

**AREVA**

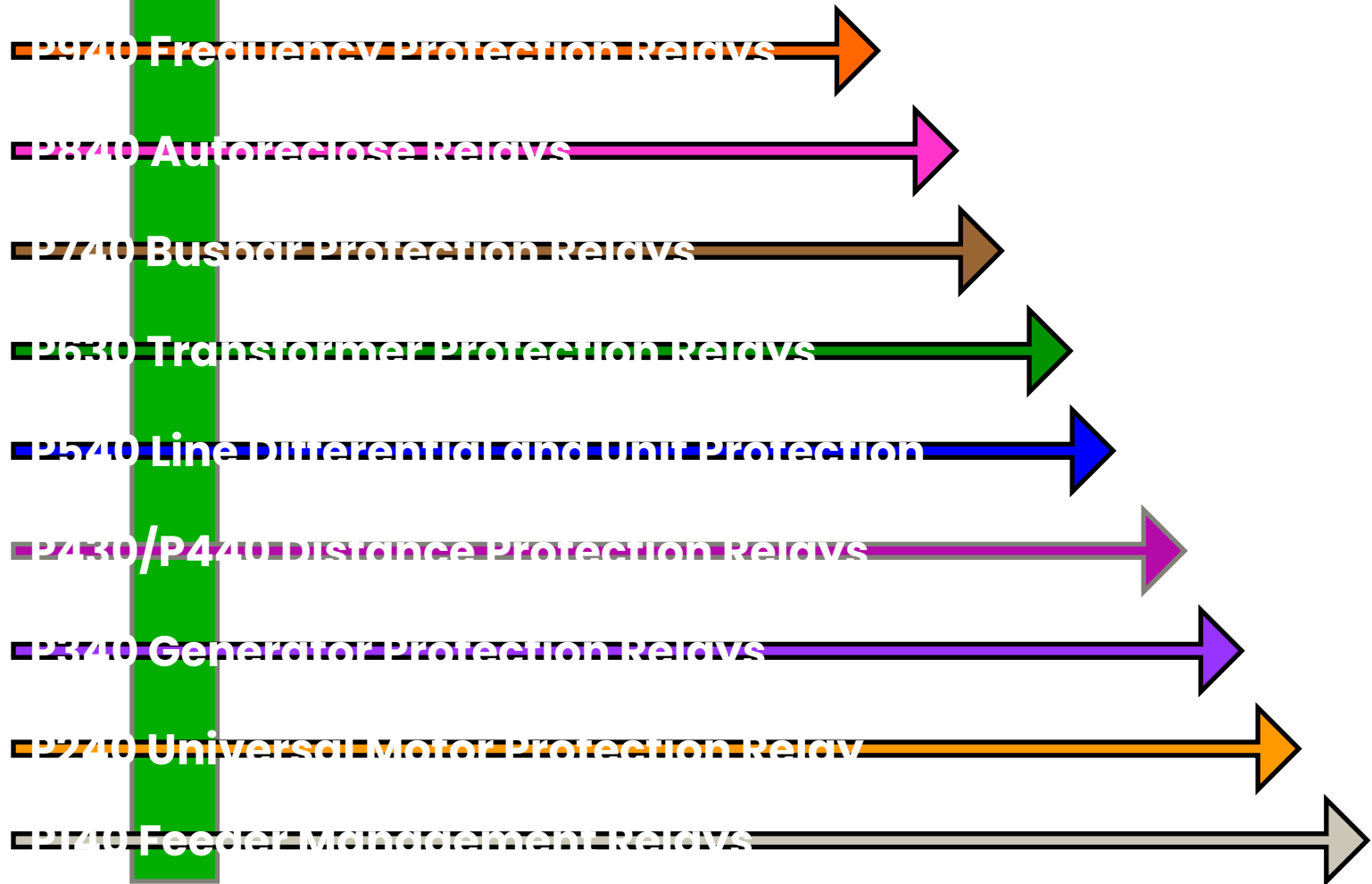
***MiCOM P54x Series***  
***цифровые дифференциальные токовые реле***

