



شرکت همیان فن (هفکو)

# رکله های ثانویه در پستهای توزیع

کیوان عراقی

## رله های ثانویه در پستهای توزیع

شرکت همیان فن در انتهای سال ۱۳۸۱ طرح جایگزینی رله های ثانویه بجای رله پرایمری را ارائه نمود ( جزوه ارائه شده در سال ۱۳۸۱ به معاونت نظارت بر توزیع ضمیمه می باشد ) جزوه حاضر مکمل طرح مربوطه بعلاوه تجربیات و تغییرات انجام شده در طول چهار سال گذشته می باشد .

### حفاظت سیستم های قدرت Power system protection

جهت حفاظت سیستم های قدرت سه عامل می بایست در کنار یکدیگر قرار گیرند .

۱. استانداردهای حفاظت : جهت رسیدن به عملکرد مشخص و یکسان جهت حفاظت در تمام نقاط شبکه بر مبنای استاندارد شماره (IEC 60255) عمل می نماید .

۲. وسایل حفاظتی : یک مجموعه از دستگاههای حفاظتی ( مانند رله ها ، فیوزها و غیره و .... ) به انضمام دستگاههایی مانند CT ها ، کلید های فشار قوی و کنتاکتورها و غیره جزو وسایل حفاظتی می باشند .

۳. طرح حفاظتی : مجموعه ای از عناصر حفاظتی که با هماهنگی با یکدیگر عملکرد مشخصی داشته باشند را طرح حفاظتی می نامیم . ( مجموعه ای از رله ها ، CT ها ، کلیدها و باطری و غیره )

### Economical and Reliability

جهت انجام طرح دو عامل قابلیت اطمینان و هزینه باید در کنار یکدیگر قرار گیرند . طرح علاوه بر قابل اطمینان بودن می بایست به لحاظ اقتصادی نیز قابل توجیه باشد در مورد قابلیت اطمینان سیستم باید در هر زمانی جهت رفع خطا آماده به کار باشد و با توجه به اینکه در ظاهر دو عامل یاد شده متضاد یکدیگرند لذا رسیدن به نقطه مطلوب طرح را کاربردی می نماید .

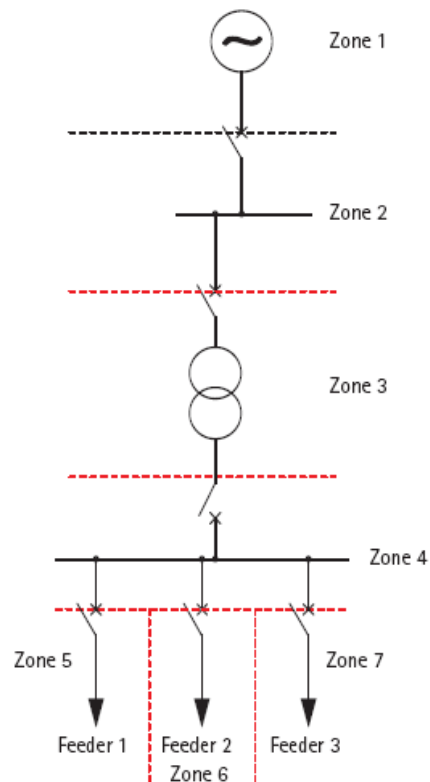
## اصول عملی حفاظت

اصول مطرح شده در زیر بصورت کلیات مورد نیاز یک سیستم حفاظتی می باشند و با توجه به اینکه در اکثر کتابهای مربوطه یافت می شوند لذا بصورت مختصر آنها را یادآوری می کنیم .

- Zone of protection
- Reliability
- Selectivity
- Stability
- Speed
- Sensitivity
- Primary and back-up protection
- Trip circuit supervision

### Zone of protection      ۱- ناحیه حفاظت

محدوده ای از سیستم های قدرت را که هنگام ایجاد خطا می بایست از مدار خارج شوند را ناحیه حفاظتی یا Zone می نامند مانند شکل ۱ .



شکل ۱

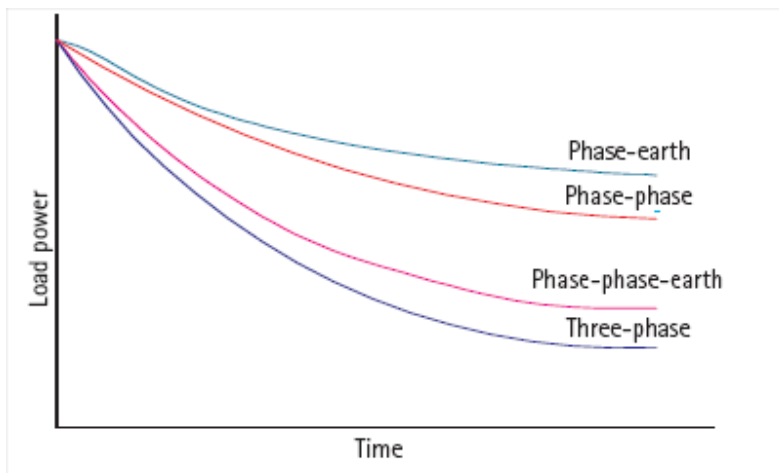


#### ۴- پایداری Stability

رله های حفاظتی در اثر کلیه شرایط خارجی (مانند دما، رطوبت، بار و اتصالی و غیره) از حیث عملکرد می بایست پایدار باقی بمانند.

#### ۵- سرعت Speed

خطای ایجاد شده در یک سیستم قدرت می بایست هرچه سریعتر قبل از اینکه به قسمتهای دیگر گسترش پیدا کند حذف شود. در شکل ۳ نمونه ای از ارتباط بین نوع خطا و زمان لازم برای رفع آن نشان داده شده است.



شکل ۳

#### ۶- حساسیت Sensitivity

حساسیت زمانی مطرح می باشد که رله در حوالی نقطه کار (Pick up) تحریک شود. در این نقاط می بایست حساسیت رله بالا بوده و بتواند با دقت بالا کار نماید.

## **۷- حفاظت اولیه و پشتیبان Primary and backup protection**

این بند جهت بالا بردن قابلیت اطمینان جهت حفاظت شبکه می باشد به این ترتیب که جهت حفاظت نقاط حیاتی تر از دو رله یکی اصلی ( که آن را Main و یا Primary می نامیم ) و دیگری را پشتیبان (Backup) استفاده می نمائیم .

## **۸- Trip circuit Supervision**

جهت اطمینان از عملکرد قطع کلید در هنگام فرمان از رله TCSR استفاده می شود جهت آشنایی با عملکرد آن کاتالوگ یک صفحه ای آن ضمیمه می باشد .

