

ای نام تو بهترین سر آغاز





حفاظت و رله رله ها دیفرانسیل

مدرس: نبی اله رضانی

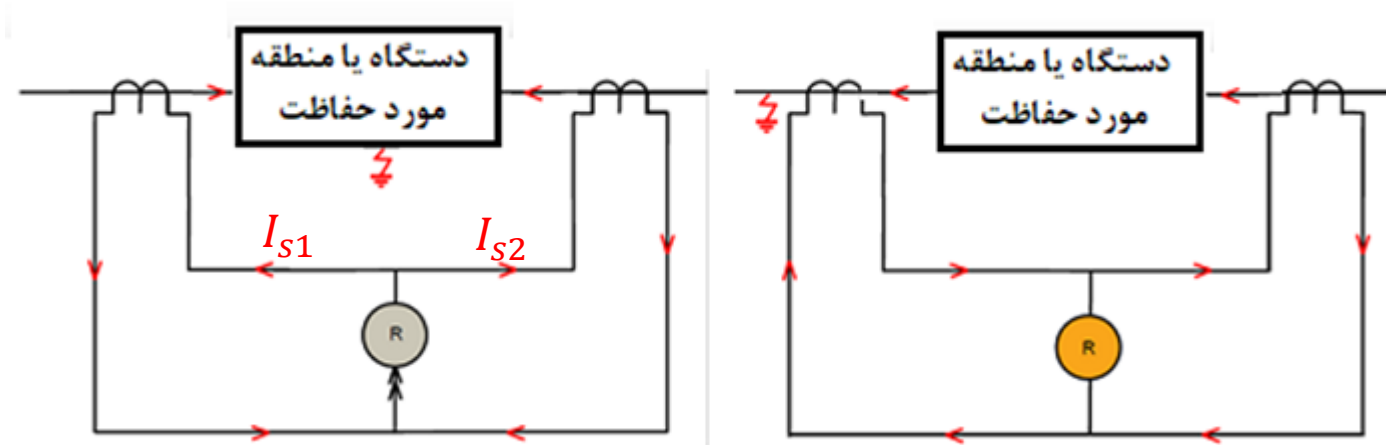


حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection)

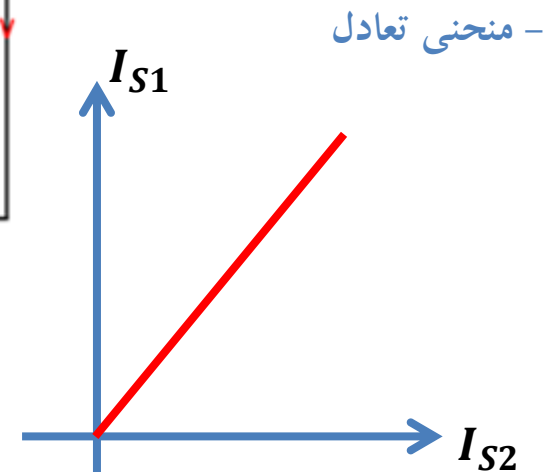
- حفاظت غیر منطقه ای (Non-Unit Protection):
در این حفاظت امکان تغییر محدوده عملکرد رله ها با تغییر تنظیم آن وجود دارد.

- حفاظت منطقه ای (Unit Protection):
در این حفاظت امکان تغییر محدوده عملکرد رله ها با تغییر تنظیم آن وجود ندارد.

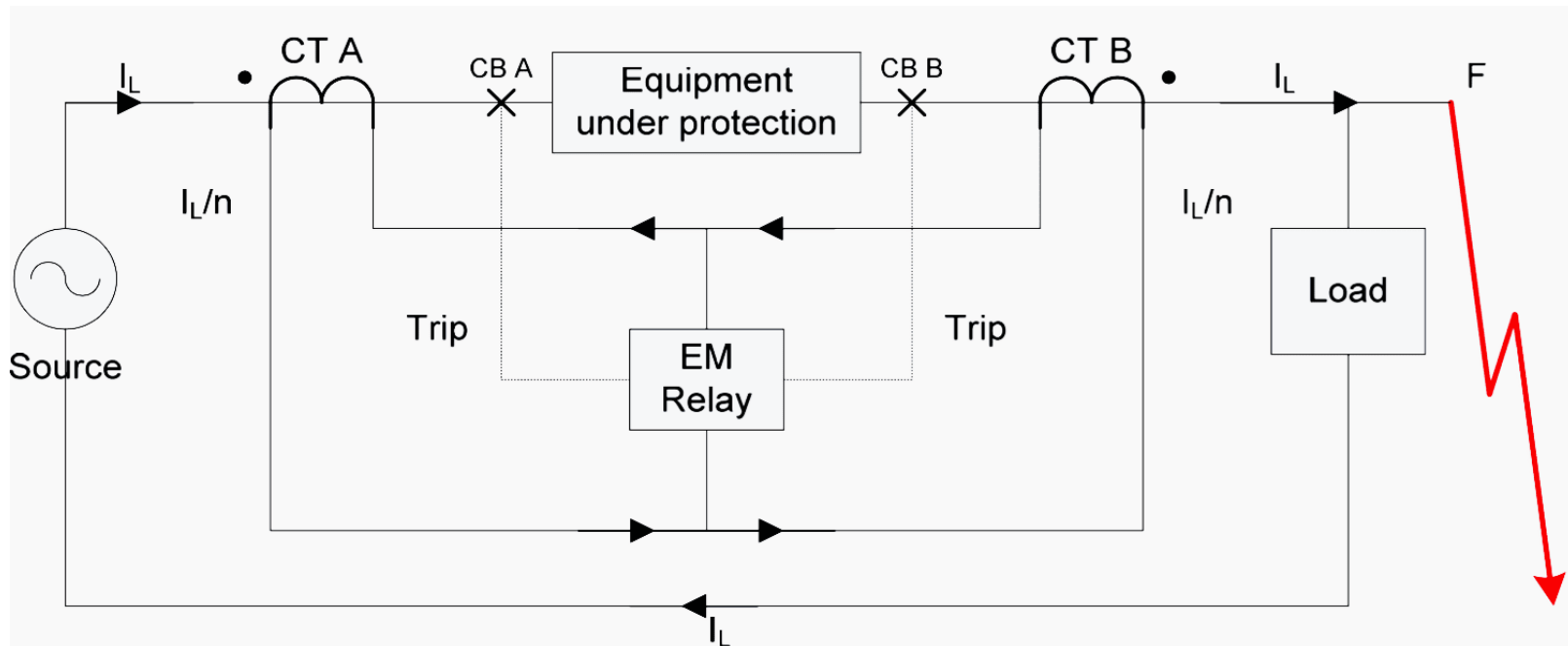
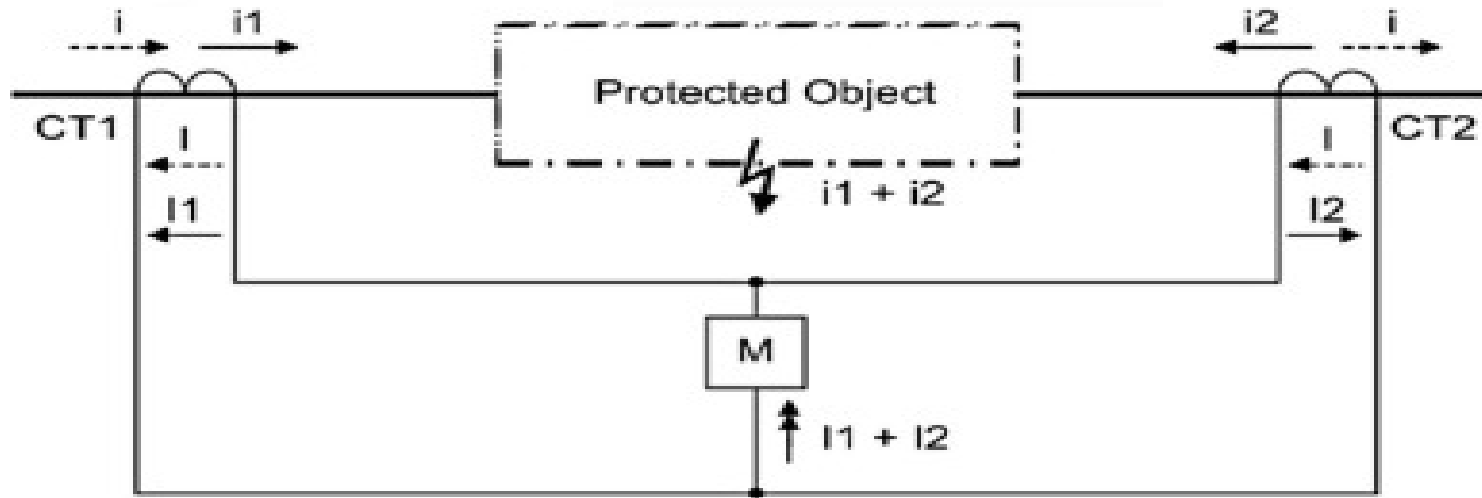
✓ حفاظت دیفرانسیلی: مقایسه جریان های ورودی و خروجی دستگاه مورد حفاظت



if $I_{s1} \neq I_{s2}$ → رله عمل کند.
Else if $I_{s1} = I_{s2}$ → رله عمل نکند.



