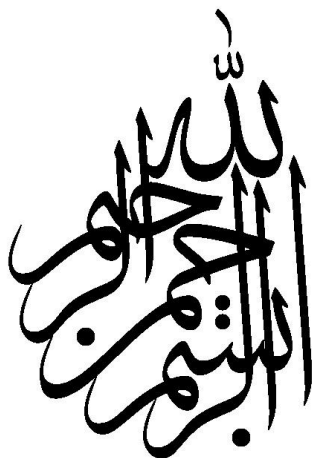




کتاب الکترونیکی حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

قسمتی از کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)
تألیف: مرتضی حسینی





کتاب الکترونیکی

حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

قسمتی از کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)

مرتضی حسینی
مدرس آکادمی روژین

عنوان کتاب الکترونیکی : حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

نویسنده: مرتضی حسینی

قیمت: رایگان

آکادمی روزبین

آموزش تخصصی رلیاژ (رله و حفاظت)

وبسایت: www.rozhbin.ir

۰۹۹۱۳۷۰۱۰۴۵ (واتساپ و تلگرام)

فهرست مطالب

مقدمه نویسنده.....	۹
فصل ۱: مقدمه.....	۱۵
۱: معرفی رله‌های زیمنس.....	۱۷
۱-۱: SIPROTEC easy.....	۱۷
۱-۲: SIPROTEC compact (سری ۶۰۰).....	۱۷
۱-۳: SIPROTEC compact.....	۱۷
۱-۴: SIPROTEC4.....	۱۷
۱-۵: SIPROTEC5.....	۱۷
فصل ۲: حفاظت اضافه جریان.....	۲۳
۲-۱: کدهای ANSI.....	۲۵
۲-۲: نحوه عملکرد.....	۲۵
۲-۳: نحوه تنظیم رله.....	۲۵
۲-۴: فرمول منحنی های تریپ و ریست.....	۲۵
۲-۵: مثال عملی.....	۲۵
۲-۶: حفاظت O/C وابسته به ولتاژ (51V).....	۲۵
فصل ۳: حفاظت اضافه جریان جهتی (دایرکشنال).....	۲۳
۳-۱: کدهای ANSI.....	۲۵
۳-۲: نحوه عملکرد.....	۲۵
۳-۳: نحوه تشخیص جهت.....	۲۵
۳-۴: تشخیص جهت با استفاده از توالی صفر.....	۲۵
۳-۵: تعیین جهت مقادیر توالی منفی.....	۲۵

۳-۶: اِلمان‌های اندازه‌گیری جهت.....	۲۵
۳-۷: تعیین جهت دایرکشنال فاز.....	۲۵
۳-۸: تعیین جهت دایرکشنال زمین با استفاده از مقادیر توالی صفر.....	۲۵
۳-۹: تعیین جهت دایرکشنال زمین با مقادیر توالی منفی.....	۲۵
نتیجه‌گیری.....	۲۵
مراجع.....	۲۵
ضمیمه:.....	۲۳
فهرست مطالب کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس).....	۲۵
معرفی گروه آموزشی روژبین.....	۲۵

مقدمه نویسنده

این کتاب الکترونیکی برای دانشجویان و مهندسان برقی که علاقه دارند وارد حوزه رله و حفاظت (رلیاژ) شده و در این زمینه متخصص شوند آماده شده است. مطالب این کتاب الکترونیکی بخشی از کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس) میباشد که در این کتاب کلیه حفاظتهای رله زیمنس از جمله حفاظت اضافه جریان و کاربرد آنها شرح داده شده است. کلیه مطالب این کتاب از کاتالوگ^۱ و منوال های^۲ رله زیمنس استخراج و ترجمه شده که این مدارک مرجع معتبری در حوزه رله و حفاظت بوده و رله زیمنس هم از پرکاربردترین رله ها در صنعت می باشد. بعد از یادگیری مطالب این کتاب، شما با نحوه عملکرد حفاظت اضافه جریان کلیه رله های حفاظتی از جمله زیمنس، اشنایدر، ومپ، مایکوم، ABB، GE و... آشنا خواهید شد. چون اساس کارکرد حفاظت ها در همه رله ها با نشان برندهای^۳ مختلف یکسان هست و همگی از یک استاندارد پیروی می کنند. به عنوان مثال حفاظت اضافه جریان مطابق استاندارد با کد ANSI شماره های ۵۰ و ۵۱ شناخته می شود و فرمول های آن در استانداردهای IEC و IEEE ذکر شده و در کلیه رله ها با نشان تجاری های مختلف می توان حفاظت اضافه جریان را مطابق با این استانداردها تنظیم نمود.

1- Catalog
2- Manual
3- Brand

چرا یک مهندس برق باید رله و حفاظت بداند؟

هر مهندس برق پس از فارغ التحصیلی از دانشگاه برای وارد شدن به صنعت برق لازم است رله و حفاظت را بلد باشد. چون در صورت اشتغال در شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع و یا صنایع با تجهیزاتی مانند تابلو، ترانسفورماتور، ژنراتور، موتور، کابل و خط سر و کار دارد که این تجهیزات بسیار گران قیمت هستند و برای حفاظت آنها لازم است از رله‌های حفاظتی استفاده شود و دانستن اینکه هر تجهیز به چه حفاظت‌هایی نیاز دارد و این حفاظت‌ها چگونه کار می‌کنند وظیفه مهندس برق است. به عنوان مثال برای حفاظت ترانسفورماتور از رله دیفرانسیل و برای حفاظت خط از رله دیستانس استفاده می‌شود. همچنین حفاظت از شبکه برق نیز به عهده رله‌های حفاظتی می‌باشد.

چگونه یک مهندس برق می‌تواند وارد حوزه رلیاژ (رله و حفاظت) شود؟

کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع و همچنین صنایع واحدی به نام رلیاژ دارند که فقط افرادی که متخصص رله و حفاظت هستند در آن کار می‌کنند. برای اینکه یک مهندس برق بعد از فارغ التحصیلی از دانشگاه بتواند وارد کار رلیاژ شود باید ابتدا با اصول رله و حفاظت آشنا شود. سپس نحوه کار با نرم افزار رله‌های حفاظتی نشان تجاری‌های بزرگ و معتبر را یاد بگیرد. لازم به ذکر است پیش نیاز یادگیری رله و حفاظت، تسلط داشتن به نقشه خوانی تابلوهای LV و MV و یا نقشه خوانی پست‌های فشارقوی است (بسته به اینکه محل کار صنایع یا شرکت‌های برق منطقه‌ای باشد) که می‌توانید آموزش‌های آن را از سایت روژبین تهیه نمایید.

این کتاب الکترونیکی اصول کارکرد حفاظت اضافه جریان رله‌ها را توضیح داده و برای یادگیری نحوه کارکرد سایر حفاظت‌ها از جمله دیفرانسیل، دیستانس، سنکرون و... می‌توانید کتاب رله و حفاظت (رله زمینس) و یا دوره رله و حفاظت را از سایت روژبین تهیه نمایید.

چرا می‌توانید به مطالب این کتاب اعتماد کنید؟

چون کلیه مطالب این کتاب ترجمه کاتالوگ‌ها و منوال رله زیمنس هستند و همانطور که می‌دانید رله زیمنس از معتبرترین برندهای رله‌های حفاظتی می‌باشد و مدارک آن نیز مرجع معتبری در حوزه رله و حفاظت هستند. من نیز سابقه بیش از ۲۳ سال فعالیت در صنعت برق در زمینه تنظیم، پیکربندی، برنامه‌نویسی و تست انواع رله‌های حفاظتی با برندهای مختلف را دارم و با استفاده از تجربیاتی که در این مدت کسب نمودم سعی کردم مطالب کتاب را با دید کاربردی تهیه نمایم. از سال ۱۳۷۶ الی ۱۳۸۶ در شرکت الکتروکویر سازنده تابلوهای LV و MV تحت لیسانس زیمنس آلمان، مدیریت واحد کنترل کیفیت را به عهده داشتم و دوره‌های رله‌های حفاظتی را در این شرکت و همچنین شرکت زیمنس آلمان گذراندم و از سال ۱۳۸۶ به بعد نیز با تاسیس شرکت شهاب گستر الکترونیک در زمینه تست و تنظیم رله‌های حفاظتی پروژه‌های صنعتی فعالیت دارم. همچنین در جهاددانشگاهی یزد نیز تدریس می‌کنم و از سال ۱۳۹۵ مدرس دوره‌های آموزشی در زمینه رلیاژ (رله و حفاظت) در آکادمی روزبین هستم.