## طبقه بندی رله ها

بطور کلی رله ها به چهار دسته تقسیم می شوند :

۱- رله های الکترومکانیکی

۲- رله های استاتیکی

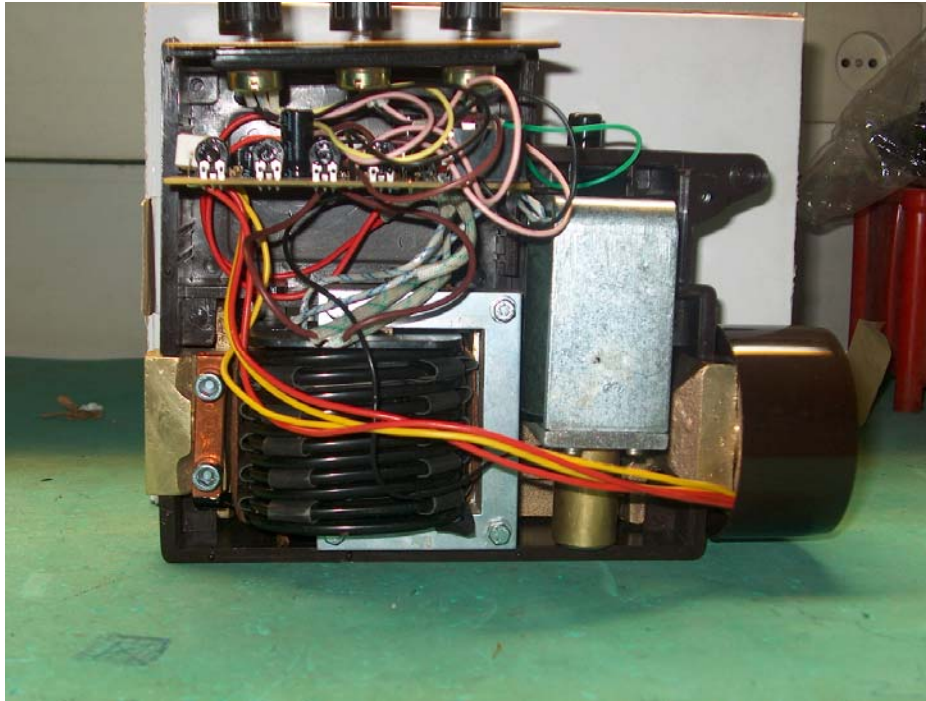
۳- رله های دیجیتالی

۴- رله های عددی (numerical)

ساخت رله ها در صد سال پیش با تکنولوژی الکترومکانیکی شروع و سالها ادامه یافت از سی سال گذشته رله های الکترومکانیکی جای خود را به ترتیب با رله های الکترو استاتیکی ، دیجیتالی و نهایتاً عددی دادند. در این پیشرفت ابعاد رله ها کوچکتر و توانایی و قابلیت اطمینان آنها بیشتر گردید . رله های الکترومکانیکی به انواع زیر طبقه بندی شده بودند :

- a. attracted armature
- b. moving coil
- c. Induction
- d. Thermal
- e. Motor operated
- f. Mechanical

**رله های پرایمری همیان فن :** این رله ترکیبی از تکنولوژی القایی ، الکترونیکی و مکانیکی می باشد .  
تصویری از سه قسمت در زیر آورده شده است .



### رله های استاتیکی :

چنانچه از نام رله مشخص می باشد این رله ها عنصر متحرکی نداشته و از تکنولوژی آنالوگ برای ساخت آنها استفاده شده بود . نسبت به رله های مکانیکی بقای تکنولوژی این رله ها کوتاه بودند و به سرعت جای خود را به رله های با تکنولوژی دیجیتالی دادند در زیر تصویر یکی از رله های استاتیکی ساخت شرکت همیان فن آورده شده است .



## رله های دیجیتالی :

ظهور رله های دیجیتالی نقطه عطفی در تکنولوژی رله های حفاظتی بودند . استفاده از میکروپروسسور و میکروکنترلرها به عوض مدارات آنالوگ در رله های استاتیکی رله ها را به توانایی های کاربردی بسیار زیادی رسانید .

در مقایسه با رله های استاتیکی در رله های دیجیتالی ورودی های آنالوگ مستقیماً بوسیله مبدل A/D (Analog to digital) تبدیل به مقادیر دیجتالی شده و سپس فرآیند های مختلف بر روی آنها اعمال می شود . برای مثال از تکنیکهای شمارشی و یا DFT ( Discrete Fourier transform) و غیره برای انجام الگوریتم نام برد . در زیر یکی از رله های دیجیتالی ساخت شرکت همیان فن نشان داده شده است .



## رله های عددی Numerical Relay

تفاوت عمده بین رله های دیجیتال و عددی بر روی تکنیکهای فنی برتر می باشد . در حقیقت می توان گفت که رله های عددی نتیجه تکنولوژی پیشرفته تر نسبت به رله های دیجیتالی می باشد . برای نمونه در اینجا از Digital signal processor (DSP) جهت محاسبات استفاده می شود و پس از تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال برحسب نیاز از الگوریتم های ریاضی استفاده می شود . جهت انجام فرآیند از میکروپروسسورهای بسیار قوی مخصوص انجام عملیات مورد نیاز ، جهت شرایط مطلوب استفاده می شود توجه شود که با توجه به توانایی های بسیار زیاد میکروپروسسورهای استفاده شده در رله های عددی می توان چندین عملیات را از این رله در یک مجموعه انتظار داشت .

