

فصل سوم

حفاظت اضافه جریان

مقدمه ای بر حفاظت جریانی

□ حفاظت اضافه جریان اولین سیستم حفاظتی است که ایجاد شد. این حفاظت مقرون به صرفه و با کاربرد زیاد است که البته برای همه کاربردها مناسب نمی باشد.

□ سیستم حفاظت باتفاق بریکر بخش خطادار را از سیستم قدرت ایزوله می کند تا :

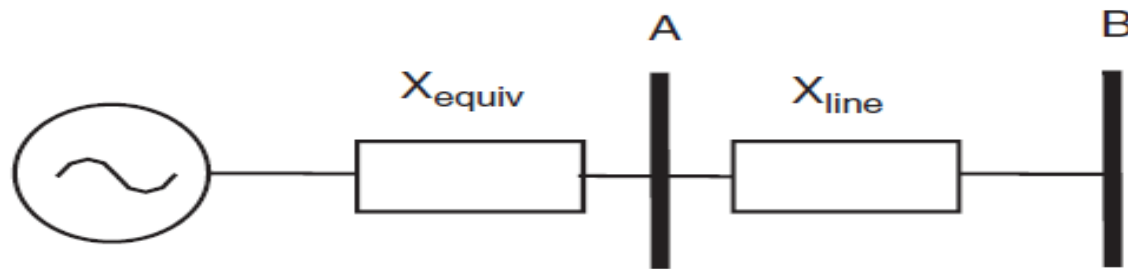
- تجهیزات در مقابل خسارت (گرمایی، القایی، افزایش پتانسیل نقطه صفر) محافظت شوند.
- افراد در مجاورت تاسیسات برقی از جراحتهای احتمالی نجات داده شوند.
- امکان سرویس دهی بخشهای سالم شبکه وجود داشته باشد.

حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

✓ مطالعه حفاظت خطوط انتقال پایه بسیاری از مباحث حفاظتی است که در بخش های آینده بررسی خواهد شد.
با توجه به اینکه خطوط انتقال به صورت بههم پیوسته و شبکه ای می باشد، حفاظت آن ها باید در هماهنگی با خطوط و تجهیزات مجاور باشد.

- ✓ یک سیستم شعاعی دارای جهت خط فقط در یک طرف است.
- ✓ در حالی که در سیستم های حلقوی جهت خط می تواند از دو طرف باشد.
- ✓ در نتیجه در صورت نیاز باید تجهیزات حفاظتی به ماژول های تشخیص دهنده جهت نیز مجهز باشند.



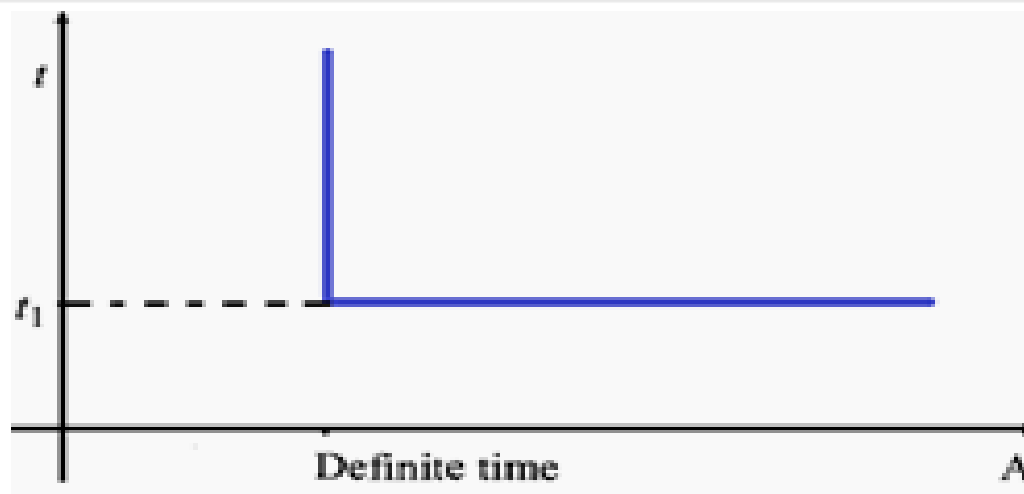
Short Line $X_{line} < X_{equiv}$

Long Line $X_{line} \gg X_{equiv}$

Short versus long line

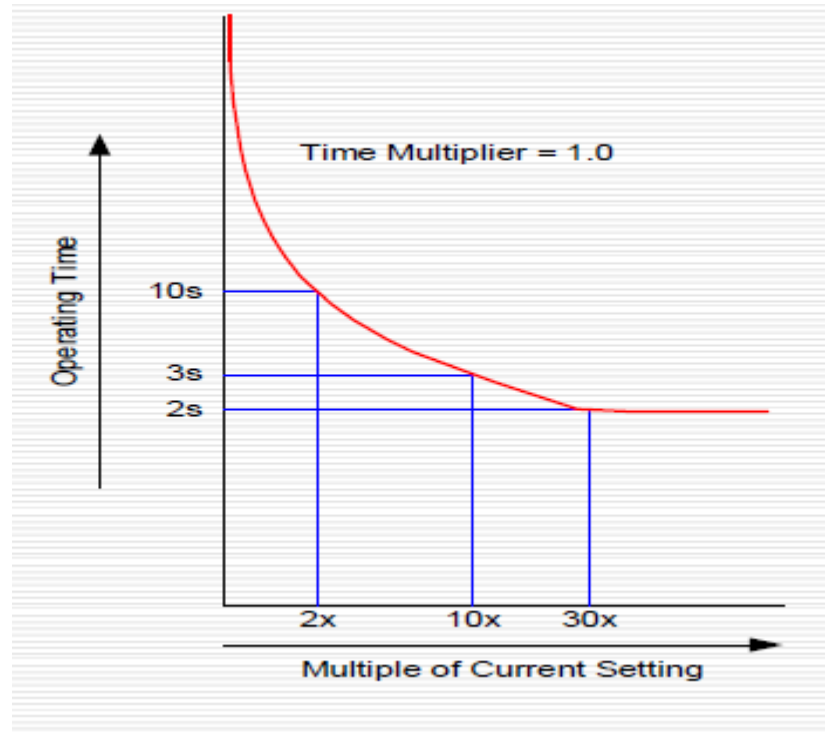
رله های جریانی زمان ثابت (Definite Time)

□ در این نوع رله ها که عمدتاً رله های قدیمی هستند، زمان عملکرد رله ثابت بوده و به جریان خطا بستگی ندارد.



حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

رله های جریانی زمان معکوس



□ حفاظت اضافه جریان Over Current Protection

➤ قواعد تنظیم رله های اضافه جریان تاخیری

برای هر رله اضافه جریان تاخیری ۲ تنظیم باید تعیین شود.

✓ Pickup (جریان آستانه آشکارسازی خطا)

✓ TMS (تاخیر زمانی)

✓ با توجه به اینکه حفاظت اضافه جریان تاخیری یک ناحیه حفاظتی را پوشش می دهد و برای نواحی دیگر مجاور خود نقش پشتیبان را دارد Pickup باید طوری انتخاب شود که قابلیت تشخیص هر نوع خطا در ناحیه اصلی و نواحی پشتیبان را داشته باشد.

این تنظیم باید از بزرگترین جریان های حالت عادی شبکه بزرگتر بوده و در عین حال از کوچکترین جریان های خطای داخل ناحیه کم تر باشد. و در صورت امکان باید توان بعنوان پشتیبان خط و یا تجهیزات قدرتی مجاور خود نیز عمل کند.

حفاظت پشتیبان بودن برای تجهیزات مجاور در اولویت دوم است. و این مسئله نباید تابع اصلی و ناحیه اصلی حفاظتی را دچار خطر کند.

حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

➤ قواعد تنظیم رله های اضافه جریان تاخیری

✓ معمولا تنظیم Pickup در رله های اضافه جریان تاخیری بر اساس جریان ثانویه CT انجام می شود.



❖ تاخیر زمانی

✓ هدف از این تنظیم قادر ساختن رله ها به هماهنگی با یکدیگر است. بر این اساس باید گستره ای از منحنی های جریان-زمان برای رله های اضافه جریان تاخیری در اختیار باشد تا برای یک خطای مخصوص در زمان های مختلف عملکرد داشته باشد.

❖ منحنی های مشخصه بر اساس ضرایبی از نمودار Pick-up رسم می شوند.

حفاظت اضافه جریان □

Over Current Protection

➤ روابط رله های اضافه جریان تاخیری

Relay Characteristic	Equation (IEC 60255)
Standard Inverse (SI)	$t = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
Very Inverse (VI)	$t = TMS \times \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely Inverse (EI)	$t = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$
Long time standby earth fault	$t = TMS \times \frac{120}{I_r - 1}$

$$I_r = I / I_s$$

Where:

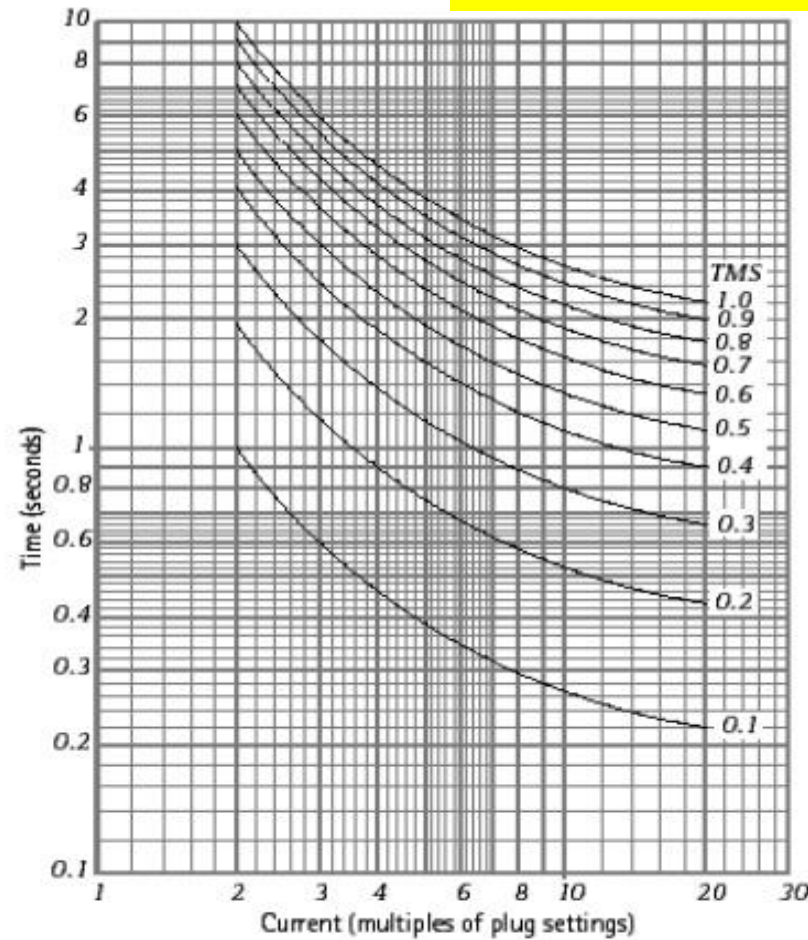
I = Measured current

I_s = Relay setting current

TMS = Time Multiplier Setting

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

➤ قواعد تنظیم رله های اضافه جریان تاخیری



Typical time/current characteristics
of standard IDMT relay

حفاظت اضافه جریان □

Over Current Protection

➤ روابط رله های اضافه جریان تاخیری

Characteristic	Equation
IEEE Moderately Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{0.0515}{I_r^{0.02} - 1} \right) + 0.114 \right]$
IEEE Very Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{19.61}{I_r^2 - 1} \right) + 0.491 \right]$
IEEE Extremely Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{28.2}{I_r^2 - 1} \right) + 0.1217 \right]$
US C08 Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{5.95}{I_r^2 - 1} \right) + 0.18 \right]$
US C02 Short Time Inverse	$t = \frac{TD}{7} \left[\left(\frac{0.02394}{I_r^{0.02} - 1} \right) + 0.01694 \right]$

$$I_r = I / I_s$$

Where:

I = Measured current

I_s = Relay setting current

TMS = Time Multiplier Setting

TD = Time Dial setting

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

➤ روابط رله های اضافه جریان تاخیری

$$t = \frac{k\beta}{(I/I_s)^\alpha - 1} + L$$

$k = T.M.S$ (IEC)

$k = T.D/7$ (IEEE)

Table 5.1 ANSI/IEEE and IEC constants for standard overcurrent relays

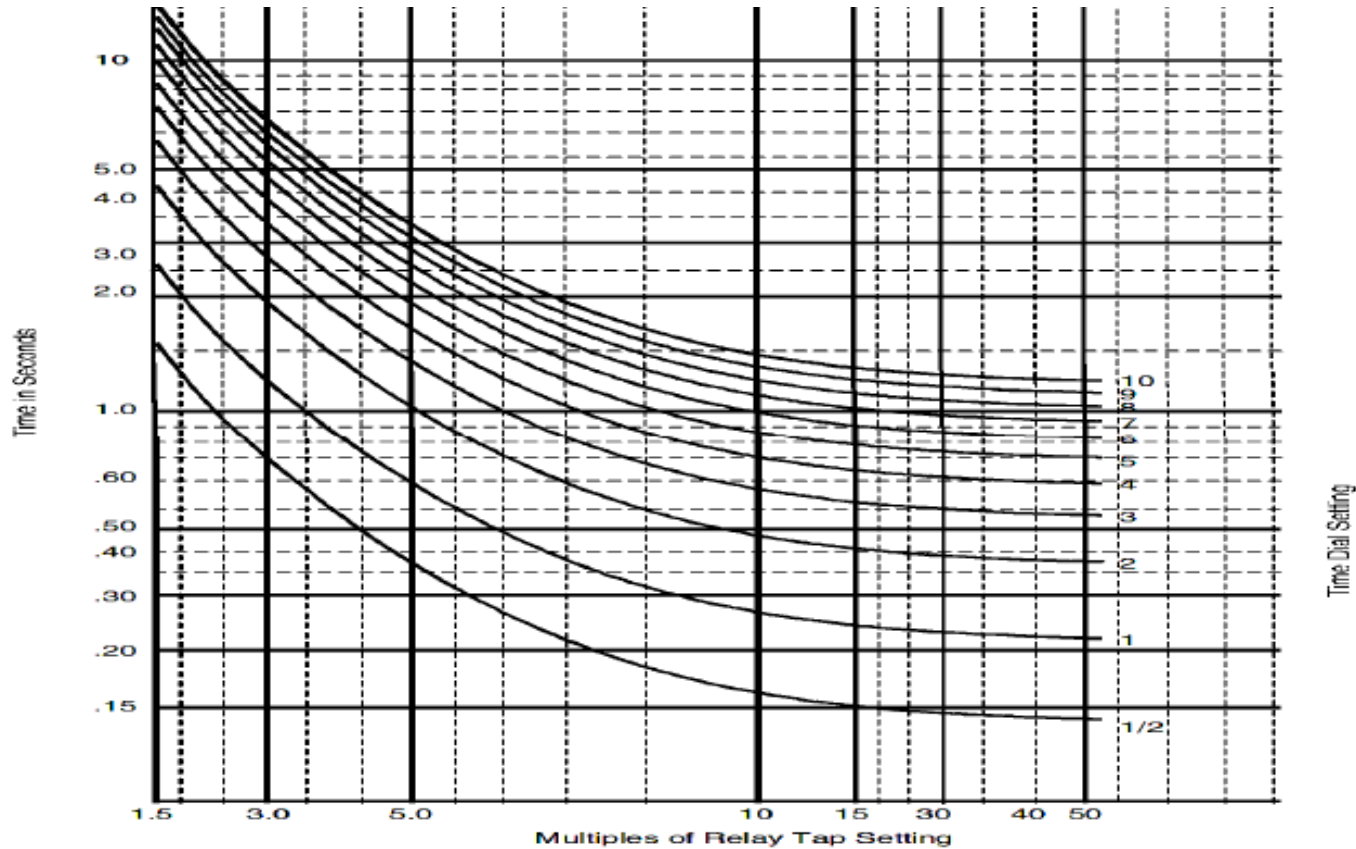
Curve description	Standard	α	β	L
Moderately inverse	IEEE	0.02	0.0515	0.114
Very inverse	IEEE	2.0	19.61	0.491
Extremely inverse	IEEE	2.0	28.2	0.1217
Inverse	CO8	2.0	5.95	0.18
Short-time inverse	CO2	0.02	0.0239	0.0169
Standard inverse	IEC	0.02	0.14	0
Very inverse	IEC	1.0	13.5	0
Extremely inverse	IEC	2.0	80.0	0
Long-time inverse	UK	1.0	120	0

حفاظت اضافه جریان

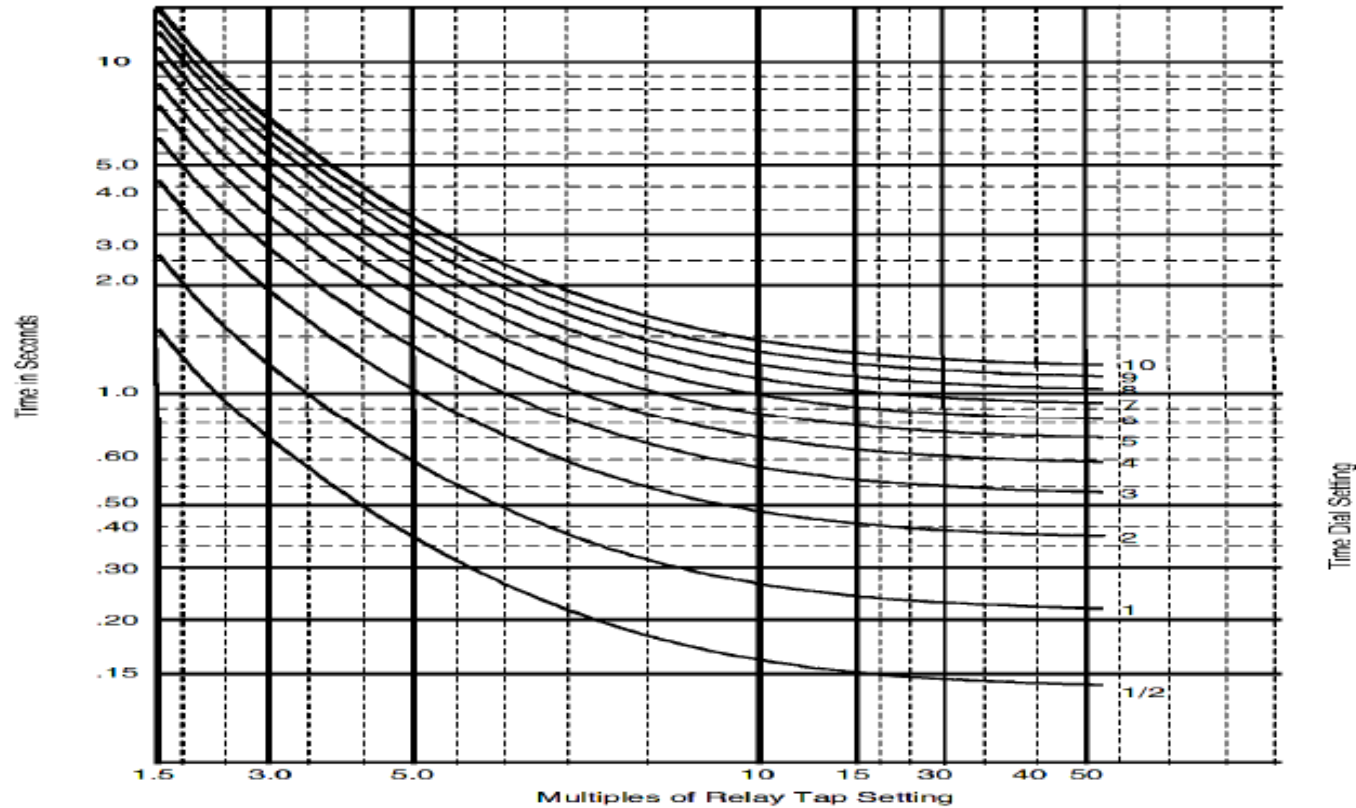
Over Current Protection

➤ مثال

❖ شماره منحنی زمانی را برای یک رله با $\text{Pick up}=8\text{A}$ و $\text{IF}=80\text{A}$ را به ازای زمان عملکرد ۷۰۰ میلی ثانیه بدست آوردید.



حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection



$$80/8=10\text{pu.}$$

Top=700ms

TD=4



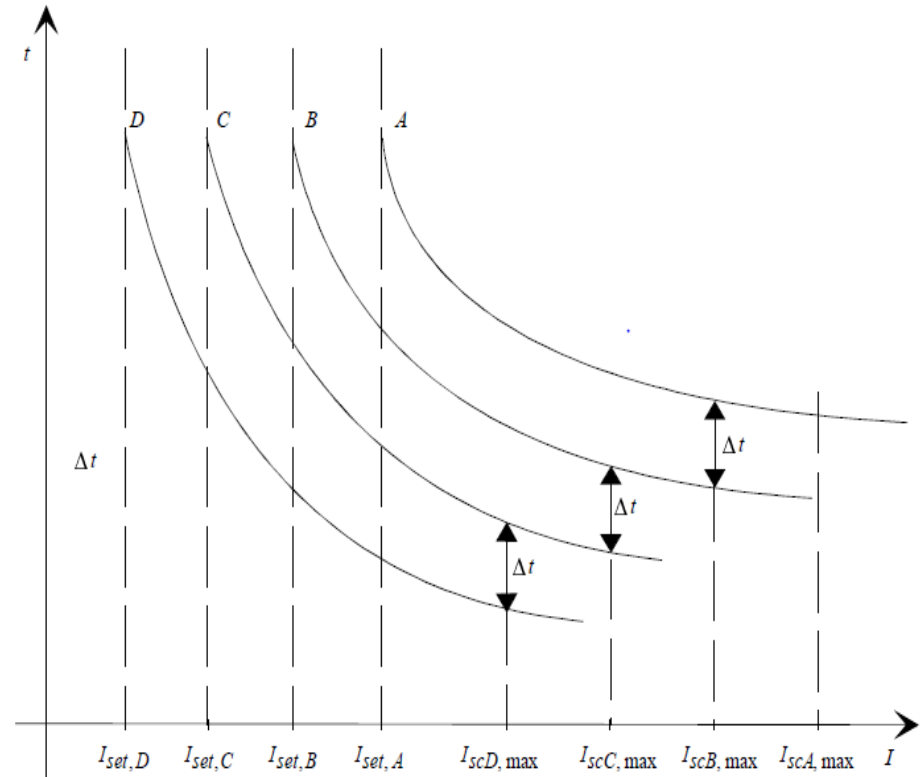
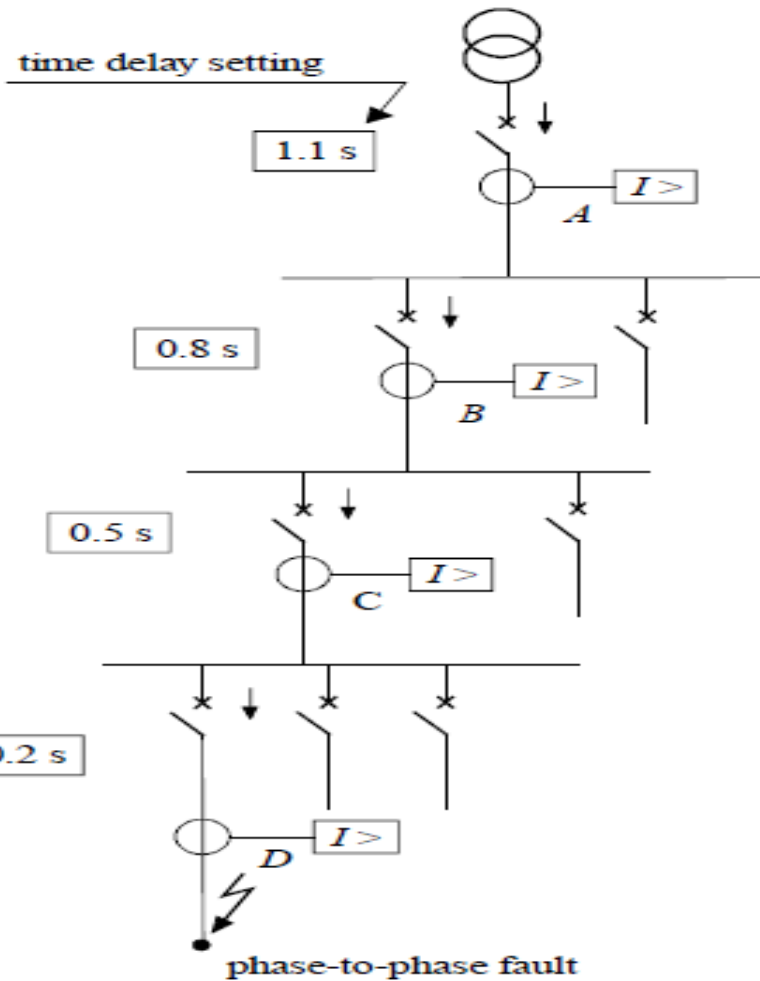
حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

هماهنگی حفاظتی ➤

❖ روش های مختلفی می تواند برای اجرای هماهنگی در حفاظت سیستم های قدرت، به کار گرفته شود.

✓ هماهنگی زمانی



حفاظت اضافه جريان □

Over Current Protection

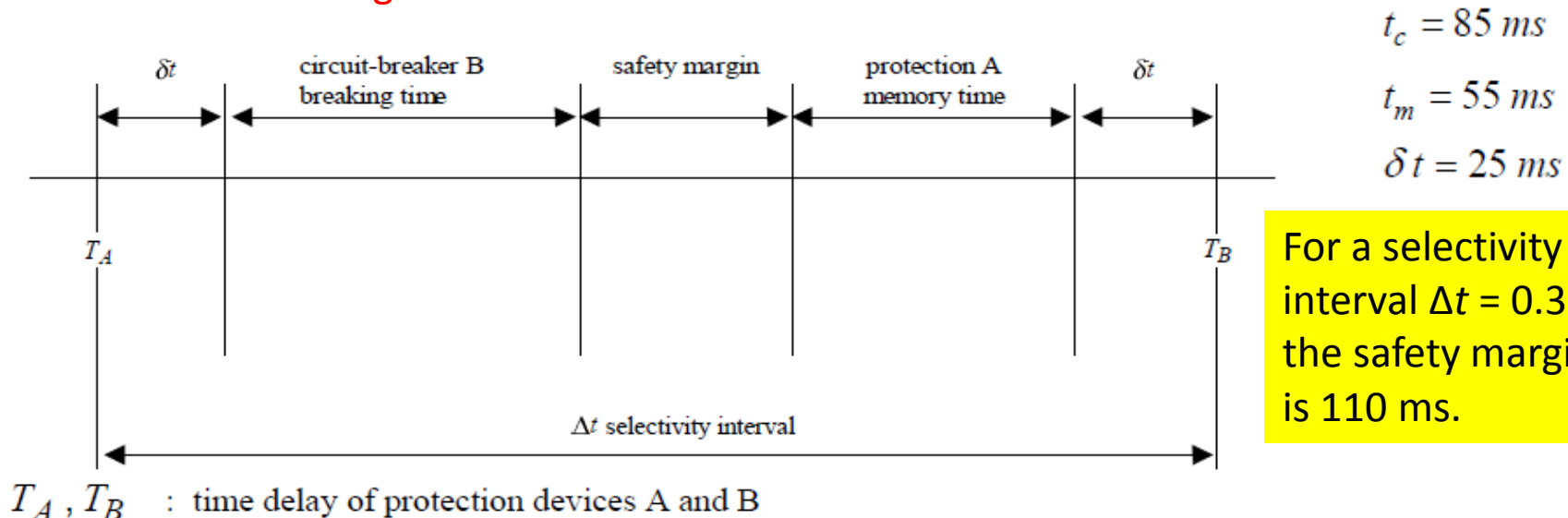
Δt : Coordination Time Interval(CTI)

The difference in operating times Δt between two successive protection devices is the *selectivity interval*. It takes into account:

- circuit-breaker breaking time t_c ;
- time delay tolerances δt ;
- upstream protection memory time t_m ;
- a safety margin.

Δt must therefore satisfy the relation:

$$\Delta t \geq t_c + t_m + 2\delta t + \text{margin}$$



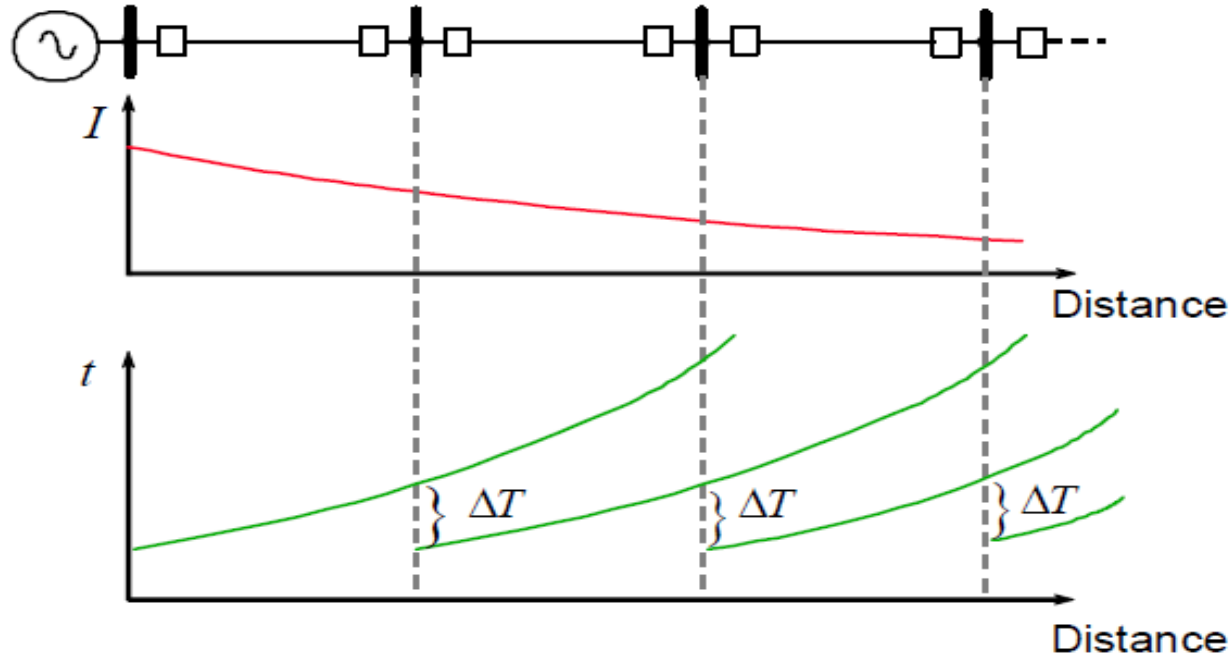
For a selectivity interval $\Delta t = 0.3 \text{ s}$, the safety margin is 110 ms.