نظر اساتید محترم دانشگاه درباره کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)

دکتر محمد مهدیان پور (استاد دانشگاه علم و هنر یزد)

کتاب رله و حفاظت که به روشی کاملاً کاربردی توسط آقای مهندس حسینی به رشته تحریر درآمده، کتابی است بسیار عالی برای کسانی که علاقه دارند وارد حوزه رله و حفاظت شوند و در این زمینه به تخصص دست پیدا کنند. این کتاب توسط فردی نوشته شده که سال‌های طولانی در زمینه رله و حفاظت در صنعت فعالیت داشته و به همین دلیل کتاب را مطابق با آنچه در صنعت مورد نیاز بوده تهیه کرده است. کتاب رله و حفاظت با ساختاری سازمان‌یافته، قدم به قدم تابع‌های حفاظتی رله زیمنس را با توجه به فرمول‌ها و نمودارها بصورت کامل توضیح می‌دهد. من این کتاب را به کلیه دانشجویان و مهندسين برق توصیه می‌کنم و اطمینان دارم مطالب آن برای خوانندگان بسیار کاربردی خواهد بود.

دکتر داود ابوترابی زارچی (استادیار دانشگاه یزد)

کتاب حاضر نتیجه سال‌ها تجربه و تلاش جناب آقای مهندس حسینی در عرصه صنعت برق می‌باشد که بی‌دریغ و در کمال دقت در اختیار خوانندگان و علاقه‌مندان به رله و حفاظت قرار گرفته است. برای سالیان سال، فقدان کتاب مناسب با توضیحات کامل و همه‌جانبه به زبان فارسی برای دانشجویان فارغ‌التحصیل از دانشگاه و مهندسين حاضر در صنعت جهت آشنایی با رله‌های زیمنس - که کاربرد وسیعی در تابلوهای برق دارند- احساس می‌شد که خوشبختانه جناب آقای مهندس حسینی از گروه آموزشی روژبین با دقتی وسواس‌گونه این امر را که عصاره سال‌های متمادی حضور ایشان در صنایع برق است میسر نمودند. خواندن این کتاب مفید را به همه علاقه‌مندان به انجام کارهای عملی مبتنی بر علم توصیه می‌کنم.

مهندس عبدالرضا بردستانی (استاد دانشگاه علویه و کنگان)

اینجناب با توجه به اینکه هم در پالایشگاه مشغول به کار بوده و هم در دانشگاه تدریس می‌نمایم کلیه مطالب ارائه شده توسط آقای مهندس حسینی از گروه آموزشی روزبین را بسیار کاربردی و پرمحتوا می‌دانم. هر چند این مطالب در دانشگاه تدریس نمی‌شود اما کلیه این مطالب از نقشه‌خوانی و حفاظت‌ها و آموزش رله‌ها در صنعت بسیار کاربردی و برای کسانی که این آموزش‌ها را تهیه نموده‌اند و خودشان در صنعت مشغول بکارند بسیار ملموس خواهد بود. به امید موفقیت جناب مهندس حسینی و گروه روزبین در تمام مراحل زندگی و از همکاران گرمی و استادان دانشگاه تقاضا دارم که این آموزش‌ها را یا بصورت پروژه و یا... استفاده نمایند که دانشجویان بعد از فراغت از تحصیل و وقتی وارد بازار کار و صنعت گردیدند برایشان این مطالب مبهم و تازه نباشد.

دکتر محمد صالحی مله (استاد دانشگاه امام محمدباقر ساری)

به نام آشکار صنعت پنهان روح نو بین در تن حرف کهن
بدیهی است که چرخه تولید و صنعت در هر کشور یکی از محرکه‌های اصلی در جهت رسیدن به اهداف توسعه پایدار می‌باشد. صنعت رو به توسعه نیازمند ملزوماتی است که از جمله موثرترین آن‌ها نیروی انسانی خبره و کارآمد می‌باشد. یکی از ضعف‌های مشهود در آموزش و کسب مهارت نیروی انسانی متخصص در کشور ما، عدم دسترسی به منابع قابل اعتماد و اتکا است. منابعی با زبان فارسی که هم از دیدگاه آکادمیک و تطابق با استانداردها و هم از منظر تجربیات عملیاتی با فضای بازار کار موجود همخوان باشد. امروزه به سبب پراکندگی و عدم ترجمه برخی منابع معتبر و مهارت محوری نبودن آموزش‌های دانشگاه، هدر رفت نیروی انسانی، اتلاف زمان، و نازایی شیوه‌های آموزشی به منظور تربیت نیروی متخصص ماهر بیش از پیش محسوس است. به عقیده بنده کتاب حاضر یکی از منابع به روز علمی - کاربردی در حوزه صنعت برق و زیر بخش حفاظت سیستم‌های قدرت

می‌باشد، که بر دو اصل ارزشمند پایه‌گذاری شده است. اولی شالوده، بنیان و به تعبیری ایدئولوژی تألیف حاضر است، که بر مبنای تألیفات شرکت Siemens به عنوان یکی از معتبرترین مجموعه‌های فعال تولیدی و متخصص جهان در این بخش است. دوم، مؤلف توانمند که پس عبور از فیلترهای آموزش عالی و مجموعه‌ها و پلنت‌های بزرگ صنعتی کشور به مدت بیش از دو دهه، مدتی به امر معلمی و طرح آموزش مشغول بوده است و با روش و منش هر دو گروه علمی و عملیاتی و نیازمندی‌های مهارت‌جو و صنعت آشنا و دمخور است. بنابراین، هدف این کتاب را نه تنها انتقال مؤثر دانش، بلکه بازآفرینی درست و ارزشی دانش می‌دانم. لذا، تألیف حاضر را به کلیه دانشجویان، فارغ‌التحصیلان و مهندسان علاقمند به مباحث حفاظت سیستم‌های قدرت اکیداً توصیه می‌نمایم.

با احترام

محمد صالحی مله

مدرس درس حفاظت سیستم‌های قدرت در دانشگاه امام محمدباقر ساری و صنایع مختلف از جمله شرکت ملی نفت؛ فعال صنعتی در پلنت‌های صنعتی بزرگ از جمله فولاد، سیمان، صنایع نفت و گاز و نیروگاه؛ مؤلف کتب و مقالات تخصصی در انتشارات معتبر علمی از جمله Elsevier, Springer

فصل اول

مقدمه

۱-۱: معرفی رله های زیمنس

قبل از اینکه حفاظت های رله های زیمنس و نحوه کارکرد آنها را توضیح دهیم ابتدا به معرفی انواع این رله ها می پردازیم. رله های زیمنس یکی از کاملترین رله های حفاظتی هستند که در ۵ سری توسط شرکت زیمنس آلمان تولید شده اند و ما هرکدام از این سری رله ها را معرفی می کنیم:



شکل ۱-۱: رله های زیمنس

۱- SIPROTEC easy

رله‌های SIPROTEC easy می‌توانند از طریق ترانس جریان (CT)^۱ تغذیه شوند یا تغذیه جداگانه داشته باشند و فقط حفاظت اضافه جریان دارند و می‌توان به عنوان پشتیبان حفاظت ترانسفورماتور یا خط استفاده کرد و در شبکه‌های قدرتی که فقط از یک طرف تغذیه می‌شوند کاربرد دارند. تنظیم این رله با دیپ سوئیچ^۲هایی که روی رله قرار دارد بصورت دستی انجام می‌شود و از طریق نرم‌افزار امکان‌پذیر نیست (مثل رله‌های 7SJ45 و 7SJ46). شکل زیر یک نمونه رله SIPROTEC easy را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲: رله SIPROTEC easy

-
- 1- Current Transformer
 - 2- Dipswitch

۲- SIPROTEC compact (سری ۶۰۰)

این رله‌ها کمپکت (فشرده) و از نوع نیومریکال (عددی) هستند یعنی صفحه نمایش دارند و می‌توان مقادیر تنظیم را از طریق صفحه نمایش به رله وارد کرد. کاربرد آنها در شبکه‌های فشارمتوسط و سیستم‌های قدرت صنعتی بوده و حفاظت‌های مختلفی دارند از جمله اضافه جریان و خطای زمین^۱ و دیفرانسیل (مثل رله‌های 7SJ600 و 7SJ602 و 7RW)

شکل زیر یک نمونه رله SIPROTEC compact (سری ۶۰۰) را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱: رله SIPROTEC compact (سری ۶۰۰)

1- Earth fault

۳- SIPROTEC compact

رله‌های SIPROTEC compact حفاظت‌های کاملی را دارند و در ضمن فضای کمی می‌گیرند و به عنوان حفاظت اصلی در شبکه فشار متوسط (MV) و حفاظت پشتیبان در شبکه فشار قوی (HV)^۱ استفاده می‌شوند (مثل رله‌های 7SK80 و 7SJ80)

شکل زیر رله‌های SIPROTEC compact را نشان می‌دهد:



شکل ۴-۱: رله SIPROTEC compact

۴- SIPROTEC4

رله‌های SIPROTEC4 پر کاربردترین رله‌های زمینس هستند و برای همه نوع کاربردی مناسب می‌باشد از جمله نیروگاه، خط انتقال، شبکه توزیع و صنعت.

