم ایجاد شده و رله عمل نکرده و در نتیجه این روش نیز بعلت اشکالات کمتر استفاده می شود.

د - پایدار کردن بوسیله هارمونیک دوم: تجزیه هارمونیک شکل جریان وصل نشان می دهد که یک هارمونیک دوم با دامنه زیا د در این شکل موج وجود دارد که می توان از آن برای پایدار کردن رله دیفرانسیل استفاده کرد در ضمن در موقع اشکال داخلی مقدار هارمونیک دوم نسبت به موج اول خیلی کم می باشد.

۱۶-۲۱-۱-۲-۲ . استفاده از رله اتصال زمین محدود شده(R.E.F) :

جهت حفاظت اتصال زمین ترانسفورماتورهایی که دارای نول می باشند از رله آمپـدانس بـالا یـا رلـه حفاظت کنده اتصال زمین تراسنفورماتور (R.E.F) استفاده می کنند. طریقه اتصال این رله بـصورت



شکل زیر می باشد.

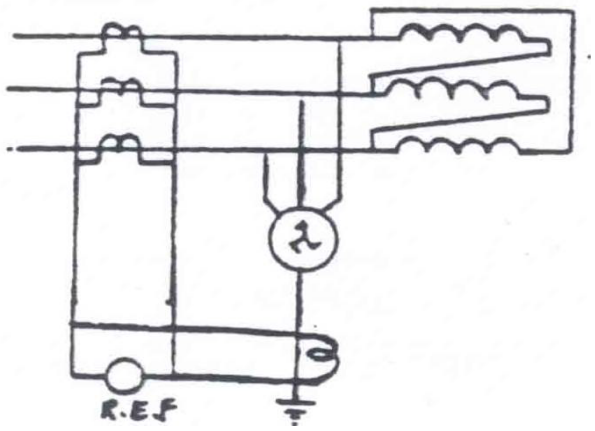
شکل ۳-۱۳

محدوده حفاظت شده توسط رله (R.E.F) بین CT فازها و CT متصل به نقطه نوترال سیم پیچی ترانسفورماتور می باشد ضمنا این رله دارای آمپـدانس زیـادی باشـد بطوریکـه دراتـصال کوتـاه هـای خـارجی از ترانـسفورماتور جریـانی از رلـه عبـور نخواهـد کـرد اماچنانچـه اتـصالی در سـیم پـیچ ترانسفورماتور اتفاق افتد رله عمل خواهد کرد. (R.E.F) قابل تنظیم بوده و رنج های آن به شرح زیر می باشد.

۱- برای ترانسفورماتورهایی که مستقیما زمین شده اند برای رنج ۱۰٪ تا۶۰٪جریان نامی تنظیم مـی شوند.

۲- برای ترانسفورماتورهایی که از طریق مقاومت زمین شده اند برای رنج ۱۰٪ تـا۲۵٪ جریـان نـامی تنظیم می شوند. چنانچه ترانسفسورماتور بصورت مثلث باشـد و شـبکه نیـز دارای نـول باشـد از رلـه اتصال زمین Earth Fult استفاده می کنند، اما اگر ترانسفورماتور دارای سیم پیچ مثلث باشـد ولـی

شبکه نقطه نول نداشته باشد می توان از رله های ولتاژ استفاده کـرد اگـر ترانـسفورماتور دارای سـیم پیچ مثلث بوده و ضمناً طرف مثلث دارای راکتور یا ترانسفورماتور زمین باشد در اینصورت (R.E.F) استفاده می گردد.



شکل ۴-۱۳

درترانسفورماتورهای بزرگ از رله (R.E.F) بعنوان حفاظت اصلی استفاده کرده و علاوه بـر آن رله اتصال زمین نیز در نول ترانسفورماتور یا نول ترانس زمین بعنوان رله حفاظـت کنـده کمکـی یـا Bacd up protutienاستفاده می شود. در بعضی از مواقع بـه جـای اسـتفاده از رلـه (R.E.F) از یک رله اتصال زمین معمولی بعنوان رله اصلی استفاده می گردد که در این حالت بدنه ترانـسفورماتور نسبت به زمین کاملا ایزوله می گردد و بدنه ترانس را از طریق یک CT به زمین اتصال داده و ثانویه CT را به یک رله E.F وصل می نمایند که این رله هـم دارای المـان آنـی و المـان تـأخیر میباشـد

همچنین رله (R.E.F) بعنوان پشتیبان رله دیفرانسیل قرار می گیرد. رله دیفرانسیل در مقابل اتصال فاز به زمین نزدیک نقطه صفر اتصال ستاره دارای عملکرد خوبی نمی باشد به همین خاطر رله (R.E.F) بعنوان رله پشتیبان عمل می نماید.

۱۶-۲۱-۲ . حفاظت ترانسفورماتور در مقابل خطای خارجی

۱۶-۲۱-۲-۱ . حفاظت در مقابل اضافه بار

از روشهای زیر جهت حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اضافه بار استفاده مینمایند.

۱- با استفاده از درجه حرارت روغن

۲- باستفاده از درجه حرارت سیم پیچ

۳- باستفاده از رله جریان زیاد

۱۶-۲۱-۲-۱-۱. استفاده از درجه حرارت روغن

در این روش درجه حرارت روغن توسط دماسنجی که درقسمت بالای تانک ترانسفورماتور نصب گردیده است کنترل می شود این دماسنج از نوع کنتاکتی بوده و دارای دوکناکت آلارم تریپ می باشد با توجه اینکه درجه حرارت روغن به مقدار قابل توجهی از درجه حرارت سیم پیچ کمتر است(مخصوصاً مدت زمان کوتاهی پس از یک اضفه بار ناگهانی) لذا این روش جهت حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اضفاه بار چندان مناسب نمی باشد.

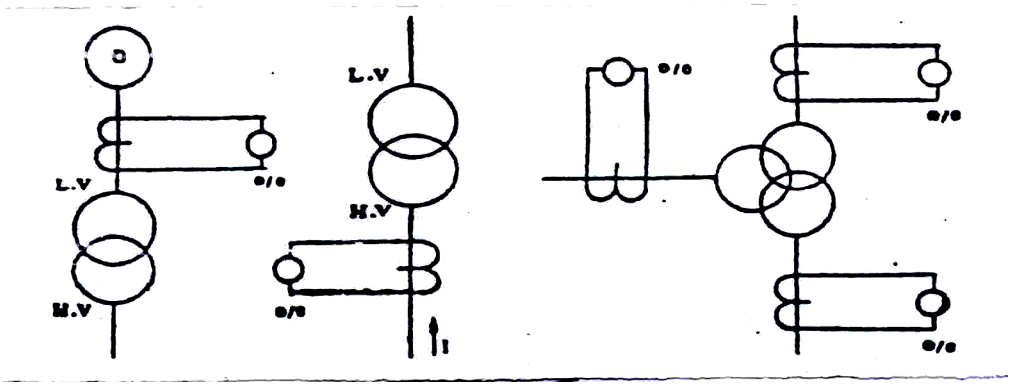
۱۶-۲۱-۲-۱-۲. باستفاده از درجه حرارت سیم پیچ

در این روش برای شبیه سازی درجه حرارت سیم پیچ علاوه بر استفاده از دماسنجی که بالای تانک ترانسفورماتور های جریان فاز گرم می شود نیز استفاده می گردد . این رله دارای چهار کنتاکت می باشد که می توان برای راه اندازی فن رادیاتورها ارسال آلارم و صدور فرمان تریپ از آنها استفاده کرد. این رله را برای هر نوع ترانس می توان بکار برد ودرجه حرارت مورد نیاز را روی آن

تنظنیم نمود . این روش یکی از بهترین روشهای حفاظت ترانسفورماتوردر مقابل اضافه بار مـی باشـد وبه راحتی با این روش می توان از کاهش عمر ترانسفورماتور دراثر اضافه بار به مدت طولانی و از کـار افتادن سیستم خنک کنندگی جلوگیری نمود.

