کتاب الکترونیکی
حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

قسمتی از کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)

تألیف: مرتضی حسینی

بسم الله الرحمن الرحيم

کتاب الکترونیکی
حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

قسمتی از کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)

مرتضی حسینی

مدرس گروه آموزشی روژبین

عنوان کتاب الکترونیکی : حفاظت اضافه جریان (رله زیمنس)

تهیه کننده: گروه آموزشی روژبین

نویسنده: مرتضی حسینی

قیمت: رایگان

گروه آموزشی روژبین

تهیه کننده محصولات آموزشی در زمینه پست های برق

وبسایت: www.rozhbin.ir

فروشگاه: shop.rozhbin.ir

فهرست مطالب

مقدمه نویسنده ۷

فصل ۱: مقدمه ۱۴

۱: معرفی رله‌های زیمنس ۱۵

۱ـ۱: **SIPROTEC easy** ۱۶

۱ـ۲: **SIPROTEC compact** (سری ۶۰۰) ۱۷

۱ـ۳: **SIPROTEC compact** ۱۸

۱ـ۴: **SIPROTEC4** ۱۸

۱ـ۵: **SIPROTEC5** ۲۰

فصل ۲: حفاظت اضافه جریان ۲۱

۲ـ۱: کدهای ANSI ۲۲

۲ـ۲: نحوه عملکرد ۲۲

۲ـ۳: نحوه تنظیم رله ۲۴

۲ـ۴: فرمول منحنی های تریپ و ریست ۲۶

۲ـ۵: مثال عملی ۳۱

۲ـ۶: حفاظت O/C وابسته به ولتاژ (51V) ۳۱

فصل ۳: حفاظت اضافه جریان جهتی(دایرکشنال) ۳۳
۳ـ۱: کدهای ANSI ۳۴
۳ـ۲: نحوه عملکرد ۳۴
۳ـ۳: نحوه تشخیص جهت ۳۷
۳ـ۴: تشخیص جهت با استفاده از توالی صفر ۴۱
۳ـ۵: تعیین جهت مقادیر توالی منفی ۴۳
۳ـ۶: المان‌های اندازه‌گیری جهت ۴۴
۳ـ۷: تعیین جهت دایرکشنال فاز ۴۵
۳ـ۸: تعیین جهت دایرکشنال زمین با استفاده از مقادیر توالی صفر ۴۷
۳ـ۹: تعیین جهت دایرکشنال زمین با مقادیر توالی منفی ۴۹
نتیجه گیری ۵۰
مراجع ۵۲
ضمیمه: ۵۳
فهرست مطالب کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس) ۵۳
معرفی گروه آموزشی روژبین ۵۶

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 کاتالوگ‌ها[1] و منوال های[2] رله زیمنس استخراج و ترجمه شده که این مدارک مرجع معتبری در حوزه رله و حفاظت بوده و رله زیمنس هم از پرکاربردترین رله‌ها در صنعت می‌باشد. بعد از یادگیری مطالب این کتاب، شما با نحوه عملکرد حفاظت اضافه جریان کلیه رله‌های حفاظتی از جمله زیمنس، اشنایدر، ومپ، مایکوم، ABB، GE و... آشنا خواهید شد. چون اساس کارکرد

1- Catalog
2- Manual

حفاظت‌ها در همه رله‌ها با برندهای[1] مختلف یکسان هست و همگی از یک استاندارد پیروی می‌کنند. به‌عنوان مثال حفاظت اضافه جریان مطابق استاندارد با کد ANSI شماره‌های ۵۰ و ۵۱ شناخته می‌شود و فرمول‌های آن در استانداردهای IEC و IEEE ذکر شده و در کلیه رله‌ها با برندهای مختلف می‌توان حفاظت اضافه جریان را مطابق با این استانداردها تنظیم نمود.

1- Brand

چرا یک مهندس برق باید رله و حفاظت بداند؟

هر مهندس برق پس از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه برای وارد شدن به صنعت برق لازم است رله و حفاظت را بلد باشد. چون درصورت 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. به‌عنوان مثال برای حفاظت ترانسفورماتور از رله دیفرانسیل و برای حفاظت خط از رله دیستانس استفاده می‌شود. همچنین حفاظت از شبکه برق نیز به عهده رله های حفاظتی میباشد.

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

کلیه شرکتهای برق منطقه‌ای و توزیع و همچنین صنایع واحدی به‌نام رلیاژ دارند که فقط افرادی که متخصص رله و حفاظت هستند در آن کار می‌کنند. برای اینکه یک مهندس برق بعد از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه بتواند وارد کار رلیاژ شود باید ابتدا با اصول رله و حفاظت آشنا شود. سپس نحوه کار با نرم‌افزار رله‌های حفاظتی برندهای بزرگ و معتبر را یاد بگیرد. لازم به ذکر است پیش نیاز یادگیری رله و حفاظت، تسلط داشتن به نقشه‌خوانی تابلوهای LV و MV و یا نقشه‌خوانی

پست‌های فشارقوی است (بسته به اینکه محل کار صنایع یا شرکت‌های برق منطقه‌ای باشد) که می‌توانید آموزش های 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 زیمنس) را از سایت روژبین تهیه نمایید. همچنین آموزش نرم‌افزار رله‌های حفاظتی برندهای بزرگ و معتبری مانند زیمنس و اشنایدر (مایکوم، ومپ و سپم) را نیز می‌توانید از سایت روژبین تهیه کنید. آموزش نرم‌افزار سایر رله‌ها نیز در آینده تهیه و در سایت قرار داده خواهد شد.

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 ۱۳۸۵ در شرکت الکتروکویر سازنده تابلوهای

LV وMV 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 تاکنون در زمینه تست و راه اندازی پست‌های برق LV، MV و HV فعالیت دارم. همچنین در جهاددانشگاهی یزد نیز تدریس می‌کنم و مدرس پکیج‌های آموزشی در زمینه رله و حفاظت، نرم‌افزار رله‌های حفاظتی، تست تجهیزات پست‌های برق و نقشه‌خوانی تابلوهای LV وMV و پست‌های فشارقوی در گروه آموزشی روژبین هستم.

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

دکتر محمد مهدیان‌پور (استاد دانشگاه علم و هنر یزد)

کتاب رله و حفاظت که به روشی کاملا 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 مهندسین برق توصیه می‌کنم و اطمینان دارم مطالب آن برای خوانندگان بسیار کاربردی خواهد بود.

مهندس عبدالرضا بردستانی (استاد دانشگاه عسلویه و کنگان)

اینجانب 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 روژبین 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 روژبین در تمام مراحل زندگی و از همکاران گرامی 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.