1- High voltage

این رله‌ها یک نرم‌افزار منحصر به فرد به نام DIGSI4 دارند که با آن می‌توان تنظیم، پیکربندی و برنامه‌نویسی رله‌های SIPROTEC4 را انجام داد (مثل رله‌های 7SA و 7UT و 7SJ64).

شکل زیر رله‌های SIPROTEC4 را نشان می‌دهد:



شکل ۱-۵: رله SIPROTEC4

آموزش نرم‌افزار رله زیمنس (DIGSI4) در سایت روزبین به نشانی shop.rozhbin.ir وجود دارد و در صورت تمایل می‌توانید آن را تهیه کنید.

۵- SIPROTEC5

رله‌های SIPROTEC5 به طور مخصوص برای سیستم‌های فشار قوی (HV) مدرن طراحی شده‌اند. این رله‌ها دارای نرم‌افزار DIGSI5 هستند که نرم‌افزار بسیار جامع و کاملی است و قابلیت‌های بسیار بالایی دارد.



شکل ۱-ع: رله SIPROTEC5

فصل دوم
حفاظت اضافه جریان
(OVER CURRENT)

۱-۲: حفاظت اضافه جریان (Over Current)

۲-۱: کدهای ANSI:

اضافه جریان فاز (زمان ثابت): 50

اضافه جریان فاز (تاخیری): 51

خطای زمین (زمان ثابت): 50N

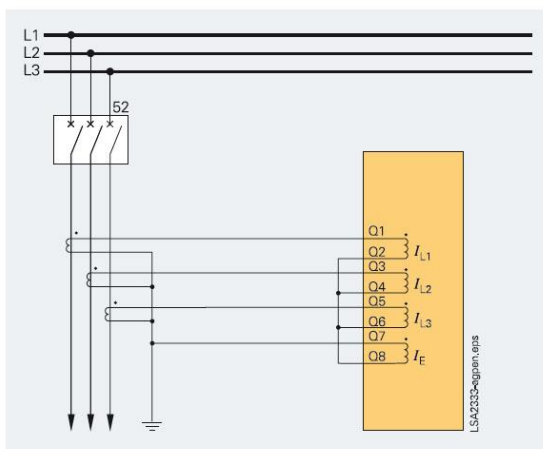
خطای زمین (تاخیری): 51N

اضافه جریان وابسته به ولتاژ: 51V

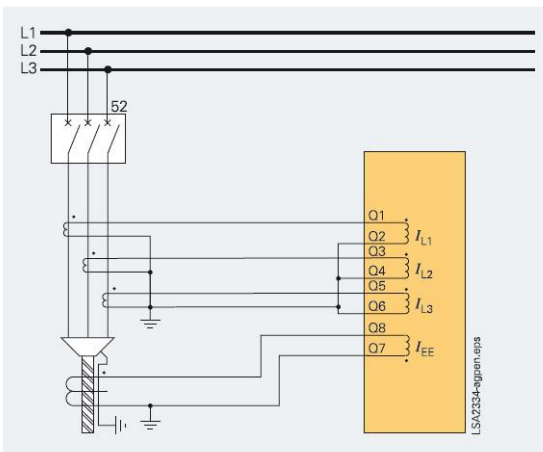
۲-۲: نحوه عملکرد

این حفاظت براساس اندازه‌گیری جریان‌های ۳ فاز و جریان زمین عمل می‌کند. جریان زمین به دو صورت به‌دست می‌آید. یا از طریق جمع جبری جریان فازها به‌دست می‌آید و یا از طریق ترانس جریان CT جداگانه‌ای به‌نام CT کوربالانس^۱ اندازه‌گیری می‌شود. اگر جریان زمین از طریق جمع جبری جریان فاز محاسبه شود رله حفاظت خطای زمین را خواهد داشت (50N- 51N) اما اگر از طریق کوربالانس اندازه‌گیری شود رله حفاظت خطای زمین حساس (50NS) را خواهد داشت که حساسیت آن بالاتر از EF است.

1- Corebalance



شکل ۲-۱: مدار اندازه‌گیری جریان زمین از طریق جمع جبری



شکل ۲-۲: مدار اندازه‌گیری جریان زمین از طریق CT کوربالانس

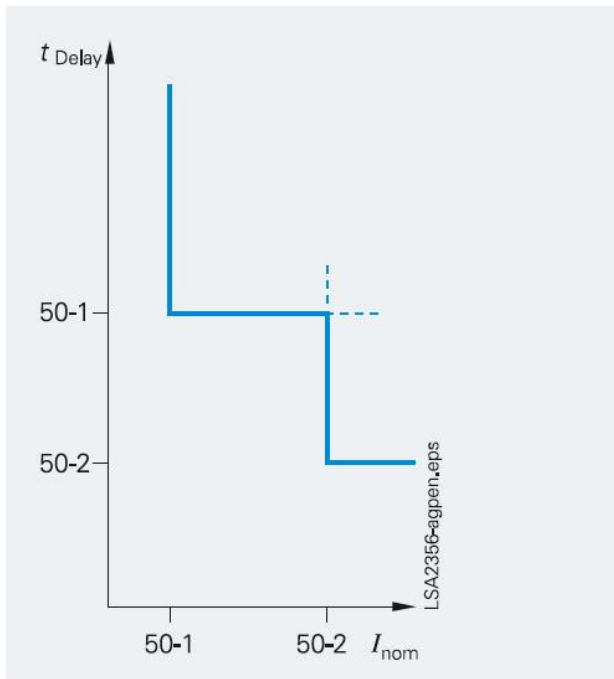
۳-۲: نحوه تنظیم رله

عملکرد رله O/C را به ۲ صورت می‌توانیم تنظیم کنیم:

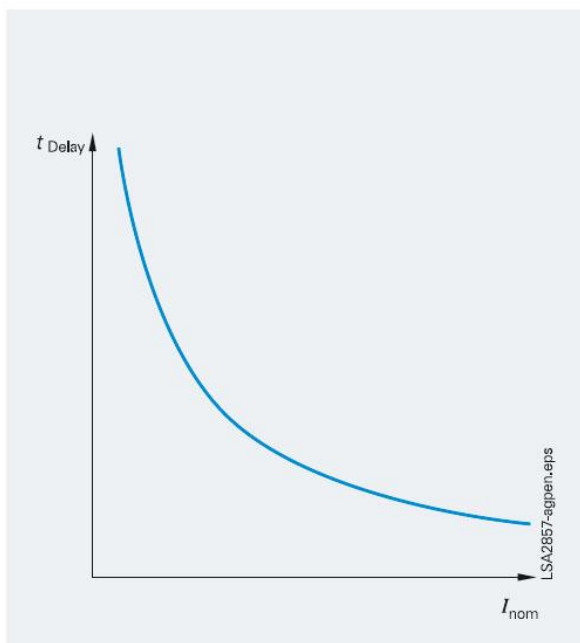
۱- definite time (DMT) یا زمان ثابت (50 – 50N)

۲- inverse time (IDMT) یا زمان معکوس (51-51N)

در حالت definite time در صورتی که جریان از یک مقدار مشخصی بیشتر شود رله در یک زمان ثابت قطع می‌کند ولی در حالت inverse time هرچه جریان بیشتر شود رله در زمان کمتری قطع می‌کند.
در شکل‌های زیر نمودارهای حالت definite time و inverse time نشان داده شدند.



