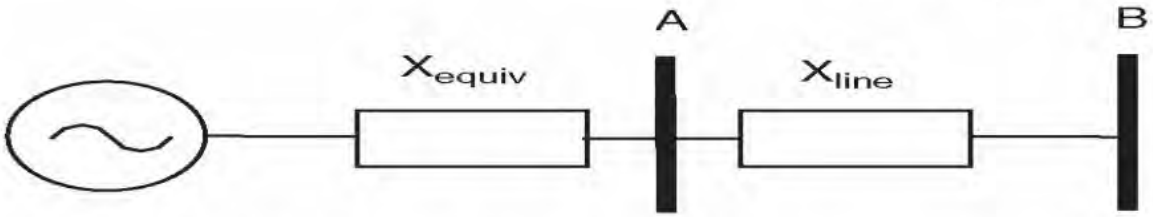
مقدمه

- خطاهای اتصال کوتاه خطوط انتقال یکی از شایع ترین نوع خطاها
- محدوده جریان خطا، تأثیر بارها، جهت خطا و تأثیر آرایش سیستم بر رله گذاری
- از آنجا که خطوط انتقال به هم متصل هستند لذا حفاظت خطوط مختلف باید با هم هماهنگ باشد (هماهنگی رله‌ها)
- اثر طول خط انتقال بر سیستم حفاظت



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

Long Line $X_{line} >> X_{equiv}$

- با افزایش سطح ولتاژ، سیستم حفاظت پیچیده تر خواهد شد

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

وسایل و تجهیزات قابل کاربرد برای خطوط به ترتیب پیچیدگی وهزینه عبارتند از :

۱- فیوزها

۲- سکسیونر (Sectionalizer) و ری کلوزر

۳- رله های اضافه جریان لحظه ای

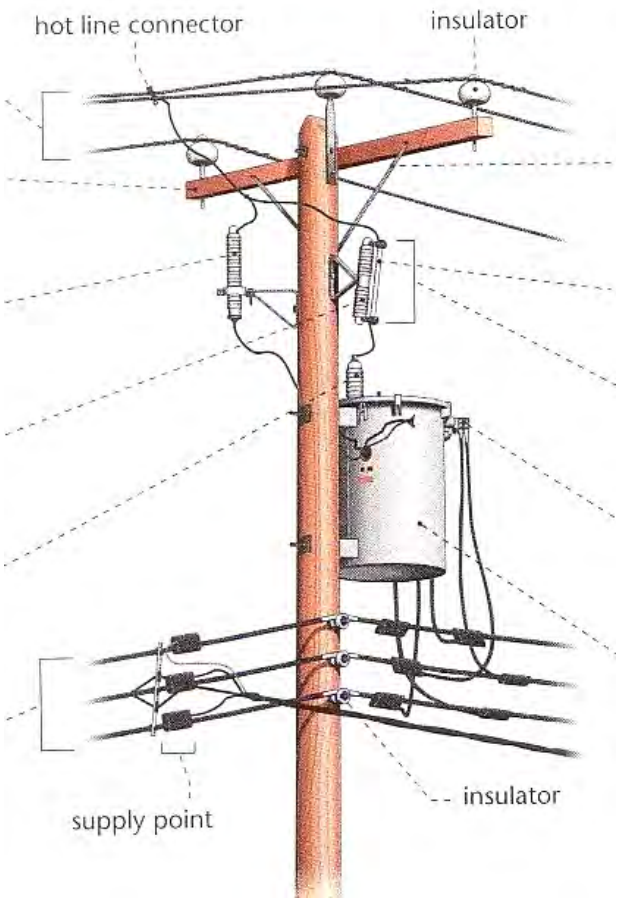
۴- رله های اضافه جریان معکوس با تاخیرزمانی

۵- رله اضافه جریان جهت دار

۶- رله های دیستانس

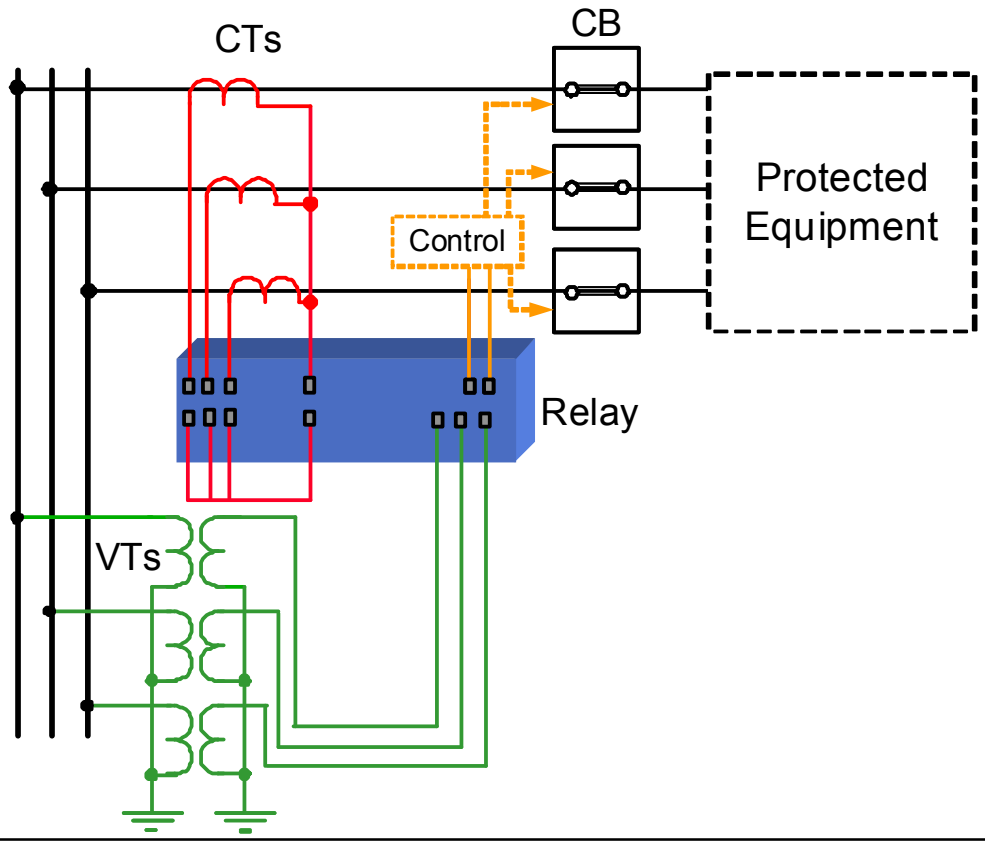
۷- pilot

The Fuse

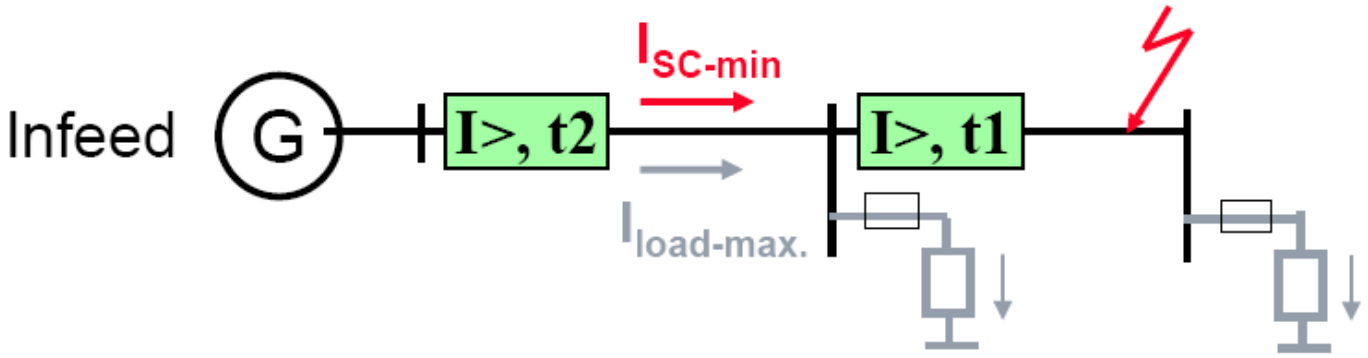


تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

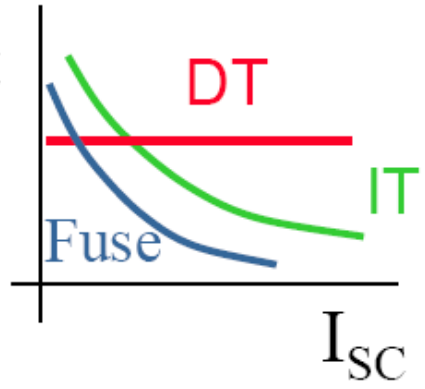
Three-Phase Diagram of the Protection Team



Applicable when: $I_{SC\text{-}min} > 2{,}5 \times I_{load\text{-}max.}$



Add-on criterion: Time (t) (to gain selectivity)

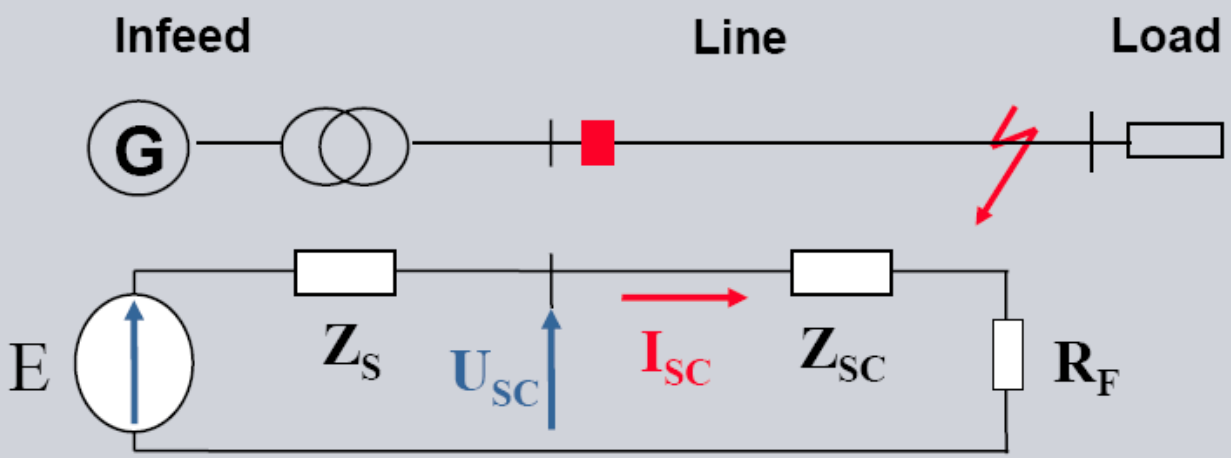


Protection methods:

Fuse

Definite time (DT) over-current relay

Inverse time (IT) overcurrent relay



$$E = \frac{1{,}1 \times U_N}{\sqrt{3}} \qquad Z_S = \frac{U_N^{\,2}}{S_K''} \qquad Z_{SC} = z_L'[Ohm/km] \times l(km)$$

$$\underline{I}_{SC\text{-}3\text{-}ph} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_S + \underline{Z}_{SC} + R_F}$$

Example (R_F neglected):

$$E = \frac{1{,}1 \times 110kV}{\sqrt{3}} = 70kV$$

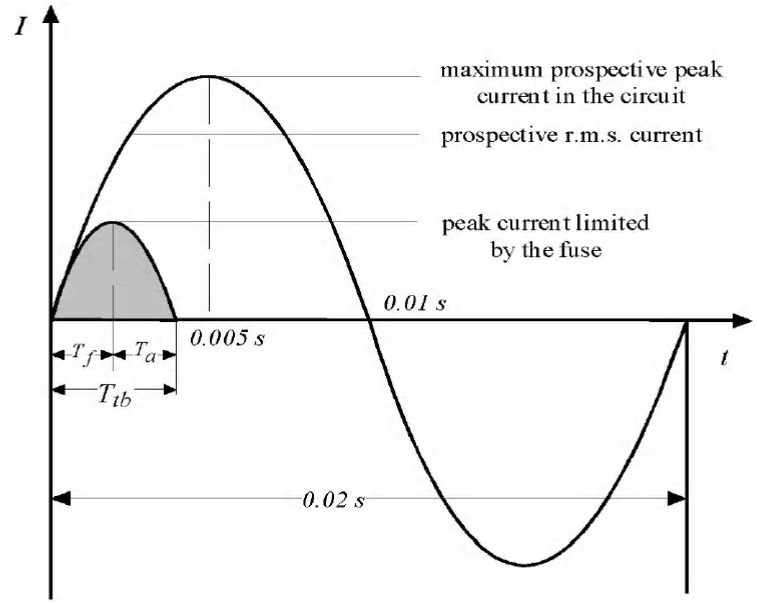
$$Z_S = \frac{110kV^2}{5000MVA} = 2{,}4Ohm$$

$$Z_{SC} = 0{,}4[Ohm/km] \times 20(km) = 8Ohm$$

$$\underline{I}_{SC\text{-}3\text{-}ph} = \frac{70\text{kV}}{(2{,}4 + 8{,}0)\text{Ohm}} = 6{,}7\text{kA}$$

- Short-circuit power of the infeed (source impedance Z_S)
- Line impedance to fault location (short-circuit impedance Z_{SC})
- Fault resistance (R_F)
- Neutral earthing (earth current limitation, e. g. to 2 kA)

فیوز – ری کلوزر– سکسیونر (Fuse, sectionalizer, recloser)



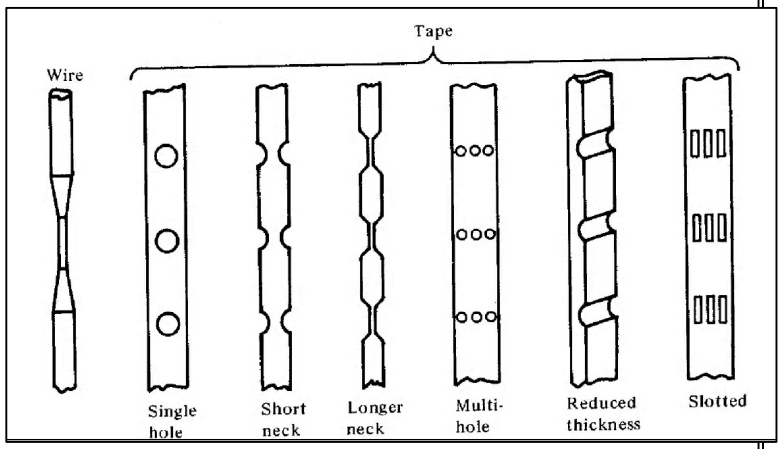
T_f : fusing time (pre-arc)