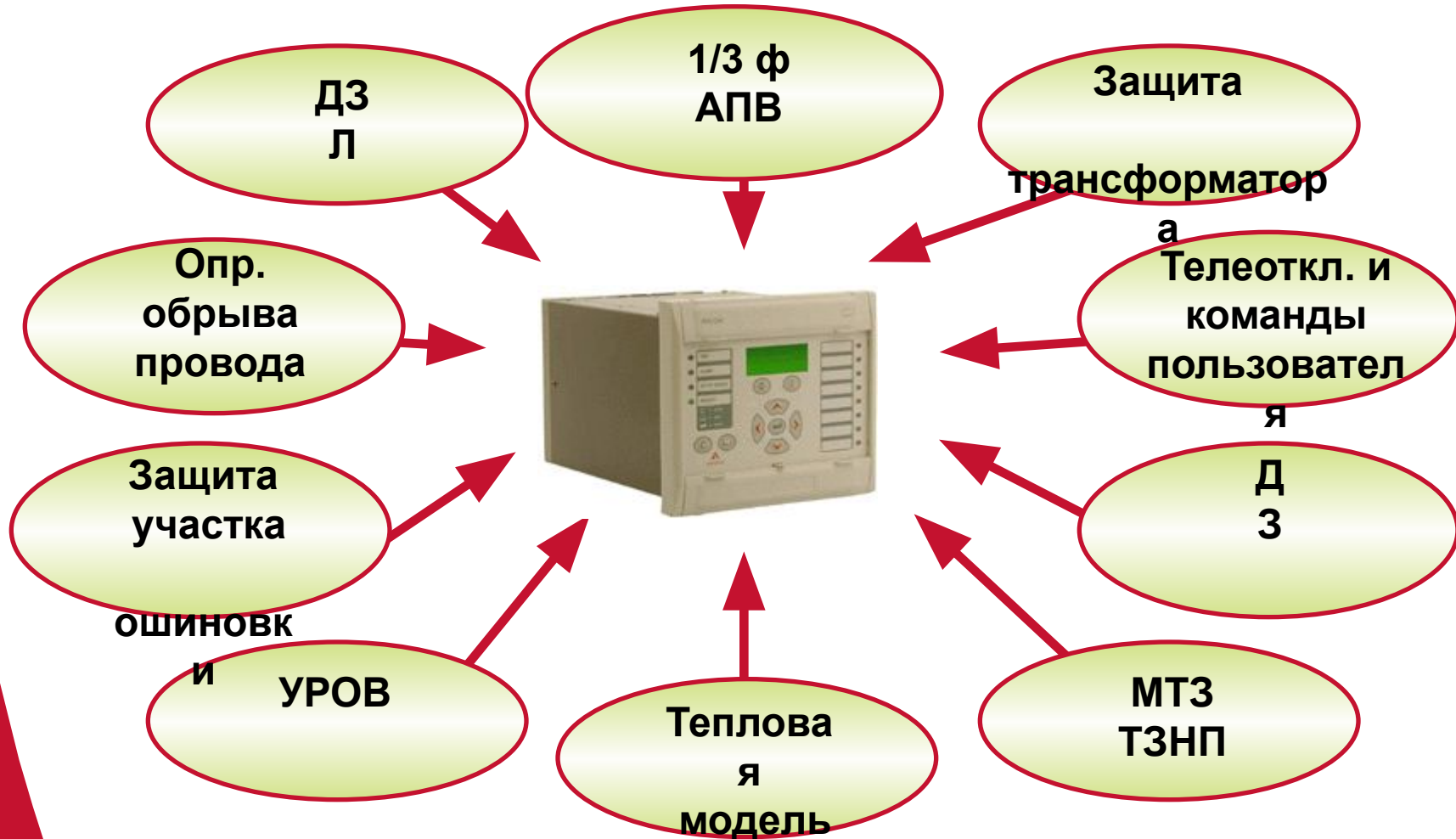
***P3A***

**Июль 2006**

- ▶ Продольная дифференциальная токовая защита







## ***P540 Current Differential Relays- доступные модели (non GPS-synch.)***



P541 для линейных или трансформаторных фидеров 40TE / 8”

P542 для линейных или трансформаторных фидеров с ТАПВ, (60TE / 12”)

P543 для линий с дистанционной защитой ОАПВ и ТАПВ, (60TE / 12”)

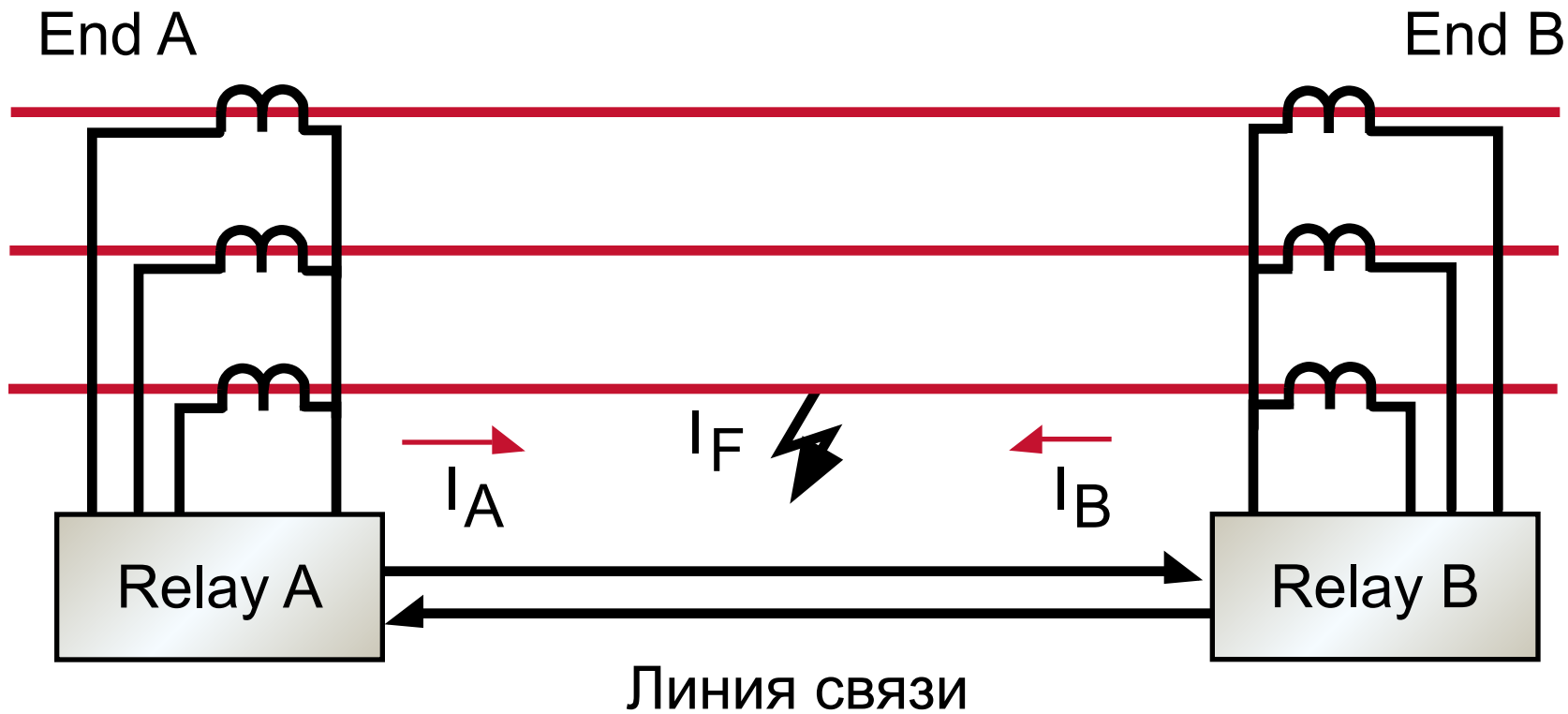
P544 для линий, подключенных через 2 выключателя с дистанционной защитой, (60TE / 12”)