شکل ۳-۲: definite time (DMT) یا زمان ثابت



شکل ۲-۴: $inverse\ time$ (IDMT) یا زمان معکوس

در رله‌های زیمنس حالت definite هم برای فاز و هم برای زمین در ۳ المان^۱ قابل تنظیم است که بصورت زیر نشان داده می‌شوند:

فاز: 50-1/50-2/50-3

زمین: 50N-1/50N-2/50N-3

به المان‌های 50N-2, 50N-3, 50-2, 50-3 highset گفته می‌شود. این المان‌ها با زمان کمتری نسبت به 50-1 و 50N-1 تنظیم می‌شوند. در المان

50N-3/50-3 در قسمت نحوه اندازه‌گیری جریان، علاوه بر مقادیر RMS و fundamental (بنیادی) مقدار instantaneous (لحظه‌ای) هم تنظیم می‌شود. در حالت inverse مشخصه‌های مختلفی قابل تنظیم است که هر کدام فرمول مخصوصی دارند. بطور کلی دو نوع مشخصه یا منحنی داریم: منحنی زمان تریپ^۱ (TRIP TIME) و منحنی زمان دراپ‌اوت (DROPOUT TIME)

۴-۲: فرمول منحنی‌های تریپ و ریست

در جدول زیر فرمول منحنی‌های زمان تریپ مطابق استاندارد IEC نشان داده

شدند:

Acc. to IEC 60255-3 or BS 142, Section 3.5.2 (see also Figures 4-1 and 4-2)	
INVERSE (Type A)	$t = \frac{0.14}{(I/I_p)^{0.02} - 1} \cdot T_p \quad [s]$
VERY INVERSE (Type B)	$t = \frac{13.5}{(I/I_p)^1 - 1} \cdot T_p \quad [s]$
EXTREMELY INV. (Type C)	$t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot T_p \quad [s]$
LONG INVERSE (Type D)	$t = \frac{120}{(I/I_p)^1 - 1} \cdot T_p \quad [s]$
Where:	
t	Trip time in seconds
T _p	Setting Value of the Time Multiplier
I	Fault Current
I _p	Setting Value of the Pickup Current

فرمول ۴-۱: منحنی‌های زمان تریپ مطابق استاندارد IEC

منحنی inverse کمترین شیب و منحنی long inverse بیشترین شیب را دارد.

در این فرمول‌ها:

t: زمان تریپ

T_p: ضریب زمانی^۲

I: جریان خطا

I_p: جریان پیک آپ^۱

1- Trip

2- Time multiplier

را نشان می‌دهند.

T_p و I_p در رله تنظیم می‌شود و عددی ثابتی هستند. بنابراین اگر به رله جریان I تزریق شود در زمان t تریپ می‌دهد. وقتی جریان تزریقی به رله از جریان پیک آپ (I_p) بیشتر شود LED آلارم رله روشن می‌شود و رله پیک آپ می‌کند. اگر این جریان به اندازه‌زمان t طول بکشد LED تریپ رله روشن می‌شود و رله تریپ می‌دهد.

در جدول زیر فرمول منحنی‌های زمان دراپ اوت مطابق استاندارد IEC نشان داده شدند:

Acc. to IEC 60255-3 or BS 142, Section 3.5.2 (see also Figures 4-1 and 4-2)	
INVERSE (Type A)	$t_{Reset} = \frac{9.7}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_p \quad [s]$
VERY INV. (Type B)	$t_{Reset} = \frac{43.2}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_p \quad [s]$
EXTREMELY INV. (Type C)	$t_{Reset} = \frac{58.2}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_p \quad [s]$
LONG INVERSE (Type B)	$t_{Reset} = \frac{80}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_p \quad [s]$
Where:	
t_{Reset} Reset Time	
T_p Setting Value of the Time Multiplier	
I Fault Current	
I_p Setting Value of the Pickup Current	

فرمول ۲-۲: منحنی‌های زمان دراپ اوت مطابق استاندارد IEC

در این فرمول‌ها:

T_{reset} : زمان دراپ اوت (زمان ریست)

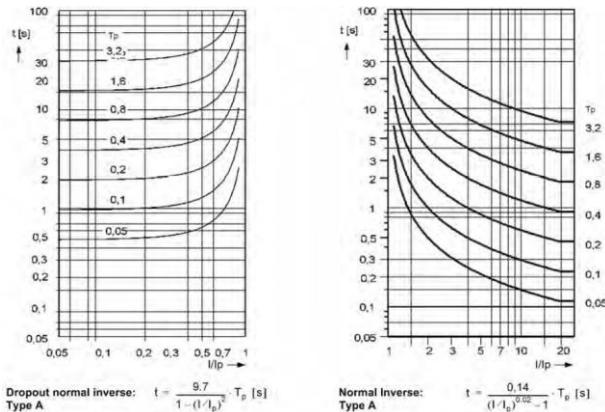
T_p : ضریب زمانی

I : جریان خطا

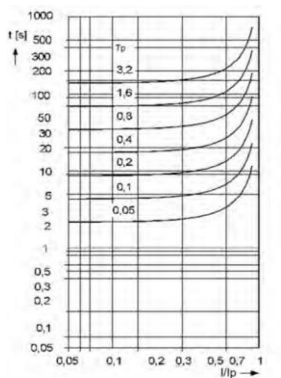
I_p : جریان پیک آپ

را نشان می‌دهند.

اگر بعد از اینکه رله پیک آپ کرد شروع به کاهش جریان کنیم بطوریکه جریان از مقدار I_p کمتر شود رله در زمان T_{reset} دراپ می‌کند که این زمان بستگی به جریان I و پارامترهای I_p و T_p دارد و مطابق فرمول‌های بالا محاسبه می‌شود. بعد از دراپ، رله ریست^۱ می‌شود و به حالت عادی برمی‌گردد. شکل‌های زیر منحنی‌های زمان تریپ و زمان دارپ حالت inverse حفاظت اضافه جریان و همچنین فرمول‌های آنها مطابق با استاندارد IEC نشان داده شدند.

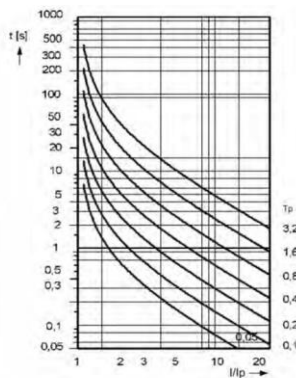


شکل ۲-۵: منحنی Normal inverse



Reset Very Inverse:
Type B

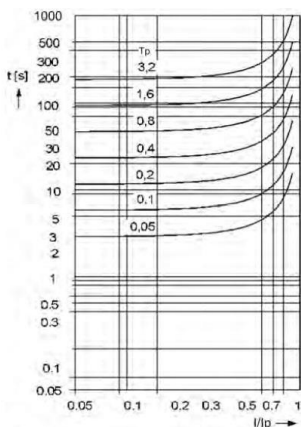
$$t = \frac{43.2}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_d \text{ [s]}$$



VERY INVERSE:
Type B

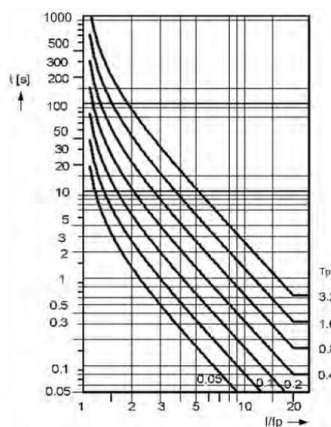
$$t = \frac{13.5}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot T_d \text{ [s]}$$

شکل ۲-۶: منحنی Very inverse



Reset Extremely Inverse:
Type C

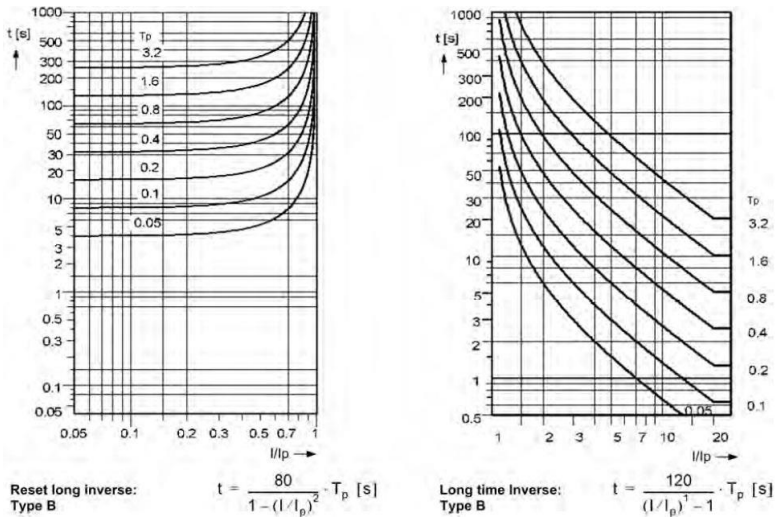
$$t = \frac{58.2}{1 - (I/I_p)^2} \cdot T_d \text{ [s]}$$



Extremely Inverse:
Type C

$$t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot T_d \text{ [s]}$$

شکل ۲-۷: منحنی Extremely inverse



شکل ۸-۲: منحنی Long time inverse

۵-۲: مثال عملی

فرض کنید تنظیمات حفاظت اضافه جریان رله به شرح ذیل باشد و ما می‌خواهیم زمان تریپ حفاظت اضافه جریان را محاسبه کنیم.