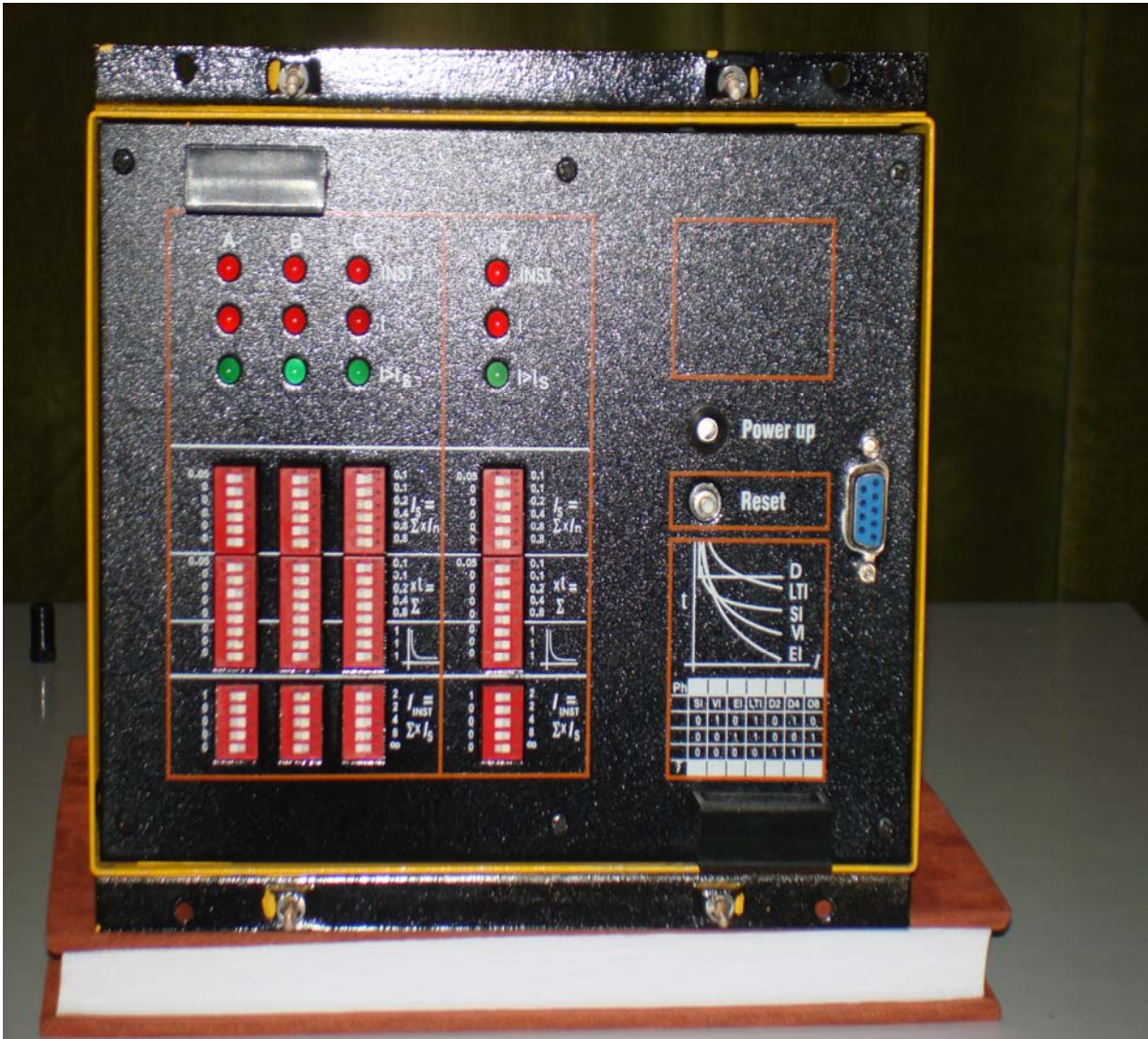
### رله جریان زیاد با حافظه ماندگار

رله که در ادامه توضیحات آن می آید یکی از رله های است که می تواند تحول زیادی در امر حفاظت و اتوماسیون توزیع بوجود آورد . رله مذکور در حین سادگی تنظیمات می تواند شش عدد فالت آخر را برای ۵ ثانیه زمان Pickup تا زمان تریپ و ده سیکل بعد از تریپ را در خود بایگانی نموده و هنگامیکه شخص به پست مراجعه می نماید بوسیله کامپیوتر پرتابل اطلاعات مربوطه را تخلیه نماید .

مواردی که رله پس از Pickup و هنگام تریپ در خود نگهداری می نماید عبارتند از :

۱. شکل موج ۵ ثانیه قبل از تریپ و ۱۰ سیکل بعد از آن برای هر فاز و ارت فالت به تعداد شش عدد برای هر کدام
۲. زمان دقیق فرمان تریپ (روز و ماه و ساعت)
۳. حداکثر جریان عبوری هنگام تریپ و میزان RMS آن ها پرینت نمونه فایل های مربوطه در انتهای جزوه ضمیمه می باشد .

رله را بعنوان Standby نام برده ایم به این مفهوم که هنگام تریپ اطلاعات داخل حافظه ماندگار ثبت و سپس تغذیه از پشت رله برداشته می شود و هنگامیکه مجدداً تغذیه را وصل کنیم . اطلاعات تریپ بر روی LED های روی صفحه جلوی رله را می توان مشاهده نمود . این مورد علاوه بر سه ردیف بالا می باشد .



## اصول حفاظتی در رله جریان زیاد

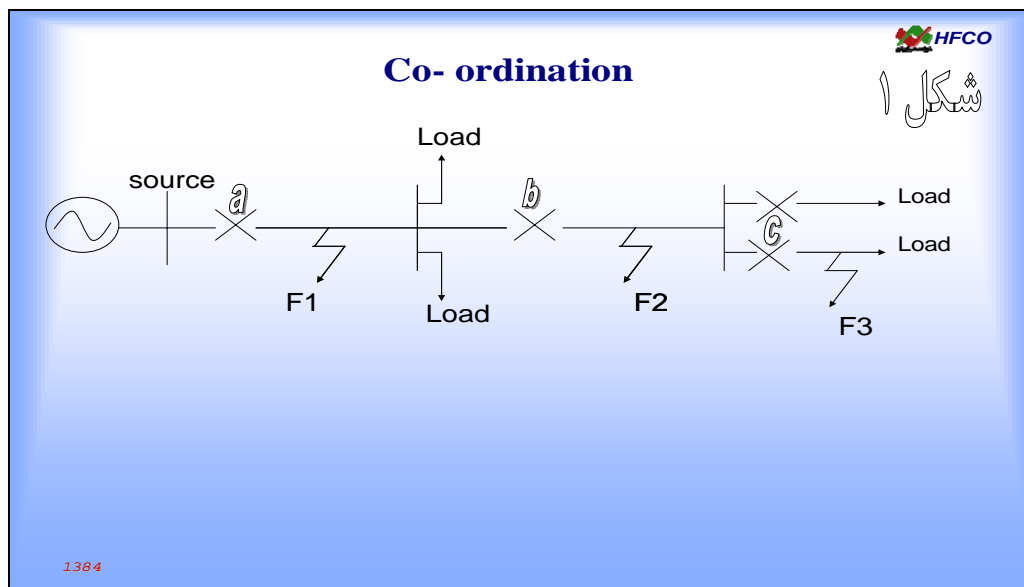
جهت تشخیص خطا و جدا سازی و ایزوله نمودن قسمت معیوب از شبکه به کمک اندازه گیری جریان را اصول حفاظتی رله جریان زیاد تشکیل می دهد .  
در رله مذکور قسمت اندازه گیری جریان به دو بخش بصورت لحظه ای برای اتصالی های با جریان زیاد و تاخیری برای حفاظت بار و یا جهت هماهنگی رله ها برای Zone های پشتیبان مورد استفاده قرار می گیرد .

چنانچه در قسمت بالا مشخص می باشد رله دارای دو جریان تنظیم می باشد :

۱. جریان تنظیمی جهت جریانهایی که پس از آن رله بصورت آنی ( لحظه ای ) فرمان می دهد.
۲. جریان تنظیمی جهت جریانهایی که پس از آن رله با تاخیر زمانی فرمان صادر می نماید .