## ***P540 Current Differential Relays - для классического применения и применения в синхронизированных цифровых сетях***

- ▶ P545 для линий с дистанционной защитой ОАПВ и ТАПВ, , (80TE / 19")
- ▶ P546 для линий, подключенных через 2 выключателя с дистанционной защитой, (80TE /19")



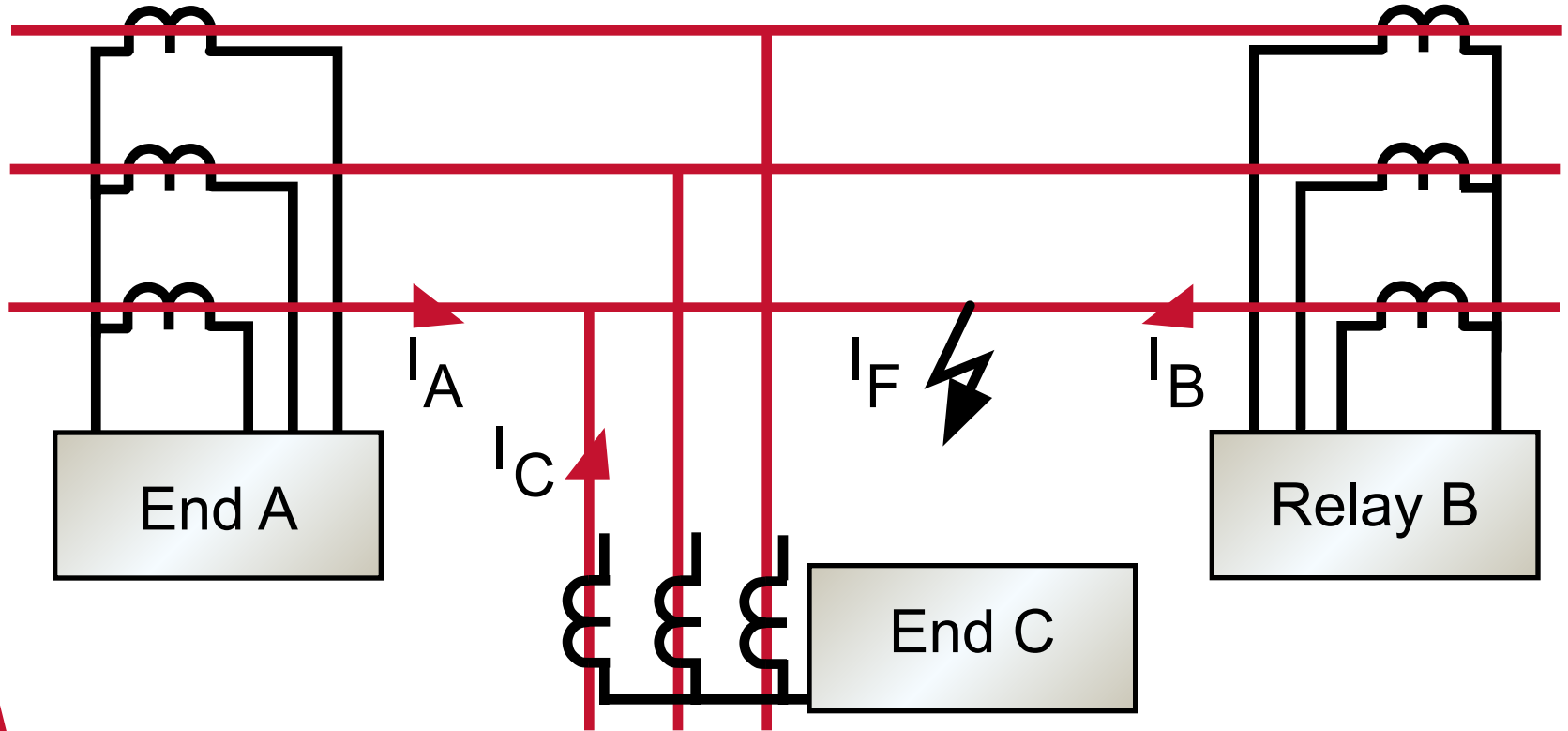
# GPS synchronised mode described later



$$I_A + I_B = 0 \text{ Healthy}$$

$$I_A + I_B \neq 0 (= I_F) \text{ Fault}$$

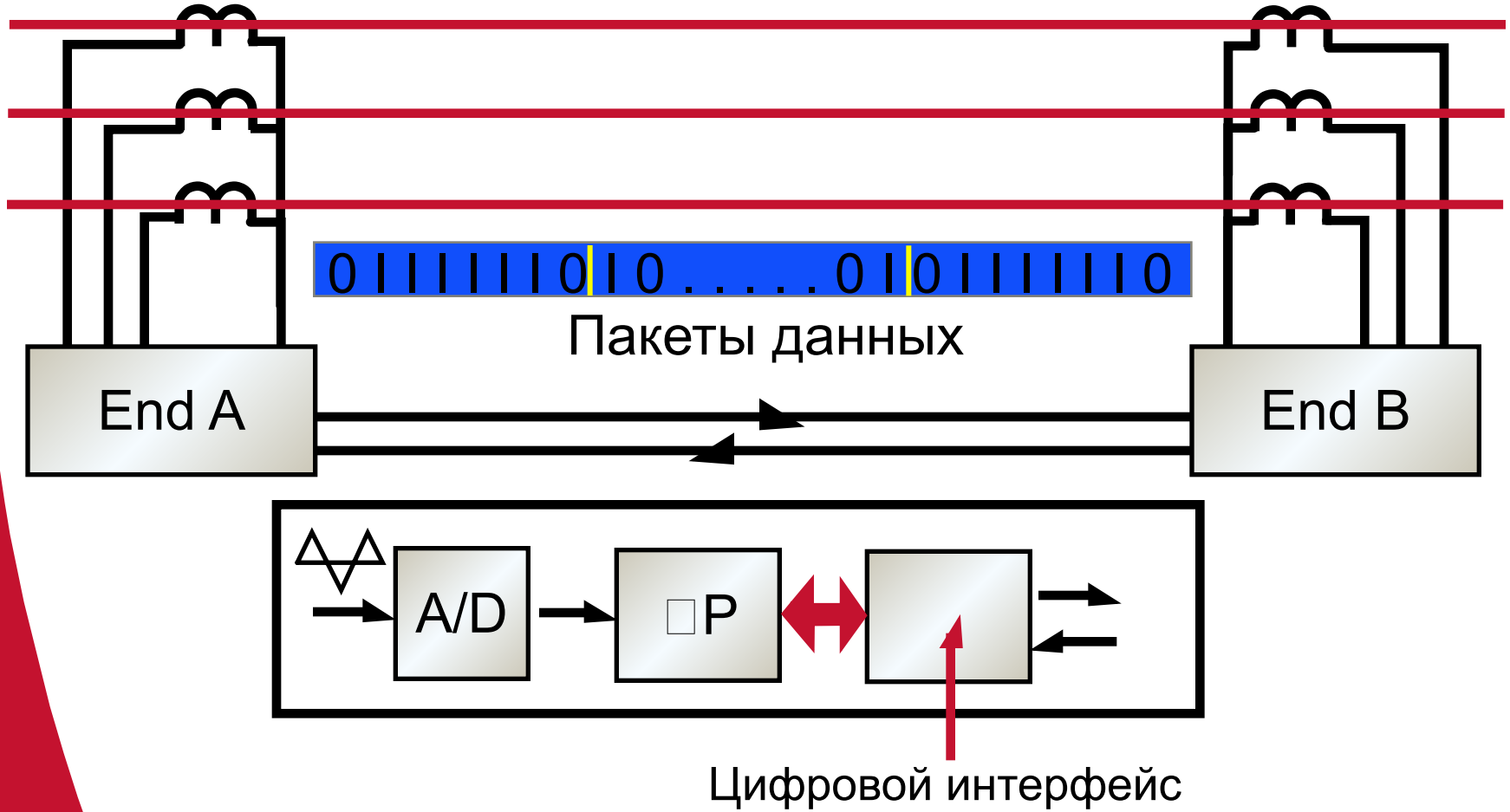




$$I_A + I_B + I_C = 0 \text{ Healthy}$$

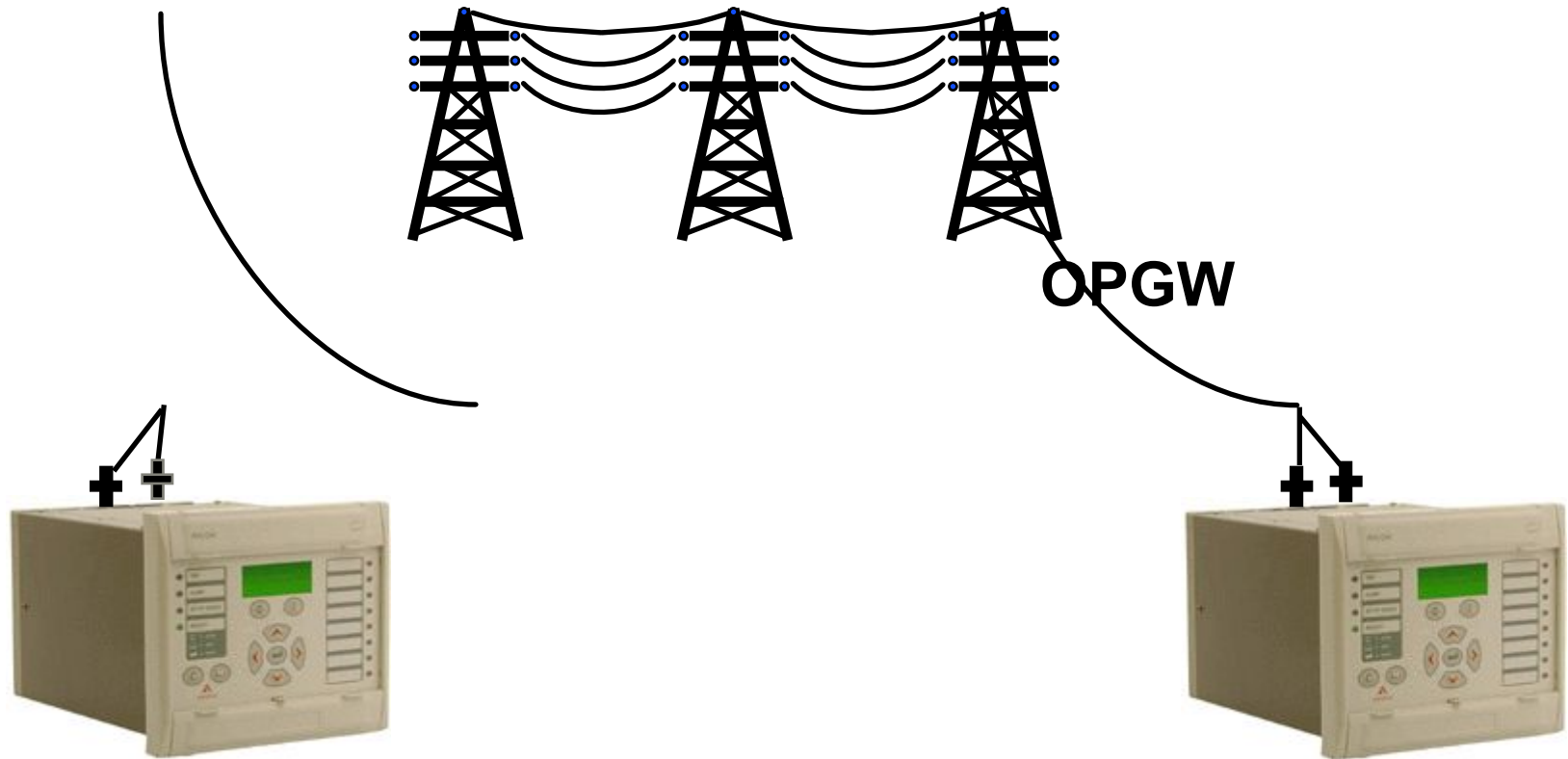