منحنی: INVERSE(Type A) استاندارد IEC

I/I_p : ۴ (یعنی جریان اعمالی به رله ۴ برابر جریان IP باشد)

T_p : ۰/۲ ثانیه

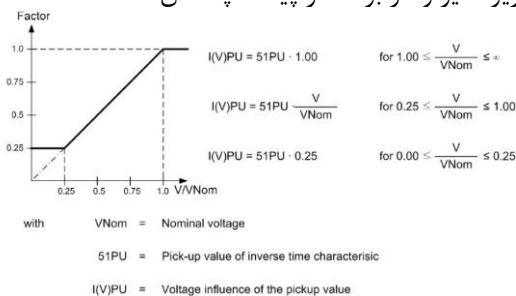
اگر مقادیر فوق را در فرمول منحنی زمان تریپ INVERSE(Type A) قرار دهیم زمان تریپ رله $t = ۰/۹۹$ ثانیه به دست می‌آید.

۶-۱-۲: حفاظت O/C وابسته به ولتاژ (51V)

در این حفاظت عملکرد O/C (در حالت inverse) به مقدار ولتاژ بستگی دارد که به دو روش تنظیم می‌شود:

۱- ولتاژ ثابت: در این روش اگر ولتاژ از مقدار تنظیم شده کمتر شد تابع اضافه جریان غیرفعال می‌شود

۲- ولتاژ متغیر: در این روش مقدار پیک آپ تابع اضافه جریان به مقدار ولتاژ بستگی دارد مقدار پیک آپ با کاهش ولتاژ کم و با افزایش ولتاژ زیاد می‌شود در نمودار زیر تاثیر ولتاژ بر مقدار پیک آپ نشان داده شده است:



نمودار ۱-۲: تاثیر ولتاژ بر روی مقدار پیک آپ

فصل سوم
حفاظت اضافه جریان جهتی
(DIRECTIONAL OVER CURRENT)

۳-۱: کدهای ANSI:

دایرکشنال (جهتی) فاز: 67

دایرکشنال (جهتی) ارت: 67N

۳-۲: نحوه عملکرد

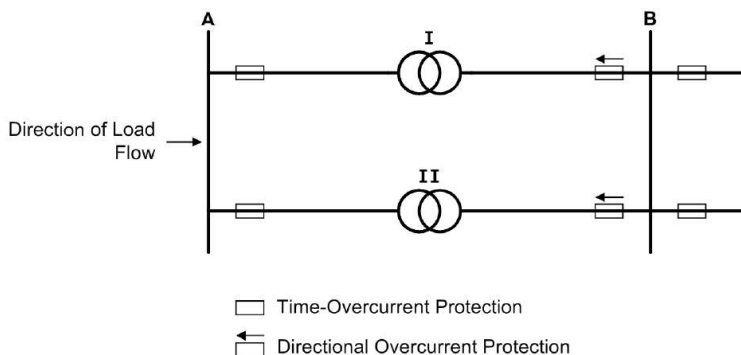
حفاظت O/C جهتی در سیستم‌هایی کاربرد دارد که هم بزرگی جریان خطا و هم جهت آن برای ما اهمیت داشته باشد. مثل خطوط یا ترانس‌های موازی^۱ که از یک منبع تغذیه می‌شوند یا خطوطی که از ۲ سمت تغذیه می‌شوند.

جهت حفاظت جهتی می‌تواند forward یا backward تنظیم شود.

حفاظت O/C جهتی هم مانند حفاظت O/C بدون جهتی (50-51) در ۲ حالت definite و inverse عمل می‌کند.

شکل زیر کاربرد تابع جهتی در حفاظت خطوط و ترانس‌های موازی را نشان

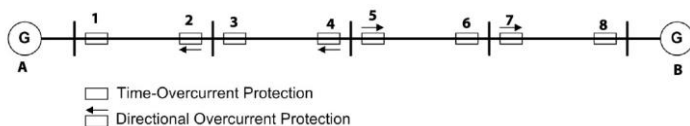
می‌دهد.



شکل ۲-۹: حفاظت O/C جهتی برای ترانس‌های موازی

در شکل فوق اگر روی ترانس ۱ خطایی رخ بدهد جریان خطا از سمت تغذیه (باس A) وارد ترانس ۱ می‌شود. همزمان جریان از طریق فیدر ۲ و باس B نیز وارد ترانس ۱ می‌شود. اگر رله‌های سمت باس B رله جهتی نباشند عمل می‌کنند و هر دو فیدر را از مدار خارج می‌کنند. اما اگر این دو رله جهتی باشند و جهت forward آن هم به سمت ترانس تنظیم شده باشد فقط رله فیدر ۱ که جهت جریان با جهت forward یکی است عمل می‌کند و این فیدر را از مدار خارج می‌کند و چون در رله فیدر ۲ جهت جریان با جهت forward رله مخالف هست تریپ نمی‌دهد و فیدر ۲ را قطع نمی‌کند. رله فیدر ۲ در سمت باس A تأخیری تنظیم می‌شود و به همین دلیل فرمان تریپ را صادر نمی‌کند. رله‌هایی که علامت فلش دارند جهتی هستند. جهت forward باید به سمت ترانس یا خط یا تجهیز که قرار است حفاظت شود تنظیم شود و لازم نیست حتماً با جهت بار یکی باشد.

شکل زیر کاربرد تابع جهتی در حفاظت خطوطی که از ۲ سمت تغذیه می‌شوند را نشان می‌دهد.

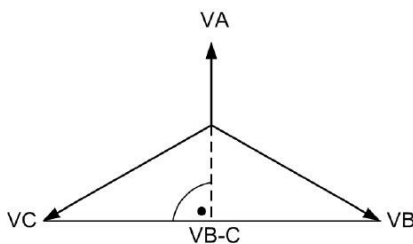


شکل ۲-۱۰: خطوط انتقال با تغذیه از دو سمت

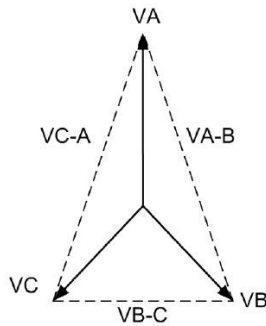
در شکل فوق به‌عنوان مثال اگر بین رله ۳ و ۴ خطایی رخ بدهد جریان اتصال کوتاه از سمت A و B به این نقطه وارد می‌شود. جریان سمت A را رله ۳ تشخیص می‌دهد و قطع می‌کند و جریان سمت B را هم رله جهتی ۴ به‌علت هم جهت بودن قطع می‌کند. با توجه به اینکه جهت جریانی که از ژنراتور B وارد رله‌های ۵ و ۷ می‌شوند با جهت Forward این رله‌ها مخالف هست لذا این دو رله عمل نمی‌کنند و رله‌های ۶ و ۸ هم تأخیری تنظیم شدند و به همین دلیل فرمان تریپ نمی‌دهند. در نهایت با عمل کردن رله‌های ۳ و ۴ قسمت فالتی از خط جدا می‌شود و بقیه خط برقرار باقی می‌ماند.

۳-۳: نحوه تشخیص جهت

تشخیص جهت خطا برای حفاظت جهتی فاز (67) و جهتی زمین (67N) بطور جداگانه انجام می‌شود. اساساً تشخیص جهت با تعیین زاویه بین جریان خطا و ولتاژ مرجع^۱ انجام می‌شود. برای جهتی فاز از جریان فازی که خطا در آن اتفاق افتاده و ولتاژ بین ۲ فاز دیگر که خطا ندارند به‌عنوان ولتاژ مرجع برای تعیین زاویه استفاده می‌شود. چون اگر ولتاژ فازی که خطا در آن اتفاق افتاده کاملاً صفر شود ولتاژ بین ۲ فاز دیگر هنوز وجود دارد بنابراین می‌تواند به‌عنوان مرجع برای تعیین جهت استفاده شود. در حالت اتصال کوتاه دو فاز ولتاژ فازی که خطا ندارد به‌عنوان مرجع استفاده می‌شود. اگر اتصال کوتاه ۳ فاز اتفاق بیفتد و هیچ کدام از فازها ولتاژ نداشته باشد رله برای تعیین جهت از ولتاژ memory یا حافظه خود استفاده می‌کند. اگر کلید در حالت خطا وصل شود و ولتاژ در memory رله نباشد رله تریپ می‌دهد. در بقیه حالاتها مقدار ولتاژ برای تعیین جهت کافی است.



شکل ۲-۱۱: خطای فاز به زمین (A-E)



شکل ۲-۱۲: خطای فاز به فاز (B-C)

برای تعیین جهت دایرکشنال زمین ۲ روش وجود دارد:

۱- تعیین جهت با توالی صفر

۲- تعیین جهت با مقادیر توالی منفی

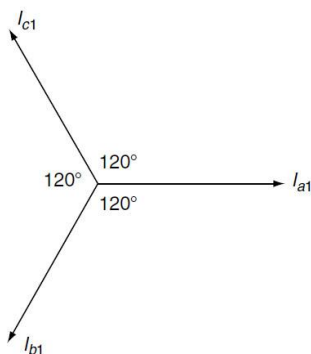
ابتدا مولفه‌های توالی مثبت، منفی و صفر را معرفی می‌کنیم.