۱۶-۲۱-۲-۱-۳. با استفاده از رله جریان زیاد

این رله اصولاً برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اتصال کوتاه فاز به فـاز روی خطـوط و در موقع اضافه بار مورد استسفاده قرار می گیرد در ترانسفومراتوهای با قدرت بالااین رله بعنوان حفاظت پشتیبان و در ترانسفورماتورهایی باقدرت کم بعنوان حفاظت اصـلی مـورد اسـتفاده قـرار میگیـرد در ترانسفورماتور هایی که از یک طرف امکان برقرار شدن آنها وجود دارد رله درسمتی که منبـع تقذیـه قرار دارد نصب می گردد. اصولا در ترانسفسورماتوهای سه سیم پیچه و دو سیم پیچه در هرطرف کـه منبع تغذیه قرار دارد و یا امکان برقرار شدن از آن طرف وجود دارد از رله جریان زیـاد اسـتفاده مـی شود.



شکل ۵-۱۳

۱۶-۲۱-۲-۲ . حفاظت در مقابل اتصال زمین

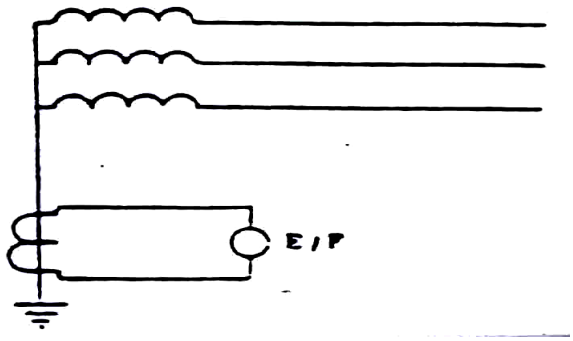
برای حفاظت در مقابل اتصال زمین که ممکن است بر روی شبکه متصل به آن روی دهد از رله هایی که به جریان باقمانده حساس بوده و عمل می نماید استفاده می شود برای حفاظت ترانسفورماتور می توان از رله جریان زیاد و اتصال زمین نیز استفاده نمود. نحوه اتصال رله بسته به نوع سیم پیچها به یکی از روشهای زیر می باشد.

۱- سیم پیچ ستاره

۲- سیم پیچ مثلث

۱۶-۲۱-۲-۲-۱ . سیم پیچی ستاره

در این حالت ترانسفورماتور جریان روی سیم نقطه نصب می شود و ثانویه آن به رله جریان زیاد اعمال می گردد.

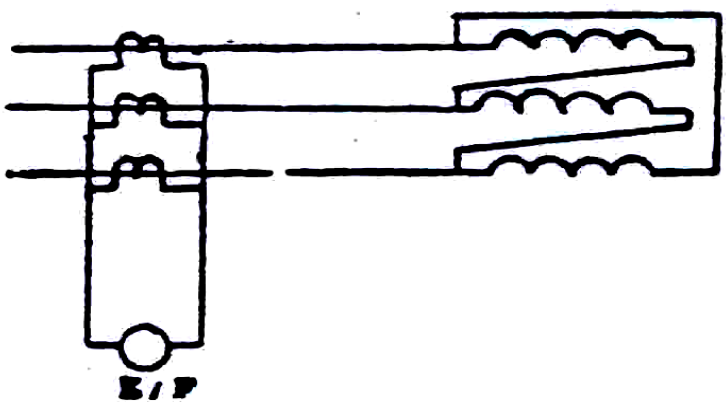


شکل ۶-۱۳

۱۶-۲۱-۲-۲-۲ . در سیم پیچی مثلث

در صورتیکه منبع تغذیه دارای سیم زمین باشد نحوه اتصال می تواند به صورت شکل زیر باشد در این حالت به ترانسفورماتور جریان فازها با هم موازی شده و به رله جریان زیاد وصل می شود.

در صورتیکه سیستم دارای نقطه صفر نباشد برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اتصال زمین از



یک رله ولتاژ که

شکل۷-۱۳

در ثانویه مثلث باز یک ترانسفورماتور ولتاژ وصل می گردد استفاده می شود نحوه اتصال طبق شکل زیر می باشد این نحوه اتصال برای سیم پیچی ستاره که زمین نشده است نیز می تواند بکار رود.

شکل ۸-۱۳

۱۶-۲۱-۲-۳ . حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ

۱- استفاده از برقگیر ۲- استفاده از رله افزایش ولتاژ ۳- حفاظت درمقابل افت ولتاژ

۱۶-۲۱-۲-۳-۱ . استفاده از برقگیر

به منظور جلوگیری از ورود اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه و کلید زنی به داخل ترانسفوماتور که باعث صدمه دیدن عایق آن می گردد از برقکیر استفاده می گردد

۱۶-۲۱-۲-۳-۲ . استفاده از رله افزایش ولتاژ

برای حفاظت ترانسفورماتور در برابر اضافه ولتاژ های ناشی از بهره برداری یا وضعیت شبکه از این رله استفاده می گردد. تنظیم این رله بر اساس قدرت تحمل ترانسفورماتور انتخاب می شود عملکرد این رله می تواند موجب ارسال فرمان آلارم یا تریپ ترانسفورماتور گردد.

۱۶-۲۱-۲-۳-۳ . حفاظت درمقابل افت ولتاژ

با افزایش بار ترانسفورماتور مقدار حرارت ایجاد شده در آن افزایش می یابد و متناسب با حرارت ایجاد شده از عمر ترانس کاسته می شود لذا جهت جلوگیری از کاهش عمر ترانس یا صدمه دیدن آن در اثر اضافه بار باید آنرا در مقابل اضافه بار محافظت نمود برای رسیدن به این هدف از روشهای زیر استفاده می گردد.

الف)حفاظت در مقابل اضافه بار

ب) استفاده از رله کاهش ولتاژ

این رله در شرایطی که به طور ناگهانی پیش بینی شده برق ترانسفورماتورقطع می شود عمل کرده و فرمان باز کردن بریکرهای طرفین ترانسفورماتور را صادر می کند.

۱۶-۲۱-۲-۴ . حفاظت ترانسفوماتور در مقابل خطاهای الکتریکی

حفاظت در مقابل اشکال در مدار فرمان تپ چنجر برای کنترل موتور تپ چنجر تابلویی در کنار ترانسفورماتور نصب می شود در این تابلو حفاظتهای لازم پیش بینی می شود برای جلوگیری از

چرخش بیش از حد مجاز تپ چنجر حفاظت در مقابل تغییر ترتیب فازها و حفاظـا موتـور در مقابـل اضافه بار را می توان بعنوان مثال نام برد.

۱۶-۲۱-۲-۵ . حفاظت در مقابل نقص فنی در سیستم خنک کننده

در اثر اشکال در مدار کنترل فن ها یا نقص فنی موتور فن های سیستم خنک کننـده حـرارت روغن و سیم پیچ افزایش می یابد عدم اطلاع از این امر می تواند سبب صـدمه دیـدن ترانـسفورماتور می گردد بدن جهت باید پیش بینی لازم جهت اطلاع از بروز چنین اشکالاتی بعمل آید.

۱۶-۲۱-۲-۶ . حفاظت در مقابل آتش

تانک ترانسفور پراز روغن می باشـد بنـابراین بایـد پـیش بینـی لازم جهـت مهـار آتـش سـوزی احتمالی آن و جلوگیری از سرایت آتش به سایر اجزاء پست به عمل آید برای اطفاء حریق مـی تـوان دو سیستم حفاظت فعال و غیر فعال را بکار گرفت.

الف) حفاظت فعال

بسته به محل نصب ترانسفورماتور فضای بسته یا فضای باز استفاده از گاز$CO2$ یا یکی از هالوژنها یـا پودر آب توصیه می شود. با توجه به کارآیی عملکرد خوب سیستم های آبـی بیـشتر از روش پـودر و آب استفاده میشود. سیستم های اطفاء حریق گران بوده و فقط در صورت لزوم و توجیه اقتـصادی در پست های بزرگ و مهم استفاده می شود.