## نحوه تشخیص خطا در رله های جریان زیاد

### الف - نحوه تشخیص خطا بوسیله جریان



در این حالت جریانها را بر مبنای سطح عملکرد جریان خطای شبکه تنظیم می کنیم . برای مثال در شکل بالا با توجه به اینکه شبکه شعاعی است سطح اتصال کوتاه به این شکل می باشد  $i_a > i_b > i_c$  پس تنظیم رله ها نیز می بایست به همین ترتیب باشد یعنی  $i_{set a} > i_{set b} > i_{set c}$  حال اگر فالتی بعد از نقطه C ایجاد شود F3 و سطح فالت در F3 از تنظیم انجام شده در رله A بیشتر باشد  $i_{fault F3} > I_{set a}$  در این حالت هر سه رله می توانند فرمان قطع دهند و نقاطی هم که نمی بایست بی برق شوند .

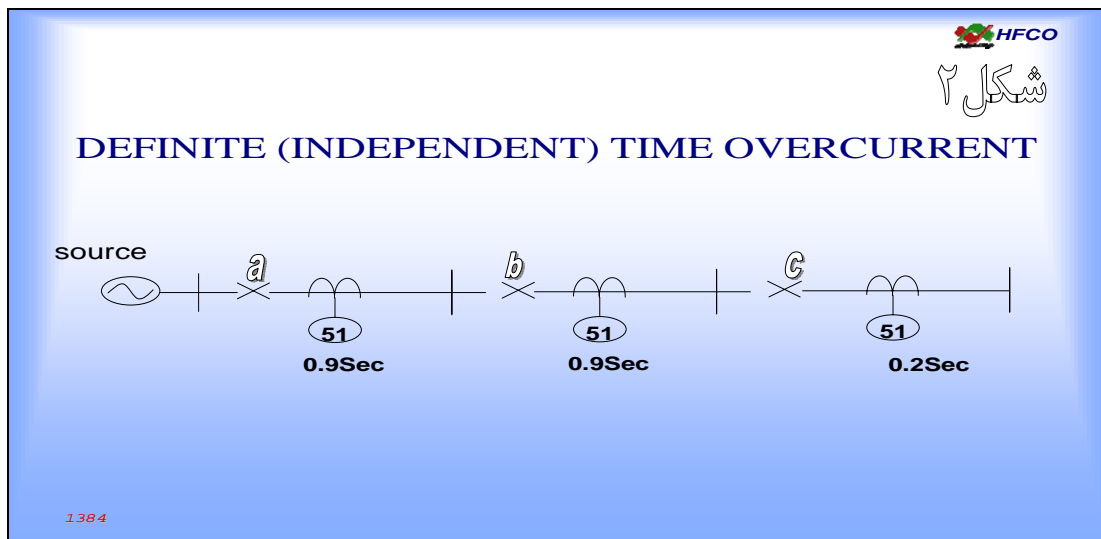
### ب : نحوه تشخیص خطا بوسیله زمان

در همان مدار بالا تنظیم جریان رله ها را یکی می نمائیم :

$$i_{set a} = i_{set b} = i_{set c}$$

ولیکن زمانهای فرمان قطع را به ترتیب زیر تنظیم می کنیم :

$$t_A > t_B > t_C$$



با این هماهنگی ، رله ها صحیح عمل می نمایند ولیکن عیب کار در اینست که هرچه خطا به منبع تغذیه نزدیکتر باشد سطح اتصال کوتاه بالاتر بوده و زمان تنظیمی آن به دلیل هماهنگی رله ها بیشتر می باشد به این مفهوم که خطاهای با جریان های بالاتر بواسطه نزدیکی به مرکز مدت طولانی تری تا رفع عیب تحت اتصال کوتاه قرار می گیرند .

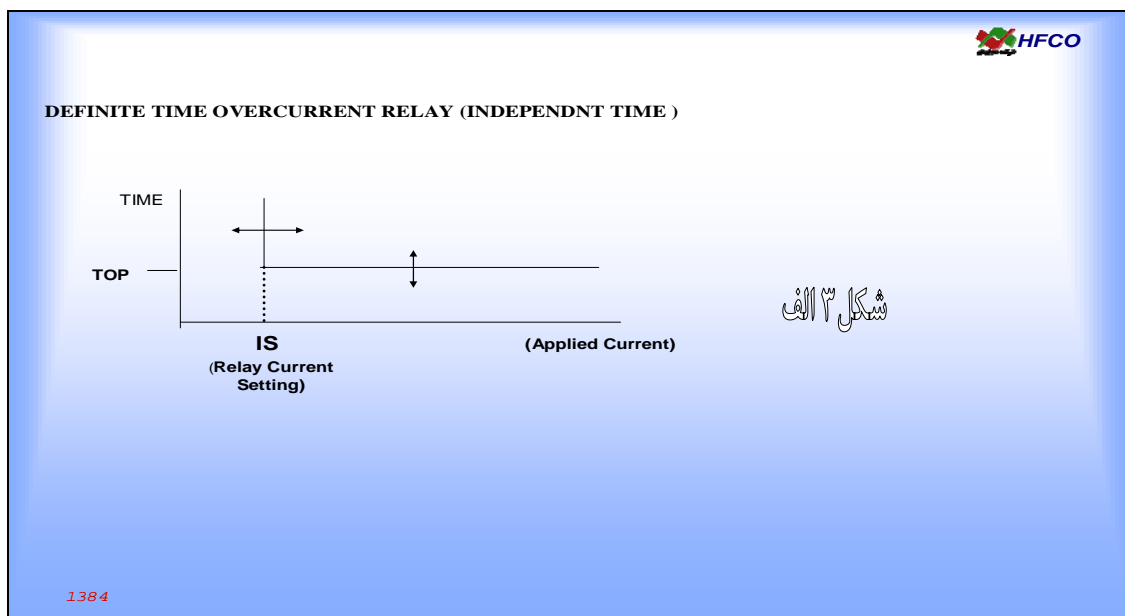
### تشخیص خطا با ترکیب جریان و زمان

در این حالت رابطه زمان و جریان را معکوس یکدیگر بر مبنای استانداردهای مشخص طراحی می کنیم یعنی طبق فرمول مشخصی زمان قطع رله با بالا رفتن جریان نسبت معکوس داشته باشد که این رابطه طبق استانداردهای مشخص از فرمولهای شناخته شده ای پیروی می نمایند که در ادامه به آن خواهیم پرداخت .