یک سیستم ۳ فاز نامتعادل شامل سه سیستم ۳ فاز متعادل می‌شود: توالی

مثبت، توالی منفی و توالی صفر

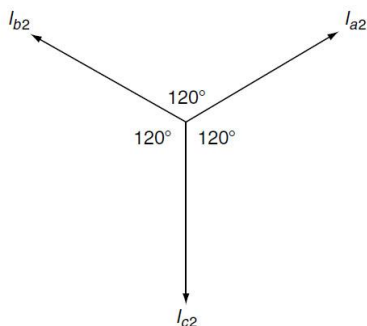
در توالی مثبت (Positive sequence) جریان‌ها و ولتاژهای ۳ فاز بالانس و هم

اندازه هستند و اختلاف زاویه بین آنها ۱۲۰ درجه هست.



شکل ۲-۱۳: بردارهای جریان توالی مثبت

در توالی منفی (Negative sequence) مولفه‌ها بالانس و هم اندازه هستند و اختلاف زاویه بین آنها هم 120° درجه هست فقط توالی آنها برعکس است.



شکل ۲-۱۴: بردارهای جریان توالی منفی

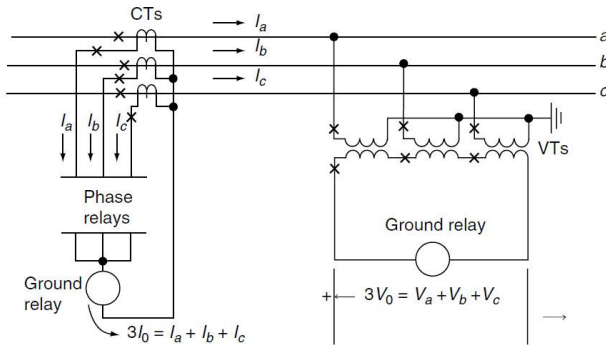
در توالی صفر (Zero sequence) مولفه‌ها همیشه به یک اندازه و بدون اختلاف زاویه هستند.

$$I_{a0} = I_{b0} = I_{c0}$$


شکل ۱۵-۲: بردارهای جریان توالی منفی

این سه مولفه همیشه در جریان و ولتاژ وجود دارند و هیچ کدام به تنهایی وجود ندارند.

در شکل زیر استفاده از مولفه توالی صفر برای حفاظت خطای زمین نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۲: مؤلفه توالی صفر برای حفاظت زمین

همانطور که در شکل بالا دیده می‌شود مولفه توالی صفر جریان از CT کوربالانس و مولفه توالی صفر ولتاژ از ثانویه مثلث باز VT به‌دست می‌آید.

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c), \quad V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c),$$

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c), \quad V_1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c),$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c), \quad V_2 = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c).$$

فرمول‌های ۲-۳: توالی‌های مثبت، منفی و صفر

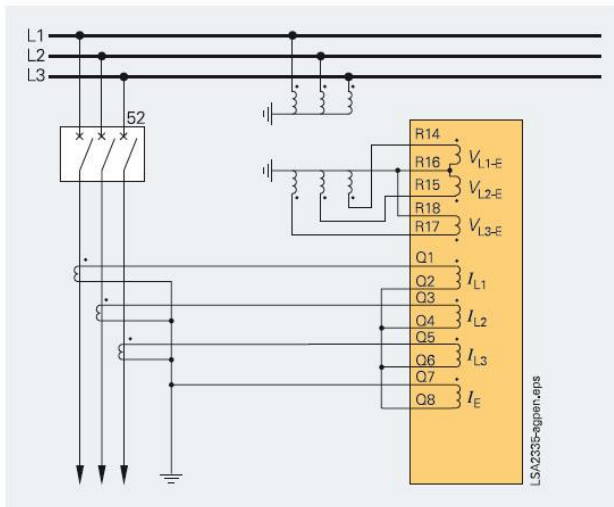
۴-۳: تشخیص جهت با استفاده از توالی صفر

تعیین جریان

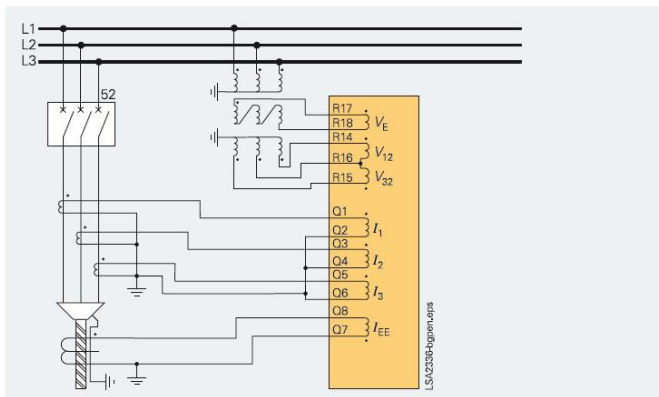
در حالت توالی صفر جریان نوترال (IN) ترانس برای اندازه‌گیری جهت استفاده می‌شود. در غیر این صورت رله جریان زمین را از جمع جبری جریان‌های ۳ فاز محاسبه می‌کند. در حفاظت جهتی خطای زمین حساس از کوربالانس برای تعیین جهت استفاده می‌شود.

تعیین ولتاژ مرجع

در حالت توالی صفر ولتاژ جابجایی (VN) که از ثانویه مثلث باز ترانس ولتاژ به‌دست می‌آید به‌عنوان ولتاژ مرجع استفاده می‌شود. در غیر این‌صورت رله ولتاژ توالی صفر (3VO) را از جمع جبری ولتاژهای ۳ فاز محاسبه می‌کند. اگر مقدار VN یا 3VO کافی نباشد جهت مشخص نمی‌شود و رله خطای زمین جهتی فرمان تریپ را صادر نمی‌کند. همچنین اگر رله نتواند جریان IO را تشخیص دهد حفاظت جهتی خطای زمین عمل نمی‌کند.



شکل ۲-۱۷: محاسبه جریان و ولتاژ توالی صفر توسط رله از طریق جمع جبری



شکل ۲-۱۸: محاسبه جریان و ولتاژ توالی صفر توسط رله از طریق CT کوربالانس و PT مثلث باز

۵-۳: تعیین جهت مقادیر توالی منفی

در این حالت جریان توالی منفی و ولتاژ مرجع توالی منفی برای تعیین جهت استفاده می‌شوند و وقتی کاربرد دارد که جریان یا ولتاژ توالی صفر نداشته باشیم. جریان و ولتاژ توالی منفی توسط رله محاسبه می‌شود. در اینصورت تعیین جهت وقتی توسط رله انجام می‌شود که مقادیر مورد نیاز به اندازه کافی وجود داشته باشند.

۶-۳: المان‌های اندازه‌گیری جهت

رله برای هر ۳ فاز یک المان اندازه‌گیری جهتی جداگانه‌ای دارد همچنین یک المان چهارم هم برای اندازه‌گیری جهتی زمین^۱ دارد. به محض اینکه جریان در یکی از فازها یا در زمین از مقدار pick up بیشتر شد المان اندازه‌گیری جهتی مربوطه شروع به تعیین جهت می‌کند. در حالیکه در چند فاز با هم خطا رخ بدهد رله برای هر فاز دارای خطا جهت را بطور جداگانه مشخص می‌کند. اگر یکی از جهت‌ها با جهت تنظیمی مطابق باشد رله pick up می‌کند. جدول زیر نشان می‌دهد که در انواع مختلف pick up، رله کدام مقادیر اندازه‌گیری را برای تعیین جهت انتخاب می‌کند.