$$I_A + I_B + I_C \neq 0 (= I_F \text{ faulty})$$

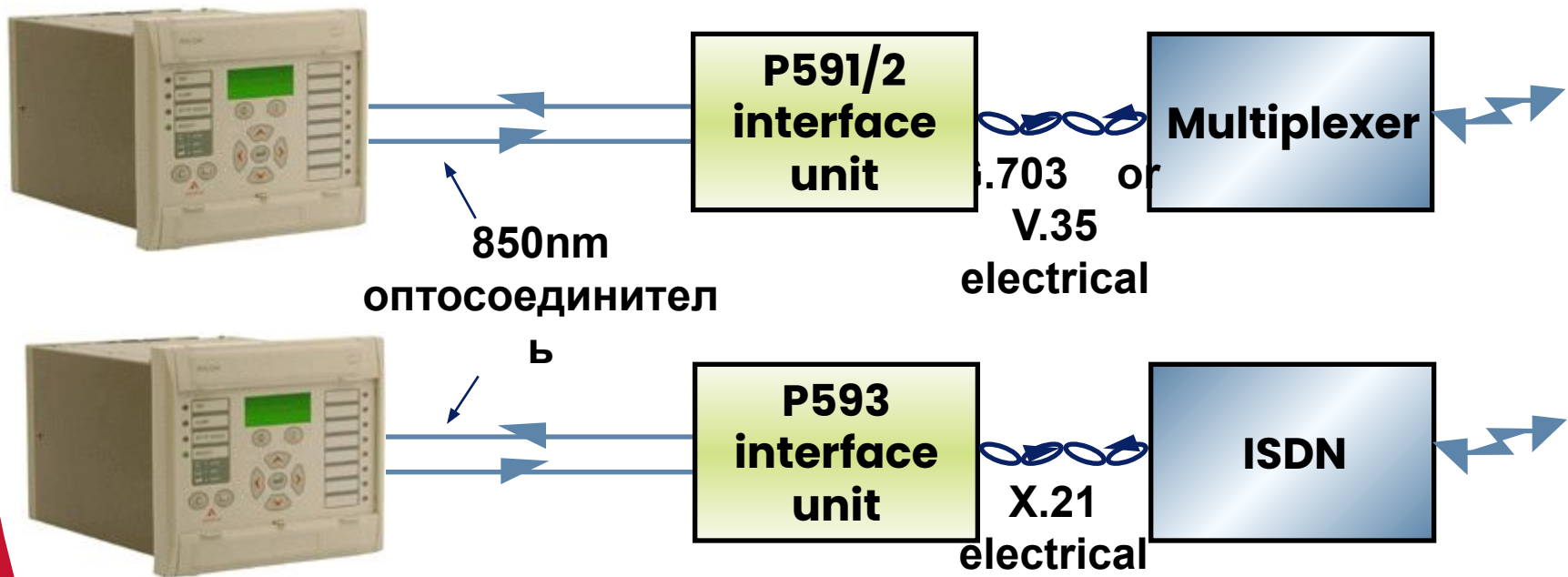
- ▶ Не нужен вход напряжения
- ▶ Подходит для 3-х концевых линий
- ▶ Определяет повреждение через переходное сопротивление
- ▶ Не реагирует на качания
- ▶ Одно и то же время срабатывания
- ▶ Проста в установке

