اصول مقدماتی

مقدمه

سیستمی که پس از وقوع خطا سبب می‌شود حداقل قطعی برق در سیستم قدرت وجود داشته باشد و در عین حال حداقل خسارت به تجهیزات شبکه وارد شود حفاظت سیستم قدرت نـام دارد [۲و۱]. بنابراین حفاظت سیستم قدرت مجموعه رله‌های حفاظتی است که سبب برطرف شدن کامل خطا می‌گردد.

بطور کلی وقوع خطا ممکن است هر یک از نتایج زیانبار ذیل را در پی داشته باشد:

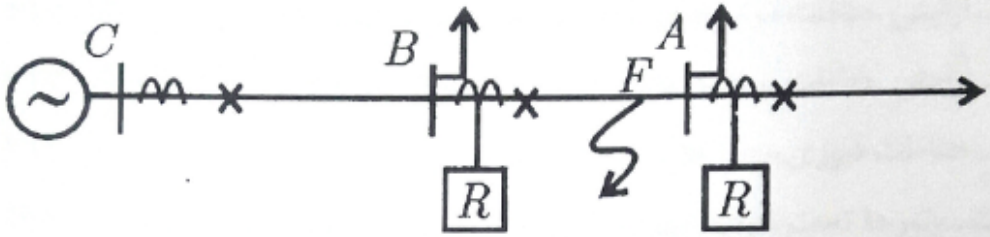
الف - با عبور جریانهای بزرگ غیرعادی از بخشی از شبکه، تجهیزات بیش از حد گرم می‌شوند.

ب - ولتاژهای سیستم خارج از میزان قابل قبول قرار می‌گیرد، نتیجه اینکه ممکن است به تجهیزات خسارت وارد شود.

ج - در قسمتهایی از شبکه ممکن است سیستم به صورت سه‌فاز نامتعادل شود، به این معنی که تجهیزات بطور صحیح نمی‌توانند کار کنند.

۱ـ۱ـتعاریف

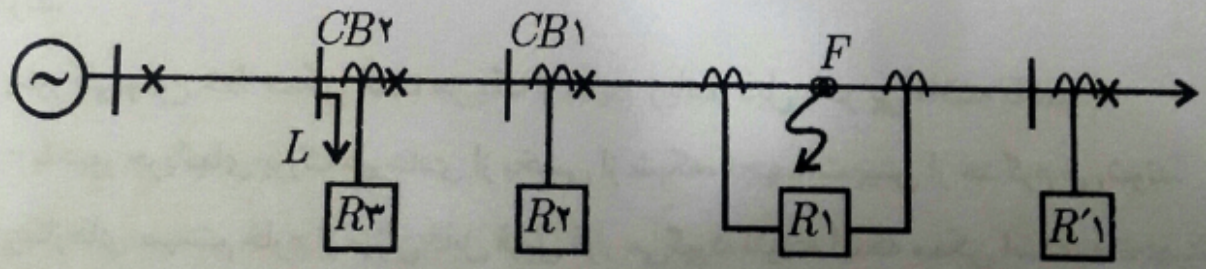
الف – سرعت: وظیفه یک سیستم حفاظتی این است که قسمتی را که خطا در آن واقع شده، در کوتاه‌ترین زمان ممکن از سایر قسمتهای شبکه جدا کند. هرچه زمان عملکرد سیستم کمتر باشد، سرعت آن بیشتر است. شکل (۱–۱) یک شبکه قدرت کوچک و رله نصب شده در آن را نشان می‌دهد. برای خطا درنقطه F، رله نصب شده در B و روی خط BA در سریع‌ترین زمان ممکن باید عمل کند تا قسمت دارای خطا از بقیه سیستم جدا گردد.



شکل (۱ـ۱): یک شبکه کوچک به همراه رله‌های حفاظتی نصب شده روی آن

ب – تشخیص، انتخاب: منظور از تشخیص یا انتخاب عبارت است از خاصیت تمیز دادن تحت شرایط خطا، مبنی بر این که کلید قدرت مناسب قطع شود و نتیجه آن قطع حداقل سیستم باشد. به عنوان مثال در شکل (۲ـ۱) برای خطا در نقطه F تشخیص مناسب آن است که رله R_1 و کلید CB_1 قطع شود و کلید دیگر نظیر CB_2 که پشتیبان CB_1 است عمل نکند. و بدین‌سان از قطع بی جهت بار جلوگیری شود.

ج – پایداری: عبارت است از توانایی یک سیستم حفاظتی در این که در تمام حالات نسبت به خطای خارج از ناحیه‌ای از سیستم قدرت که باید حفاظت نماید (ناحیه حفاظتی) عکس العملی از خود نشان ندهد.



شکل (۲ـ۱): یک شبکه نمونه به همراه رله‌ها و کلیدهای قسمت‌های مختلف

رله ها و سیستم های حفاظتی

جهت انتقال انرژی الکتریکی، خطوط سه فاز (سه یا چهار سیمه) زمینی یا هوایی احداث و بهره برداری می گردد که در شکل ۱ نمونه ای از آنها در سطوح مختلف ولتاژی آورده شده است که اجزاء اصلی این شبکه ها بر روی شکل نشان داده شده است

a) شبکه های انتقال و فوق توزیع هوایی

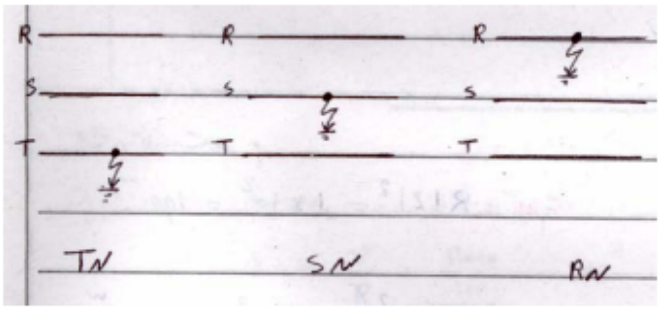
b) شبکه فشار متوسط هوایی

c) شبکه فشار ضعیف هوایی

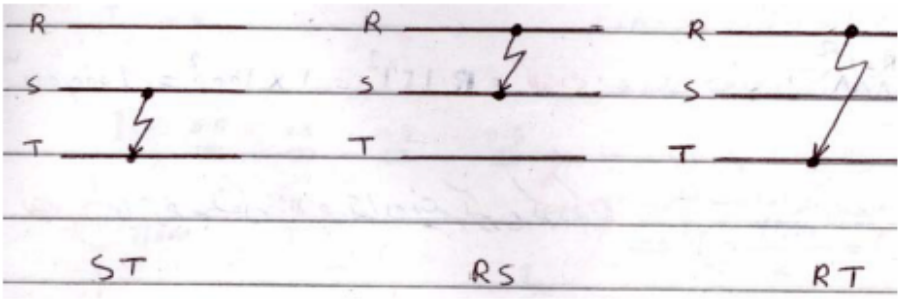
شکل ۱: نمایش شماتیک خطوط انتقال انرژی

فازها در سیستم قدرت سه فاز با اسامی مختلفی نظیر *RST* ، *UVW*،*ABC*، *RYB* و ... نامگذاری می گردند که همگی بیانگر شبکه سه فاز با توالی راستگرد می باشند. در این سیستم سه فاز هرگاه ایزولاسیون بین فازها و یا فازها و زمین دچار اختلال (موقت یا دائم) شود، گویند اتصال کوتاه رخ داده است. اتصال کوتاه ها به دو دسته اتصال کوتاه متقارن و اتصال کوتاه نامتقارن طبقه بندی می گردند که در شکل (۲) انواع اتصال