حفاظت اضافه جریان Over Current Protection

✓ هماهنگی جریانی

هماهنگی جریانی از این قاعده استفاده می کند که در یک سیستم قدرت هرچه خطا از منبع تغذیه دورتر باشد جریان خطا ضعیف تر است.

Inverse-Time Relay Coordination



حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

✓ هماهنگی منطقی

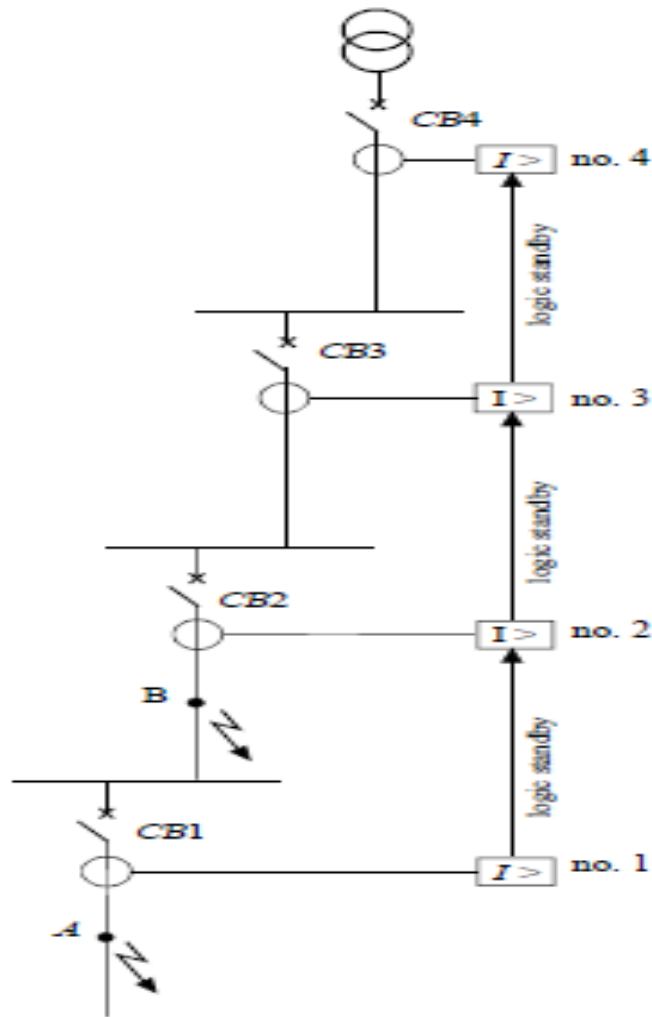


Figure 9-6: *logic selectivity*

Operation when a fault occurs at A

A fault current flows through protection devices no. 1, no. 2, no. 3 and no. 4.

Protection no. 1 sends a logic standby order to upstream protection no. 2 and a tripping order to circuit-breaker CB1.

Protection no. 2 sends a logic standby order to upstream protection no. 3 and receives the logic standby order from protection no. 1, which locks the tripping order of circuit-breaker CB2.

Protection no. 3 sends a logic standby order to upstream protection no. 4 and receives the logic standby order from protection no. 2, which locks the tripping order of circuit-breaker CB3.

Protection no. 4 receives the logic standby order from protection no. 3, which locks the tripping order of circuit-breaker CB4.

Circuit-breaker CB1 clears the fault at A at the end of a time interval:

$$t_{CB1} = t_1 + t_{c, CB1}$$

t_1 : protection no. 1 time delay

$t_{c, CB1}$: circuit-breaker CB1 breaking time

حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

✓ ستینگ رله های اضافه جریان

✓ برای رله های اضافه جریان فاز لازم است که جریان بار (حداکثر آن) با استفاده از مطالعات شبکه بدست آید.
✓ سپس جریان حداقل اتصال کوتاه فاز باید محاسبه شود که این جریان معمولا مربوط به خطاهای فاز-فاز در حالت کم تولید و تنک شبکه است.

$$2 * I_{Load} < I_{pickup} < \frac{1}{3} * I_{sc_ph_ph}$$

ستینگ فازی

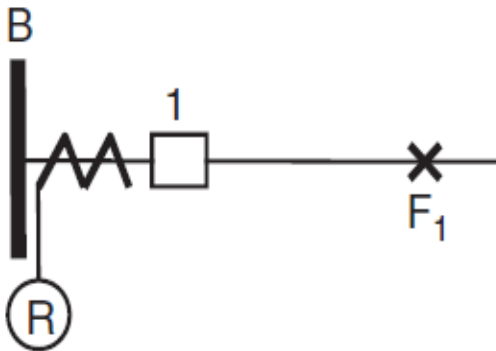
$$2 * I_{Unbalance} < I_{pickup} < \frac{1}{3} * I_{sc_ph_ground}$$

ستینگ زمین

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

❖ مثال

✓ با توجه به شکل نشان داده شده نسبت تبدیل CT، جریان پیک آپ و TD را برای رله R بدست آورید.



Max. Load = 95 amperes
Min. Fault = 600 amperes
Max. Fault = 1000 amperes

$$CTr = 95 / 5$$

$$2 * 95 = 190A$$

$$\frac{1}{3} * 600 = 200A$$

$$I_{pickup} = 10A$$

$$CTr = 20 / 1$$

$$CTr = 100 / 5$$

$$\frac{190}{20} = 9.5A$$

$$\frac{200}{20} = 10A$$

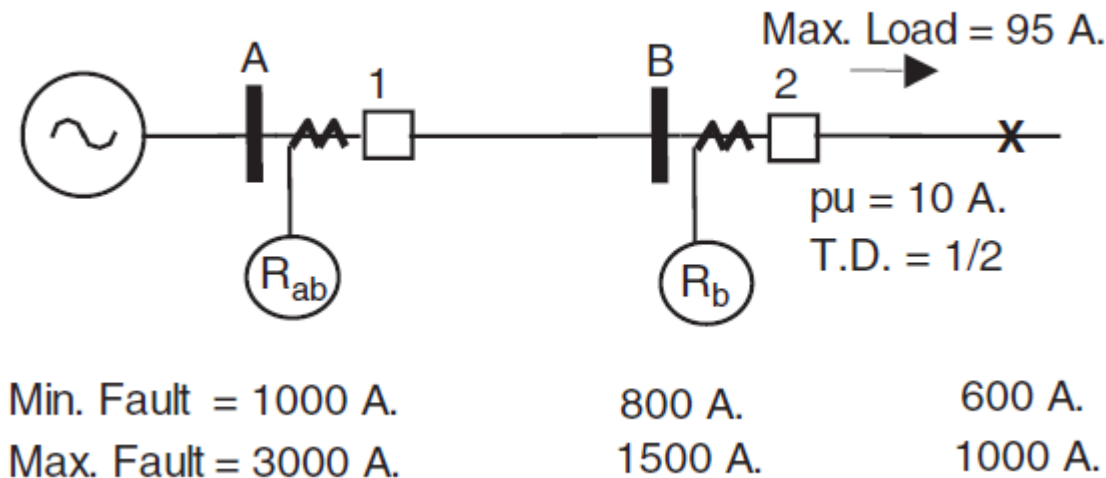
$$TD = 0.5$$

حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

❖ مثال

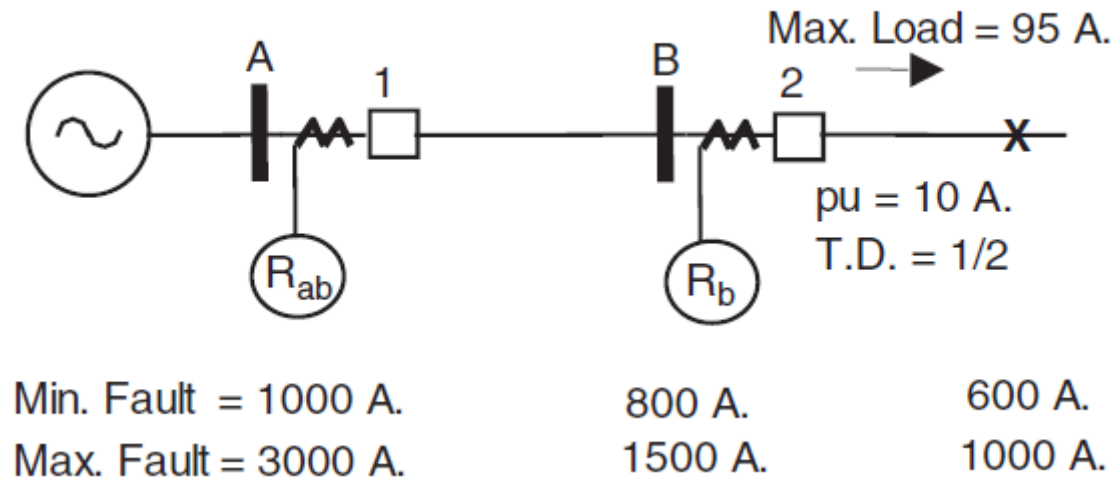
✓ با توجه به سیستم شعاعی نشان داده شده در شکل، رله واقع شده در قسمت انتهایی دارای تنظیماتی مشابه مثال قبلی است. رله واقع شده در قسمت منبع علاوه بر حفاظت ناحیه خودش باید به عنوان پشتیبان برای رله مجاور عمل کند. در نتیجه تنظیم جریان پیک آپ در دورله باید مشابه بوده و تنظیمات زمانی بر اساس هماهنگی بین این دو بدست آید. این تنظیم زمانی باید براساس **حداکثر جریان خطای** رخ داده انجام شود.