ب) حفاظت غیر فعال

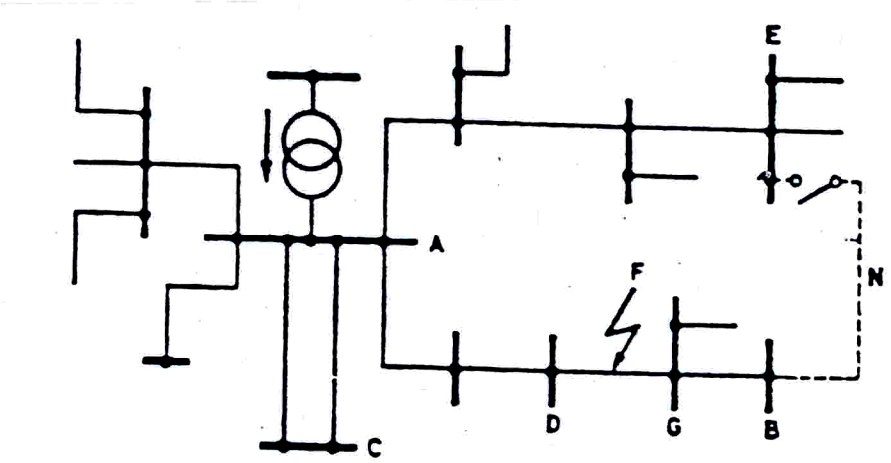
در این حفاظت برای جلوگیری از پرتاب مواد مشتعل به اطراف از دیوارهای سد کننـده آتـش کـه از جنس بتون یا موارد دیگری که دارای خاصیت ضد آتش هـستند در اطـراف ترانـسفورماتور اسـتفاده می شود.

۱۶-۲۲ . حفاظت خطوط فشار قوی

شبکه های فشارقوی بعلت وسعت زیاد و طویل بودن خطوط آنها بسیار گران قیمت و از نظر انتقال انرژی دارای اهمیت بسیار می باشند . لذا قیمت وسایل حفاظتی آن یک جزء خیلی کمی از هزینه تجهیزات انتقال انرژی خواهد بود. بوسیله شبکه های فشار قوی انرژی خیلی زیاد انتقال داده می شودوقطع چنین شبکه ای سبب خسارات مالی زیاد می گردد حال اگر بتوانیم بوسیله بکار بردن رله های مخصوص فقط قسمت اتصالی شده را از شبکه قطع کنیم بطوریکه نیروگاهها بتوانند بقیه قسمتهای سالم را تغذیه نمایند توفیق بزرگی در امر حفاظت شبکه حاصل می گردد در شبکه کابلی که صاعقه عملا در آن بدون تاثیر می باشد خطاها بیشتر در اثر قطع و وصل نابجا و فرمان نادرست و یا اتصالاتی که ناخواسته پدید می آید ظاهر می گردد. تعداد این خطاها آنقدر ناچیز است که ارزش مخارج هنگفت برای دستگاههای حفاظتی فوق العاده ندارد وسایل شبکه باید قادر باشند در حالتهای مختلف اتصال زمین و اتصال کوتاه و اتصالی های مرکب را بسنجند ومحل اتصالی را تشخیص دهد و آنرا از شبکه جدا نماید وسایل حفاظتی برای تعیین و محدود کردن اضافه بار و بدین وسیله جلوگیری کردن از اضافه حرارت غیر مجاز در سیستم های هوایی بکار برده نمی شود ولی در شبکه کابلی ممکن است به طور استثنایی از آنها استفاده شود. شبکه های انتقال انرژی را می توان از نظر نقطه نظر اتصال به سه دسته زیر تقسیم کرد.

الف) شبکه شعاعی

شبکه شعاعی ساده ترین نوع سیستم انتقال انرژی می باشد در این روش از شینه اصلی پست های فرعی دیگری به طور شعاعی تغذیه می شوند و از این پست های فرعی مصرف کنندگان تغذیه می گردند.



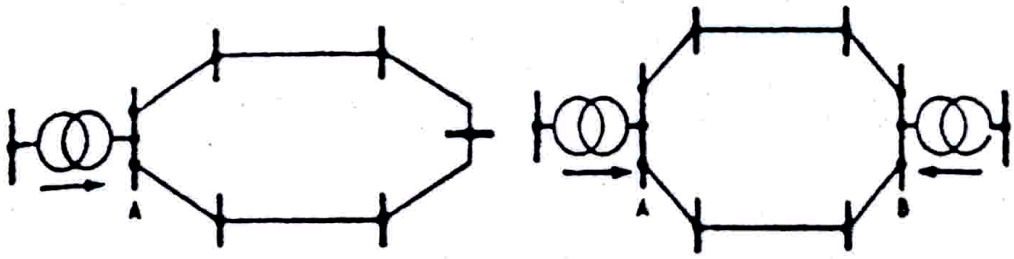
شکل ۱-۱۵

این پست ها طوری به هم مرتبط هستند که امکان نیرو گرفتن مصرف کننده از دو طرف موجود نمی باشند و به هیچ وجه برگشت جریان در آن امکان پذیر نیست به محض اتصالی در یک نقطه از چنین شبکه ای مثلا بین دو ایستگاه C و D تمام مصرف کننده هایی که از شین B و C تغذیه می کردند نیز تابرطرف شدن خطا و بستن مجدد کلید آن بدون برق می ماند .لذا چنین شبکه هایی را معمولا به کمک خط کمکی دیگری در مواقع ضروری تغذیه می نمایند.

ب) شبکه حلقه ای

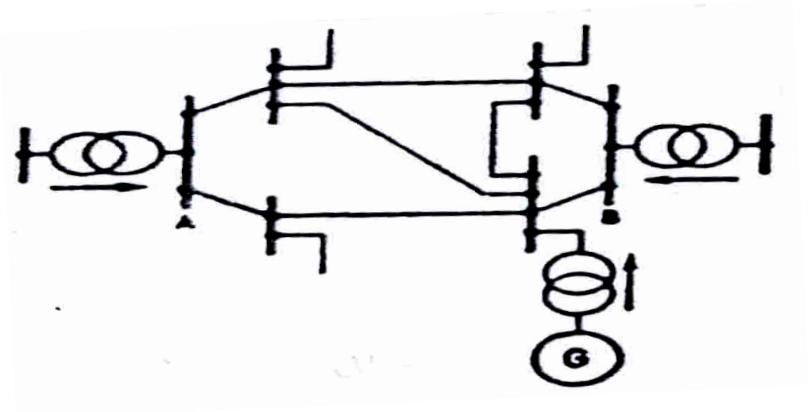
در یک شبکه حلقه ای (رینگ) مصرف کننده ها از دو طریق تغذیه می شوند و شبکه تشکیل یک مدار بسته را می دهد . این حلقه ممکن است فقط از یک نقطه و یا از دو نقطه تغذیه می شود.

شکل ۲-۱۵



ج) شبکه حلقوی (غربالی)

در شبکه حلقوی پست ها از طریق چندین خط انتقال به هم متصل می باشند شبکه حلقوی غالبا از چندین نقطه تغذیه می شوند و تعداد دستگاههای حفاظتی و رله ها در شبکه غربالی به مراتب از شبکه شعاع و یا حلقه ای بیشتر است.



شکل ۳-۱۵

۱-۲۲-۱۶ . روشهای حفاظت خطوط

برای حفاظت خطوط انتقال در مقابل جریان اتصال کوتاه و تعیین محل آن از روشهای زیر استفاده می گردد.