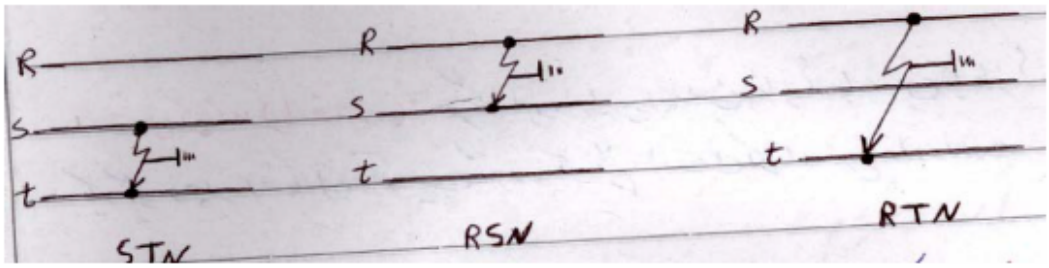
کوتاه ها نشان داده شده است. اتصال کوتاه نامتقارن شامل اتصال تک فاز به زمین (SLG[1])، دو فاز به هم (LL[2]) و دو فاز به هم و زمین است(LLG[3]).



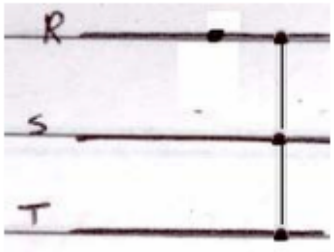
الف-تک فاز به زمین



ب-دو فاز به هم



ج-دو فاز بهم و زمین



د-سه فاز

شکل ۲: انواع اتصال کوتاه در سیستم قدرت

1- SLG: Single line to ground

2- LL: line to Line

3- LLG: line to line to ground

تعریف تلفات و نقش جریان الکتریکی در آن:

توان الکتریکی مصرف شده در یک مقاومت با مقدار R اهم که جریان الکتریکی با دامنه I آمپر از آن عبور می کند از رابطه (۱) تعیین می گردد:

$$P = RI^2 \qquad (۱)$$

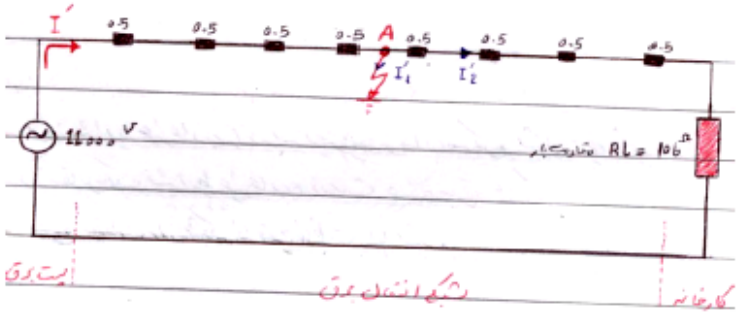
در جدول (۱) توان مصرفی یک مقاومت ۱ اهم به ازای جریان های مختلف مقایسه شده است. لذا هرگاه دامنه جریان عبوری افزایش یابد میزان تلفات به توان دوم آن افزایش می یابد. همین مساله سبب افزایش حرارت هادی ها می گردد و می تواند سبب تخریب سیستم عایقی گردد. عبور جریان های الکتریکی در سیستم قدرت نیروهای دینامیکی به دنبال دارند که با افزایش دامنه جریان این نیروها نیز افزایش می یابد لذا باید سیستم قدرت را در مقابل تنش های ناشی از جریان های بالا محافظت نمود.

جدول ۱: میزان تلفات در یک مقاومت ۱ اهم به ازای جریان های مختلف عبوری از آن

ردیف	دامنه جریان [A]	میزان تلفات [W]
۱	۱۰	۱۰۰
۲	۱۰۰	۱۰۰۰۰
۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰

محاسبه جریان در شرایط عادی و اتصال کوتاه:

محاسبات جریان عبوری از ژنراتورها، هادی ها و ترانسفورماتورها در حالت عادی از طریق محاسبات پخش توان و در حالت اتصال کوتاه براساس مطالعات اتصال کوتاه تعیین می گردد. جریان اتصال کوتاه به میزان قابل توجهی بزرگتر از جریان بار است که جهت مقایسه مدار معادل تک فاز یک شبکه سه فاز فشار متوسط ۲۰ کیلوولت در شکل ۳ نشان داده شده است و برای آن جریان بار و اتصال کوتاه محاسبه می گردد.

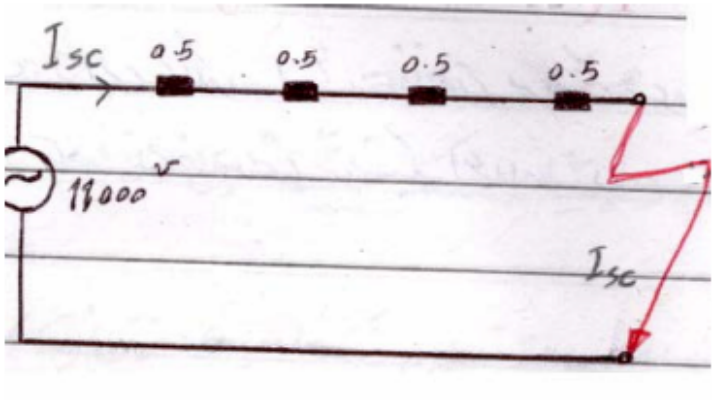


شکل۳: مدار معادل تک فاز یک سیستم سه فاز فشار متوسط ۲۰ کیلوولت

جریان بار عبوری از سیستم در حالت سالم بودن شبکه از نسبت ولتاژ به امپدانس معادل سیستم محاسبه می گردد:

$$I = \frac{V}{Z_{in}} = \frac{20000/\sqrt{3}}{110} = 105\,A$$

اگر در نقطه A اتصال کوتاه رخ دهد $I_2^{'} = 0$ خواهد شد که در شکل (۴) مدار معادل این حالت نشان داده شده است:



شکل ۴: مدار معادل شکل ۳ پس از بروز اتصالی در نقطه A:

بنابراین در این حالت جریان تحویلی ازسوی منبع که در شرایط بروز اتصال کوتاه است عبارتست از:

$$I = \frac{V}{Z_{in}} = \frac{20000/\sqrt{3}}{2} = 5774\,A$$

نتیجه: با بروز اتصال کوتاه به دلیل حذف قسمتی از مدار و در نتیجه کاهش امپدانس شبکه، دامنهٔ جریان خطا در مقایسه با جریان بار افزایش می‌یابد. این دامنه جریان بالا استرس حرارتی به عایقها وارد می کند و می تواند سبب تخریب آنها گردد. از سوی دیگر در اثر جریان های اتصال کوتاه زیاد، نیروهای الکترودینامیکی امکان آسیب رساندن به تاسیسات الکتریکی را دارند لذا بکارگیری سیستم حفاظتی جهت جلوگیری از آسیب های بیان شده ضروری است. لذا جهت محافظت تاسیسات الکتریکی های حفاظتی الکتریکی که براساس پارامترهای الکتریکی (نظیر دامنه جریان و ولتاژ، توان، فرکانس و ...) عمل می نمایند و نیز رله های حفاظتی مکانیکی که براثر تغییر پارامرهای مکانیکی (نظیر دما، فشار گاز، سطح روغن و ...) عمل می نمایند بکارگیری می شود.

