



حفاظت دیفرانسیل

حفاظت ترانسفورماتور:

فیوز، رله اضافه جریان، رله دیفرانسیل، رله حساس به فشار، اندازه گیری درجه حرارت سیم پیچی ها و آنالیز شیمیایی گازهای بالای روغن عایق ترانسفورماتور و مونیتورینگ

عوامل موثر در انتخاب نوع حفاظت:

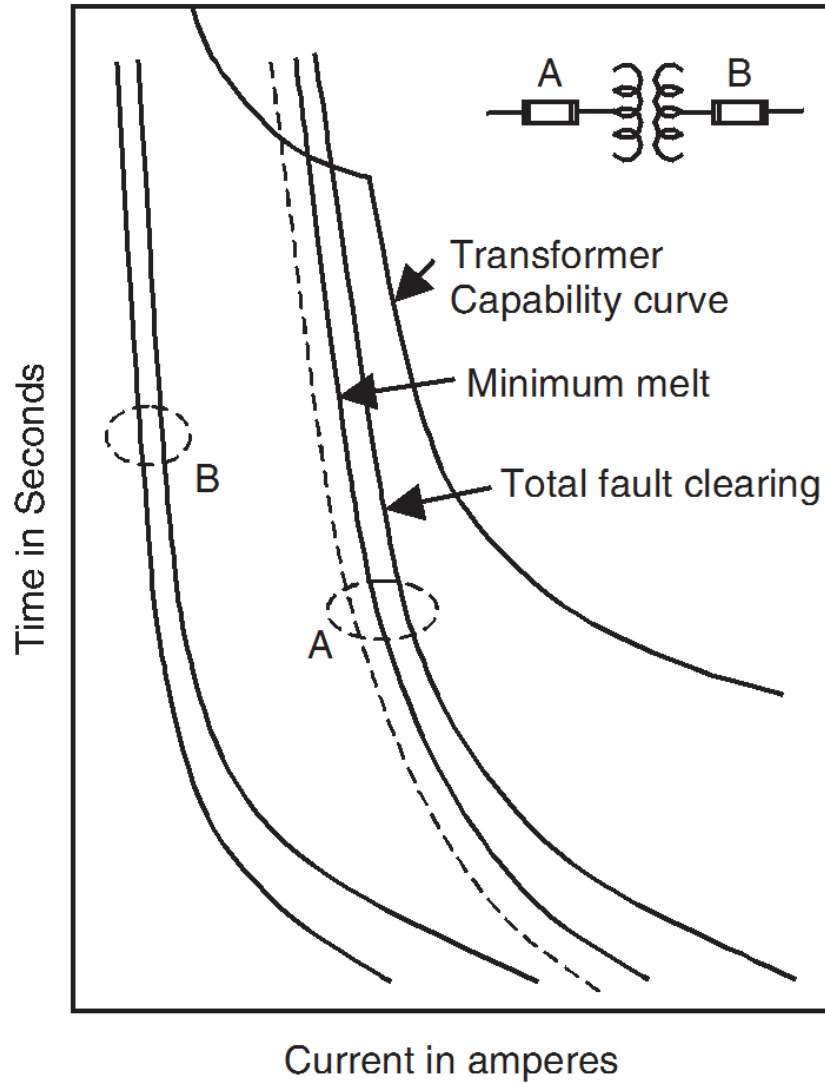
ابعاد ترانسفورماتور
محل نصب و کاربرد
سطح ولتاژ
نوع اتصال و طراحی

حفاظت دیفرانسیل

حفاظت اضافه جریان:

• حفاظت با فیوز

اصول هماهنگی حفاظت ترانس با فیوز



حفاظت دیفرانسیل

• حفاظت اضافه جریان با تاخیر زمانی

حفاظت در مقابل اضافه بار بیش از حد و در مقابل خطاهای بیرونی ترانسفورماتور بوسیله رله اضافه جریان با تاخیر زمانی فراهم می گردد. تنظیم پیک آپ رله معمولاً در حدود ۱۱۵٪ ماکزیمم اضافه بار قابل قبول است.

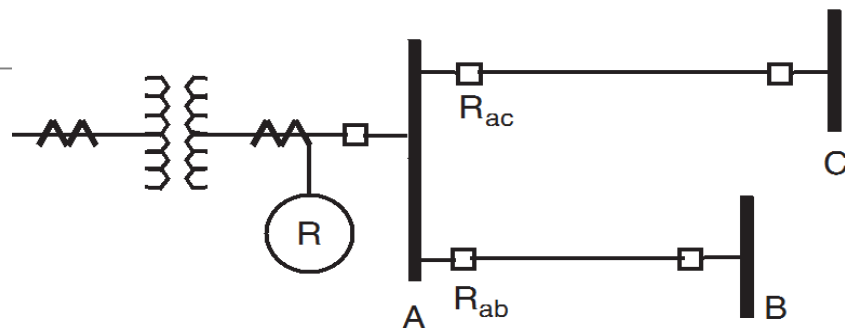
مثال:

یک ترانسفورماتور دارای قدرت نامی **2.5MVA** و ولتاژ اولیه **13.8KV** و ثانویه **2.4KV** است. بنابراین جریان بار برای اولیه **104.6A** و برای ثانویه **600A** خواهد بود. فرض کنیم ظرفیت اضافه بار **1.2PU** یا **720A** در سیم پیچی ثانویه باشد. نسبت دور **CT** طوری انتخاب می شود که وقتی جریان ثانویه **600A** است نزدیک به **5A** در اولیه **CT** تولید شود به عبارت دیگر نسبت **CT** باید **600:5** یا **120:1** باشد. پیک آپ رله می بایست در ۱۱۵٪ از **720A** یا **828A** تنظیم گردد که در اینصورت:

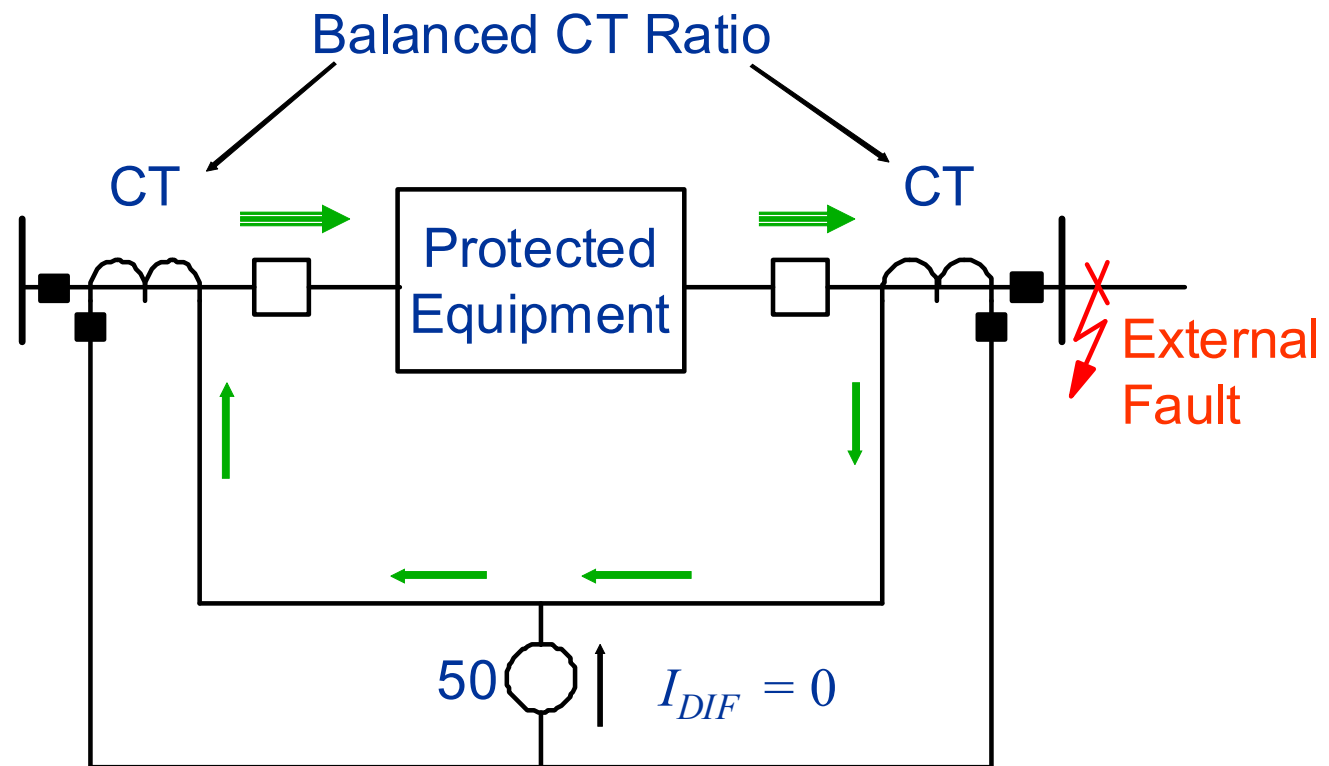
$$828/120 = 6.9$$

نزدیکترین تپ یعنی **7** آمپر انتخاب می شود.

زمانی که برای عملکرد رله در نظر گرفته می شود می بایست با رله های اضافه جریان **Rab** و **Rac** که برای حفاظت فیوز در سمت **LV** بکار رفته اند هماهنگ باشد.

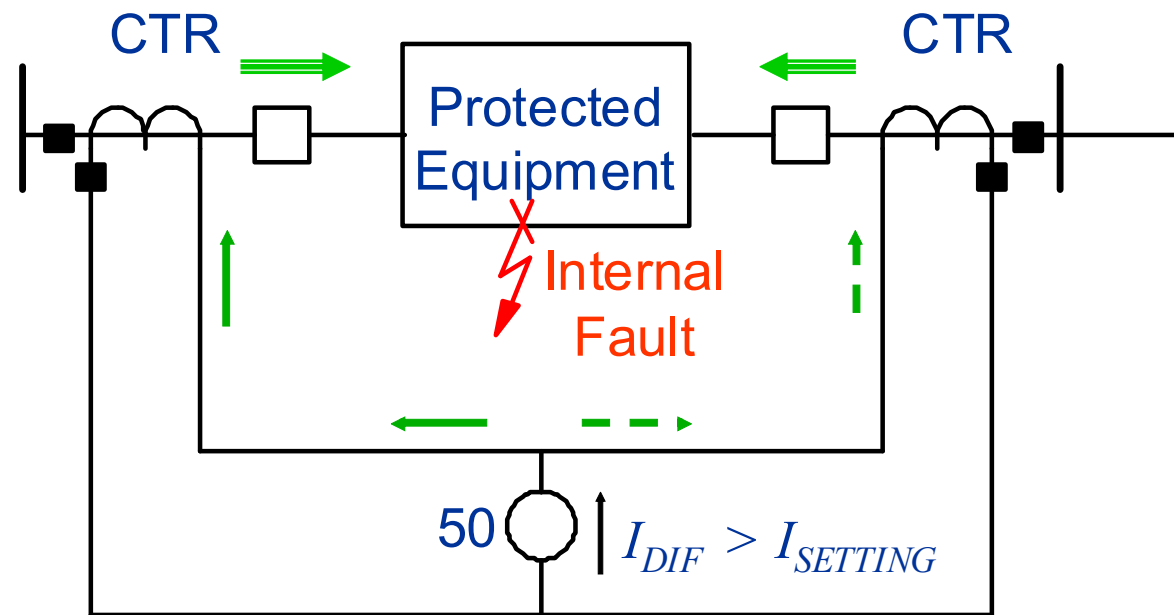


Differential Protection Principle



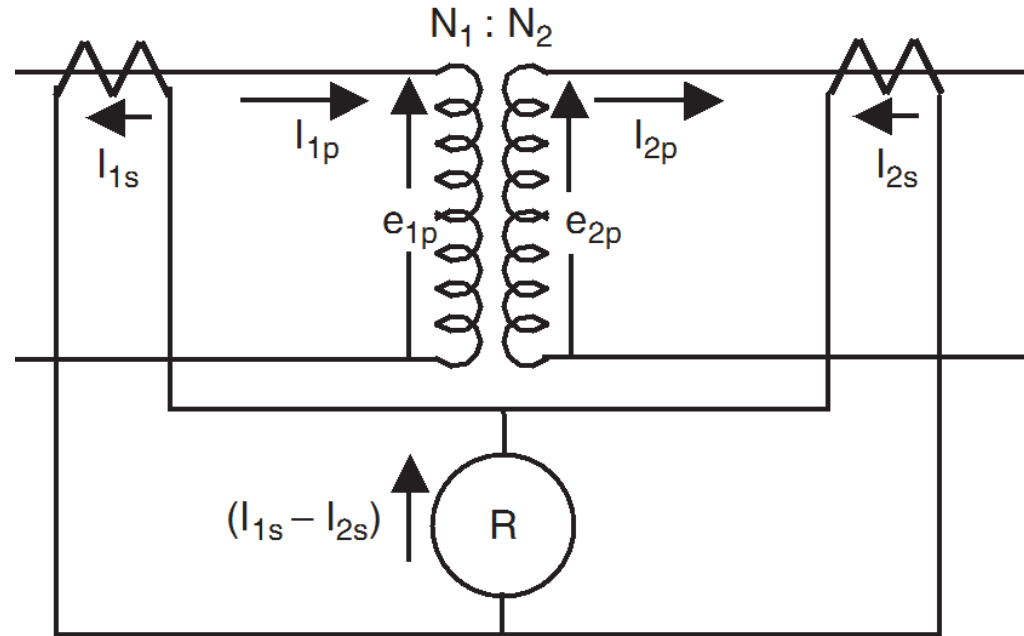
No Relay Operation if CTs Are Considered Ideal

Differential Protection Principle



Relay Operates

حفاظت دیفرانسیل



$$N_1 i_{1p} = N_2 i_{2p} \Rightarrow N_1 n_1 i_{1s} = N_2 n_2 i_{2s}$$

$$\text{اگر } N_1 n_1 = N_2 n_2 \Rightarrow i_{1s} = i_{2s}$$

جریان تفاضلی برابر است با:

$$i_d = i_{1s} - i_{2s}$$

عوامل ایجاد جریان تفاضلی کوچکی تحت شرایط نرمال:

(۱) عدم وجود **CT** با نسبت دور استاندارد برای برقراری رابطه $N_1 n_1 = N_2 n_2$

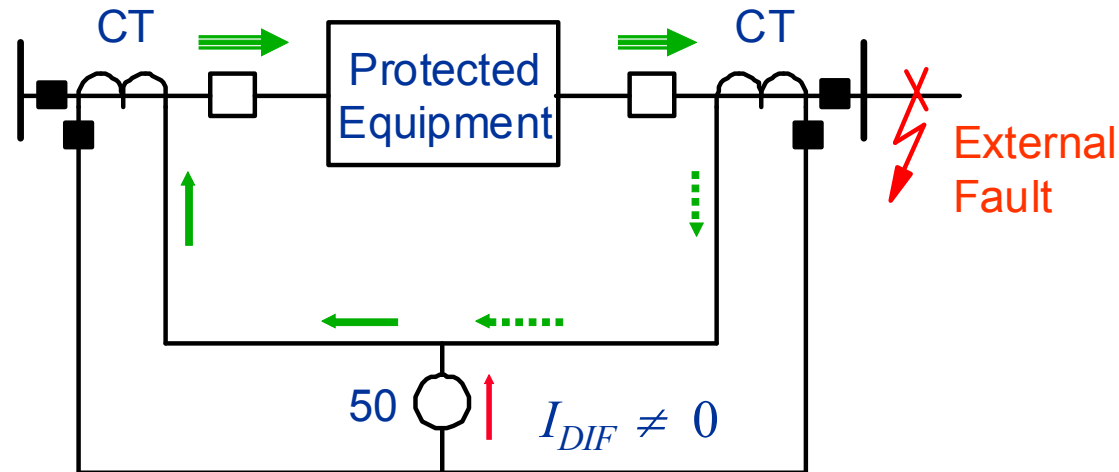
(۲) عدم تساوی خطای اندازه گیری دو **CT**

(۳) اگر ترانسفورماتور اصلی دارای تپ چنجر باشد، نسبت دور ترانس اصلی با تغییر تپ تغییر می کند ولی نسبت

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

CT ها تغییر نمی کند.

Problem of Unequal CT Performance



- False differential current can occur if a CT saturates during a through-fault
- Use some measure of through-current to desensitize the relay when high currents are present

حفاظت دیفرانسیل

رله دیفرانسیل درصدی

جریان عبوری بصورت میانگین جریان های اولیه و ثانویه تعریف می شود:

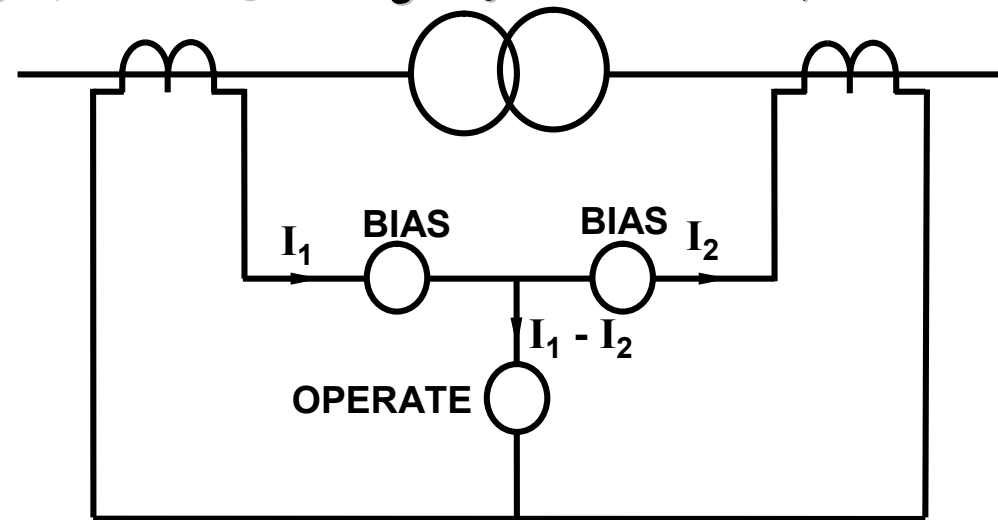
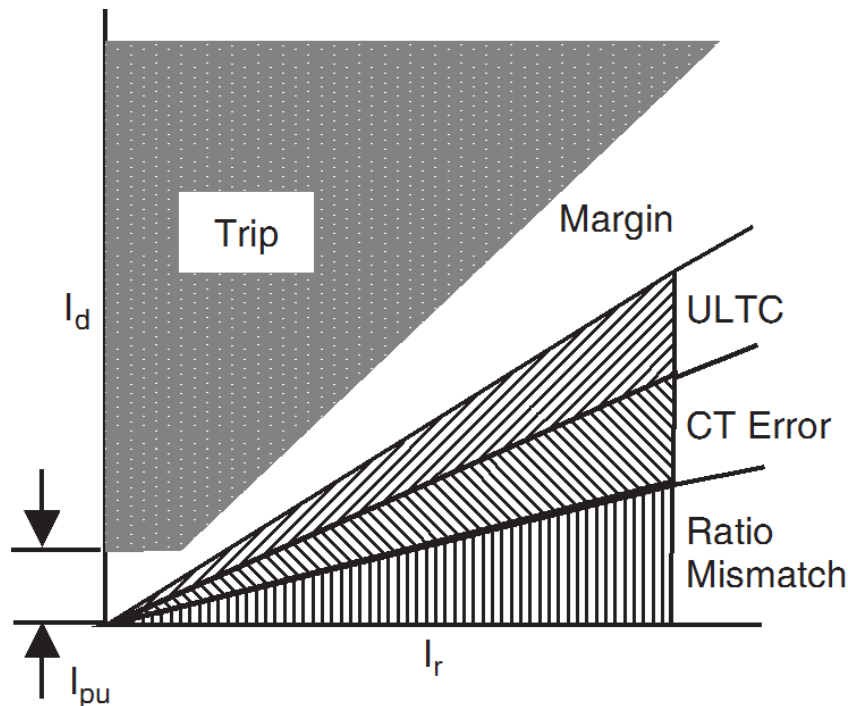
$$i_r = (i_{1s} + i_{2s})/2$$

که به جریان محدود کننده (restraint) هم معروف است.

✓ اگر جریان تفاضلی i_d از درصد ثابتی از جریان عبوری (through) ترانسفورماتور بیشتر شود، رله عمل خواهد کرد:

$$i_d \geq K \cdot i_r$$

که K شیب مشخصه رله دیفرانسیل درصدی است. K بصورت درصد بیان می شود (مثلاً ۱۰٪، ۲۰٪، ۴۰٪).



برای لحاظ خطای CT ها در جریانهای کم ترانس، رله دارای جریان راه اندازی کوچکی است که بایستی جریان تفاضلی از آن بیشتر شود تا رله فعال شود. معمولاً مقدار این جریان معادل ۰/۲۵ آمپر ثانویه است.