۱- حفاظت توسط رله جریان زیاد زمانی

۲- حفاظت توسط رله جریان جهت یاب

۳- حفاظت توسط رله دیفرانسیل

۴- حفاظت توسط رله دیستانسل

۱۶-۲۲-۱-۱ . حفاظت توسط رله جریان زیاد

برای حفاظت خطوط انتقال انرژی بدون انشعاب می توان از رله جریان زیاد استفاده کرد ولی در صورتیکه خطوط انتقال دارای انشعابهایی باشد رله جریان زیاد نمی تواند جوابگوی صحیح و موضعی شبکه گردد زیرا از رله های مغناطیسی انتظار داریم که فقط قسمت معیوب را از مدار خارج کند بدون اینکه وقفه ای در کار قسمت های سالم شبکه ایجاد شود برای حفاظت صحیح شبکه ها ی انشعابی از عامل زمان کمک گرفته می شود و از رله های جریان زیاد زمانی استفاده می گردد.

۱۶-۲۲-۱-۲ . حفاظت توسط رله جریان زیاد جهت یاب

برای حفاظت شبکه های شعاعی که از دو طرف تغذیه می شود یا شبکه های مسدود حلقه ای که از یک طرف تغذیه می شود به علت اینکه محل اتصالی از دو طرف تغذیه می شود تنها رله جریان زیاد زمانی نمی تواند حفاظت سلکتیو وصحیح شبکه را بعهده گیرد برای چنین شبکه هایی از رله جریان زیاد جهت یاب استفاده می شودبه این معنی که برای فرمان قطع یکی از عوامل جریان ، زمان و جهت نیرو توام استفاده می شود به این ترتیب رله جریان زیاد جهت یاب از سه رله که عبارتند از : رله جریان زیاد، رله زمانی، رله تعین کننده جهت نیرو تشکیل می شود. رله جهت یاب معمولا یک راه واتمتری است و در صورتیکه جریان شبکه از مقدار معینی تجاوز کرد رله جریان زیاد محافظ آن قسمت از شبکه به کار افتاده و رله واتمتری را بر روی جریان وصل می کند این رله متناسب با جهت نیرو مدار رله قطع کننده را که توسط رله زمانی فرمان می گیرد قطع یا آماده برای وصل شدن می

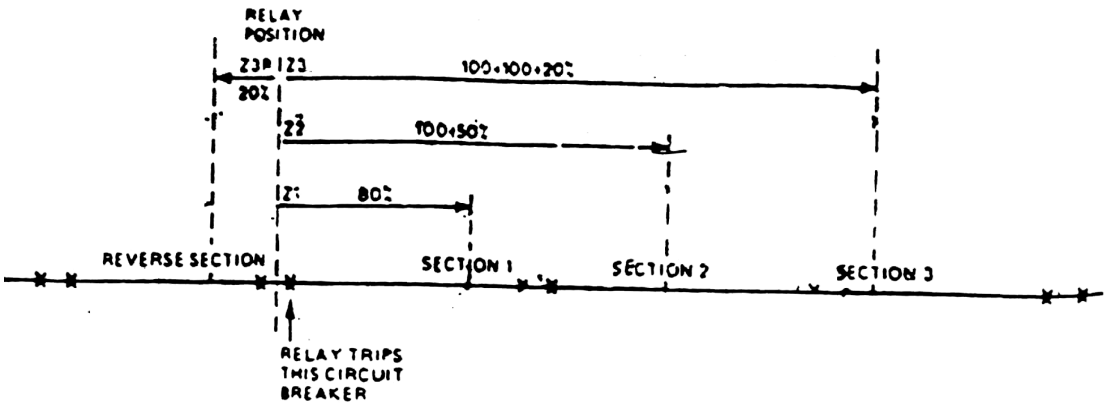
نماید. لازم به یادآوری است که مدت زمان قطع آن کمتر از رله دیگر است باید مجهز بـه رلـه جهـت یاب باشد.

۱۶-۲۲-۱-۳ . حفاظت توسط رله ایستانس

طرح های حفاظت دیستانس از نقطه نظر کاربرد نوع المانهای مسافت و اساس ساختمان طبقه بندی می شوند. از نقطه نظر کاربرد طرح های حفاظت دیـستانس بـه صـورت فرعـی طرحهـای حفاظـت . اتصالی خط به خط طرحهای حفاظت اتصلی زمین و طرحهای حفاظت در مقابل همه انواع آسیب هـا تقسیم می شوند. از جهت نوع المانهای فاصـله : طرحهـا توسـط رلـه هـا ی راکتـانس و آمپـدانس از یکدیگر شناخته می شوند. از نظر اساس ساختمان طرحهای به صورت دو پله ای و سه پله ای تقسیم می شوند یک حفاظت دیستانس می تواند هم بعنوان حفاظت اصلی و هم به عنوان حفاظت پشتیبان بکار رود. در حالت حفاظت اصلی حفاظت باید یک ترکیب سه مرحله ای داشته باشد کـه نـواحی اول و دوم حفاظت خط را به حد اقل زمان تاخیر تأمین کننـد. و ناحیـه سـوم بعنـوان پـشتیبان قـسمت بعدی به کار می رود. در حالت حفاظت پشتیبان می بایست عمل پشتیبانی را بـرای حفاظـت اصـلی اجرا نماید.

رله دیستانس همانطوریکه از نامش پیداست بر اساس سنجش فاصـله یـا بـه عبـارت بهتـر آمپـدانس فاصله عمل می نماید. معمولا هر رله دیستانس دارای سه محدوده عملکرد می باشد که بازونهای Z_1 Z_2, Z_3 نشان داده می شود و در صورتیکه رله بتواند ناحیـه پـشت خـود را حفاظـت نمایـد. در ایـن صورت رله دارای Z_f یا زون برگشتی می باشد. همانطوریکه در شکل ۴-۱۵ مشخص شده است خط درای سه قمست (Section) می باشد و معمولا ۸۵٪ قسمت اول خط به وسـیله زون یـک حفاظـت شده و تمامی قسمتهای اول به علاوه۵۰٪قـسمت دوم بـو هـسیله زون دوم حفاظـت شـده و تمـامی قسمتهای اول و دوم به علاوه ۲۰٪ قسمت سوم خط بوسیله زون سوم حفاظت می شود. در صورتیکه

زون معکوس برای رله داشته باشیم، بنابراین زون سوم، ناحیه معکوس یا به عبارت دیگر پشت رلـه را تا ۲۰٪ خط می بیند.

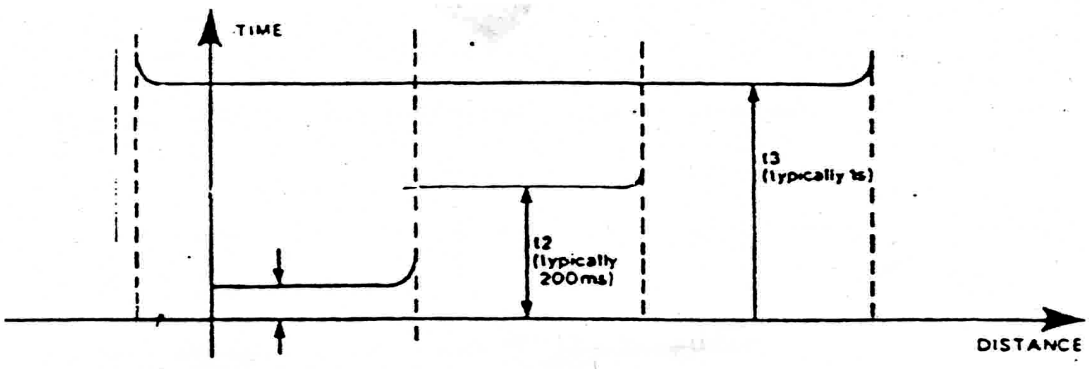


شکل ۴-۱۵

زمان زونهای اول ، دوم ، سوم با هم متفاوت بوده و Z_R هم زمانش با Z_3 یکسان می باشد به عنوان مثال

Z_3=۱ ثانیه Z_2=۲۰۰ میلی ثانیه Z_1= آنی

در نظر گرفته شده است اگر به طور مثال اتصال در ۸۵ ٪ قسمت اول اتفاق بیافتد رله به صورت آنـی کلید قدرت را قطع می کند ولی اگر اتصال در خط سوم و در ۲۰٪ اول آن باشـد بـا یـک زمـان یـک ثانیه کلید قدرت را قطع می نماید.