انتظارات از سیستم حفاظتی:

حفظ تجهیزات و تامین ایمنی نیروی انسانی مهمترین انتظار از یک سیستم حفاظتی است و برای این منظور ضروری است که سیستم حفاظتی:

- بروز شرایط غیرعادی را در سریعترین زمان ممکن شناسایی نماید.
- در مقابل یک شرایط غیرعادی درست و به موقع عمل کند.
- هیچ نقطه‌ای از شبکه فاقد حفاظت نباشد.

نکته: با بروز اتصالی در یک نقطه از سیستم قدرت تمام منابع در تأمین جریان عیب مشارکت دارند واز تمام مسیرها جریان به سمت نقطه عیب جاری می‌شود. لذا به ازای بروز یک عیب چندین رله وجود عیب را شناسایی می نمایند و ضروری است ترتیبی اتخاذ گردد که نزدیکترین رله ها به محل خطا عمل نمایند بنابراین هماهنگی حفاظتی فی مابین رله های حفاظتی ضروری است.

تعریف مفاهیم پرکاربرد در بهره برداری از رله های حفاظتی

- **هماهنگی حفاظتی** (*coordination*):

ترتیب و توالی عملکرد رله‌های حفاظتی به هنگام بروز عیب در یک نقطه از شبکه را تعیین می‌نماید تا حداقل خاموشی به شبکه اعمال شود.

- **تریپ** (*trip*):

رله حفاظتی وجود عیب را شناسایی می‌نماید و به جهت فراهم شدن شرایط عملکرد (مثلا عیب در محدودهٔ عملکرد اصلی آن است) فرمان قطع به کلید قدرت مربوطه اش صادر می‌کند.

- **تحریک** (*excitation* یا *start*):

رله حفاظتی وجود عیب را شناسایی می‌کند و به جهت فراهم نشدن شرایط عملکرد (مثلا عیب در محدودهٔ اصلی عملکرد آن نیست و رله‌های نزدیک‌تر به محل عیب عمل نموده‌اند) این رله فرمان قطع به کلید قدرت مربوطه اش صادر نمی کند.

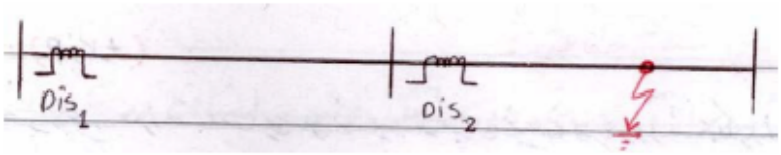
- **حفاظت اصلی** (*main protection*):

در صورت بروز عیب در محدودهٔ عملکرد رله انتظار می رود این رله در سریعترین زمان عیب را از سیستم ایزوله کند. در ایستگاه های انتقال به دلیل اهمیت شبکه انتقال و افزایش قابلیت اطمینان عملکرد حفاظت *SUB1* و *SUB2* طراحی و پیاده سازی می گردد.

- **حفاظت پشتیبان** (***Backup protection***) **:**

این حفاظت با بروز عیب آن را شناسایی می‌کند و در صورت عدم عملکرد رله‌های اصلی عیب را پاکسازی می‌کند.

- **انواع رله‌های پشتیبان:**
  - محلی: :محل قرار گرفتن رله‌های اصلی و پشتیبان در یک ایستگاه برق است
  - راه دور: محل قرار گرفتن رله‌های اصلی و پشتیبان در یک ایستگاه برق نیست



شکل ۵: رله های پشتیبان محلی و راه دور

در شکل بالا Dis_1 پشتیبان راه دوررله Dis_2 است.

- **تنظیمات** (***settings***):

مرز بین شرایط عادی و غیرعادی را تعیین می‌کند و چگونگی واکنش رله را در شرایط غیرعادی معین می‌نماید.

- **رله کمکی** (***Auxiliary Relay***)

رله‌های اصلی و پشتیبان وظیفه شناسایی عیب را برعهده دارند پس از شناسایی عیب (به دلیل محدودیت تعداد کنتاکت‌ها و جریان آنها و همچنین گران بودن رله‌های اصلی و پشتیبان) فرمانی به رله کمکی صادر

می‌کنند و رله کمکی با تکثیر کنتاکتها وظیفه دارد نسبت به قطع کلید، صدور آلارم و.. اقدام نماید لذا رله کمکی در شناسایی خطا هیچ نقشی ندارد و صرفا فرامین صادره از سوی سایر رله ها را اجرا می کند.

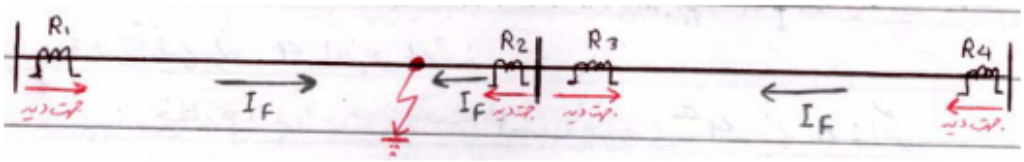
- **رله‌های جهتی** (*Directional Relays*):

برای عملکرد نیاز به برقراری همزمان دو شرط زیر دارد:

الف) مقدار تغییر پارامتر از تنظیم آن بالاتر رود.

مثال: اگر جریان خطا 500^{A} باشد و اگر جریان عبوری کمتر از ۵۰۰ آمپر جریان خطا باشد واکنش نشان نمی‌دهد.

ب) مشخصات جریان عیب و جهت دید رله باید یکسان باشد.



شکل ۶ : نمایش سیستم قدرت با حفاظت جهتی

رله‌های R_1, R_2, R_4 عیب را شناسایی و آماده بروز واکنش مناسب هستند رله R_3 به علت اینکه جهت دید رله و جهت جریان خطا یکسان نیست واکنشی نشان نمی دهد.

رله غیرجهتی (*non Directional Relays*)

رله‌ای است که در آن جهت دید تعریف نمی‌شود و به عبارت دیگر تنها برای عملکرد لازم است مقدار تغییر پارامتر از میزان تنظیمی رله بالاتر باشد.

خطای توسعه یافته:

هرگاه عناصر حفاظتی (رله ـ CT ـ CVT ـ CB و...) به درستی عمل نکند و علاوه بر بخش معیوب قسمتی از بخش سالم شبکه بی برق گردد گویند خطا توسعه یافته است.