T_a : arcing time

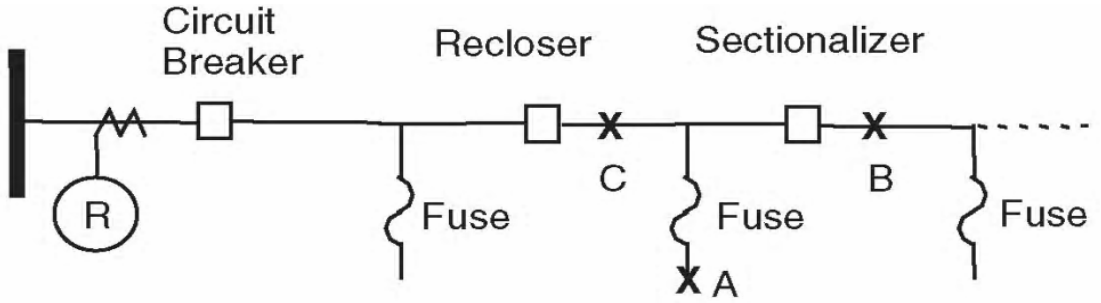
T_{tb} : total breaking time

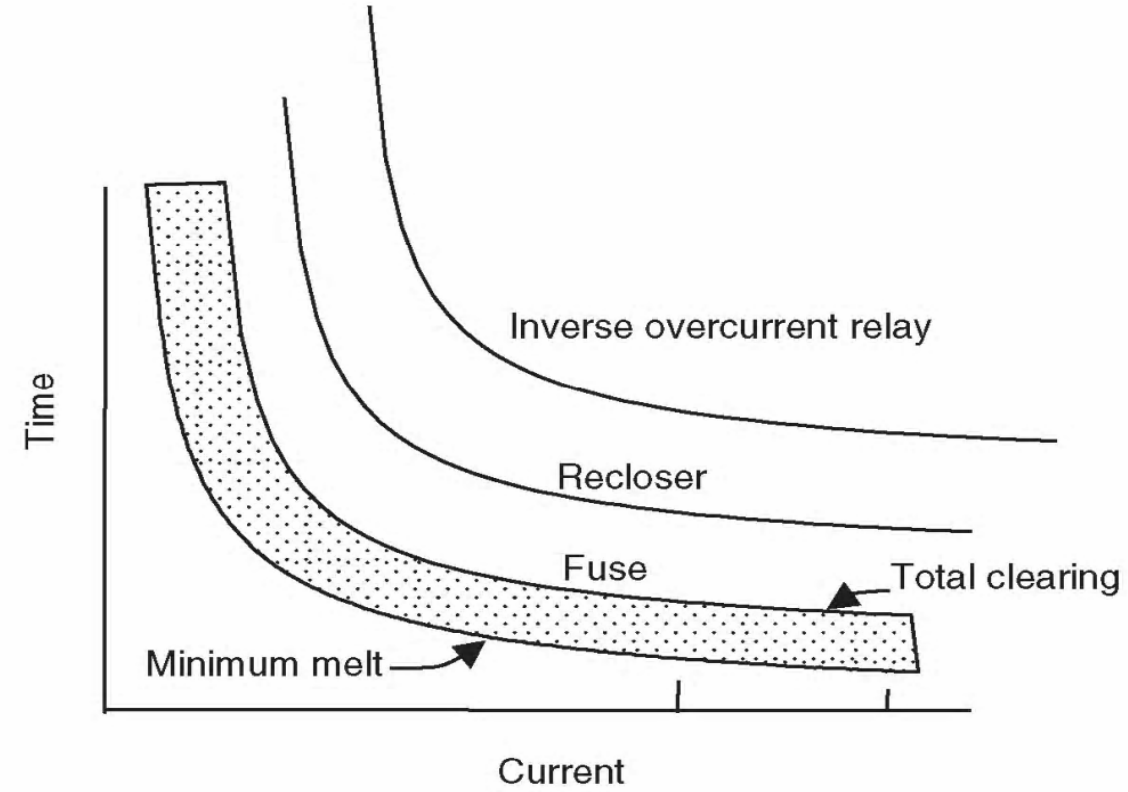
حداقل زمان ذوب فیوز عبارت است از فاصله بین زمان شروع جریان و ذوب شدن المان ذوب شونده و لحظه ای که قوس اتفاق می افتد .

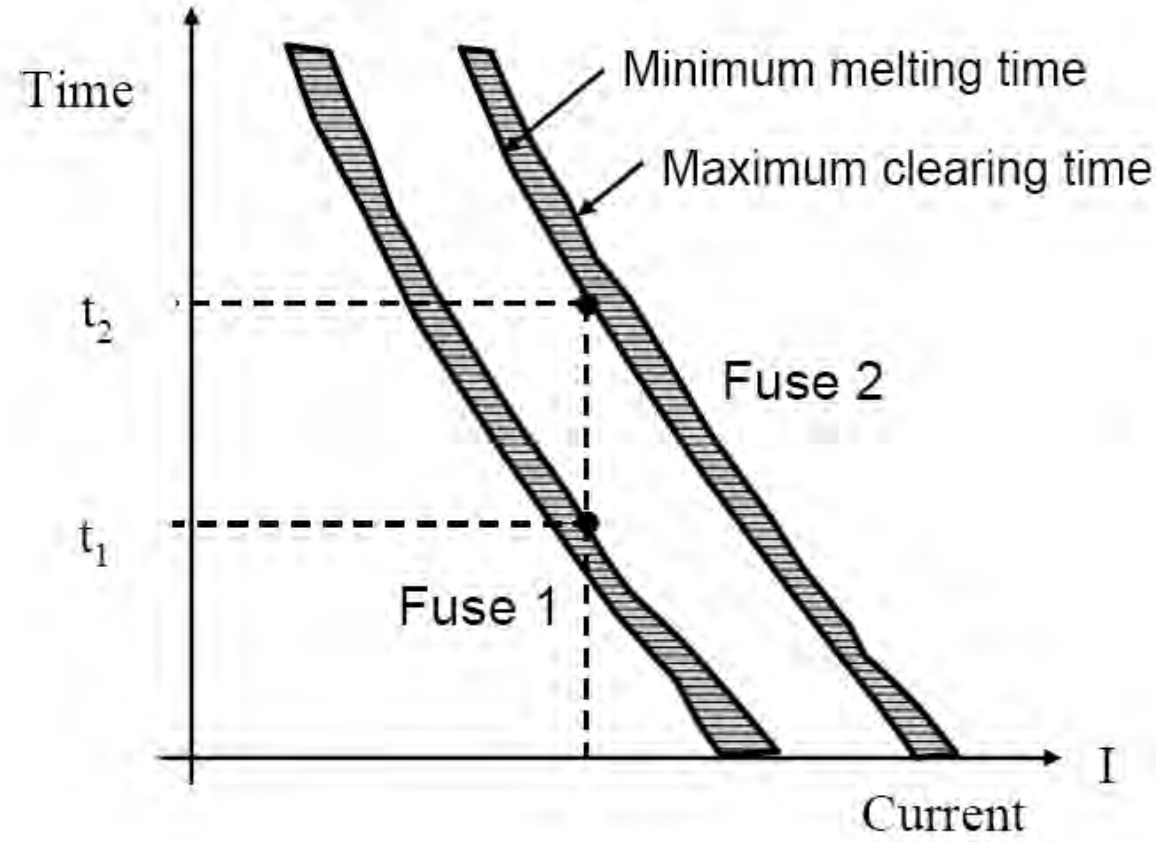
زمان پاکزدائی نهایی عبارت است از زمان بین شروع اضافه جریان و قطع نهایی مدار توسط فیوز.

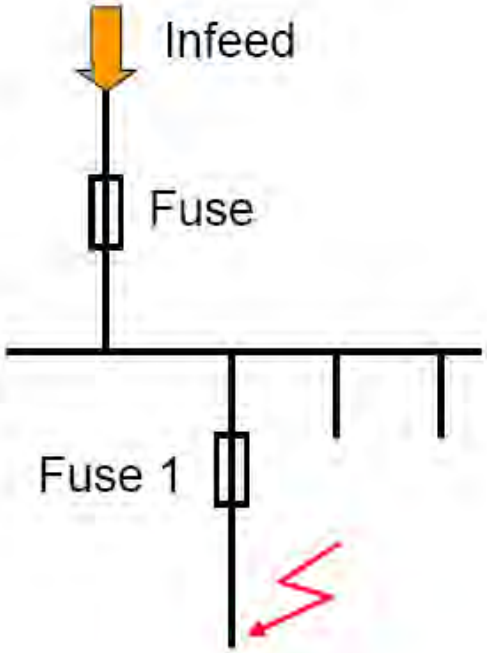


تهیه کننده: دکتر عباس کتابی


Circuit Breaker
Recloser
Sectionalizer
R
Fuse
C
Fuse
A
B
Fuse


Inverse overcurrent relay
Recloser
Fuse
Total clearing
Minimum melt
Time
Current

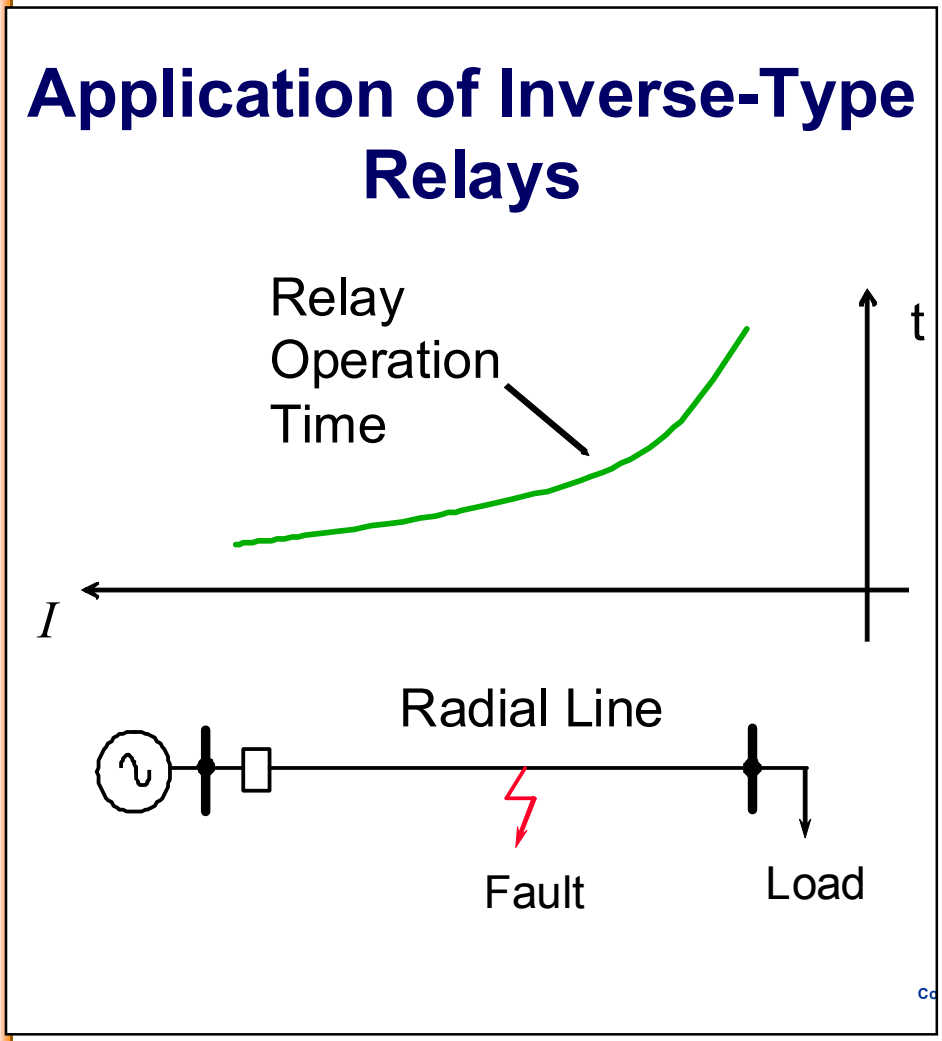




Criteria for fuse-fuse coordination: $t_1 < 0.75\ t_2$

The maximum clearing time of main fuse 1 should not exceed 75% of the minimum melting time of the backup fuse 2.

رله اضافه جریان



رله های اضافه جریان با مشخصه زمانی معکوس:

کاربردها

۱-حفاظت زمین و حفاظت فاز سیستم های توزیع شعاعی

۲- استفاده در شبکه های صنعتی و فوق توزیع که استفاده از حفاظتهای گران قیمت مثل رله های دیستانس و پایلوت توجیه اقتصادی ندارد.

تنظیمات

✓ **جریان راه اندازی** (*Pickup*)

جریان *pickup* حداقل جریانی است که رله با آن فعال می شود.

با توجه به حداکثر بار و حداقل جریان خطای خط در سمت اولیه و لحاظ نسبت دور و فاکتور تصحیح ضریب خطای *CT* **در سمت ثانویه، جریان پیک تعریف می شود.**

رله اضافه جریان

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 CO8 Inverse	$t = \frac{TD}{7}\left[\left(\frac{5.95}{I_r^{2}-1}\right)+0.18\right]$
US CO2 Short Time Inverse	$t = \frac{TD}{7}\left[\left(\frac{0.02394}{I_r^{0.02}-1}\right)+0.01694\right]$

$Ir = I / Is$

Where:

I = Measured current

Is = Relay setting current

TMS = Time Multiplier Setting

TD = Time Dial setting

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	$t = TMS \times \frac{120}{I_r-1}$