➤ حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection)





حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection)

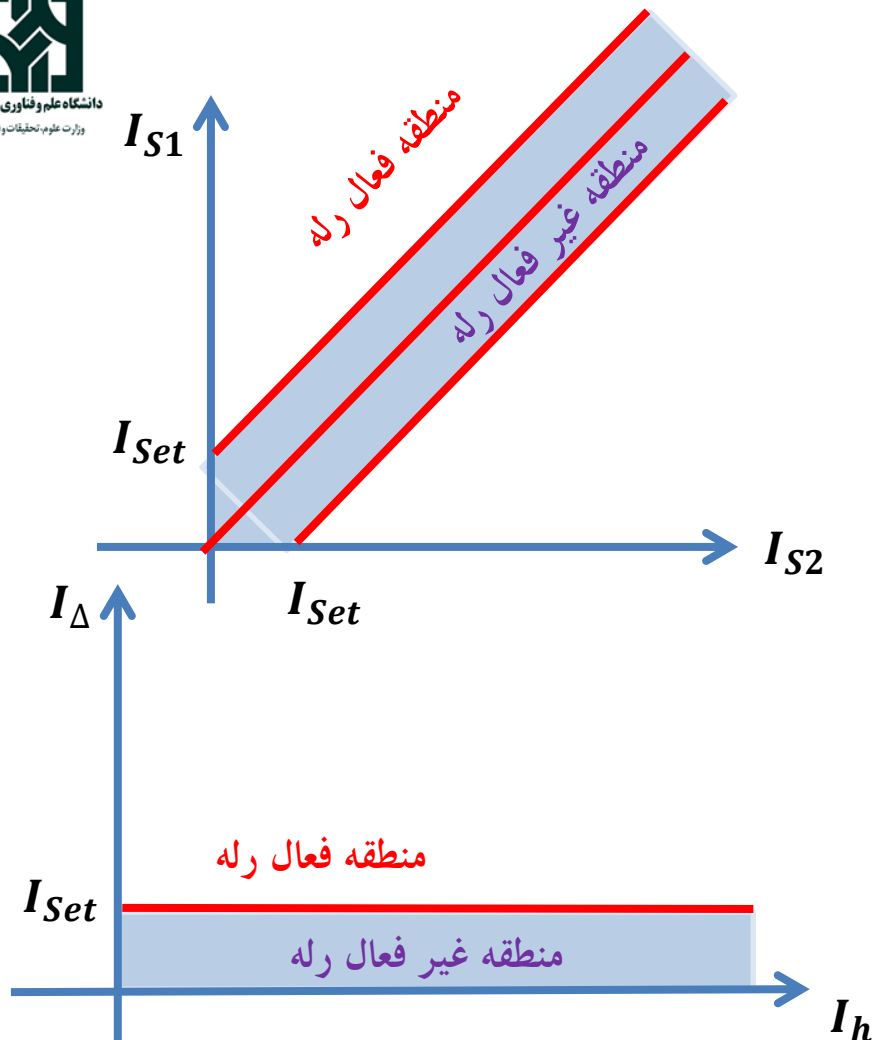
- رله دیفرانسیل معمولی
- عیوب:
بدلیل

- ۱- وجود خطاها در CT ها در شرایط عادی و غیرخطا
- ۲- نرم کردن CT ها

مشخصه دیگر:

- سیم پیچ عملگر $I_{\Delta} = |I_{S1} - I_{S2}|$

- سیم پیچ مقاوم $I_h = \left| \frac{I_{S1} + I_{S2}}{2} \right|$

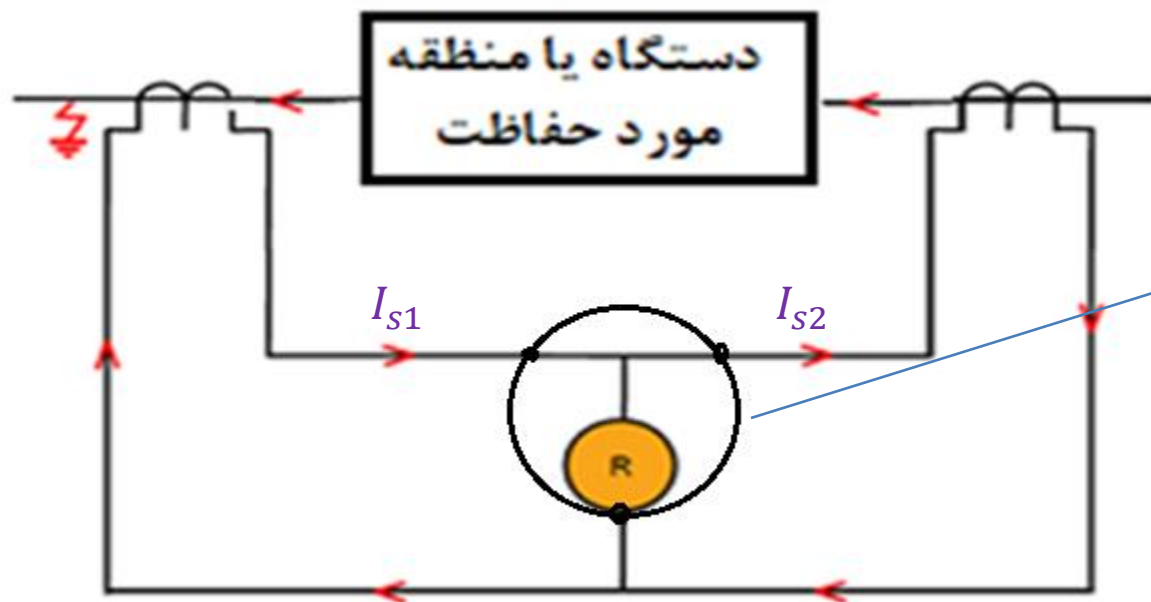


نکته:

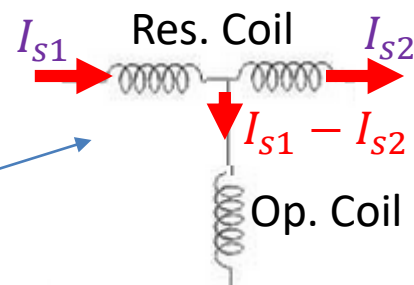
- وجود تپ چنجر در یک طرف ترانسفورماتور قدرت در شرایط عادی و غیرخطا
- خطاهای سنگین خارج از ناحیه حفاظتی باعث عبور جریان کمی از رله‌ها می‌گردد. لذا برای حل مشکل تفاوت‌های کوچک جریان‌های ثانویه (CTها) در شرایط غیرخطای داخلی، از رله دیفرانسیل درصدی استفاده می‌شود.



حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection) ➤



• رله دیفرانسیل درصدی

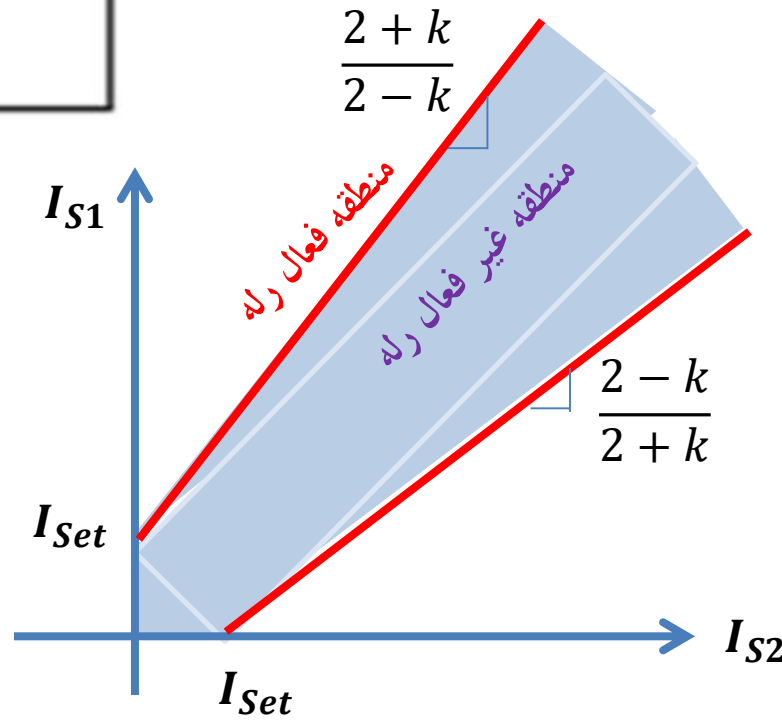


• درصد ضریب بایاس $k = \frac{N_r}{N_o}$

• شرط عملکرد

$$|I_{s1} - I_{s2}|^2 \geq \left(\frac{k}{2}\right)^2 |I_{s1} + I_{s2}|^2$$

➔ $\frac{I_{s1}}{I_{s2}} \geq \frac{2+k}{2-k}, \quad \frac{I_{s2}}{I_{s1}} \leq \frac{2-k}{2+k}$

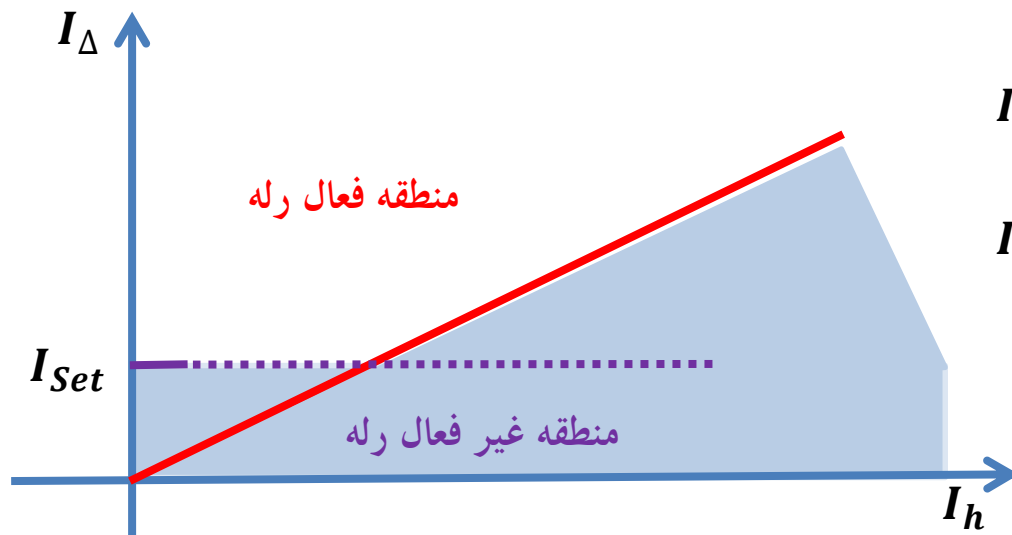




حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection)

