# معرفی آزمایشگاه شبیه ساز رله و حفاظت

**حامد ملااحمدیان، مدیر عامل شرکت دانش بنیان تجهیزات ابزارآزما و عضو هیئت علمی دانشگاه[1]**

**اطلاعات مقاله**

**واژگان کلیدی:**

**دستگاه شبیه ساز، رله و حفاظت، رله اضافه جریان، رله دیستانس، رله دیفرانسیل، رله فرکانسی، رله چند کاره وبکو.**

**چکیده**

آموزش کاربردی و عملی سیستم های رله و حفاظت و مفاهیم مربوطه برای دانشجویان رشته مهندسی برق و مهندسین شرکت های توزیع و برق منطقه ای حائز اهمیت می باشد. در این مقاله دستگاه شبیه ساز رله و حفاظت به عنوان راه حل آموزش کاربردی و مفهومی ارائه می‌گردد. دستگاه پیشنهادی دارای انواع تجهیزات موجود در شبکه قدرت بوده و شبکه را با مقیاس ۱ به ۱۰۰۰ به صورت متمرکز مدلسازی می نماید. انواع رله های حفاظتی مورد استفاده در پست های انتقال برق و تابلو برق های صنعتی در مدل های مختلف دستگاه معرفی شده استفاده می گردد. رله های اضافه جریان، حفاظت ولتاژ، دیستانس، دیفرانسیل، فرکانسی و ... مورد بررسی قرار می‌گیرند. حفاظت از خطوط انتقال، ترانسفورماتورها، موتور القایی، ژنراتور سنکرون و بارهای الکتریکی در این دستگاه ها تعبیه شده است. همچنین استفاده از شبیه ساز خطا و فیدبک گرفتن از وضعیت رله فراهم شده است و اندازه گیری پارامترهای مختلف رله از جمله زمان تاخیر به وسیله تایمر دقیق فراهم شده است.

## ۱- ترانسفورماتور جریان و ترانسفور ماتور ولتاژ

در صنعت برق برای دو منظور اندازه گیری و حفاظت نیاز به میزان پارامترهای ولتاژ و جریان هستیم ولی از آنجا که این مقادیر اعداد بزرگی می باشند لذا دسترسی به آنها نه عملی بوده و نه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است پس ناگزیر به استفاده از ترانس‌های جریان و ولتاژ می باشیم تا این مقادیر را به مقادیر کوچکتری که کسری از مقادیر واقعی می باشند تبدیل نماییم. در واقع این تجهیزات نمونه کوچک شده ، با درصد خطایی بسیار کم از ولتاژ و جریان طرف اولیه هستند و چون تمامی دستگاه های اندازه گیری همچون آمپرمتر، ولتمتر، وارمتر و.....و نیز رله‌های حفاظتی بر اساس میزان جریان و ولتاژ ثانویه این تجهیزات ساخته می شوند لذا می توان به کمک این ترانس‌ها به اهداف حفاظت و اندازه گیری دست یافت.

### ۱-۱- ترانس جریان یا CT (Current Transformer)

به دلیل بالا بودن جریان در شبکه های انتقال نیرو و همچنین به دلیل بالا بودن ولتاژ نیاز به نمونه برداری جریان از قسمتهای مختلف شبکه می‌باشد به همین دلیل نیاز به وسیله‌ای داریم به نام ترانس جریان که دو عمل زیر را برای ما انجام می‌دهد.

الف- جریان‌های بالا را به ای پایین ۵ آمپر و یا ۱ آمپر تبدیل می‌کند

ب- باعث ایزوله شدن شبکه های فشار قوی از سیستم‌های اندازه گیری و حفاظت باشد

این ترانس‌ها در ابتدای خطوط ورودی به پست‌ها و همچنین در ورودی ترانس قدرت و خروجی های پست و نقاط کلیدی دیگر نصب می شوند. جریان در آن نقطه تحت نظر باشد استفاده می شود که هر کدام از این نقاط با ترانس مخصوص به خود چه از نظر عایقی و ساختمان و چه از نظر قدرت و دقت، نصب و استفاده می گردند. ترانس جریان در مدار بصورت سری قرار می‌گیرد .ترانسفورماتور جریان از دو سیم پیچ اولیه و ثانویه تشکیل شده که جریان واقعی در پست از اولیه عبور نموده و در اثر عبور این جریان و متناسب با آن، جریان کمی (در حدود آمپر) در ثانویه به وجود

[1] Email: info@abzarazma.com

می‌آید. ثانویه این ترانس‌ها با مقیاس کمتری از اولیه خود که تا حد بسیار بالایی تمام ویژگی‌های جریان در اولیه خود را دارد به تجهیزات فشار ضعیف پست و رله ها و نشان دهنده ها متصل می‌شود. ثانویه این ترانس‌ها دارای سیم پیچ با دورهای زیادتری نسبت به اولیه که بیشتر مواقع تنها یک شمش و یا چند دور از شمش است ساخته می شود .