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

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

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

رله اضافه جریان

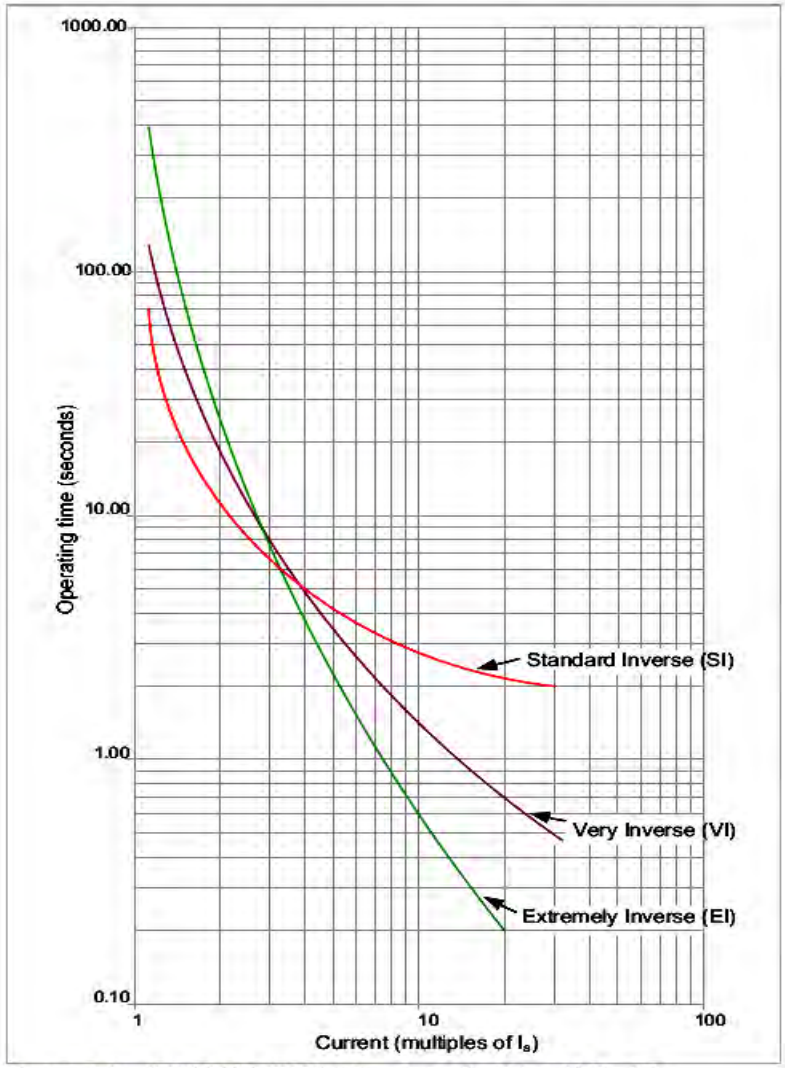


Figure 9.4: IEC 60255 IDMT relay characteristics; TMS=1.0

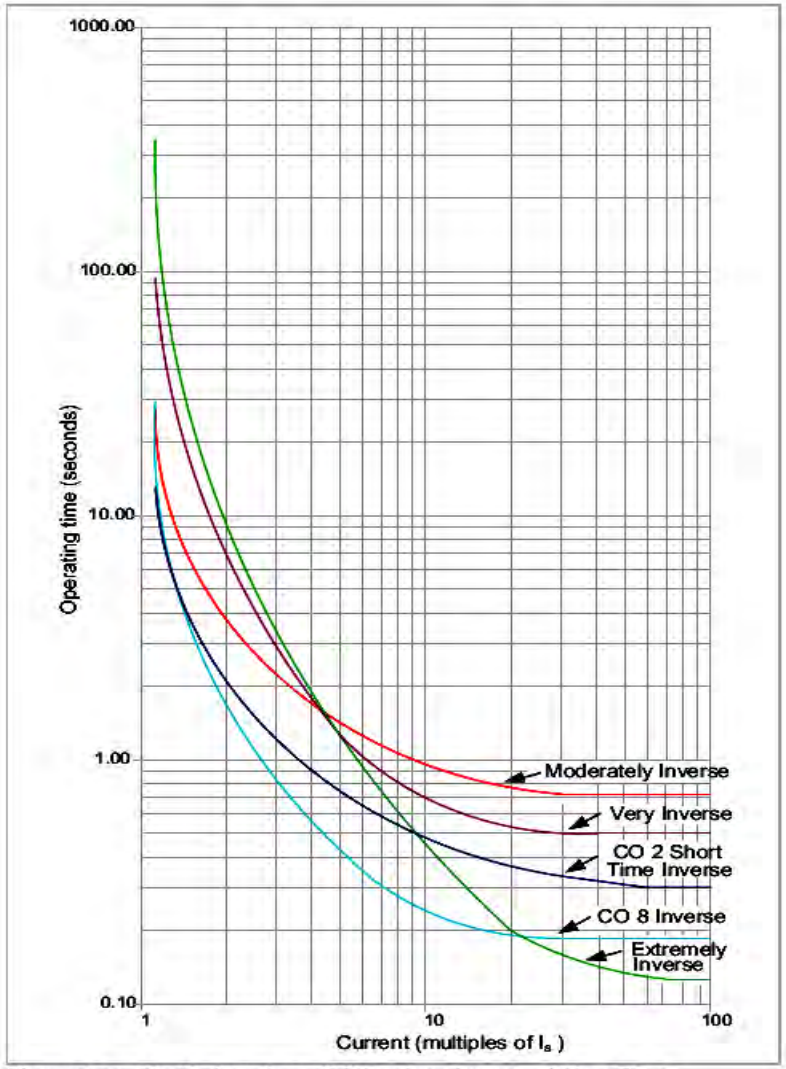


Figure 9.5: North American IDMT relay characteristics; TD=7

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

رله اضافه جریان

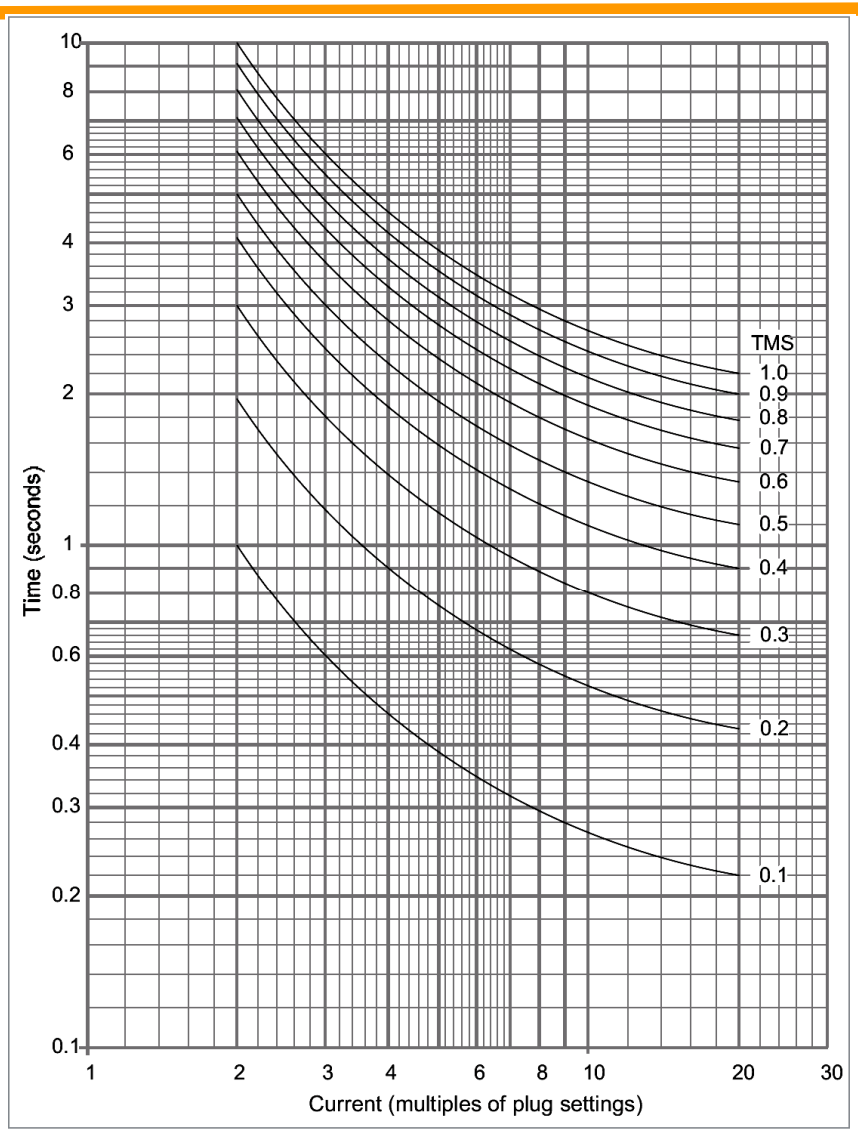


Figure 9.6: Typical time/current characteristics of standard IDMT relay

رله اضافه جریان

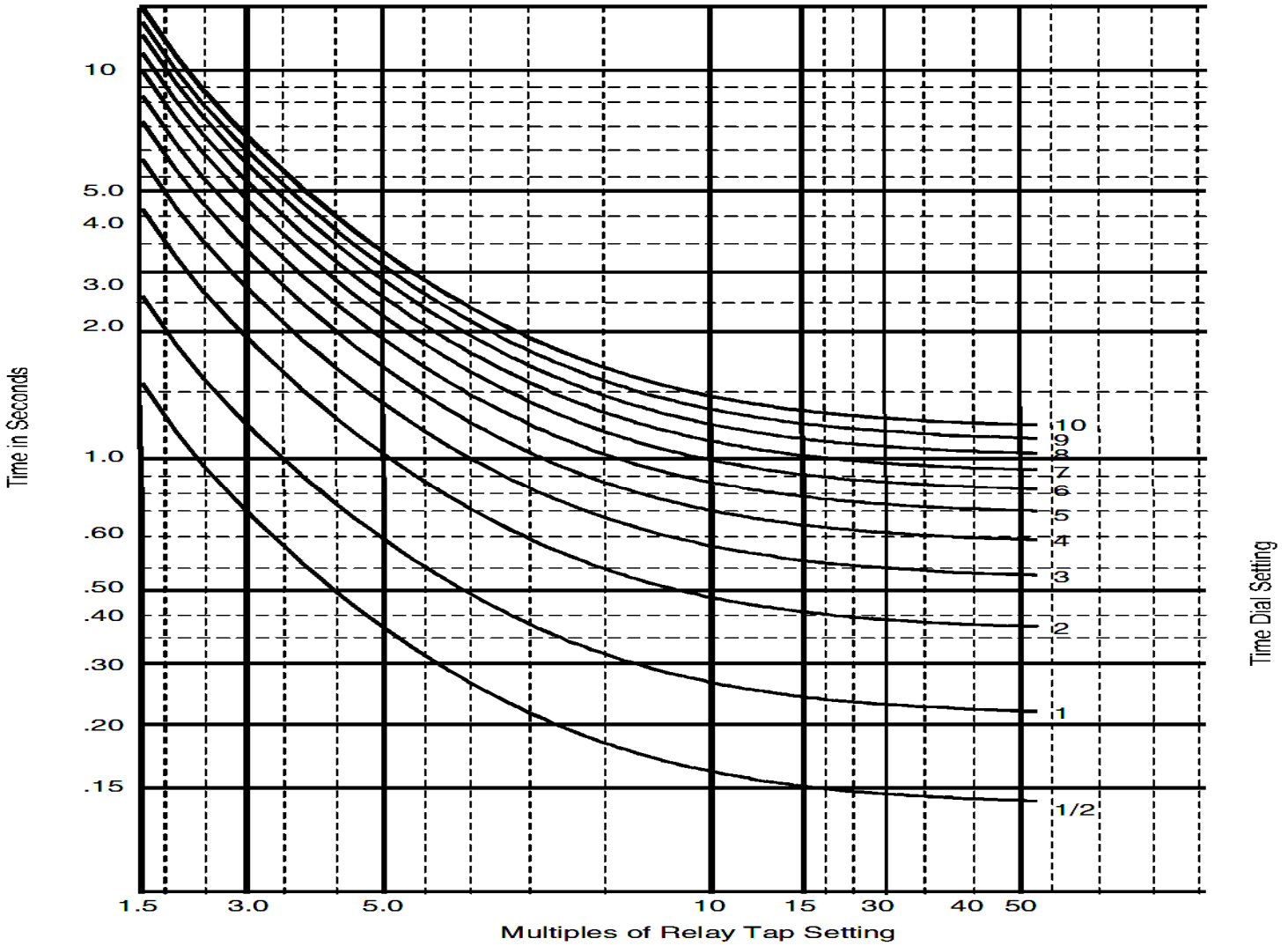


Figure 4.5 Time-delay overcurrent relay operating characteristic

(15)

*مثال :*با توجه به شکل ٤-٥ زمان عملکرد یک رله با جریان راه اندازی ٤ آمپر وشماره منحنی زمانی ١ را برای جریان ١٢ آمپر حساب کنید:

$12/4=3^{pu}$

اگر روی منحنی مربوطه (١) حرکت کنیم زمان عملکرد برابر ١.٣٧٥ثانیه به دست می آید.

مثال:

شماره منحنی زمانی را برای یک رله با پیک آپ ^{A}١٠ و زمان عملکرد دلخواه ١ ثانیه در جریان عملکرد ^{A}٥٠ بدست آورید.

$50/10=5^{pu}$

حال باید دید این جریان روی کدام منحنی زمان ١ ثانیه را قطع می کند که با توجه به شکل ، منحنی شماره٢ می باشد.

نحوه محاسبه جریان راه اندازی برای رله اضافه جریان:

رله های فاز:

محاسبه ماکزیمم جریان بار

محاسبه حداقل جریان خطا (خطای فاز به فاز در شرایط تولید کم)

☜ *رله بین دو برابر حداکثر جریان بار و یک سوم حداقل جریان خطا تنظیم می شود .*

رله های حفاظت زمین:

باید تمام خطاهای فاز به زمین را در ناحیه حفاظتی رله دیده شود (تحت شرایطی که جریان خطا حداقل است).

☜ *جریان راه اندازی بین دو برابر جریان زمین نرمال و ۱/۳ حداقل جریان خطا تنظیم میشود* (جریان نرمال زمین ناشی از نامتعادلی های طبیعی موجود در فازها و بارهاست).

☜ *اگر اطلاعات جریان نرمال وجود نداشته باشد، مقدار آن ۱۰٪ جریان بار فرض میشود.*

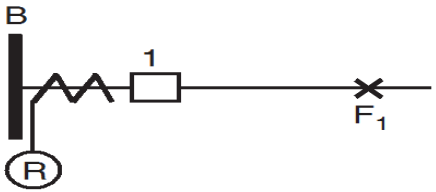
Location	Fault Current (A)		Maximum Load Current (A)	CT Ratio	Relay Current Setting		Relay Time Multiplier Setting
	Maximum	Minimum			Per Cent	Primary Current (A)	

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

رله اضافه جریان

مثال:

با توجه به شکل زیر نسبت دور CT و مقدار جریان پیک آپ و شماره منحنی زمانی را برای رله مربوط به بریکر۱ راحساب کنید. ماکزیمم جریان بار ۹۵^{A} است و حداقل جریان خطا ۶۰۰^{A} و حداکثر جریان خطا ۱۰۰۰^{A} است. رله دارای تپ های۴،۶،۸،۱۰ و ۱۲ آمپری برای جریان راه اندازی است.



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

حل:

نسبت CTطوری انتخاب میشود که برای جریان حداکثر بار (۹۵^{A})در ثانویه جریان ۵^{A} باشد، لذا:

$95/5=19:1$

ولی چون در استاندارد چنین CTنیست از نسبت دور 20:1که همان 100:5 است استفاده میشود.