مراحل عملکرد رله های حفاظتی در یک ایستگاه برق:

پس از شناسایی عیب توسط رله، لازم است فرمان قطع به کلید قدرت مربوطه اش صادر و هشدارهای لازم را به بهره برداران سیستم اعلام نماید. به طور خلاصه در صورت عملکرد رله رویدادهای زیر انجام می شود:

- قطع کلید قدرت مربوطه
- بوق و زنگ به صدا در می‌آید.
- در تابلو کنترل آلارم های عملکرد رله بر روی پنجره آلارم مربوطه ظاهر می‌گردد.
- خطای رخ داده در در فالت رکوردر ثبت می‌شود.
- عملکرد تجهیزات ناشی از بروز خطا (نظیر نوع رله عمل کننده، باز شدن کلید قدرت و...)درایونت رکوردر ثبت می‌شود.
- به مرکز کنترل دیسپاچینگ اطلاعات عملکرد تجهیزات ارسال می‌شود.

فلسفه طراحی و رله گذاری

در ایستگاه‌های برق مشابه نوع و تعداد رله‌های حفاظتی با هم متفاوت است از دلایل آن می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اهمیت ایستگاه‌های برق
- تغییر استانداردهای رله گذاری و بهبود فلسفه و معیارهای طراحی

اغلب در یک سیستم قدرت برای حفاظت تجهیزات (نظیر یک بی‌خط یا ترانسفورماتور) حفاظت‌های مختلفی پیش‌بینی می گردد زیرا:

- رله‌های حفاظتی هر یک قادر هستند یک خطای معینی را شناسایی نمایند. (مثلاً رله اتصال زمین توانایی شناسایی اتصالی دو فاز به هم را ندارد) لذا تنوع رله‌ها باید به گونه‌ای باشد که بتوان تمام خطاهای ممکن را شناسایی نمود.
- هر رله امکان معیوب شدن دارد. تعداد رله‌ها باید به گونه‌ای باشد در صورت معیوب شدن یک رله، رله‌های دیگر بتوانند بروز عیب را شناسایی نمایند و سیستم بدون حفاظت نشود.

انواع رله‌ها از دیدگاه تکنولوژی ساخت:

از دیدگاه تکنولوژی ساخت رله ها به سه نسل کلی زیر تقسم می گردند:

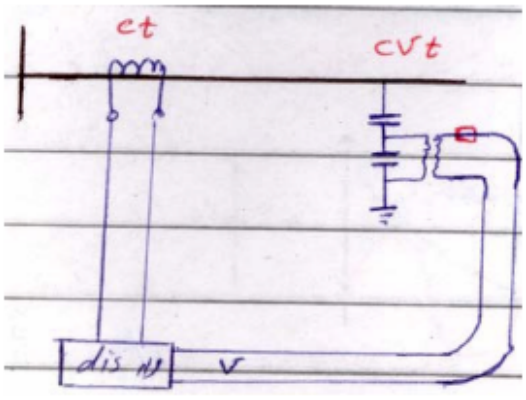
- رله‌های الکترومکانیکی: این رله ها مبتنی بر عناصر گردان و دیسک می باشند.
- رله‌های استاتیکی: این رله ها مبتنی بر مدارات الکترونیکی می باشند.
- رله‌های نیومریک (دیجیتالی ـ عددی) «*Numerical*»: این رله ها مبتنی بر ریزپردازه ها می باشند.

وجه مشترک رله‌های استاتیکی و نیومریکال:

اگر تغذیه DC این رله قطع، شود رله واکنشی در مقابل عیوب نشان نمی‌دهد به عبارت دیگر سیستم حفاظتی عملکردی نخواهد داشت لذا برقرار بودن تغذیه DC رله اهمیت بالایی دارد و یک بهره بردار در بازدید از رله ها برقرار بودن تغذیه DC را باید کنترل نماید.

نقش عناصر واسطه در سیستم حفاظتی:

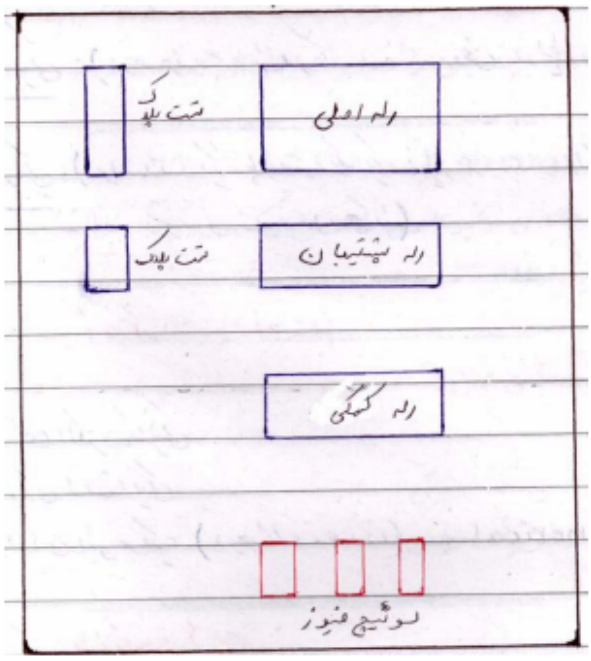
ترانسفورماتورهای جریان (CT) و ترانسفورماتور ولتاژ (PT) به عنوان عناصر واسطه در سیستم حفاظتی ایفای نقش می نمایند که اطلاعات الکتریکی شبکه شامل ولتاژ و جریان را به رله ارائه می نمایند و رله سایر پارامترهای مورد نیاز نظیر امپدانس، توان فرکانس و غیره را با توجه به این دو پارامتر اصلی محاسبه می‌کند.



شکل۷ : جایگاه عناصر واسطه در سیستم های حفاظتی

عناصر نصب شده بر روی تابلوی حفاظت:

غالبا کلیه حفاظت های مربوط به هر تجهیز (خط، ترانسفورماتور، ژنراتور و ...) بر روی یک یا دو تابلو مستقل و مشخص می گردد که به طور شماتیک عناصر آن در شکل۸ داده شده است.



شکل۸ : شماتیکی از عناصر تابلوی حفاظت یک تجهیز

۱-۲- ساختار عملکرد رله‌ها (Functions of Relays)

رله‌ها از نظر تکنولوژی ساخت به سه نوع الکترومکانیکی، استاتیک و دیجیتال[1] تقسیم می‌گردند. نوع الکترومکانیکی رله‌ها در حال جایگزین‌شدن با انواع دیجیتال بوده و استفاده از آنها بسیار محدود شده است. در نوع استاتیکی طراحی بر مبنای ادوات الکترونیکی آنالوگ بوده و لذا فاقد امکان برنامه‌ریزی می‌باشند. در نوع دیجیتال از پردازنده جهت آنالیز جریان خطا و اعمال فرمان مناسب استفاده می‌شود و با توجه به این امر امکان برنامه‌ریزی رله و داشتن چندین مشخصه عملکردی متفاوت امکانپذیر خواهدبود. در این نوع رله‌ها چندین عملکرد مختلف که پیش از آن به کمک رله‌های مجزا انجام می گرفت را می‌توان بصورت مجتمع در یک رله قرارداد که البته این امر می‌تواند باعث کاهش قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی گردد. با این حال استفاده از رله‌های دیجیتال در حال حاضر گزینه اصلی حفاظتی بوده و پیشنهادات بر این مبنا ارائه می‌شوند.

