

# بررسی کامل رله های دیستانس

## Distance Relays



### چکیده

رله دیستانس همانطور که از نامش مشخص است بر اساس اندازه گیری فاصله رله تا نقطه خطا کار می کند. به این ترتیب که اگر طول خط اندازه گیری شده از مقدار تنظیم شده برای رله کمتر باشد رله عمل خواهد کرد.

رله دیستانس بهترین رله برای حفاظت شبکه های انتقال انرژی می باشد. زیرا فقط بوسیله چنین دستگاهی هر نوع اتصال در هر کجای شبکه در کمترین مدت قطع می شود و بهمین جهت برای حفاظت شبکه های فشار قوی و فشار متوسط از رله دیستانس استفاده می شود.

رله دیستانس اولین بار در آلمان در سال 1923 در یک شبکه فشار قوی نصب شد. رله دیستانس را می توان جهت حفاظت هر شبکه ای با هر فشار الکتریکی به کار برد. برای حفاظت شبکه های به ولتاژ بالاتر از 60000 ولت، امروزه فقط از رله دیستانس استفاده میشود.

## رله دیستانس (رله مقاومت سنچ)

رله دیستانس یک رله حفاظتی است که زمان قطع آن تابع مقاومت طول سیم می باشد. در بیشتر اوقات زمان قطع رله باید تابع محل اتصال کوتاه نسبت به رله باشد ، و از این رو این زمان باید تابع جهت معینی از انرژی اتصال کوتاه باشد. به طوری که می دانیم هرچه محل اتصال کوتاه از رله دور تر باشد ، مقاومت ظاهری قطعه سیم بین محل اتصالی تا رله بزرگتر شده و در نتیجه مقاومت اهمی و غیر اهمی آن نیز بزرگتر می شود. از آنجا که در رشد تاسیسات برقی رابطه مستقیمی بین مقاومت و طول سیم وجود دارد ، لذا با استفاده از رله دیستانس به عنوان رله حفاظتی در سراسر خطوط انتقال انرژی عملاً مشکل حفاظت موضعی و تنظیم جهش زمانی رله های پی در پی بر طرف می شود.

رله های دیستانس صرف نظر از انواع مختلف آنها بر مبنای اندازه گیری فاصله الکتریکی رله تا محل خطا کار می کنند. در مواقعی که حداقل جریان خطا قابل مقایسه با جریان بار باشد، این رله ها کاربرد وسیعی پیدا می کنند و این از آنجا ناشی می شود که رله های دیستانس به جریان حساس نیستند، بلکه امپدانس ظاهری (فاصله الکتریکی) تا محل خطا را می سنجند.

رله های دیستانس دارای یک امپدانس داخلی به نام امپدانس تنظیم رله می باشند. این امپدانس ( $Z_0$ ) برابر امپدانس قسمتی از خط است که رله باید آن قسمت را مورد حفاظت قرار دهد.

رله دیستانس از لحاظ کار مانند رله جریان زیاد در مقابل اتصال کوتاه می باشد و رله دیستانس بر اساس فاصله یا امپدانس عمل می کند. یعنی رله دیستانس زمانی عمل می کند که امپدانس خط از مقدار تنظیم شده کمتر باشد در غیر این صورت عمل نمی کند و از لحاظی چون مقاومت مصرف کننده ها در حد تنظیم نیست از امپدانس مصرف کننده ها صرف نظر شده و در زمان اتصال کوتاه طبق رابطه  $Z=U/I$  امپدانس کم می شود چون جریان زیاد می گردد و هر چقدر این امپدانس به رله نزدیکتر شود رله زودتر قطع می کند.

در ضمن در شبکه ای که چند رله دیستانس بکار می رود در موقع اتصالی همه رله های دیستانس تحریک شده ، ولی فقط رله ای قطع می کند که به محل اتصال نزدیک بوده و بقیه رله ها به حال خود بر می گردد.

در موقع بروز اتصال کوتاه در نقطه غیر مشخص یک شبکه حلقوی تمام رله های دیستانی که در شبکه نصب شده است و جریان اتصال کوتاه از آنها عبور می کند، تحریک می شوند ولی فقط نزدیکترین رله به محل اتصالی موفق به قطع سیم اتصالی شده از شبکه می شود. زیرا قطعه سیم بین این دو نقطه کوچکترین مقاومت را شامل است و به این خاطر زمان قطع این رله نیز از همه کوتاهتر می باشد.

از رله های دیستانس برای حفاظت خطوط انتقال نیرو، که بر اساس ستینگهای ثابت قابل تنظیم اند، استفاده می شود. اما معمولاً وسعت ناحیه عملکرد این رله ها با تغییر شرایط شبکه ( توپولوژی شبکه، مقدار بار، مقدار تولید و ... ) تغییر می کند و باعث عملکرد نادرست رله می شود. با استفاده از روش هایی که قابلیت پردازش اطلاعات و تشخیص الگو را داشته باشد مثل استفاده از ریزپردازنده ها و الگوریتم های هوشمند می توان رله های جدیدی به کار گرفت و از دقت بالایی برخوردارند و در نتیجه به حفاظت خوبی دست یافت .

## ساختمان و طرز کار رله دیستانس

رله دیستانس نامی عمومی برای رله های امپدانسی است که از ورودی های ولتاژ و جریان استفاده کرده و یک سیگنال خروجی را تهیه می نمایند. فرمان قطع زمانی صادر می شود که فاصله نقطه خطا از محل نصب رله کوچکتر از یک مقدار مشخص باشد. این نوع رله بطور گسترده ای برای حفاظت خطوط مورد استفاده قرار می گیرد. رله دیستانس همچنین برای حفاظت اتصال حلقه به حلقه سیم پیچی های ترانسفورماتورهای قدرت نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

## قسمتهای تشکیل دهنده رله دیستانس

این رله با دو عنصر ولتاژ و جریان سروکار دارد و نسبت این دو پارامتر را می سنجد. یعنی در اصل از دو ترانس ولتاژ و جریان تشکیل شده است. به طور کلی می توان گفت که یک رله دیستانس از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

1- عضو تحریک کننده

2- عضو سنجشی رله دیستانس (عضو زمانی)

3- عضو جهت یاب

4- تعداد زیادی رله کمکی

در ضمن باید دانست که عضو سنجشی رله دیستانس مطلقا مقدار قدر مطلق عوامل موثر را نمی سنجد بلکه تغییرات مقدار کمیتی را که قبلا تنظیم شده است می سنجد.

طرز کار بدین صورت است که از سیم پیچ عمل کننده جریانی متناسب با جریان اتصال کوتاه می گذرد و هنگامی که جریان خطا به یک آستانه رسید، این سیم پیچ تحریک شده و کنتاکتهای مربوطه را به هم وصل می کند در نتیجه رله عمل کرده و مدار قطع می گردد و در ضمن سیم پیچی که سیم پیچی بازدارنده نام دارد نیروی مقاوم یا نیروی بازدارنده را تولید می کند و باعث تولید گشتاور در خلاف جهت گشتاور حاصل از سیم پیچ عمل کننده می گردد. لذا هر چه ولتاژ بیشتر باشد یا نقطه اتصال کوتاه از رله دورتر باشد نیروی سیم پیچ بازدارنده بیشتر شده و در اصل مقاومت ظاهری خط تا نقطه اتصالی بیشتر می شود.

