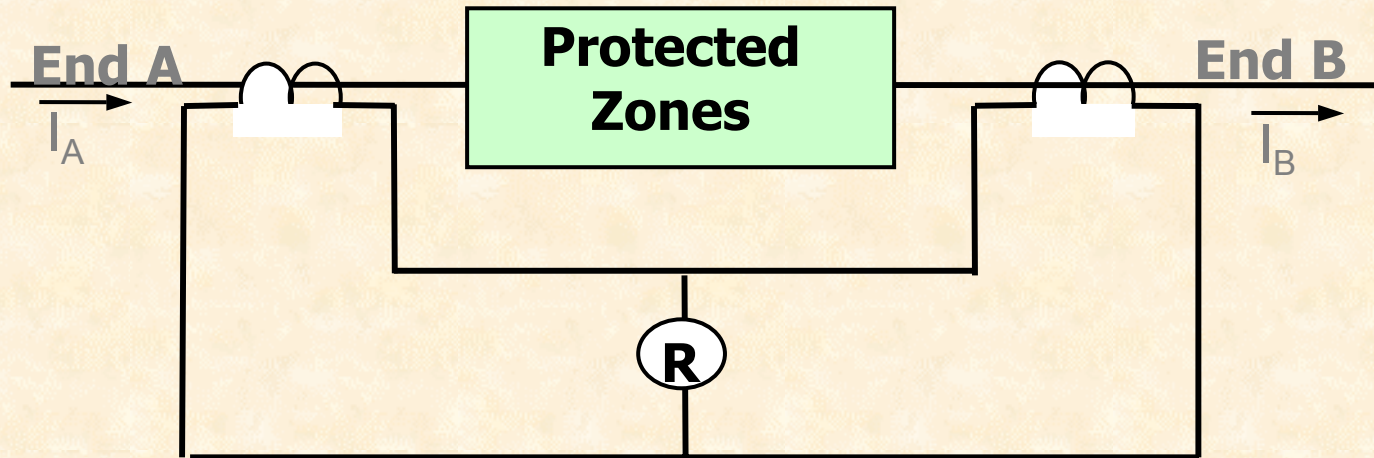


PENGAMAN DIFERENSIAL ARUS UNTUK SISTEM TRANSMISI

IR. JEMJEM KURNAEN MT

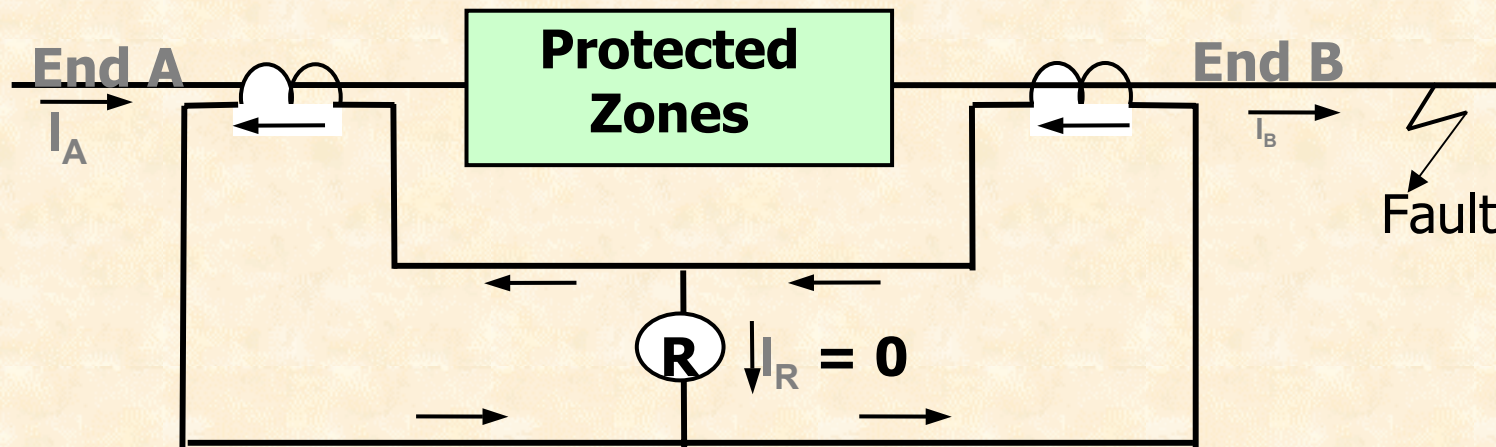
Relai Diferensial Arus



Gambar 1.1 Relai diferensial arus

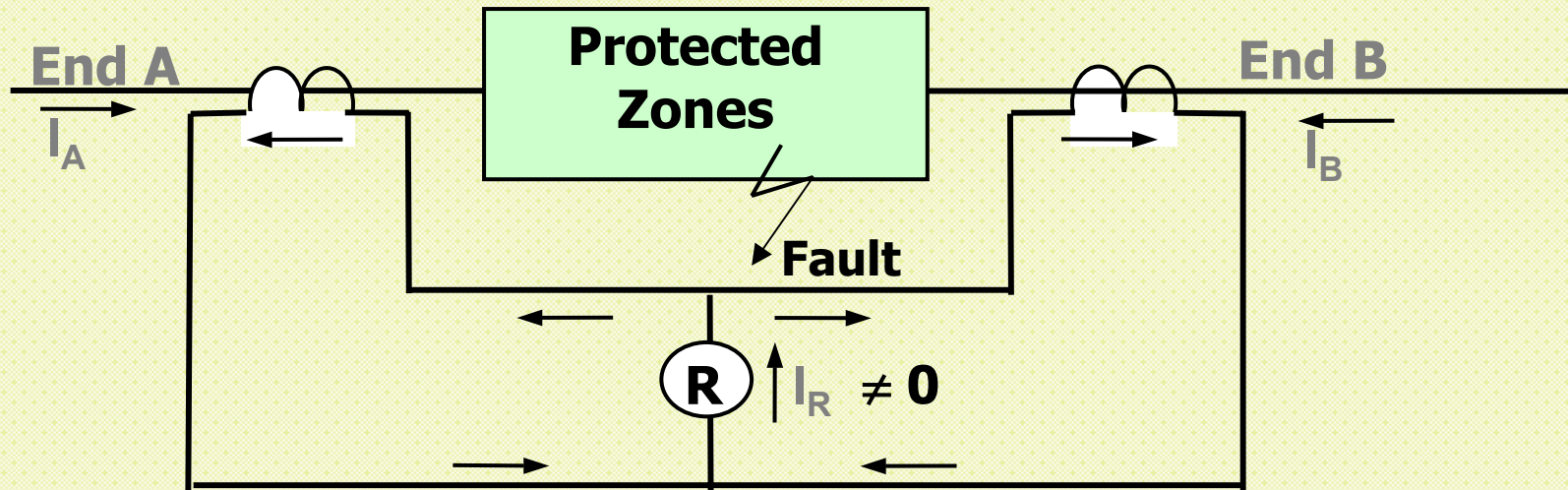
- Relai diferensial arus bekerja berdasarkan hukum Kirchhoff
- Pada relai diferensial yang dimaksud suatu titik adalah daerah yang diamankan (protected zones) yang dibatasi trafo arus yang tersambung ke relai diferensial

Gangguan di luar daerah yang diamankan



Pada keadaan tanpa gangguan atau gangguan di luar daerah yang diamankan, jumlah arus yang melalui daerah yang diamankan sama dengan nol

Gangguan di dalam daerah yang diamankan



Pada keadaan gangguan di dalam daerah yang diamankan, jumlah arus yang melalui daerah yang diamankan tidak sama dengan nol.

Perbedaan (diferensial) arus yang melalui daerah yang diamankan ini akan melalui operating coil relai

Relai diferensial arus

Membandingkan besaran arus yang melalui suatu daerah yang diamankan

Relai ini harus bekerja jika gangguan di dalam daerah yang diamankan dan harus stabil jika gangguan di luar daerah proteksi.

Merupakan suatu unit protection

Unit protection

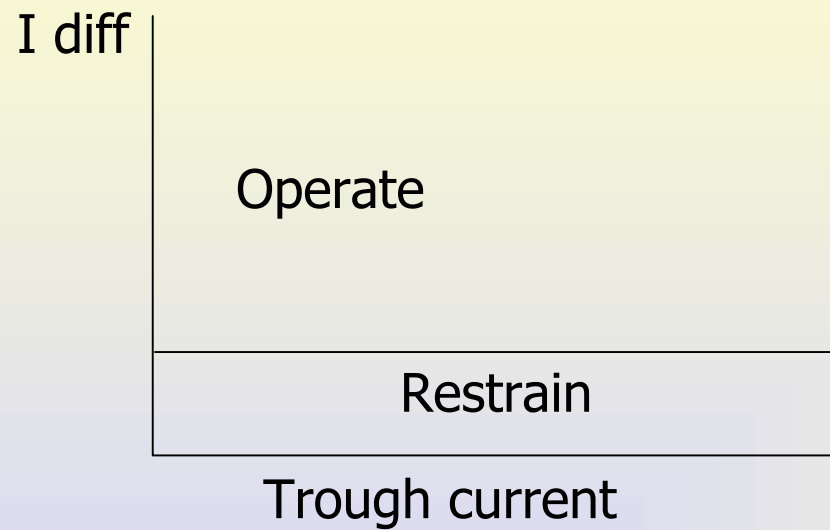
- **Daerah pengaman adalah di dalam daerah yang dilingkupi CT yang tersambung ke relai differensial.**
- **Bekerja seketika.**
- **Tidak perlu dikoordinasikan dengan pengaman lain.**
- **merupakan pengaman utama dan tidak berlaku sebagai pengaman cadangan.**

Relai diferensial jenis non bias menggunakan relai arus lebih sebagai operating coil dan pada kondisi arus gangguan eksternal yang besar sekali relai ini tidak stabil.