حفاظت دیفرانسیل

مثال:

یک ترانسفورماتور تکفاز با مقادیر نامی **20MVA, 69/110KV** با یک رله دیفرانسیل حفاظت شده است. **CT** دارای تپ های ورودی 0/5, 0/2, 0/1, 4/9, 4/8, 4/5, 4/0, 3/0 آمپر ثانویه است. ترانسفورماتور دارای یک تپ چنجر زیر بار (**ULTC**) با نسبت دور 0/5- تا 0/5+ در گام های 0/8٪ است.

نسبت دور **CT**ها، جریان پیک آپ و شیب رله دیفرانسیل درصدی برای رله را معین کنید. شیب های در دسترس 0/40٪ و 0/20٪ و 0/10٪ هستند. در حالت بی باری ترانسفورماتور، تا چه جریان خطایی رله عمل نخواهد کرد؟

حل:

جریان در اولیه و ثانویه برای بار نامی به ترتیب **181.8A** و **289.8A** است. با انتخاب **CT** ها با نسبت دور **300:5** و **200:5** برای بار نامی جریانهای ثانویه برابر است با **4.83A** با $289.8 * (5/300) \approx 4.83A$:

5/8٪

$$181.8 * (5/200) \approx 4.54A$$

برای کاهش اختلاف بین این دو جریان، با انتخاب یک تپ 4/8 برای اولیه **CT** و یک تپ 4/5 برای **CT** ثانویه، مقادیر زیر در سیم پیچی های رله بدست می آید:

$$4.83/4.8 \text{ or } 5 * 1.0062A$$

$$4.54/4.5 \text{ or } 5 * 1.009A$$

لذا جریان دیفرانسیل در رله ناشی از خطای نسبت دور **CT**ها برابر **(1.009 – 1.0062)PU** یا در حدود 0/3٪ خواهد بود. از طرفی تپ چنجر وقتی که در بالاترین تپ قرار دارد نسبت دور ترانسفورماتور اصلی را 0/5٪ تغییر خواهد داد. بنابراین در مجموع جریان **id** در حدود 0/53٪ خواهد بود.



حفاظت دیفرانسیل

اگر هیچ اطلاعاتی در مورد عدم برابری خطای CTها نداشته باشیم، میتوان با توجه به کلاس دقت آنها عدم برابری خطا را محاسبه نمود. فرض کنید CT از نوع **10Cxxx** باشد، حداکثر خطای هر رله ۱۰٪ است، لذا مقدار خطای عدم برابری خطا نیز حداکثر ۱۰٪ خواهد بود. پس حداکثر جریان دیفرانسیل ۱۵/۳٪ برای بزرگترین خطای خارجی وقتی که تپ چنجر در دورترین مکان قرار دارد بدست می آید و با حدود ۵٪ حاشیه اطمینان می توانیم شیب ۲۰٪ را انتخاب کنیم.

جریان راه اندازی **Ip** برابر **۰.۲۵A** ثانویه انتخاب میشود.

با تنظیم جریان راه اندازی **0.25A** در سمت اولیه، **69KV**، خواهیم داشت:

۵٪

$$(300/5)*(4.8/5)*0.25 = 14.4A$$

$$(200/5)*(4.5/5)*0.25 = 9A$$

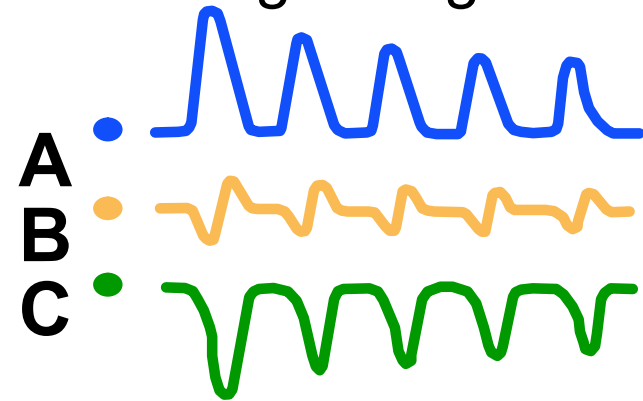
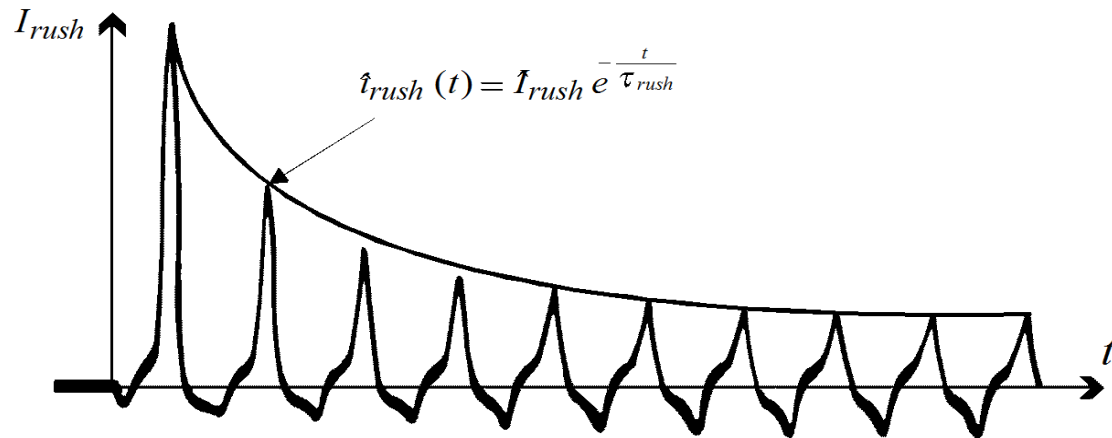
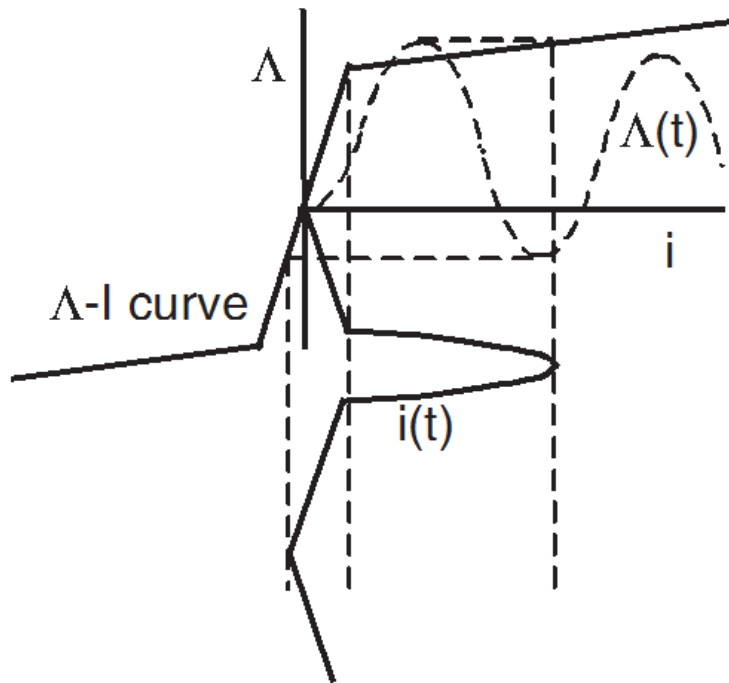
لذا خطایی که در سمت اولیه، **69KV**، جریانی کوچکتر از مقدار ۱۴.۴ آمپر ایجاد می کند بوسیله رله دیده نمی شود.