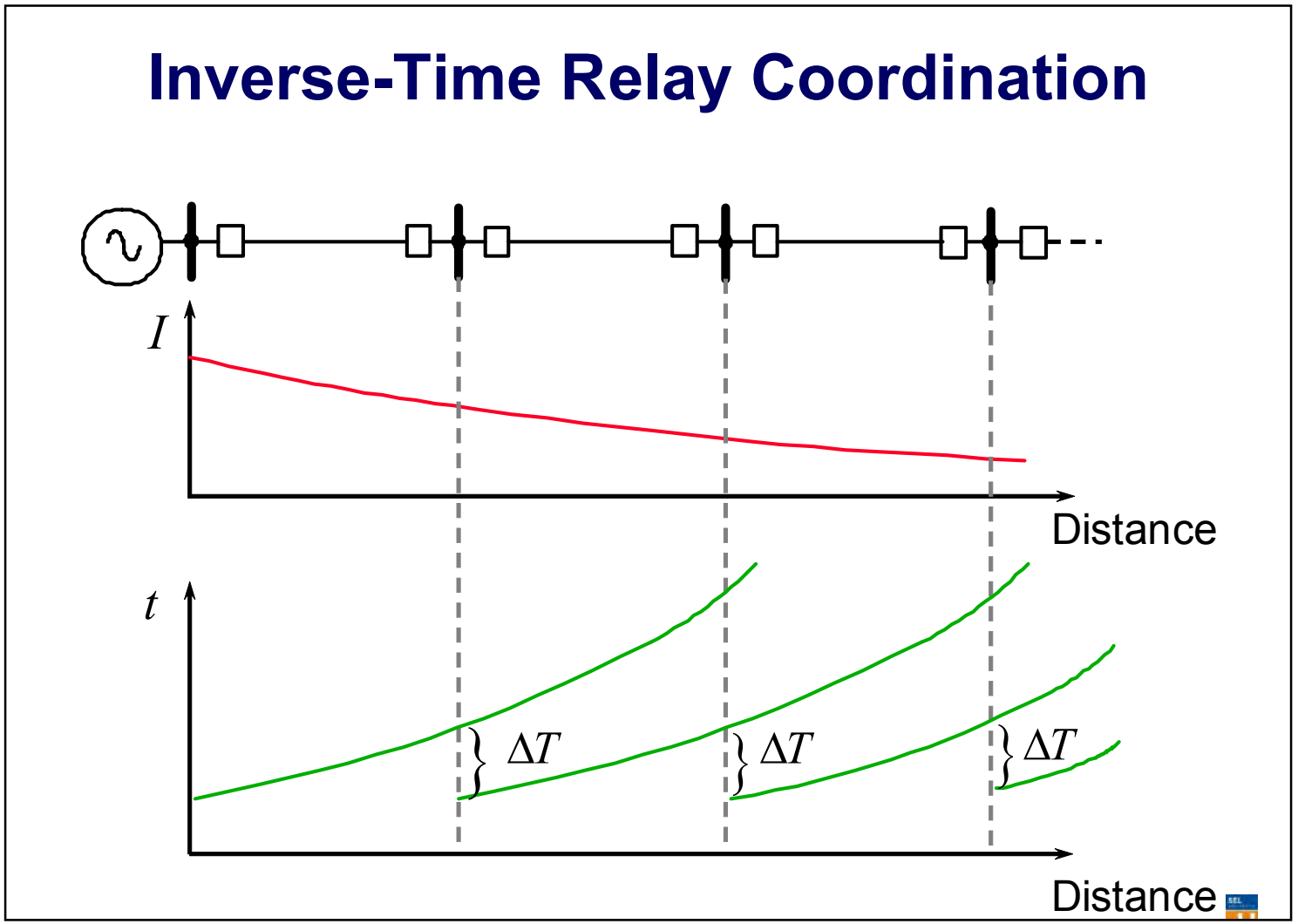
برای تنظیم پیک آپ رله:

$2*Max\ Load\ Curent=2*95=190 \rightarrow 190/20=9.5^{A}$ ثانویه

$1/3*Min\ Fault\ Curent=600/3=200 \rightarrow 200/20=10^{A}$ ثانویه

پیک آپ باید بین این دو مقدار باشد که تپ ۱۰ انتخاب میشود که البته جریان پیک آپ اولیه ۲۰۰ آمپر شده و رله به ازای این جریان عمل کند.

دقت شود که بحث هماهنگی وجود ندارد ولذا شماره منحنی زمانی را در حداقل شماره زمانی (½) تنظیم میشود.


Inverse-Time Relay Coordination
I
Distance
t
ΔT
ΔT
ΔT
Distance

اصول هماهنگی بین رله ها:

(principle of relay coordination)

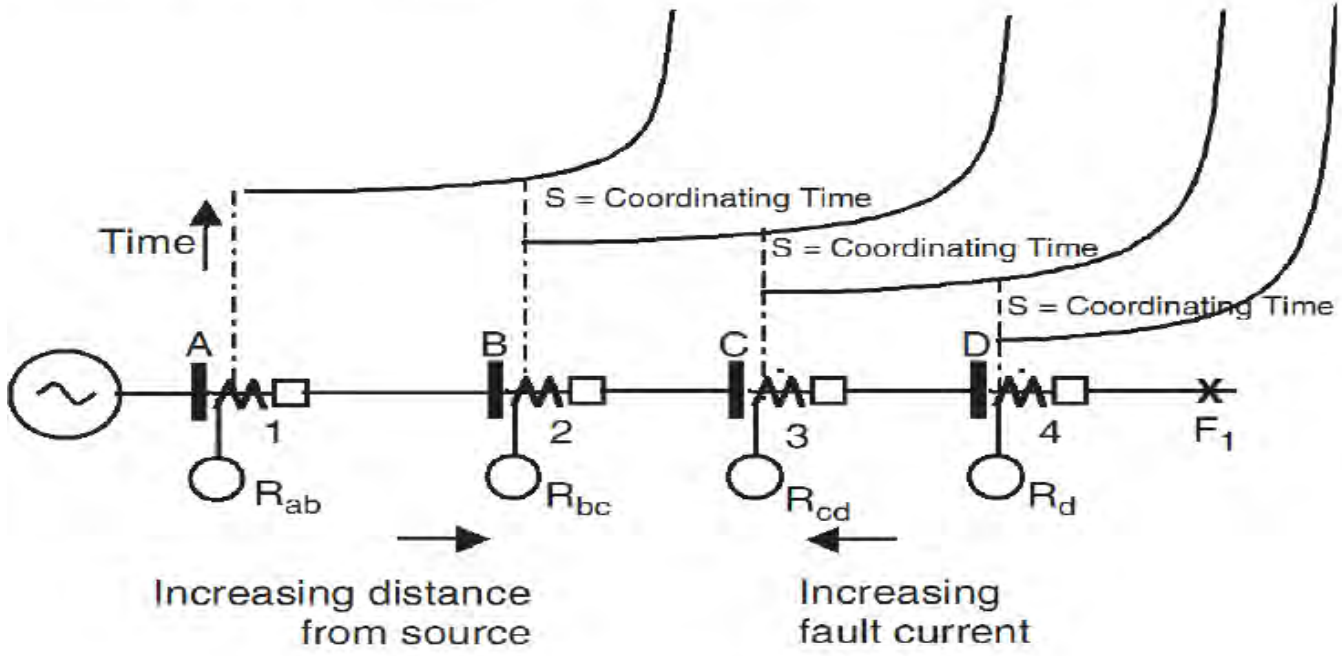


Figure 4.7 Relay coordination principles

زمان هماهنگی برای هر رله بین ۰.۳ تا ۰.۵ ثانیه می باشد.

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

مثال:

سیستم شعاعی زیر که از دو قسمت تشکیل شده است را در نظر بگیرید.

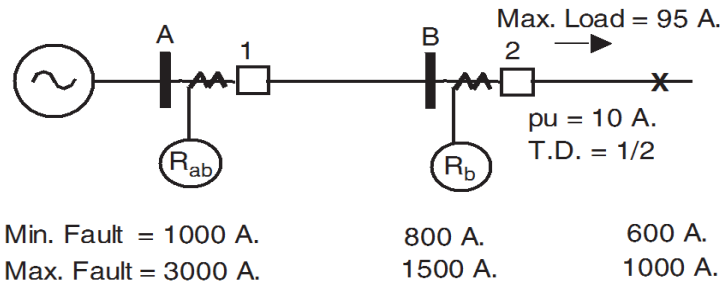


Figure 4.9 Time-delay overcurrent relay setting and coordination

بخش دور تر به منبع همان سیستم مثال قبل می باشد. رله ی خط نزدیک به منبع هم باید خط خود را محافظت کند و هم در صورت امکان به عنوان پشتیبان برای خط بعد عمل کند لذا جریان پیک آپ رله باید همان پیک آپ رله پایین دست باشد ولی درتنظیم تاخیر زمانی آن باید هماهنگی را در نظر گرفت .

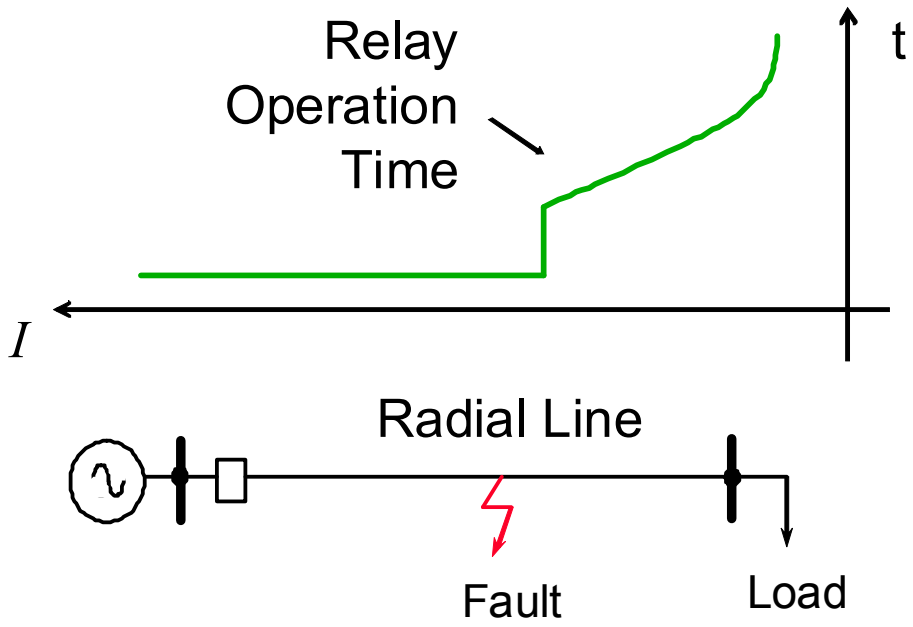
این تنظیم زمانی بر اساس شرایطی باشد که حداکثر جریان را داریم مثلاً فرض کنیم خطای سه فاز رخ داده و تولید در حالت حداکثر خود است . در یک سیستم شعاعی ، همه رله ها که قرار است هماهنگ شوند باید برای یک جریان (حداکثر جریان) تنظیم شوند .

در مثال قبل مقدارpick up رله Rb برابر ۱۰A بدست آمد و شاخص زمانی روی 1/2 تنظیم شد. از نظر تئوری برای اطمینان از پشتیبانی از ، بایدروی همان پیک آپ ولی در روی منحنی بالاتر (سرعت پایین تر) تنظیم شود. برای حداکثر جریان خطا در باس B یعنی ۱۵۰۰A داریم :

1500/200=7.5A

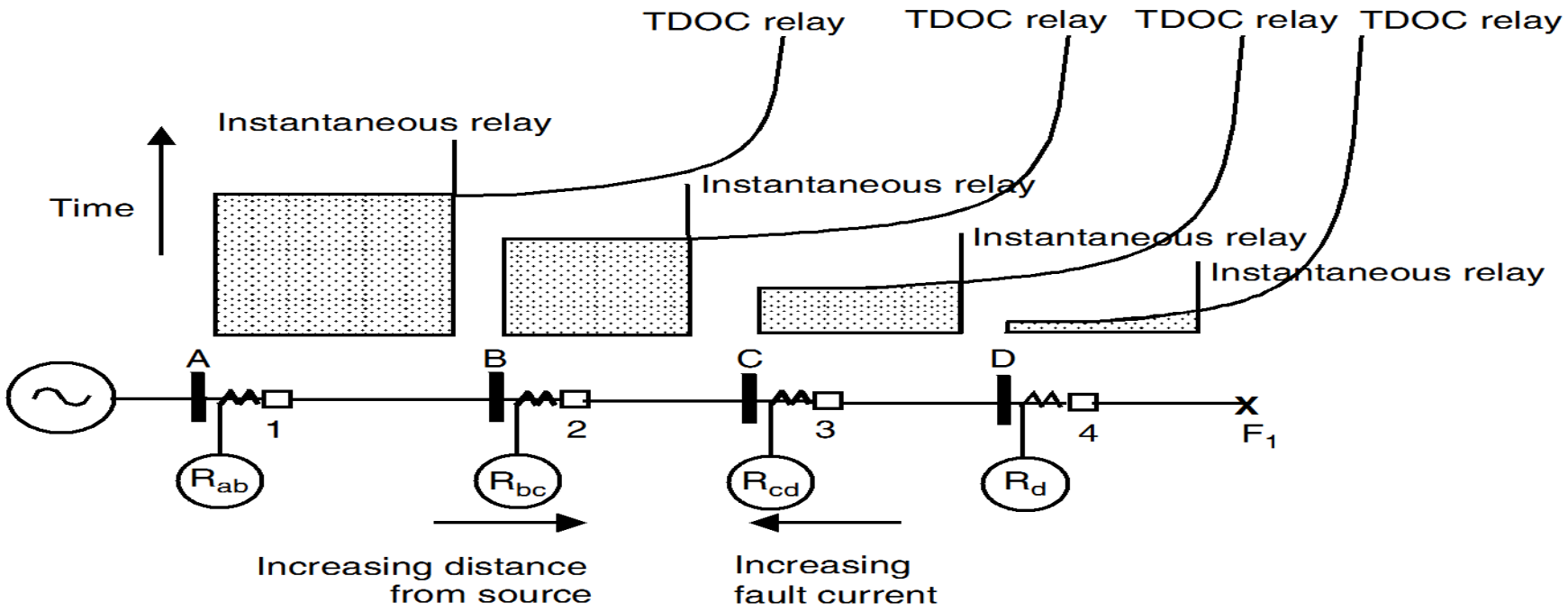
در واقع ۱۵۰۰A سمت اولیه است که با اتصال به ثانویه (100:5)می شود ۷۵ وبا تقسیم برI_{pickup} ، 7.5pu می شود. حال برای شاخص زمانی 1/2 با توجه به شکل ۴-۵ رله در 0.25 ثانیه عمل می کند . حال با افزایش 0.3 ثانیه جهت هماهنگی و تاخیر زمین رله و زمان عمل رله برای این مقدار جریان 0.55 ثانیه خواهد شد که با مراجعه به شکل برای همان مقدار جریان خطا (7.5pu)و زمان 0.55 ثانیه محل تقاطع بین منحنی های ۱ و ۲ است که می توان با تنظیم شاخص در ۱.۵ به چنین منحنی دست یافت .

Addition of Instantaneous OC Element



رله های اضافه جریان لحظه ای

اگر خطایی بین باس های نزدیک به منبع رخ دهد، رله معکوس زمانی خطا را با تاخیر قطع میکند و لذا ممکن است تجهیزات آسیب ببینند. در این صورت به همراه رله های تاخیر زمانی از رله های لحظه ای استفاده میشود تا در صورت بروز چنین خطائی بلافاصله عمل کرده و خطا را قطع کند . باید در نظر داشت که تنظیم رله طوری می باشد که در کمترین زمان ممکن عمل کرده ولی تنها خطاهای خط خود را می بیند و به خطوط دیگر کاری ندارد و هر خط برای خود رله لحظه ای جداگانه دارد. در اینجا بحث هماهنگی بین رله ها مطرح نیست و این کار را همان رله های تاخیری انجام می دهند.