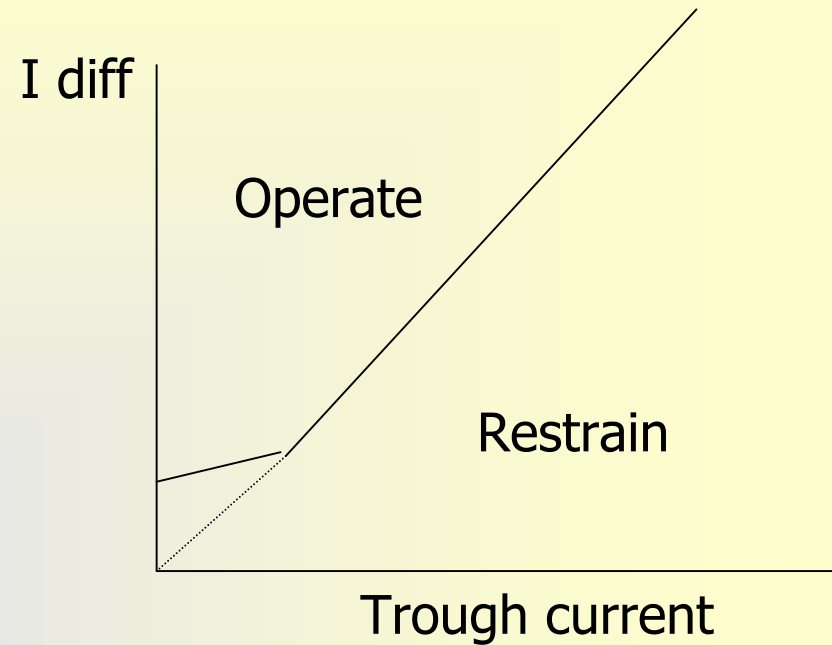
Hal ini disebabkan oleh :

- **Komponen dc arus gangguan tidak sama**
- **Kejenuhan setiap CT tidak sama**
- **Rasio setiap CT tidak tepat sama**

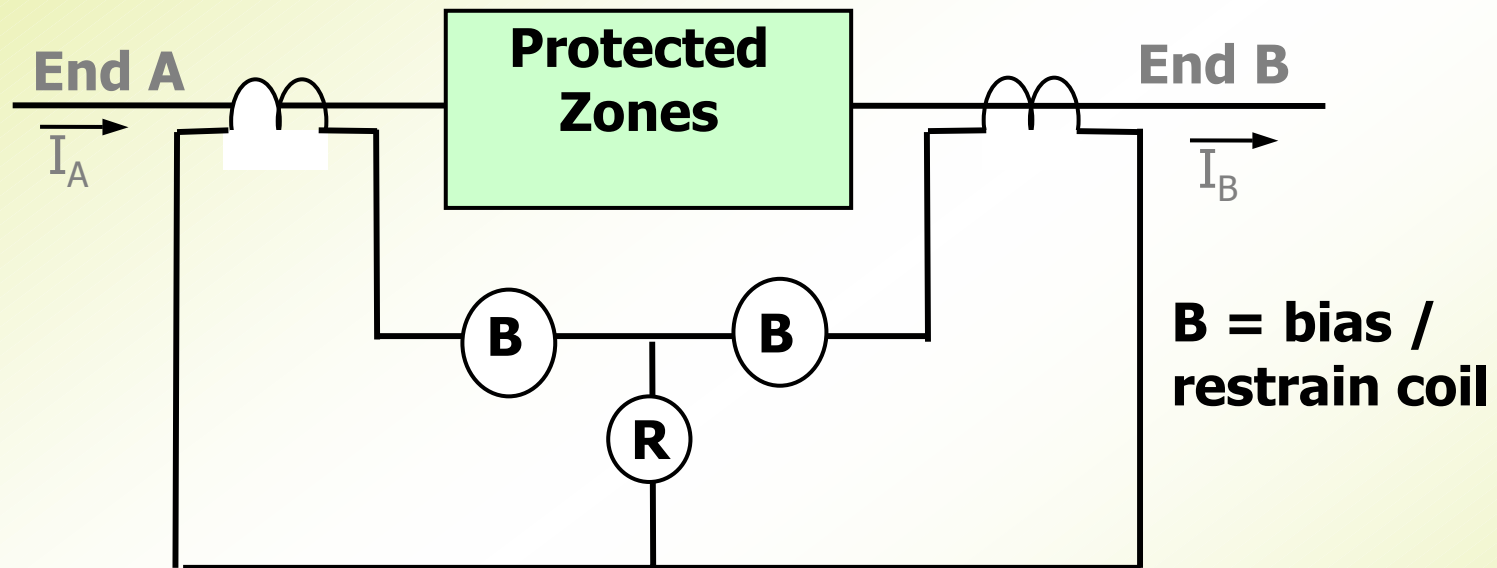
Relai diferensial jenis bias memperbaiki kelemahan di atas dengan prosentasi slope tertentu



Gambar 1.4 Non bias Relai



Gambar 1.5 Bias Relai



Gambar 1.6 Relai diferensial arus

Setelan arus kerja :

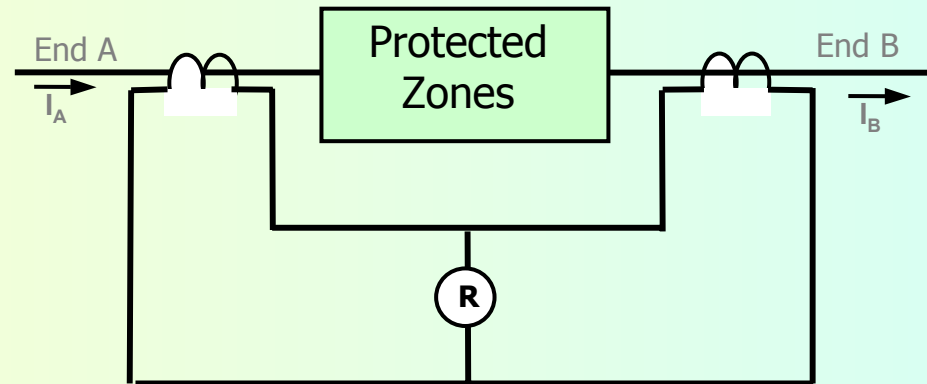
$$\% \text{ min pick up} = \frac{\text{smallest current in operating coil to cause operation}}{\text{rated current of the operating coil}} \times 100 \%$$

Setelan slope :

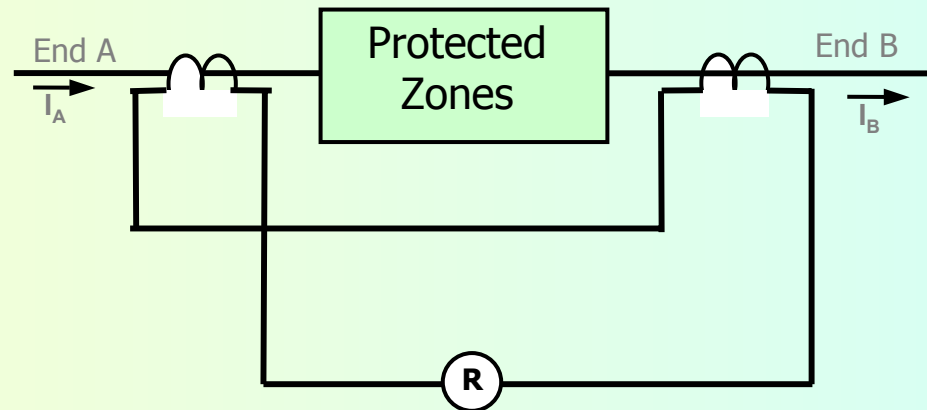
$$\% \text{ slope} = \frac{\text{current in operating coil to cause operation}}{\text{current in restraining}} \times 100 \%$$

$$= \frac{I_A - I_B}{(I_A + I_B) / 2} \times 100 \%$$

Prinsip pengukuran relai diferensial arus adalah **circulating current** dan **balanced voltage**



Gambar 1.7 Circulating current



Gambar 1.8 Voltage balanced

Penerapan

Relai diferensial arus digunakan sebagai **pengaman utama** pada

- o Generator
- o Transformator
- o Saluran transmisi
- o Motor besar
- o Bus/Rel

PENGAMAN DIFFERENSIAL SALURAN TRANSMISI

- Pengaman diferensial saluran mengukur besaran arus pada kedua sisi saluran transmisi
- Relai ini harus bekerja jika gangguan di daerah proteksi dan harus stabil jika gangguan di luar daerah proteksi.
- Relai bekerja instantaneous

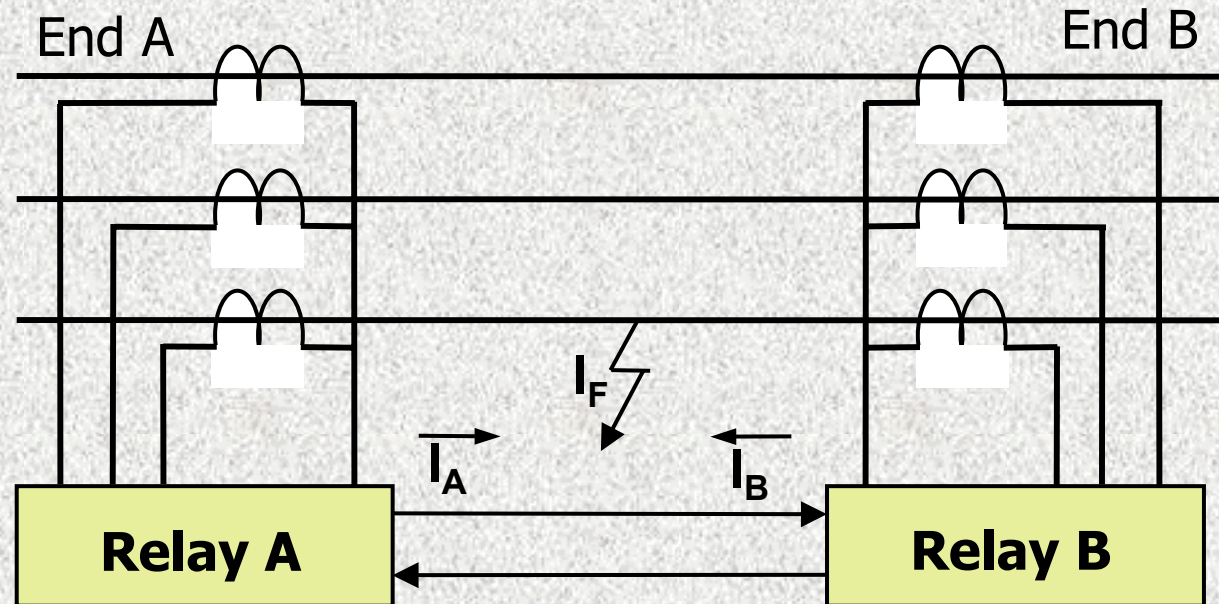
Prinsip kerja

Prinsip kerja pengaman diferensial arus saluran transmisi mengadaptasi prinsip kerja diferensial arus, yang membedakannya adalah daerah yang diamankan cukup panjang

sehingga diperlukan :