به طور کلی در یک رله دیستانس از یک تحریک جریان زیاد و یک تحریک ولتاژ کم و در نتیجه از تحریک توسط امیدانس کم استفاده می شود. در تحریک توسط جریان زیاد از یک رله جریان زیاد که برای 0.8 تا 2 برابر جریان نامی ترانسفورماتور جریان قابل تنظیم است، استفاده می شود و می توان با توجه به نوع شبکه، در مواقعی که نقطه صفر ستاره آن ایزوله باشد، از دو رله استفاده کرد.

در مواقعی که شبکه مستقیماً به زمین وصل شده باشد از سه رله استفاده می کنند، البته رله سوم، رله اتصال زمین می باشد. تحریک توسط رله های جریان زیاد در شبکه هایی قابل استفاده است که حداقل جریان اتصال کوتاه فازی از ماکزیمم جریان کار عادی و نرمال شبکه بیشتر باشد. ولی در تحریک توسط امپدانس کم نباید حداقل جریان اتصال کوتاه از ماکزیمم جریان عادی شبکه بیشتر شود. تحریک کننده امپدانس کم نسبت ولتاژ و جریان را می سنجد.

## عوامل مؤثر در رله دیستانس

عامل مؤثر در رله دیستانس می تواند یکی از عوامل زیر باشد:

1. مقاومت ظاهری (امپدانس)
2. هدایت ظاهری (ادمیتانس)
3. مقاومت اهمی (دزیستانس)
4. هدایت اهمی (کندوکتانس)
5. مقاومت غیراهمی (راکتانس)
6. امپدانس اختلاط
7. هدایت غیراهمی (سوسپتانس)

رله ای که کمیت  $Z$  را می سنجد رله امپدانس است و رله ای که کمیت  $X$  را می سنجد رله راکتانس می نامند. در گذشته برای حفاظت شبکه های بالاتر از 110KV از رله راکتانس استفاده می شد ، زیرا در رله راکتانس اثر نا مطلوب جرقه دخالت ندارد.

همانطور که می دانید قوس الکتریکی دارای مقاومت اهمی قابل ملاحظه ای می باشد که سبب تغییر دادن امپدانس خط و در نتیجه سنجش غلط توسط رله امپدانس می شود. اما امروزه با اضافه دستگامهای دیگری اثر نا مطلوب مقاومت قوس جرقه نیز در رله امپدانس خنثی شده است و به این خاطر از رله رآکتانس کمتر استفاده می شود.

رله دیستانس را می توان جهت حفاظت هر شبکه ای با هر فشار الکتریکی به کار برد. برای حفاظت شبکه های به ولتاژ بالاتر از 60000 هزار ولت ، امروزه فقط از رله دیستانس استفاده می شود. همچنین به کمک رله دیستانس می توان ترانسفور ماتور ها و ژنراتورها را نیز حفاظت نمود.

## انواع محرک در رله دیستانس

در رله دیستانس معمولا از دو نوع محرک استفاده می شود :

### 1- تحریک توسط جریان زیاد

این راه انداز تشکیل شده از یک رله جریان زیاد زکوندر که برای 0/8 تا 2 برابر جریان نامی ترانسفور ماتور جریان قابل تنظیم است. بر حسب نوع شبکه می توان از 2 یا 3 رله جریان زیاد برای بکار انداختن رله دیستانس استفاده کرد. 2 رله برای شبکه ای که نقطه صفر ستاره آن ایزوله است و یا در شبکه کمپانزه شده است و 3 رله در شبکه ای که نقطه صفر ستاره آن مستقیما زمین شده است.

تحریک رله دیستانس توسط جریان زیاد به خصوص در شبکه هایی به کار برده می شود که جریان اتصال کوتاه آن، حتی در موقع کم بار شبکه نیز از ماکسیمم جریان کار عادی و نرمال شبکه بیشتر باشد.

## 2- تحریک توسط امپدانس کم

در صورتی که اتصال کوتاه در یک خط طویل نقل انرژی و یا در شبکه غربالی اتفاق افتد و بار شبکه نیز کم باشد، این امکان نیز موجود است که حداقل جریان اتصال کوتاه از ماکسیمم جریان عادی شبکه بزرگتر نشود. در این گونه مواقع باید از تحریک کننده امپدانس کم که مثل یک عضو امپدانسی عمل می کند استفاده کرد.

تحریک کننده امپدانس کم نسبت  $U_k/I_k$  را می سنجد و بلا فاصله عمل می کند.

در شبکه های بزرگ اگر برای حفاظت در مقابل جریان های زیاد خارجی از رله جریان زیاد زمانی استفاده شود، زمان قطع رله در صورتیکه یک اتصالی حتی اورشین ، بلافاصله بعد از ژنراتور نیز اتفاق افتد، در حدود 7-8 ثانیه طول خواهد کشید و چنانچه دیده می شود، زمان عبور جریان اتصال کوتاه از ژنراتور بقدری طولانی می شود که ممکن است سبب خراب شدن ایزولاسیون سیم پیچی ژنراتور و ایجاد اتصال داخلی شود، لذا از این جهت است که در شبکه های بزرگ برای کوتاه کردن این زمان از رله دیستانس ، امپدانس استفاده می شود .

زمان قطع رله دیستانس معمولاً در حدود 0.1 ثانیه است، استفاده از رله امپدانس نیز این برتری را دارد که در موقع اتصالی اش ، رله امپدانس بطور سریع در زمان خیلی کوتاه (0.1 ثانیه) ژنراتور را قطع می کند. رله دیستانس برای حفاظت ترانسفورماتور در موقع اتصال خارجی، بخصوص در موقع اتصال یش ، بکار برده شده و در طرفی از ترانسفورماتور که به

لیش وصل است نصب می‌شود. در صورتیکه ترانسفورماتور بین دو شبکه فرعی نصب شده باشد، (ترانسفورماتور کوپلاژ) چون اتصالی در هر یک از شبکه‌ها، سبب عبور انرژی اتصال کوتاه از ترانسفورماتور کوپلاژ می‌شود، باید در هر دو طرف ترانسفورماتور رله دیستانس نصب گردد. برای حفاظت ترانسفورماتور می‌توان از رله دیستانس جهت‌دار که جهت آن بطرف یشن است و یا از رله دیستانس معمولی بدون عضو جهت‌یاب استفاده نمود.