۱-۳- انواع رله‌ها

جهت تشخیص انواع مختلف خطا و با توجه به مشخصه‌های موردنیاز، انواع مختلفی از رله در سیستم حفاظتی مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه به اجمال معرفی می‌شوند.

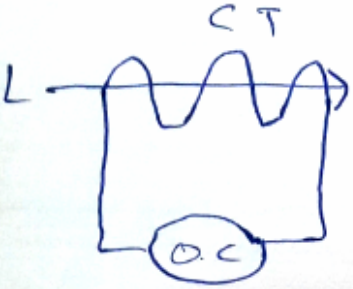
۱-۳-۱- رله اضافه جریان[2]

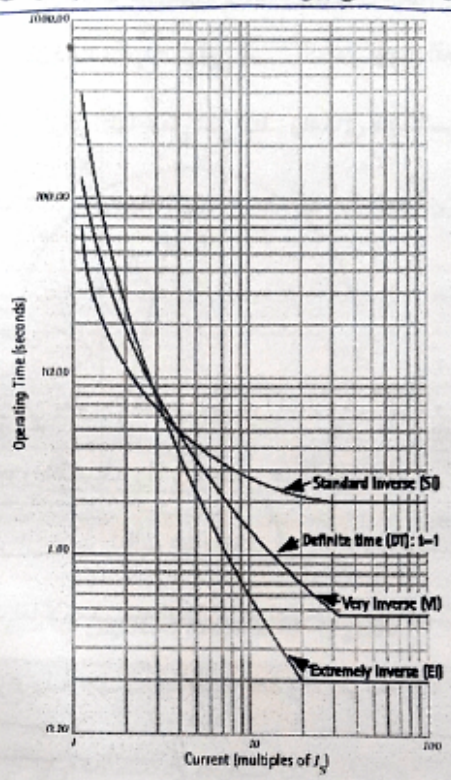
متداولترین نوع رله که در شبکه استفاده می گردد، رله جریان زیاد است. رله‌های جریان زیاد تأخیری دارای چند مشخصه زمان ـ جریان بوده و زمان قطع آنها وابسته به مقدار جریان خطا می‌باشد. مطابق استاندارد IEC سری ۶۰۲۵۵ این نوع رله‌ها بایستی دارای چها مشخصه مختلف باشند که زمانهای قطع متفاوتی را ارائه می کنند. این رله‌ها می‌توانند از نوع جهت‌دار باشند که در این صورت رله تنها به خطاهای در یک جهت پاسخ می‌دهد. رله جریان زیاد تأخیری می‌تواند به واحد آنی نیز مجهز گردد که در این صورت در جریانهای بسیار زیاد، زمان عملکرد رله ثابت و مقدار کوچکی خواهد بود. رله‌های اضافه

---

[1] Digital / Numecrical

جریان آنی می‌توانند بصورت واحد مجزا نیز مورد استفاده قرار گیرند. شکل شماره (۱-۱) مشخصه‌های زمان – جریان رله اضافه جریان را مطابق با استاندارد IEC نشان می‌دهد. رله‌های اضافه جریان دارای دو تنظیم زمانی و جریانی می‌باشند. به کمک تنظیم جریان می‌توان حد جریان شروع عملکرد[1] رله را تنظیم کرد و به کمک تنظیم زمانی هماهنگی بین رله‌های مختلف امکانپذیر می گردد.





شکل (۱-۱): مشخصه‌های رله اضافه جریان

۱-۳-۲- رله دیستانس

رله دیستانس نامی عمومی برای رله‌های امپدانسی است که از ورودیهای ولتاژ و جریان استفاده کرده و یک سیگنال خروجی را تهیه می‌نمایند. فرمان قطع زمانی صادر می‌شود که فاصله نقطه خطا از محل نصب رله کوچکتر از یک مقدار مشخص باشد.

---

[1] . *Pick up Current*

این نوع رله بطور گسترده‌ای برای حفاظت خطوط مورد استفاده قرار می‌گیرد. رله دیستانس همچنین برای حفاظت اتصال حلقه به حلقه سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتورهای قدرت نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مشخصه عملکردی رله دیستانس معمولاً بصورت گرافیکی و بر حسب دو متغیر R و X نشان داده می‌شود. دیاگرام مشخصه رله نشان‌دهنده امپدانسهایی است که در جهت قطع رله واقع می‌شوند و همچنین شامل امپدانسهایی است که رله به ازای آنها عمل نمی‌کند. رله‌های دیستانس بر حسب مشخصه عملکردی خود به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف ـ رله دیستانس نوع راکتانسی

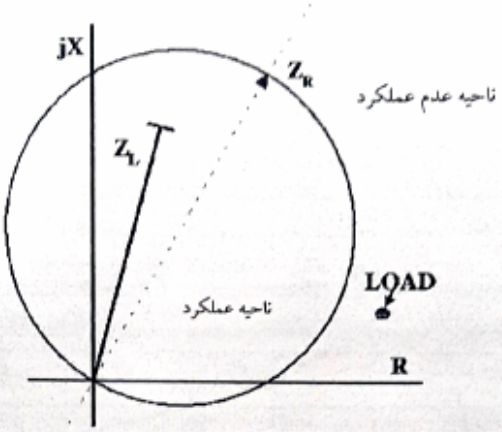
این نوع رله جزء موهومی امپدانس یعنی راکتانس (X) را اندازه می‌گیرد و مشخصه آن در صفحه R-X بصورت یک خط موازی با محور R است. رله راکتانسی هنگامی عمل می‌کند که مقدار راکتانس خط از محل رله تا نقطه خطا، کوچکتر از مقدار تنظیم شده باشد. این نوع رله نسبت به مقاومت خطا و بالطبع مقاومت جرقه حساس نمی‌باشد اما لازمست به امکاناتی برای جهت‌دار شدن و عملکرد مناسب در مقابل امپدانس بار مجهز گردد. این نوع رله جهت حفاظت خطوط کوتاه که مقاومت جرقه در مقایسه با امپدانس خط قابل توجه است مناسب می‌باشد.

ب ـ رله دیستانس نوع امپدانس

رله امپدانسی به اندازه امپدانس ($|Z|$) پاسخ می‌دهد و به این ترتیب مشخصه این رله بصورت یک دایره به مرکز مبدا مختصات صفحه R-X می‌باشد. برای اینکه رله جهتدار شود لازم است که دارای امکانات اضافی دیگری باشد تا جهت منفی (ربعهای دوم، سوم و چهارم) را جدا کند.