فصل اول

مقدمه

۱: معرفی رله های زیمنس

قبل از اینکه حفاظت‌های رله‌های زیمنس و نحـوه کـارکرد آنهـا را توضیح دهیم ابتدا به معرفی انواع این رله‌ها می‌پردازیم. رله‌های زیمنس یکی از کاملترین رله‌های حفاظتی هستند که در ۵ سری توسط شرکت زیمنس آلمان تولید شده‌اند و ما هرکدام از این سری رلـه‌هـا را معرفـی می‌کنیم:

شکل۱ـ۱: رله‌های زیمنس

۱ـ۱: SIPROTEC easy

رله‌های SIPROTEC easy می توانند از طریق ترانس جریـان (CT)[1] تغذیه شوند یا تغذیه جداگانه داشته باشند و فقط حفاظت اضافه جریان دارند و می‌توان بـه عنـوان پـشتیبان حفاظـت ترانـسفورماتور یـا خـط استفاده کرد و در شـبکه‌هـای قـدرتی کـه فقـط از یـک طـرف تغذیـه می‌شوند کاربرد دارند. تنظیم این رله با دیپ سوئیچ[2]هایی که روی رلـه قرار دارد بصورت دستی انجام می‌شود و از طریق نـرم‌افـزار امکـان‌پـذیر نیـست (مثـل رلـه‌هـای 7SJ45 و 7SJ46). شـکل زیـر یـک نمونـه رلـه SIPROTEC easy را نشان می‌دهد.

شکل ۱ـ۲: رله SIPROTEC easy

1- Current Transformer
2- Dipswitch

۱ـ۲: 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[1] و دیفرانسیل (مثل رله‌های 7SJ600 و 7SJ602 و 7RW)

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

شکل ۱ـ۳: رله SIPROTEC compact (سری ۶۰۰)

1- Earth fault

۱ـ۳: 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)[1] استفاده می‌شوند (مثل رله‌های 7SK80 و 7SJ80)

شکل زیر رله‌های SIPROTEC compact را نشان می‌دهد:

شکل ۱ـ۴: رله SIPROTEC compact

۱ـ۴: SIPROTEC4

رله‌های SIPROTEC4 پر کاربردترین رله‌های زیمنس 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 به‌نام DIGSI4 دارند که با آن می‌توان تنظیم، پیکربندی و برنامه‌نویسی رله‌های SIPROTEC4 را انجام داد (مثل رله‌های 7SJ64 و 7UT و 7SA).

شکل زیر رله‌های SIPROTEC4 را نشان می‌دهد:

شکل ۱ـ۵: رله SIPROTEC4

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

۱ـ۵: SIPROTEC5

رله‌هایSIPROTEC5 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 ۱ـ۶: رله SIPROTEC5

فصل دوم

حفاظت اضافه جریان

(OVER CURRENT)

۲: حفاظت اضافه جریان (Over Current)

۲ـ۱: کدهای ANSI:

اضافه جریان فاز(زمان ثابت): 50

اضافه جریان فاز(تاخیری): 51

خطای زمین (زمان ثابت): 50N

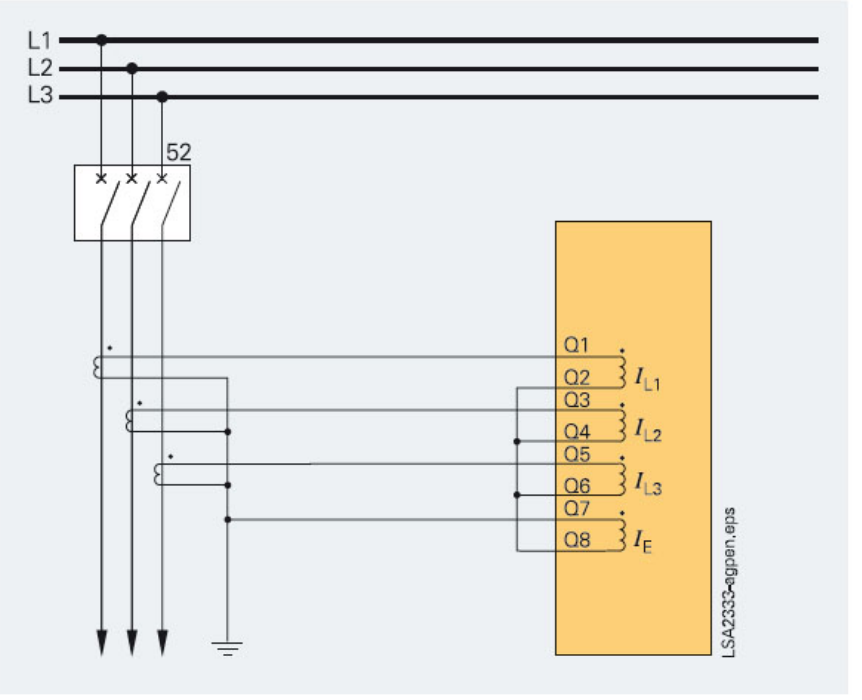
خطای زمین (تاخیری): 51N

اضافه جریان وابسته به ولتاژ: 51V

۲ـ۲: نحوه عملکرد

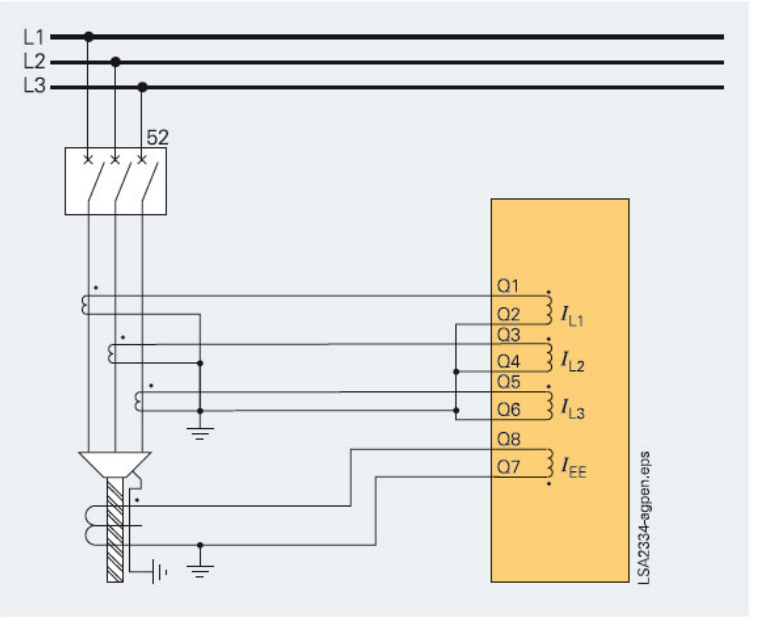
این حفاظت براساس اندازه‌گیری جریان‌های ۳ فاز و جریان زمین عمل می‌کند. جریان زمین به دو صورت به‌دست می‌آید. یا از طریق جمع جبری جریان فازها به‌دست می‌آید و یا از طریق ترانس جریان CT

جداگانه‌ای به‌نام CT کوربالانس[1] 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.