برای حفاظت سلکتیو و تصحیح شبکه‌های خطی که از دو طرف تغذیه می‌شود و یا شبکه حلقه‌ای که از یک محل تغذیه می‌شود، علاوه بر شدت جریان و زمان از عامل دیگری مثل جهت جریان اتصال کوتاه نیز استفاده می‌شود، و حفاظت شبکه‌های تار عنکبوتی و شبکه‌هایی که از چند نقطه تغذیه می‌شوند بوسیله رله جریان زیاد که دارای درجه‌بندی زمانی ثابت و معینی می‌باشد ممکن نیست، بلکه بایستی از رله‌ای که زمان قطع آن متناسب با امپدانس یا فاصله محل اتصالی از مولد باشد استفاده شود که برای این منظور از رله دیستانس استفاده می‌شود. این رله اتصال کوتاه نزدیک به مولد را سریعتر و اتصال کوتاه در فاصله دورتر را دیرتر قطع می‌کند، عامل موثر مقاومت پس محل اتصالی و مولد می‌باشد.

زمان قطع در رله‌ها مدرن امروزی متناسب با فاصله محل اتصالی از مولد، بطور یکنواخت زیاد نمی‌شود بلکه این تغییرات جهشی و پله‌ای شکل انجام می‌شود و فاصله محل خطا توسط سنجش مقاومت سیم لین محل خطا و محل نصب رله معین می‌شود. رله دیستانس دارای این مزیت است که اولاً شبکه اتصال شده را در کوتاهترین مدت ممکنه بطور سلکتیو مشخص و از شبکه جدا می‌کند و ثانیاً اگر نزدیکترین را به محل اتصال عمل نکرد، رله بلافاصله بعد آن

عمل می‌کند و بطور خودکار شبکه شامل یک یا چند رله رزرو نیز می‌شود بدون اینکه حقیقتاً رله رزروی در شبکه نصب شده باشد.

رله دیستانس بهترین رله برای حفاظت شبکه‌های انتقال انرژی می‌باشد. زیرا فقط بوسیله چنین دستگاهی هر نوع اتصال در هر کجای شبکه در کمترین مدت قطع می‌شود و بهمین جهت برای حفاظت شبکه‌های فشار قوی و فشار متوسط از رله دیستانس استفاده می‌شود. برای حفاظت سیمهای کوتاه، مثلاً در داخل نیروگاه و یا پست ترانسفورماتورها بعلت کوچک بودن امپدانس آن نمی‌توان از رله دیستانس استفاده کرد لذا در اینگونه مواقع بیشتر از رله دیفرنسیال استفاده می‌شود.

## انواع رله های دیستانس

رله های دیستانس با توجه به «امپدانس تنظیم» عمل می‌کنند. این امپدانس مقداری مختلط است در نتیجه دارای دامنه و فاز خواهد بود. با توجه به این موضوع می‌توان محدوده عملکرد رله‌ها را در صفحه مختلط  $R-X$  توسط یک منحنی بیان نمود. یک رله دیستانس با هر نوع منحنی مشخصه ای دارای سه ناحیه حفاظتی می‌باشد. در ناحیه 1 معمولاً امپدانس معادل 80٪ خط اول (خط اصلی) تنظیم می‌شود و زمان عملکرد آن خیلی سریع یعنی حدود 0.01 ثانیه است و به عنوان حفاظت اصلی خط به کار می‌رود. علت اینکه کل خط اصلی به عنوان ناحیه اول انتخاب نمی‌شود آن است که به واسطه خطاهای ناشی از ترانسفورماتور جریان به عنوان تنظیم ناحیه اول انتخاب نمی‌شود آنست که به واسطه خطاهای ناشی از ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ عملکرد این رله با رله روی خط بعدی همزمان نباشد. امپدانس

تنظیم ناحیه دوم رله معمولاً برابر کل امپدانس خط اصلی به اضافه حدود 50٪ امپدانس خط بعدی است و زمان عملکرد آن حدود 0.4 ثانیه است. ناحیه سوم رله دیستانس دارای امپدانس تنظیمی برابر کل خط به اضافه کل خط دوم به علاوه حدود 25٪ خط سوم است. بدیهی است زمان عملکرد این ناحیه حدود 0.8 ثانیه است.

مشخصه عملکردی رله دیستانس معمولاً بصورت گرافیکی و بر حسب دو متغیر R و X نشان داده می شود. دیاگرام مشخصه رله نشان دهنده امپدانس هایی است که در جهت قطع رله واقع می شوند و همچنین شامل امپدانس هایی است که رله به ازای آنها عمل نمی کند.

## مشخصه عملکردی رله های دیستانس

رله های دیستانس بر حسب مشخصه عملکردی خود به انواع مختلفی تقسیم می شوند:

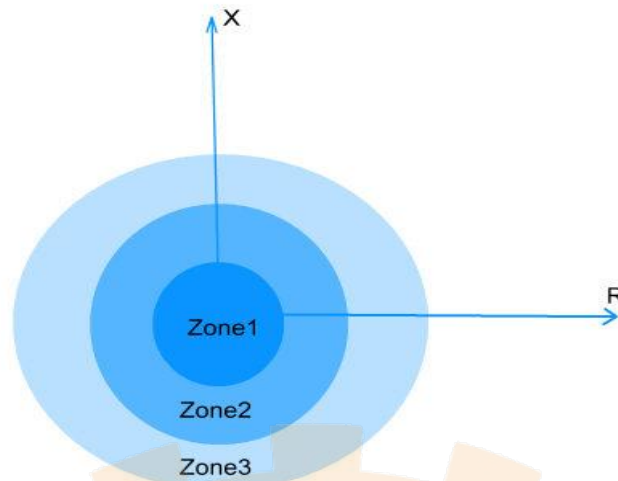
الف) مشخصه ی مسطح رله دیستانس

$$|Z| \leq \theta$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x}{R}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + x^2}$$

فرمول رله های دیستانس



مشخصه ی سطح / رله دیستانس

مشکلات:

این رله خطای پشت خود را نمی بیند و جهت دار نیست.

معایب:

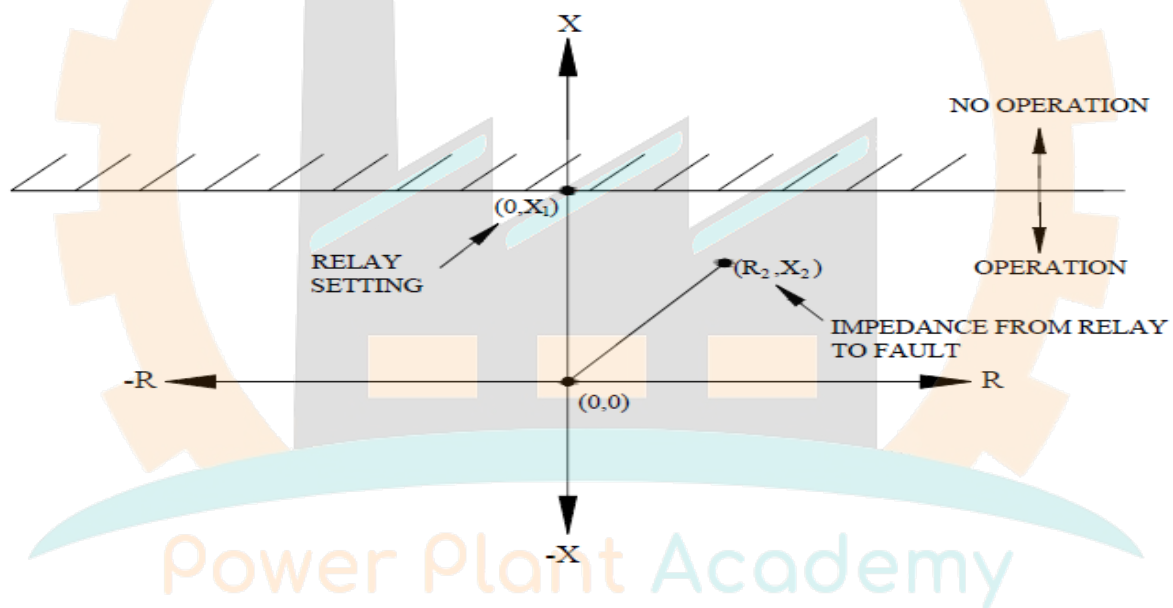
1- مشخصه ی سطح ذاتا جهت دار نیست. در صورت جهت دار شدن باید از یک رله دایرکشنال استفاده بشود.

2- وجود مقاومت ARC به هنگام اتصالی می تواند باعث عملکرد نادرست رله در زون های بالاتر شود.

3- ناپایداری بیشتر در برابر نوسان توان پایدار (Power Swing) یعنی عملکرد نادرست در شرایط نوسان امپدانس اندازه گیری شده توسط رله که ناشی از خطا نبوده بلکه به دلیل تغییرات ناگهانی در شبکه است.

## ب) رله دیستانس نوع راکتانسی

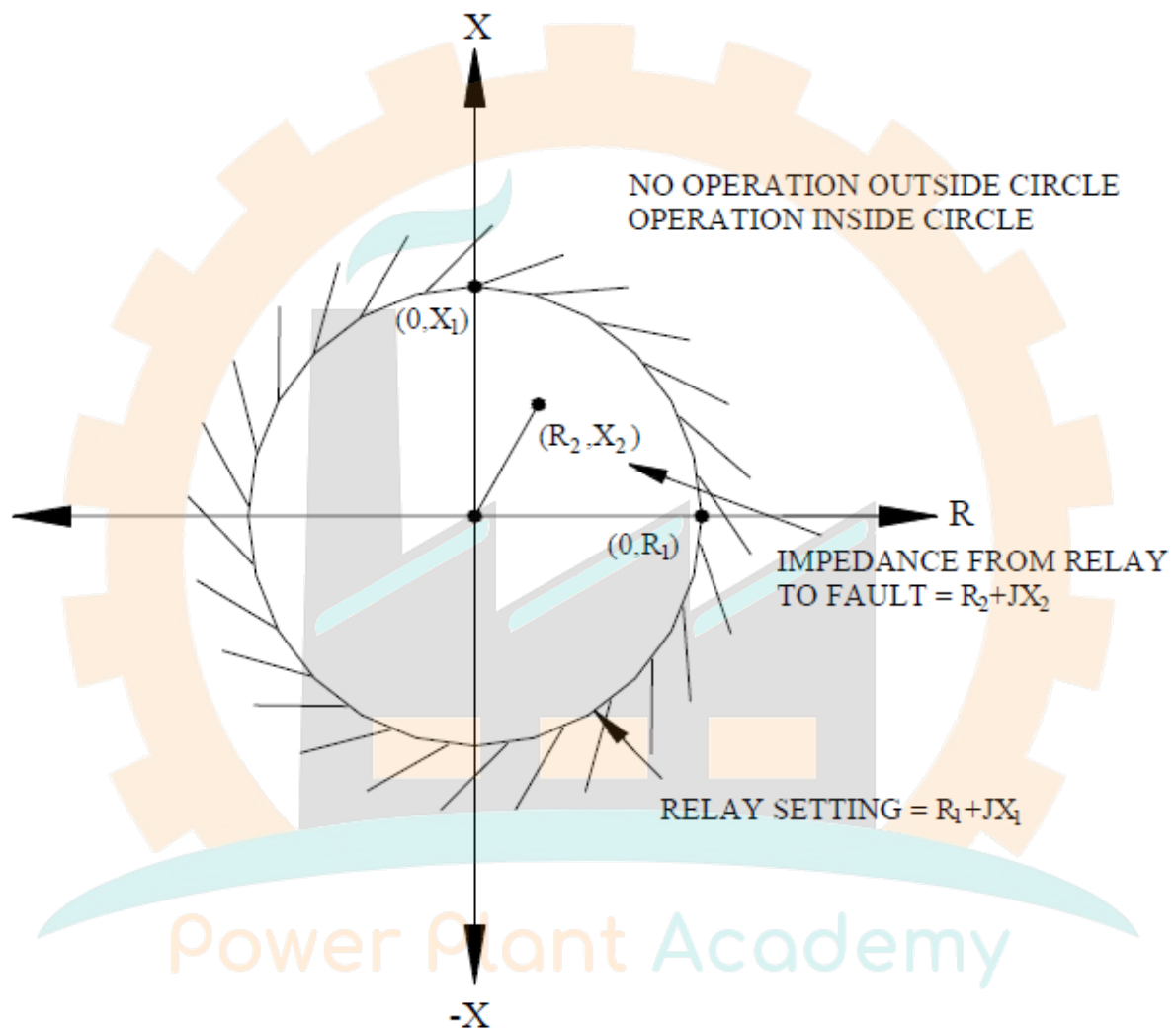
این نوع رله جزء موهومی امیدانس یعنی راکتانس ( $X$ ) را اندازه می گیرد و مشخصه آن در صفحه  $R-X$  به صورت یک خط موازی با محور  $R$  است. رله راکتانسی هنگامی عمل می کند که مقدار راکتانس خط از محل رله تا نقطه خطا، کوچکتر از مقدار تنظیم شده باشد. این نوع رله نسبت به مقاومت خطا و بالطبع مقاومت جرعه حساس نمی باشد. اما لازم است به امکاناتی برای جهت دار شدن و عملکرد مناسب در مقابل امیدانس بار مجهز گردد. این نوع رله جهت حفاظت خطوط کوتاه که مقاومت جرعه در مقایسه با امیدانس خط قابل توجه است مناسب می باشد.