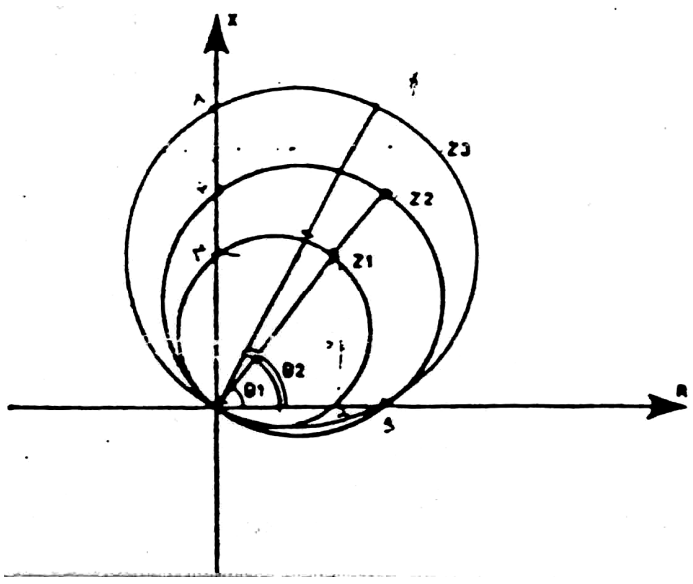
شکل ۵-۱۵

از محاسن رله دیستانس اینست که هر زون حفاظت کمکی (Backup) زون دیگر بوده و در صورتیکه زون مربوطه عمل نکند زون بعدی عمل خواهد نمود.

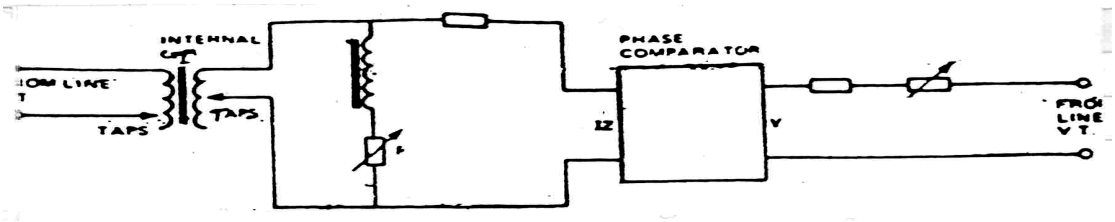
۱۶-۲۲-۱-۳-۱ . مشخصه سنجش آمپدانس

این مشخصه در محور افقی مقاومت اهمی و در محور عمودی مقاومت سلفی را مشخص می کند محدوده عملکرد هر زون به وسیله یک دایره (Z_1,Z_2,Z_3) مشخص می شود قطر هر دایره برابراست با $Z= \sqrt{R^2 + XL^2}$

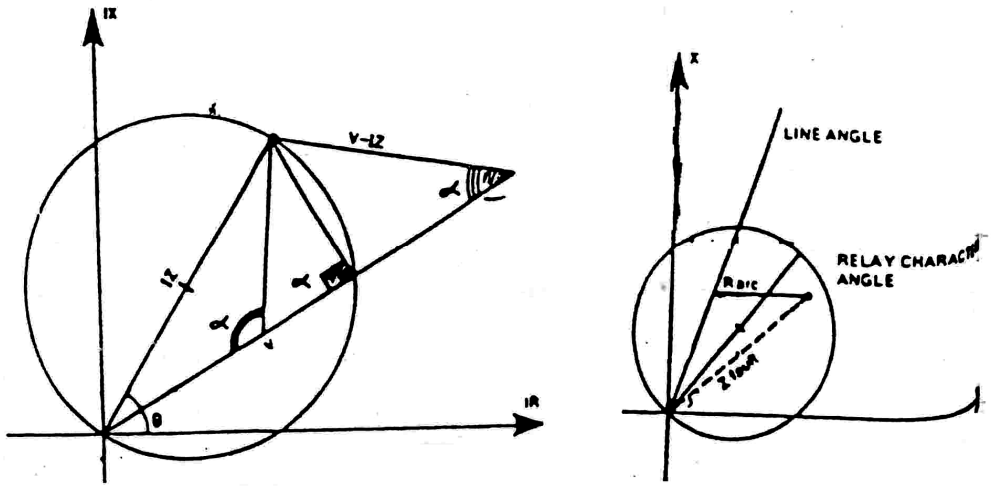
و همین طور مرکز دایره منطبق بر زاویه خط $\theta = ty^{-1}(\frac{X_4}{R})$ می باشد. شکل ۶-۱۵



با توجه به اینکه معمولا اتصال کوتاهها از طریق یک مقاومت ارک یا یک مقاومت اصلی می باشد لـذا برای کاربهتر و جلوگیری از عملکرد رله در زون غیر صحیح معمـولا زاویـه تنظیمـی رالـه را کمتـر از زمان واقعی در نظر می گیرند بدین وسسیله سنجش آمپدانس تنها با عبور جریان از مقادیر مقاومـت اهمی وسلفی تنظیم شده امکان پذیر می باشد، حال در صـورتیکه زاویـه بـین بردارهـا ۷ و V-IZ را بسنجیم با توجه به شکل زیر می توان اتصال یا عـدم اتـصالی را تـشخیص داد در صـورتیکه $\alpha < 90^\circ$ باشد مفهوم آن اینست که بردار V و یا ولتاژ خط در حـد نرمـال اسـت و بنـابراین بـدلیل اینکـه در محدود زون اتصالی نمی باشد بنابراین رله عمل نمی کند.

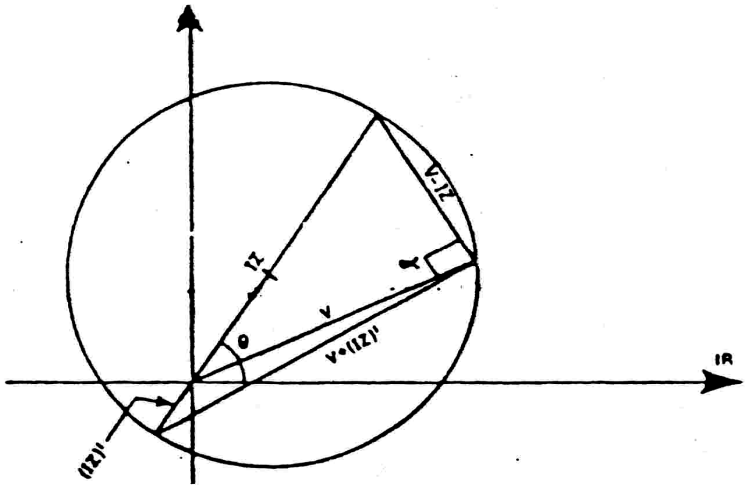


شکل ۷-۱۵



شکل a-۷-۱۵

حال اگر $\alpha \geq 90^{\circ}$ باشد که این مسئله کوچک شدن V در وضعیت اتصالی اتفاق می افتد. بنابراین رله تحت چنین شرایطی می تواند عمل نماید. در صورتیکه رله دارای Z_R باشد لازم است که دایره

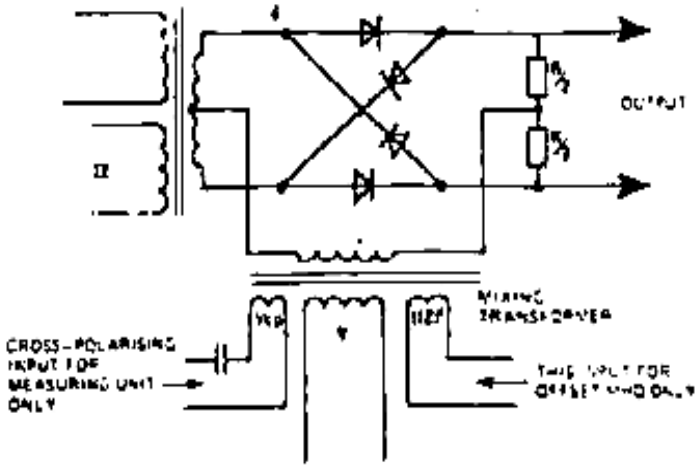


مربوط به Z_3 به اندازه $IZ^{'}$ به پایین شیفت پیدا کند. در شکل زیر این مسئله نشان داده شده است.