### رله جریان زیاد زمان معین

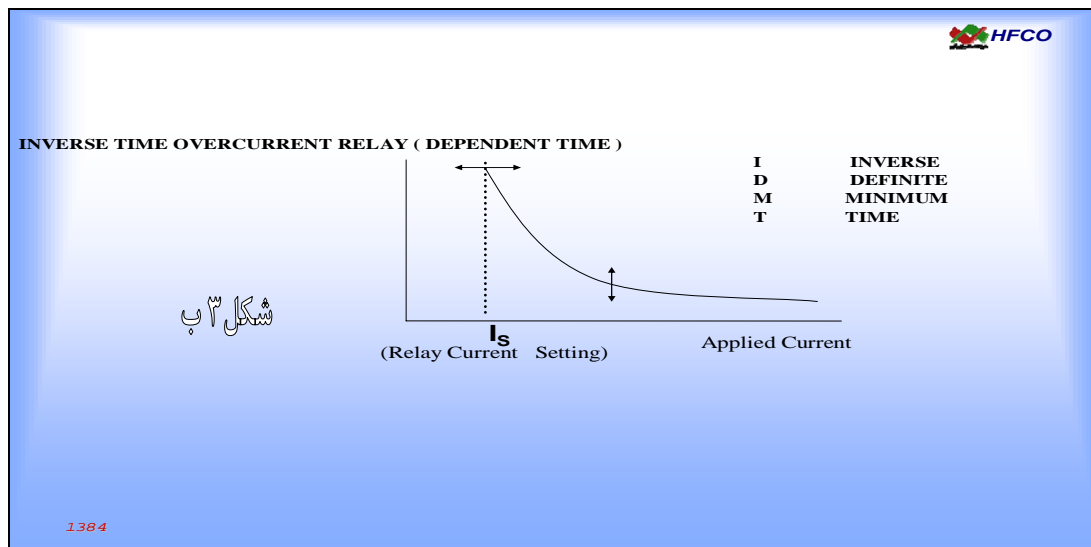
#### Definite time over current Relay

چنانچه از توضیحات بالا مشخص می باشد در این رله رابطه جریان و زمان مستقل می باشد . ارتباط زمان و جریان در اینجا به این مفهوم است که اگر جریان رله از جریان تنظیمی آن بالاتر برود تایمر فرمان بکار می افتد به این شکل هنگامیکه رله در ناحیه قطع قرار می گیرد ، پس از سپری شدن زمان تنظیم ، فرمان ارسال می شود . توجه داشته باشید که زمان تنظیم در تمام نقاط ناحیه قطع ، یکسان عمل می نماید. به هر حال تنظیم جریان و زمان مستقل از یکدیگرند و در این حالت زمان ثابت است و ارتباطی با جریان اتصال کوتاه ندارد .



## رله جریان زیاد با منحنی قطع زمان معکوس

منحنی مشخصه این رله ها زمان معکوس ( Inverse time ) می باشد . در این منحنی زمان عملکرد



شکل (۴)

IDMT = Inverse definite minimum time characteristic

رله تابعی از جریان می باشد و با زیاد شدن جریان بر مبنای فرمولهای استاندارد شده زمان عملکرد رله کم می شود رله های ثانویه امروزی عموماً دارای منحنی مشخصه های هم زمان معین و هم زمان معکوس هستند توجه کنید در عمل فقط یکی از منحنی ها را باید انتخاب نمود . چنانچه ملاحظه می کنید رله های منحنی معکوس با حروف IDMT شناخته می شوند .

## Pick up رله های جریان زیاد

اگر رله در نقطه Is تنظیم شده باشد جهت جلوگیری از نوسان در نقطه تنظیم رله چند درصدی بالاتر از Is شروع بکار می نماید. به نقطه شروع به کار رله Pick up گفته می شود معمولاً در اکثر موارد:

$$I_{pickup} = 1.05I_s$$

در رله های قدیمی تر مقدار 1.1 Is بود.

$$I_{pickup} = 1.1I_s$$

## Drop off رله جریان زیاد

اگر رله از ناحیه قطع به ناحیه سالم برگردد نقطه مشترک برگشت را جریان Drop off می گویند که در اکثر موارد:

$$I_{Drop\ off} = I_s$$

در مواردی نیز تا 0.95Is پائین می آید.

$$I_{Drop\ off} = 0.95 I_s$$

نسبت Drop off به Pick up بسیار مهم است و هرچه به یک نزدیک تر باشد بهتر است (در صورتیکه رله نوسان ننماید) در اغلب موارد مقدار آن 95% می باشد.

$$I_{Drop\ off} / I_{pickup} = \% 95$$

## ضریب تنظیم بلاک ( PSM ) Plug setting multiplier

نسبت جریان خطای عبوری از رله  $I_f$  به جریان تنظیم رله  $I_s$  را PSM و معمولاً با  $I$  نمایش می دهند .

$$PSM = \frac{I_f}{I_s} = \frac{\text{جریان خطا}}{\text{جریان تنظیم رله}} = I$$

در این صورت توجه کنید که  $I$  نسبت دو جریان می باشد و با علامت جریان که به همین حرف است اشتباه نشود .

## منحنی های استاندارد IEC

استاندارد IEC برای رله های زمان معکوس سه منحنی ارائه می نماید که در زیر آورده و در ادامه به تشریح آنها خواهیم پرداخت .

$$\text{IEC Standard inverse } t = TMS \times \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1} = \frac{0.14}{I^{0.02} - 1} \times TMS$$

$$\text{IEC Very inverse } t = TMS \times \frac{13.5}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1} = \frac{13.5}{I - 1} \times TMS$$

$$\text{IEC Extremely inverse } t = TMS \times \frac{80}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1} = \frac{80}{I^2 - 1} \times TMS$$

$$\text{UK long time inverse } t = tms \times \frac{120}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1} = \frac{120}{I - 1} \times TMS$$

## ضریب تنظیم زمان

چنانچه از فرمولهای بالا مشخص می باشد ضریب TMS را فرمول زیر می توان تعریف نمود:

$$TMS = \frac{\text{زمان عملکرد مورد نیاز}}{\text{زمان عملکرد رله در (TMS=1)}}$$

## منحنی مشخصه های رله های زمان معکوس

۲-۲- زمان معکوس استاندارد

منحنی مشخصه می تواند با فرمول زیر بیان شود

$$t = \frac{0.14 \times (TSM)}{\left\{ \left( I_f / I_s \right)^{0.02} - 1 \right\}}$$

این منحنی مشخصه به عنوان 3/10 شناخته می شود به این معنی که در ده برابر جریان تنظیمی و  $TSM = 1$  رله بعد از 3 ثانیه عمل می کند . این منحنی در MV برای حفاظت ترانس یکی از مهمترین منحنی ها می باشد .

و در مثالها خواهیم دید که می تواند بیشترین مصرف را داشته باشد .

زمان معکوس سریع Very Inverse Time

منحنی مشخصه از فرمول زیر بدست می آید

$$t = \frac{13.5 \times (TSM)}{\left\{ \left( I_f / I_s \right) - 1 \right\}}$$

چنانچه در مثالهای بعدی نیز ملاحظه خواهیم کرد از این منحنی در مواردی که شرایط شبکه بشکلی است که اتصالی در نقاط مختلف وضعیت جریان را خیلی تغییر نمی دهد و ضریب زمانی را نیز نتوان خیلی تغییر داد استفاده می شود این موضوع هنگام سری بودن رله ها در فواصل کم می تواند کارایی خوبی داشته باشد .