• یا رله دیفرانسیل درصدی

$$|I_{S1} - I_{S2}| \geq k \left| \frac{I_{S1} + I_{S2}}{2} \right|$$



$$I_{\Delta} = |I_{S1} - I_{S2}|$$

- سیم پیچ عملگر

$$I_h = \left| \frac{I_{S1} + I_{S2}}{2} \right|$$

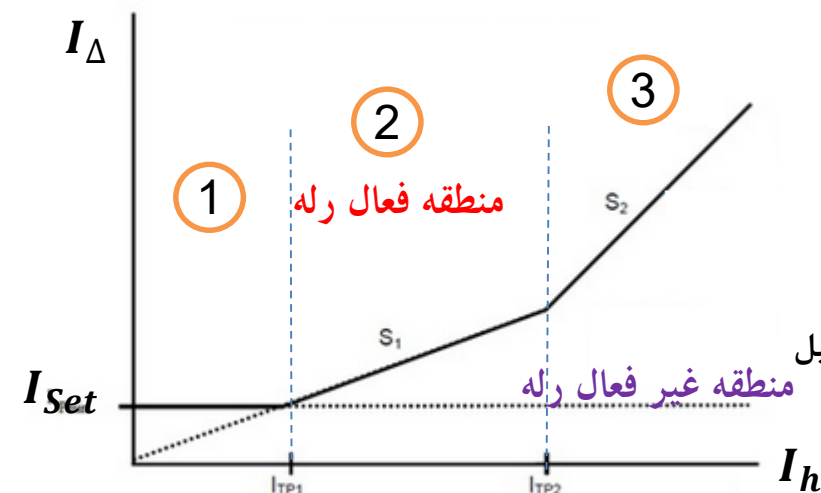
- سیم پیچ مقاوم

مشخصه رله دیفرانسیل درصدی در عمل

1 ناحیه بی باری تا کم باری

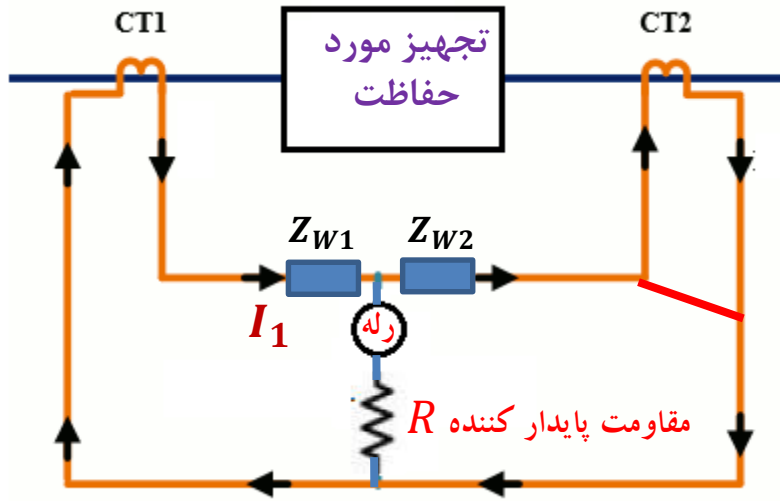
2 این ناحیه از محدوده کم باری تا بارگیری سنگین تجهیز را شامل می گردد. معمولاً دامنه بارگیری سنگین تا دو برابر جریان نامی تجهیز را در برمی گیرد. در این حالت با افزایش بار دامنه خطا در ثانویه در **Normal Operation** افزایش می یابد. جهت جلوگیری از عملکرد ناخواسته رله دیفرانسیل، شیب پیشنهادی بین ۱۵ تا ۳۰٪ برای CT با کلاس حفاظتی مختلف در نظر گرفته می شود.

3 شدت جریان بیشتر از ۲ برابر جریان نامی، ماهیت اتصال کوتاه داشته و در صورت وقوع خطا خارج از زون حفاظتی، خطای CTها نباید منجر به عملکرد رله دیفرانسیل گردد. شیب در این محدوده معمولاً بین ۵۰ تا ۱۰۰٪ توسط سازندگان مختلف پیشنهاد می گردد.



حفاظت دیفرانسیل (Differential Protection)

- یکی از CT ها به اشباع برود:



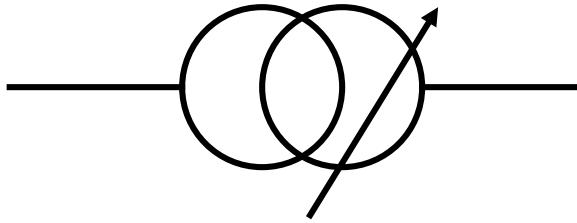
-قبل از قرار گرفتن R

$$I_{relay} = \frac{Z_{W2}}{Z_{Relay} + Z_{W2}} I_1 > I_{set}$$

- بعد از قرار گرفتن R

$$I_{relay} = \frac{Z_{W2}}{(Z_{Relay} + R) + Z_{W2}} I_1 < I_{set}$$

➤ حفاظت ترانسفورماتورها



✓ حفاظت های مورد نیاز:

- ۱- حفاظت در برابر اتصال فازها
- ۲- حفاظت در برابر اتصال بدنه (زمین)
- ۳- حفاظت در برابر اتصال حلقه
- ۴- حفاظت پشتیبان در برابر اتصالی های خارجی

✓ ملاحظات:

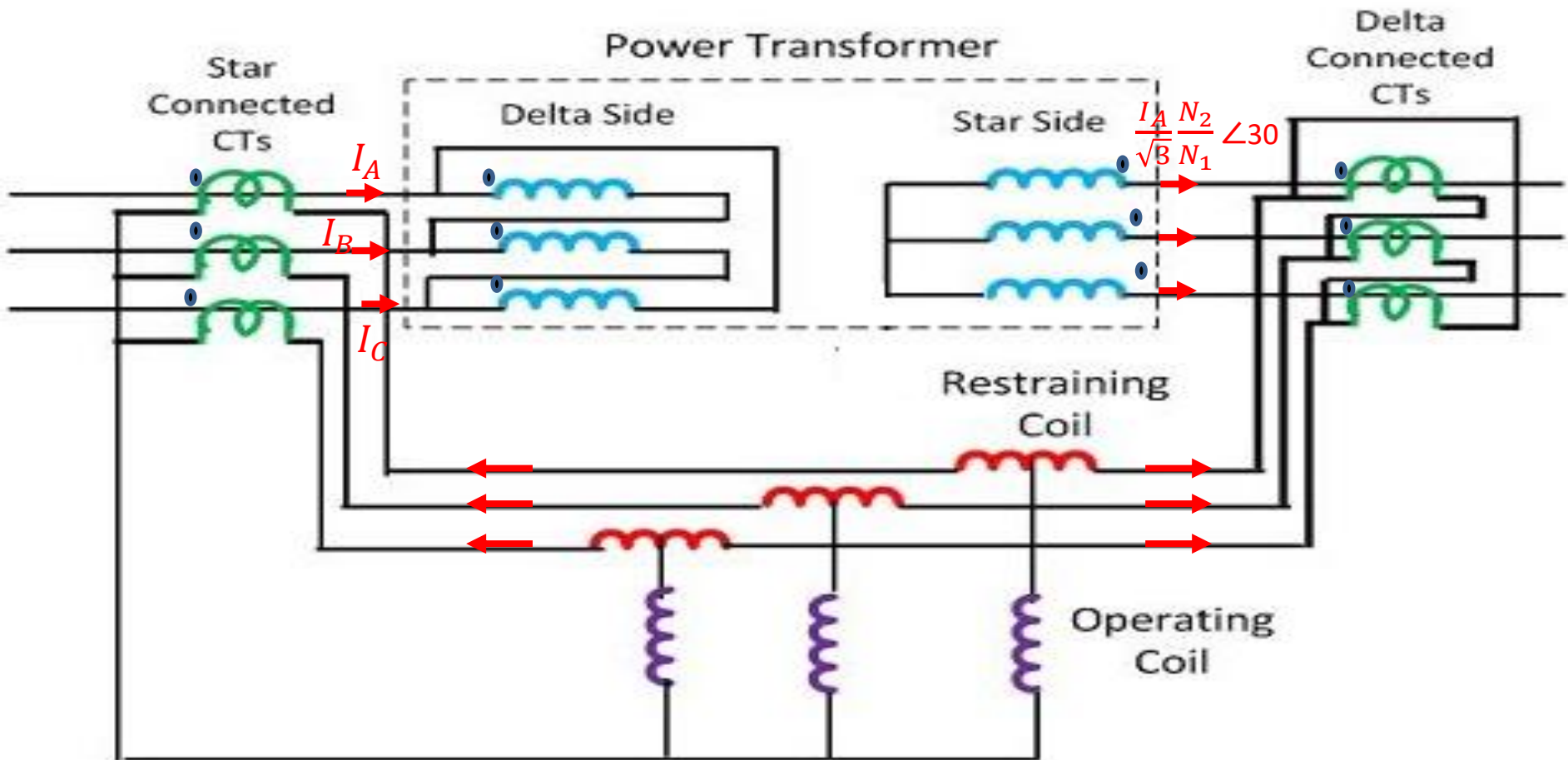
- ۱- نسبت تبدیل و نوع سیم بندی (ستاره-مثلث و گروه ها)
- ۲- تنظیم کننده های ولتاژ (تپ چنجر برای ایجاد ولتاژ مورد نظر)
- ۳- جریان هجومی
- ۴- اضافه ولتاژ

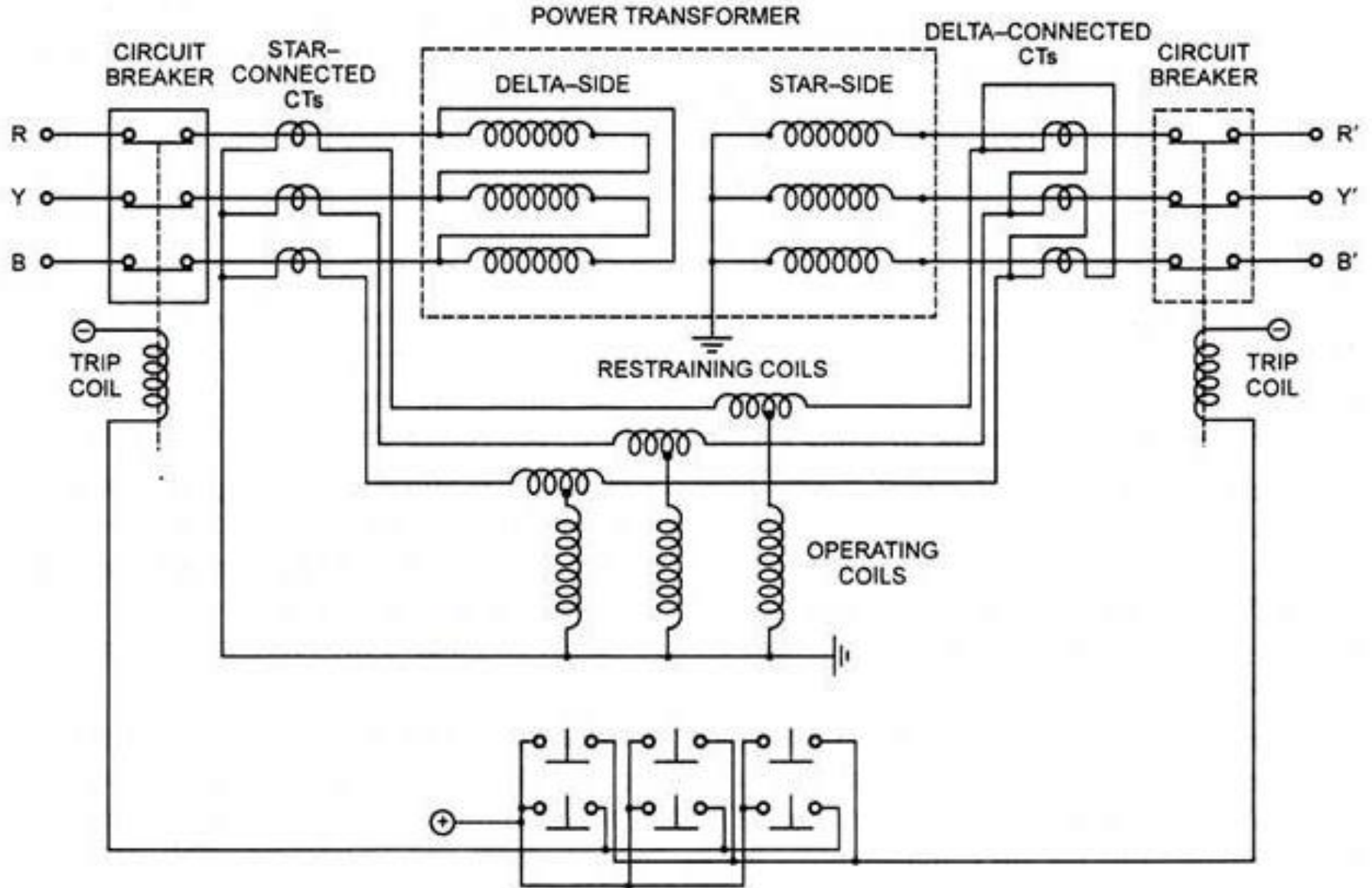
۵- نرم CT ها: (در این حالت $\frac{n_2}{n_1} = \frac{N_1}{N_2}$ برقرار نیست)