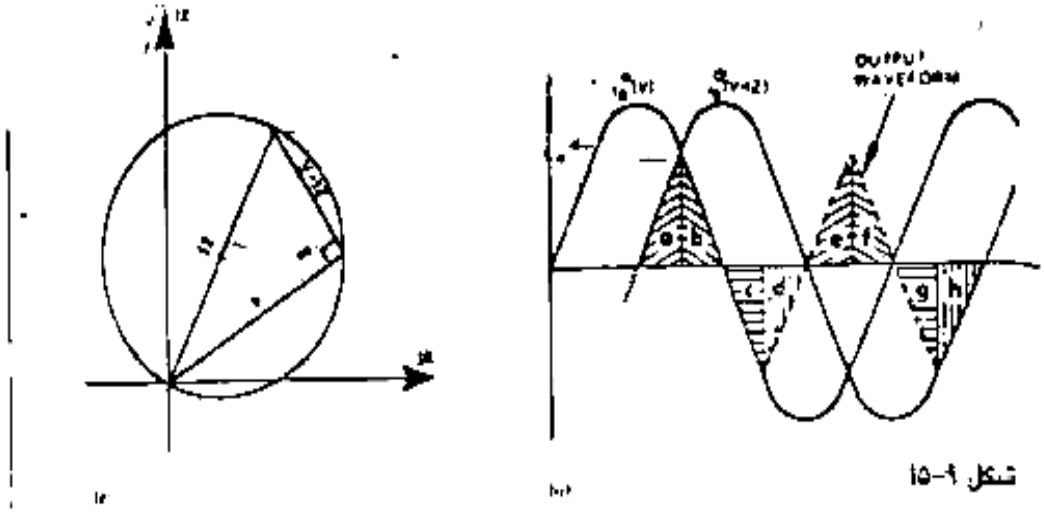
شکل b-۷-۱۵

عمل مقایسه و سنجش زاویه بین V و V-IZ توسط مداری بنام Comprator انجام می شود ورودیهای این مدار توسط دو ترانسفورماتور یکی بردار V-IZ را ساخته و دیگری $V\text{-}IZ^{'}$ را می سازد . شکل ۸-۱۵ صفحه ۲۹۸ کار مدار مقایسه کننده اینست که بر اساس مقدار زاویه α شکل موج خروجی مقایسه کننده که یک شکل موج مثلثی است را می توان دریافت نمود. در صورتیکه $\alpha = 90^{\circ}$باشد مقدار متوسط موج مثلثی برابر صفر است شکل ۹-۱۵ در صورتیکه $\alpha > 90^{\circ}$ باشد مقدار متوسط یک موج مثلثی منفی خواهد شد (شکلهای ۱۱-۱۵و۱۰-۱۵) خروجی مدار مقایسه کننده موج مثلثی وارد یک تقویت کننده عملیاتی شده و بر اساس زاویه α مقدار موثر موج مربعی خروجی تغییر می کند(شکلهای ۱۲-۱۵و۱۳-۱۵ صفحه۳۰۰و۳۰۱) . همانطور که از شکل ۱۴-۱۵ مشخص گردیده ، اگر خروجی تقویت کننده عملیاتی به یک رله وصل شود این رله جریانی در صورتیکه $\alpha > 90$باشد پس از یک زمان حدود ۴ سیکل به سطح عملکرد (opprate level) می رسد . در

صورتیکه $\alpha > 90$باشد پس از حدود ۲ سیکل خروجی تقویت کننده رله به سطح عملکرد خود رسیده و باعث تحریک تایمر مربوط به زون مورد نظرشده و نهایتا" فرمان تریپ را می دهد. در صورتیکه $\alpha > 90$ باشد رله پس از یک زمان نسبتا" طولانی عمل می کند که برای رفع اشکال در وضعیت عادی خط توسطpawer swing بلوکه شده که باعث عملکرد غلط رله دیستانس نشود. در شرایطی که جریانها و ولتاژ ها از نظر قدر مطلق برابر بوده و با یکدیگرْ ۱۲۰ اختلاف فاز دارند(سیستم متقارن) حل چنین سیستمی بسیار ساده بوده ولی دو سیستم غیر متقارن حل ان به سادگی امکان پذیر نمی باشد لذا می توان با استفاده از قضایای ریاضی یک سیستم نامتقارن را می توان به سه سیستم متقارن صفر، مثبت و منفی تبدیل نمود.

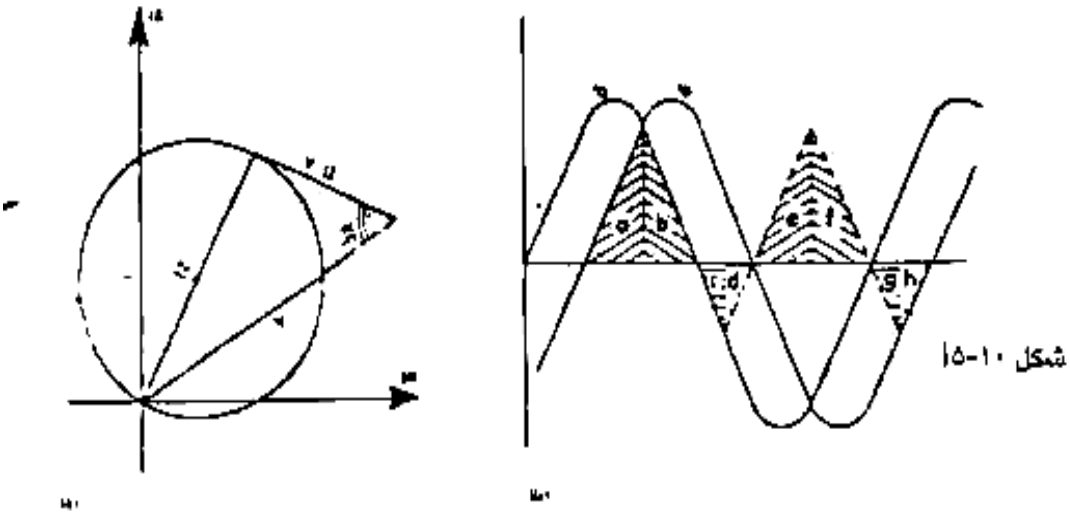


شکل ۸–مقایسه‌گر Comperator



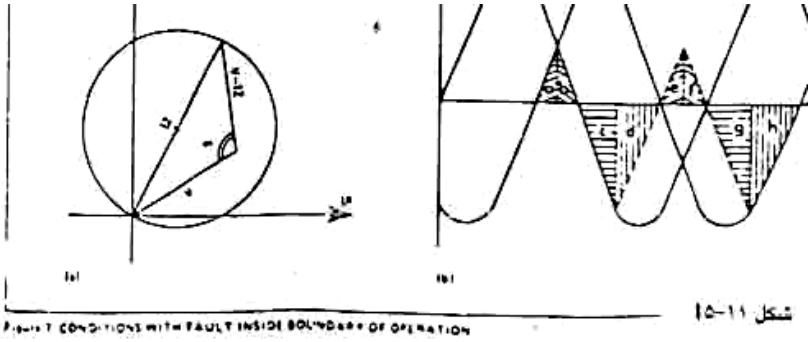
شکل ۹–۱۵

Figure 9 CONDITIONS WITH FAULT AT BOUNDARY OF CHARACTERISTIC



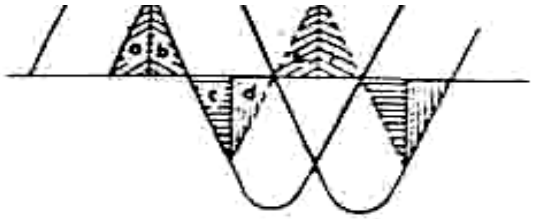
شکل ۱۰–۱۵

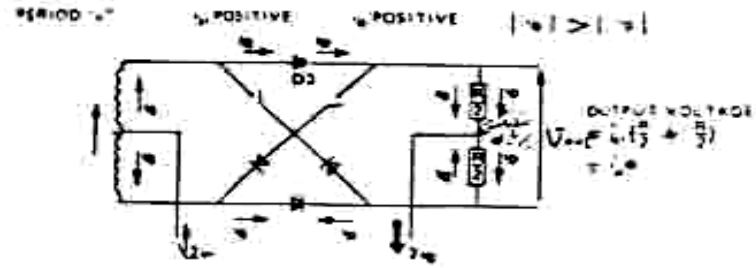
Figure 10 CONDITIONS WITH FAULT OUTSIDE BOUNDARY OF OPERATION