Pickup	Directional Element							
	A		B		C		ground	
	Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage
A	I_A	$V_B - V_C$	—	—	—	—	—	—
B	—	—	I_B	$V_C - V_A$	—	—	—	—
C	—	—	—	—	I_C	$V_A - V_B$	—	—
N	—	—	—	—	—	—	I_N	$V_N^{(1)}$
A, N	—	$V_B - V_C$	—	—	—	—	I_N	$V_N^{(1)}$
B, N	—	—	I_B	$V_C - V_A$	—	—	I_N	$V_N^{(1)}$
C, N	—	—	—	—	I_C	$V_A - V_B$	I_N	$V_N^{(1)}$
A, B	I_A	$V_B - V_C$	I_B	$V_C - V_A$	—	—	—	—
B, C	—	—	I_B	$V_C - V_A$	I_C	$V_A - V_B$	—	—
A, C	I_A	$V_B - V_C$	—	—	I_C	$V_A - V_B$	—	—
A, B, N	I_A	$V_B - V_C$	I_B	$V_C - V_A$	—	—	I_N	$V_N^{(1)}$
B, C, N	—	—	I_B	$V_C - V_A$	I_C	$V_A - V_B$	I_N	$V_N^{(1)}$
A, C, N	I_A	$V_B - V_C$	—	—	I_C	$V_A - V_B$	I_N	$V_N^{(1)}$
A, B, C	I_A	$V_B - V_C$	I_B	$V_C - V_A$	I_C	$V_A - V_B$	—	—
A, B, C, N	I_A	$V_B - V_C$	I_B	$V_C - V_A$	I_C	$V_A - V_B$	I_N	$V_N^{(1)}$

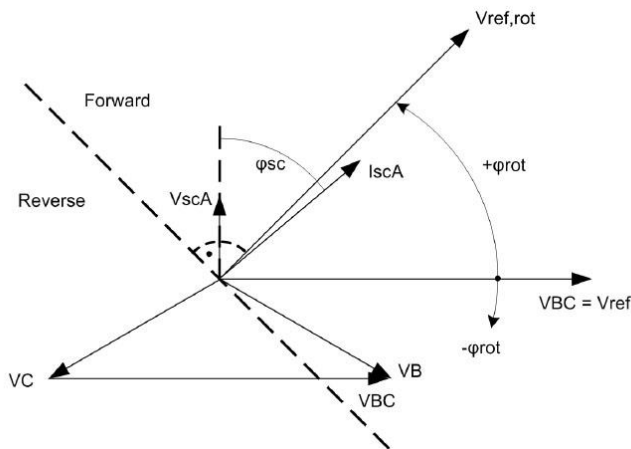
¹⁾ or 3 - $V_0 = |V_A + V_B + V_C|$, depending on type of connection for voltage

جدول ۱-۲: انتخاب مقادیر اندازه‌گیری جریان و ولتاژ برای تعیین جهت

- 1- Earth
- 2- Fault

۷-۳: تعیین جهت دایرکشنال فاز

همانطور که گفتیم تعیین جهت با مشخص کردن زاویه فاز بین جریان خطا و ولتاژ مرجع انجام می‌شود. برای اینکه حفاظت جهتی فاز در شرایط و کاربردهای مختلف شبکه کار کند ولتاژ مرجع توسط زاویه قابل تنظیمی به نام φ_{rot} چرخانده می‌شود. در این حالت بردار ولتاژ مرجع چرخانده شده، بهتر می‌تواند با بردار جریان خطا تطبیق داده شود تا بهترین نتیجه ممکن در تشخیص زاویه گرفته شود. در شکل زیر عملکرد جهتی فاز برای خطای زمین تکفاز در فاز A نشان داده شده است.



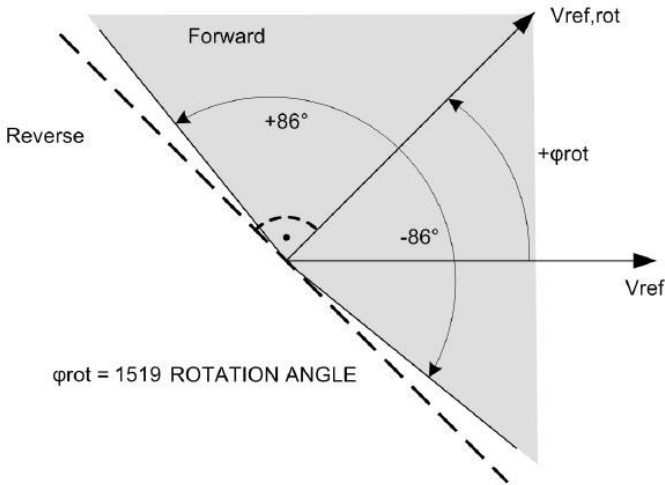
شکل ۲-۱۹: عملکرد جهتی فاز برای خطای زمین تکفاز در فاز A

V_{scA} : ولتاژ خطا (ولتاژ اتصال کوتاه)

I_{scA} : جریان خطا (جریان اتصال کوتاه)

V_{BC} : ولتاژ مرجع

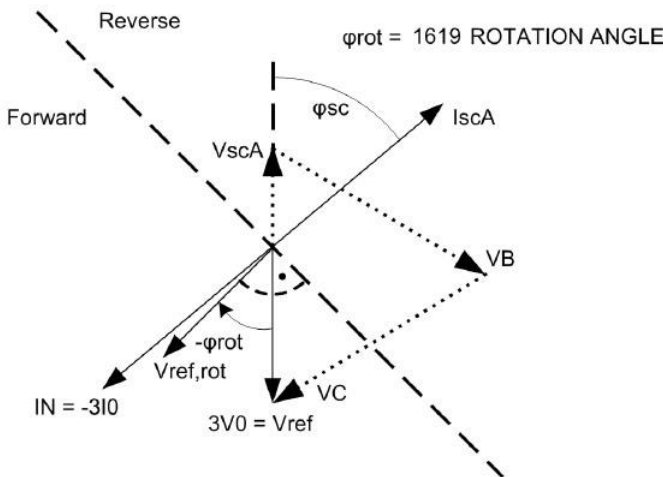
φ_{sc} : زاویه بین جریان خطا و ولتاژ خطا
 همانطور که در شکل بالا دیده می‌شود ولتاژ مرجع (V_{ref} یا V_{BC}) به اندازه
 زاویه φ_{rot} چرخانده شده و به $V_{ref,rot}$ تبدیل شده است. φ_{rot} در رله قابل
 تنظیم هست و معمولاً ۴۵ درجه تنظیم می‌شود.
 $V_{ref,rot}$ محدود Forward و Reverse را تعیین می‌کند.



شکل ۲-۲۰: محدوده حفاظت جهتی فاز Forward

مطابق با شکل بالا محدوده Forward بین $+۸۶$ و -۸۶ درجه نسبت به ولتاژ مرجع $Verf, rot$ قرار دارد. اگر بردار جریان خطا در این محدوده باشد رله جهت Forward را تشخیص می‌دهد. در محدوده آینه نسبت به خط نقطه چین، رله جهت Reverse را تشخیص می‌دهد. در محدوده میانی رله قادر به تشخیص جهت نیست.

۸-۳: تعیین جهت دایرکشنال زمین با استفاده از مقادیر توالی صفر
 شکل زیر عملکرد جهتی زمین در خطای زمین تک فاز (فاز A) را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۱: نمودار تعیین جهت جهتی زمین با استفاده از مقادیر توالی صفر

V_{scA} : ولتاژ اتصال کوتاه فاز A

V_B : ولتاژ فاز B

VC: ولتاژ فاز C

3V0(Vref): ولتاژ خطا یا مرجع

φ_{sc} : زاویه بین ولتاژ خطا 3V0 و جریان خطا 3IO-

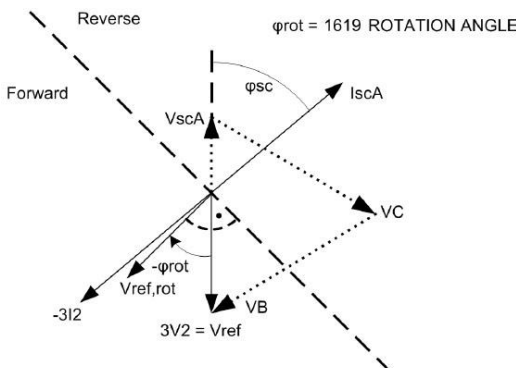
برعکس جهتی فاز که ولتاژهایی که خطا نداشتند را به عنوان ولتاژ مرجع در نظر می‌گرفت، جهتی زمین ولتاژ خطا را به عنوان ولتاژ مرجع در نظر می‌گیرد که بستگی به نوع اتصال PT ولتاژ VN یا 3V0 دارد و قبلاً توضیح دادیم.

در شکل فوق بردارهای ولتاژ VA، VB و VC موازی با بردارهای ولتاژ شکل مربوط به جهتی فاز ترسیم شدند و در نتیجه به شکل مثلث درآمدند. اگر بردار ولتاژها را بصورت ستاره رسم کنیم، با فرض اتصال کوتاه در فاز A، بردار ولتاژ خطا یا مرجع 3V0 در راستای بردار ولتاژ فاز A ولی در جهت عکس آن خواهد بود. همچنین اگر بردار جریان‌ها نیز را بصورت ستاره رسم کنیم، با فرض اتصال کوتاه در فاز A، بردار جریان خطا 3IO در راستای بردار جریان فاز A و هم جهت با آن می‌باشد ولی بردار جریان خطا 3IO- در خلاف جهت بردار جریان فاز A خواهد بود که در شکل فوق هم نشان داده شده است.