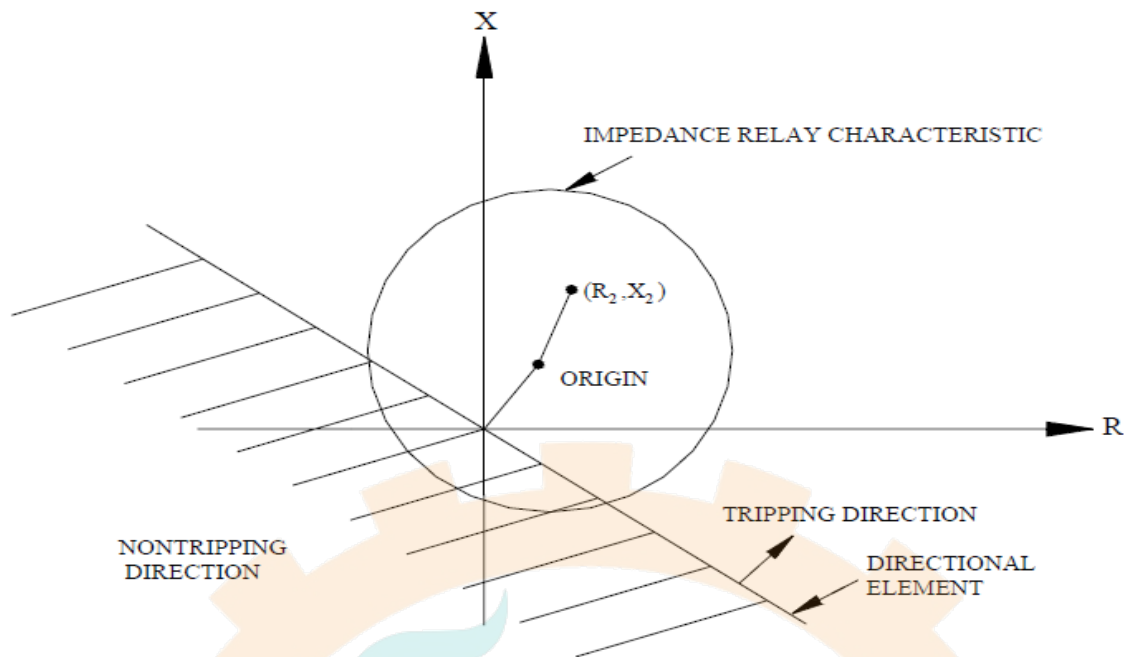
دیاگرام  $R-X$  مربوط به رله راکتانسی

## پ) رله دیستانس نوع امیدانسی

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



دیاگرام  $R-X$  مربوط به رله امپدانس



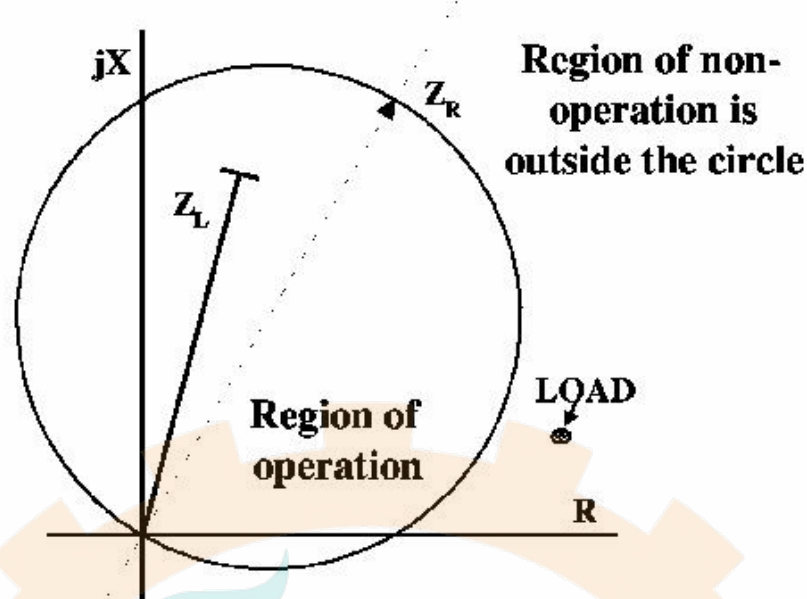
دیاگرام  $R-X$  مربوط به رله امیدانسی جهت دار

## ت) رله دیستانس با مشخصه اهمی

مشخصه این رله یک خط مستقیم می باشد که ضریب زاویه آن می تواند تغییر کند. همانند رله رآکتانسی این رله به تنهایی به کار نمی رود بلکه برای محدود کردن مشخصه دیگر رله ها به کار برده می شود.

## ث) رله دیستانس نوع مهو

مشخصه رله مهو همانطور که در شکل صفحه بعد دیده می شود به صورت دایره ای است که قطر آن برابر امیدانس تنظیم شده است. رله مهو هنگامی عمل می کند که امیدانس دیده شده از محل رله تا نقطه خطا درون مشخصه قرار گیرد. از آنجا که قسمت اعظم مشخصه دایره ای شکل در ربع اول واقع می شود این رله جهت دار خواهد بود.



مشخصه عملکردی رله مهو

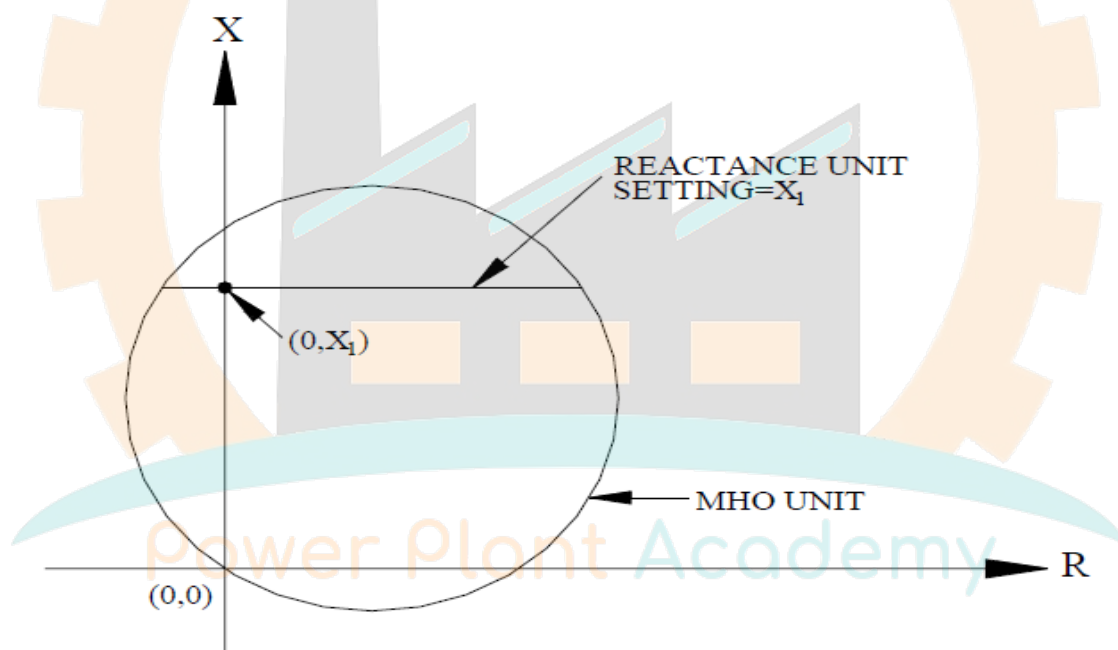
این مشخصه بخاطر سادگی و جهت دار بودن بسیار مورد استفاده قرار گرفته و در قیاس با رله امپدانس دارای حساسیت کمتری در مقابل نوسانات قدرت در شبکه می باشد. این مشخصه همچنین دارای فاصله کافی با امپدانس بار می باشد. با این حال به دلیل آنکه این مشخصه دارای پوشش کمی در جهت محور حقیقی ( $R$ ) است، در خطوط کوتاه ممکن است دچار مشکل در تشخیص ناحیه حفاظتی گردد (تأثیر مقاومت جرعه می تواند 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 می شود که این مشخصه به افسست مهو (Offset Mho) مشهور است. این موضوع باعث می شود که برای خطاهای حوالی شینه پشت خط حفاظت پشتیبان فراهم شود.