شکل۱- ترانسفورماتور جریان

**۱-۱-۱- توانایی عمومی ترانسفورماتورهای جریان**

ترانسفورماتورهای جریان بایستی بتوانند نیازهای زیر را برآورده نمایند:

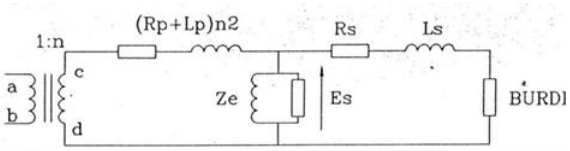
۱- بطور پیوسته بتوانند ولتاژ و جریان نامی را بدون ایجاد حرارت اضافی و شکست عایقی تحمل نمایند.

۲- ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی بایستی در حالت اضافه جریان در اثر بروز عیب در شبکه با دقت خوبی عمل تبدیل را انجام دهند.

۳- ترانسفورماتورهای جریان اندازه گیری، بایستی در حالت اضافه جریان مربوط به اتصال کوتاه شبکه، بطور ذاتی محدود نمایند تا آسیبی به دستگاه‌های اندازه‌گیری وارد نگردد.

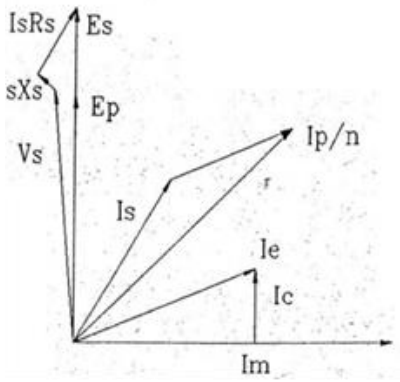
**۱-۱-۲- مدار معادل ترانسفورماتور جریان**

یک ترانسفورماتور جریان همانند یک ترانسفورماتور قدرت دارای مدار معادل است که با انتقال اولیه به ثانویه مطابق شکل ۲ قابل نمایش است.




شکل۲- مدار معادل ترانس جریان

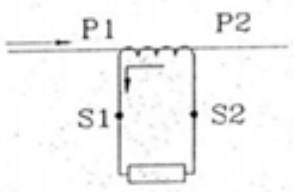
دیاگرام فازوری ساده شده ترانسفورماتور جریان به صورت شکل ۳ است. که در این شکل Ie، جریان تحریک؛ Ip جریان اولیه؛ Ic، جریان آهن و Im، جریان مغناطیس کنندگی نامیده می‌شوند. همچنین Ep، ولتاژ اولیه و Es ولتاژ ثانویه خواهد بود




شکل۳- دیاگرام فازوری ساده شده ترانس جریان

اصولاً جریان ثانویه امکان تاثیرگذاری بر جریان اولیه را نخواهد داشت این مسئله از مدار معادل فوق مشاهده می‌گردد، زیرا برای انتقال امپدانس اولیه به ثانویه امپدانس مدار اولیه در مجذور نسبت تبدیل ضرب شده و به ثانویه منتقل می‌شود لذا امپدانس انتقال یافته، امپدانس خیلی بزرگی خواهد شد و این امپدانس غالب مدار خواهد بود لذا جریان اولیه در حد قابل قبولی، از بار متصل به ثانویه مستقل می باشد.

در روی ترانسفورماتورهای جریان، پلاریته هایی مشخص می شود که نشان دهنده ارتباط بین جهت جریان عبوری در ثانویه و اولیه است. علامات انتخابی برای این پلاریته به صورت زیر می باشند:




شکل۴- علامات انتخاب پلاریته

در زمان اتصال ترانسفورماتورهای جریان به تجهیزات فشار ضعیف در صورتیکه تنها مقدار جریان برای ما با اهمیت باشد نیاز به در نظر گرفتن پلاریته ها نیست اما در صورتی که جهت جریان تعیین کننده عملکرد سیستم باشد حتماً باید به پلاریته ها توجه نمود مثال بارز این مسئله رله های دیفرانسیل یا خطای اتصال زمین محدود یا RESTRICTED EARTH FAULT می باشند که براساس تفاظی از جریان های عبوری چند ترانسفورماتور جریان کار می کنند لذا لازم است که در حین اتصال مدارهای جریانی به این رله ها مسئله فوق را مدنظر داشت.