شکل ۲ـ۱: مدار اندازه‌گیری جریان زمین از طریق جمع جبری

1- Corebalance



شکل ۲ـ۲: مدار اندازه‌گیری جریان زمین از طریق CT کوربالانس

۲ـ۳: نحوه تنظیم رله

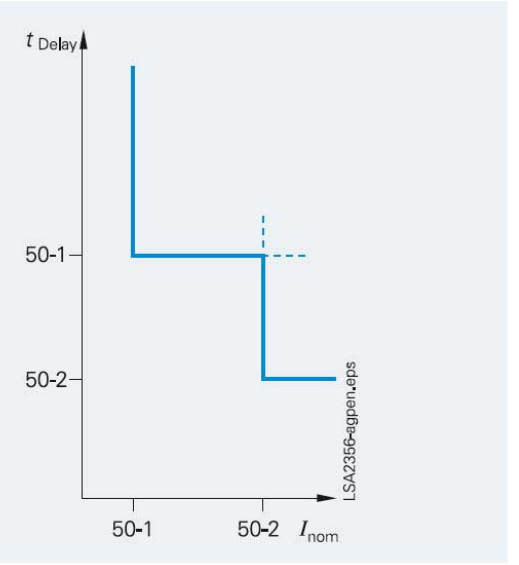
عملکرد رله O/C را به ۲ صورت می‌توانیم تنظیم کنیم:

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

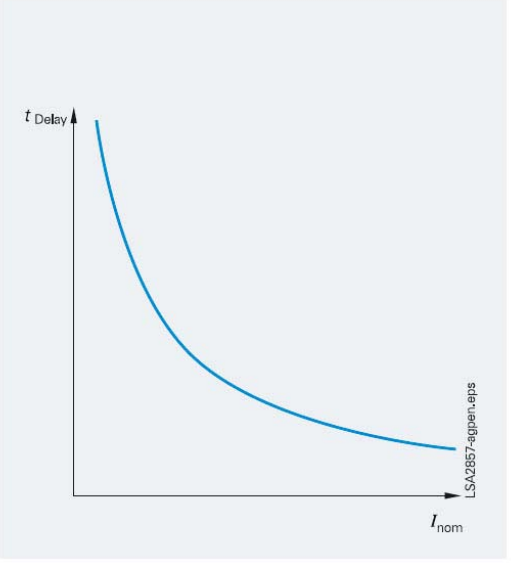
۲- inverse time (IDMT) یا زمان معکوس (51-51N)

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 ۲ـ۳: definite time (DMT) یا زمان ثابت



شکل ۲ـ۴: inverse time (IDMT) یا زمان معکوس

در رله‌های زیمنس حالت definite هم برای فاز و هم برای زمین در ۳ المان[1] 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 المان‌های highset گفته می‌شود. این المان‌ها با زمان کمتری نسبت به 50-1 و 50N-1 تنظیم می‌شوند. درالمان 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[2] (TRIP TIME) و منحنی زمان دراپ اوت (DROPOUT TIME)

۲ـ۴: فرمول منحنی‌های تریپ و ریست[3]

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

1- Element
2- Trip
3- Reset

Acc. to IEC 60255-3 or BS 142, Section 3.5.2 (see also Figures 4-1 and 4-2)

INVERSE (Type A) $t = \frac{0.14}{(I/I_p)^{0.02}-1} \cdot T_p$ [s]

VERY INVERSE (Type B) $t = \frac{13.5}{(I/I_p)^{1}-1} \cdot T_p$ [s]

EXTREMELY INV. (Type C) $t = \frac{80}{(I/I_p)^{2}-1} \cdot T_p$ [s]

LONG INVERSE (Type B) $t = \frac{120}{(I/I_p)^{1}-1} \cdot T_p$ [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 ۲ـ۱: منحنی‌های زمان تریپ مطابق استاندارد IEC

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

در این فرمول‌ها:

t: زمان تریپ

Tp: ضریب زمانی[1]

I: جریان خطا

Ip: جریان پیک آپ[2]

را نشان می‌دهند.

Tp و Ip در رله تنظیم می‌شود و عددهای ثابتی هستند. بنابراین اگر به رله جریان I تزریق شود در زمان t تریپ می‌دهد. وقتی جریان تزریقی به رله از جریان پیک آپ (Ip) بیشتر شود LED آلارم رله روشن

1- Time multiplier
2- Pick up

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)	$t_{Reset} = \frac{9.7}{1-(I/I_p)^2} \cdot T_p$	[s]
VERY INV. (Type B)	$t_{Reset} = \frac{43.2}{1-(I/I_p)^2} \cdot T_p$	[s]
EXTREMELY INV. (Type C)	$t_{Reset} = \frac{58.2}{1-(I/I_p)^2} \cdot T_p$	[s]
LONG INVERSE (Type B)	$t_{Reset} = \frac{80}{1-(I/I_p)^2} \cdot T_p$	[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 ۲ـ۲: منحنی‌های زمان دراپ اوت مطابق استاندارد IEC

در این فرمول‌ها:

T reset: زمان دراپ اوت (زمان ریست)

Tp: ضریب زمانی

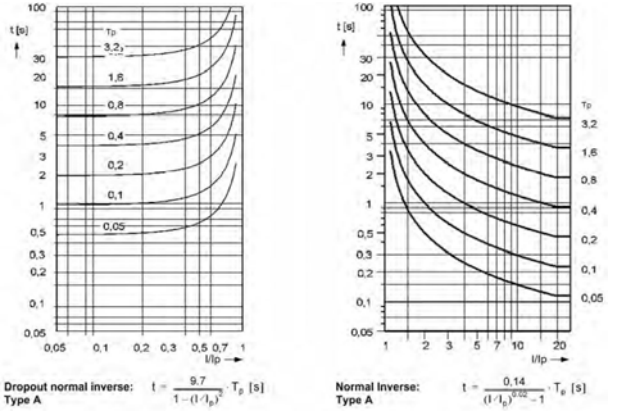
I: جریان خطا

Ip: جریان پیک آپ

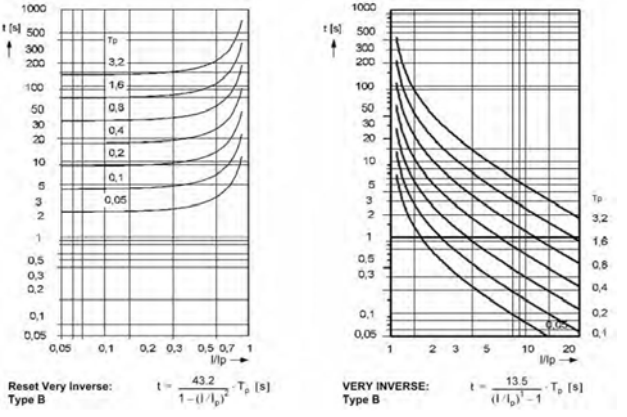
را نشان می‌دهند.