حفاظت دیفرانسیل

عوامل ایجاد خطا در جریان دیفرانسیل :

(۱) جریان هجومی هنگام برق دار کردن ترانسفورماتور:

(Magnetizing Inrush Current during Energization)



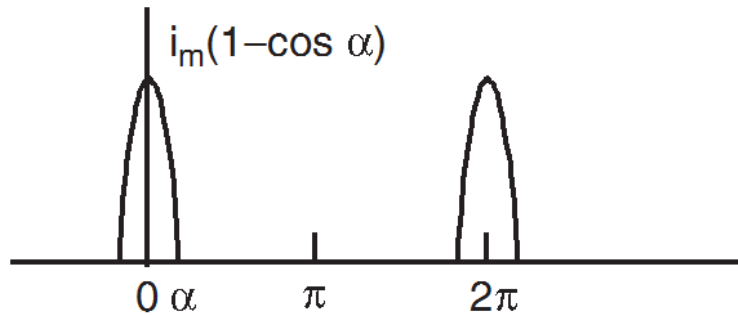


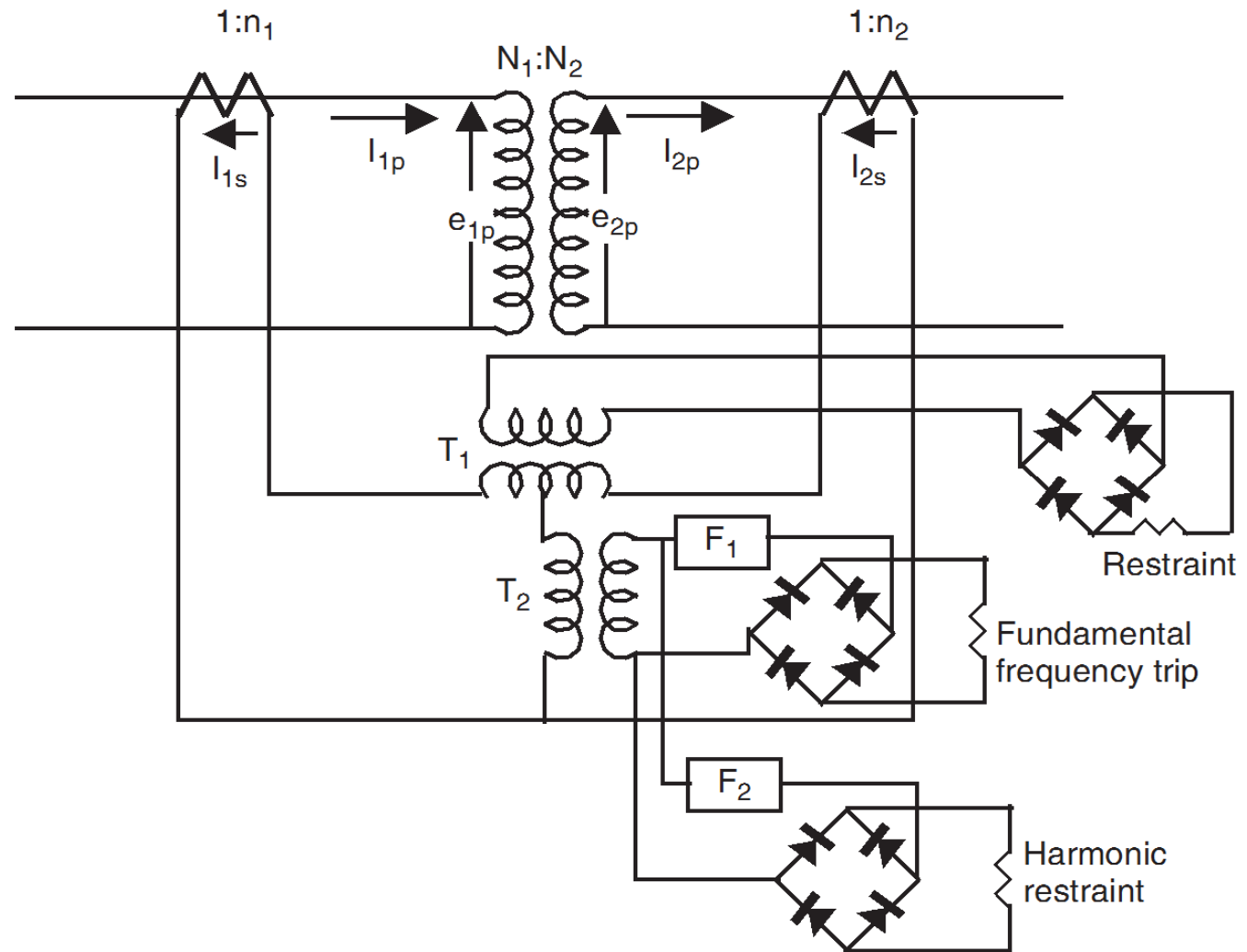
Figure 8.7 Idealized inrush current waveform

Table 8.1 Harmonics of the magnetizing inrush current

Harmonic	a_n/a_1		
	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$
2	0.705	0.424	0.171
3	0.352	0.000	0.086
4	0.070	0.085	0.017
5	0.070	0.000	0.017
6	0.080	0.036	0.019
7	0.025	0.000	0.006
8	0.025	0.029	0.006
9	0.035	0.000	0.008
10	0.013	0.013	0.003
11	0.013	0.000	0.003
12	0.020	0.009	0.005
13	0.008	0.000	0.002

حفاظت دیفرانسیل

رله دیفرانسیل درصدی با محدود کننده هارمونیکی



۲) اضافه تحریک (اشباع) ترانسفورماتور
(Transformer over excitation)