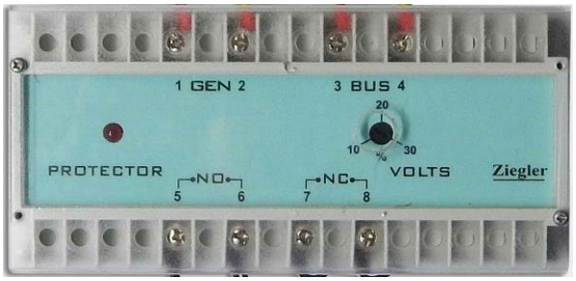
### ۲-۱- ترانسفورماتور ولتاژ یا PT (Transformer potential)

ترانسفورماتور ولتاژ وسیله‌ای است برای کاهش ولتاژ متناسب با حد عایقی دستگاه‌های اندازه‌گیری وایزوله نمودن وسایل اندازه‌گیری از مدار قدرت که درتوزیع معمولاً بانسبت تبدیل ۲۰۰۰۰/۱۰۰ و یا ۲۰۰۰۰/۱۱۰ ساخته می‌شوند.

شکل۵- ترانسفورماتور ولتاژ

## ۲- رله سنکرو چک:

این رله جهت اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه استفاده می‌گردد. نحوه عملکرد این رله بدین صورت است که بایستی فازهای RS ژنراتور به ترمینال‌های ۱ و ۲ سمت Gen و فازهای RS شبکه به ترمینال‌های ۱ و ۲ سمت Bus متصل شوند. رله با نمونه‌گیری از فازهای سمت ژنراتور و شبکه زمان مناسب را برای سنکرون‌سازی تشخیص می‌دهد. لازم به ذکر است این ماژول قابلیت بررسی توالی فاز را ندارد لذا کاربر بایستی قبل از سنکرون‌سازی توالی فازهای ژنراتور و شبکه را با رله کنترل ولتاژ بررسی نماید و سپس به کمک این ماژول فرآیند سنکرون‌سازی را انجام دهد. در شکل ۶ یک نمونه رله سنکروچک نمایش داده شده است.




شکل۶- رله سنکرو چک

## ۳- رله کنترل جریان

رله کنترل آمپر سه فاز دستگاهی مناسب جهت حفاظت در برابر افزایش، کاهش و عدم تقارن جریان و نمایش جریان می‌باشد. این تجهیز همچنین برای حفاظت موتورهای سه-فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رله کنترل جریان سه‌فاز قابلیت نمایش و اندازه گیری جریان و حفاظت در برابر مینیمم ، ماکزیمم و عدم تقارن جریان ها را دارد.

## ۴- رله کنترل ولتاژ

رله کنترل ولتاژ سه فاز دستگاهی مناسب جهت حفاظت در برابر افزایش ،کاهش و عدم تقارن فازها و یا قطع یک فاز می‌باشد.

این رله جهت کنترل بسیار دقیق اختلالات شبکه در عمده تجهیزات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از آسیب رسیدن به بار خروجی آن جلوگیری شود و قادر به حفاظت در برابر افزایش/کاهش ولتاژ، عدم توالی (جابجایی) فازها، عدم تقارن ولتاژ فازها و قطع هرکدام از فازها را دارا می‌باشد.

## ۵- رله کنترل فرکانس

تغییرات فرکانس در سیستم قدرت دلایل مختلفی دارد که مهمترین آن‌ها خارج شدن ناگهانی بار از شبکه در اثر بروز خطا می‌باشد. این تغییرات باعث آسیب به بارهای حساس و همینطور ناپایداری در شبکه خواهد شد. برای جلوگیری از این مشکلات لازم است که از رله‌های حساس به فرکانس برق استفاده شود.

رله فرکانس دارای دو کنتاکت است یکی برای اضافه فرکانس (over frequency) و دیگری برای کاهش فرکانس (under frequency)، برای کارکرد صحیح مدار باید کنتاکت .N.C اضافه فرکانس با کنتاکت .N.O کاهش فرکانس سری شده و از واسطه این دو کنتاکت، بوبین رله در ماژول مدارشکن به ترمینال ولتاژ ۲۲۰ ولت تعبیه شده بر روی آن متصل شود. اگر فرکانس در بازه بیان شده قرار داشته باشد، آنگاه LED قسمت افت فرکانس روشن و LED قسمت اضافه فرکانس خاموش خواهد بود. در این حالت فرکانس در بازه مطلوب قرار داشته و بار تغذیه خواهد شد. با کم شدن فرکانس و خروج از بازه فوق LED افت فرکانس خاموش شده و کنتاکت .N.O آن باز می‌شود. همینطور با افزایش فرکانس و خروج از بازه مذکور، LED اظافه فرکانس روشن شده و کنتاکت .N.C آن باز می‌شود.