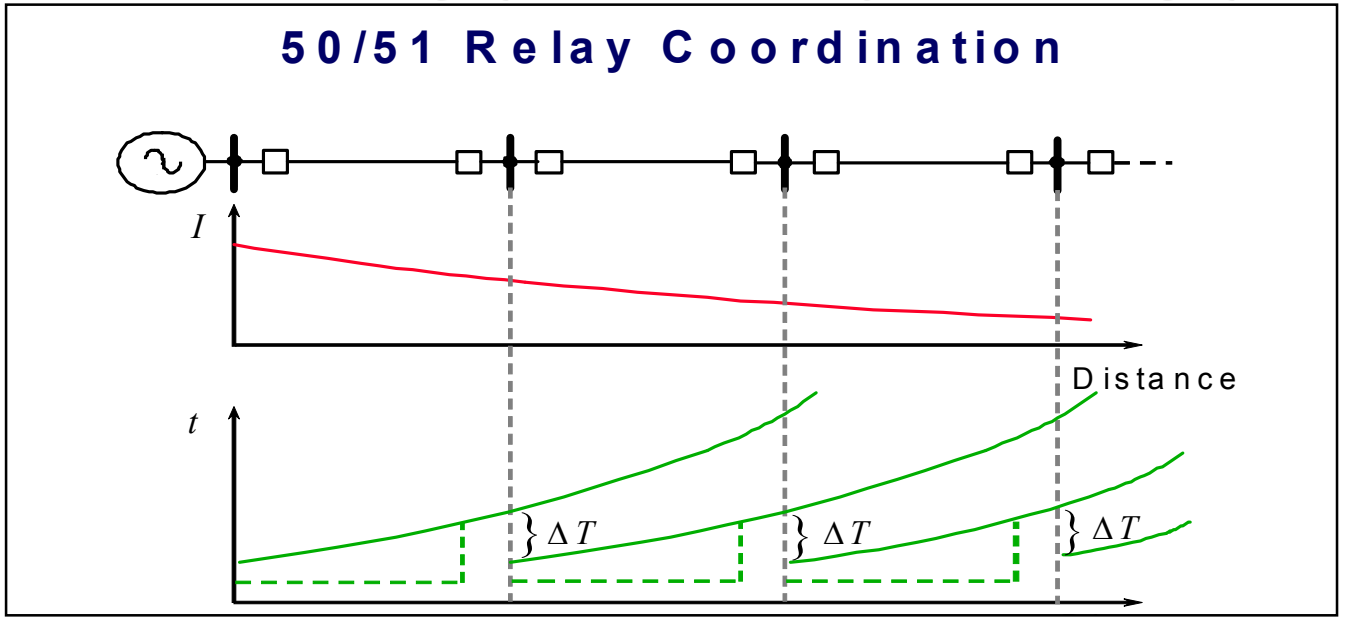


تنظیم رله های اضافه جریان لحظه ای

در محاسبه ی تنظیمات رله های لحظه ای دقیقاً مثل رله های تاخیر زمانی یکسری مفروضات و ساده سازیها در نظر گرفته میشود، بطور مثال برای محاسبه جریان اتصال کوتاه از مقاومت خطوط صرفنظر میشود.

با توجه به اینکه یک رله لحظه ای تنها باید خطاهای روی خط خود را ببیند، لذا جریان اتصال کوتاه محاسبه شده از جریان بار (حتی در حالت بار اضطراری) بیشتر است و لذا نیاز به در نظر گرفتن جریان بار نیست.

☜**جریان راه اندازی رله لحظه ای بین ۱۲۵-۱۳۵ درصد (برای رله های دیجیتالی و الکترونیکی مقدار ۱۱۰٪) بیشتر از بیشترین مقدار جریانی که رله نباید عمل کند، و ۹۰ درصد جریانی که رله باید به ازای آن عمل کند، تنظیم می شود.**



تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

تنظیم رله های اضافه جریان لحظه ای

معیارهای تنظیم رله لحظه ای به محل قرار گرفتن و نوع المان های سیستم تحت کنترل بستگی دارد. سه گروه المان می توان تعریف کرد: خطوط بین پست ها، خطوط توزیع و ترانسفورماتورها

(i)خطوط بین پست ها

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

(ii) خطوط توزیع

برای تنظیم آن ها می توان یکی از دو مقدار زیر را استفاده کرد:

۱. ۵۰ درصد ماکزیمم جریان اتصال کوتاه در نقطه اتصال CTرله

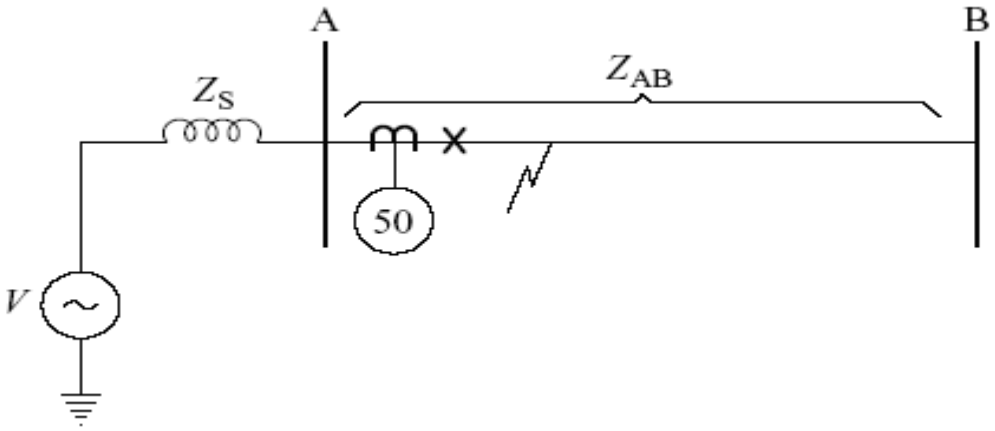
۲. بین ۶ تا ۱۰ برابر بار نامی خط

(iii)ترانسفورماتورها

برای رله طرف فشار قوی بین ۱۲۵ درصد تا ۱۵۰ درصد جریان اتصال کوتاه موجود در باس بار طرف فشار ضعیف که به به طرف فشار قوی منتقل شده تنظیم می شود.

درصد پوشش رله های لحظه ای برای خطوط بین پست ها

درصد پوشش یک رله لحظه ای (X)که یک خط را حفاظت می کند



$$K_i = \frac{I_{pickup}}{I_{end}} \qquad K_s = \frac{Z_{source}}{Z_{element}}$$

$$I_{pickup} = \frac{V}{Z_s + X Z_{ab}}$$

که Vولتاژ در محل CT؛ Z_sامپدانس منبع؛ $Z_{ab} = Z_{elem}$امپدانس المان تحت حفاظت و I_{pickup}مقدار مینیمم جریان برای راه اندازی رله.

$$I_{end} = \frac{V}{Z_s + Z_{ab}} \qquad K_i = \frac{Z_s + Z_{ab}}{Z_s + XZ_{ab}} \Rightarrow X = \frac{Z_s + Z_{ab} - Z_s K_i}{Z_{ab} K_i} \qquad K_s = \frac{Z_s}{Z_{ab}} \Rightarrow X = \frac{K_s(1-K_i)}{K_i}$$

به طور مثال، اگر $K_i=1$و $K_s=1$آن گاه $X=0.6$یعنی حفاظت، ۶۰ درصد خط را پوشش می دهد.

تنظیم رله های اضافه جریان کاهشی

جریان راه اندازی

الف) رله های فاز

$$Pick\text{-}Up\ Setting = (OLF \times I_{nom}) \div CRT$$

که: OLF: ضریب اضافه بار I_{nom}: جریان نای مدار و CTR = نسبتCT

ضریب اضافه باری که برای موتور پیشنهاد می شود برابر با ۱.۰۵ و برای خطوط و ترانسفورماتور ژنراتورها معمولاً در بازه ۱.۲۵ تا ۱.۵ می باشد. در سیستم های توزیع ضریب اضافه باری می تواند روی ۲ تنظیم شود. در هر صورت I_{nom} باید از ظرفیت حرارتی هادی ها کمتر باشد.

ب) رله های زمین

برای رله های خطای زمین، تنظیمات راه انداز با ماکزیمم مقدار عدم تعادل که در یک سیستم تحت شرایط عملکرد نرمال وجود دارد مشخص می شود. در صدعدم تعادل نوعی ۲۰ درصد است :

$$Pick\text{-}Up\ Setting = (0.2 \times I_{nom}) \div CRT$$

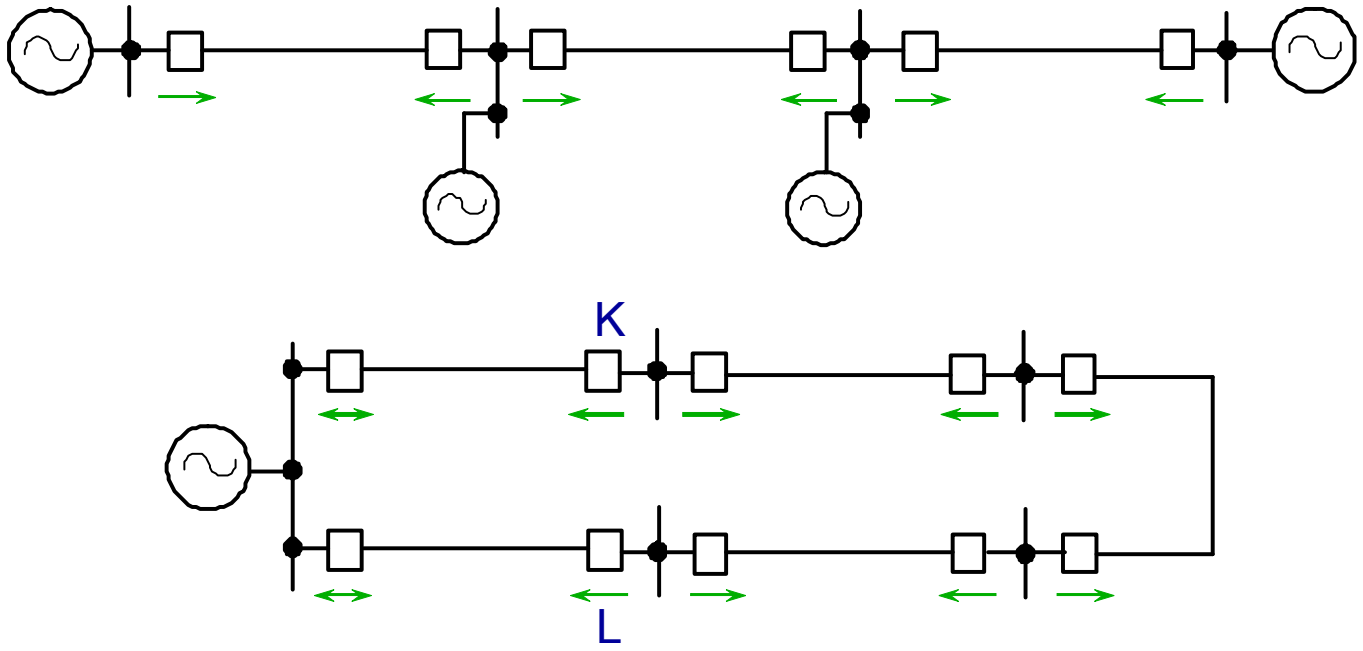
در خطوط انتقال فشار قوی، عدم تعادل ۱۰ درصد می تواند کاهش یابد، حال آنکه در فیدرهای توزیع این مقدار می تواند تا ۳۰ درصد بالا برود.

شماره منحنی زمانی

1. Determine the required operating time t_1 of the relay furthest away from the source by using the lowest time dial setting and considering the fault level for which the instantaneous unit of this relay picks up. This time dial setting may have to be higher if the load that flows when the circuit is re-energised after a loss of supply is high (the cold load pick-up), or if it is necessary to co-ordinate with devices installed downstream, e.g. fuses or reclosers.
2. Determine the operating time of the relay associated with the breaker in the next substation towards the source, $t_{2a} = t_1 + t_{margin}$, where t_{2a} is the operating time of the back-up relay associated with breaker 2 and t_{margin} is the discrimination margin. The fault level used for this calculation is the same as that used to determine the timing t_1 of the relay associated with the previous breaker.
3. With the same fault current as in 1 and 2 above, and knowing t_{2a} and the pick-up value for relay 2, calculate the time dial setting for relay 2. Use the closest available relay time dial setting whose characteristic is above the calculated value.
4. Determine the operating time (t_{2b}) of relay 2, but now using the fault level just before the operation of its instantaneous unit.
5. Continue with the sequence, starting from the second stage.

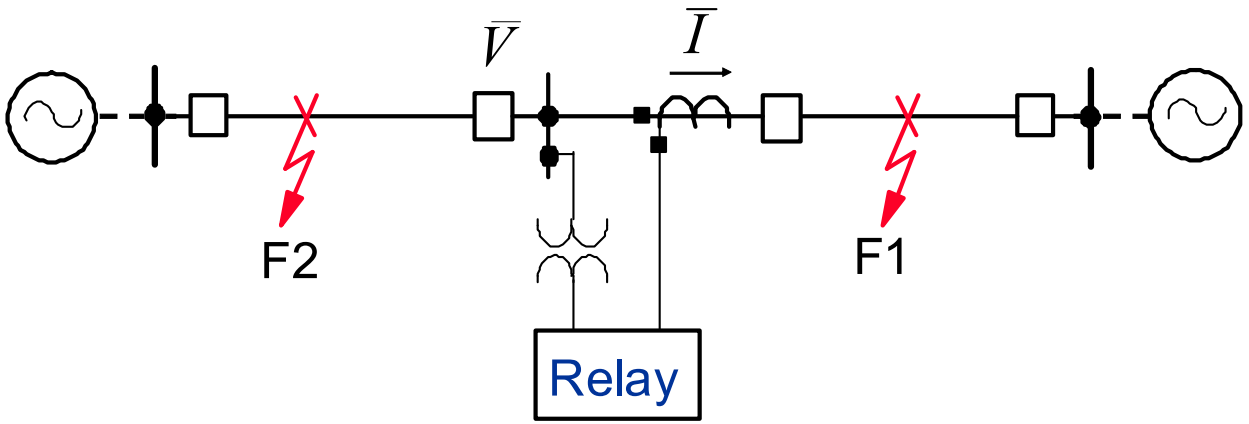
Directional Overcurrent Protection

Basic Applications



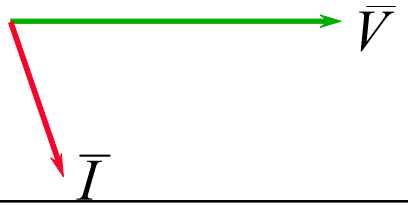
Directional Overcurrent Protection

Basic Principle



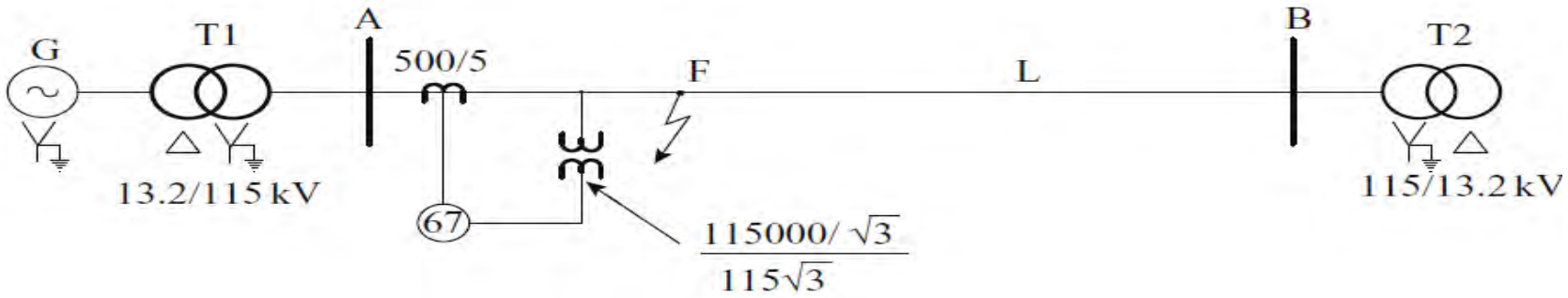
Reverse Fault (F2)

Forward Fault (F1)



رله های اضافه جریان جهت دار

مثال :



G	T1	L	T2
$X_1 = 0.15$	$X_1 = 0.11$	$X_1 = 0.4$	$X_1 = 0.3$
$X_2 = 0.15$	$X_2 = 0.11$	$X_2 = 0.4$	$X_2 = 0.3$
$X_0 = 0.09$	$X_0 = 0.11$	$X_0 = 1.2$	$X_0 = 0.3$

A solid earth-fault on phases B and C is represented by the arrow at the point F in the power system in Figure 7.7. Determine the current and voltage signals (in amps and volts) that go into each one of the directional relays that have a 30° connection and are fed as indicated below:

Φ_A : I_A, V_{AC} $\quad$ Φ_B : I_B, V_{BA} $\quad$ Φ_C : I_C, V_{CB}

In addition, indicate which relays operate on the occurrence of the fault. In the solution, ignore load currents and assume a pre-fault voltage equal to 1 p.u. The bases at the generator location are 13.2 kV and 100 MVA.