زمان معکوس بسیار سریع  
 منحنی مشخصه از فرمول زیر بدست می آید

$$t = \frac{80 \times (\text{TSM})}{\left\{ \left( I_f / I_s \right)^2 - 1 \right\}}$$

چنانچه دیده می شود منحنی زمان با عکس مربع جریان بستگی دارد . از این منحنی جهت هماهنگی رله با فیوزها می توان استفاده نمود . برای حفاظت وسایلی که با آمدن برق بطور اتومات برقدار می شوند مانند یخچالها ، پلمپ ها و سیستم های حرارتی از این نوع رله می توان استفاده نمود . در مقابل بالا رفتن حرارت در پستها و نیروگاهها می توان از آن استفاده نمود زیرا بالا رفتن حرارت تابعی از  $I^2 t$  می باشد .

زمان معکوس طولانی Long Time Inverse  
 منحنی مشخصه از فرمول زیر بدست می آید .

$$t = \frac{120}{\left\{ \left( I_f / I_s \right) - 1 \right\}}$$

و چنانچه ملاحظه می کنید زمان آن بسیار زیاد است و عموماً جهت حفاظت مقاومتهای نقطه صفر زمین از آن استفاده می شود و چنانچه از فرمول پیداست برای ۵ برابر جریان نامی زمان 30 ثانیه عملکرد را خواهیم داشت .  
 قبل از شروع مثالها یادآوری می کنیم که رله HROC82 امکان تنظیم کلیه این منحنی ها بعلاوه امکان تنظیم رله در حالت زمان معین  $D_2$  و  $D_4$  و  $D_8$  را داراست .

## ساختمان و تنظیمات رله جریان زیاد

بطور عام همه رله های OC دارای جریان نامی مشخص می باشند که این جریان نامی در روی رله قید شده و مبنای کار رله است . ( جریان نامی اکثر رله های امروزی 5A و نیز 1A می باشند که یکی از این دو را باید انتخاب نمود ) به این مفهوم که کلیه تنظیمات رله ضریبی از جریانی نامی که به In نشان داده می شود هستند .

$$I \text{ set} = K I_n$$

که در رله های قدیمی  $K \geq 1$  بودند ولیکن امروزه حدوداً  $0.025 \leq K \leq 3$  می باشد که این مورد بستگی به تکنولوژی ساخت رله نیز دارد و استاندارد نمی باشد .

محدوده تنظیمات رله جریان زیاد بستگی به دو عامل In و ضریب K دارد . اگر فرمول  $I \text{ set} = K I_n$  در کل محدوده در رله صادق باشد لذا محدوده تنظیم رله از ضریب K بدست می آید . برای مثال K در رله HROC82 می تواند از عدد 0.05 تا عدد 2.4 با پله های عددی 0.05 تغییر نماید .

حال اگر این محدوده تغییرات را در فرمول بالا قرار دهیم محدوده امکان تنظیم رله به ترتیب زیر می باشد .

$$I \text{ set min} = 0.05 I_n = 0.05 \times 5A = 0.25 A$$

$$I \text{ set max} = 2.4 I_n = 2.4 \times 5A = 12 A$$

چنانچه مشاهده می شود محدوده تنظیم رله می تواند در پله های 0.25 آمپر تغییر نموده و رله تنظیم شود و به این ترتیب 48 نقطه تنظیم جریان خواهیم داشت که جهت حفاظت بار خط و یا ترانس می توان با در نظر گرفتن نسبت تبدیل Ct نصب شده بر روی خط و یا ترانس از آنها استفاده نمود در این مورد بیشتر بحث خواهیم کرد .



شکل ۵

اگر به شکل ۵ مراجعه شود در صفحه جلو روی هر فاز سه عدد LED و چهار ناحیه تنظیم ( با کلیدهای dipswitch ) دیده می شود LED سبز رنگ مربوط به Pickup رله می باشد به این مفهوم که با روشن شدن آن مشخص می شود که رله Pickup نموده است LED قرمز رنگ در وسط جهت تریپ های زمانی و LED قرمز رنگ بالا نشان دهنده تریپ های لحظه ای می باشد .

در قسمت تنظیم  $I_s = \sum \times I_n$  نوشته شده است که همان فرمول  $I_s = K I_n$  شرح داده شده در قسمت قبل می باشد و منظور از  $\sum$  جمع عددی مقادیر dipswitch ها است که مساوی همان عدد K در فرمول بالاست .

ناحیه دوم  $t = \sum \times$  می باشد که از جمع عددی dipswitch ها عدد TMS حاصل شده که حاصل ضرب آن در زمان t با ضریب  $TMS = 1$  کل زمان تریپ حاصل می شود .

ناحیه سوم dipswitch ها به منظور انتخاب منحنی می باشد که با آنها می توان ۸ حالت مشخص نمود که از این ۸ حالت آن مربوط به انتخاب یکی از منحنی های مربوطه می باشد که منطق آن منطبق به جدول نشان داده شده در پائین سمت راست رله است . حالت ( ۱ ، ۱ ، ۱ ) در روی آن منطبق به جدول موجود نیست که مربوط به تست نرم افزار داخلی رله می باشد .

ناحیه چهارم مربوط به تنظیمات لحظه ای می باشد که با فرمول  $I_{inst} = \sum I_s$  مشخص شده است . در این فرمول منظور از  $\sum$  جمع عددی dipswitch های مربوط به این ناحیه می باشد که ضریبی از جریان تنظیمی  $I_s$  است . در این قسمت فرمان رله آنی است ، در این ناحیه جهت هماهنگی با سایر رله ها تنظیمات بر مبنای جریان خواهد بود و زمان در آن دخالتی ندارد . مشخصات دقیق این رله به همراه حافظه و پورت RS232 در بخش جداگانه ای که توضیحات رله مربوطه می باشد آورده شده است .

### رله گذاری در توزیع :

دو نوع رله می تواند حفاظت پستهای توزیع را عهده دار باشد .

**الف : رله های اولیه**

**ب : رله های ثانویه**

با توجه به اینکه جزوه حاضر رله های ثانویه را بررسی می نماید بحث را به منظور حفاظت ترانسهای بوسیله رله های ثانویه دنبال می کنیم . توجه شود که ادامه بحث بصورت کاملاً کاربردی می باشد و جهت هماهنگی رله ها بر روی خطوط 20KV با توجه به اینکه زیر ۵٪ پستهای توزیع دارای کلید قابل قطع می باشند در حال حاضر بحثی انجام نمی دهیم لذا ادامه بحث بر روی حفاظت ترانسهای قدرت و نحوه حفاظت ارت شبکه در توزیع با توجه به اینکه ورودی ترانسهای قدرت و شبکه آن ( سمت 20KV ) بصورت مثلث می باشند خواهند بود .

### ترانسفورماتور قدرت

در بحث کنونی کلیات ترانس را جهت حفاظت بررسی می نمائیم و در حقیقت تنها مشخصاتی از ترانس های قدرت را یادآوری می کنیم که جهت حفاظت از آنها استفاده می شود .

**الف : ولتاژ نامی ترانس :** ولتاژی است که بین دو فاز سیم پیچ ها اعمال می گردد این ولتاژ در شبکه توزیع ایران جز در مناطق جنوب ایران 20KV می باشد . در مناطق جنوب ایران این ولتاژ 33KV و در مورد مواردی نیز 11KV است .