$$F_{setunder} \pm f_{diffunder} < f < F_{setover} \pm f_{diffover}$$

که در رابطه فوق $F_{setunder}$، فرکانس تنظیمی کاهش فرکانس؛ $f_{diffunder}$ ، تغییرات فرکانس نسبت به فرکانس تنظیمی کاهش فرکانس؛ $F_{setover}$، فرکانس تنظیمی اضافه فرکانس؛ $f_{diffover}$ ، تغییرات فرکانس نسبت به فرکانس تنظیمی اضافه فرکانس را نشان می‌دهد و از طریق سلکتورهای تعبیه شده بر روی رله قابل تنظیم هستند.

$F_{setunder}$ و $F_{setover}$ را روی 50 Hz تنظیم کنید. با استفاده از اینورتر سرعت چرخش و در نتیجه فرکانس ولتاژ خروجی ژنراتور قابل تغییر است. مقدار دقیق فرکانس توسط 3-Phase Multifunction Meter نمایش داده می‌شود.

## ۶- رله کنترل فاز- بار

جهت کنترل بسیار دقیق اختلالات ناشی از قطع فاز، جابجایی فاز، عدم تقارن فازها و جریان، افزایش یا کاهش ولتاژ و افزایش یا کاهش جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای ویژگی های زیر است:

- کنترل جریان بر اساس منحنی $I^2t$
- اندازه‌گیری جریان بدون نیازبه CT
- نمایش جریان، مقادیر تنظیمی و پیغام‌های خطا

این رله قابلیت حفاظت در برابر افزایش، کاهش و عدم تقارن جریان ها؛ افزایش، کاهش و عدم تقارن ولتاژها، قطع و عدم توالی فازها را دارد.

این رله قابلیت حفاظت در برابر افزایش، کاهش و عدم تقارن جریان ها؛ افزایش، کاهش و عدم تقارن ولتاژها، قطع و عدم توالی فازها را دارد.

## ۷- رله حفاظت چندکاره وبکو (Vebco)

رله جریانی مدل AMR-M شرکت Vebko به منظور حفاظت خطوط انتقال، موتورهای الکتریکی و تجهیزات شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۷ نمای ظاهری رله نشان داده شده است.

شکل۷- نمای ظاهری رله چندکاره شرکت وبکو

### ۷-۱- مشخصات سخت افزاری رله چندکاره

در ادامه جدول معرفی مشخصات اصلی اجزای سخت افزاری ارائه شده است.

جدول۱- معرفی مشخصات سخت افزاری رله چندکاره AMR-M

| | | | |
|---|---|---|---|
| Auxiliary Voltage | DC | 60/220 | 50-230 |
| | AC | 115/230 | 100-240 |
| | Power Consumption | Quiescent | 4.9 VA |
| | | Energized | 6.3 VA |
| | Backup time during loss/short-circuit of auxiliary voltage | > 200 ms at 115/230 Vac | |
| Binary inputs | Voltage Range | 24-250 V DC | |
| | Pickup threshold for rated control voltage DC | 24/48/60/110/125 V | |
| | | 110/220/250 V | |
| | Response Time/Drop-out time | 3.5 ms | |
| | Burden | 0.52 VA | |
| Binary outputs | Make | 1000 W/VA | |
| | Carry | 5 A Continuous | |
| | | 30 VA | |
| | Break | 40 W resistive | |
| | | 25 VA at L/R ≤50ms | |
| | Rated Contact voltage | ≤ 250 V DC or ≤240 V AC | |
| | permissible current per contact | 5 A Continuous | |
| | | 30 A for 0.5 s(Inrush current) | |
| Accuracy | Protection threshold | ± 2 % | |
| | Time delay | ± 3 % with a minimum of 10 ms | |
| | measurement | ± 2 % at In | |
| Current transformer | Rated current | 1/5 A (settable) | |
| | Power Consumption | 1A | 0.007 VA per phase |
| | | 5A | 0.05 VA |
| | Overload capability | Thermal(rms) | 100 × In for 1 s |
| | | | 30 × In for 10 s |
| | | | 4 × In Continuous |
| | | Dynamic(peak) | 250 × In (half cycle) |
| | Recommended primary | 5p10, 5VA | |
| | | 10p10, 2.5 VA | |
| Voltage transformer | Measuring range | 0 V to 170 V | |
| | Power Consumption | 0.215 VA per phase | |
| | Overload capability in voltage path (phase-neutral voltage) Thermal (effective) | 230 V Continuous | |

### ۱-۷- مشخصات نرم افزاری رله چندکاره

مشخصات نرم افزاری و تنظیمات بخش های مختلف رله در ادامه بحث می گردند.