حفاظت اضافه جریان

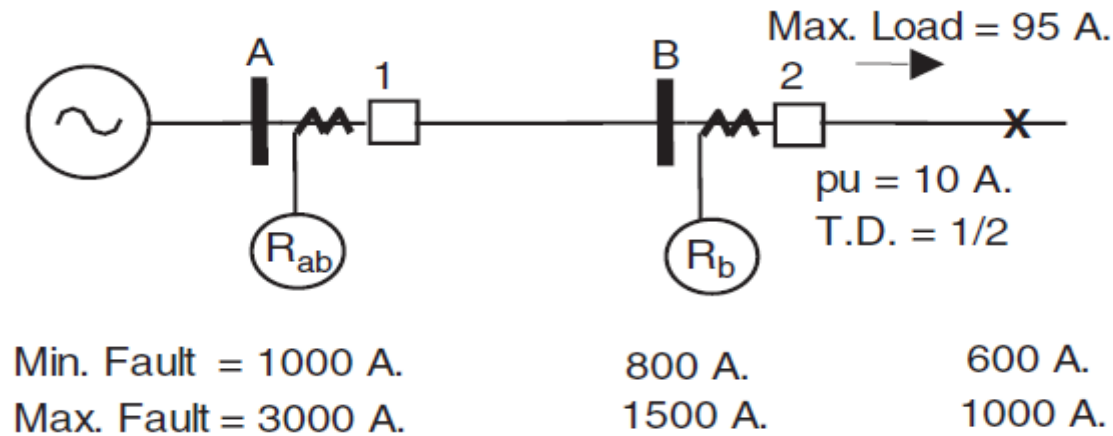
Over Current Protection

- ✓ به صورت کلی برای اطمینان از عملکرد پشتیبان رله **ab** جریان تنظیم پیک آپ برای آن باید مشابه **Rb** باشد ولی در **T.D کندتری** تنظیم شود. (**T.D** بزرگتر).
- ✓ البته در عمل هرچه از منبع فاصله گرفته شود جریان تنظیم پیک آپ را یک مقدار بسیار کمی بزرگتر در نظر می گیرند. با در نظر گرفتن خطای حداکثر در محل رله **Rb** (۱۵۰۰ آمپر) است.



حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection



$$T.D. = \frac{1}{2}$$

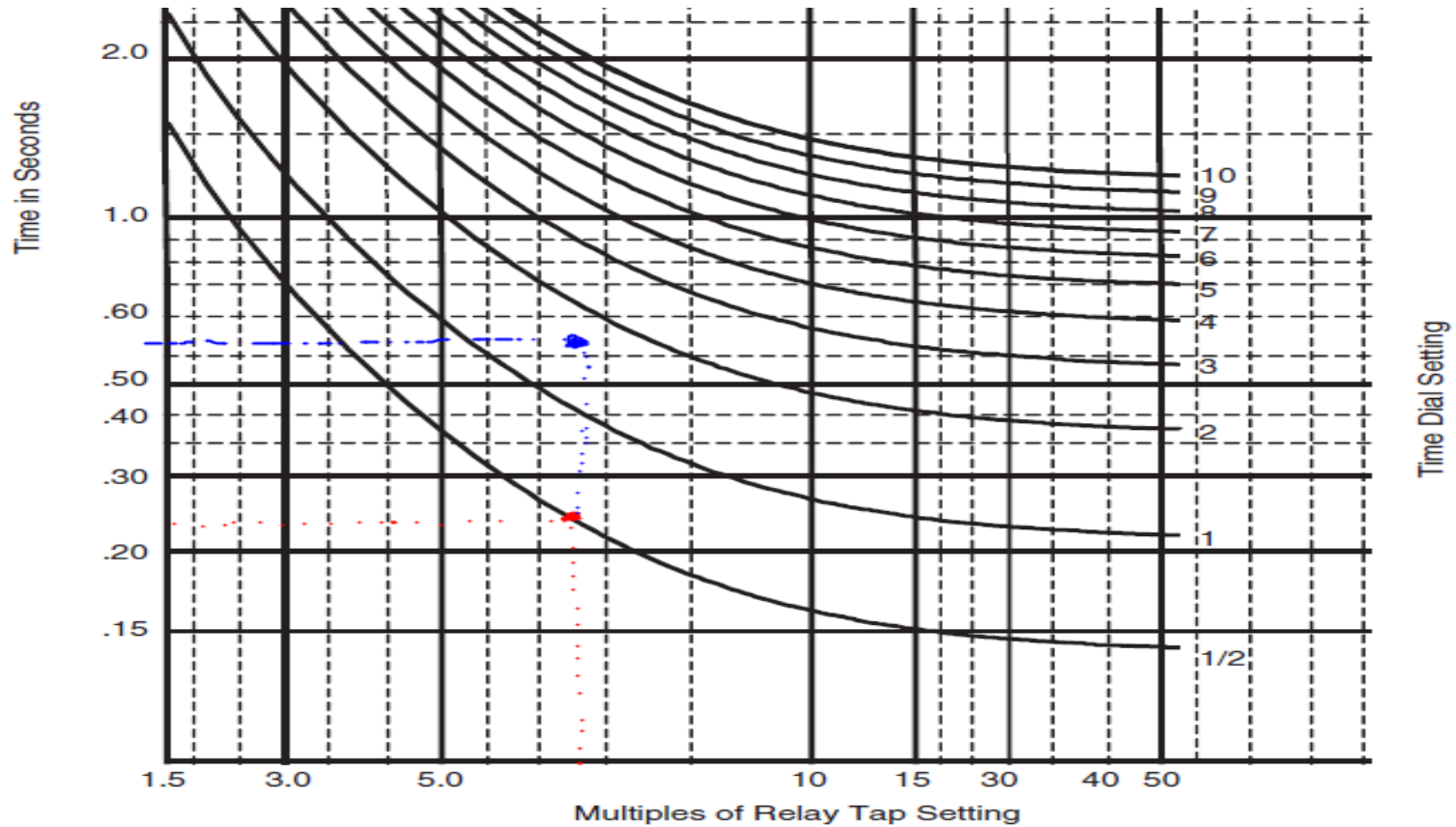
$$I_{pickup} = 10A$$

$$CTr = 100 / 5$$

$$200A$$

$$PMS = I_r = \frac{I}{I_s} = \frac{1500}{200} = 7.5 \text{ p.u}$$

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

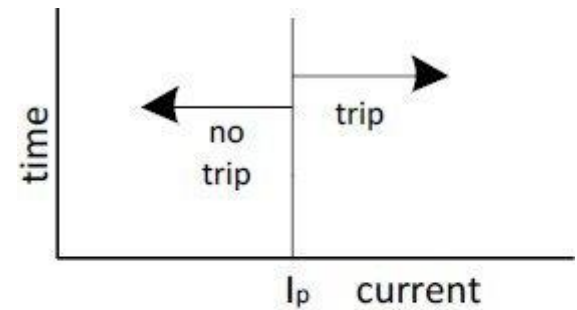
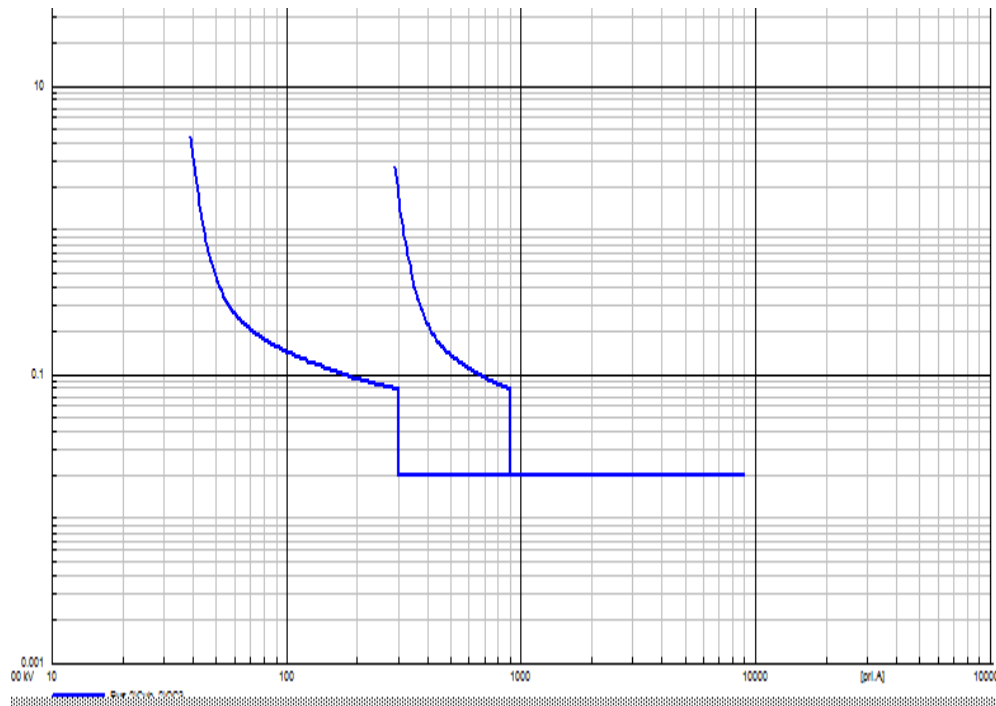


$$PMS = 7.5 pu \quad \longrightarrow \quad t_b = 0.25 \text{ sec} \quad t_{ab} - t_b = 0.3 \text{ sec}$$

$$t_{ab} = 0.55 \text{ sec} \quad \longrightarrow \quad \begin{matrix} TMS = 1 \\ TMS = 2 \end{matrix} \quad \longrightarrow \quad TMS = 2$$

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

✓ تنظیم منحنی اضافه جریان آنی



Characteristic of instantaneous overcurrent relays

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

✓ تنظیم منحنی اضافه جریان آنی

✓ منحنی اضافه جریان آنی فقط باید در ناحیه خودش عمل کند. از این رو تنظیم جریانی آن خیلی بالاتر از جریان های بار معمولی و حتی اضطراری است. در نتیجه در تنظیم این رله جریان بار نقشی ندارد. جریان تنظیم باید طوری انتخاب شود که بین ۱۲۵ تا ۱۳۵ درصد حداکثر جریانی که رله نباید عمل بکند و ۹۰ درصد حداقل جریانی که رله باید عمل بکند، باشد.