**ب : قدرت نامی ترانس :** قدرت نامی ترانس یا  $S_n$  قدرتی است که با اعمال ولتاژ نامی به ترانس و بار کامل به ترانس جریان نامی را تحویل دهد .

**ج : جریان نامی :** چنانچه در بحث مربوط به مدارهای الکتریکی بررسی شده است ولت آمپر ترانس از رابطه :

$$S_N = \sqrt{3} U_n \cdot I_n$$

بدست می آید بنابراین جریان نامی در صورتیکه قدرت ترانس و ولتاژ خط ( ولتاژ ورودی ترانس ) مشخص باشد را می توان محاسبه کرد .

**مثال ۱ :**

جریان نامی ترانس 800KVA با ولتاژ نامی 20KV را بدست آورید .

$$S_N = \sqrt{3} U_n \cdot I_n \iff I_n = \frac{800 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ K}} = 23.1 \text{ A}$$

**مثال ۲ :**

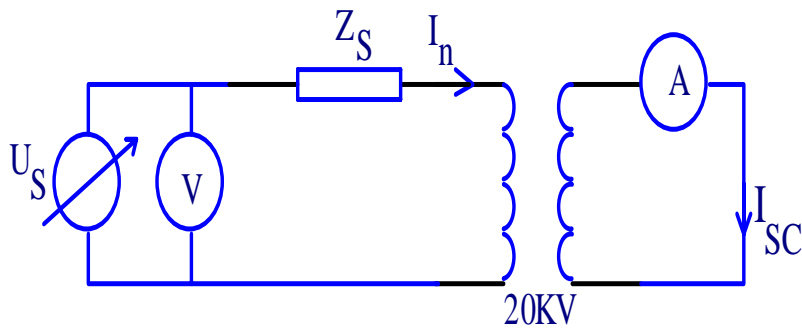
جریان نامی برای یک ترانس 100KVA با ولتاژ نامی 20KV را بدست آورید .

$$S_N = \frac{100 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ K}} = 2.886 \approx 3 \text{ A}$$

چنانچه ملاحظه می شود هر ترانس 20KV ، 100KVA حدود 3A جریان می دهد که در رله گذاری جهت جریان نامی می تواند بکار آید .

**امپدانس ولتاژ نامی  $U_{zn}$  :** جهت رسیدن به تعریف و شناخت دقیق امپدانس ولتاژ نامی به علت اهمیت آن مطالب را بصورت زیر بررسی می کنیم ، با کمک از تئوری مدارهای الکتریکی امپدانس را از طریق ولتاژ باز به جریان اتصال کوتاه بدست می آوریم .

آزمایش : فرض می کنیم ترانس قدرتی در اختیار داریم و خروجی آن را اتصال کوتاه نمائیم و به ورودی یک منبع تغذیه متغیر که بتواند ولتاژ را از صفر اضافه نماید وصل کنیم به شکل زیر :



ح : چنانچه از آزمایش ملاحظه می کنیم با بالا بردن  $U_s$  مقدار آمپر در آمپر متر بالا می رود .  
ولتاژ  $U_s$  را آنقدر بالا ببرید تا جریان آمپر متر به  $I_n$  ترانس برسد

س : با رسیدن به جریان  $I_n$  و بدست آوردن  $U_s$  از طریق ولت متر  $V$  پس از برداشتن اتصال کوتاه ثانویه چه پدیده ای از ترانس را بدست آورده اید .

ج : آنچه بدست می آید امپدانس ورودی ترانس یعنی نسبت  $Z_s = U_s / I_n$  است .

حال که امپدانس ترانس را داریم سطح اتصال کوتاه ترانس را حساب می کنیم .

$$Z_n = \frac{U_s}{I_n} \Rightarrow U_s = Z_n (I_n \text{ جریان نامی } I_n)$$

جریان اتصال کوتاه ترانس را  $I_{sc}$  می نامیم .

$$\frac{U_s}{U_n} = \frac{I_n}{I_{sc}}$$

$$I_{sc} = \frac{I_n \cdot U_n}{U_s}$$

$$I_{sc} = \frac{I_n}{U_s/U_n}$$

$$U_{zn} \% = \frac{U_s}{U_n} \times 100 \quad (1)$$

فرض کنیم می خواهیم در حالتی که ورودی ولتاژ نامی را دارد (  $U_n$  ) در خروجی اتصال کوتاه شود بنابراین جریان اتصال کوتاه در این حالت از فرمول زیر بدست می آید :

$$I_{sc} = \frac{I_n}{\frac{U_s}{U_n} \times 100} \times 100$$

با توجه به تعریف فرمول (1)

$$I_{sc} = \frac{I_n \text{ جریان نامی}}{U_{zn} \%} \times 100$$

چنانچه ملاحظه می کنید دانستن  $U_{zn} \%$  جهت اندازه گیری جریان اتصال کوتاه در ترانس اهمیت بسزایی دارد حال با توجه به موارد بالا امپدانس ولتاژ نامی  $U_{zn}$  را تعریف می کنیم .

**امپدانس ولتاژ نامی  $U_{zn} \%$  :** امپدانسی است که با اتصال کوتاه نمودن خروجی ترانسفورماتور و با اعمال درصدی از ولتاژ نامی از طرف اولیه ترانس جریان عبوری از ترانس به اندازه جریان نامی شود . امپدانس ولتاژ نامی برای ترانسها با قدرت کم  $4/5 \%$  و قدرت زیاد  $6 \%$  می باشد .

برای قدرتهای ۲۵ الی ۲۰۰ کیلو ولت آمپر  $U_{zn} \% = 4/5$   
 برای قدرتهای ۲۵۰ KVA الی ۲۰۰۰ KVA  $U_{zn} \% = 6$

در سایر موارد می بایست روی Name Plate آن نوشته شده باشد .

مثال ۱ : حداکثر جریان اتصال کوتاه را برای ترانس 800KVA بدست می آورید

$$I_{sc} = \frac{I_n}{U_{zn} \%} \times 100$$

$$I_{sc} = \frac{23.1}{6} \times 100 = 385 \text{ A}$$

مثال ۲ : حداکثر جریان اتصال کوتاه را برای ترانس 100KVA بدست آورید

$$I_{sc} = \frac{I_n}{U_{zn} \%} \times 100 = \frac{2/9}{4/5} \times 100 = 64.4 \text{ A}$$

### جریان هجومی ترانس

پدیده دیگری که در رله گذاری روی ترانس می تواند مورد بررسی قرار گیرد جریان هجومی یا Inrush Current می باشد . چون هدف ما فقط رله گذاری است و تئوری این موضوع بسیار مفصل است فقط به نتیجه تئوری در عمل می پردازیم این جریان که به جریان ضربه ای ناشی از وصل نیز در ترانسفورماتورها مشهور است مقدار ماکزیمم شدت جریان ایجاد شده در موقع وصل ترانس می باشد که به دو عامل پسماند مغناطیسی آهن ترانس و ولتاژ شبکه هنگام وصل بستگی دارد . جریان Inrush ترانس علاوه بر بخش AC دارای مقداری DC نیز می گردد که در رله های دیفرانسیل و جریان زیاد از آن جهت تشخیص جریان هجومی می توان استفاده نمود. امروزه از روشهای FFT ( Fast Fourier transform ) و DFT ( Discrete Fourier transform ) نیز جهت شناسایی و فیلتر نمودن جریان هجومی استفاده می شود .