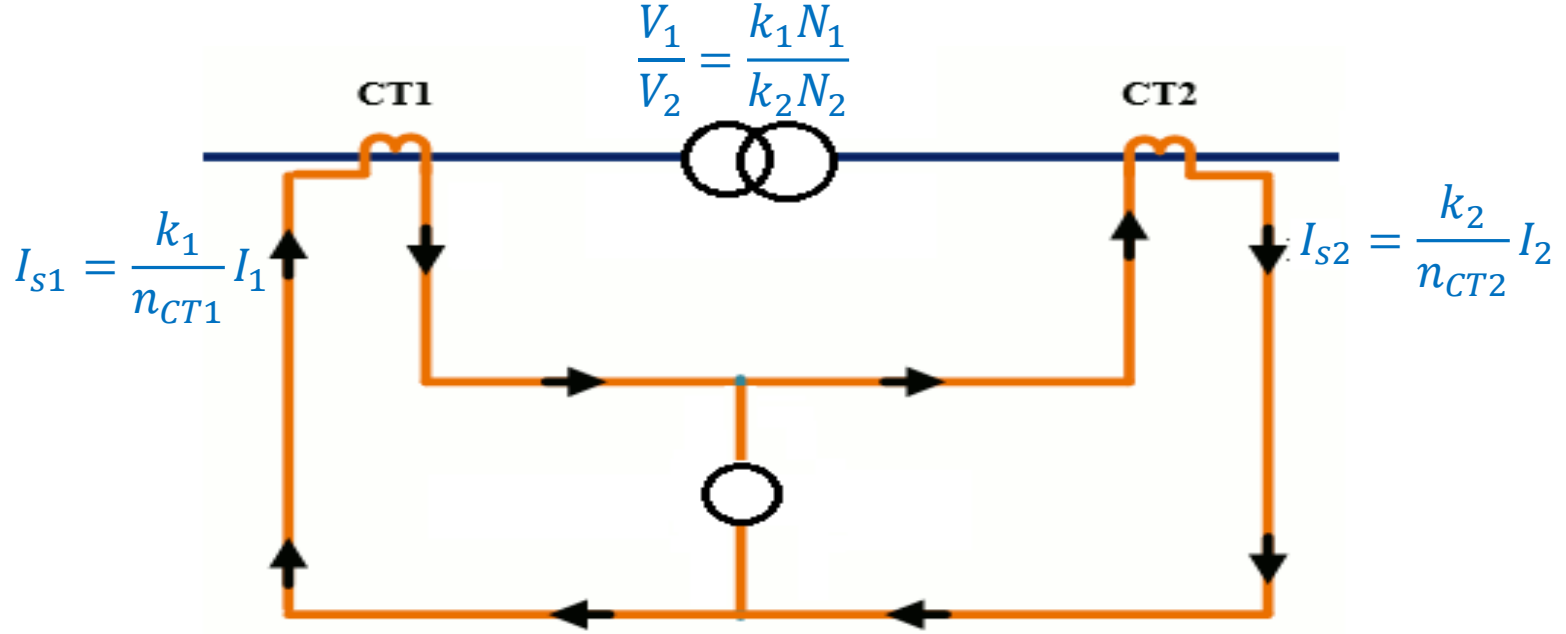
نکته: مشکل نسبت تبدیل $\frac{k_2 N_2}{k_1 N_1}$ است که $k_y = \sqrt{3}$ و $k_\Delta = 1$.

➤ حفاظت ترانسفورماتورها

- اتصال Δ/Y ترانسفورماتورها: (مسائل مربوط به CT ها:
 - رفع مشکل نسبت تبدیل - رفع مشکل چرخش فاز







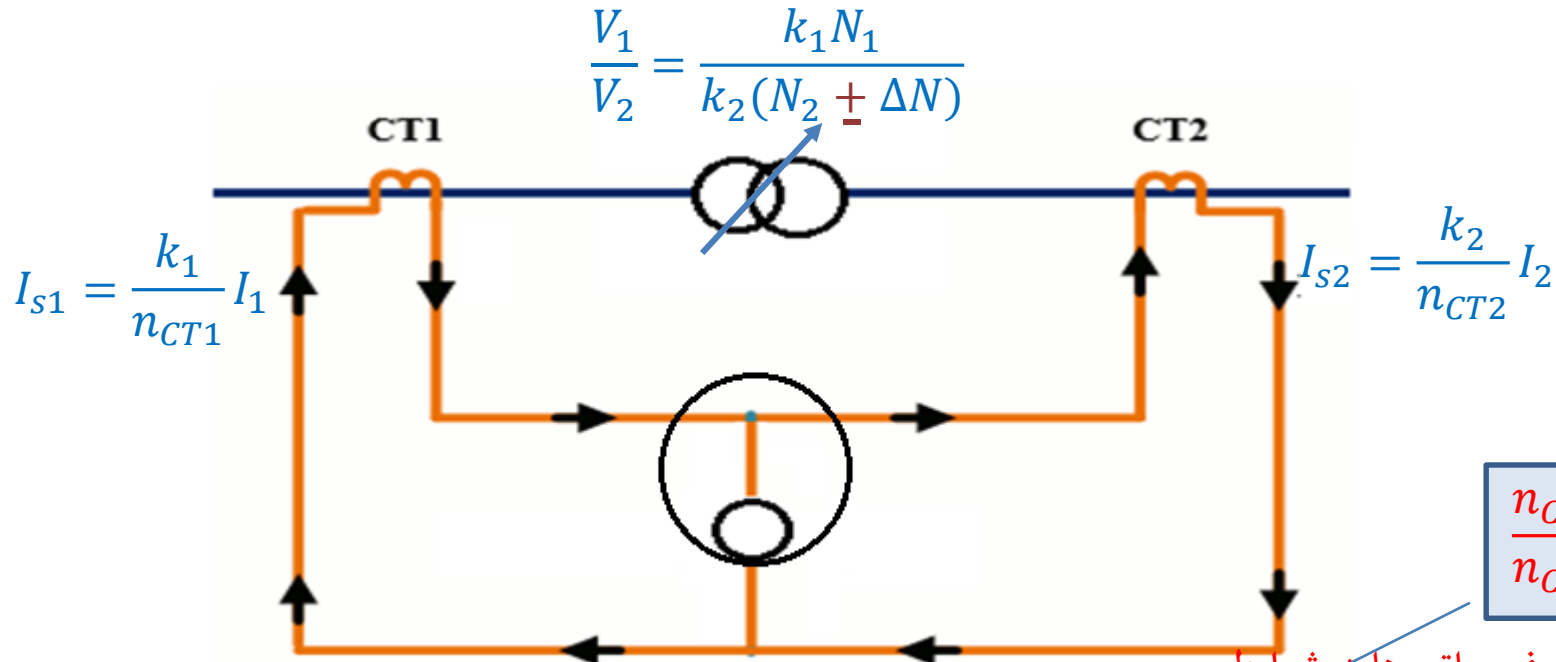
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{k_1 N_1}{k_2 N_2}$$

$$I_{s1} = I_{s2}$$

$$\frac{I_{s2}}{I_{s1}} = \frac{\frac{k_2}{n_{CT2}} I_2}{\frac{k_1}{n_{CT1}} I_1} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} \cdot \frac{k_1 N_1}{k_2 N_2} = 1$$

$$\frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} = \frac{N_2}{N_1}$$

• وجود Tap changer



$$\frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} = \frac{N_2}{N_1}$$

نسبت تبدیل ترانسفورماتورها در شرایط $\text{Tap}=0$ تعیین می شوند

$$\frac{I_{s2}}{I_{s1}} = \frac{\frac{k_2}{n_{CT2}} I_2}{\frac{k_1}{n_{CT1}} I_1} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{n_{CT1}}{n_{CT2}} \cdot \frac{k_1 N_1}{k_2 (N_2 \pm \Delta N)} = \frac{N_2}{(N_2 \pm \Delta N)}$$

• وجود Tap changer

- شرط عمل کردن رله (درصدی)