نوع دیگری از انواع رله های مهو که به آن Cross Polarized 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.

## ج) رله دیستانس نوع راکتانسی نظارت شده توسط مهو

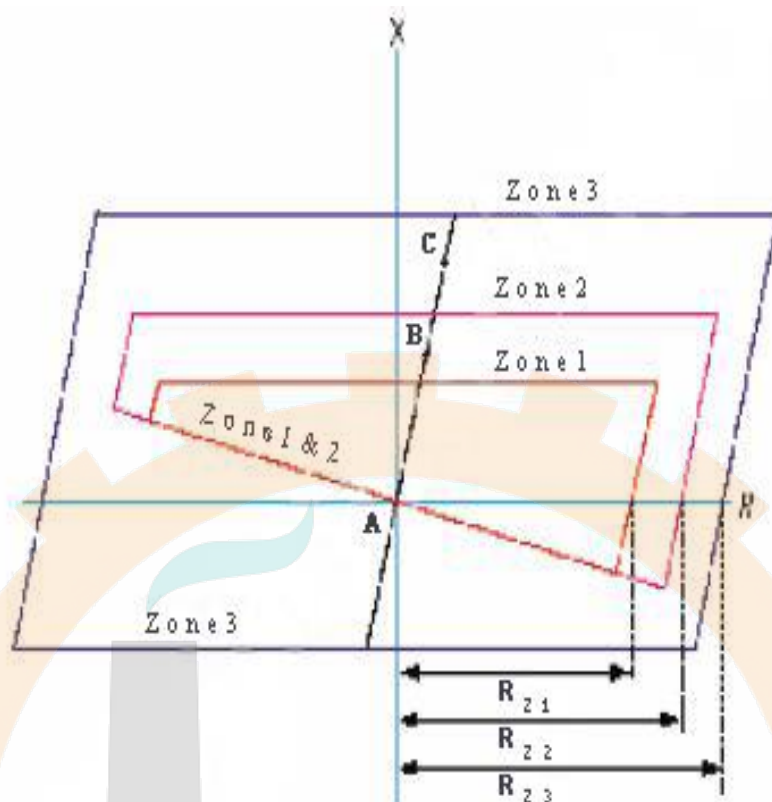
این نوع رله ترکیبی از یک واحد راکتانسی و یک واحد مهو است که جهت کاربرد در خطوط کوتاه، مورد استفاده قرار می گیرد. واحد مهو، کنتاکت های استارت نامیده میشود و جهت دار عمل می کند. فرمان قطع زمانی صادر می شود که نقطه اتصالی در منطقه مشترک بین دو مشخصه قرار داشته باشد.



## چ) رله دیستانس با مشخصه چهارضلعی

مشخصه این رله در شکل زیر نشان داده شده است. تنظیم رله بر روی محور  $X$  و  $R$  به طور مستقل امکان پذیر بوده و این امر باعث بهبود مشخصه مقاومتی رله در مقایسه با رله مهو

می گردد و امکان در نظر گرفتن مقاومت جرعه را به طور موثری فراهم می آورد.



مشخصه چهار ضلعی رله دیستانس

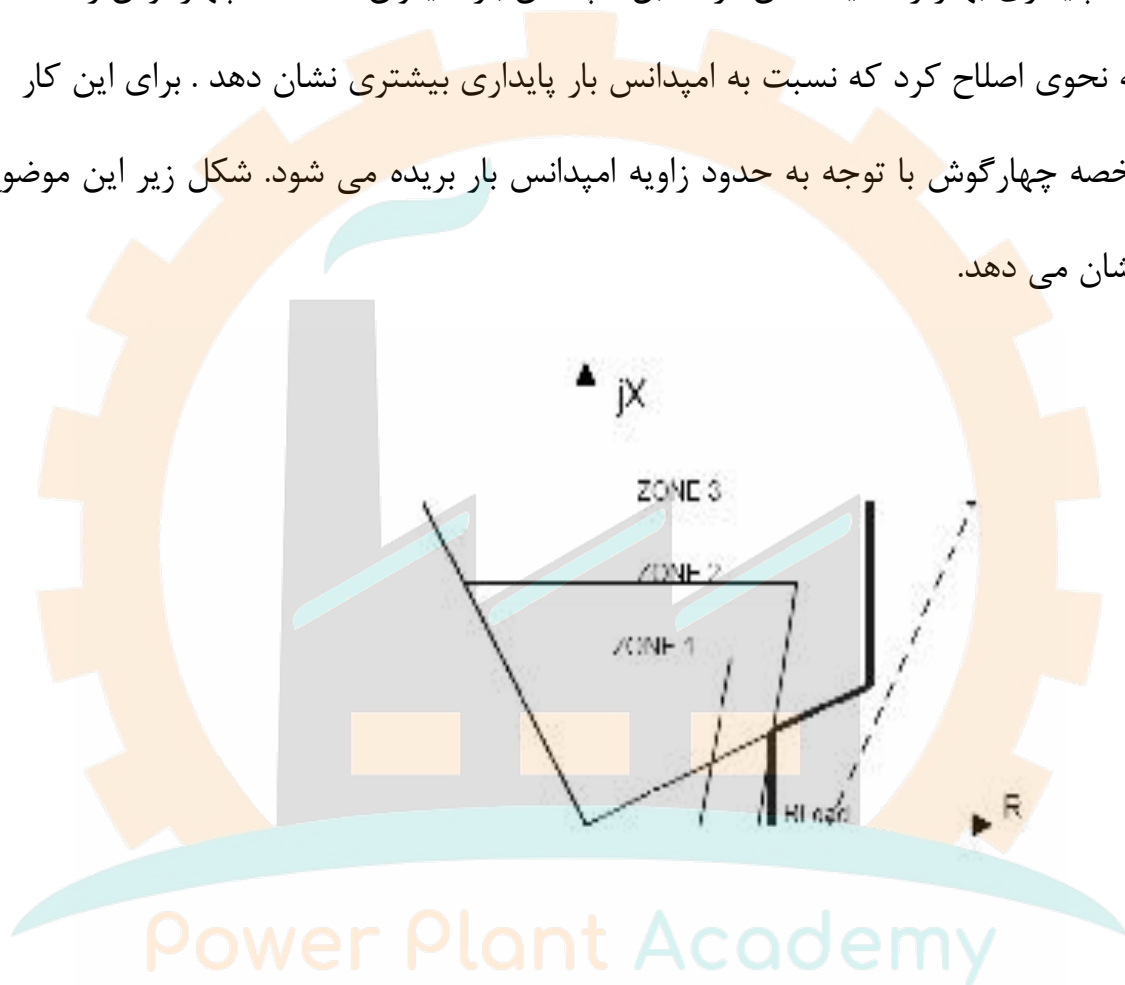
## (د) رله دیستانس نوع دیجیتالی

در سال های اخیر پیشرفتهای چشمگیری در ساخت و استفاده از رله های دیستانس دیجیتالی صورت گرفته است بطوری که رله های دیجیتالی سازندگان مختلف در شبکه برق تعدادی از کشورها نصب و بهره برداری می شوند.