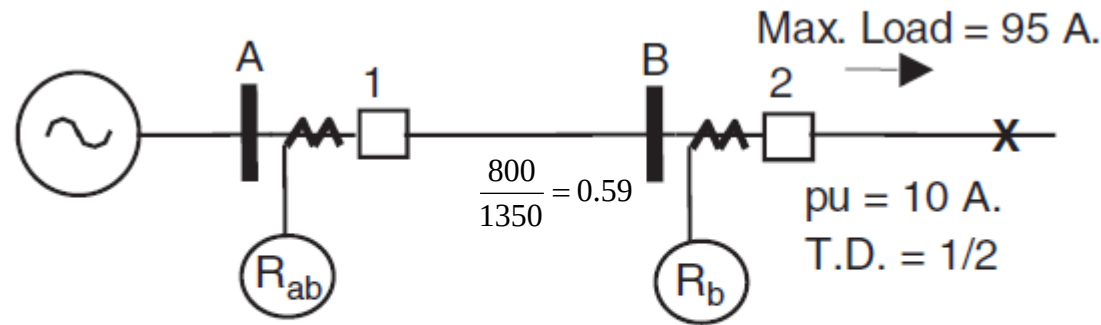
تنظیمات رله لحظه ای برای ۱۲۵-۱۳۵ درصد جریان موثر متقارن، خطای ماکزیمم پست بعدی انجام می شود.

$$125-135\% \cdot I_{\max_no_operate} < I_{inst} < 90\% * I_{\min_operate}$$

حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

❖ مثال

با توجه به مثال قبل تنظیمات رله اضافه جریان آنی را بدست آورید.



Min. Fault = 1000 A.

Max. Fault = 3000 A.

800 A.

1500 A.

600 A.

1000 A.

$$R_b = 135\% * 1000 = 1350A$$

$$\frac{1350}{20} = 67.5A$$

$$\frac{800}{1350} = 0.59$$

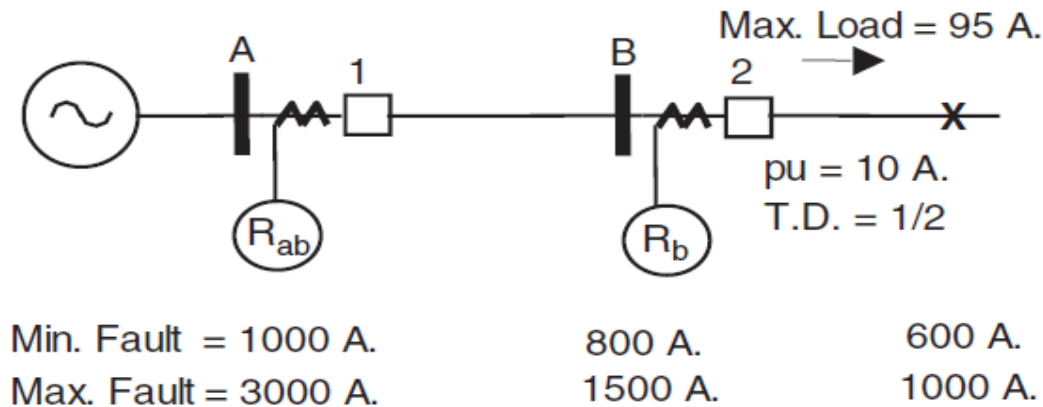
رله عمل نمی کند

$$\frac{1500}{1350} = 1.11$$

رله عمل می کند

حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection



$$R_{ab} = 135\% * 1500 = 2025$$

$$\frac{2025}{20} = 101.25$$

✓ اگر جریان وارد شده به رله بالاتر از ۱۰۰ آمپر باشد، آن نسبت تبدیل کوچک است. (استاندارد)

$$CTr = 40$$

$$\frac{1000}{2025} = 0.49$$

رله عمل نمی کند

$$\frac{2025}{40} = 50.63$$

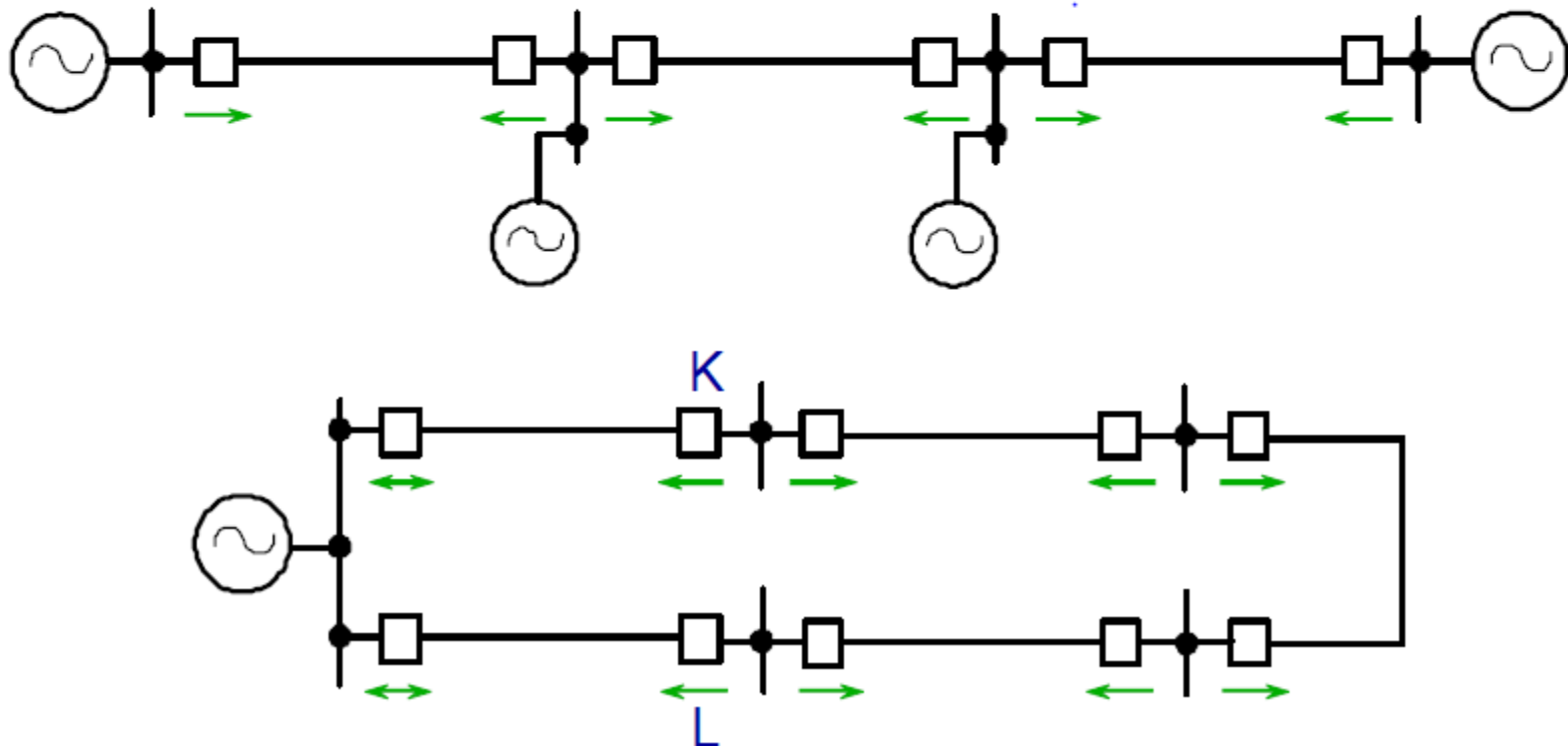
$$\frac{3000}{2025} = 1.48$$

رله عمل می کند

Standard current transformer multiratios (MR
represents multiratio CTs)

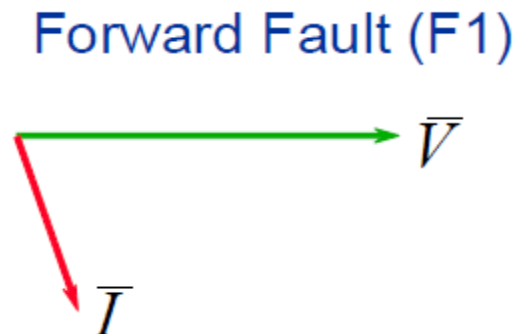
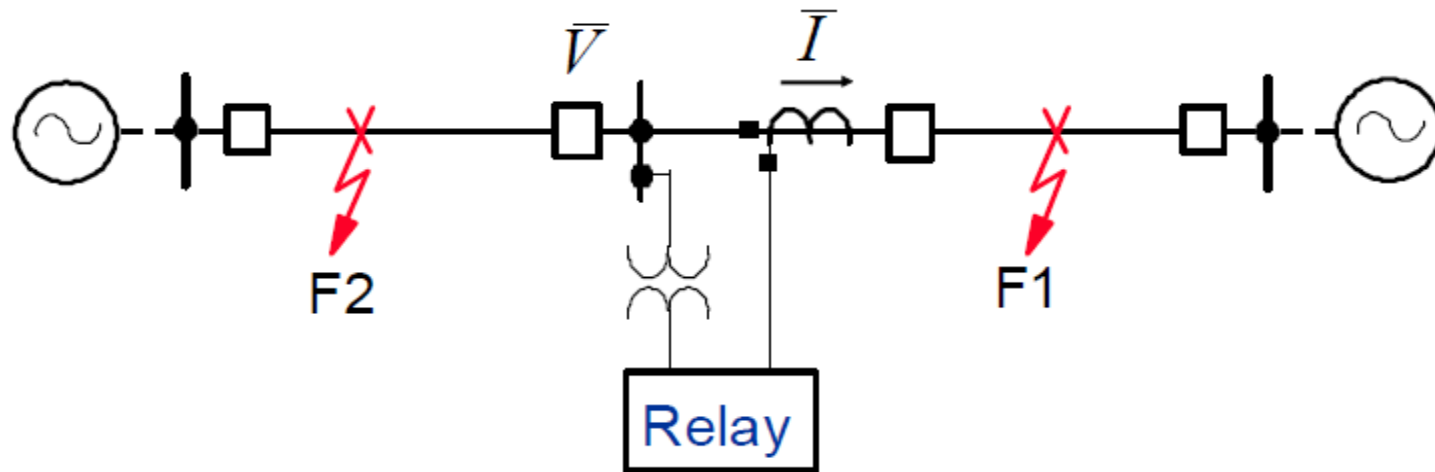
600 : 5 MR	1200 : 5 MR	2000 : 5 MR	3000 : 5 MR
50 : 5	100 : 5	300 : 5	300 : 5
100 : 5	200 : 5	400 : 5	500 : 5
150 : 5	300 : 5	500 : 5	800 : 5
200 : 5	400 : 5	800 : 5	1000 : 5
250 : 5	500 : 5	1100 : 5	1200 : 5
300 : 5	600 : 5	1200 : 5	1500 : 5
400 : 5	800 : 5	1500 : 5	2000 : 5
450 : 5	900 : 5	1600 : 5	2200 : 5
500 : 5	1000 : 5	2000 : 5	2500 : 5
600 : 5	1200 : 5		3000 : 5