۱- حفاظت جریان زیاد زمان ثابت فازی ۵۰-۱،۲،۳:

جریان در توابع ۵۰-۱ , ۵۰-۲ و ۵۰N-۲ , N-1 میتواند مولفه اصلی و یا RMS باشد اما برای تابع ۵۰-۳ و N۵۰ میتواند به صورت مقدار لحظه ای نیز استفاده شود.

۲- حفاظت جریان زیاد تاخیری فازی ۵۱:

در عملکرد این تابع که زمان-جریان معکوس می باشند، جریان مولفه اصلی یا RMS به کار گرفته شود. منحنی User Define یا هر یک از منحنی‌های استاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌باشد.

۳- حفاظت جریان زیاد توالی منفی تاخیری TOC-۴۶ و زمان ثابت ۴۶-۱،۲:

عملکرد این توابع بر اساس مقایسه جریان توالی منفی(I2) با مقدار جریان تنظیمی این تابع می‌باشد.تابع TOC-۴۶ به صورت زمان – جریان معکوس می‌باشد و هر یک از منحنی های استاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌باشد و یا به صورت USER Define تنظیم شود. مشخصه‌ی زمان ثابت شامل دو المان ۴۶-۱ و ۴۶-۲ می‌باشد. تنظیمات این دو تابع شامل جریان تنظیمی، تاخیر زمانی عملکرد و تاخیر زمانی ریست (Dropout) می‌باشد.

۴- توابع جریان زیاد جهت دار:

در عملکرد توابع جهت دار، جریان مولفه اصلی و RMS به کار گرفته شود. مشخصه جهت دار آنها می‌تواند حدود ۱۸۰± درجه چرخش داشته باشد. برای المان جهت دار زمین، کاربر می‌تواند انتخاب کند که جهت خطا با استفاده از سیستم توالی صفر تعیین شود و یا از کمیت‌های توالی منفی استفاده شود.جهت تشخیص خطا میتواند Forward و یا Reverse انتخاب شود.

۵- تابع جریان زیاد جهت دار تاخیری فازی TOC-۶۷ و زمین N-TOC۶۷:

برای این توابع منحنی User Define یا منحنی استاندارد IEC و ANSI قابل انتخاب می‌باشد و ریست تابع نیز می تواند Disk Emulation و یا آنی باشد و یا به صورت User Define تنظیم شود.

۶- تابع جریان زیاد جهت دار زمان ثابت فازی ۶۷-۱،۲،۳ و زمین N-1,2,3۶۷:

این توابع هر یک دارای تنظیم جریانی و تاخیر زمانی ریست جداگانه می‌باشند.علاوه بر این برای هر یک جهت عملکرد برای تشخیص خطا جداگانه تنظیم می‌شود.تنظیم Drop-out time Delay برای پایدارسازی سیگنال پیک آپ استفاده می‌شود

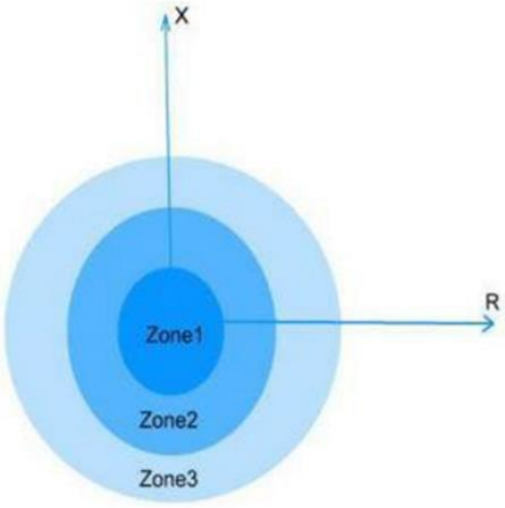
۶- انجام تنظیمات اساسی رله چندکاره وبکو:

رله چندکاره AMR-M شرکت وبکو دارای یک سری تنظیمات اساسی می باشد که فارغ از اینکه رله کدام نوع باشد؛ این تنظیمات بایستی انجام بپذیرند.