اگر بعد از اینکه رله پیک آپ کرد شروع به کاهش جریان کنیم بطوریکه جریان از مقدار Ip کمتر شود رله در زمان T reset دراپ می‌کند که این زمان بستگی به جریان I و پارامترهای Ip و Tp دارد و

مطابق فرمول‌های بالا محاسبه می‌شود. بعد از دراپ، رله ریست[1] 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.

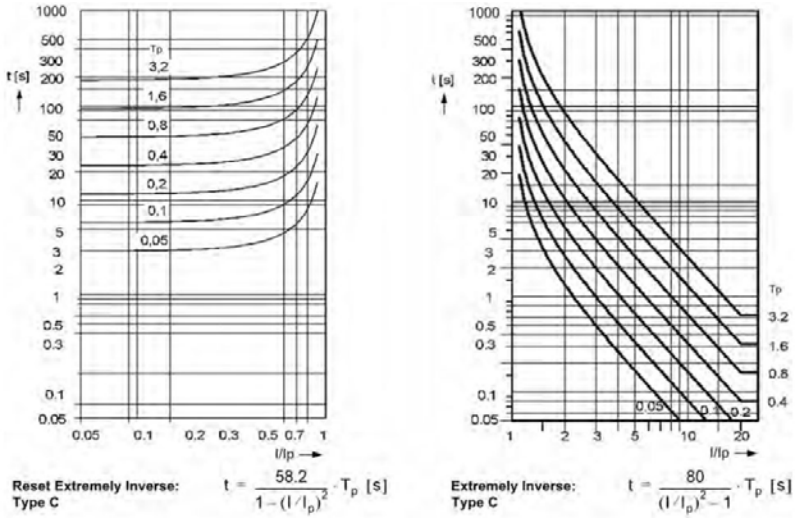


شکل ۲ـ۵: منحنی Normal inverse

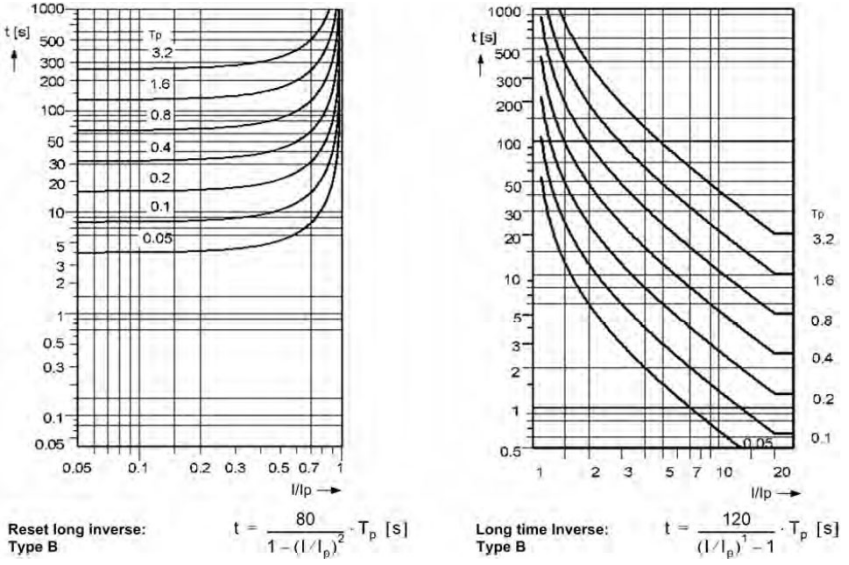


شکل ۲ـ۶: منحنی Very inverse

1- Reset



شکل ۲ـ۷: منحنی Extremely inverse



شکل ۲ـ۸: منحنی Long time inverse

۲ـ۵: مثال عملی

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

منحنی: INVERSE(Type A) استاندارد IEC

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

Tp: ۰/۲ ثانیه

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

حال اگر این مقادیر را در فرمول منحنی زمان دراپ INVERSE(Type A) قرار دهیم زمان دراپ رله t = ۰/۱۳ ثانیه به‌دست می‌آید.

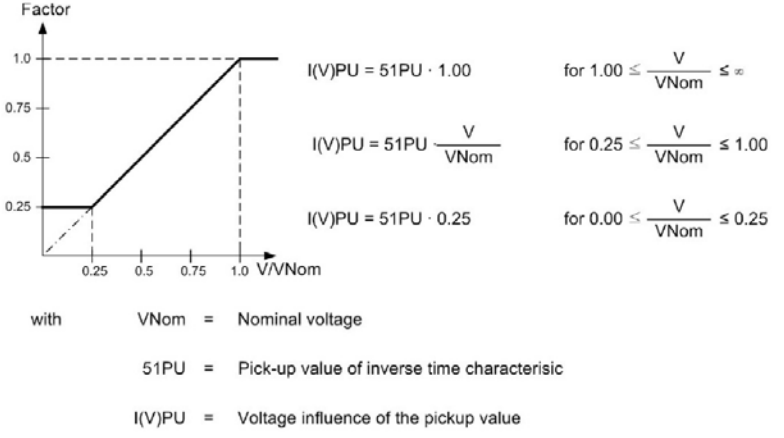
۲ـ۶: حفاظت O/C وابسته به ولتاژ (51V)

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

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

۲ـ 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 ۲ـ۱: تاثیر ولتاژ بر روی مقدار پیک آپ

فصل سوم

حفاظت اضافه

جریان جهتی

(DIRECTIONAL OVER CURRENT)

۳ـ۱: کدهای ANSI:

دایرکشنال (جهتی) فاز: 67

دایرکشنال (جهتی) ارت: 67N

۳ـ۲: نحوه عملکرد

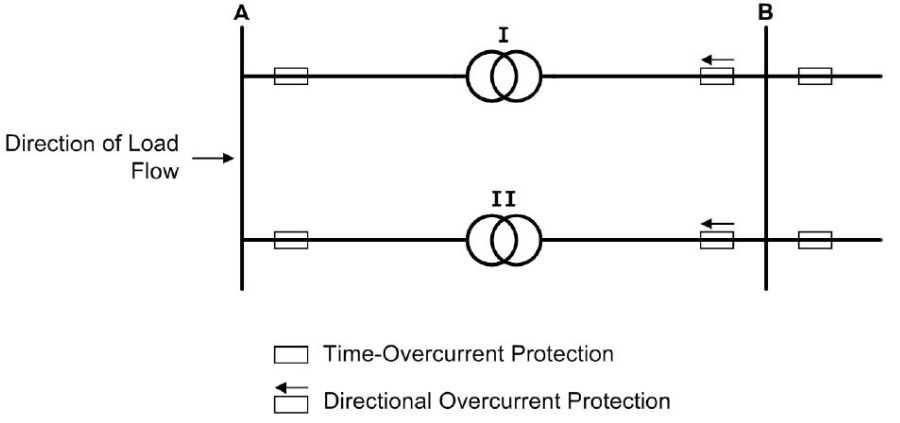
حفاظت O/C جهتی در سیستم‌هائی کاربرد دارد که هم بزرگی جریان خطا و هم جهت آن برای ما اهمیت داشته باشد. مثل خطوط یا ترانس‌های موازی[1] که از یک منبع تغذیه می‌شوند یا خطوطی که از ۲ سمت تغذیه می‌شوند.

جهت حفاظت جهتی می‌تواند forward یا backward تنظیم شود.

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

1- Parallel

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

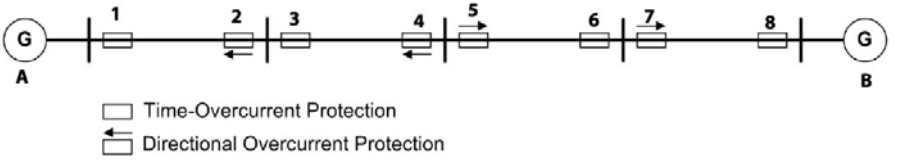


شکل ۳ـ۱: حفاظت O/C جهتی برای ترانس‌های موازی

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 تجهیزی که قرار است حفاظت شود تنظیم شود و لازم نیست حتما با جهت بار یکی باشد.

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

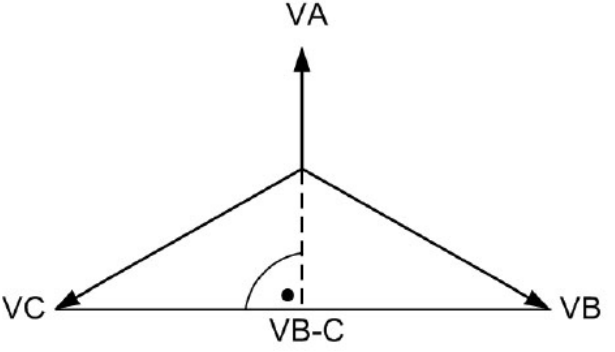


شکل ۳ـ۲: خطوط انتقال با تغذیه از دو سمت

در شکل فوق به‌عنوان مثال اگر بین رله ۳ و۴ 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 تاخیری تنظیم شدند و به همین دلیل فرمان تریپ نمی‌دهند. در نهایت با عمل کردن رله‌های ۳ و۴ قسمت فالتی از خط جدا می‌شود و بقیه خط برقدار باقی می‌ماند.

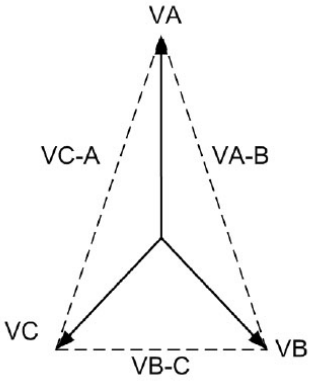
۳ـ۳: نحوه تشخیص جهت

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[1] 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 کاملا 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 حالتها مقدار ولتاژ برای تعیین جهت کافی است.



شکل ۳ـ۳: خطای فاز به زمین(A-E)

1-Reference



شکل ۳ـ۴: خطای فاز به فاز(B-C)

برای تعیین جهت جهتی زمین ۲ روش وجود دارد:

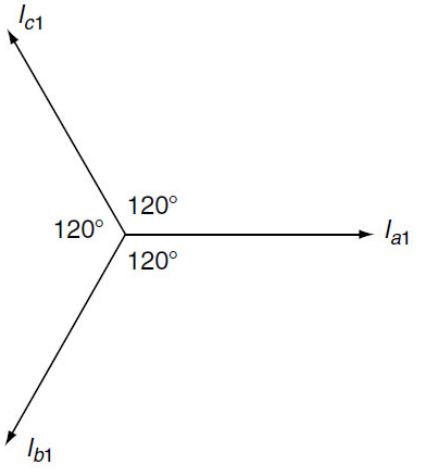
۱ـ تعیین جهت با توالی صفر

۲ـ تعیین جهت با مقادیر توالی منفی

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

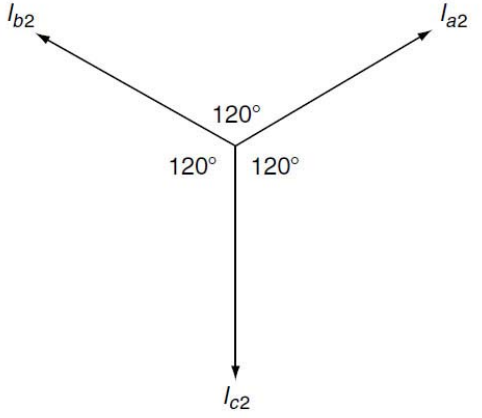
یک سیستم۳ فاز نامتعادل شامل سه سیستم ۳ فاز متعادل می‌شود: توالی مثبت، توالی منفی و توالی صفر

در توالی مثبت (Positive sequence) جریان‌ها و ولتاژهای ۳ فاز بالانس و هم اندازه هستند و اختلاف زاویه بین آنها ۱۲۰ درجه هست.



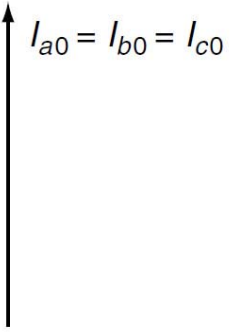
شکل ۳ـ۵: بردارهای جریان توالی مثبت

در توالی منفی (Negative sequence) مولفه‌ها بالانس و هم اندازه هستند و اختلاف زاویه بین آنها هم ۱۲۰ درجه هست فقط توالی آنها برعکس است.