Directional Overcurrent Protection Basic Applications



Directional Overcurrent Protection

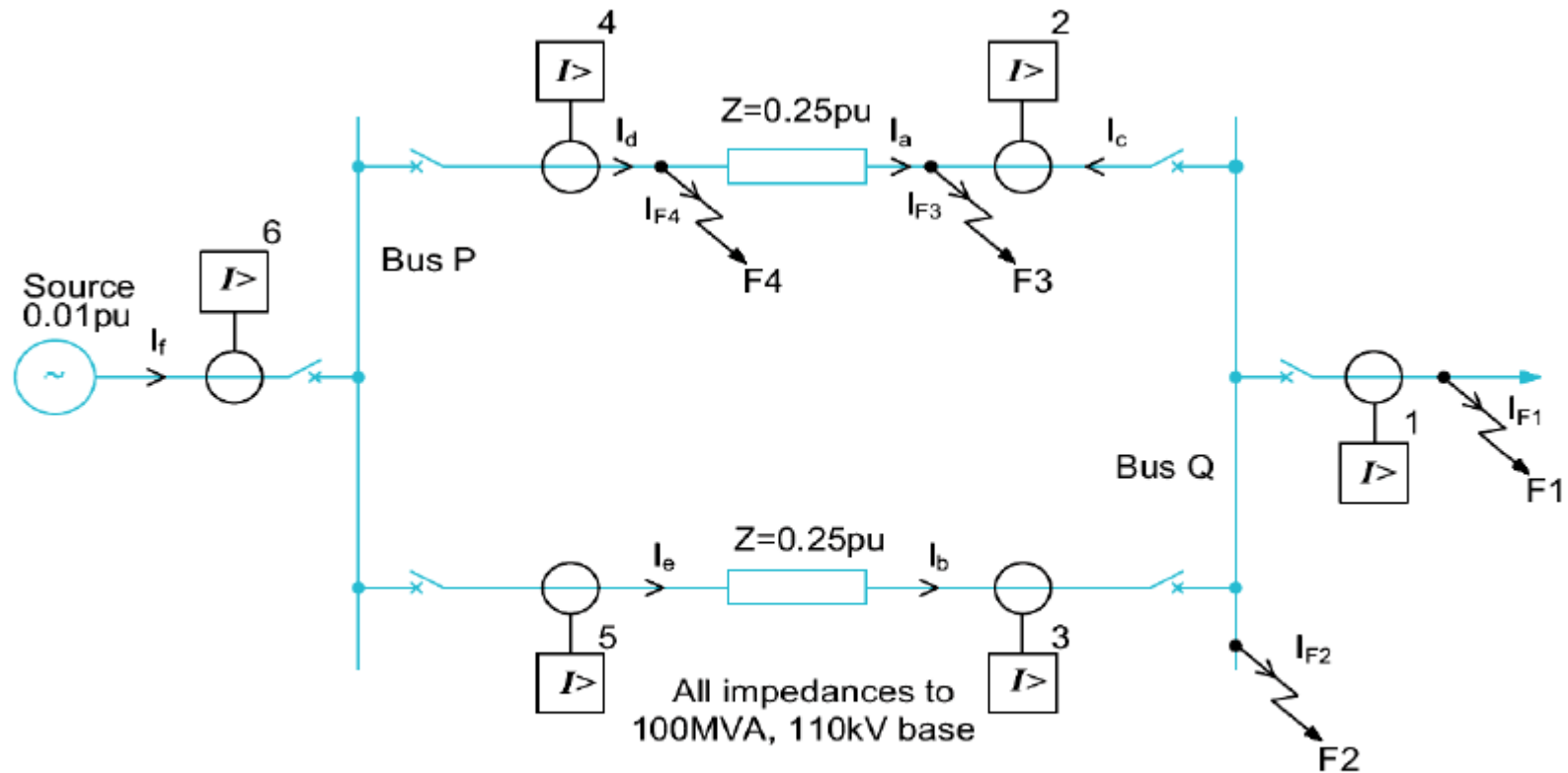
Basic Principle



حفاظت اضافه جريان

Over Current Protection

✓ حفاظت فيدرهای موازی



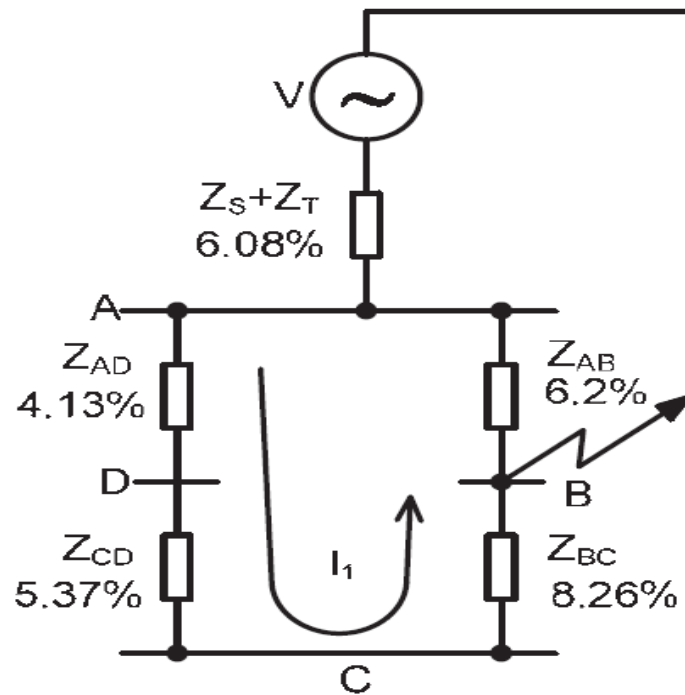
(b) Impedance diagram

مقادير پایه: 100MVA, 110kV

حفاظت اضافه جریان

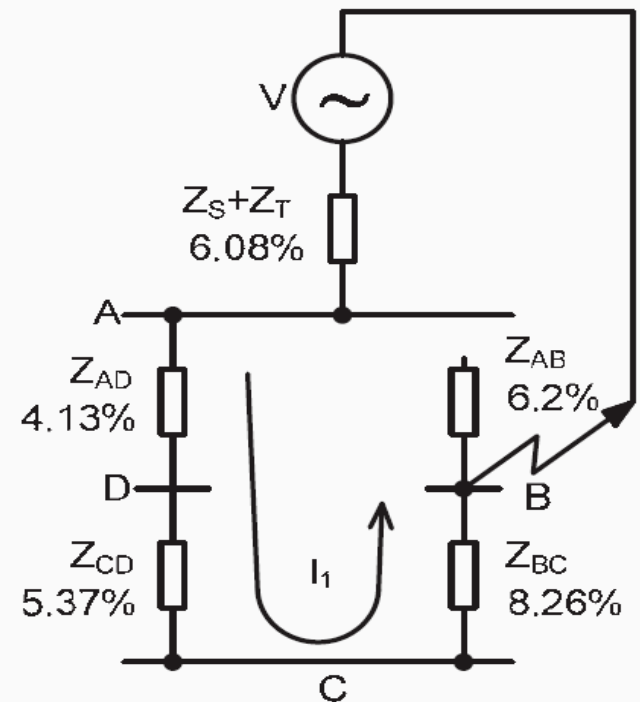
Over Current Protection

✓ حفاظت فیدرهای موازی



$$I_1 = \frac{V}{Z_S \left\{ 1 + \frac{Z_{BC} + Z_{CD} + Z_{AD}}{Z_{AB}} \right\} + Z_{BC} + Z_{CD} + Z_{AD}}$$

(a) Ring closed



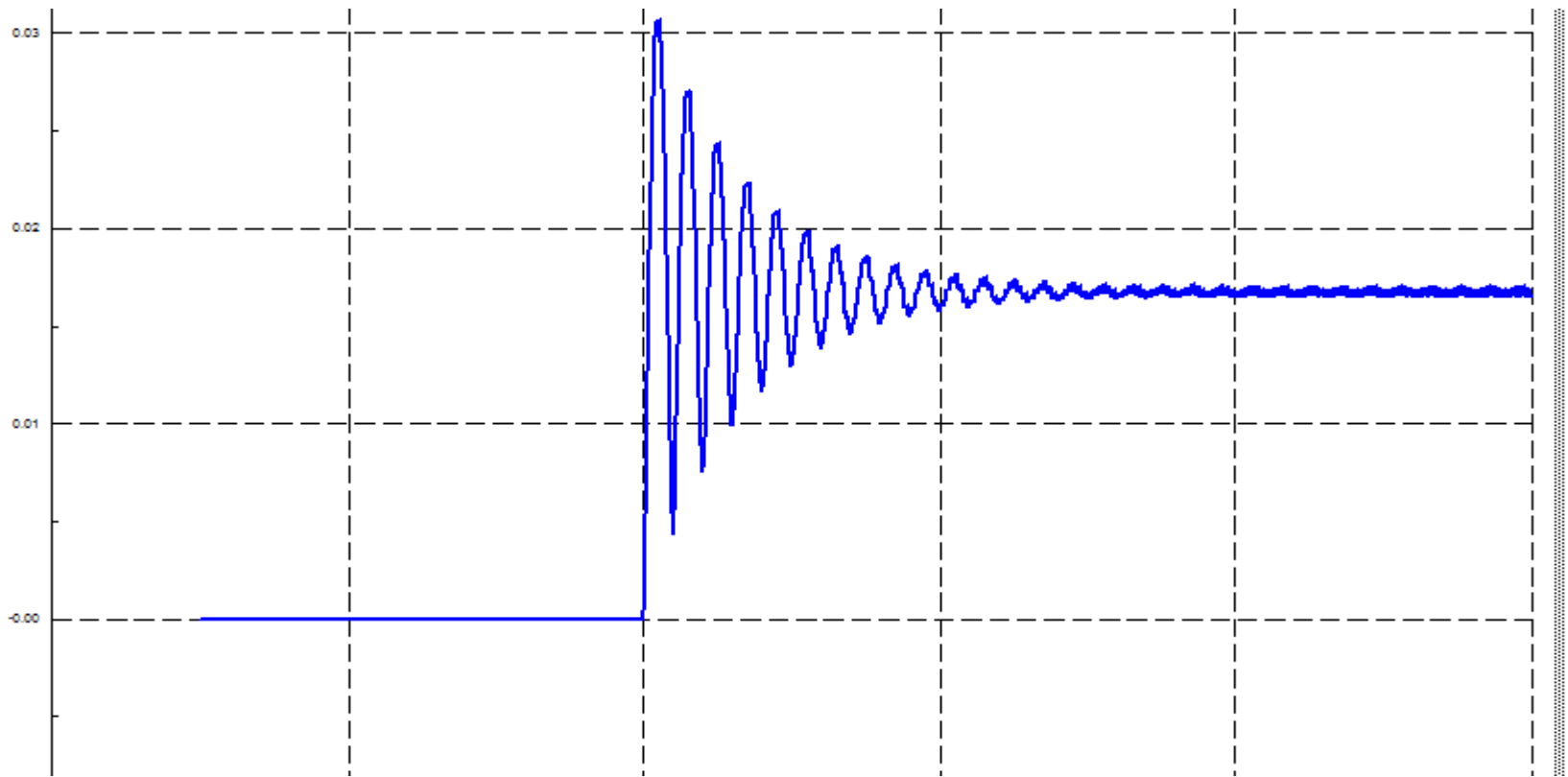
$$I'_1 = \frac{V}{Z_S + Z_{BC} + Z_{CD} + Z_{AD}}$$