## ۸- رله حفاظت دیستانس وبکو

رله های دیستانس برای حفاظت خطوط انتقال به کار می روند و از آنجا که فاصله خطا را با اندازه گیری امپدانس مشخص می کنند، بدین نام مشهور شده اند. به طور کلی وقتی اتصالی در شبکه رخ می دهد اینگونه رله ها نقش حفاظتی خط و تعیین فاصله خطا تا رله را به عهده دارند. معمولا حفاظت اصلی خطوط انتقال رله های دیستانس و حفاظت پشتیبان این خطوط رله های اضافه جریان جهت

دار هستند. دلیل این امر آن است که زمان عملکرد رله های دیستانس بر روی خطی که رله روی آن است بسیار کم و زمان عملکرد رله جریان زیاد نسبتا زیاد است.




شکل۸- ناحیه بندی رله حفاظت دیستانس

## ۹- رله حفاظت دیفرانسیل وبکو:

رله دیفرانسیل به عنوان وسیله ای برای حفاظت ترانسفورماتور استفاده می شود. این رله بر اساس مقایسه جریان‌ها کار می‌کند و بدینوسیله جریان در ابتدا و انتهای وسیله‌ائی که باید حفاظت شود، سنجیده شده و با هم مقایسه می‌گردد. این تفاوت جریان در دو طرف محدوده حفاظت شده اغلب در اثر اتصال کوتاه یا اتصال زمین و ... بوجود می‌آید؛ بنابراین عملکرد رله دیفرانسیل می تواند ناشی از عوامل زیر باشد.

۱. اتصالی در داخل تراسفوماتور وجود داشته باشد. این اتصالی می‌تواند اتصال فاز به بدنه، فازبه فاز، اتصال حلقه ویا اتصال بین سیم پیچ های اولیه وثانویه ترانس باشد

۲. اتصالی خارج از ترانسفورماتور وجود داشته باشد که می‌تواند بر اثر عوامل خارجی در محدوده حفاظت رله یعنی بین CTهای طرفین باشد.

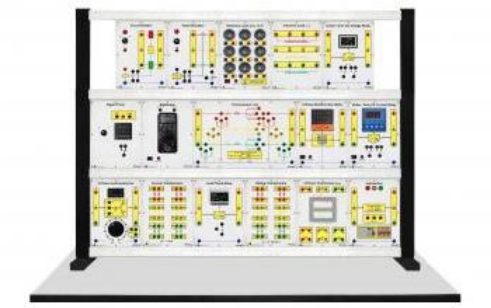
۳. حالت های کاذب ناشی از وجود اشکال در مدارات CT مربوطه

رله دیفرانسیل دارای ویژگی قطع سریع، دقت بالا و قدرت تشخیص و تفکیک عیوب واقع شده در محدوده بین CT های دوطرف ترانسفوماتور قدرت می باشد.

لازم بذکر است رله های دیفرانسیل در جریان‌های هجومی ترانسفورماتور، عمل نمی نماید ولی برای تشخیص فالت های واقع شده در محدوده CT های دو طرف ترانسفورماتور قدرت همواره بهترین حفاظت، رله دیفرانسیل می‌باشد.

## ۱۰- معرفی مدل های تجهیزات و قابلیت‌های آنها

این دستگاه های آموزنده در ۹ نسخه و مدل متفاوت تولید می شوند. نام، کد و تصویر مدل های مختلف در شکل ادامه بیان شده است.



آموزنده رله و حفاظت

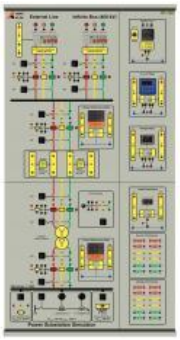
مدل پایه RP-۱۰۰

آموزنده رله و حفاظت

مدل تکمیلی RP-۱۰۱

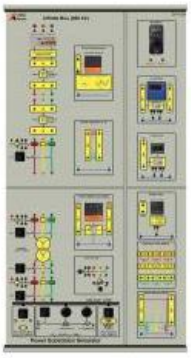
آموزنده رله و حفاظت

مدل پیشرفته RP-۱۰۲



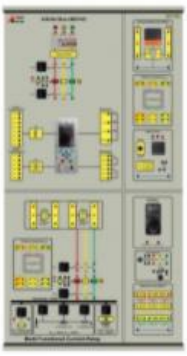
آموزنده رله و حفاظت

مدل شبیه ساز پست برق RP-۱۰۳



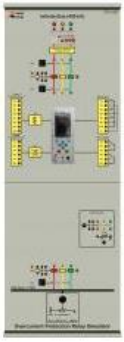
آموزنده رله و حفاظت و سیستم قدرت

RP-۱۰۴



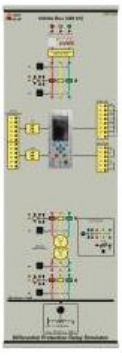
آموزنده رله و حفاظت پست برق و سیستم قدرت