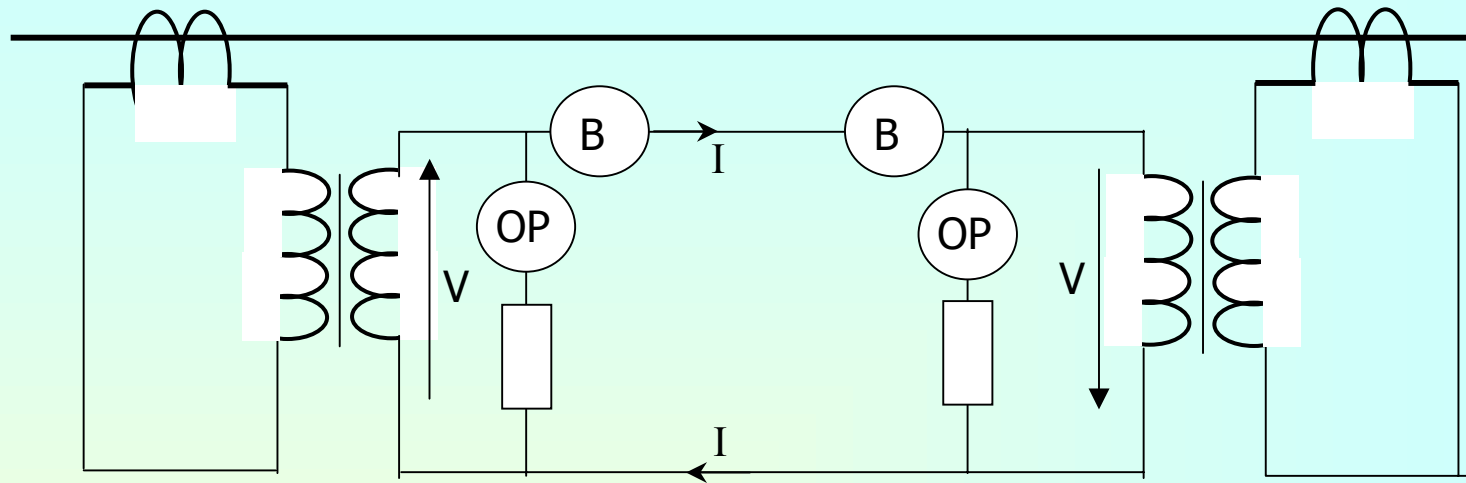
- **Sarana komunikasi antara ujung-ujung saluran.**
 - kabel pilot
 - saluran telekomunikasi : microwave, fiber optic.
- **Relai sejenis pada setiap ujung saluran.**

Relai arus differensial Transmisi



- Tanpa gangguan atau gangguan eksternal $\Rightarrow I_A + I_B = 0$
- Keadaan gangguan internal $\Rightarrow I_A + I_B \neq 0 \quad (= I_F)$

DASAR PENGUKURAN DIFFERENSIAL ARUS

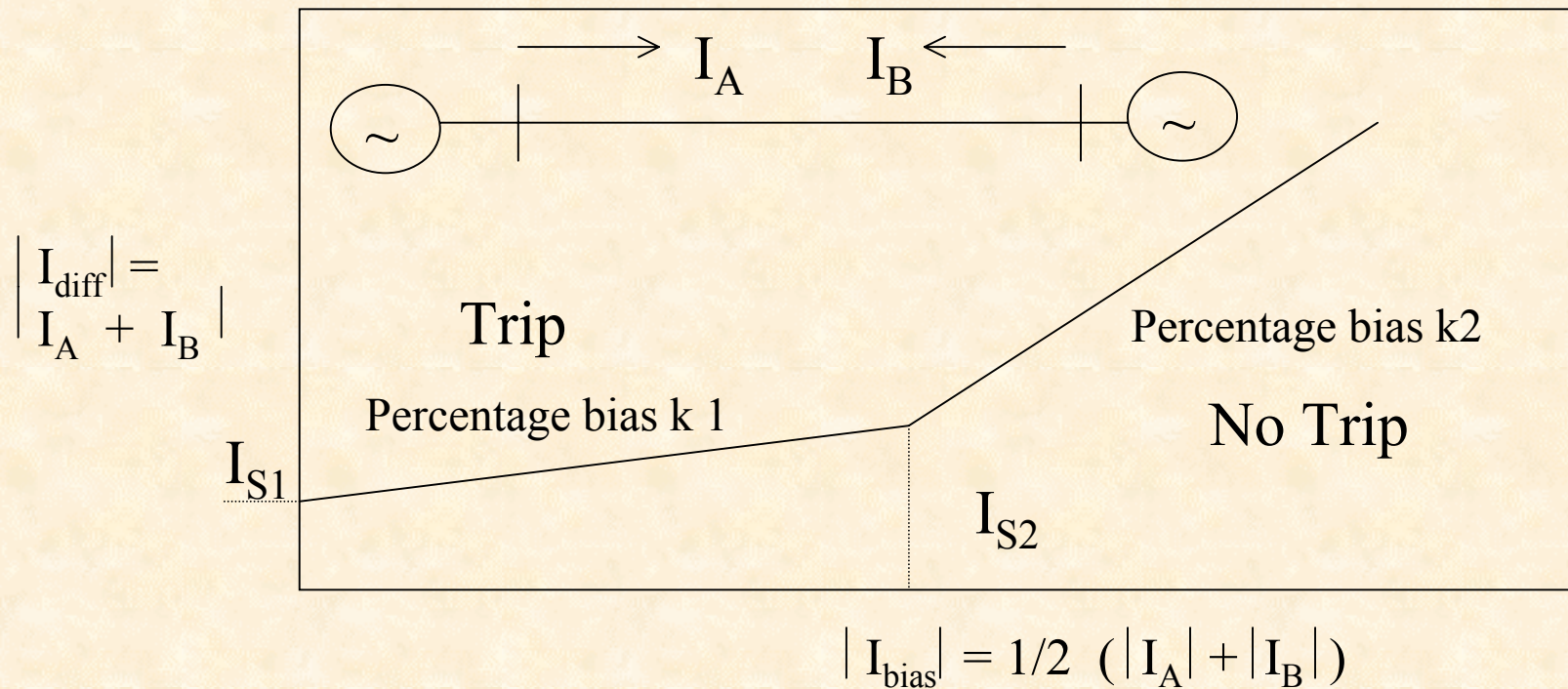


Circulating Current

Arus bersirkulasi normal melalui trafo arus dan kabel pilot

- kuantitas kerja relai adalah arus pilot
- kuantitas bias relai adalah tegangan pilot

- Karakteristik relai differensial arus (circulating current):

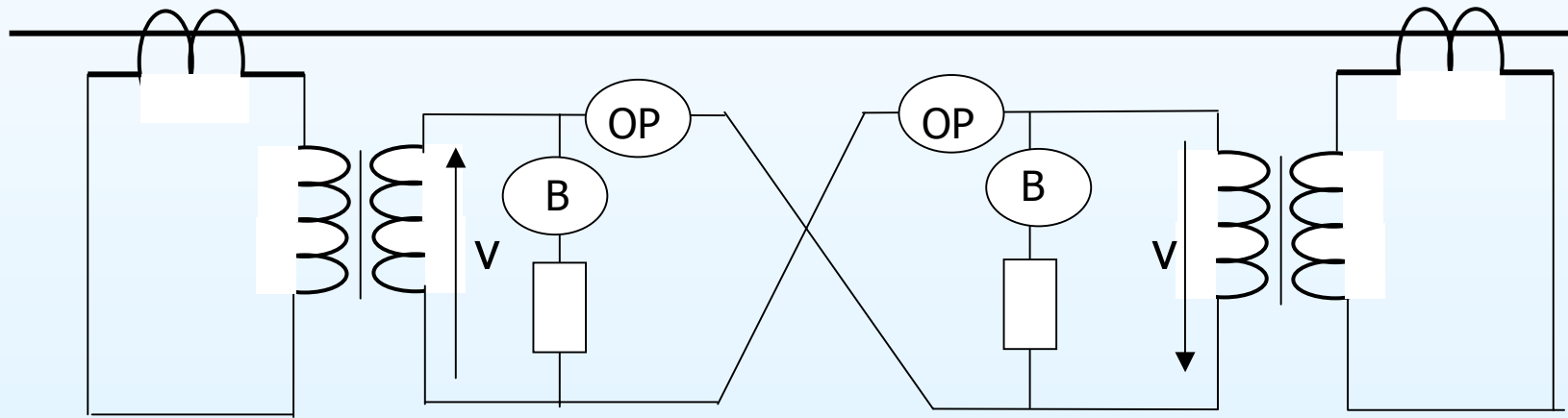


Tripping Criterion :