مشکل دیگری که در توزیع به وجود می آید اینست که برای برقرار کردن ترانسهای توزیع کلید سمت 400 ولت بسته است و در هنگام کلید زنی علاوه بر پسماند مغناطیسی آهن ترانس و وضعیت ولتاژ شبکه هنگام کلید زنی ، بارهای Reactive نیز میزان ضربه جریان را بالاتر می برند که بصورت ضربی می بایست در رله آن را منظور نمود .

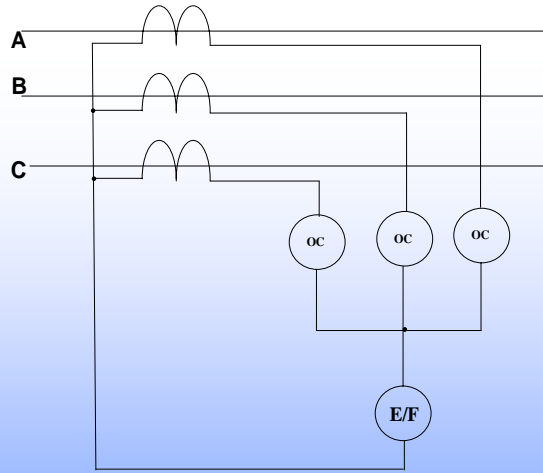
هرچه  $Uzn\%$  ترانس کمتر باشد ( به عبارتی امپدانس ورودی ترانس کمتر باشد ) شدت ضربه برقرار کردن ترانس بالاتر می رود .

سؤال ۱ : با توجه به مطالب عنوان شده و اطلاعاتی که در درس مدارهای الکتریکی دارید پاسخ دهید که جریان ضربه هنگام برقرار کردن ترانس در چه ولتاژی حداکثر است .

سؤال ۲ : با توجه به پاسخی که برای سؤال ۱ بدست آوردید چه راه حلی را جهت مانور شبکه هنگام کلید زنی می توان پیشنهاد نمود . در ضمن هزینه پیشنهاد خود را برآورد نمائید و آن را با هزینه خاموشی ناخواسته در اثر جریان ضربه مقایسه نمائید .

### عدم تعادل بار و جریان زمین unbalance and Earth fault

رله گذاری در توزیع در سمت 20KV انجام می گیرد و با توجه به اینکه شبکه مربوطه بصورت مثلث می باشد لذا جهت حفاظت زمین از ترکیب شکل 6 استفاده می نمائیم . در حقیقت این نوع ترکیب ، حفاظت زمین را هم می تواند شامل شود . ولیکن کلیه جریانهای عدم تعادل فازهای جریان را ( unbalance Current ) می پوشاند .



**EARTH FAULT SETTING IS NOW INDEPENDENT OF  $I_N$  BUT MUST USE 3 OVERCURRENT RELAYS**

1384

جمع جریانی سه فاز بصورت زیر می باشد :

$$I_A \angle 0^\circ + I_B \angle 120^\circ + I_C \angle 240^\circ = \text{Const}$$

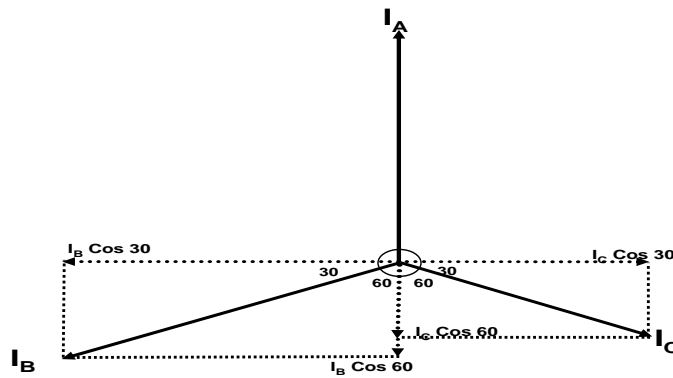
(۲)

در صورتیکه  $I_A = I_B = I_C = I$  باشد

$$I \angle 0^\circ + I \angle 120^\circ + I \angle 240^\circ = 0$$

حال اگر فرض کنیم که زوایای بین جریانهای  $I_A$  و  $I_B$  و  $I_C$  تغییر نکنند ولیکن مقادیر آن عوض شود مقدار عددی فرمول (2) را حساب می کنیم .

به این منظور با استفاده از شکل شماره ۷ مقدار عددی جریان عدم تعادل بار را حساب می شود .



شکل ۷

جمع برداری  $I_C$  و  $I_B$  بر روی محور  $y$  ها عبارت است از :

$$I_B \cos 60^\circ + I_C \cos 60^\circ = (I_B + I_C) \cos 60^\circ = \frac{1}{2} (I_A + I_B)$$

بر روی محور  $y$  ها مقدار کل جریان عبارت است از :

$$I_{TY} = I_A - \frac{1}{2} (I_B + I_C)$$

بر روی محور  $x$  ها

$$I_{TX} = I_C \sin 60^\circ - I_B \sin 60^\circ$$

$$I_{TX} = (I_C - I_B) \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} (I_C - I_B)$$

$$I_T = \sqrt{I_{TX}^2 + I_{TY}^2} = \sqrt{\left[ I_A - \frac{1}{2}(I_B + I_C) \right]^2 + \frac{3}{4}(I_C - I_B)^2}$$

$$I_T = \sqrt{I_A^2 + \frac{1}{4}(I_B + I_C)^2 - I_A(I_B + I_C) + \frac{3}{4}(I_C^2 + I_B^2 - 2I_B I_C)}$$

$$I_T = \sqrt{I_A^2 + \frac{1}{4}I_B^2 + \frac{1}{4}I_C^2 + \frac{1}{2}I_B I_C - I_A I_B - I_A I_C + \frac{3}{4}(I_C^2 + I_B^2) - 3\frac{I_B I_C}{2}} \implies$$

$$I_T = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - I_A I_B - I_B I_C - I_C I_A} \quad (3)$$

می باشد چنانچه ملاحظه می نمائید در صورتیکه زاویه بین فازها تغییر ننماید جریان عدم تعادل بار از فرمول (۳) حساب می شود . معمولاً در اتصالی ها این زوایا ثابت نیستند ولیکن در اتصالی های ارت فالت به علت تغییر زاویه کم این فرمول بصورت تقریبی صحیح می باشد .