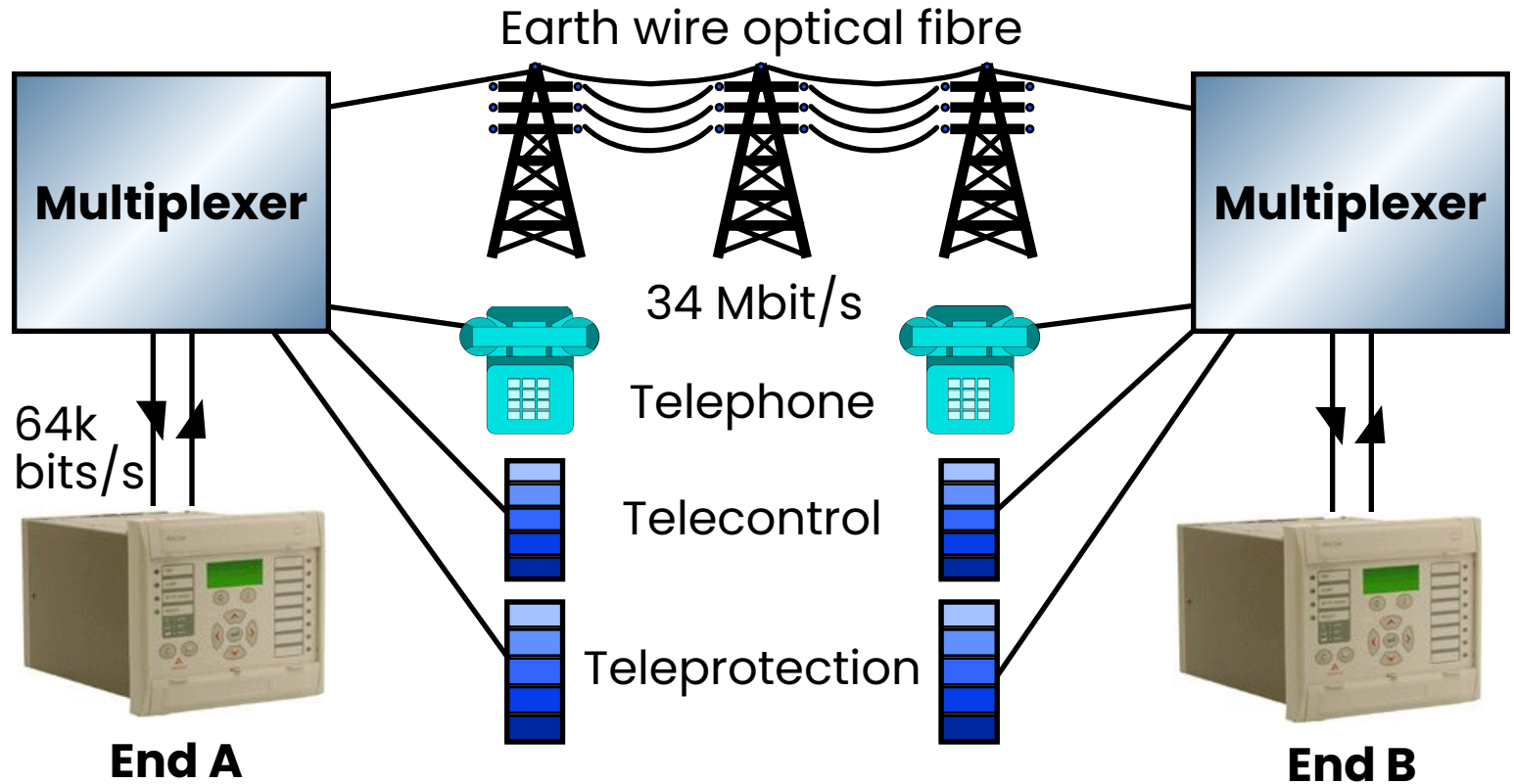


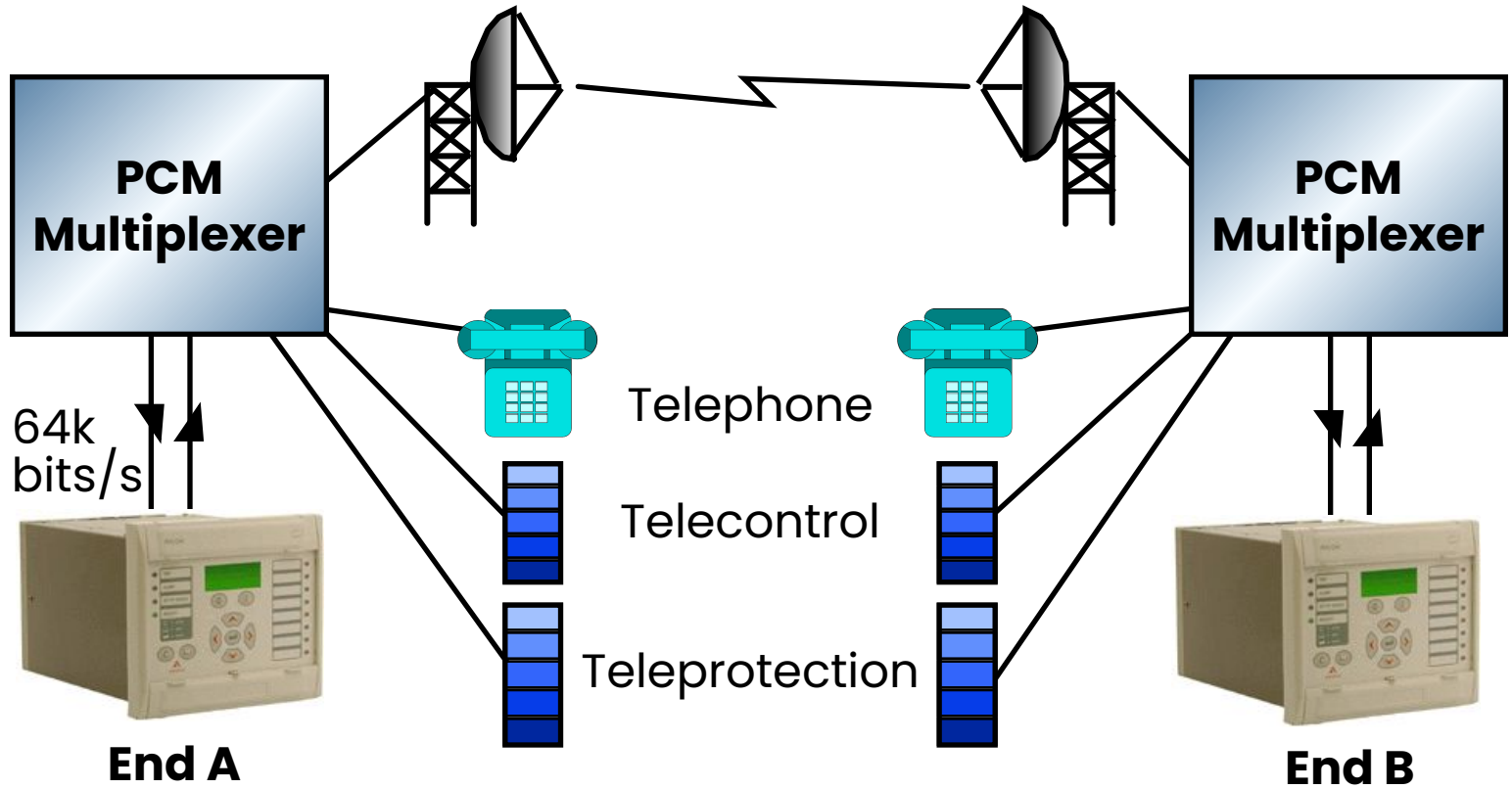
# *Main Features of P540 Relay дифференциальный элемент*

- ▶ **Использование стандартного коммуникационного канала 56 or 64 kbits/s**
- ▶ **Также работает по выделенной оптоволоконной паре**
- ▶ **Пофазное исполнение**
- ▶ **Компенсация емкостного тока**
- ▶ **2 и 3 концевые линии**
- ▶ **Измерение и компенсация времени задержки сигнала в канале**
- ▶ **проверка достоверности данных в канале**
- ▶ **Передача команд прямого и разрешающего телеотключения**
- ▶ **8 пользовательских команд для свободного использования**