$$I_{bias} < I_{s2} : I_{diff} > I_{s1} + k1 I_{bias}$$

$$I_{bias} > I_{s2} : I_{diff} > k2 \cdot I_{bias} - (k2 - k1) I_{s2} + I_{s1}$$

DASAR PENGUKURAN DIFFERENSIAL ARUS

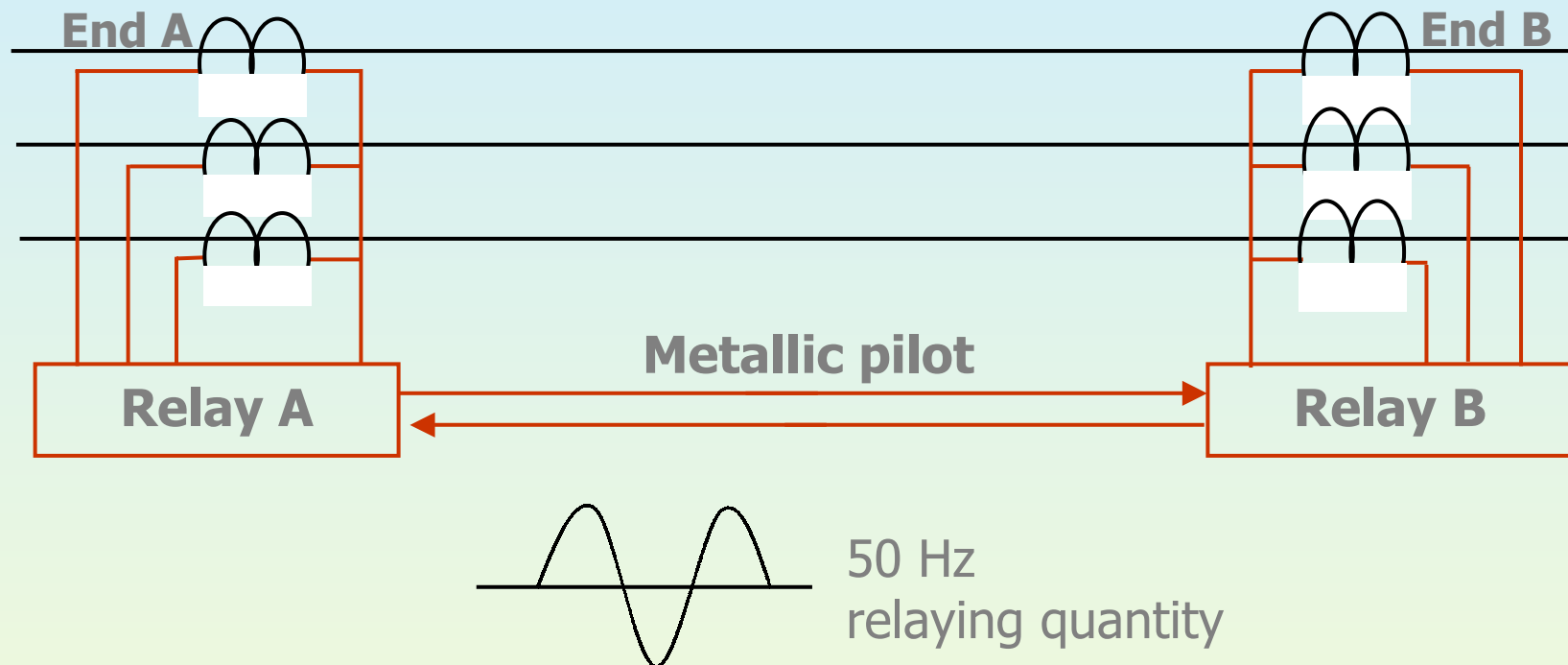


Balanced Voltage

Arus tidak bersirkulasi melalui kabel pilot

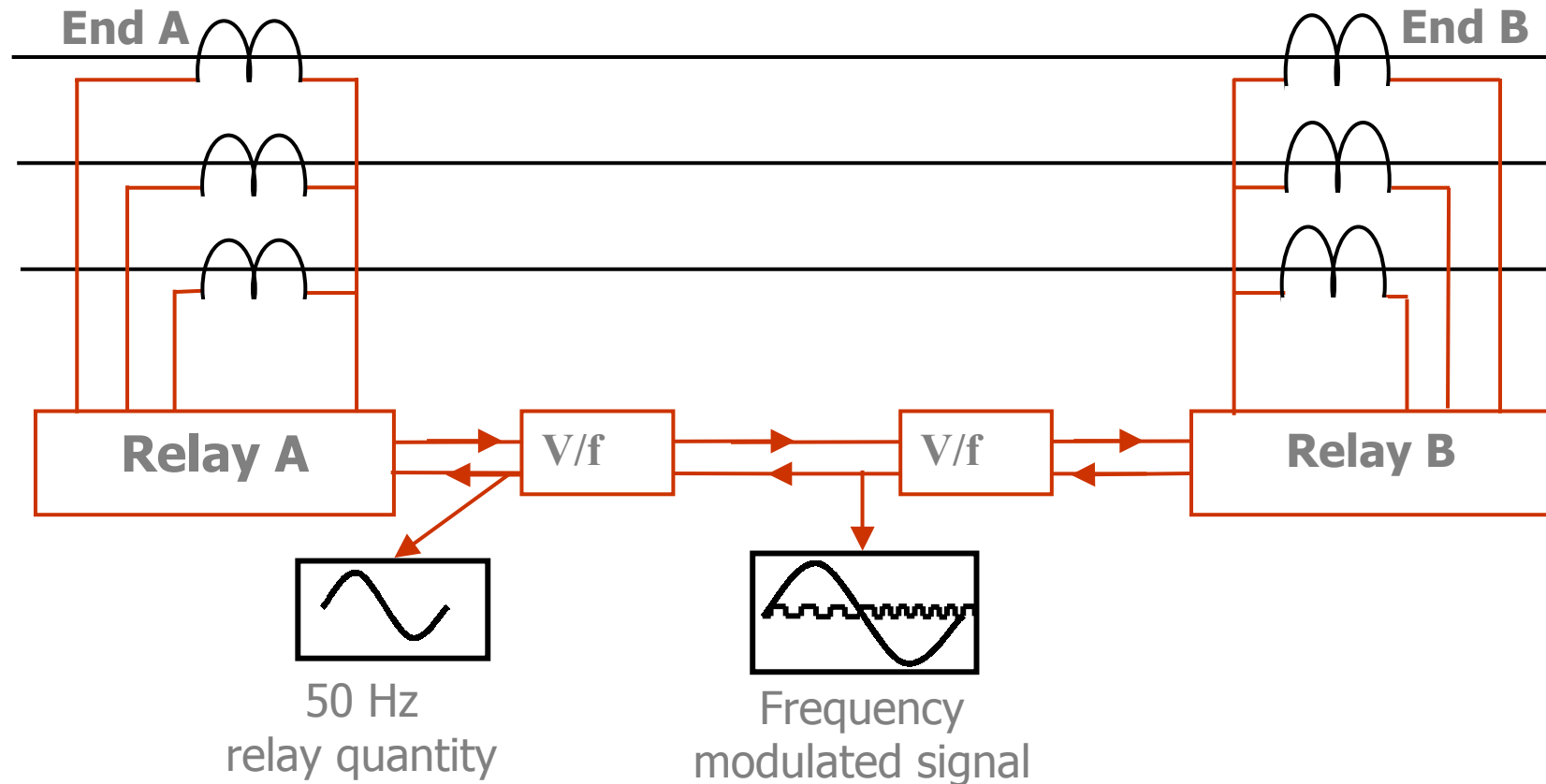
- kuantitas kerja relai adalah tegangan pilot
- kuantitas bias relai adalah arus pilot

Pilot Wire Differential Current Feeder Protection



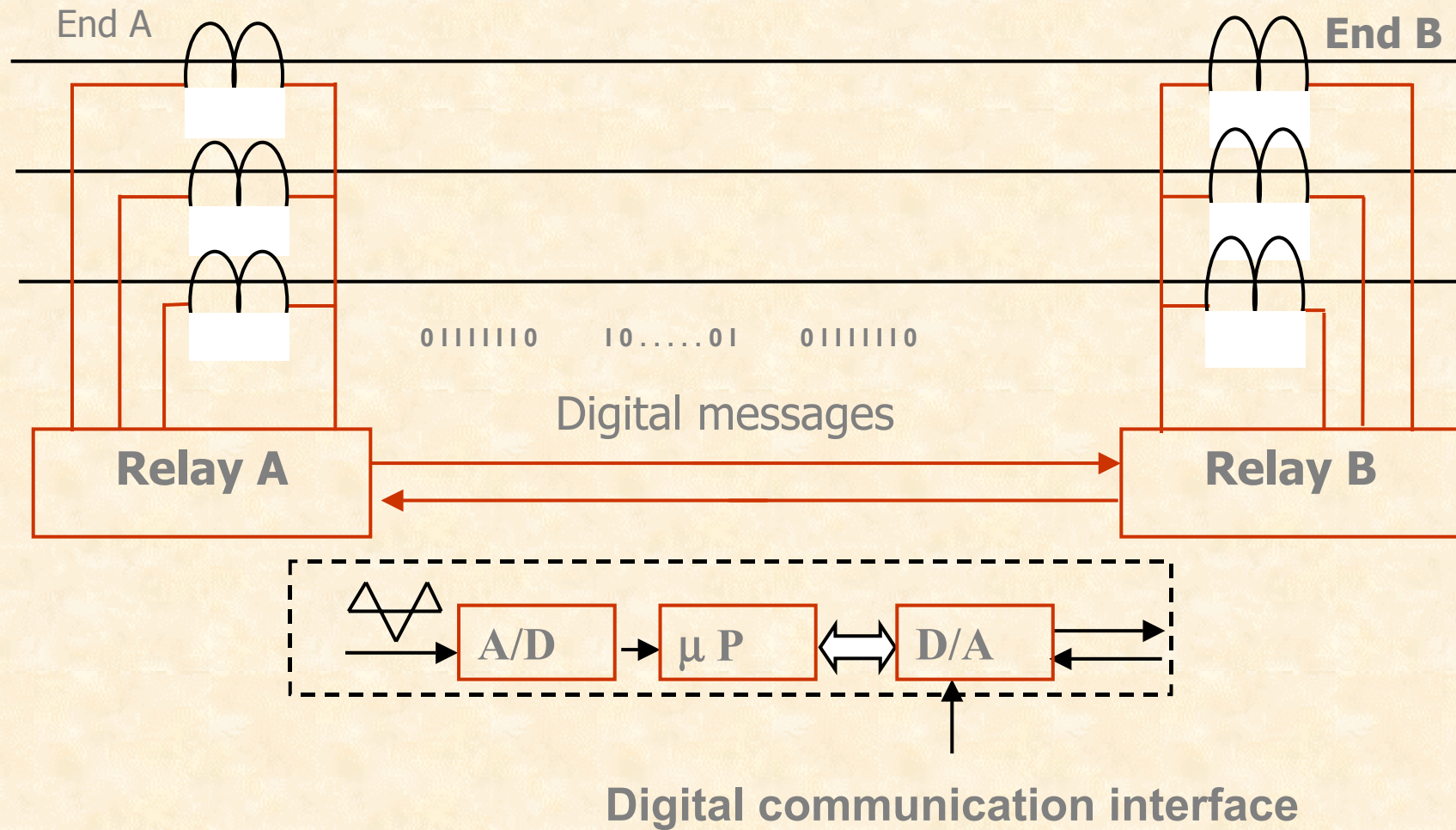
- Jarak terbatas sekitar 30 km karena pengaruh impedansi pilot
- Rentan terhadap interferensi dari kabel power paralel atau adanya kenaikan earth potensial terutama saat gangguan