ج ـ رله دیستانس نوع مهو

مشخصه رله مهو همانطور که در شکل (۱-۲) دیده می‌شود به صورت دایره‌ای است که قطر آن برابر امپدانس تنظیم شده است. رله مهو هنگامی عمل می‌کند که امپدانس دیده شده از محل رله تا نقطه خطا درون مشخصه قرار گیرد. از آنجا که قسمت اعظم مشخصه دایره‌ای شکل در ربع اول واقع می‌شود این رله جهت‌دار خواهد بود.



شکل (۱-۲): مشخصه عملکردی رله مهو

این مشخصه بخاطر سادگی و جهت‌دار بودن بسیار مورد استفاده قرار گرفته و در قیاس با رله امپدانسی دارای حساسیت کمتری در مقابل نوسانات قدرت در شبکه می‌باشد. این مشخصه همچنین دارای فاصله کافی با امپدانس بار می‌باشد. با این حال به دلیل آنکه این مشخصه دارای پوشش کمی در جهت محور حقیقی (R) است، در خطوط کوتاه ممکن است دچار مشکل در تشخیص ناحیه حفاظتی گردد (تأثیر مقاومت جرقه می‌تواند به حدی باشد که رله خطای موجود در یک ناحیه را در ناحیه بعدی ببیند).

در بعضی موارد زون سوم رله مهو کمی به سمت ربع سوم صفحه مختصات تغییر مکان داده می‌شود که این مشخصه به افست مهو[1] مشهور است. این موضوع باعث می‌شود که برای خطاهای حوالی شینه پشت خط حفاظت پشتیبان فراهم شود. نوع دیگری از انواع رله‌های مهو که به آن Cross Polarized

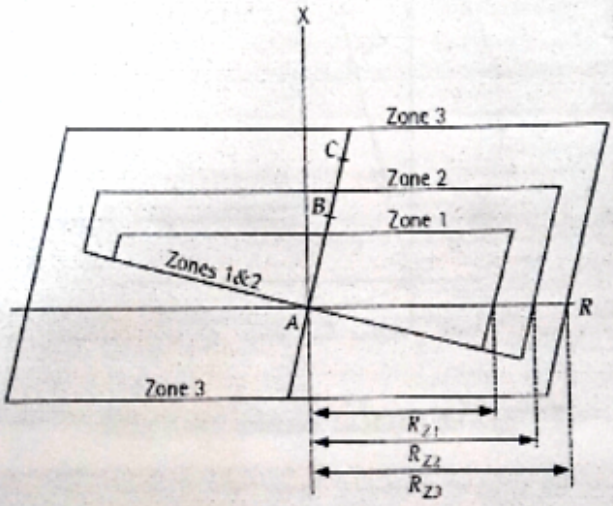
---

[1]. *Offset Mho*

می گویند دارای مشخصه مهو برای خطاهای سه فاز بوده و برای سایر خطاها، مشخصه در امتداد محور مقاومت باز می‌شود تا بتواند خطاهای جرقه را پوشش دهد.

د- رله دیستانس با مشخصه چهارضلعی

مشخصه این رله در شکل(۱-۳) نشان داده شده است. تنظیم رله بر روی محور X و R بطور مستقل امکانپذیر بوده و این امر باعث بهبود مشخصه مقاومتی رله در مقایسه با رله مهو می گردد و امکان درنظر گرفتن مقاومت جرقه را به طور موثری فراهم می‌آورد.

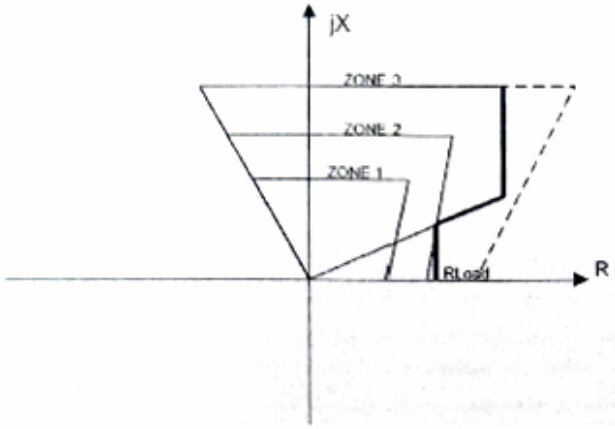


شکل(۱-۳): مشخصه چهارضلعی رله دیستانس

هـ- سایر مشخصه‌ها

بجز موارد ذکر شده، رله‌ها می‌توانند دارای مشخصه بیضوی، ترکیبی و حالات خاص باشند. در مشخصه ترکیبی معمولاً از نوع راکتانس نظارت شده توسط مشخصه مهو استفاده می‌شود. رله بیضوی دارای مشخصه بیضوی (عدسی شکل[۱]) در راستای زاویه خط بوده و به این ترتیب در مقابل امپدانس بار از پایداری مناسبی برخوردار است.

جهت پایداری بهتر رله دیستانس در مقابل امپدانس بار، می‌توان مشخصه چهارگوش رله‌ها را به نحوی اصلاح کرد که نسبت به امپدانس بار پایداری بیشتری نشان دهد. برای این کار مشخصه چهارگوش با توجه به حدود زاویه امپدانس بار بریده می‌شود. شکل شماره (۱-۴)این موضوع را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۴): مشخصه چند ضلعی بریده شده

انواع اگر نام ببرید

۱-۳-۳- رله دیفرانسیل

رله دیفرانسیل بر پایه جمع جبری جریانهای ورودی و خروجی در منطقه حفاظت شده عمل می‌نماید. در حالت عادی، جریانی که به یک نقطه وارد می‌شود برابر با جریانی است که از آن خارج می‌گردد، بنابراین تفاضل آنها صفر بوده و جریانی از رله نمی‌گذرد. اگر در نقطه حفاظت شده اتصالی رخ دهد، قسمتی از جریان به سمت نقطه اتصالی ریخته و جریان خروجی کمتر از جریان ورودی است، بنابراین جریانی از رله عبور می‌کند. اگر این جریان تفاضلی، بیشتر از مقدار تنظیم شده باشد، رله فرمان قطع را صادر می‌کند. این نوع حفاظت در اکثر قسمتهای سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. قابل ذکر است که این نوع حفاظت، اضافه بار و یا اتصالیهای خارج از منطقه حفاظت‌شده را نمی‌بیند و همچنین این رله اتصالیهای بین دورهای سیم پیچی در موتورها، ژنراتورها و ترانسفورماتور را تشخیص نمی‌دهد.

رله دیفرانسیل، حفاظتی با سرعت بالا و حساس را ارائه می‌نماید و به انواع زیر تقسیم می‌گردد:

- رله دیفرانسیل جریان زیاد
- رله دیفرانسیل درصدی

- رله دیفرانسیل امپدانس زیاد

- رله دیفرانسیل پایلوت

در رله‌های دیفرانسیل، انتخاب ترانسفورماتورهای جریان بسیار مهم بوده و برای عملکرد صحیح و مناسب حفاظت حیاتی می‌باشد.