(b) Ring open at CB1

حفاظت اضافه جریان

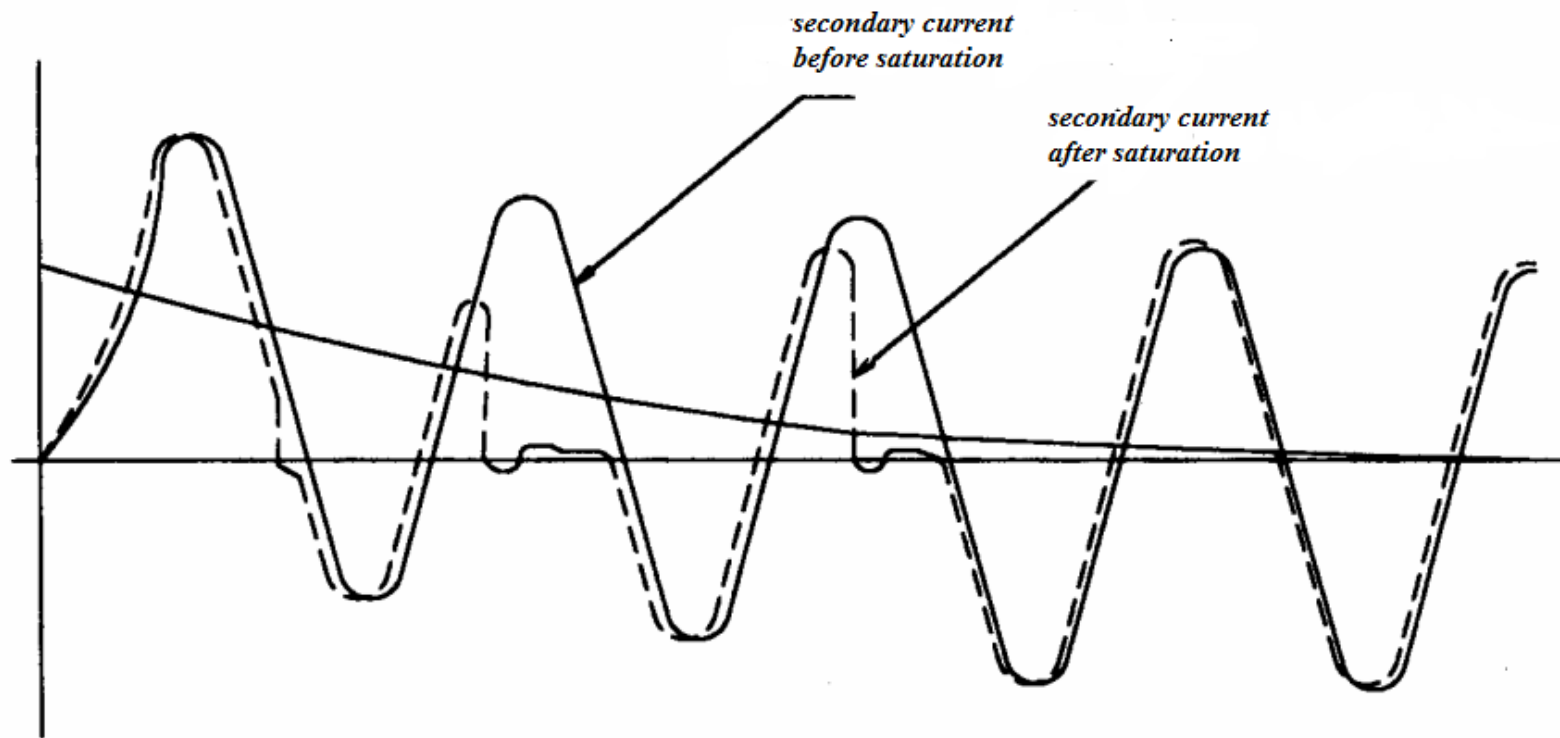
Over Current Protection

تحقیق ۱- اثر جریان هجومی ترانس بر عملکرد رله های اضافه جریان



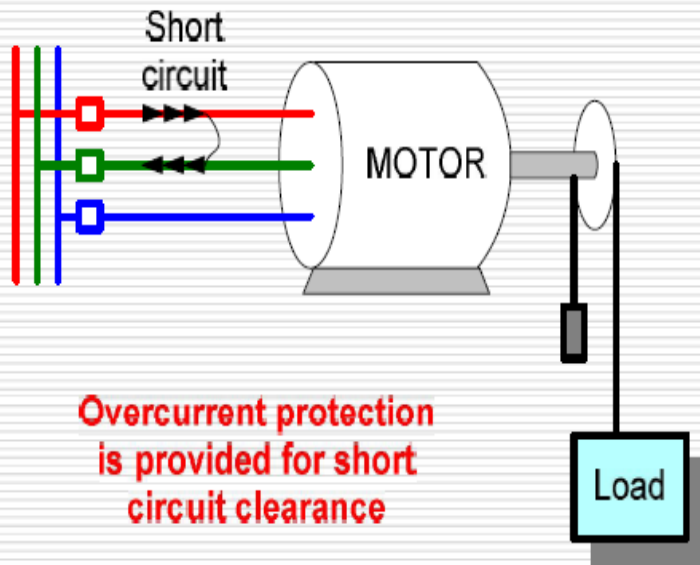
حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

تحقیق ۲- اثر اشباع ترانسفورماتور جریان بر عملکرد رله های اضافه جریان

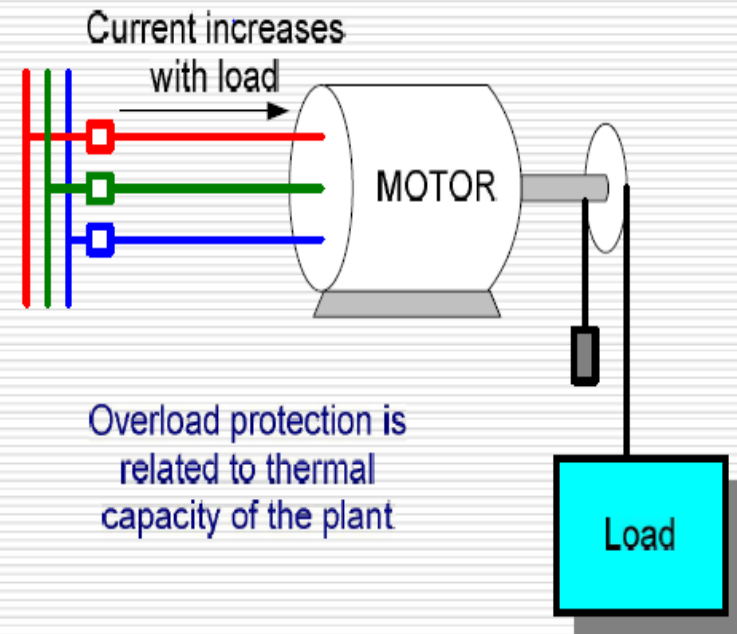


Over Load و Over Current تفاوت بین

OVERCURRENT CONDITION



OVERLOAD CONDITION

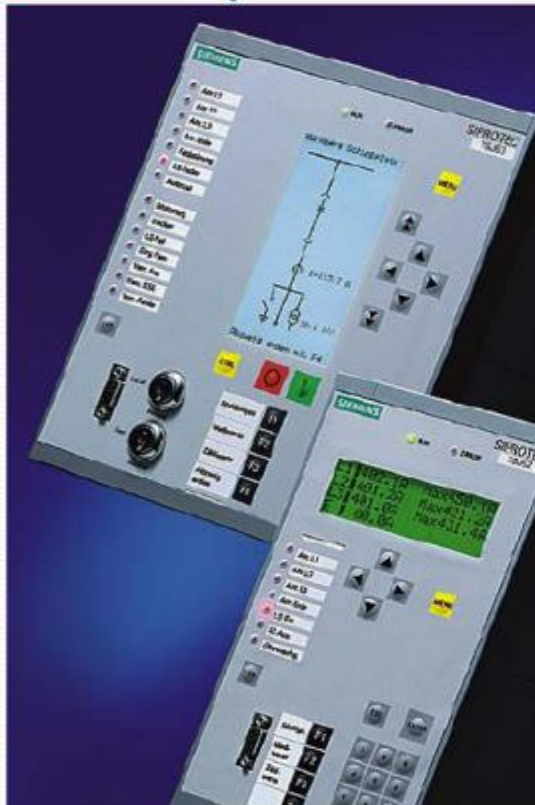


حفاظت اضافه جریان

Over Current Protection

7SJ62/63/64

رله های جریانی زیمنس



7SJ6000



➤ نرم افزار رله های زیمنس :

Digsi



حفاظت اضافه جریان □ Over Current Protection

رله های جریانی ABB

SPAA 341 C



REX 521



➤ نرم افزار رله های ABB :

CAP540 , CAP505

رله های جریانی Areva

Micom P12x



MCGG 82/62/22



➤ نرم افزار رله های Areva:

Micom S1