Frequency Modulated Signaling



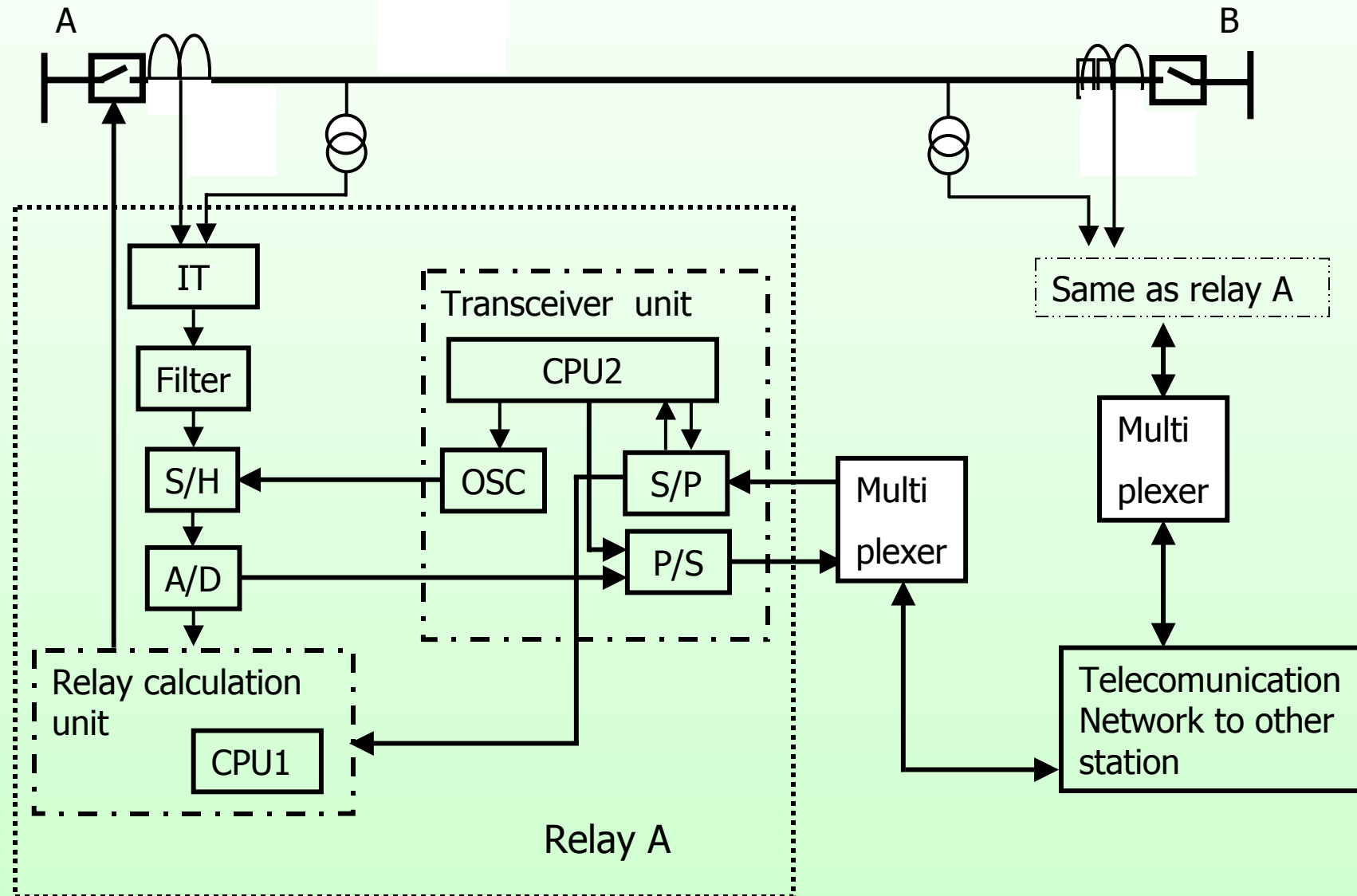
- Voltage to frequency converter mengubah besaran arus dengan frekuensi 50 Hz sinyal frekuensi modulasi dan ditransmisikan melalui fiber optik ke sisi lainnya

All digital design



Relai Digital Diferensial Arus untuk Transmisi

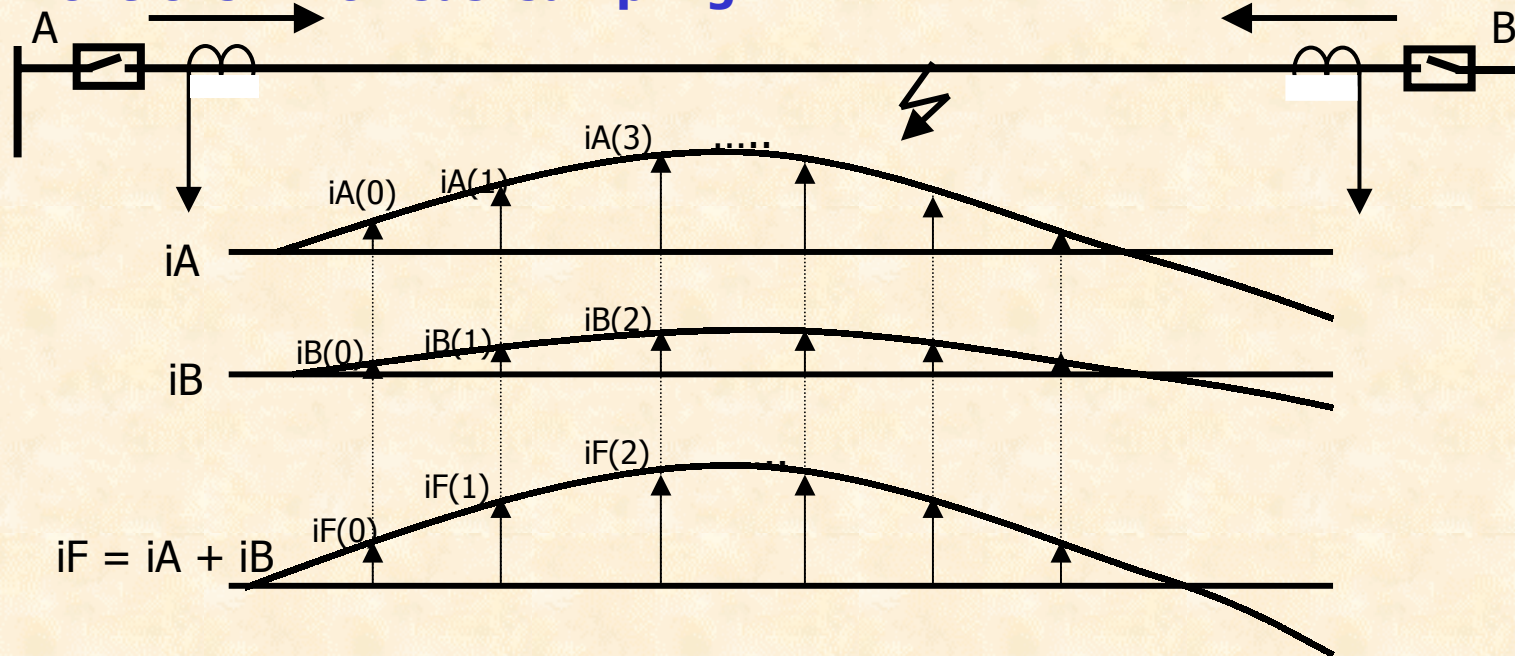
Konfigurasi sistem



Cara kerja relai digital diferensial arus

- Sinyal sampling untuk mensample arus misalnya setiap 30° sudut listrik.
- Sample arus ini diubah ke dalam bentuk digital
- Data diolah dan ditransmisikan ke relai lain melalui saluran komunikasi.
- Sisi penerima menerima dan memeriksa data arus dari relai lain.
- Kedua data arus di atas digunakan dalam proses penghitungan relai diferensial setelah terlebih dahulu kedua data melalui proses sampling matching.
- Unit transceiver melaksanakan proses sinkronisasi sampling agar kedua data arus diolah dalam kondisi waktu yang sama.
- CPU 1 melakukan proses penghitungan relai diferensial, perintah trip, reclosing dan perintah-perintah lainnya.
- CPU 2 melakukan proses kontrol untuk mengirimkan dan menerima data termasuk kontrol sinkronisasi sampling.

Kontrol sinkronisasi sampling



Misal sampling data setiap 30° sudut listrik dari besaran arus.

$$i_F(m) = i_A(m) + i_B(m) \quad ; \quad m = \text{nomor sampling} : 0, 1, 2, \dots$$