شکل ۳ـ۶: بردارهای جریان توالی منفی

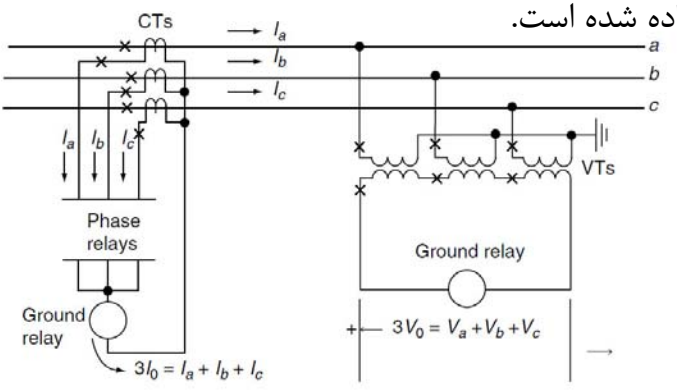
در توالی صفر (Zero sequence) مولفه‌ها همیشه به یک اندازه و بدون اختلاف زاویه هستند.



شکل ۳ـ۷: 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 ۳ـ۸: مؤلّفه 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.

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c), \qquad V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c),$$
$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2 I_c), \quad V_1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2 V_c),$$
$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + aI_c), \quad V_2 = \frac{1}{3}(V_a + a^2 V_b + aV_c).$$

فرمول‌های ۳ـ۱: توالی‌های مثبت، منفی و صفر

۳ـ۴: تشخیص جهت با استفاده از توالی صفر

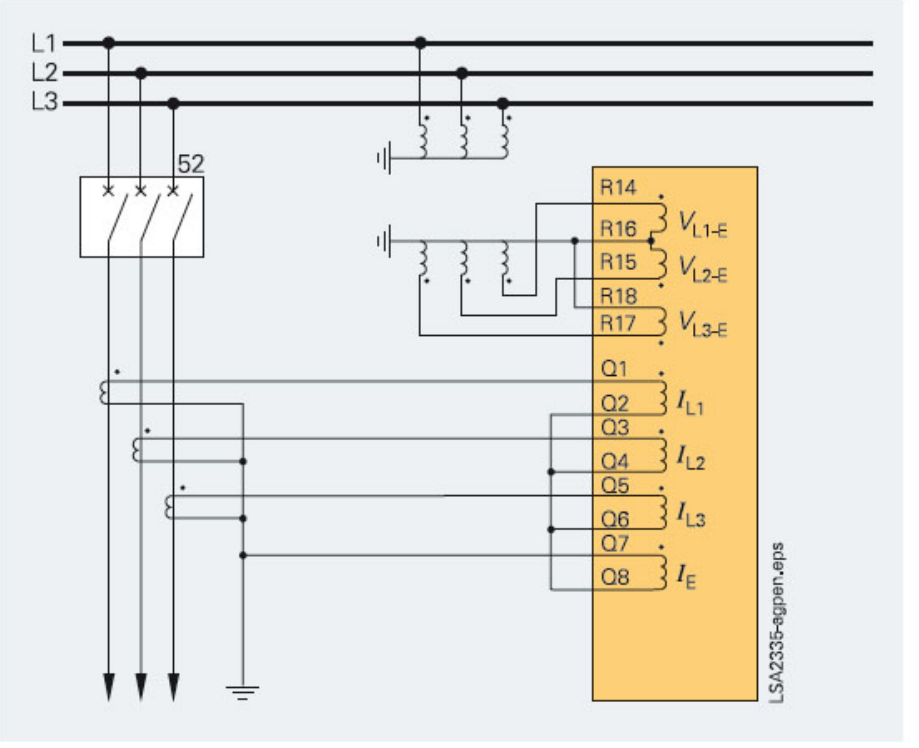
تعیین جریان

در حالت توالی صفر جریان نوترال (IN) ترانس برای اندازه‌گیری جهت استفاده می‌شود. در غیر این صورت رله جریان زمین را از جمع جبری جریان‌های۳ فاز محاسبه می‌کند. در حفاظت جهتی خطای زمین حساس از کوربالانس برای تعیین جهت استفاده می‌شود.

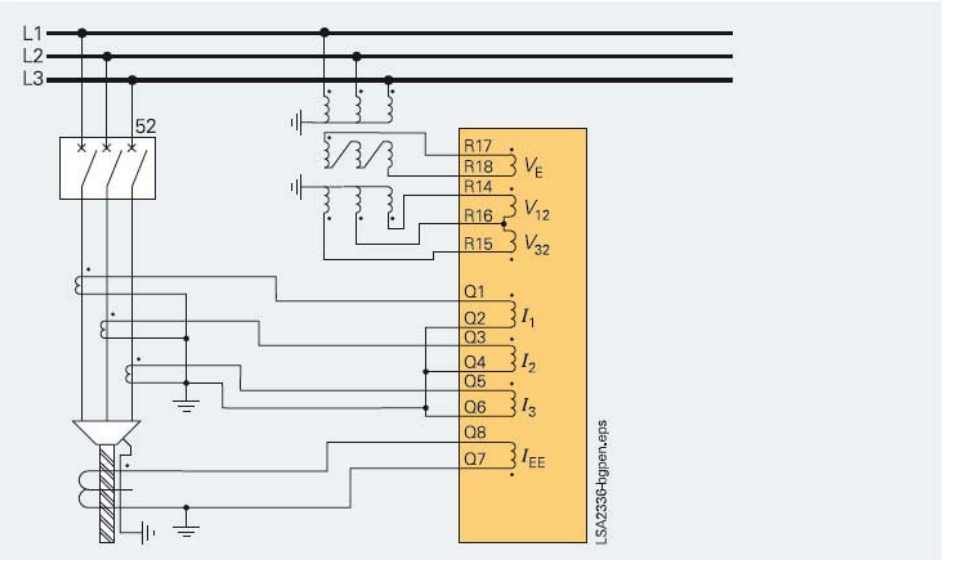
تعیین ولتاژ مرجع

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 ۳ـ۹: محاسبه جریان و ولتاژ توالی صفر توسط رله از طریق جمع جبری



شکل ۳ـ۱۰: محاسبه جریان و ولتاژ توالی صفر توسط رله از طریق CT کوربالانس و PT مثلث باز

۳ـ۵: 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.

۳ـ۶: اِلمان‌های اندازه‌گیری جهت

رله برای هر ۳ فاز یک اِلمان اندازه‌گیری جهتی جداگانه‌ای دارد همچنین یک اِلمان چهارم هم برای اندازه‌گیری جهتی زمین[1] دارد. به محض اینکه جریان در یکی از فازها یا در زمین از مقدار pick up بیشتر شد اِلمان اندازه‌گیری جهتی مربوطه شروع به تعیین جهت می‌کند. در حالیکه در چند فاز با هم خطا[2] 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.