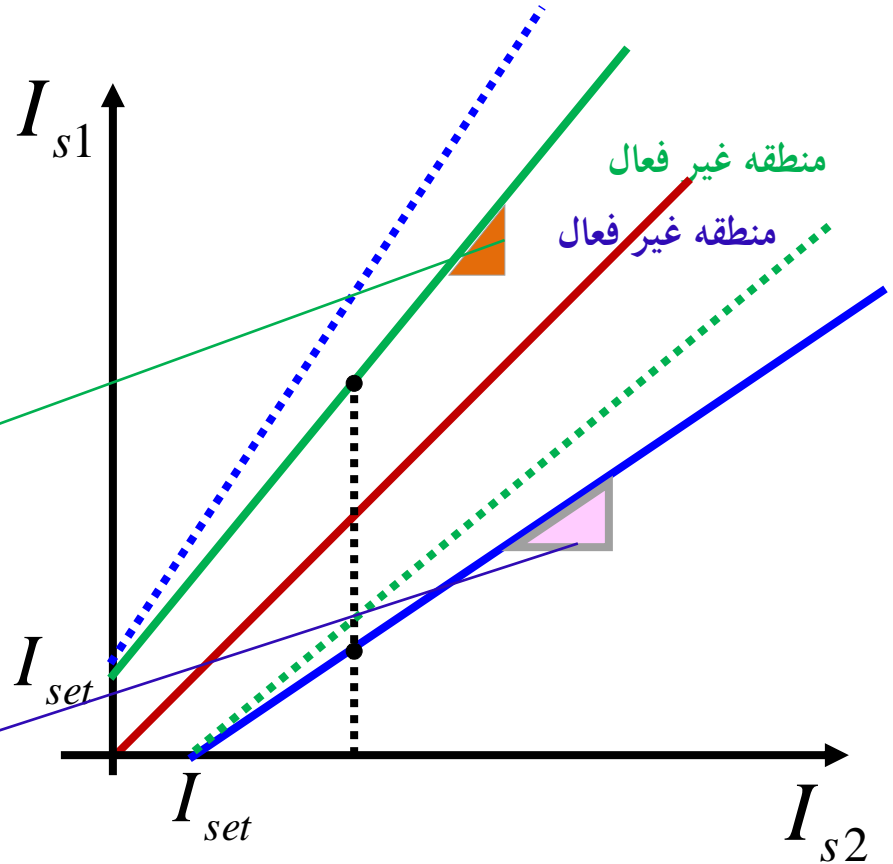
$$\frac{I_{s2}}{I_{s1}} = \frac{N_2}{(N_2 \pm \Delta N)}$$

$$\frac{I_{s1}}{I_{s2}} > \frac{(N_2 + \Delta N)}{N_2}$$

$$\frac{I_{s1}}{I_{s2}} < \frac{(N_2 - \Delta N)}{N_2}$$

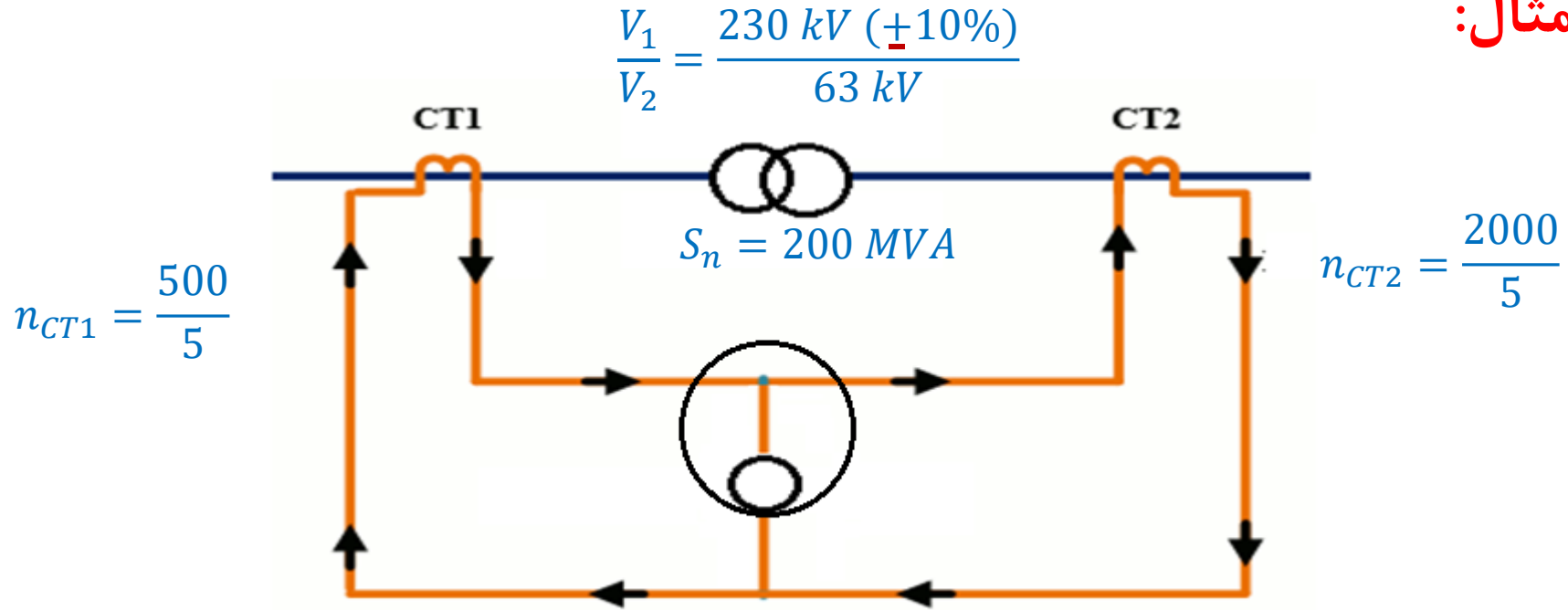
$$\frac{(N_2 + \Delta N)}{N_2} = \frac{2 + k_1}{2 - k_1} \Rightarrow k_1 = \checkmark$$

$$\frac{(N_2 - \Delta N)}{N_2} = \frac{2 - k'_1}{2 + k'_1} \Rightarrow k'_1 = \checkmark$$



• وجود Tap changer

• مثال:



$$I_{np} = \frac{200 \times 10^6}{\sqrt{3}(230000 + 23000)} = \begin{cases} 456.4 \text{ A} & + \\ 502 \text{ A} & 0 \\ 557.8 \text{ A} & - \end{cases}$$

$$\Rightarrow I'_{np} = \begin{cases} 4.56 \text{ A} \\ 5.02 \text{ A} \\ 5.57 \text{ A} \end{cases}$$

$$I_{ns} = \frac{200 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 63000} = 1833 \text{ A}$$

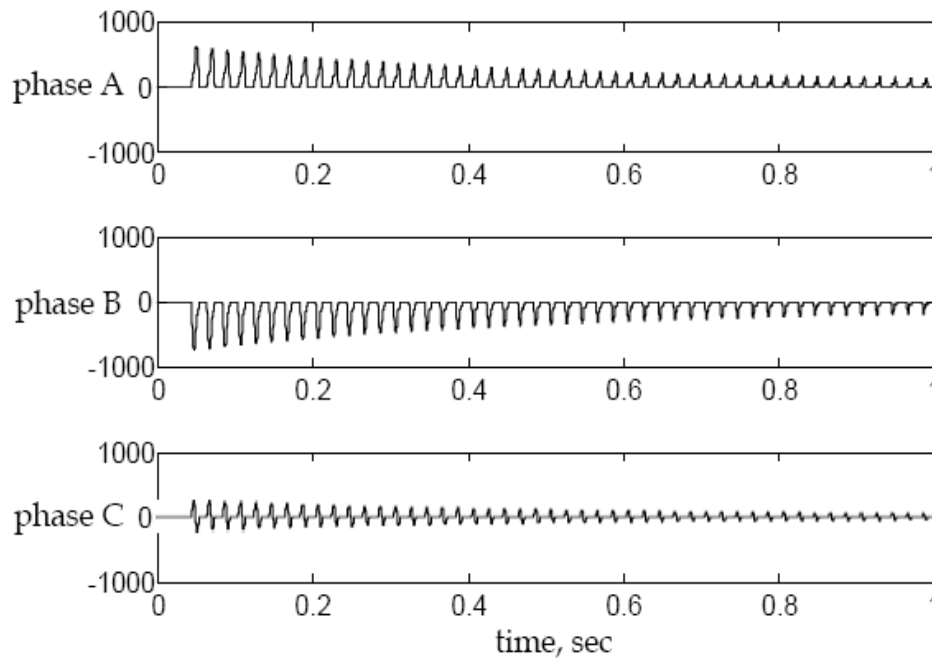
$$\Rightarrow I'_{ns} = 4.58$$

$$\frac{I'_{np}}{I'_{ns}} = \frac{2+k}{2-k} = \frac{5.57}{4.58} \Rightarrow k = \%20$$

حفاظت ترانسفورماتورها

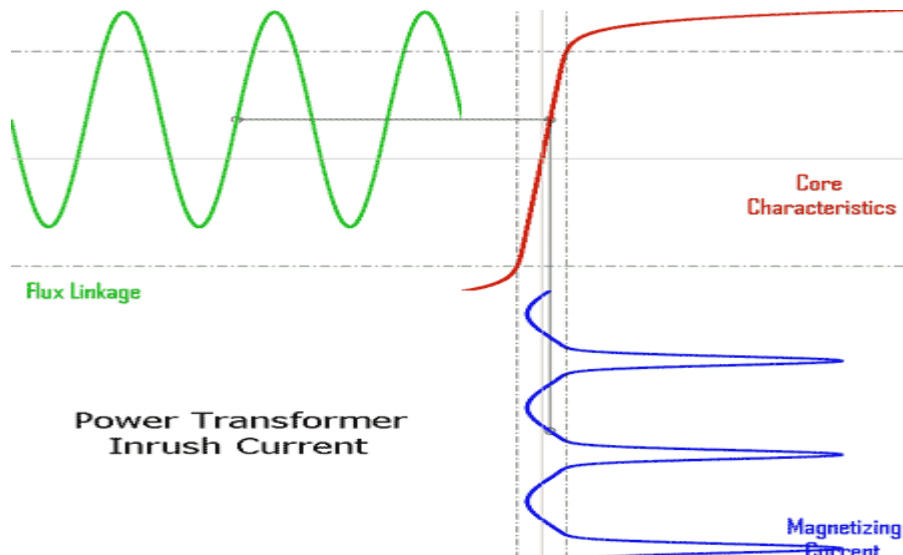
• جریان هجومی

سه فاز



بر هم خوردن رابطه ماندگار شار و ولتاژ

تکفاز



• جریان هجومی

Energizing Inrush

Sympathetic Inrush

۱- برقرار کردن ترانسفورماتور

جریان های ناشی از اثر برقرار شدن یک ترانسفورماتور
در ترانسفورماتورهای موازی دیگر

۲- وقوع اتصال کوتاه

۳- رفع اتصال کوتاه

۴- تغییر نوع اتصال کوتاه

دلایل وقوع

تجربه نشان داده است که موج جریان هجومی حداقل ۲۰٪ هارمونیک دوم دارد (جریان در فرکانس ۱۰۰ هرتز)، درحالیکه این درصد هرگز بالاتر از ۵٪ در زمان رخ دادن خطای جریانی مانند اتصال کوتاه نمی باشد.
وقتی که درصد دومین هارمونیک نسبت به هارمونیک اول بالاتر از ۱۵٪ است که “ $I_2 / I_1 > 15\%$ ” است (جریان در ۵۰ هرتز) حفاظت دیفرانسیل نباید عمل کند.

• راه‌های جلوگیری از عملکرد رله دیفرانسیل در برابر جریان هجومی

۱- تاخیر در عملکرد رله

۲- استفاده از Kick-Fuse

باید به ازای جریان هجومی قطع نکند ولی به ازای جریان اتصال کوتاه قطع شده و از مدار خارج شود.