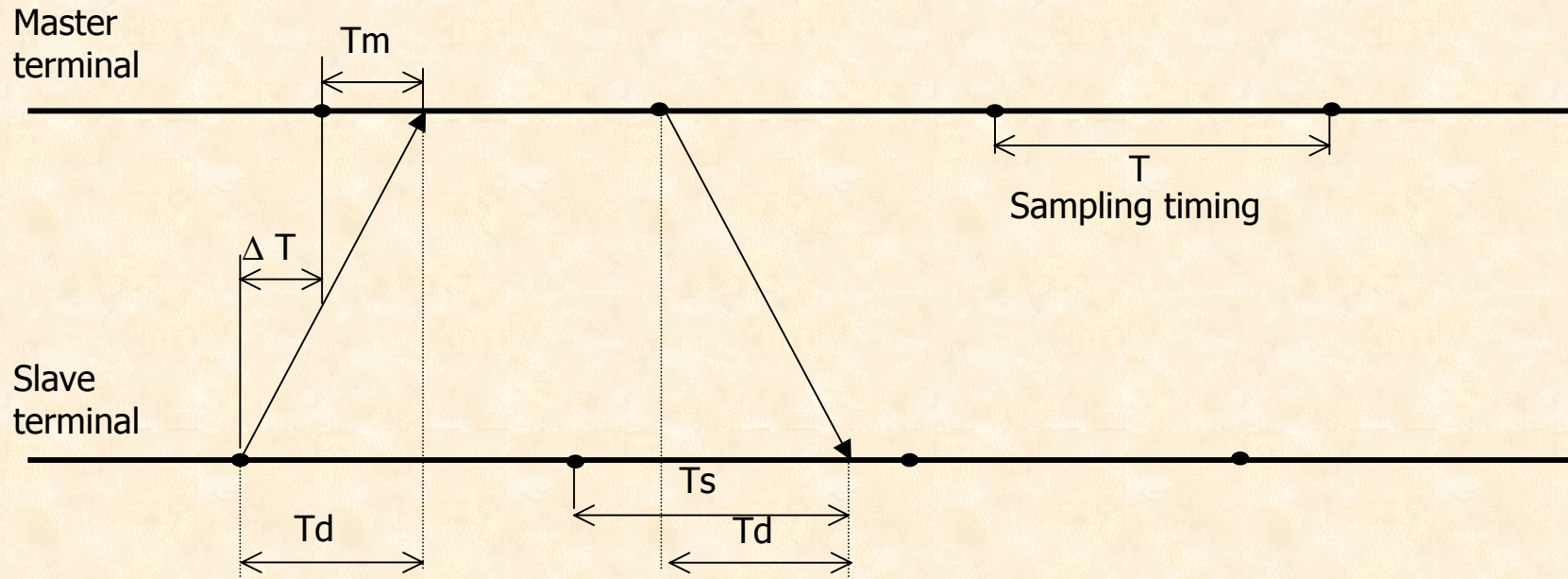
sinkronisasi sampling diperlukan agar dua relai yang berbeda dapat melakukan sampling arus pada waktu yang sama.

Sampling sinkronisasi terdiri dari 2 bagian :

- timing synchronization control
- sampling address synchronization control

Timing Synchronization control

Mengatur agar sampling dua sisi (relai) pada saat yang sama

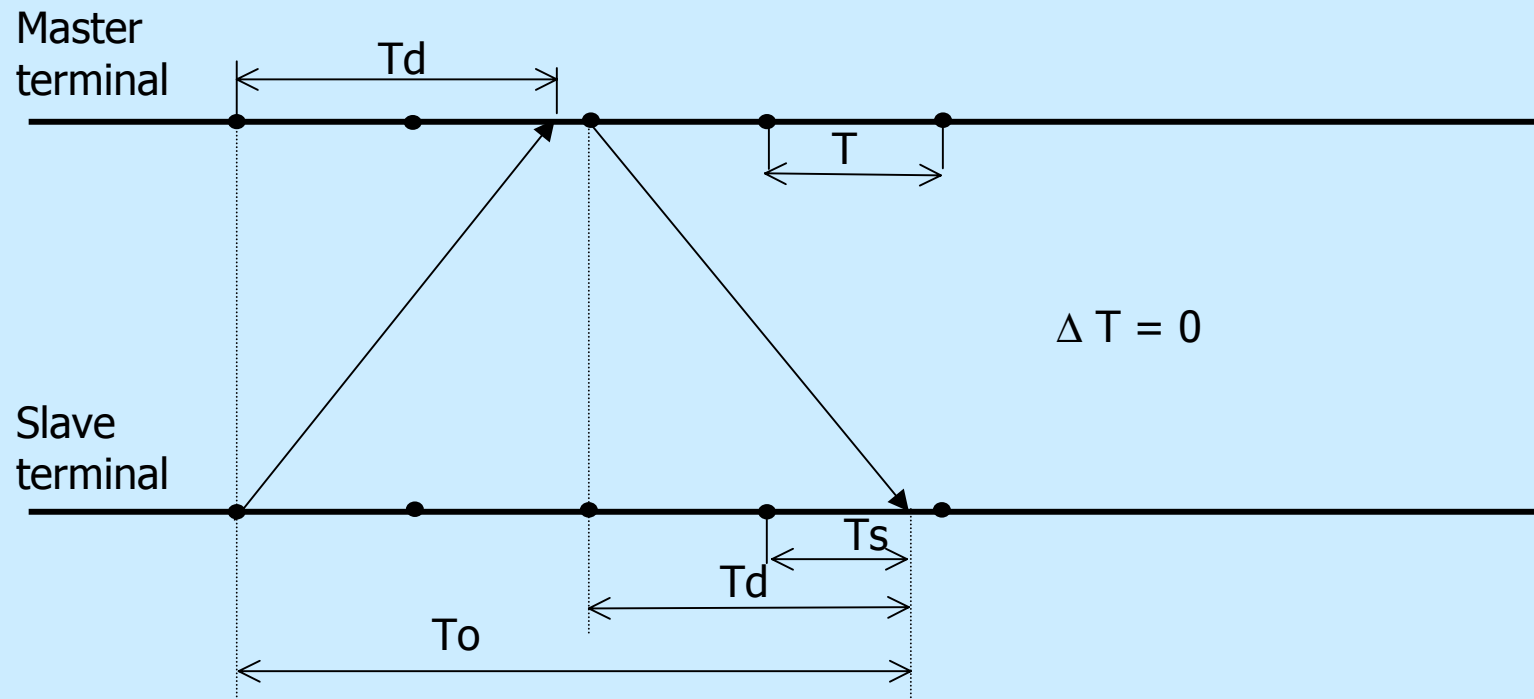


$$T_s = T_d + \Delta T \quad ; \quad T_m = T_d - \Delta T \quad ; \quad \Delta T = (T_s - T_m) / 2$$

- master terminal sebagai time reference mengukur T_m
- sisi lain sebagai slave terminal mengukur T_s
- T_m ditransmisikan bersamaan dengan data arus
- sampling time error ΔT dikurangi sehingga 0 dengan cara mengatur pulsa sampling oleh oscillator di slave terminal

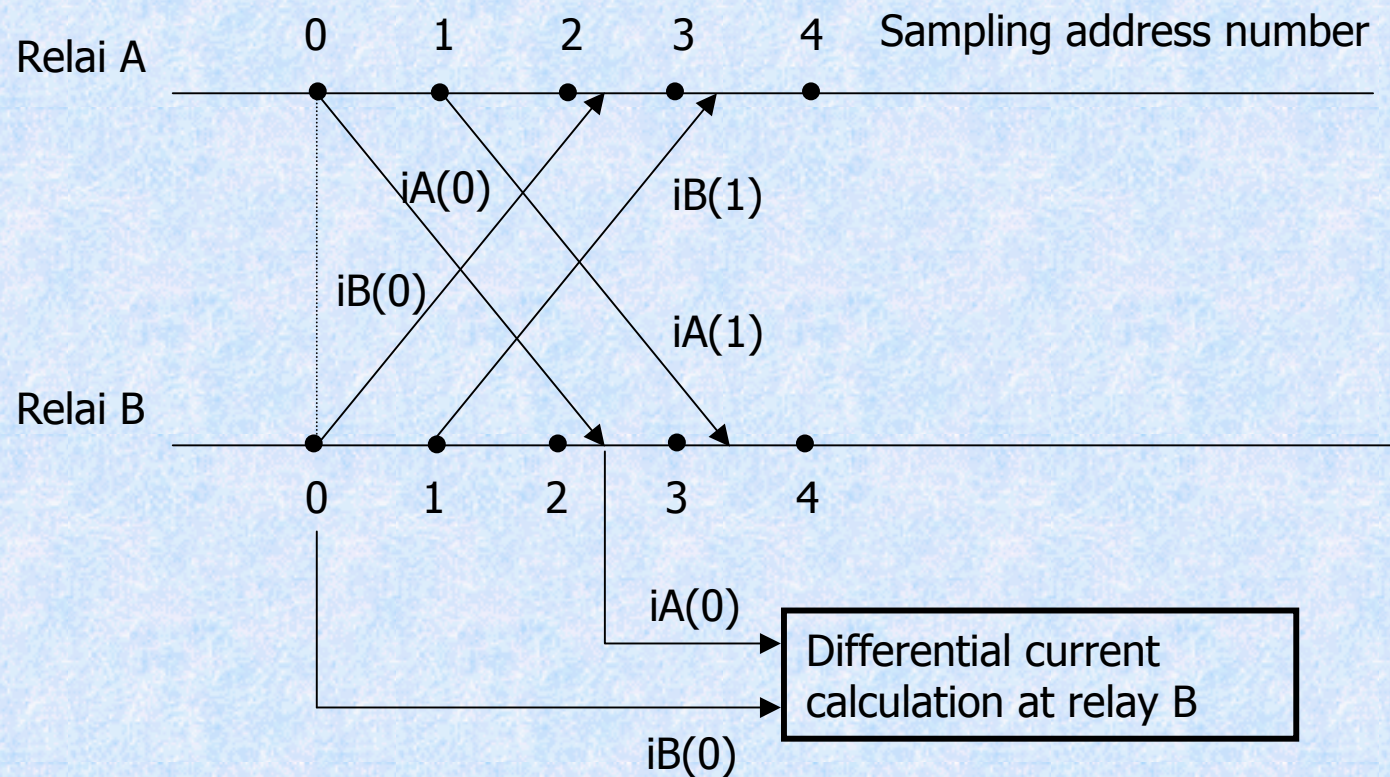
Sampling address synchronization control