RP-۱۰۵



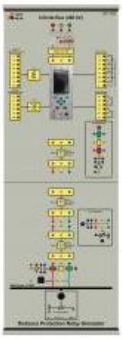
آموزنده رله و حفاظت پست برق

مدل رله اضافه جریان RP-۱۰۶



آموزنده رله و حفاظت پست برق

مدل رله دیفرانسیل RP-۱۰۷



آموزنده رله و حفاظت پست برق
مدل رله دیستانس RP-۱۰۸

آموزنده های رله و حفاظت بر اساس سرفصل های جدید مصوب وزارت علوم طراحی گردیده و دارای دستور کار مدون می باشد .این دستگاه جهت ارائه آزمایشگاه‌های رله و حفاظت و همچنین آموزش پرسنل شرکت های برق منطقه ای و توزیع نیروی برق استفاده می گردد. از قابلیت این دستگاه‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- بررسی رله دیستانس دیجیتال
۲- بررسی رله دیفرانسیل دیجیتال
۳- بررسی CT و PT به عنوان تجهیزات اندازه‌گیری
۴- بررسی رله حفاظت ولتاژ دیجیتال در شرایط کاهش یا افزایش ولتاژ
۵- بررسی رله حفاظت اضافه جریان دیجیتال
۶- امکان تغییر ولتاژ شبکه
۷- امکان حفاظت خط انتقال و ترانس
۸- امکان شبیه سازی انواع خطا در شبکه
۹- حفاظت موتور و ژنراتور در برابر تغییرات ولتاژ و جریان
۱۰- بررسی رله حفاظت سنکرون بودن
۱۱- بررسی رله حفاظت فرکانسی
۱۲- بررسی رله حفاظت بی متال
۱۳- بررسی رله کنترل فاز
۱۴- بررسی رله کنترل بار

## ۱۱- اجزای اصلی دستگاه

این دستگاه ها در مدل های ماژولار و یک پارچه تولید میشوند. اجزای اصلی تشکیل دهنده و مشخصات آنها در ادامه بیان شده است.

۱- خط انتقال متوسط: خط متوسط در این ماژول بر اساس مدل TT خطوط انتقال واقعی در شبکه ایران در نظر گرفته شده اند.

۲- رله حفاظت فرکانس: این ماژول جهت حفاظت فرکانسی تجهیزات از قبیل ترانس و ژنراتور در برابر تغییرات فرکانس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- باس بی نهایت: این ماژول مدل باس بی‌نهایت شبکه برق می‌باشد.

۴- اینورتر سه فاز: این ماژول جهت کنترل دور موتور القایی گرداننده ژنراتور سنکرون و تنظیم فرکانس خروجی ژنراتور استفاده می‌شود.

۵- واحد سنکرون ساز: این ماژول جهت سنکرون سازی ژنراتور سنکرون با شبکه مورد استفاده قرار می گیرد.

۶- مولتی فانکشن متر سه فاز: این ماژول جهت اندازه‌گیری پارامترهای شبکه از قبیل ولتاژ، جریان، انواع توان، ضریب توان، اختلاف‌فاز ولتاژ و جریان، فرکانس و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷- بار مقاومتی: این ماژول، به عنوان بار مقاومتی و مدل مصرف توان اکتیو توسط مصرف کننده ها در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸- بار خازنی: بار خازنی و تولیدکننده توان راکتیو در شبکه توزیع و انتقال می‌باشد.

۹- بار سلفی: ماژول بار سلفی پله ای است که جهت مدل‌سازی مصرف توان راکتیو در شبکه برق طراحی شده است.

۱۰- شبیه ساز خطا: به منظور ایجاد خطاهای فاز به زمین، فاز به فاز و... در شبکه قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۱- ترانس ولتاژ یا PT : به منظور آشنایی با کاربرد PT در حفاظت شبکه و بررسی رفتار PT های متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۲- شبیه ساز خطا: به منظور ایجاد خطاهای فاز به زمین، فاز به فاز و... در شبکه قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۳- رله حفاظت بار: این ماژول به منظور حفاظت بار استفاده می‌شود.

۱۴- اتو ترانس سه فاز: این ماژول جهت تنظیم پیوسته ولتاژ شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۵- رله حفاظت جریان: این ماژول جهت حفاظت خط انتقال، ترانس و ژنراتور در برابر تغییرات جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد

۱۶- ترانسفورماتور سه فاز: ترانسفورماتور سه‌فاز با نسبت تبدیل ۳۸۰/۱۹۰/۱۹۰ ولت امکان استفاده از آرایش‌های مختلف ستاره، مثلث و زیگزاگ را فراهم می‌سازد.