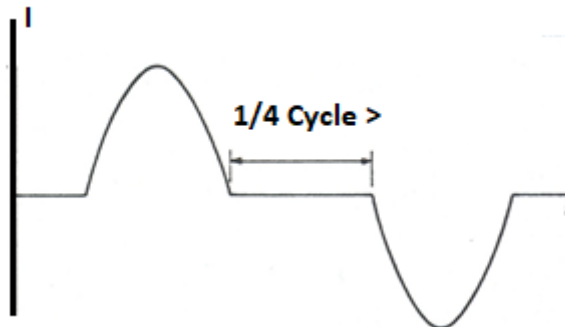
مشکلات:

۱. تعویض فیوز

۲. تاخیر در قطع فیوز و عبور جریان از شبکه تا قطع فیوز)

۳- استفاده از هارمونیک دوم جریان به عنوان سیگنال مقاوم در برابر هارمونیک اول به عنوان سیگنال عملکرد (جریان هجومی دارای هارمونیک دوم است)

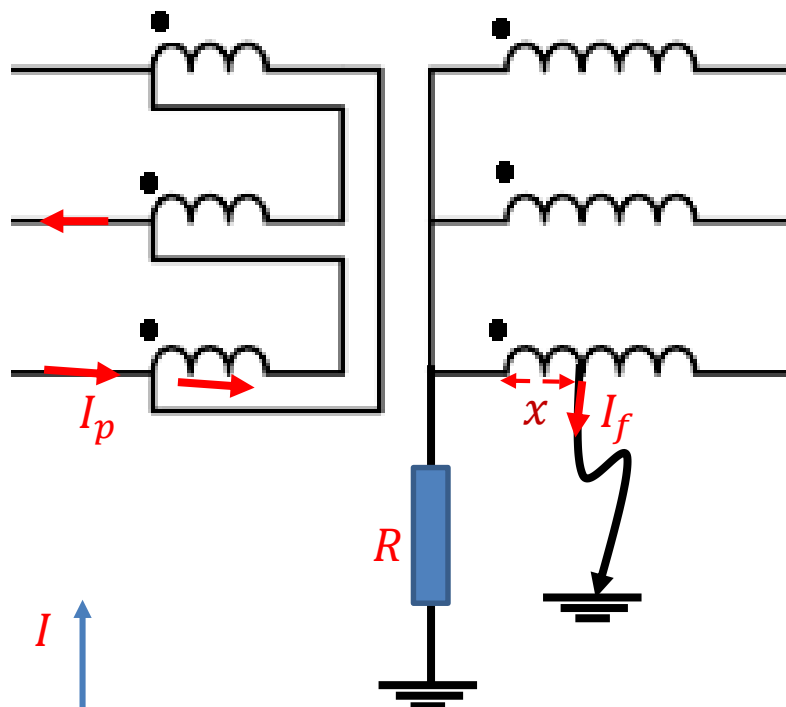
۴- تشخیص صفر طولانی (بیش از $\frac{1}{4}$ سیکل) در جریان



حفاظت ترانسفورماتورها

• اتصال زمین

- هدف: اثبات اینکه اتصال زمین در هر طرف یک ترانسفورماتور بهتر است در همان طرف حفاظت شود.



- اگر دستگاه حفاظتی در ثانویه قرار داده شود.

$$I_f = \frac{x \cdot E}{R}$$

- اگر دستگاه حفاظتی در اولیه قرار داده شود.

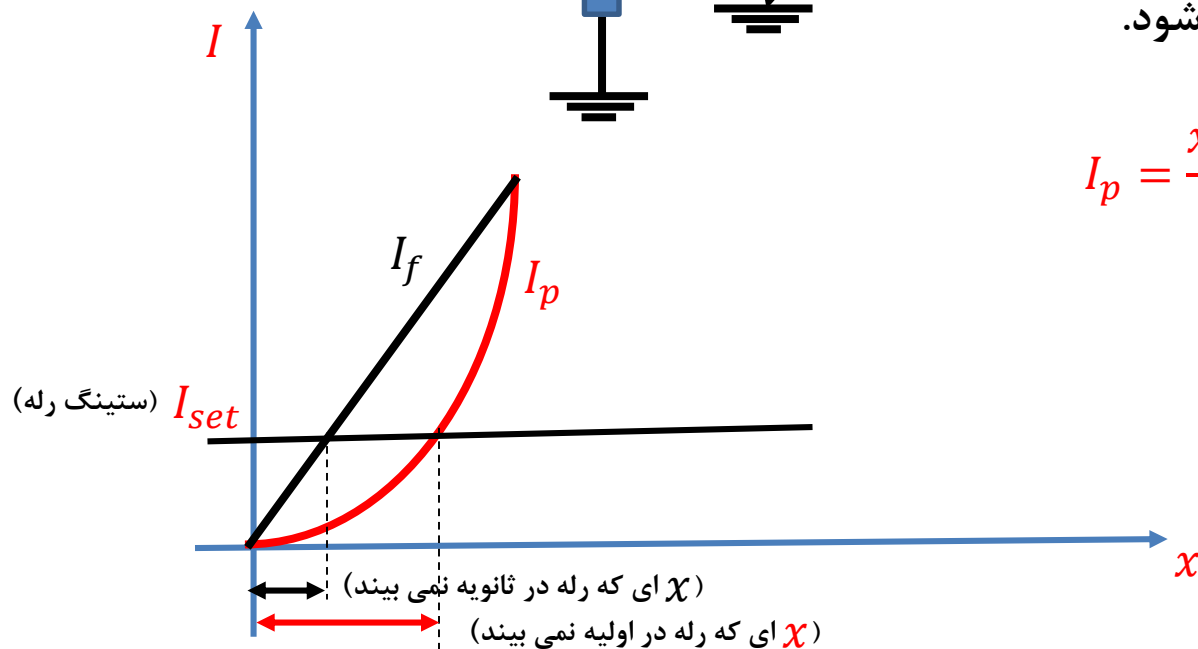
$$I_p = \frac{x \cdot E}{R} \left(\frac{x N_2}{N_1} \right) \sqrt{3}$$

یعنی:

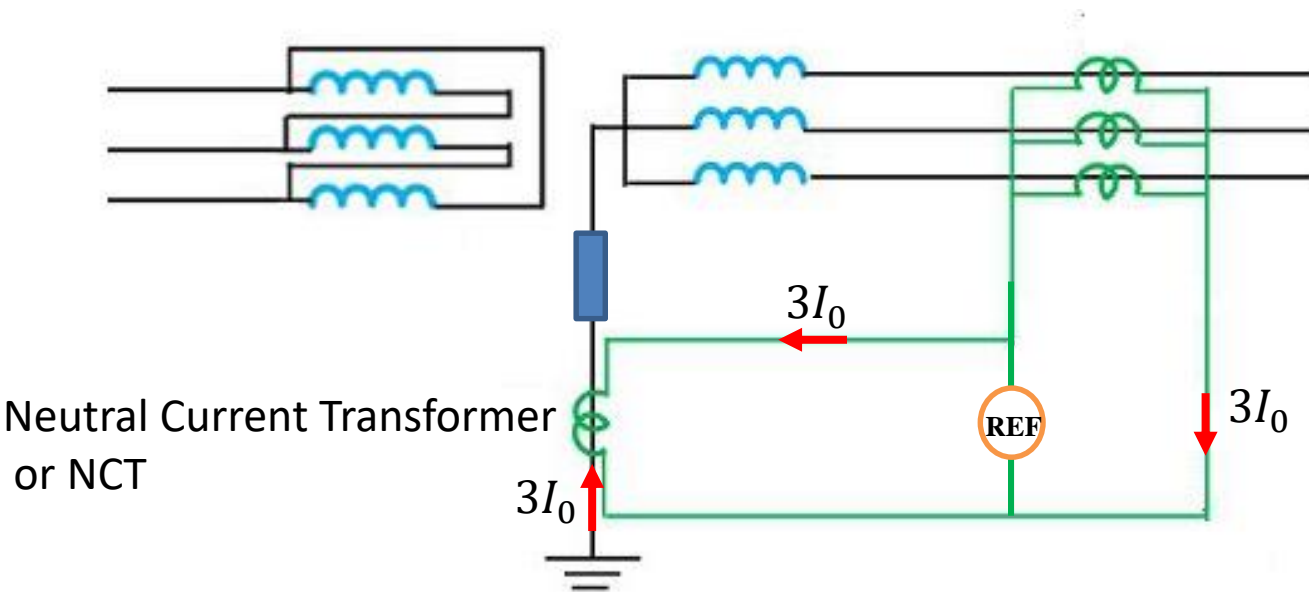
$$I_f \propto x$$

و

$$I_p \propto x^2$$



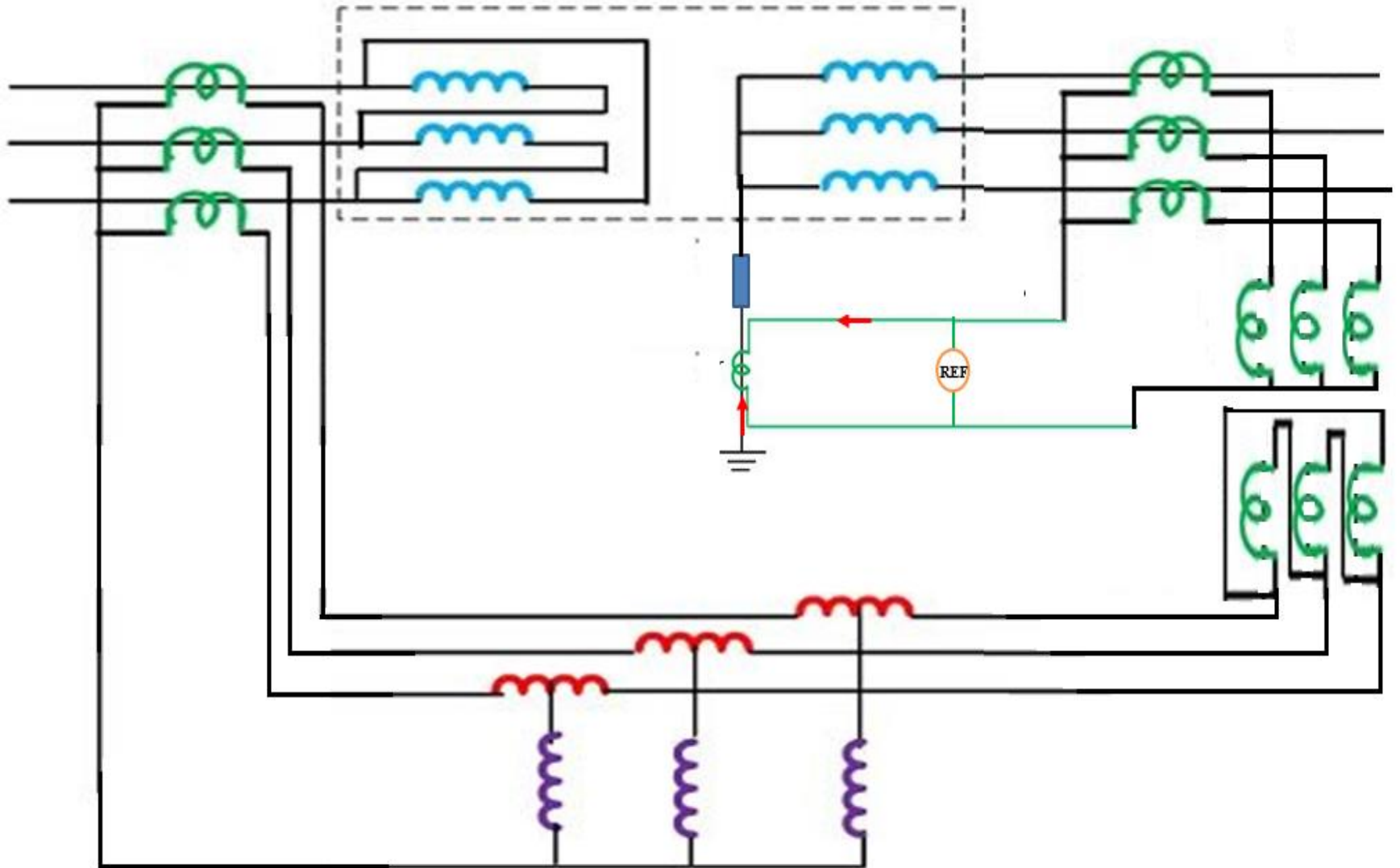
(Restricted Earth Fault) REF •



The earth fault relay must be very sensitive for sensing the fault. The relay is designed for sensing the fault current which is 15% more than that of the rated winding current. Such settings protect a restricted portion of the winding. Hence the name restricted earth fault protection.

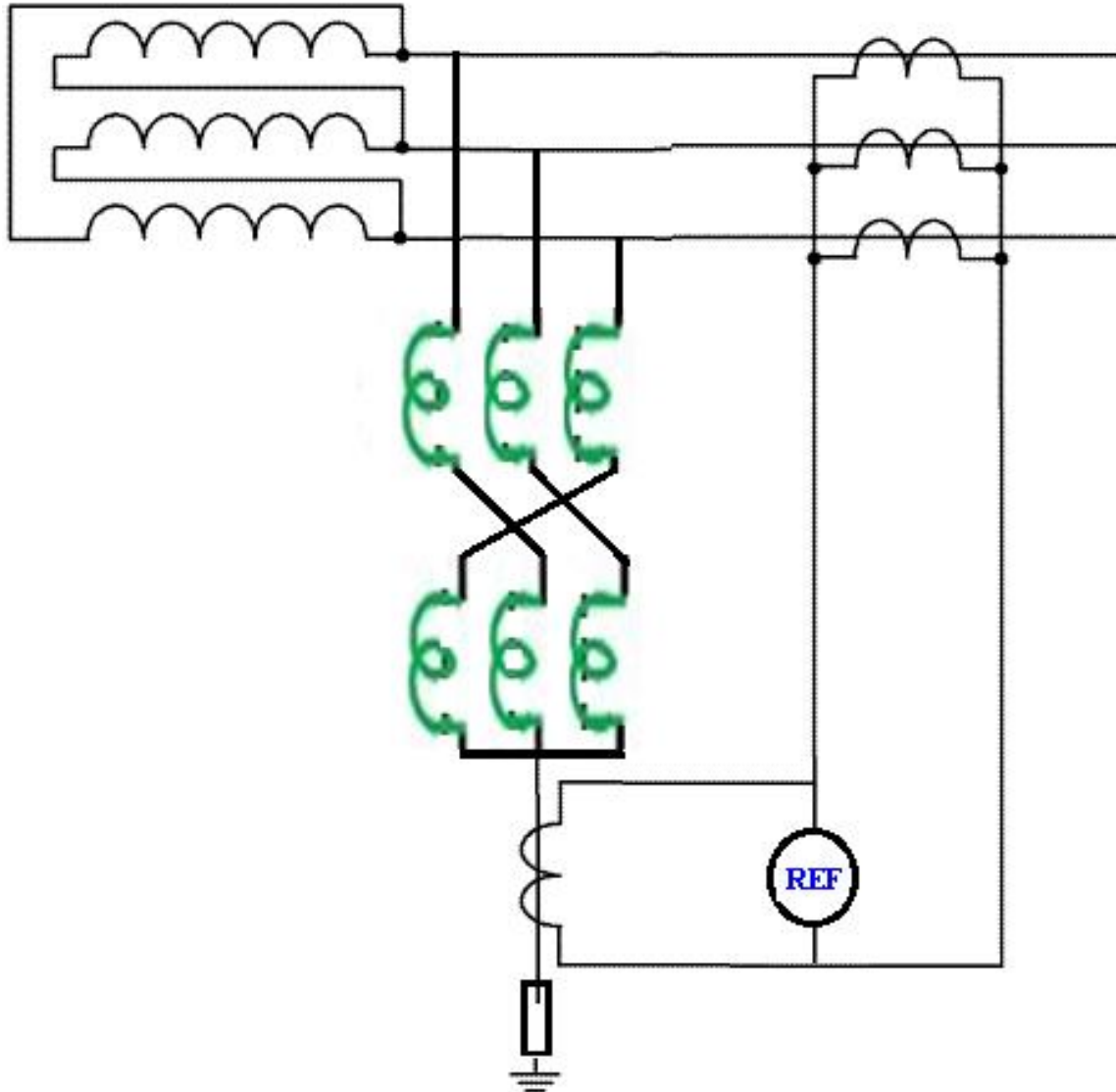
➤ حفاظت ترانسفورماتورها

• حفاظت کلی ترانسفورماتور



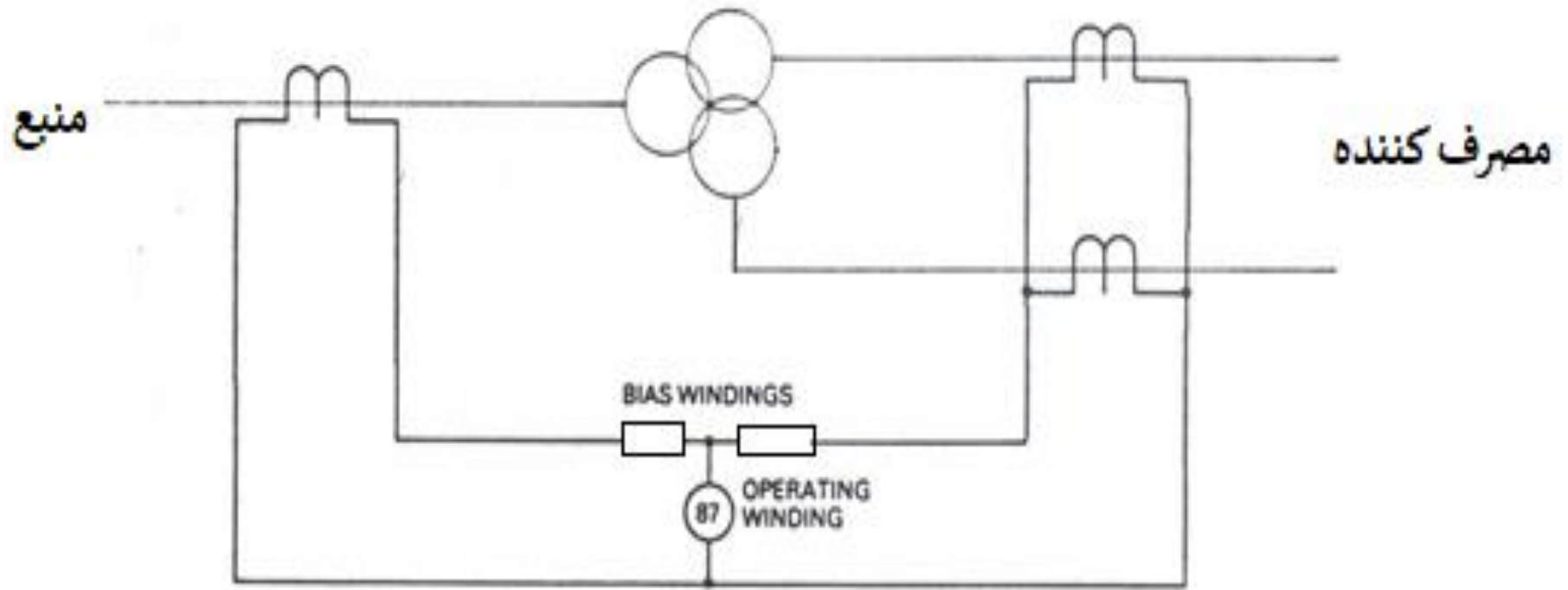
➤ حفاظت ترانسفورماتورها

- اگر ثانویه ترانسفورماتور مثلث باشد.



➤ حفاظت ترانسفورماتورها

• حفاظت ترانسفورماتور سه سیم پیچه



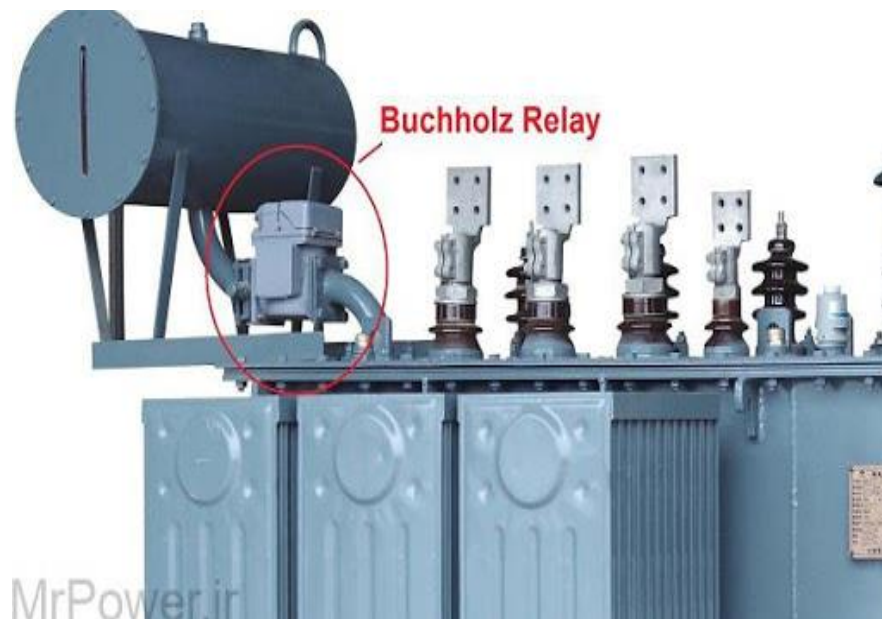


➤ حفاظت ترانسفورماتورها

• رله بوخهلتز (بوخهلتس) (Buchholz Relay)