untuk mencocokkan pada address sampling yang sama



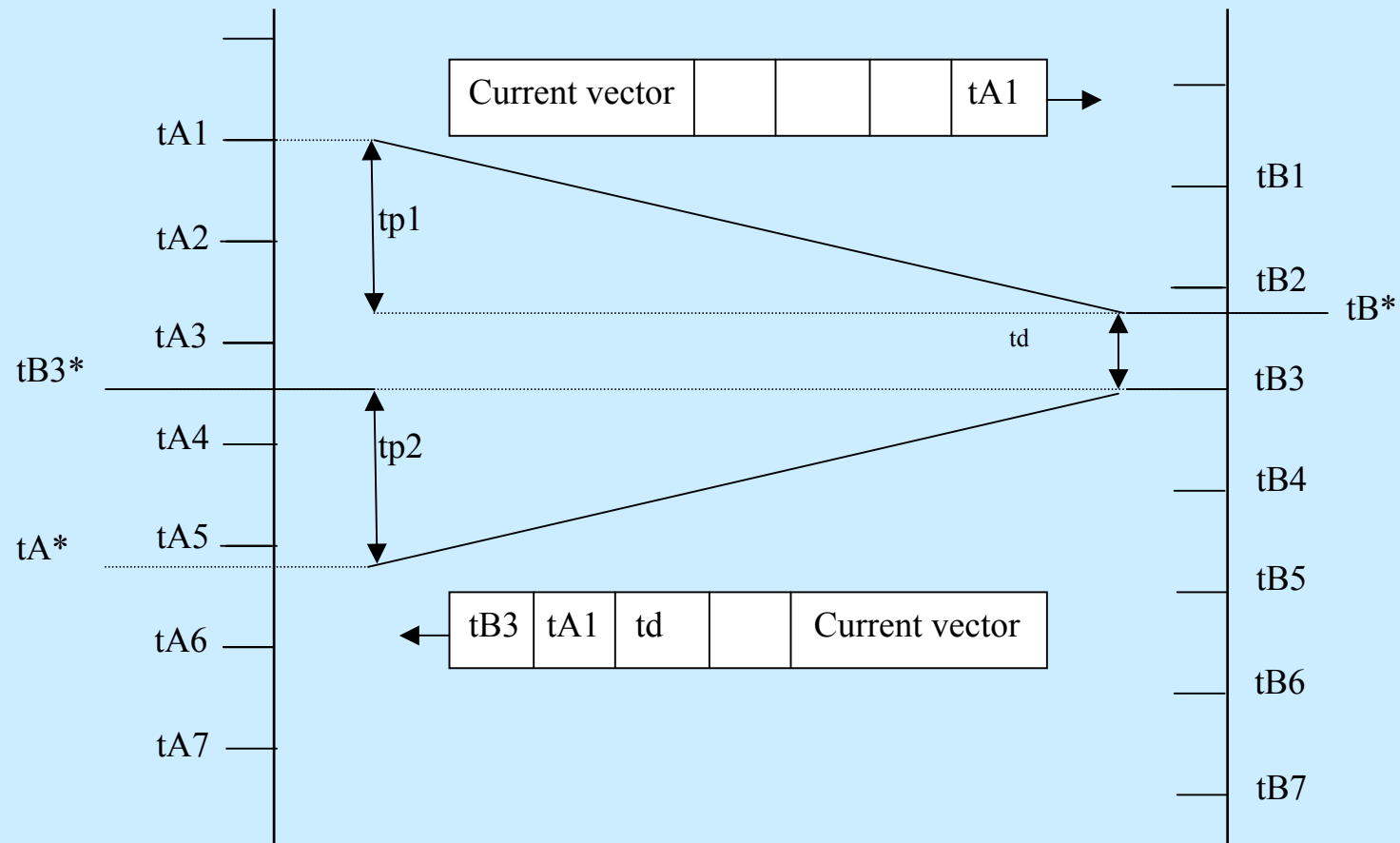
$$T_d = (T_o + (T - T_s)) / 2 - (T - T_s)$$

Pengukuran differensial arus



Dengan sinkronisasi sampling memungkinkan penghitungan diferensial arus secara benar walaupun ada delay waktu.

Data arus dan sampling address masing-masing dikirimkan ke relai lainnya.



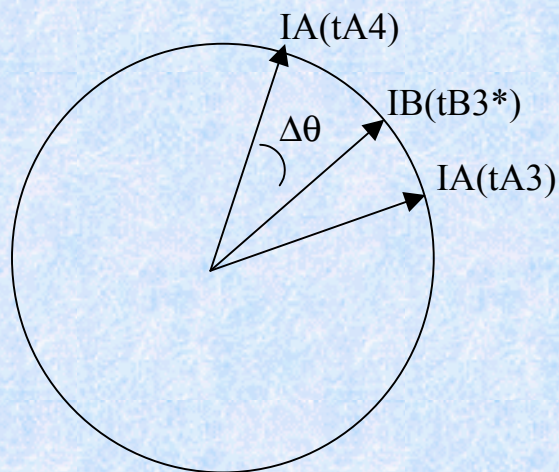
Gambar 2.13. Proses komunikasi asinkron

$$tp = \frac{1}{2} (tA^* - tA1 - t_d)$$

$$tB3^* = (tA^* - tp)$$

$$\begin{aligned}
 IB(tB3) &= IB e^{j\theta} \\
 &= IB \cos \theta + j IB \sin \theta
 \end{aligned}$$

$\Delta t = (tA4 - tA3)$ dan $\Delta\theta = \omega \Delta t$ dimana $\Delta\theta$ adalah sudut antara arus $IA(tA4)$ pada $tA4$ dengan $IB(tB3^*)$ pada $tB3^*$



Arus IB pada waktu $tA4$ dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 IB(tA4) &= IB(tA3^*) \cdot e^{j\Delta\theta} \\
 &= IB e^{j\theta} e^{j\Delta\theta} \\
 &= IB \cos (\theta + \Delta\theta) + j IB \sin(\theta + \Delta\theta)
 \end{aligned}$$

Gambar 2.13. Proses komunikasi asinkron

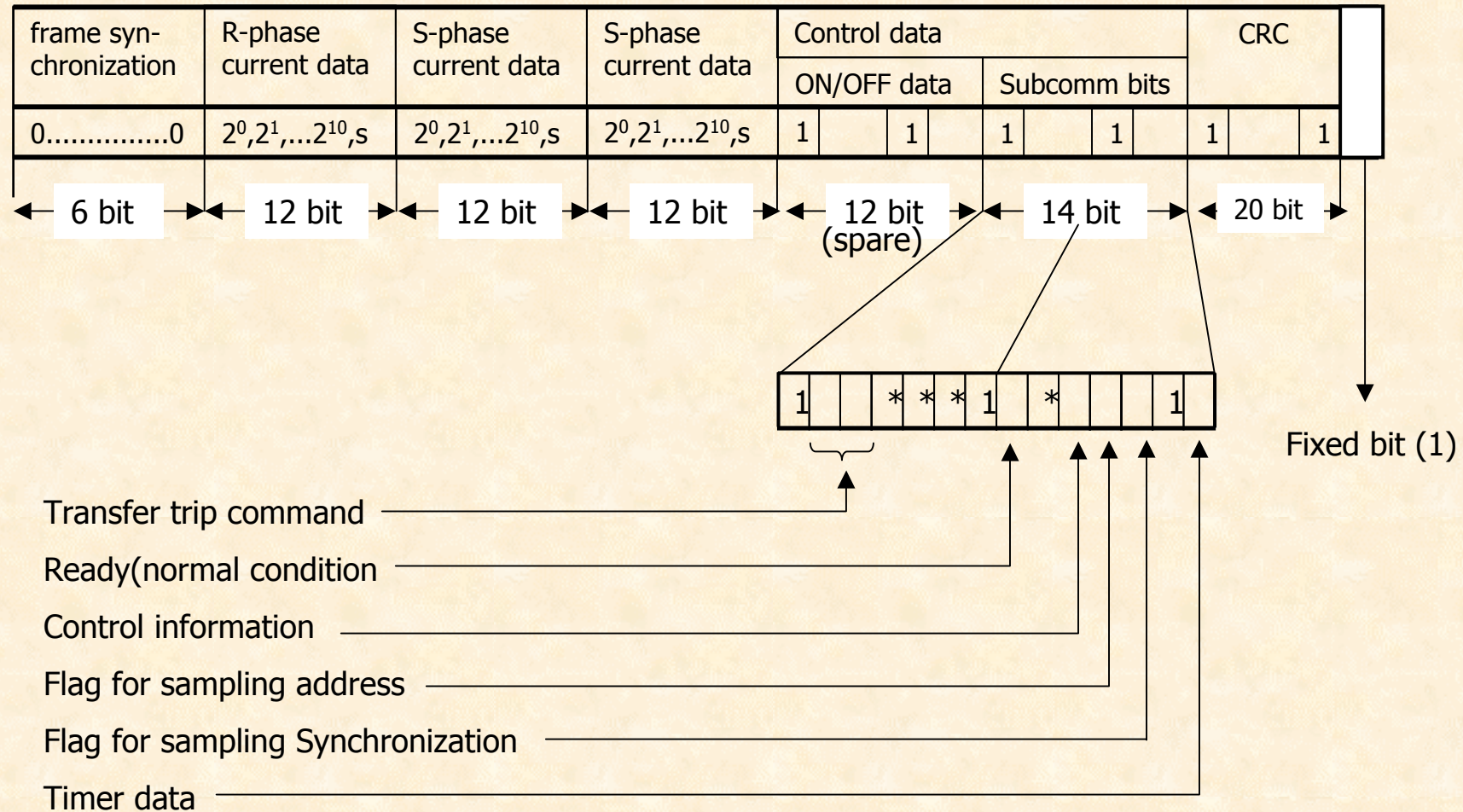
Format Data

Contoh frame format data untuk 64 kb/s/60Hz

1 frame (89 bit) x 720 Hz sampling = 64 kb/s

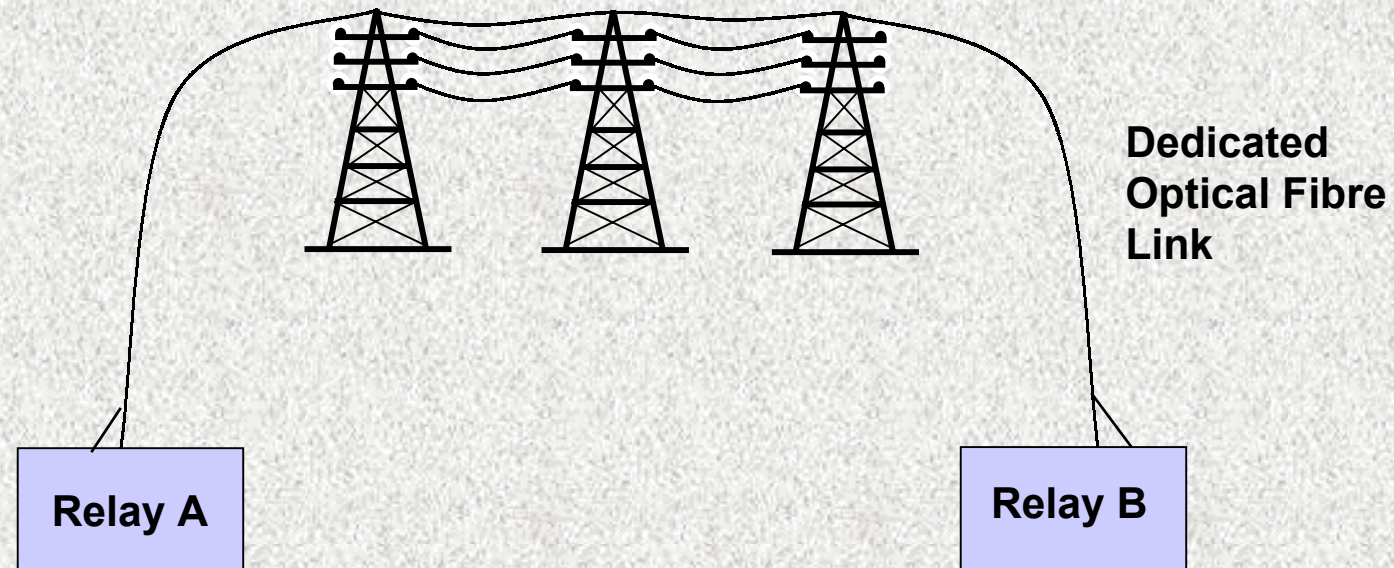
720 Hz sampling berarti $720/60 = 12$ sampling per cycle, sampling dilakukan pada setiap $360^\circ/12 = 30^\circ$

jumlah bit dalam setiap frame tergantung pada frekuensi sampling dan kecepatan data transmisi