(ز) سایر مشخصه ها

بجز موارد ذکر شده، رله ها می توانند 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 (Lenticular)) 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 رله ها 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 می شود. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد.



مشخصه چند ضلعی بریده شده

حفاظت دیستانس



رله های دیستانس جزء حفاظت های اصلی غیر واحد بوده و علاوه بر اقتصادی بودن مزایای فنی قابل ملاحظه ای دارند. این نوع حفاظت ساده و از نوع حفاظت های سریع می باشد. با ترکیب این سیستم با کانال سیگنال می توان حفاظت واحد را فراهم نمود و به این ترتیب هماهنگی رله های وصل مجدد دو طرف خط امکان پذیر میگردد.

حفاظت دیستانس همانطور که از نامش مشخص است بر اساس اندازه گیری فاصله ی رله تا نقطه خطا کار می کند. به این ترتیب که اگر طول خط اندازه گیری شده از مقدار تنظیم شده برای رله کمتر باشد رله عمل خواهد کرد. در واقع این مسئله در رله ی دیستانس با استفاده از اندازه گیری امپدانس خط که ارتباط مستقیم با طول خط دارد انجام می شود.

اصول عملکرد رله دیستانس بر مبنای اندازه گیری امپدانس از محل رله می باشد و این امر به کمک سنجش ولتاژ و جریان در محل پایانه رله انجام می گیرد. در هنگام وقوع خطا و اتصال کوتاه، امپدانس اندازه گیری شده متناسب با امپدانس از پایانه رله تا نقطه خطا بوده که بسیار کوچکتر از امپدانس دیده شده توسط رله در حالت عادی کار سیستم است. جهت سنجش

امپدانس، بسته به نوع خطا، رله مقادیر مختلفی را اندازه گیری می کند و به عبارتی ورودیهای جریان و ولتاژ متفاوتی در نظر گرفته می شود. رله ها بسته به استفاده از یک واحد اندازه گیر و یا چند واحد اندازه گیری به رله های سوئیچ شونده و غیرسوئیچ شونده تقسیم بندی می گردند. در رله های غیرسوئیچ (*Non Switch*) شونده، به ازای هر فاز و جهت هر نوع خطا یک واحد سنجش مجزا تعبیه شده که این امر سرعت و کارایی رله را افزایش می دهد و توصیه می شود همواره از اینگونه رله ها استفاده شود.

در هنگام بروز خطای فاز به زمین، جهت اندازه گیری صحیح امپدانس خطا لازم است که  $\frac{k-1}{3}$  برابر جریان باقیمانده یعنی  $(I_a+I_b+I_c)$  به جریان اندازه گیری شده در فاز a افزوده شود. ضریب k که ضریب جبران سازی باقیمانده (*Residual Compensation*) خوانده میشود به شکل زیر تعریف می گردد:

$$k = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$$

که  $Z_0$  و  $Z_1$  امپدانس های مؤلفه مثبت و صفر خط مورد حفاظت هستند. بایستی دقت شود که رله های دیستانس به عنوان ورودی امپدانس تنها مقادیر امپدانس مؤلفه مثبت خط را دریافت کرده و به کمک ضریب k محدوده های حفاظتی خطاهای فاز به زمین را تشخیص می دهند.

حفاظت دیستانس در خطوط انتقال موازی و چند مداره

حفاظت دیستانس نسبت به خطاهای فاز - فاز و سه فاز در خطوط موازی ایرادپذیر نیست، ولی حفاظت فاز- زمین در اندازه گیری امپدانس دارای اشتباه خواهد بود.

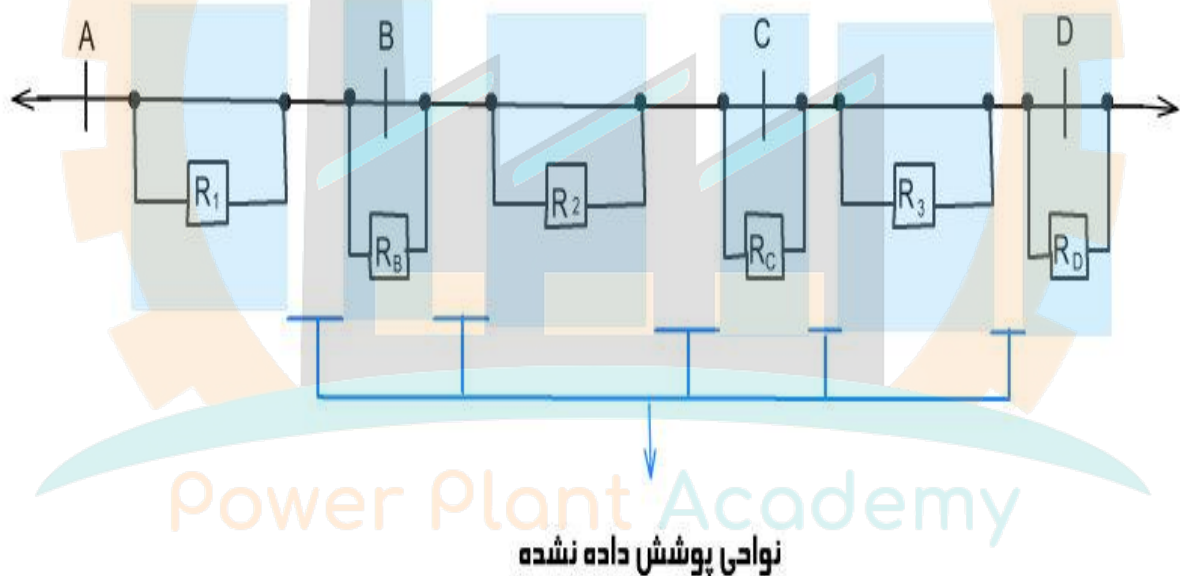
در خطوط موازی بواسطه وجود امپدانس متقابل، جریان زمین ولتاژی در حلقه خطا تولید می کند و لذا امپدانسی که رله در این حالت می بیند دارای درصدی اشتباه خواهد بود. این اشتباه باعث بیشتر دیدن طول یا کمتر دیدن طول رله میگردد. جریان اندازه گیری شده توسط رله دیستانس وابسته به فاکتوری به نام فاکتور جبران زمین است. اگر این فاکتور به نحو مناسبی انتخاب گردد، رله ای که روی خط آسیب دیده نصب می باشد، امپدانس صحیح خطا را خواهد دید و صحیح عمل خواهد نمود، ولی رله واقع در خط سالم جریان را صحیح اندازه گیری نکرده و تمایل به بیشتر شدن دارد، بنابراین جهت عمل صحیح رله های واقع در روی خط سالم یا رله های این خط بایستی قفل شوند و یا عامل جبران امپدانس متقابل در این رله ها در این حالت از مدار خارج گردد و یا قادر به عمل نباشد.