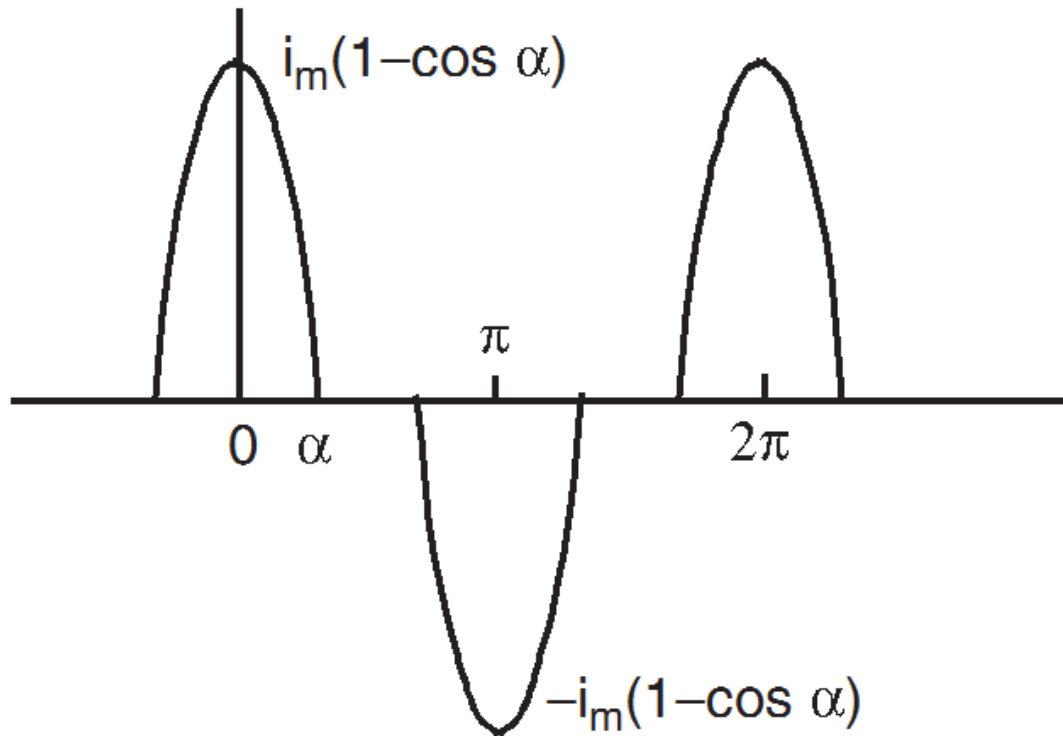


Figure 8.9 Magnetizing current during overexcitation

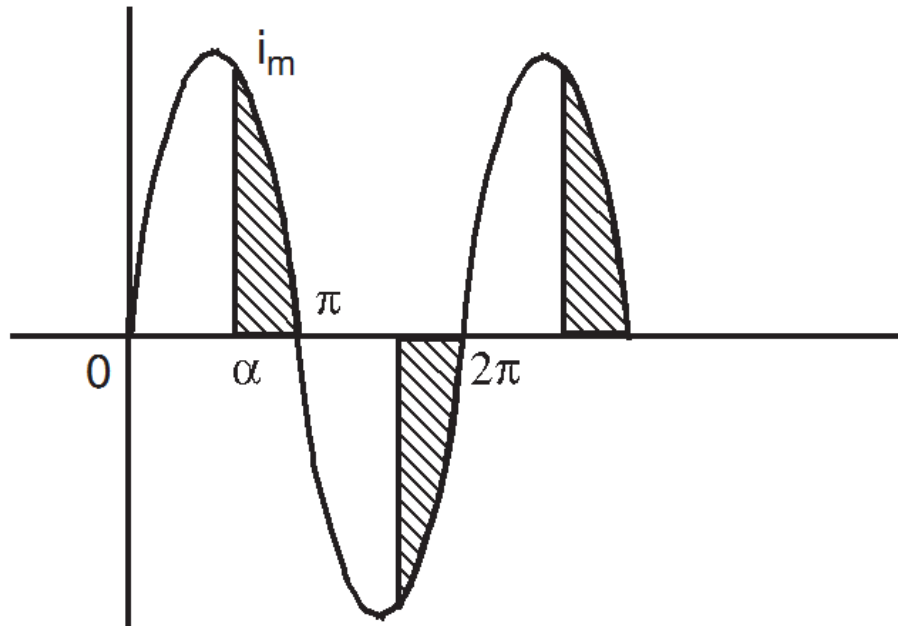
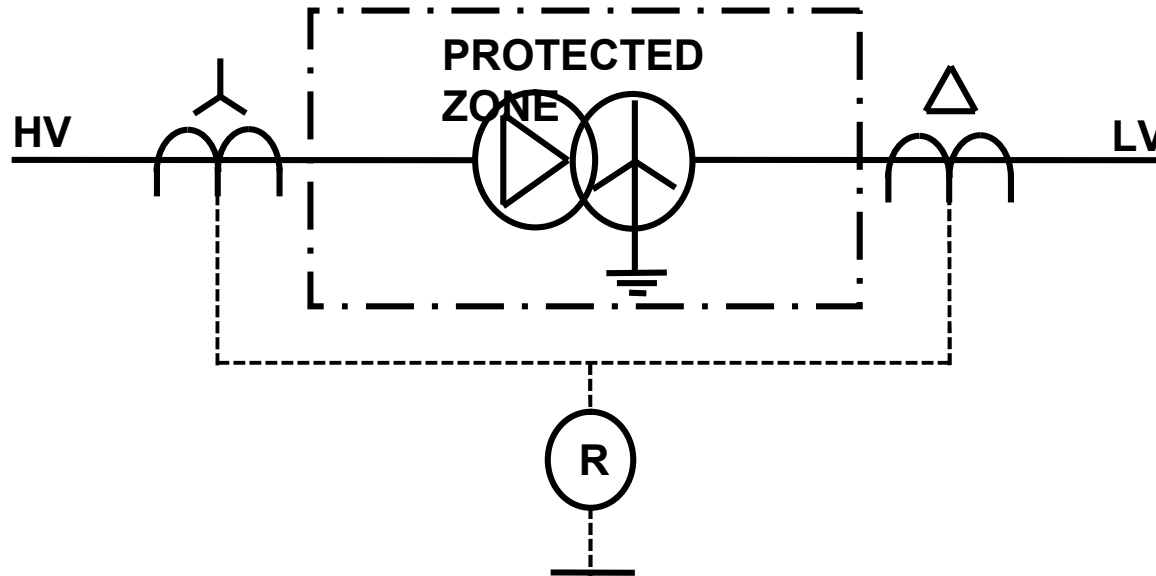


Figure 8.10 Current waveform during CT saturation

$$\left. \begin{aligned}
 i(\theta) &= 0 & 0 \leq \theta \leq (\pi - \alpha), \pi \leq \theta \leq (2\pi - \alpha) \\
 &= I_m \sin \theta & (\pi - \alpha) \leq \theta \leq \pi, (2\pi - \alpha) \leq \theta \leq 2\pi
 \end{aligned} \right\}$$