جدول ۳ـ۱: انتخاب مقادیر اندازه‌گیری جریان و ولتاژ برای تعیین جهت

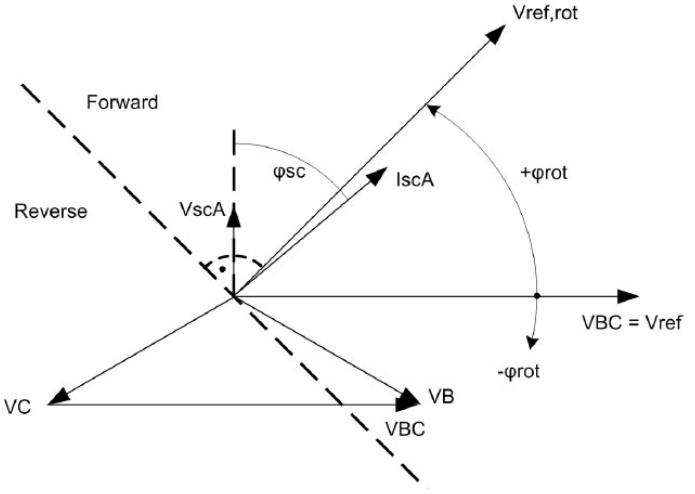
Pickup	Directional Element							
	A		B		C		ground	
	Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage
A	I_A	$V_B - V_C$	—	—	—	—	—	—
B	—	—	I_B	$V_C - V_A$	—	—	—	—
C	—	—	—	—	I_C	$V_A - V_B$	—	—
N	—	—	—	—	—	—	I_N	V_N [1)]
A, N		$V_B - V_C$	—	—	—	—	I_N	V_N [1)]
B, N	—	—	I_B	$V_C - V_A$	—	—	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	$V_A - V_B$	—	—
AC	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 $3 \cdot V_0 = |V_A + V_B + V_C|$, depending on type of connection for voltage

1- Earth
2- Fault

۳ـ۷: 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 به‌نام φrot 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 ۳ـ۱۱: عملکرد جهتی فاز برای خطای زمین تکفاز در فاز A

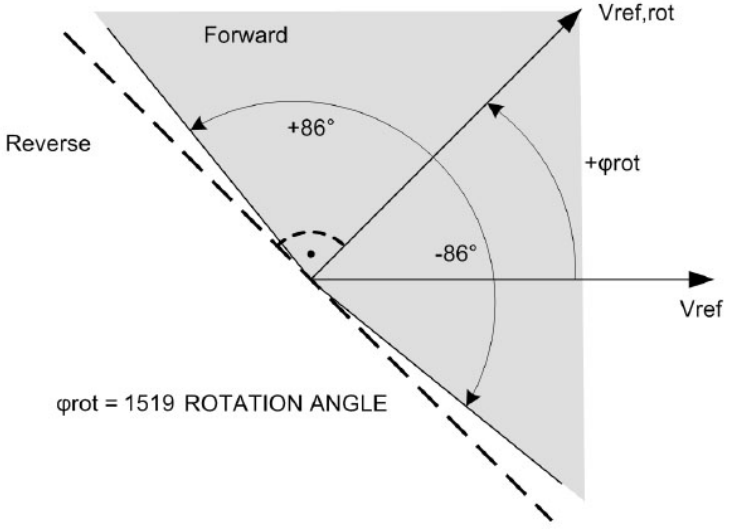
VscA: ولتاژ خطا (ولتاژ اتصال کوتاه)

IscA: جریان خطا (جریان اتصال کوتاه)

VBC: ولتاژ مرجع

φsc: زاویه بین جریان خطا و ولتاژ خطا

همانطور که در شکل بالا دیده می‌شود ولتاژ مرجع (Vref یا VBC) به اندازه زاویه φrot چرخانده شده و به $Vref, rot$ تبدیل شده است. φrot در رله قابل تنظیم هست و معمولا ۴۵ درجه تنظیم می‌شود. $Verf, rot$ محدود Forward و Reverse را تعیین می‌کند.

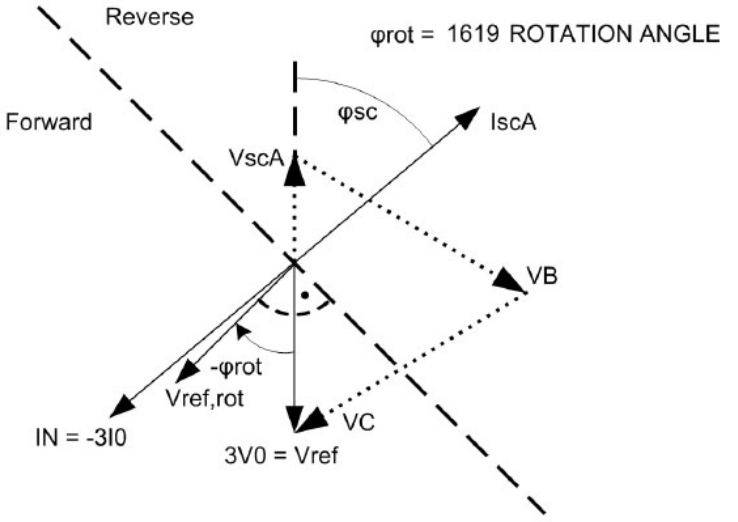


شکل ۳ـ۱۲: محدوده Forward حفاظت جهتی فاز

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.

۳ـ۸: 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 ۳ـ۱۳: نمودار تعیین جهت جهتی زمین با استفاده از مقادیر توالی صفر

VscA: ولتاژ اتصال کوتاه فاز A

VB: ولتاژ فاز B

VC: ولتاژ فاز C

(Vref)3V0: ولتاژ خطا یا مرجع

φsc: زاویه بین ولتاژ خطا 3VO 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

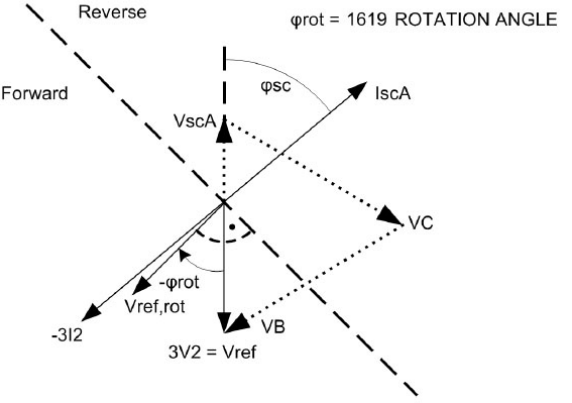
در نظر می‌گیرد که بستگی به نوع اتصال PT ولتاژ VN یا 3VO دارد و قبلاً توضیح دادیم.

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 3VO 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 3VO) به اندازه زاویه φrot چرخانده شده و به $Verf, rot$تبدیل شده است. φrot 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.

۳ـ۹: 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 ۳ـ۱۴: 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(Vref یا 3V2) به اندازه زاویه φrot چرخانده شده و به $Verf,rot$ تبدیل شده است. φrot 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 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.