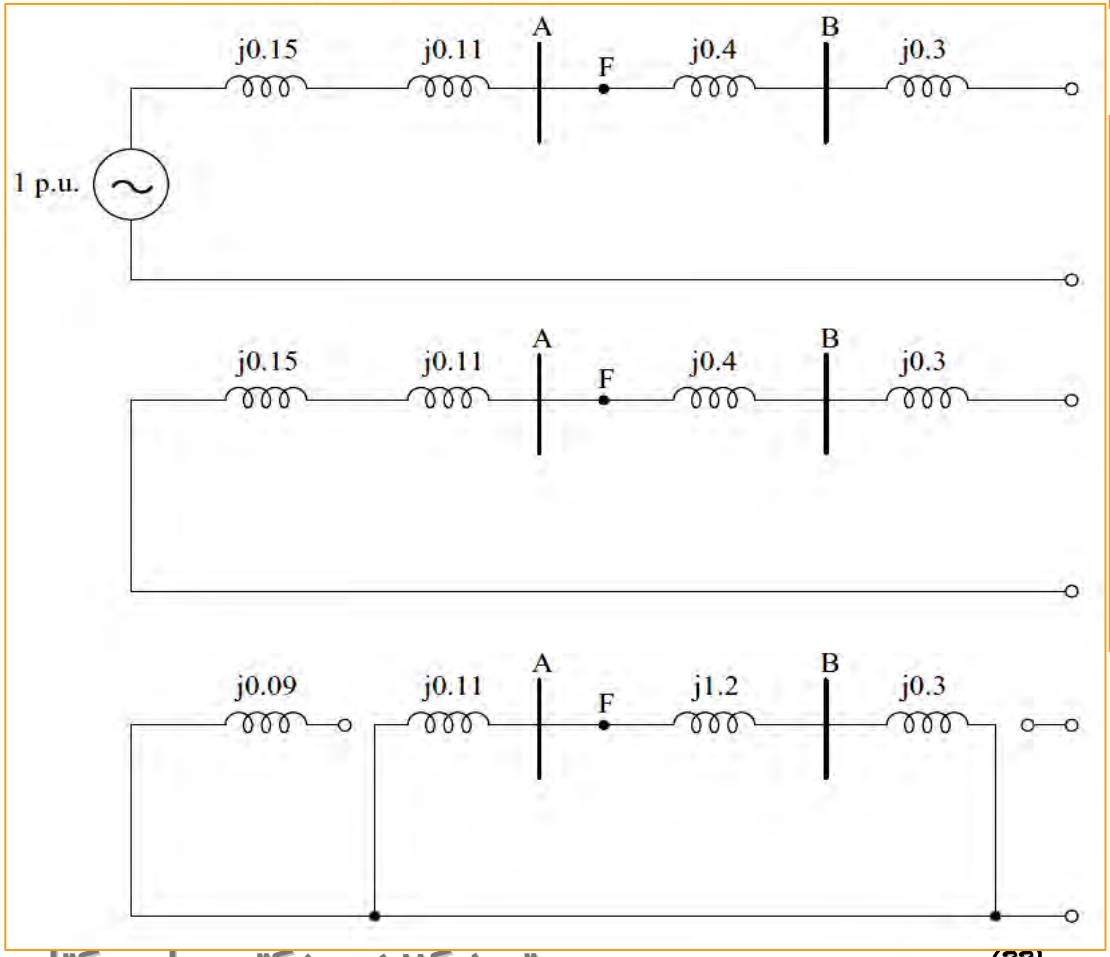
N.B. Although the system is radial, the installation of a directional overcurrent relay is justified by assuming that this circuit would be part of a ring in a future system.

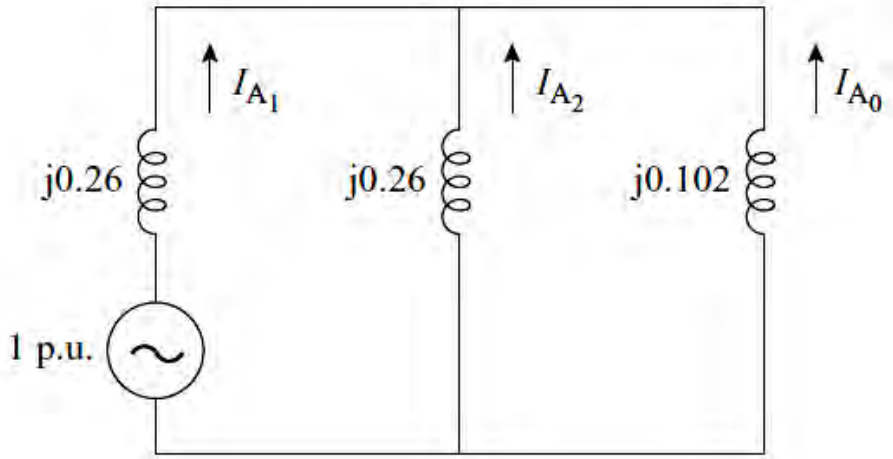
مثال :

The conditions for a double phase-to-earth fault, B-C-N, are

$$I_A = 0, V_B = 0, V_C = 0$$

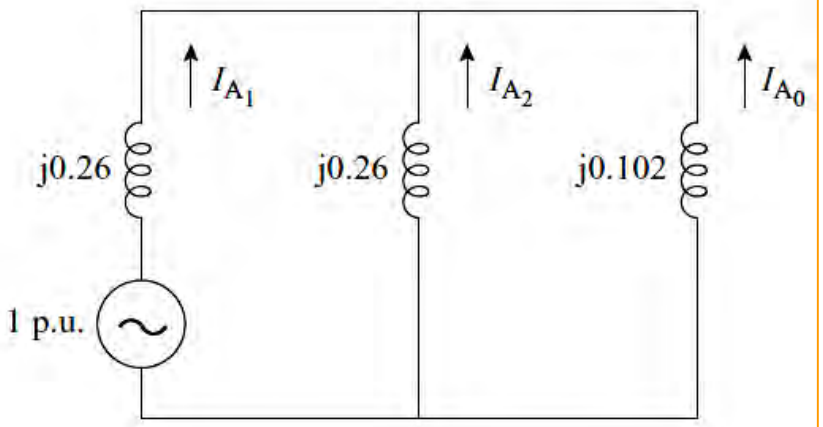
Sequence networks





Equivalent circuit

مثال :



$$I_{A1} = \frac{1}{(j0.26 + (j0.26 \times j0.102)/(j0.362))} = -j3.0 p.u$$

$$I_{A2} = -(-j3.0)\frac{j0.102}{j0.26 + j0.102} = j0.845$$

$$I_{A0} = -(-j3.0)\frac{j0.26}{j0.26 + j0.102} = j2.155$$

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} + I_{A0} = -j3.0 + j0.845 + j2.155$$

$$\Rightarrow I_A = 0 \text{ as was to be expected for a B-C-N fault}$$

$$I_B = a^2 I_{A1} + a I_{A2} + I_{A0} = 1\angle 240^\circ(-j3.0) + 1\angle 120^\circ(j0.845) + j2.155$$
$$= -3.33 + j3.2315 = 4.64\angle 135.86^\circ$$

$$I_C = a I_{A1} + a^2 I_{A2} + I_{A0} = 1\angle 120^\circ(-j3.0) + 1\angle 240^\circ(j0.845) + j2.155$$
$$= 3.33 + j3.2315 = 4.64\angle 44.14^\circ$$

مثال :

$$V_{A1} = V_{A2} = V_{A0} = -I_{A2}(j0.26) = 0.220$$
$$V_A = V_{A1} + V_{A2} + V_{A0} = 3V_{A1} = 3 \times 0.22 = 0.66$$
$$V_B = V_C = 0$$
$$V_{AC} = V_A - V_C = V_A - 0 = 0.66$$
$$V_{BA} = V_B - V_A = -V_A = -0.66$$
$$V_{CB} = V_C - V_B = 0$$

The bases at the point of fault are

$$V = 115\,\text{kV};\ P = 100\,\text{MVA}$$
$$I_{\text{Base}} = \frac{P}{\sqrt{3}V} = \frac{100 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 115 \times 10^3} = 502.04\,\text{A}$$

$$I_A = 0$$
$$V_{AC} = 0.66 \times \frac{115000}{\sqrt{3}} \times \frac{115}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{115000} = 43.82\angle 0^\circ\ \text{V}$$
$$I_B = 4.64\angle 135.86^\circ \times 502.04 \times (5/500) = 23.29\angle 135.86^\circ\ \text{A}$$
$$V_{BA} = -0.66 \times \frac{115000}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{1000} = 43.82\angle 180^\circ\ \text{V}$$
$$I_C = 4.64\angle 44.14^\circ \times 502.04 \times (5/500) = 23.29\angle 44.14^\circ\ \text{A}$$
$$V_{CB} = 0$$

مثال :

Analysis of operation of directional relays:

Phase A relay:

$I_A = 0$

$V_{AC} = 43.82\angle -0^\circ$ V

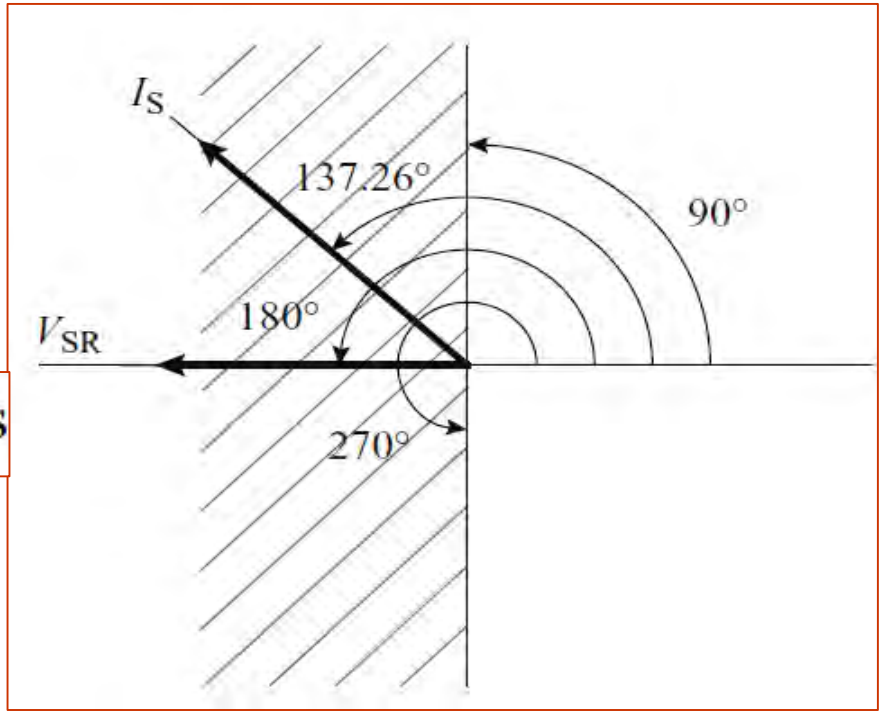
Phase B relay:

$I_B = 22.76\angle 137.26^\circ$ A

$V_{BA} = 43.82\angle 180^\circ$ V

Phase C relay:

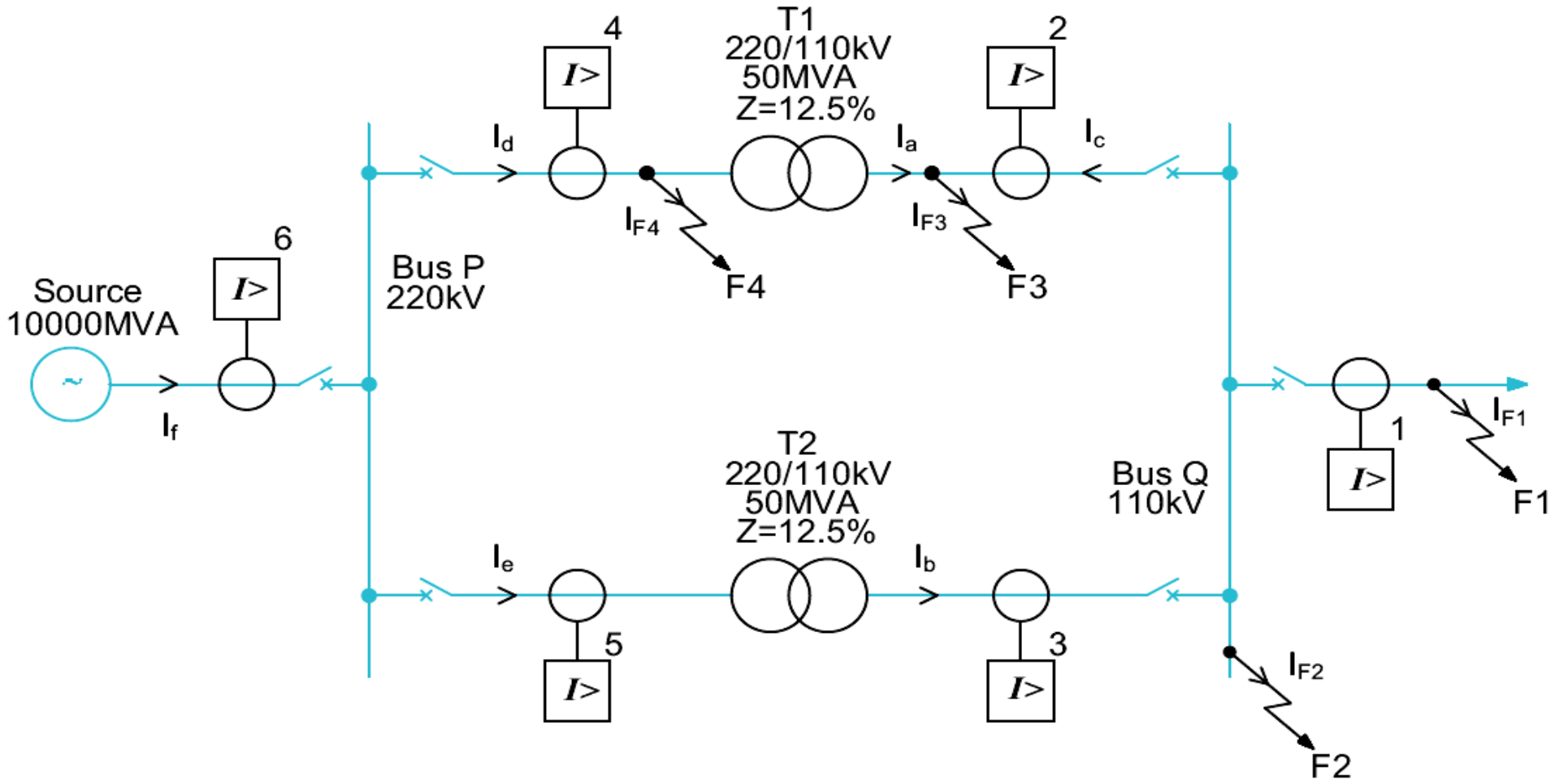
this does not operate



The relay in phase B operates

تنظیم رله های اضافه جریان جهت دار

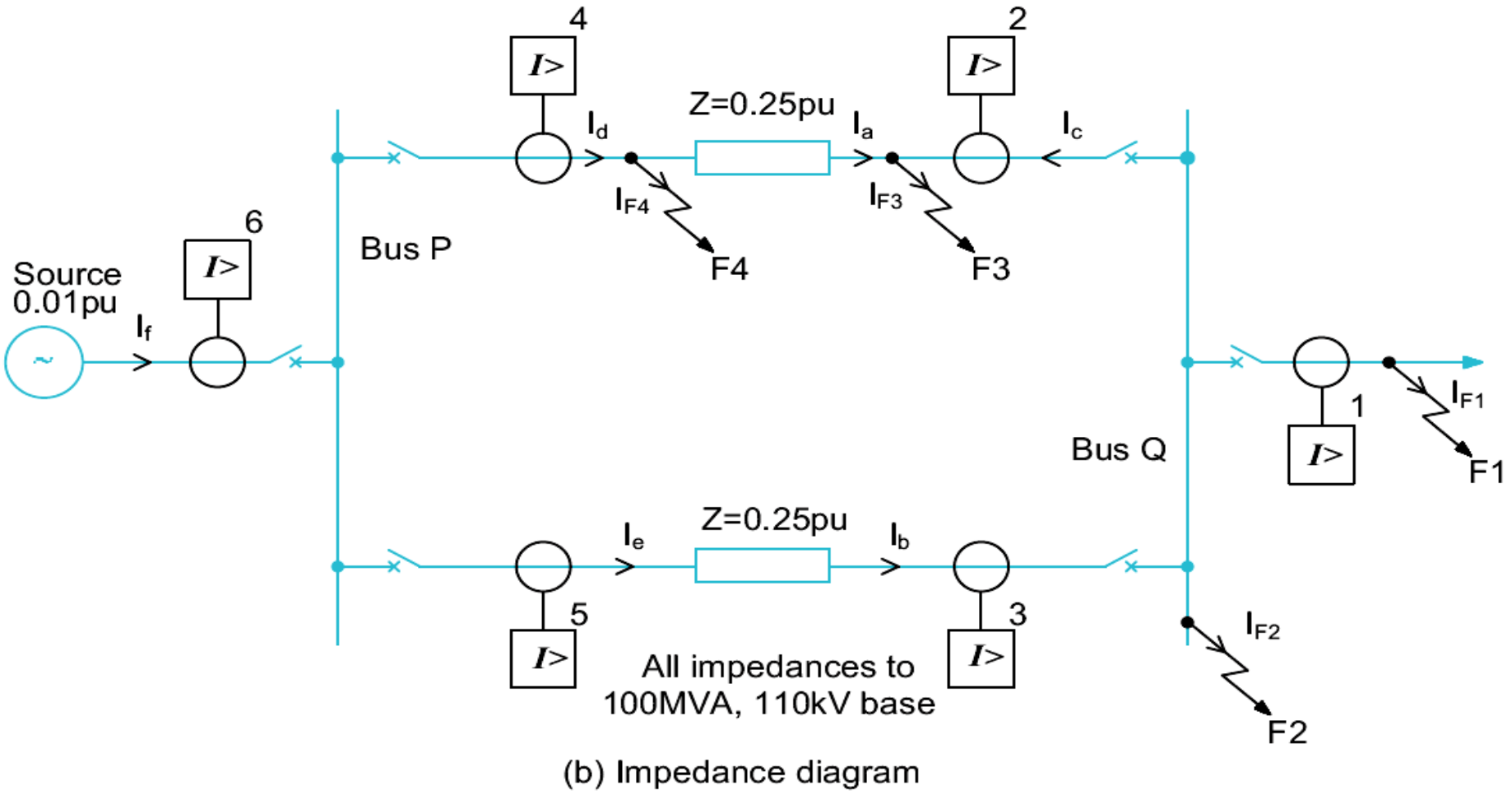
مثال :حفاظت فیدرهای موازی



(a) Circuit diagram

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

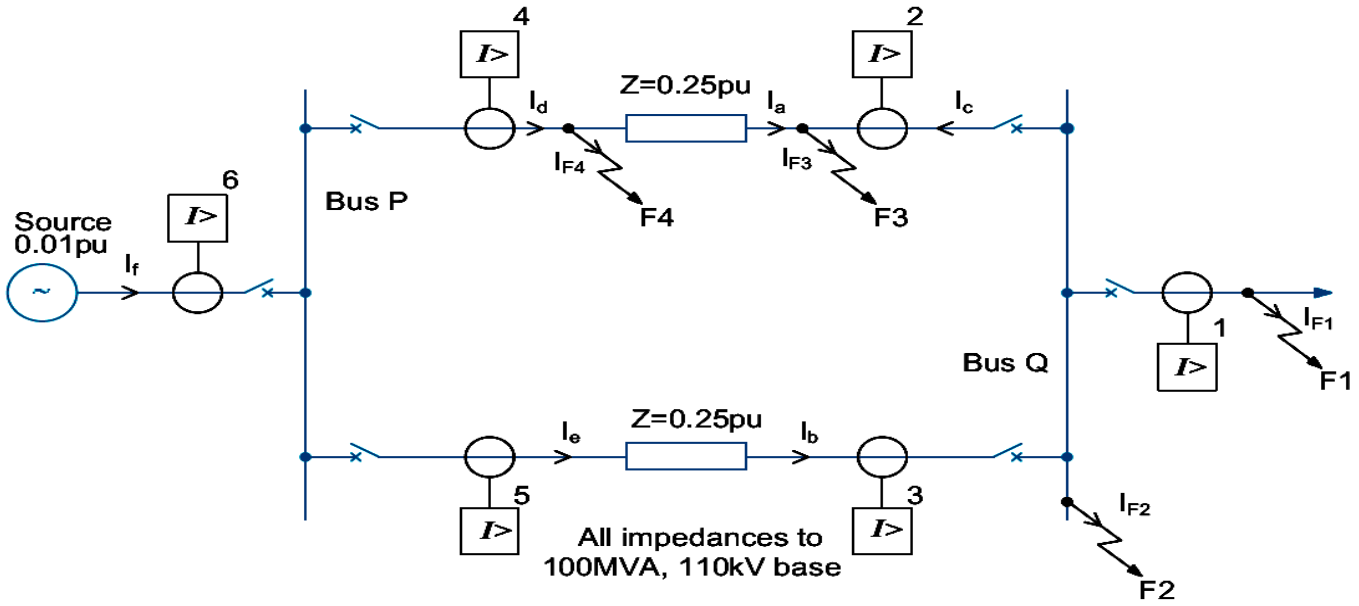
مثال :حفاظت فیدرهای موازی



(b) Impedance diagram

مقادیر پایه: 100MVA، 110kV

مثال :حفاظت فیدر



(b) Impedance diagram

Fault Position	System Configuration	Currents (A)						
		Fault	Ia	Ib	Ic	Id	Ie	If
F1	2 fdrs	3888	1944	1944	0	972	972	1944
F1/F2	1 fdr	2019	2019	0	0	1009	0	1009
F2	2 fdrs	3888	1944	1944	0	972	972	1944
F3	2 fdrs	3888	1944	1944	1944	972	972	1944
F4	1 fdr	26243	0	0	0	26243	0	26243

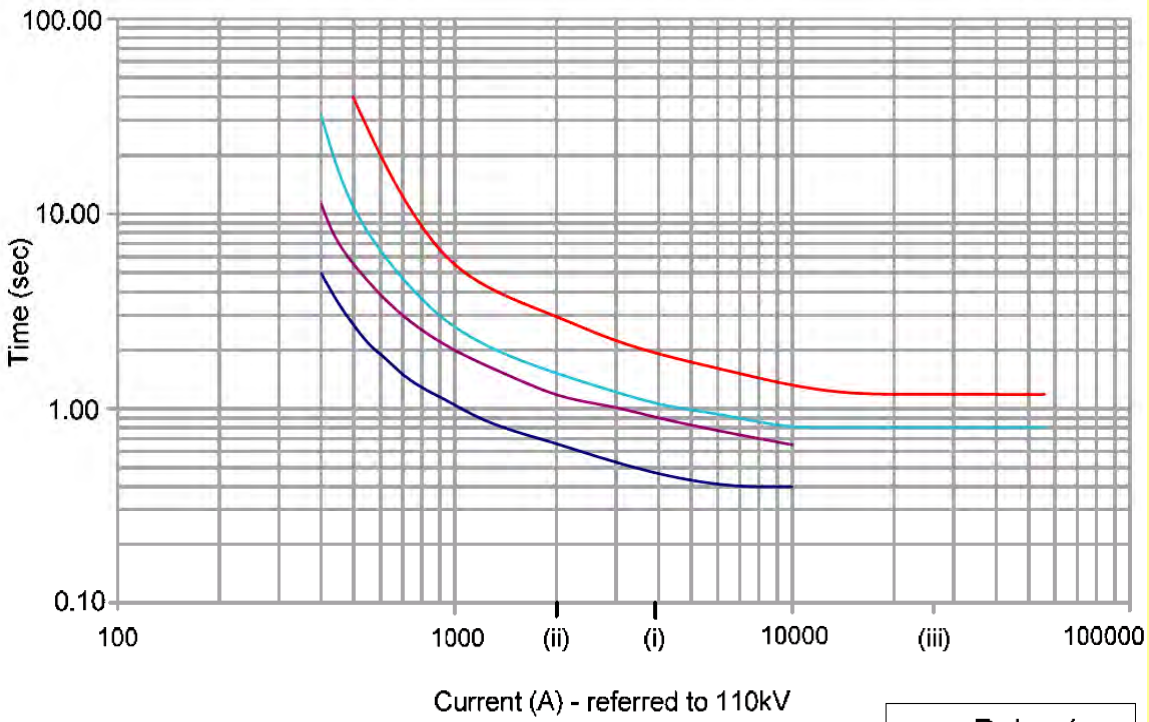
Table 9.7: Fault currents for parallel feeder example

تنظیم رله های اضافه جریان جهت دار

مثال :حفاظت فیدرهای موازی

Relay	CT Primary (A)	Current Setting	TMS	Characteristic
1	300	1	0.2	SI
2	300	1.1	0.3	SI
3	300	1.1	0.3	SI
4	300	0.61	0.425	SI
5	300	0.61	0.425	SI
6	300	0.7	0.7	SI

(a) Relay settings - non-directional relays

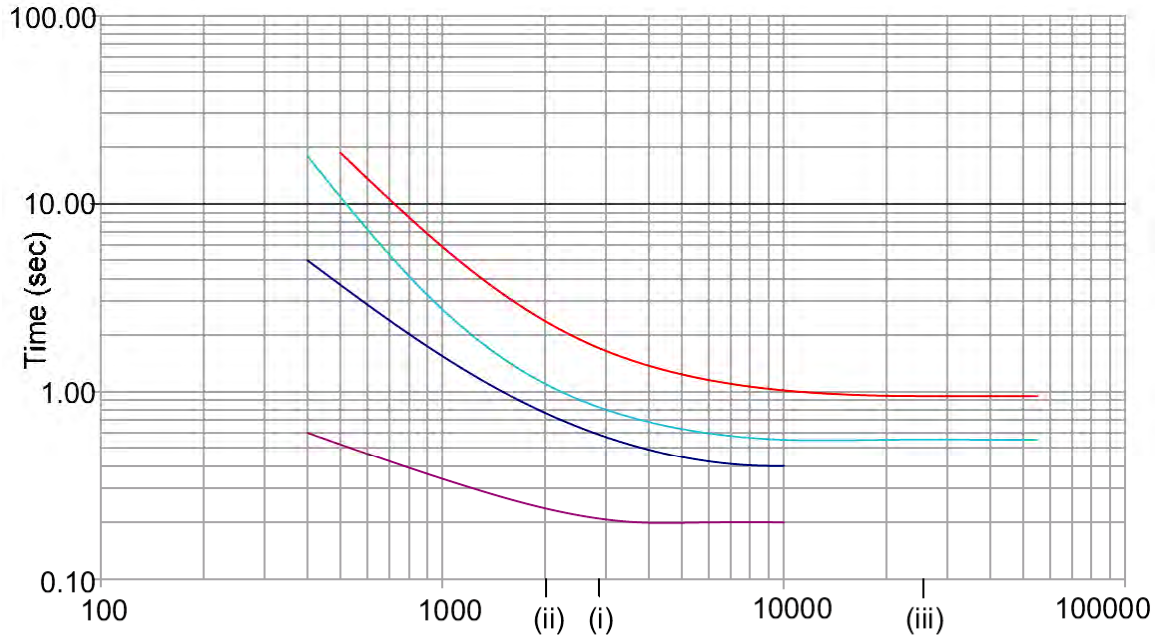


(b) Relay grading curves - non-directional relays

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی

تنظیم رله های اضافه جریان جهت دار

مثال :حفاظت فیدرهای موازی



(i) Fault current 3888A - faults F1, F2, F3 - 2 feeders

(ii) Fault current 2019A - faults F1, F2 - 1 feeder

(iii) Fault current 26243A - fault F4 - 1 feeder

(c) Relay characteristics

Relay	CT Primary	Current Setting	TMS	Characteristic
1	300	1	0.2	SI
2	300	0.42	0.1	SI
3	300	0.42	0.1	SI
4	300	0.6	0.275	SI
5	300	0.6	0.275	SI
6	300	0.7	0.475	SI