حفاظت دیفرانسیل



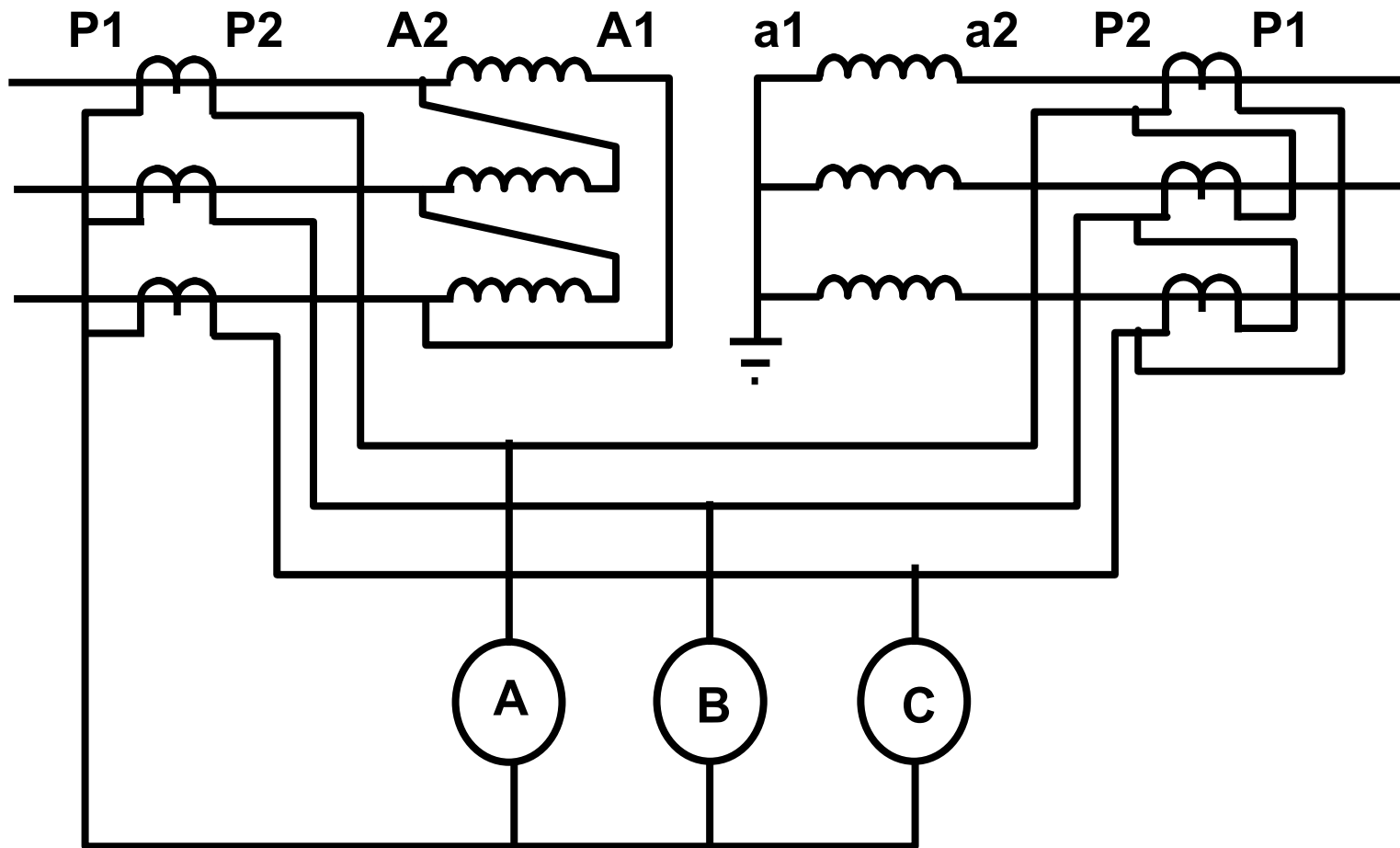
Correct application of differential protection requires CT ratio and winding connections to match those of transformer.

CT secondary circuit should be a “replica” of primary system.

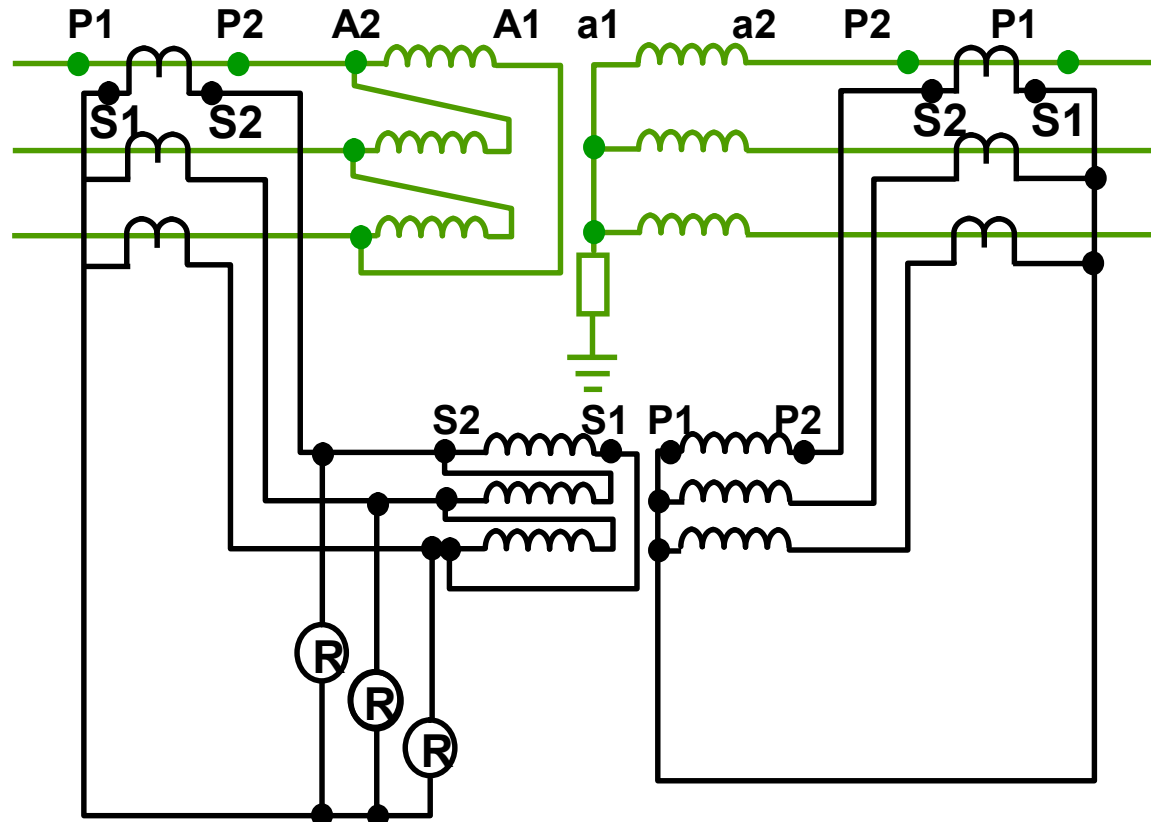
Consider :

- (1) Difference in current magnitude
- (2) Phase shift
- (3) Zero sequence currents