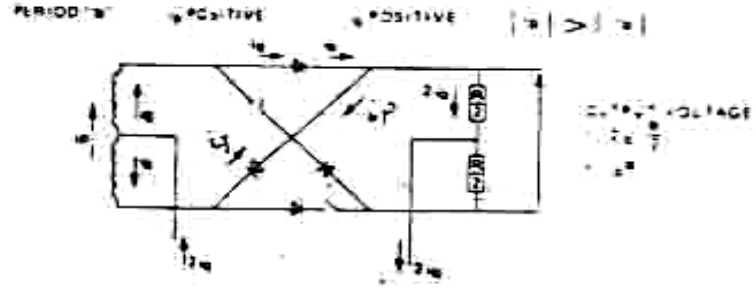


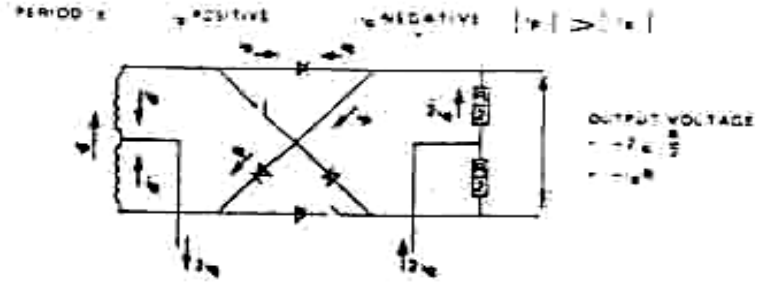
شكل ١١-١٥

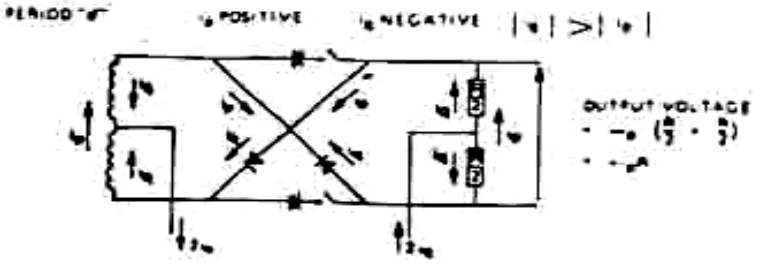
FIGURE 7 CONDITIONS WITH FAULT INSIDE BOUNDARY OF OPERATION



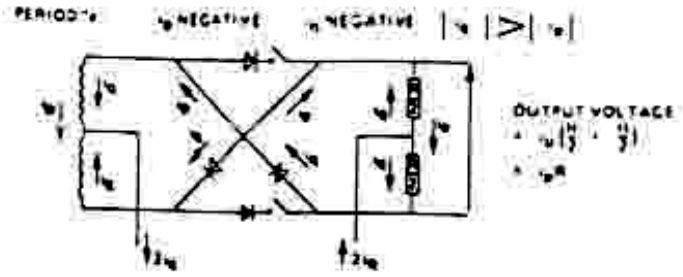


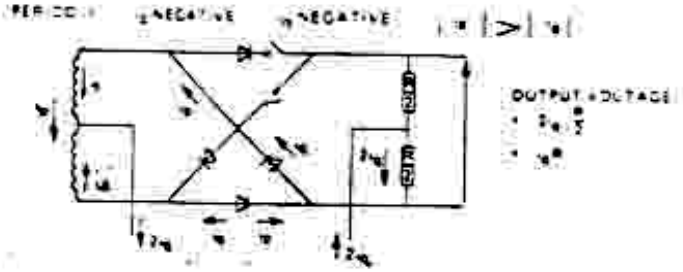


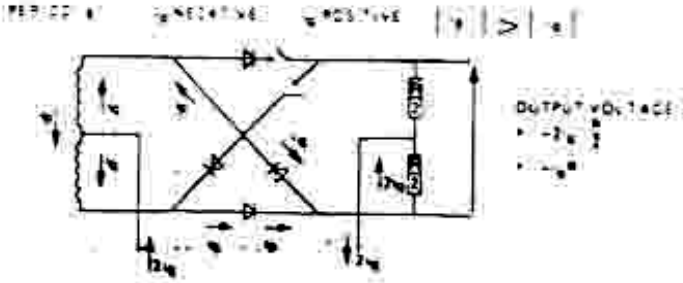


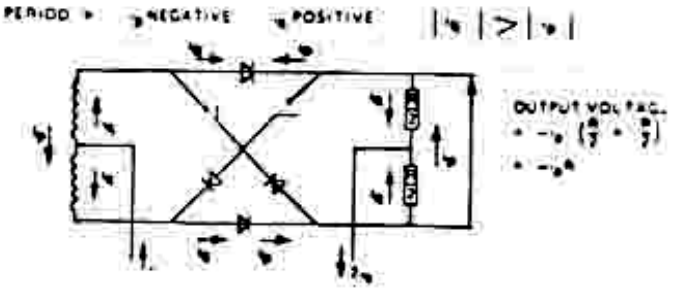


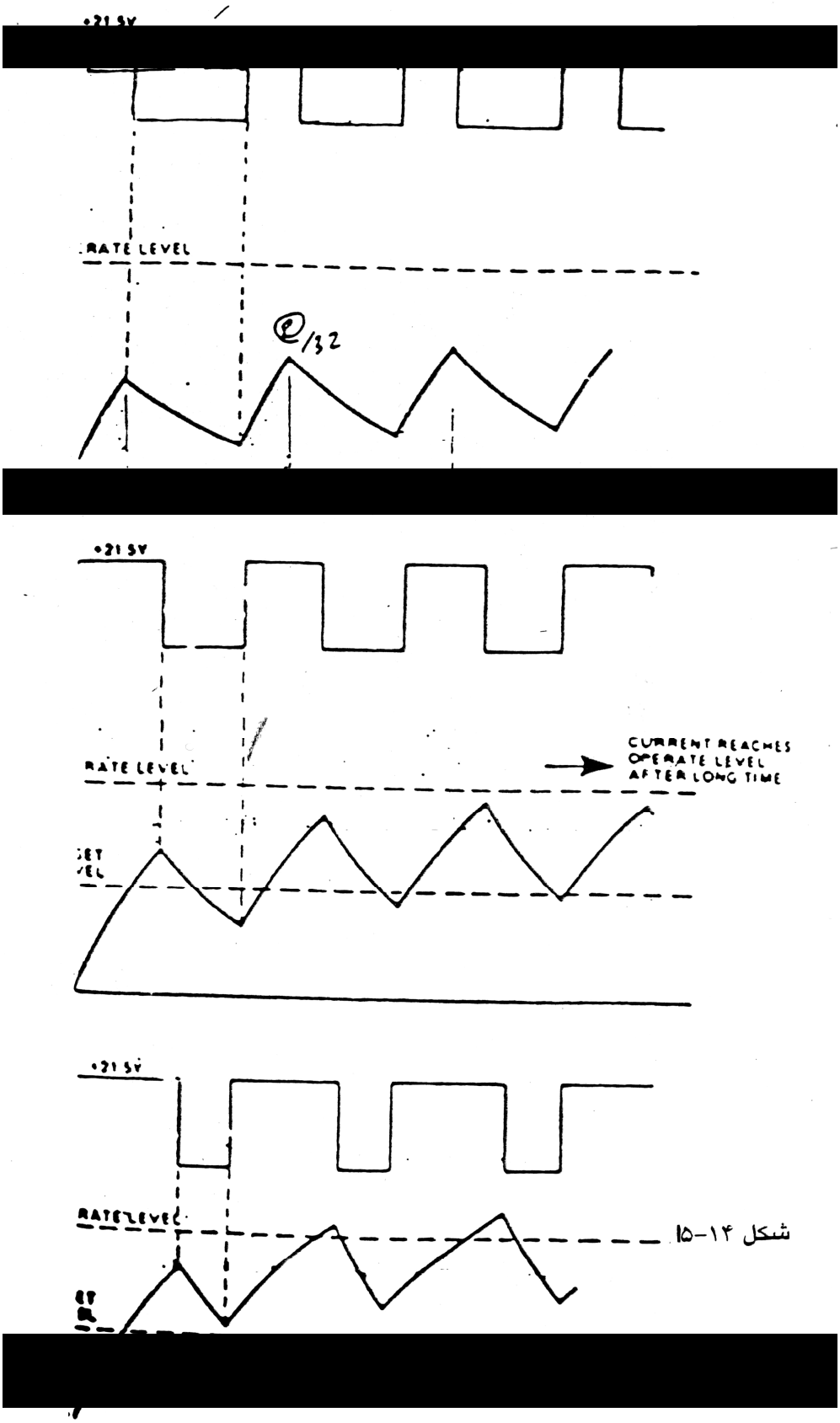
شکل ۱۲-۱۵











شکل ۱۴-۱۵

شکل ۱۳-۱۵

۱۶-۲۳ . اتوریلکوزر

بررسیهای بسیار زیادی که ر روی شبکه های فشار قوی انجام شده است. نشان می دهد که ۸۰ الی ۹۰ درصد اتصالیها گذرا هستند برای مثال رعد و برق یکی از این اتصالیها است که مکرر روی این شبکه اتفاق می افتد. همچنین نوسانات مکانیکی سیمهای شبکه بر اثر باد و طوفان باعث اینگونه اتصالیهای گذرا می گردد. ۱۰الی۲۳۰ درصد باقی مانده اتصالیهای دائمی هستند مثلا یک اتصالی که در اثر برخورد شاخه درختان با خطوط هوایی رخ می دهد از نوع نیمه دائمی است و اتصالیهای دائمی شامل پاره شدن خطوط یا اتصالیهای مربوط به کابلهای زیرزمینی می باشد. یک اتصالی کوتاه گذرا مثلا جرقه زدن بین دو فاز مدار توسط یک یا چند کلید برطرف می گردد. ولی پس از قطع مدارها کلید به حالت اولیه برگشت نمی کند . و مدار همچنان قطع باقی می ماند . برای رفع این عیب و برای اینکه مدار پس از رفع اتصالی بار دیگر به کار عادی خود ادامه دهد رله های اتوریکلوزر نیاز می باشد . که این رله ها توانایی وصل مکرر مدار را دارا می باشد. درموقع یک اتصال کوتا ه ابتدا مدار توسط کلید قطع گردیده و پس از مدتی حدود چند سیکل رله رکلوزر مدار وصل می نماید ولی اگر اتصالی بر طرف شده باشد شبکه به کار عادی خود ادامه می دهد. ولی اگر اتصالی هنوز باقی باشد دوباره مدار قطع گردیده و چندین بار بر حسب نوع رله وتنظیم آن این عمل قطع و وصل ادامه می یابد بر حسب تنظیم رله اگر پس از چندبار قطع و وصل اتصالی باقی باشد مداربرای همیشه قطع می شود و این بمعنی اتصال کوتاه دائمی می باشد.

۱۶-۲۳-۱ . عوامل موثر در طراحی رله های اتورکلوزر

۱۶-۲۳-۱-۱ . زمان قطع جریان- پایداری سیستم و سنکرونیزاسیون