نتیجه‌گیری

اکنون با مطالعه و آموختن مطالب این کتاب الکترونیکی شما با حفاظت اضافه جریان رله زیمنس، روش عملکرد آن و فرمول محاسبه مقادیر ستینگ رله آشنا شدید.

درصورتیکه مایل به فراگیری سایر حفاظتهای رله زیمنس و همچنین مطالب پیشرفته تری در خصوص رله و حفاظت هستید پیشنهاد می‌کنیم

کتاب آموزش رله و حفاظت (رله زیمنس)

را تهیه کنید. در این کتاب کلیه فانکشن‌های حفاظتی رله زیمنس، انواع طرح‌های حفاظتی، هماهنگی حفاظتی، محاسبات تنظیمات رله‌ها، محاسبات ترانس‌های اندازه‌گیری و محاسبات اتصال کوتاه توضیح داده شده است.

آدرس تهیه کتاب وب سایت روژبین به نشانی:

Shop.rozhbin.ir

ارتباط با ما:

info@rozhbin.ir

03538232191

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

۱ـ۱: معرفی رله‌ها ۱۷

فصل ۲: حفاظت‌های جریانی، ولتاژی و فرکانسی ۲۳

۲ـ۱: حفاظت اضافه جریان ۲۵

۲ـ۲: حفاظت اضافه جریان جهتی ۳۴

۲ـ۳: حفاظت ولتاژی ۴۸

۲ـ۴: حفاظت توالی منفی ۵۱

۲ـ۵: حفاظت موتور ۵۷

۲ـ۶: حفاظت اضافه بار ۶۵

۲ـ۷: حفاظت خطای زمین ۶۸

۲ـ۸: حفاظت اتوریکلوز ۷۴

۲ـ۹: حفاظت سنکرون ۸۰

۲ـ۱۰: حفاظت‌های توان، فرکانسی و خطای داخلی سیم پیچ ۸۶

۲ـ۱۱: حفاظت‌های کاهش شار و اضافه شار ۹۱

فصل ۳: حفاظت دیفرانسیل ۹۷
۳ـ۱: حفاظت دیفرانسیل امپدانس بالا ۹۹
۳ـ۲: حفاظت خطای زمین محدود شده ۱۰۷
۳ـ۳: حفاظت‌های دیفرانسیل موتور، ژنراتور و ترانس ۱۱۶
۳ـ۴: حفاظت دیفرانسیل باسبار ۱۲۳
۳ـ۵: حفاظت دیفرانسیل خط ۱۲۸

فصل ۴: حفاظت دیستانس ۱۳۵
۴ـ۱: حفاظت دیستانس ۱۳۷

فصل ۵: معرّفی انواع طرح‌های حفاظتی ۱۵۳
۵ـ۱: حفاظت کابل و خط ۱۵۵
۵ـ۲: حفاظت ترانسفورماتور ۱۷۴
۵ـ۳: حفاظت موتور ۱۸۱
۵ـ۴: حفاظت ژنراتور ۱۸۵
۵ـ۵: حفاظت باسبار ۱۹۴
۵ـ۶: حفاظت سیستم‌های قدرت ۱۹۸
۵ـ۷: حفاظت شبکه و ژنراتور ۲۰۱

فصل ۶: هماهنگی حفاظتی و محاسبات تنظیمات رله ۲۰۳
۶ـ۱: هماهنگی حفاظتی رله‌های جریانی ۲۰۵
۶ـ۲: هماهنگی حفاظتی رله‌های دیستانس و خطای کلید ۲۱۹
۶ـ۳: هماهنگی حفاظتی رله دیفرانسیل امپدانس بالا ۲۲۳

فصل ۷: محاسبات ترانس‌های اندازه‌گیری ۲۲۹
۷ـ۱: محاسبه ترانس جریان اندازه‌گیری ۲۳۱
فصل ۸: محاسبات اتّصال کوتاه ۲۴۳
۸ـ۱: محاسبات اتّصال کوتاه ۲۴۵
مراجع ۲۵۵

معرفی گروه آموزشی روژبین

گروه آموزشی روژبین در سال ۱۳۹۵ توسط مرتضی حسینی ایجاد گردید. ایشان پس از فارغ‌التحصیلی از دانشگاه علم و صنعت ایران (سال ۱۳۷۶) به مدت ۱۰ سال مدیر کنترل کیفیت شرکت تابلوسازی الکتروکویر بودند و از سال ۱۳۸۵ به بعد نیز به‌عنوان متخصص در زمینه تست و راه‌اندازی پست‌های برق **LV**، **MV** و **HV** فعالیت دارند و با ایجاد این گروه و تهیه آموزشهای کاربردی در حوزه پست برق قصد دارند تجربیات خود را به دانش‌پذیران عزیز انتقال دهند. لیست محصولات آموزشی که تاکنون منتشر شده است به شرح ذیل می‌باشد:

۱ـ آموزش نقشه‌خوانی تابلوهای LV و MV
۲ـ آموزش نقشه‌خوانی تابلوهای UPS و باطری شارژر
۳ـ آموزش نقشه‌خوانی پست‌های فشارقوی
۴ـ آموزش رله و حفاظت (رله زیمنس)
۵ـ کتاب رله و حفاظت (رله زیمنس)
۶ـ آموزش تست تجهیزات پست‌های برق LV/MV/HV
۷ـ آموزش جامع نرم‌افزار رله زیمنس (DIGSI4)
۸ـ آموزش جامع نرم‌افزار رله اشنایدر (SEPAM)
۹ـ آموزش جامع نرم‌افزار رله ومپ (VAMPSET)
۱۰ـ آموزش جامع نرم‌افزار رله مایکوم (EASERGY STUDIO)
۱۱ـ پکیج نقشه‌خوانی روژبین (شامل ۳ آموزش نقشه‌خوانی)
۱۲ـ پکیج رلیاژ روژبین (شامل ۶ آموزش رله‌های حفاظتی)

۱۳ـ پکیج طلایی روژبین (شامل همه محصولات آموزشی)

کلیه آموزش‌ها (بجز کتاب) بصورت فیلم تهیه شدند و برای اطلاعات بیشتر می‌توانید به سایت زیر مراجعه نمایید.

Shop.rozhbin.ir

ان‌شاءالله در آینده آموزش‌های دیگری در حوزه‌ی پست‌های برق تهیه می‌کنیم و در سایت قرار می‌دهیم. برای مشاهده آخرین آموزش‌ها به سایت ما مراجعه نمایید.

از دیگر خدمات این گروه تولید انواع کابل و مبدل رله‌های حفاظتی می‌باشد.

با تشکر از حمایت شما
گروه آموزشی روژبین
۰۳۵۳۸۲۳۲۱۹۱
۰۹۹۱۳۷۰۱۰۴۵ (واتساپ و تلگرام)