(b) Relay settings

مثال :-

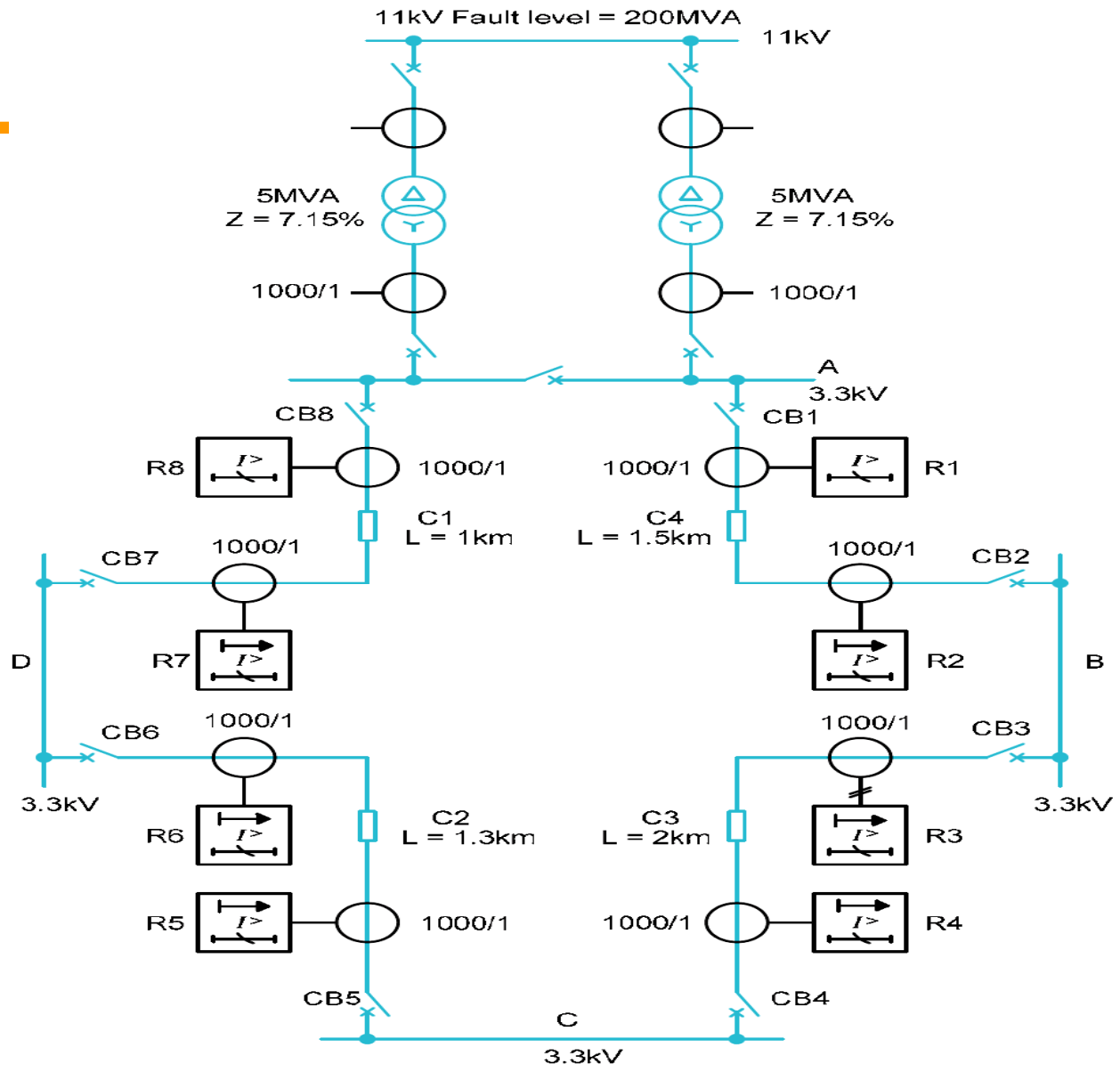
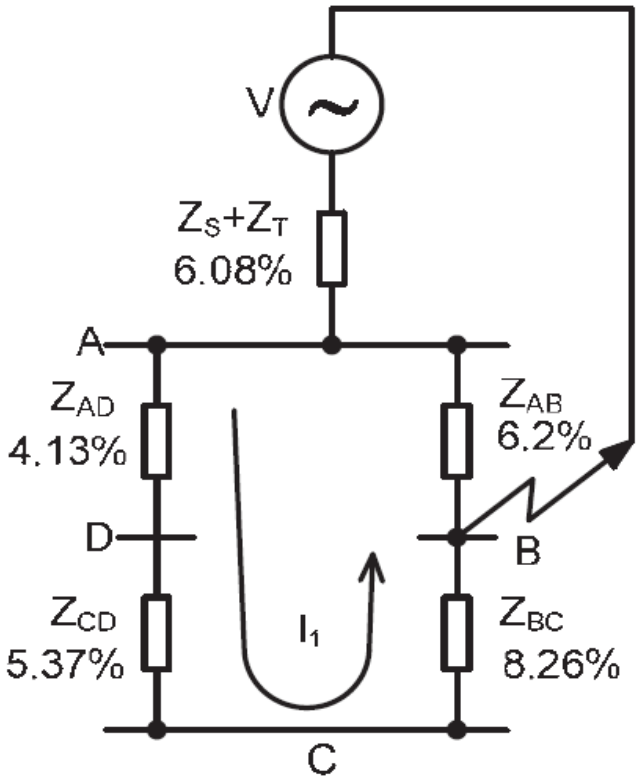


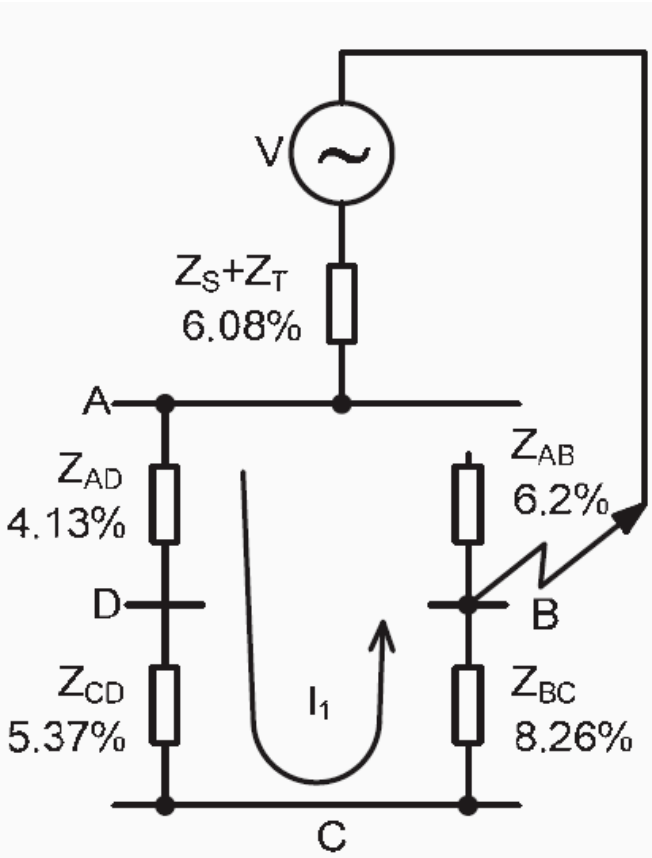
Figure 9.35: Ring main grading example – circuit diagram

مثال :حفاظت شبکه رینگ



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

(a) Ring closed



$$I_1' = \frac{V}{Z_S+Z_{BC}+Z_{CD}+Z_{AD}}$$

(b) Ring open at CB1

تنظیم رله های اضافه جریان جهت دار

مثال :حفاظت شبکه رینگ

Clockwise		Anticlockwise	
Open Point CB8		Open Point CB1	
Bus	Fault Current kA	Bus	Fault Current kA
D	7.124	B	3.665
C	4.259	C	5.615
B	3.376	D	8.568

Table 9.8: Fault current tabulation with ring open

Bus	Relay	Relay Characteristic	CT Ratio	Max Load Current (A)	Max Fault Current (A) (3.3kV base)	Current Setting p.u.	TMS
D	R7	SI	1000/1	874	3376	0.8	0.05
C	R5	SI	1000/1	874	4259	0.88	0.125
B	R3	SI	1000/1	874	7124	0.97	0.2
A	R1	SI	1000/1	874	14387	1.07	0.275
A	R8	SI	1000/1	874	14387	1.07	0.3
D	R6	SI	1000/1	874	8568	0.97	0.2
C	R4	SI	1000/1	874	5615	0.88	0.125
B	R2	SI	1000/1	874	3665	0.8	0.05

Table 9.9: Ring main example relay settings

مثال :حفاظت شبکه رینگ

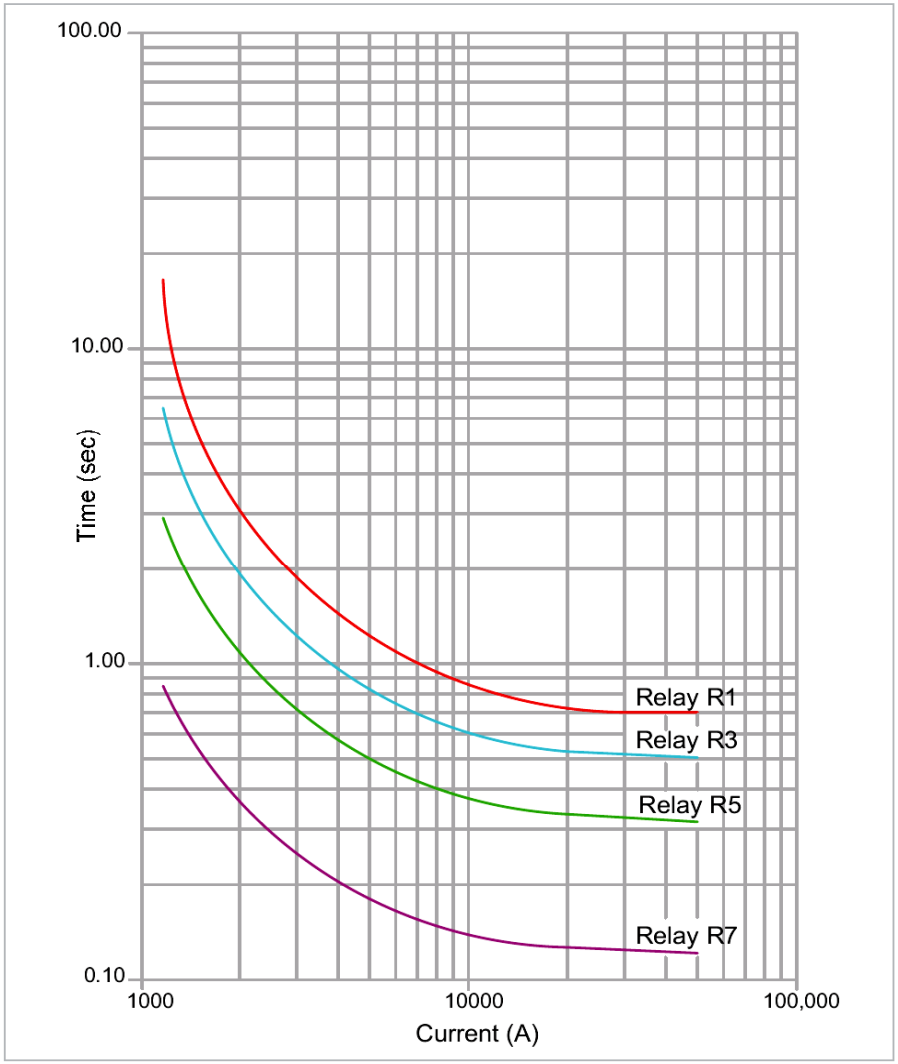


Figure 9.37: Ring main example – relay grading curves. Clockwise grading of relays (ring open at CB8)

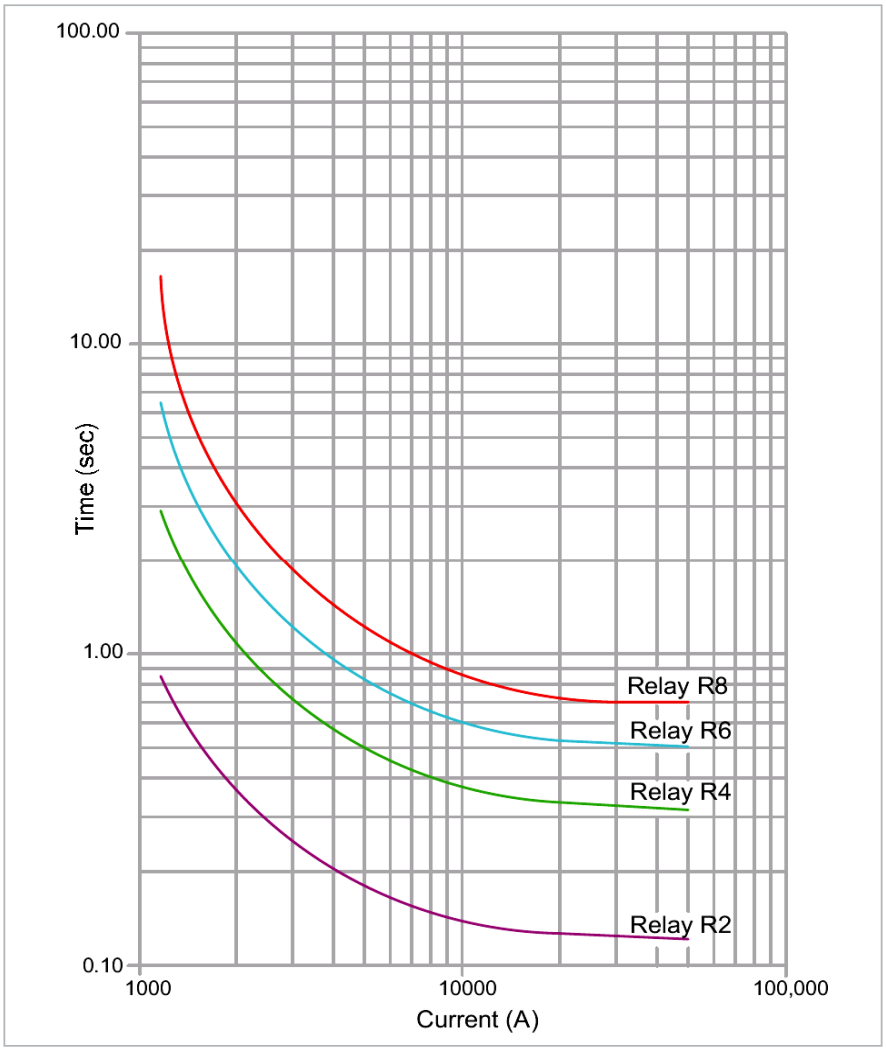


Figure 9.38: Ring main example – relay grading curves. Anticlockwise grading of relays (ring open at CB1)

تهیه کننده: دکتر عباس کتابی