۱۷- مولتی متر: این دستگاه برای اندازه‌گیری ولتاژ، جریان، مقاومت و... مورد استفاده می‌باشد.

۱۸- ترانس جریان یا CT: این ماژول جهت بررسی رفتار CT های متفاوت و کاربرد آن در حفاظت شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد

۱۹- موتور القایی سه فاز: موتور القایی سه فاز جهت راه اندازی ژنراتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۰- ژنراتور سنکرون: این ماشین جهت تولید توان شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۱- رله حفاظت سنکرون بودن: این ماژول جهت بررسی و نظارت بر سنکرون بودن ژنراتور سنکرون با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۲- رله حرارتی افزایش جریان: این ماژول جهت حفاظت بارهای الکتریکی در برابر تغییرات جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۳- تایمر دیجیتال: این ماژول جهت اندازه گیری زمان عملکرد رله های حفاظتی شبکه قدرت می باشد.

۲۴-رله کنترل فاز: به منظور بررسی درستی ترتیب فازها بخصوص در کاربرد حفاظت موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲۵- مدارشکن: جهت برق دار کردن و یا قطع بخشی از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۱۲- آزمایش های قابل انجام

در دستور کار آزمایشگاه رله و حفاظت ۱۸ آزمایش ارائه گردیده است. مطالب بیان شده در دستور کار هر آزمایش شامل مقدمه، شرح آزمایش و تحلیل و جداول مربوطه و در پایان سؤالات مربوط به آزمایش می‌باشد. این دستور کار طوری طرح شده است تا دانشجو حین انجام مراحل مختلف آزمایش بخش‌های مختلف آن را تکمیل نماید و با تحلیل نتایج حاصل به درک عمیق‌تری از مفاهیم رله و حفاظت دست یابد. طبیعتاً به دلیل زمان محدود آزمایشگاه، انجام برخی محاسبات در آزمایشگاه توسط دانشجو امکان پذیر نبوده و این مهم به بخش سؤالات انتهای هر بخش منتقل شده است.

لیست آزمایش‌های قابل انجام به شرح زیر می‌باشد:

۱- اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه به کمک ترانسفورماتور سه فاز

۲- اتصال ژنراتور سنکرون به شبکه به کمک رله سنکروچک

۳- مدل‌های کوتاه، متوسط و بلند خط انتقال قدرت و محاسبات پریونیت

۴- آشنایی با مدل‌های خطوط انتقال قدرت در آموزنده یکپارچه

۵- عملکرد ترانس در شبکه قدرت

۶- کنترل ولتاژ شبکه با ترانس دارای تپ قابل تنظیم

۷- اصلاح ضریب توان

۸- بررسی رله کنترل جریان

۹- بررسی رله کنترل ولتاژ

۱۰- بررسی رله کنترل فرکانس

۱۱- بررسی رله کنترل فاز بار

۱۲- معرفی رله چندکاره شرکت وبکو (Vebco)

۱۳- بررسی رله حفاظت اضافه جریانی

۱۴- بررسی رله حفاظت دیستانس

۱۵- بررسی رله حفاظت دیفرانسیل

## ۱۳- نتیجه گیری

جهت آموزش کاربردی سیستم های رله و حفاظت استفاده از دستگاه های شبیه ساز رله و حفاظت ضرورت دارد. قابلیت ها و مشخصات انواع دستگاه ها مرور شدند و آزمایش های قابل انجام با هر دستگاه بیان گردید.

# Simulator of Relay and Protection Lab

**Hamed Molla-Ahmadian[1], CEO of Abzarazma Co. and Assistant Professor of Electrical Engineering**

**Article Info**

**Keywords:**

**Simulator Set, Relay and Protection, Overcurrent Relay, Distance Relay, Differential Relay, Frequency Relay, Vebko Multi-Function Relay**

**Abstract**

Practical and useful training of relay and protection is done by simulator. Proposed training set has miscellaneous devices in power network and model the network by 1 to 1000 scale. Many types of protection relays introduced in training set that they used in substation and electrical panels. Overcurrent, voltage protection, distance, differential, frequency and other relays are analyzed. Protection of transmission lines, transformers, induction motors, synchronous generators and electrical loads are investigated. Also, using fault simulator and status of relay and are presented and the time delay of relay is measured by precise timers.

[1] Email of Author: info@abzarazma.com