مسئله پایداری و سنکرونیزاسیون در شبکه های شعاعی در نظر گرفته نمی شود ولی در شبکه های فشار قوی غیرشعاعی وضعیت تفاوت می کندو لازم است مسئله پایداری و سنکرونیزاسیون مورد بررسی قرار گیرد. اگر شبکه ای دارای بیش از یک منبع تغذیه باشد از حالت شعاعی خارج شده و مسئله پایداری را باید در نظر گرفت برای مثال کار خانه ای که دارای دیزل ژنراتور بوده می بایست با شبکه محل سنکرون گردد پس از وقوع یک اتصالی در فیدرها انشعابی و بمنظور وصل مجدد مدار زمان قطع باید در حد اقل زمان تنظیم شده باشدودر عین حال این هوا برای جابجا کردن هوای یونیزه شده بین اتصالی کافیست همچنین،باید زمانهای تأخیری را که در اغتشاش کل سیستم تأثیر دارد به حداقل کاهش داد استفاده از حفاظت سریع مانند طرح های دیستانس زمان ۵۰ میلی ثانیه نیاز دارد کلید ها باید تا در باشند در ۵۰الی ۱۰۰میلی ثانیه عمل کنند و شبکه را قطع نمایند و سپس بین ۰/۲تا۰/۳ ثانیه مجدداً شبکه را وصل کنند زمان از بن بردن هوای یونیزه شده توسط جرقه با بکار بردن رله های باسرعت بالا کاهش یافته است و در شبکه های فشار قوی زمان ۰/۱تا۰/۲ ثانیه برای از بین بردن هوای یونیزه شده کافیست و در عین حال بهتر است که در بعضی مواقع یک رله کنترل کننده سنکرونیزاسیون در سیستم باشد تاازوصل مجدد هنگام از بیش روشن سنکرونیزاسیون جلوگیری کند. در شبکه های فشار قوی مثاله مهم اثر زمان قطع بر روی مصرف کننده های مختلف می باشد.

۱۶-۲۳-۱-۲ . زمان دائمی

زمان رهایی (زمانی که بعد از یک عملکرد موفق وصل که این زمان از لحظه بسته بدن کنتاکتها رله رلکوزر میباشد) باید به اندازه کافی باشد که رله های حفاظتی در موقع اتصالی دائمی وقتی که کلید دوباره وصل می باشد. عمل کننده عمومی ترین نوع حفاظت در شبکه های فشار قوی

، رله اضافه جریان تأخیری و رله اتصالی زمین می باشد در جاهائیکه کلیدها قرار دارند کـه فنـر آنهـا توسط موتور شارژ می شود .میان رهایی باید حداقل برابر زمان پیچش فنر باشد.

۱۶-۲۳-۱-۳ . تعداد دفعات قطع و وصل

تعداد مرتبه های قطع و وصل بطور کلی تعیین نشده است بلکه تعدادی از پارامترهاکـه بایـد در نظر گرفته شوند عبارتند از محدودیت های کلید وشرایط سیستم.

۱۶-۲۳-۲ . فرستنده های سیگنالی قطع رله ریکلوزر

برای تأمین قطع آنی در طول خط حفاظت شده اسـتفاده از فرسـتنده سـیگنال در دو انتهـای خط می باشد. این روش به طریق های متفاوتی از طریق استفاده از سیمهای رابط، توسـط هادیهـای هوای خود خط، توسط plc ، توسط ماکروویو،و ... انجام می شود. لازم به یـادآوری اسـت کـه وقتـی طرح همراه با اتوریکلوزر نیز استفاده شود تا از عمل اتوریکلوزر در اتصالیهای دیـده شـده توسـط رلـه های دیستانس در ناحیه ۲و۳ جلوگیری کند.