یکی از راه حل های پیشنهادی عبارتست از مقایسه جریان های زمین هر دو خط و آنگاه آزاد ساختن عامل جبران سازی بر روی خطی که جریان بیشتری دارد که معمولاً "خط آسیب دیده" می باشد. این روش محتاج به وصل تعدادی از سیمهای حامل جریان زمین بیهای فیدرهای موازی به یکدیگر و همچنین تجهیزات مقایسه جریان می باشد. شاید یکی از دلایلی که اغلب رله های دیستانس فاقد جبران سازی امپدانس متقابل می باشند همین است. دلیل دیگر این است که با تنظیم مناسب نواحی حفاظتی این مسأله قابل حل است. البته در خیلی موارد جبران سازی لازم است. بعنوان مثال جهت تشخیص صحیح محل خطا توسط دستگاه تعیین محل عیب.

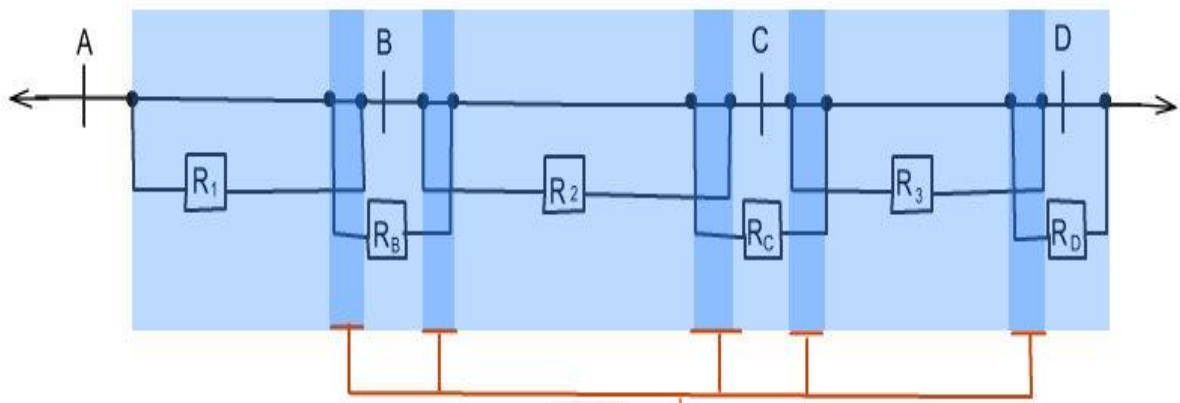
## روی هم قرار گرفتن نواحی حفاظتی (زون بندی)

روی هم قرار گرفتن نواحی حفاظتی که بیشتر در سیستم های حفاظت واحد معنا پیدا میکند، بدین معنی است که جهت پوشش کامل قطعات و تجهیزات سیستم فشار قوی لازم است مرزهای ناحیه ای (که به طور خلاصه منظور محل قرارگیری C.T ها می باشد) به گونه ای قرار داده شود که هیچ نقطه ای از شبکه ی قدرت بدون حفاظت باقی نماند. عملاً این کار با روی هم افتادن لایه های سیستم های حفاظتی مجاور انجام می شود و Over Lap نامیده می شود.

شکل الف - زون بندی غلط

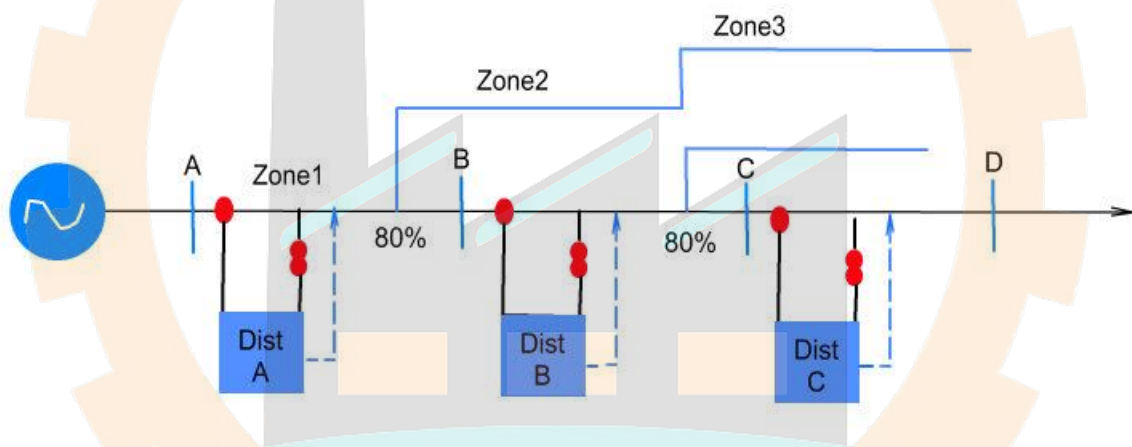


شکل ب - زون بندی صحیح



نواحی روی هم افتاده

## زون بندی در رله های دیستانس



معمولا در رله های دیستانس به عنوان حفاظت اصلی تا 80٪ خط روبروی خود را به عنوان رله اصلی پوشش می دهند. در این حالت یعنی در صورتی که خطایی در فاصله ی 80٪ خط اتفاق بیفتد، رله بدون هیچ گونه تاخیری عمل کرده و خط را قطع می کند، زمان این عملکرد که به صورت لحظه ای می باشد، بستگی به تکنولوژی و توانمندی رله دارد (معمولا بین 40-20 میلی ثانیه). انتخاب درصد تنظیم 80٪ خط اول بدلیل احتمال بروز عملکرد نادرست

رله Ra به ازای خطاهای نزدیک به Rb می باشد که می تواند به دلایل مختلف مانند عدم دقت ترانس های ولتاژ و جریان و یا عدم دقت خود رله و یا وقوع اتصال کوتاه همراه با مقاومت باشد و انتخاب درصد تنظیم 50 و 25 درصد برای خطوط دوم و سوم بدلیل ایجاد هماهنگی با سایر رله ها می باشد. در زون های 2 و 3 می توانند به عنوان پشتیبان بلاوقت استفاده شوند که در این صورت در صد تنظیم رله ی دیستانس برای Zone2 تا 50٪ خط دوم می باشد.

در خطوط معمولاً یک قسمت اهمی و یک قسمت موهومی است.  $Z=R+Jx$