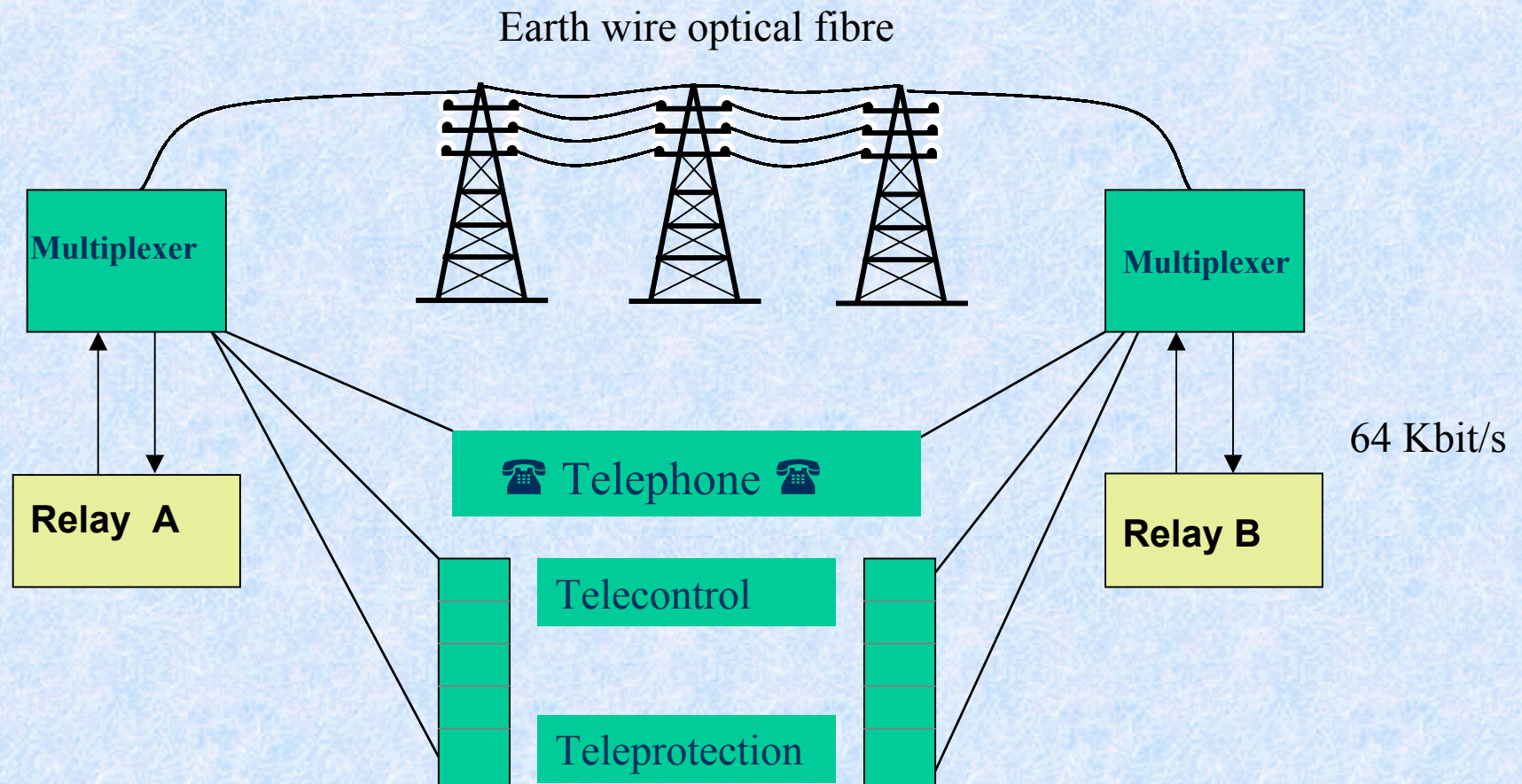
Media komunikasi

Direct Optical Fibre Link

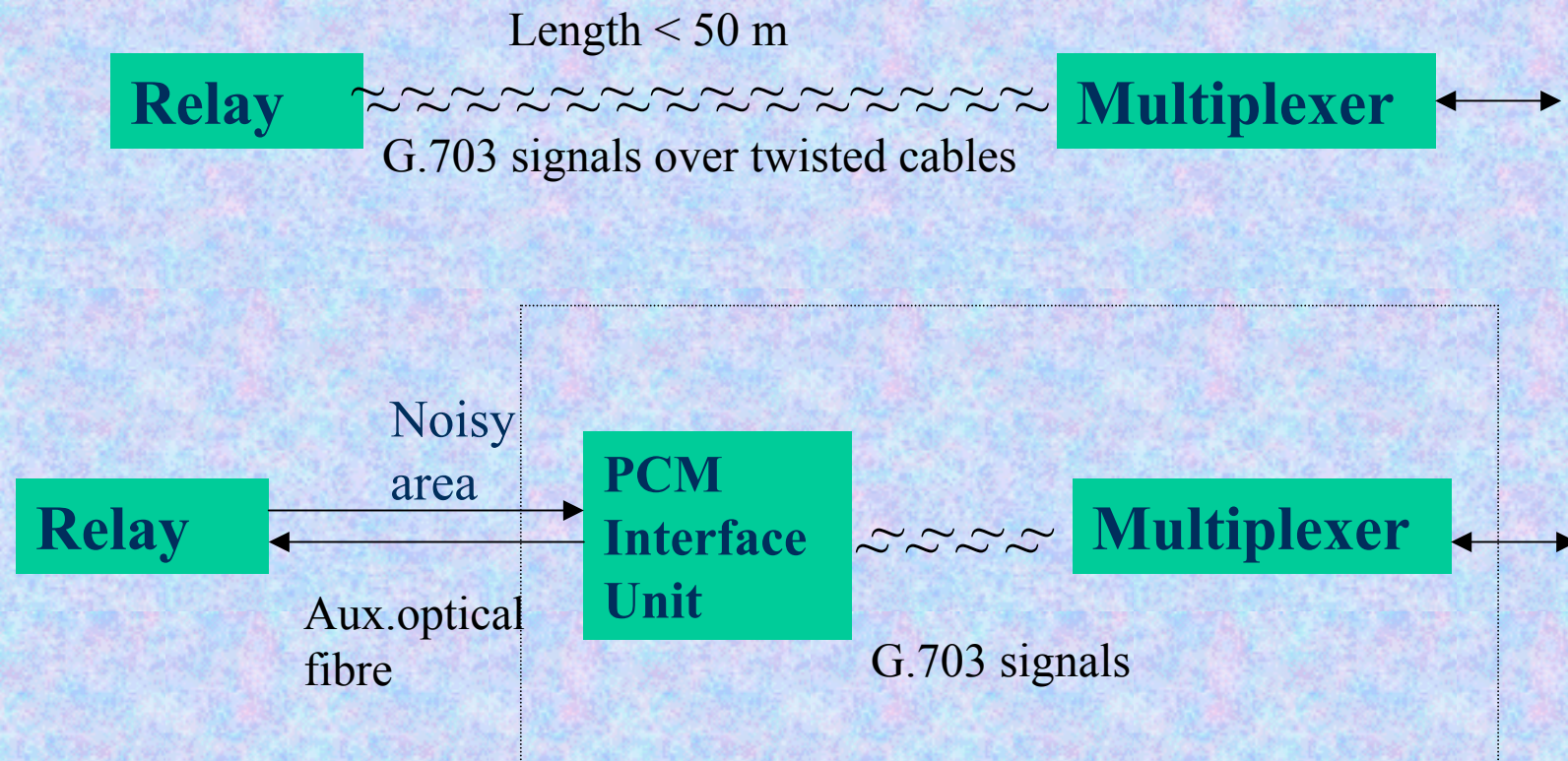


- Without a repeater max length : 50 kms
- Used only for short lines

Multiplexed Optical Link



Interfacing to PCM Multiplexers



Kelebihan relai diferensial arus untuk proteksi transmisi dibandingkan relai jarak

- Tidak ada permasalahan pada :
 - CVT transient
 - SIR
 - gangguan dekat relay
 - Power swing
 - mutual coupling
 - kompensasi seri
- Kelebihan lainnya :
 - pada transmisi dengan weak infeed dapat mendeteksi internal fault dengan kecepatan dan sensitivitas yang tinggi.
 - dapat mendeteksi gangguan dengan resistansi gangguan yang besar.
 - dapat dicapai selektifitas pada gangguan internal/eksternal untuk multi terminal.

Advantages

- No voltage transformers needed
- Detect very high resistance faults
- Immune for power swings
- Uniform trip time

Advantages

- No problem with series compensation
- Simple to set with no coordination problems
- Good for multi ended lines
- Better performance for short lines (compared to distance schemes)

Disadvantages

- Depends on telecommunication link
- 2 (two) sides must be identical
- Relatively higher in cost