Differential Connections



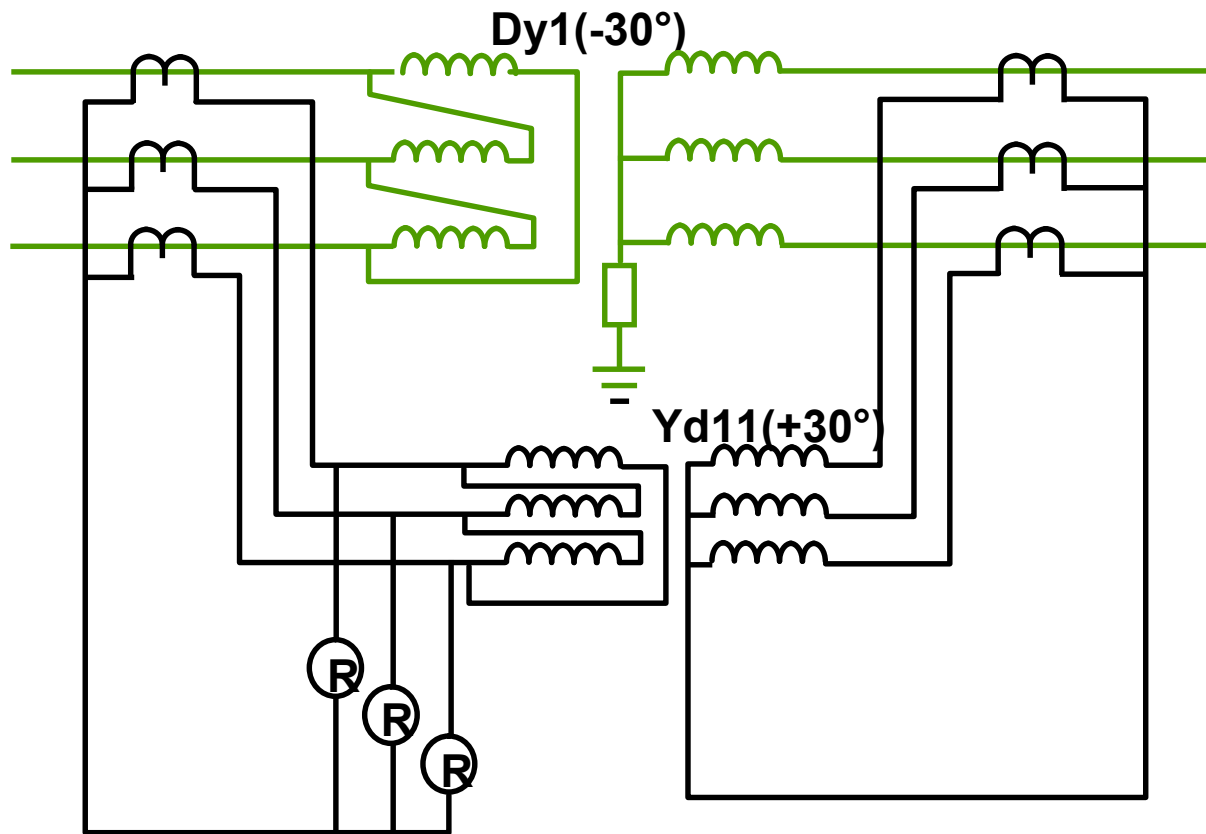
Use of Interposing CT



Interposing CT provides :

- ▶ Vector correction
- ▶ Ratio correction
- ▶ Zero sequence compensation

Traditional Use of Interposing CT



Interposing CT provides :

- ▶ Vector correction
- ▶ Ratio correction
- ▶ Zero sequence compensation



Differential Protection Applications

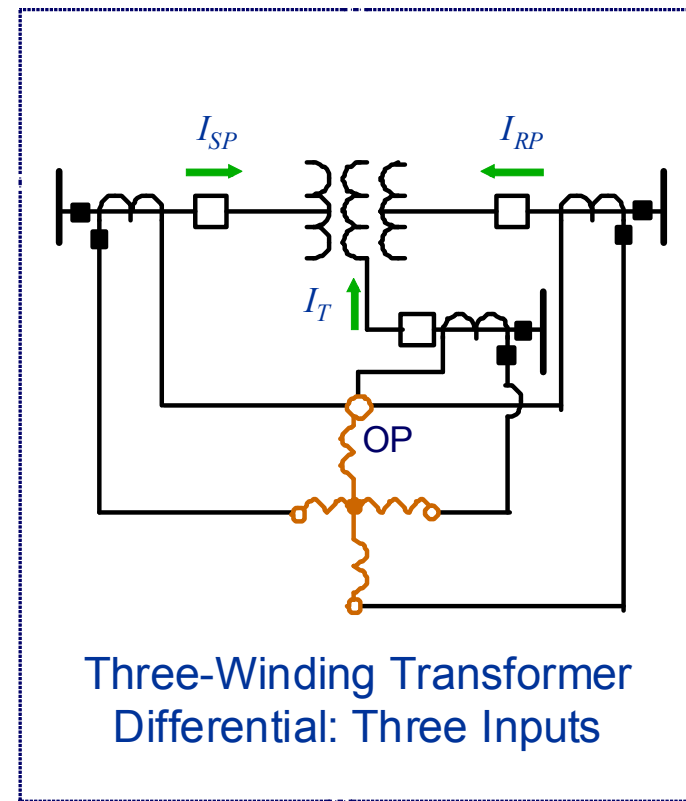
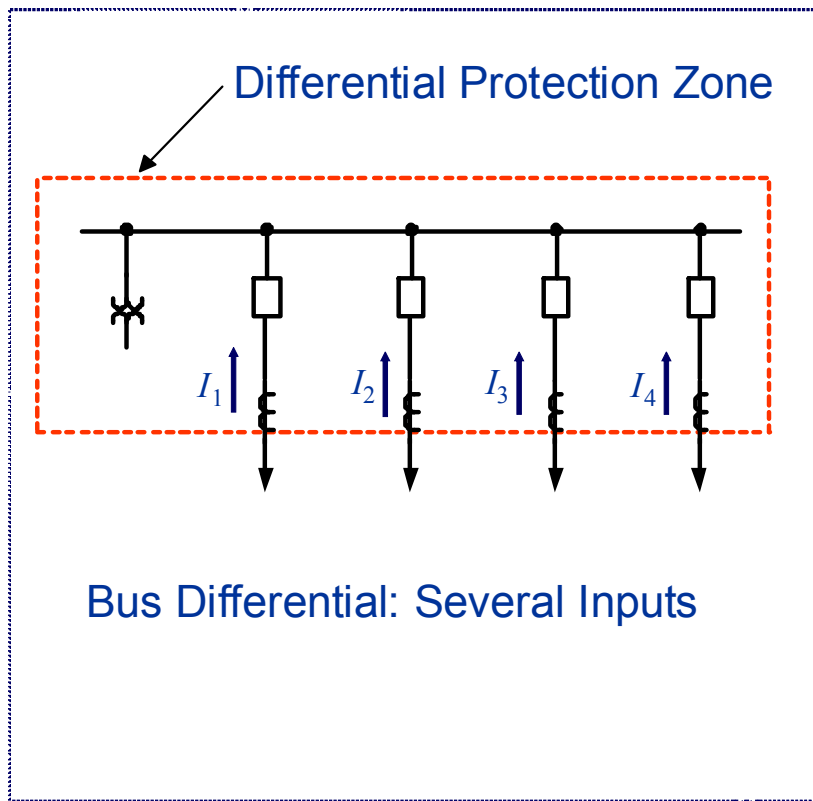
- Bus protection
- Transformer protection
- Generator protection
- Line protection
- Large motor protection
- Reactor protection
- Capacitor bank protection
- Compound equipment protection



Differential Protection Summary

- The overcurrent differential scheme is simple and economical, but it does not respond well to unequal current transformer performance
- The percentage differential scheme responds better to CT saturation
- Percentage differential protection can be analyzed in the relay and the alpha plane
- Differential protection is the best alternative selectivity/speed with present technology

Multiple Input Differential Schemes Examples





حفاظت دیفرانسیل

Previously, we have studied differential relays that determine the existence of an internal fault by comparing the magnitudes of two currents entering and leaving the protected equipment. The differential protection verifies adherence to Kirchoff's current law.

If the current entering the protected zone is equal to the current leaving that zone, then there is no problem. If this balance is not maintained, then there must be a leak or an internal fault.

This same principle can be applied to protect buses and three-winding transformers, as shown above. In these cases, more than two currents per phase must be compared. These are called multiple input differential schemes.