خطاهایی که به کمک جریان قابل تشخیص نیستند و به تدریج ایجاد خطر می کنند:

- ۱- اتصال حلقه (ضعیف)
- ۲- خرابی عایق پیچهای نگهدارنده هسته و ایجاد حرارت در هسته به دلیل جریانهای گردابی
- ۳- کم شدن روغن
- ۴- چکه کردن روغن از ظرف روغن و یا از لوله های ارتباطی

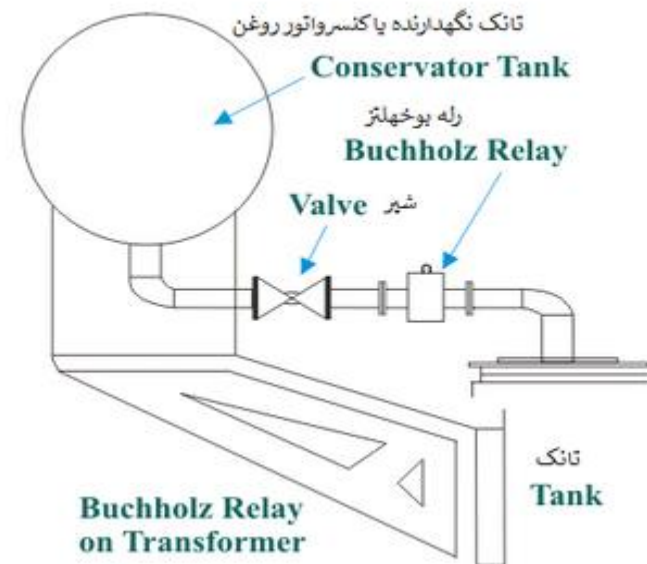
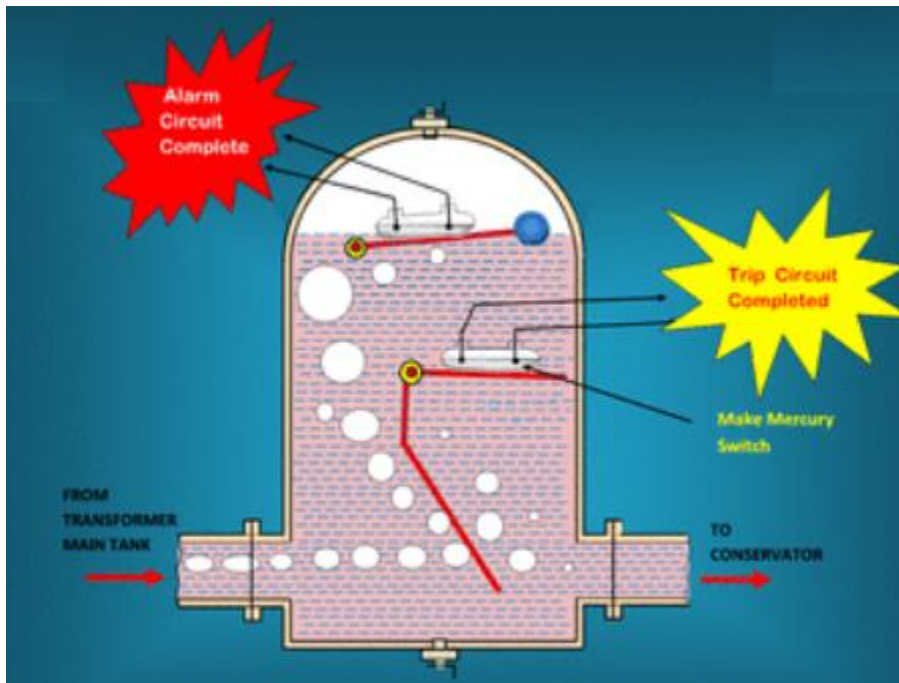


➤ حفاظت ترانسفورماتورها



دانشگاه علم و فناوری مازندران

در خطاهای کوچک، هوا یا گازهای متصاعد شده از روغن (گازهای مختلف هیدروکربن، CO_2 و CO)، وارد لوله رابط بین ترانسفورماتور و منبع ذخیره روغن (ظرف انبساط) شده و به داخل رله بوخهلتس که در یک قسمت از این لوله قرار دارد راه یافته و به طرف قسمت بالای رله که به صورت مخزن گاز درست شده است صعود می کند و در آنجا جمع می شود. گازهای راه یافته به داخل رله بوخهلتس به سطح فوقانی روغن فشار می آورد و باعث پائین آوردن سطح روغن در رله بوخهلتس می گردد. این فشار به شناور بالائی رله، منتقل می شود و آن را به طرف پائین میراند. حرکت شناور باعث بستن و یا باز کردن کنتاکتهائی میشود که جهت دادن فرمان در یک محفظه جیوه ای تعبیه شده است.



➤ حفاظت ترانسفورماتورها

-نمای داخلی رله بوخهلتس



- رله جانسون (Johnson Relay)

رله جانسون یکی دیگر از رله هایی است که در ترانسفورماتور به کار می رود و وظیفه اصلی آن حفاظت از تپ چنجر است (تفاوت آن با بوخهلتز آن است که مرحله آلارم ندارد یعنی فقط مرحله قطع دارد).





➤ حفاظت ترانسفورماتورها

حفاظت پشتیبان:

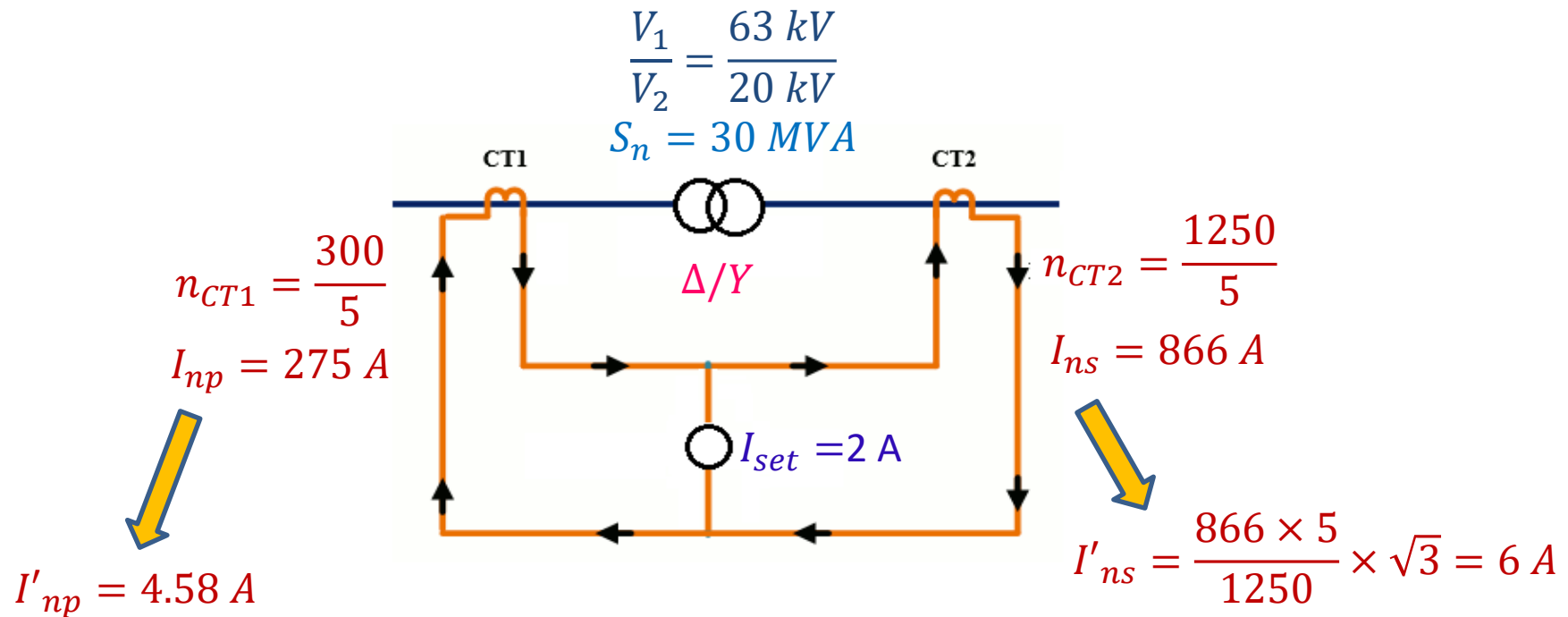
۱- فیوز (در ترانسفورماتورهای توزیع)

۲- رله های جریان زیاد

۳- رله های اتصال زمین (مشروط بر انتقال جریان توالی
صفر از طرف دیگر)

Fault + Overload protection ← Rough Balance Scheme

حفاظت دیفرانسیل



۴۰٪ اضافه بار مجاز است.

➤ حفاظت ترانسفورماتورها

- حفاظت اضافه شار ➡ بدلیل اضافه ولتاژ و کاهش فرکانس رخ می دهد.

این خطا در ترانسفورماتور، به معنای افزایش شار مغناطیسی هسته است. این افزایش شار باعث افزایش جریان مغناطیس کننده ترانسفورماتور، I_m شده که در نتیجه موجب افزایش درجه حرارت هسته و احتمال ایجاد خسارت به عایق هسته می شود. لذا یک رله برای مساله نیاز است.

$$E = -n \frac{d\varphi}{dt} , \quad \varphi = \varphi_{max} \sin \omega t \rightarrow E = -n \varphi_{max} \omega \cos \omega t = -2\pi n f \varphi_{max} \cos \omega t$$

و

$$E \cong f \cdot \varphi \Rightarrow \varphi \cong \frac{E}{f}$$

این رله می تواند بر اساس عامل $\frac{V_n}{I_n}$ عمل کند. این ضریب در ترانسفورماتورها برابر ۱/۱ برای کار دائم تعریف شده است زیرا ده درصد اضافه ولتاژ محتمل است. از همین رو این رله ها به حاصل تقسیم ولتاژ بر فرکانس به گونه ای حساس طراحی می شوند تا با تجاوز شار از حد معینی، ادامه روال ایجاد شده میسر نباشد. البته در این حفاظت، نیازی به عملکرد سریع نداشته و قطع آنی مورد نظر نخواهد بود. در صورتیکه این ضریب از ۱/۱ بزرگتر باشد مدت زمان تحت ولتاژ بودن ترانسفورماتور بقرار زیر است:

1.4	1.3	1.25	1.2	1.1	$V/f / V_n / I_n$
0	0.5	1	2	ثابت	دوره زمانی مجاز (دقیق)



با آرزوی سلامتی، بهروزی و موفقیت