همانطور که در شکل بالا دیده می‌شود ولتاژ مرجع (Vref یا 3V0) به اندازه زاویه φ_{rot} چرخانده شده و به $Verf, rot$ تبدیل شده است. φ_{rot} در رله قابل تنظیم بوده که در این مثال ۴۵- درجه تنظیم شده است. اگر به ولتاژ $Verf, rot$ خطی را عمود کنیم محدوده Forward بین ۸۶+ و ۸۶- درجه نسبت به ولتاژ مرجع $Verf, rot$ قرار دارد. اگر بردار جریان خطا 3IO- در این محدوده باشد رله جهت Forward را تشخیص می‌دهد. در محدوده آینه نسبت به خط نقطه چین، رله جهت Reverse را تشخیص می‌دهد. در محدوده میانی رله قادر به تشخیص جهت نیست.

۳-۹: تعیین جهت دایرکشنال زمین با مقادیر توالی منفی

شکل زیر عملکرد جهتی زمین در خطای زمین تک فاز (فاز A) را با استفاده از مقادیر توالی منفی نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۲: نمودار تعیین جهت جهتی زمین با استفاده از مقادیر توالی منفی

در نمودار فوق ولتاژ توالی منفی ($3V2$) به عنوان ولتاژ مرجع استفاده شده است.

همانطور که در نمودار دیده می‌شود ولتاژ مرجع (V_{ref} یا $3V2$) به اندازه زاویه ϕ_{rot} چرخانده شده و به $V_{ref,rot}$ تبدیل شده است. ϕ_{rot} در رله قابل تنظیم بوده که در این مثال -45° درجه تنظیم شده است. اگر به ولتاژ $V_{ref,rot}$ خطی را عمود کنیم محدوده Forward بین $+86^\circ$ و -86° درجه نسبت به ولتاژ مرجع $V_{ref,rot}$ قرار دارد. اگر بردار جریان توالی منفی خطا ($-3I2$) در این محدوده باشد رله جهت Forward را تشخیص می‌دهد. در محدوده آینه نسبت به خط نقطه چین، رله جهت Reverse را تشخیص می‌دهد. در محدوده میانی رله قادر به تشخیص جهت نیست.

نتیجه گیری

اکنون با مطالعه و آموختن مطالب این کتاب الکترونیکی شما با حفاظت اضافه جریان ، روش عملکرد آن و فرمول محاسبه مقادیر ستینگ رله آشنا شدید. در صورتیکه مایل به فراگیری سایر حفاظتهای رله و همچنین مطالب پیشرفته تری در خصوص رله و حفاظت هستید پیشنهاد می کنیم

کتاب آموزش رله و حفاظت (رله زیمنس)

را از سایت روژبین تهیه کنید. در این کتاب کلیه فانکشن های حفاظتی رله زیمنس، انواع طرح های حفاظتی ، هماهنگی حفاظتی ، محاسبات تنظیمات رله ها ، محاسبات ترانس های اندازه گیری و محاسبات اتصال کوتاه توضیح داده شده است.

اگر موجودی کتاب تمام شده بود میتوانید

دوره آموزش رله و حفاظت (رله زیمنس)

را در سایت روژبین ثبت نام کنید. محتوای این دوره با کتاب یکی هست و در قالب فیلم آموزشی میباشد.

در صورتیکه مایلید به غیر از رله و حفاظت، نرم افزار رله زیمنس و چند رله دیگر شامل اشنایدر سیم ، ومپ و مایکوم و همچنین تست رله را هم فرا بگیرید و به کارشناس رلیاژ (رله حفاظت) تبدیل شوید

دوره رلیاژ (رله حفاظت)

را به شما پیشنهاد میکنیم که همه این آموزش ها را شامل میشود.

آدرس وب سایت روژبین برای تهیه کتاب و ثبت نام در دوره ها:

www.rozhbin.ir

ارتباط با ما:

rozhbin95@gmail.com

09913701045 (واتساپ-تلگرام)

کانال تلگرام: rozhbin_electrical

اینستاگرام: rozhbin_electric

مراجع:

- Catalog_SIPROTEC_4_Protection
- 7SJ62_64_Manual_A4_V042002_us

ضمیمه

فهرست مطالب کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)

مقدمه مؤلف.....	۹
فصل ۱: مقدمه.....	۱۵
۱-۱: معرفی رله‌ها.....	۱۷
فصل ۲: حفاظت‌های جریانی، ولتاژی و فرکانسی.....	۲۳
۲-۱: حفاظت اضافه جریان.....	۲۵
۲-۲: حفاظت اضافه جریان جهتی.....	۳۴
۲-۳: حفاظت ولتاژی.....	۴۸
۲-۴: حفاظت توالی منفی.....	۵۱
۲-۵: حفاظت موتور.....	۵۷
۲-۶: حفاظت اضافه بار.....	۶۵
۲-۷: حفاظت خطای زمین.....	۶۸
۲-۸: حفاظت اتوریکلوز.....	۷۴
۲-۹: حفاظت سنکرون.....	۸۰
۲-۱۰: حفاظت‌های توان، فرکانسی و خطای داخلی سیم پیچ.....	۸۶
۲-۱۱: حفاظت‌های کاهش شار و اضافه شار.....	۹۱
فصل ۳: حفاظت دیفرانسیل.....	۹۷
۳-۱: حفاظت دیفرانسیل امپدانس بالا.....	۹۹
۳-۲: حفاظت خطای زمین محدود شده.....	۱۰۷

۳-۳: حفاظت‌های دیفرانسیل موتور، ژنراتور و ترانس	۱۱۶
۳-۴: حفاظت دیفرانسیل باسبار	۱۲۳
۳-۵: حفاظت دیفرانسیل خط	۱۲۸
فصل ۴: حفاظت دیستانس	۱۳۵
۴-۱: حفاظت دیستانس	۱۳۷
فصل ۵: معرفی انواع طرح‌های حفاظتی	۱۵۳
۵-۱: حفاظت کابل و خط	۱۵۵
۵-۲: حفاظت ترانسفورماتور	۱۷۴
۵-۳: حفاظت موتور	۱۸۱
۵-۴: حفاظت ژنراتور	۱۸۵
۵-۵: حفاظت باسبار	۱۹۴
۵-۶: حفاظت سیستم‌های قدرت	۱۹۸
۵-۷: حفاظت شبکه و ژنراتور	۲۰۱
فصل ۶: هماهنگی حفاظتی و محاسبات تنظیمات رله	۲۰۳
۶-۱: هماهنگی حفاظتی رله‌های جریانیه	۲۰۵
۶-۲: هماهنگی حفاظتی رله‌های دیستانس و خطای کلید	۲۱۹
۶-۳: هماهنگی حفاظتی رله دیفرانسیل امپدانس بالا	۲۲۳
فصل ۷: محاسبات ترانس‌های اندازه‌گیری	۲۲۹
۷-۱: محاسبه ترانس جریان اندازه‌گیری	۲۳۱
فصل ۸: محاسبات اتصال کوتاه	۲۴۳
۸-۱: محاسبات اتصال کوتاه	۲۴۵
مراجع	۲۵۵

معرفی آکادمی روژبین

آکادمی روژبین در سال ۱۳۹۵ توسط مرتضی حسینی ایجاد گردید . ایشان در سال ۱۳۷۶ در رشته کارشناسی برق قدرت از دانشگاه علم و صنعت ایران فارغ التحصیل شدند و بلافاصله بعد از فارغ التحصیلی در شرکت تابلوسازی الکتروکویر (تولید کننده تابلوهای برق تحت لیسانس زیمنس آلمان) بعنوان مدیر کنترل کیفیت مشغول به کار شدند. در سال ۱۳۸۵ شرکت خودشان بنام شهاب گستر الکتریک را راه اندازی کردند. این شرکت در زمینه تست و راه اندازی پست های برق پروژ های صنعتی فعالیت دارد و تست ، تنظیم و پیکربندی رله های حفاظتی از جمله فعالیتهای زیر مجموعه این شرکت میباشد. در سال ۱۳۹۵ با تاسیس آکادمی روژبین سعی کردند با ارائه دوره های آموزشی کاربردی در زمینه رلیاژ (رله و حفاظت) تجربیات خودشان را به دانش پذیران عزیز انتقال دهند و خوشبختانه تاکنون مورد استقبال بسیار زیاد مهندسين برق کشورمان قرار گرفته است. برای اطلاعات بیشتر درخصوص دوره ها به سایت روژبین مراجعه فرمایید:

www.rozhbin.ir

با تشکر از حمایت شما

آکادمی روژبین

۰۹۹۱۳۷۰۱۰۴۵ (واتساپ-تلگرام)