الف ـ رله دیفرانسیل جریان زیاد

رله دیفرانسیل جریان زیاد در یک تفاضل جریان ثابت عمل کرده و براحتی توسط خطاهای ترانسفورماتورهای جریان تأثیر می‌پذیرد. این نوع رله، در مقایسه با بقیه رله‌های دیفرانسیل دارای حساسیت کمتری است بخصوص زمانی که برای اتصالیهای زمین با مقادیر کم مورد استفاده قرار گیرد. در شرایط عادی، جریانی که از ترانسفورماتورهای جریان دو طرف می‌گذرد برابر است و بنابراین باید جریان ثانویه ترانسفورماتورها نیز یکسان باشند تا جریانی از رله عبور نکند.

معمولاً ترانسفورماتورهای جریان دقیقاً نسبت تبدیل نامی را ارائه نمی‌نمایند. بنابراین اگر از رله دیفرانسیل جریان زیاد استفاده می‌گردد، این رله باید بطریقی تنظیم گردد که ماکزیمم جریان خطای ترانسفورماتورها را تحمل نموده و فرمان قطع صادر نگردد. بهمین خاطر برای بدست آوردن حساسیت موردنظر معمولاً از رله دیفرانسیلی درصدی بهره گرفته می‌شود.

ب ـ رله دیفرانسیل درصدی

رله‌های دیفرانسیل درصدی در شینه‌ها، ترانسفورماتورها، موتورها و ژنراتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رله‌ها به سه نوع تقسیم می‌شوند. رله با درصد ثابت، رله با درصد متغیر که برای تمام موارد فوق بکار می‌روندو رله دارای فیلتر هارمونیک که تنها برای ترانسفورماتور بکار می‌رود.

رله‌های درصد متغیر برای تشخیص اتصالیهای سطح پایین در منطقه حفاظتی نسبت به رله‌های با درصد ثابت حساستر است. رله دیفرانسیل درصدی که برای ترانسفورماتور استفاده می‌شود، دارای حساسیت کمتری نسبت به رله‌هایی است که برای شینه، ژنراتور و موتور بکار می‌رود.

جهت بدست آوردن حساسیت مناسب در محدوده جریان خطا، رله‌های دیجیتالی دارای مشخصه بایاس متغیر می‌باشند. در این رله‌ها هرچه جریان دیفرانسیل ناشی از جریان خطا افزایش یابد، جریان بایاس نیز افزایش می‌یابد و رله در تمامی جریانها دارای حساسیت مناسب خواهد بود.

ج ـ رله دیفرانسیل امپدانس زیاد

رله دیفرانسیل امپدانس زیاد برای حفاظت شینه و سیم‌پیچی ترانسفورماتور و به صورت رله دیفرانسیل جریانی و یا رله دیفرانسیل ولتاژی بکار می‌رود. برای اتصالیهای خارج از منطقه حفاظتی خطای زیادی در ترانسفورماتور جریان مربوطه رخ می‌دهد و ولتاژی بالاتر از حد عادی بر روی رله بوجود می‌آید و از این رو ولتاژ زیادی بر روی ترانسفروماتور جریان قرار می‌گیرد و جریان تحریک ترانسفورماتورهای جریان را افزایش می‌دهد. بنابراین جریانهای خطا ترجیح می‌دهند بجای عبور از امپدانس بالای رله، از امپدانس مغناطیسی معادل ترانسفورماتورهای جریان عبور کنند و برای جلوگیری از این عمل از مقاومت متغیر موازی با رله استفاده می‌شود تا این ولتاژ در یک حد قابل قبول باقی بماند.

د ـ رله دیفرانسیل پایلوت

این نوع رله دارای سرعت بالایی بوده و برای حفاظت اتصالیهای فاز و زمین در خطوط کوتاه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم حفاظتی، پایلوت در حقیقت کانالی است که دو انتهای خط انتقال را به هم ارتباط می‌دهد. این کانال معمولاً به سه شکل وجود دارد. اولین نوع آن همان پایلوت وایر و یا کانال سیمی (کابل) است و ارتباط جریانی از طریق کابل تامین می‌گردد.

نوع دوم پایلوت جریان کاریر (PLC) است. در این سیستم جریان فرکانس زیاد که فرکانس آن بین ۳ تا ۲۰۰ کیلو هرتز می‌باشد، از طریق یکی از سیمهای خط انتقال به گیرنده‌ای واقع در سر دیگر خط منتقل می‌شود. در این سیستم معمولاً زمین و سیم زمین بجای سیم برگشت عمل می‌کنند.

پایلوت میکروویو، سیستم رادیویی با فرکانس بالای ۹۰۰ مگاهرتز است. جهت فواصل کوتاه از حفاظت پایلوت وایر استفاده می‌شود و برای فواصل بیشتر پایلوت کاریر مورد استعمال دارد. موارد کاربرد پایلوت میکروویو زمانی است که از لحاظ فنی و اقتصادی پایلوت کاریر جوابگو نباشد.

این نوع رله گذاری شامل دو رله در دو انتهای خط است که توسط سیم پایلوت، جریان کاریر و یا میکروویو بهم متصل می‌شوند. خروجی سه ترانسفورماتور جریان به شبکه توالی اعمال می‌شود. این شبکه جریانی ترکیبی که متناسب با جریان خط است تولید می‌کند و پلاریته آن متناسب با جهت جریان است. هر رله شامل یک عضو محدودکننده و یک عضو عمل‌کننده می‌باشد. عضو محدودکننده با مسیر جریانی پایلوت سری بوده و عضو عمل‌کننده هر رله، موازی با مسیر جریانی پایلوت واقع می‌شود.

در حالت کار عادی و در حالتی که اتصالی در خارج از منطقه حفاظتی رخ دهد جهت جریانها بگونه‌ای است که جریانی از اعضای عمل‌کننده عبور نمی‌کند.

اما زمانی که اتصالی در منطقه حفاظتی رخ دهد، جریان یک طرف در همان جهت باقی‌مانده ولی جریان طرف دیگر در جهت خلاف جاری می‌شود و نتیجتاً جریان را به سیم‌پیچهای اعضای عمل‌کننده تزریق می‌نماید. اگر جریان اتصالی تنها از یک کلید عبور کند رله واقع در محل آن کلید، جریان را از طریق مسیر پایلوت ارسال می‌کند و کلید در طرف مقابل نیز عمل می‌کند.

۱-۳-۴ رله ولتاژی

رله‌های ولتاژی به دو نوع ولتاژ کم و ولتاژ زیاد تقسیم می‌شوند که در حالت‌های نقصان و ازدیاد ولتاژ در شبکه عمل می‌نمایند. علاوه بر این، حالت عدم تقارن ولتاژ در سه فاز سیستم را حس نموده و فرمانهای کنترلی لازم را صادر می‌کنند. در بعضی از موارد، از رله ولتاژ زیاد در ترکیب حفاظت تفاضل ولتاژ بهره گرفته می‌شود، بنابراین چنانچه اختلاف دو ولتاژ از یک حد مشخص فراتر رود، رله عمل می‌کند.

الف ـ رله ولتاژ کم

رله ولتاژ کم رله‌ای است که با کاهش ولتاژ مجموعه‌ای از کنتاکتها را متصل می‌کند و به دو نوع زیر تقسیم می‌گردد:

- رله با تأخیر زمانی: تنظیم ولتاژ با تپ‌های گسسته قابل انجام است و زمان تأخیر در ارسال فرمان قطع نیز قابل تنظیم می‌باشد.

- رله آنی: در این حالت نیز تنظیم تپ‌های ولتاژ وجود دارد و زمان در یک محدوده کوچک قابل تغییر می‌باشد.

ب ـ رله ولتاژ زیاد

رله ولتاژ زیاد در مقابل افزایش ولتاژ عمل نموده و فرمانهای کنترلی را صادر می‌نماید. این نوع رله در موارد زیر بکار می‌رود:

- حفاظت سیستم در مقابل اضافه ولتاژ: این رله می‌تواند در مقابل افزایش ولتاژ، سیگنال خبردهنده ارسال کند و یا در صورت لزوم بارها و مدارهای حساس به ولتاژ را قطع نماید و از صدمه دیدن آنها جلوگیری نماید.

- عدم تقارن ولتاژ فازها: رله ولتاژی، عدم تقارن ولتاژ در فازها را در حالت اتصال کوتاه و اشکال در فیوز ثانویه ترانس ولتاژ حس می‌کند که این کار با اندازه‌گیری توالی صفر و منفی ولتاژها انجام می‌گیرد.

رله عدم تقارن ولتاژ برای ایزوله کردن رله‌ها یا وسایلی که با قطع ولتاژ در یک یا هر سه فاز ثانویه ترانس ولتاژ یا وجود اشکال در فیوز ثانویه ترانس ولتاژ نادرست عمل می‌کنند، بکار می‌رود. بعنوان مثال رله دیستانس یا رله سنکرونیزم، در این صورت فرمان نادرست صادر می‌کنند. بنابراین زمان قطع رله بالانس ولتاژ باید بحدی کوچک باشد تا قبل از اینکه رله‌های نامبرده باعث قطع کلید شوند، آنها را از مدار خارج کند.

رله‌های ولتاژ زیاد نیز دارای دو نوع تأخیری و آنی هستند. در رله‌های ولتاژ زیاد آنی تنها تنظیم ولتاژ آستانه مطرح است و پس از افزایش ولتاژ از حد مربوطه، رله بلافاصله عمل خواهد کرد.

۱-۳-۵- رله اضافه شار یا اضافه تحریک

از آنجا که شار هسته ترانسفورماتور وابسته به نسبت ولتاژ به فرکانس است، رله اضافه شار نیز بر مبنای اندازه‌گیری نسبت ولتاژ به فرکانس (V/HZ) عمل می‌نماید. این رله دارای مشخصه عملکرد زمان معکوس می‌باشد، به این معنی که برای تغییرات زیاد (V/HZ)، در زمان کوتاهتری عمل می‌کند و تغییرات کوچک ولتاژ به فرکانس دارای تأخیری بیشتری خواهد بود. از آنجا که فرکانس در شبکه تقریباً ثابت است لذا افزایش ولتاژ در شبکه به معنی افزایش شار خواهد بود. به همین دلیل در بسیاری از موارد بجز در ترانسفورماتورهای نیروگاهی از این نوع رله استفاده نمی‌شود.

۱-۳-۶- رله فرکانسی

این رله‌ها برای اندازه‌گیری و نظارت بر روی فرکانس شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این رله‌ها به کاهش یا افزایش فرکانس و یا نرخ تغییرات فرکانس حساس می‌باشند.

کاربرد رله‌های فرکانس پائین زمانی است که در یک شبکه بارها بطور مستقل توسط ژنراتورهای داخلی و یا با ترکیب ژنراتورها و خطوط ارتباطی با شبکه‌های دیگر تغذیه گردند. زمانی که یک ژنراتور بطور ناگهانی از شبکه خارج می‌شود رله‌های فرکانس پایین بطور اتوماتیک تعدادی از بارها را خارج نموده تا مصرف با باقیمانده تولید هماهنگ شود.

۱-۳-۷- رله سنکرونیزم

این رله زمانی بکار می‌رود که دو یا چند فیدر به یک باس مشترک متصل می‌گردند. اتصال موفقیت‌آمیز دو منبع به یکدیگر بستگی به اختلاف دامنه‌های ولتاژ طرفین، زاویه‌های فاز و فرکانسهای دو منبع در زمان اتصال دارد. رله کنترل سنکرونیزم در صورت نزدیک بودن مقادیر دو طرف، اجازه اتصال را خواهد داد. رله سنکرون‌کننده، رله‌ای است که در رابطه با اتصال ژنراتور به شبکه و یا اتصال دو شبکه مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رله سنکرون‌کننده برای کنترل یک یا چند کلید در یک نیروگاه و ارتباط با

سیستم کنترل نیز بکار می‌رود. بر خلاف رله کنترل سنکرونیزم، رله سنکرون‌کننده می‌تواند فرمان وصل کلید را در نقطه دقیق سنکرونیزم صادر نماید.

سنکرون‌کردن دستی نیازمند آموزش، استفاده از قدرت تشخیص، تجربه و دقت کافی از طرف اپراتور است. کلیدها و ژنراتورها در صورت عدم دقت اپراتور دچار صدمه می‌شوند. بنابراین فرمان وصل کلید، تنها وقتی که رله سنکرونیزم اجازه دهد، صادر می‌گردد.

رله کنترل سنکرونیزم برای نظارت بر اتصال دستی کلید بکار می‌رود. بنابراین اپراتور مقادیر سنکرونیزم را کنترل کرده و بطور دستی فرمان وصل می‌دهد ولی کنتاکت باز رله سنکرونیزم که بصورت سری قرار گرفته است از اتصال جلوگیری می‌کند. کنتاکت باز رله سنکرونیزم وقتی بسته می‌شود که اختلاف زاویه فاز در دو طرف کلید از مقدار مشخص کمتر بوده و همچنین اختلاف ولتاژ بین دو طرف مقدار کمی را دارا باشد.

رله سنکرونیزم به دو طریق مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان این رله را بعنوان ناظر در اتصال دستی ژنراتور به شبکه مورد استفاده قرار داد. طریق دیگر استفاده از رله سنکرونیزم در اتصال اتوماتیک ژنراتور به شبکه است که در این حالت علاوه بر اینکه شرایط سنکرونیزم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، فرمانهایی از طرف رله سنکرونیزم به سیستمهای تنظیم فرکانس و ولتاژ ژنراتور ارسال می‌گردد و اتصال کاملاً اتوماتیک صورت می‌گیرد.

۱-۳-۸- رله زمانی

رله زمانی در مواردی بکار می‌رود که تأخیر عمدی در ارسال سیگنال یا عمل قطع و وصل موردنیاز باشد. بدین خاطر این رله به تنهایی بکار نمی‌رود و در کنار رله‌های سنجشی در حفاظت شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. دقت رله‌های زمانی زیاد و قابل تنظیم می‌باشند.

نوع دیجیتالی این رله‌ها دارای قسمتی است که تابع تأخیر را تهیه نموده و فرمان قطع یا وصل کنتاکتهای کنترلی را صادر می‌نماید. این رله‌ها علاوه بر سیستم حفاظت در تجهیزات کنترل اتوماتیک و فرآیند صنعتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.