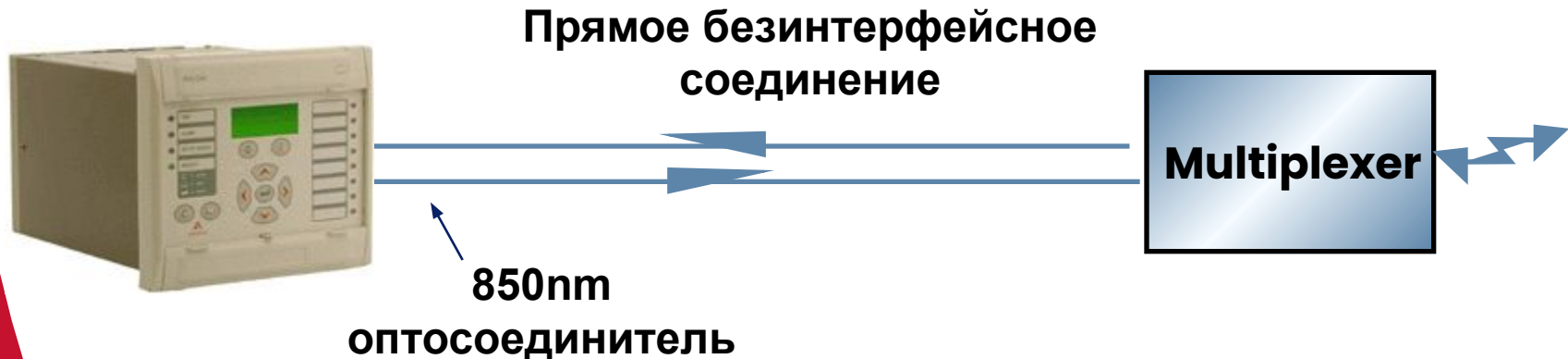


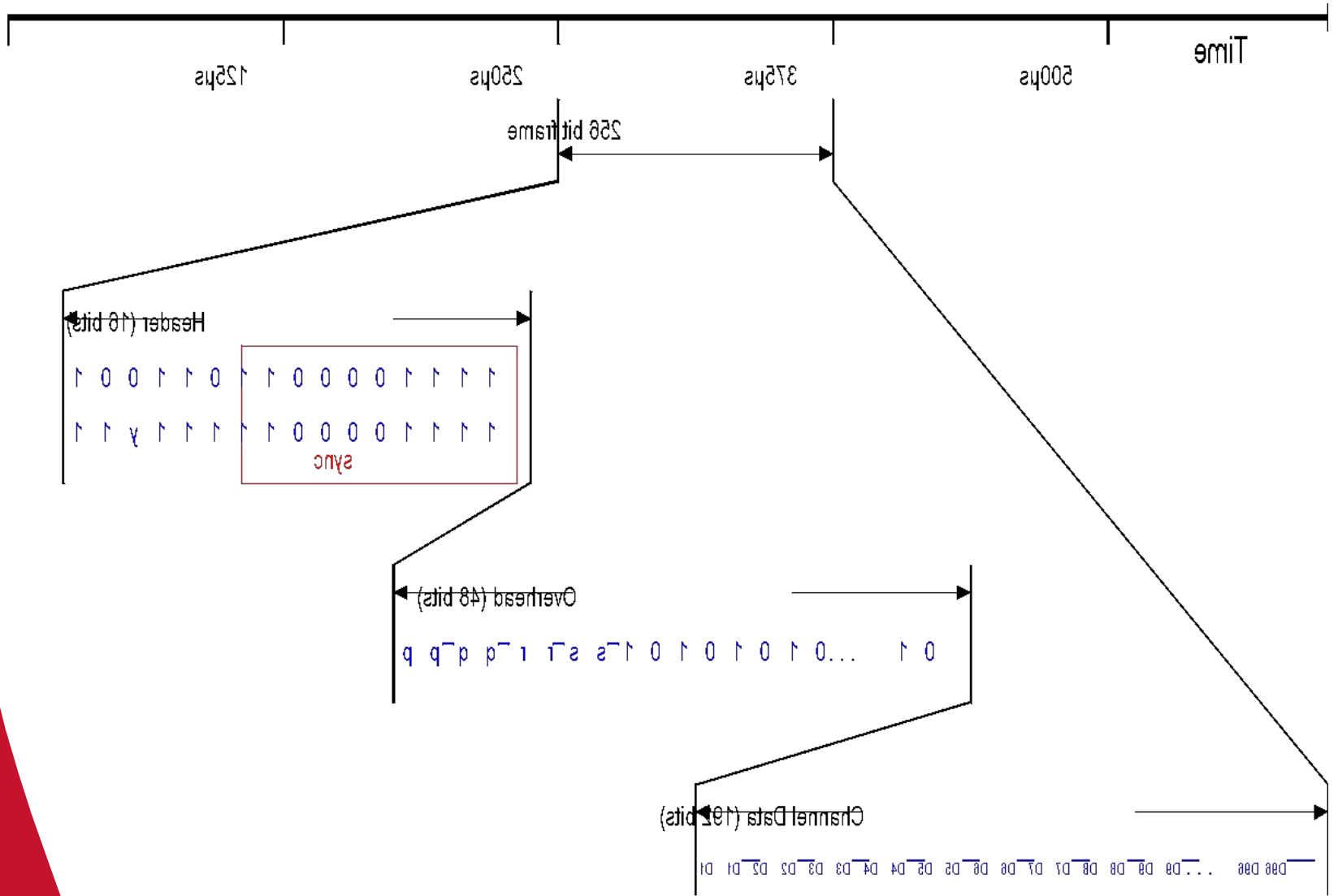




## IEEE C37.94

**IEEE Standard for N Times 64  
Kilobit Per Second Optical Fiber  
Interfaces Between Teleprotection  
and Multiplexer Equipment**





# При выборе IEEE C37.94 в J реле уставка актуальна для основного и резервного каналов

Edited	Name	Value
	Scheme Setup	2 Terminal
	Address	0-0
	Baud Rate Ch1	64kbits/s
	Clock Source Ch1	Internal
	Comm Delay Tol	250.0us
	Comm Fail Timer	10.00 s
	Char Mod Time	500.0ms
	Inrush Restraint	Disabled
	Vectorial Comp	Yy0 (0 deg)
	Ph CT Corr'tion	1.000
	Comms Mode	Standard

**Comms Mode**

Current Setting: Standard

New Setting: Standard

IEEE C37.94

OK Cancel Help

# Оптический бюджет для прямого соединения

850nm Multi Mode	1300nm Multi Mode	1300nm Multi Mode	1550nm Single Mode	Mode
мощность передатчика	-19.8dBm	-13dBm	-13dBm	-13dBm
чувствительность приемника		-25.4dBm	-40dBm	-40dBm
Optical Budget	5.6dB	27.0dB	27.0dB	27.0dB
Миним. запас (3db)*	2.6dB	24.0dB	24.0dB	24.0dB
удельное затухание	2.6dB/km	0.8dB/km	0.4dB/km	0.3dB/km
Макс расстояние	1 km	30km	60km	80km

**близ**



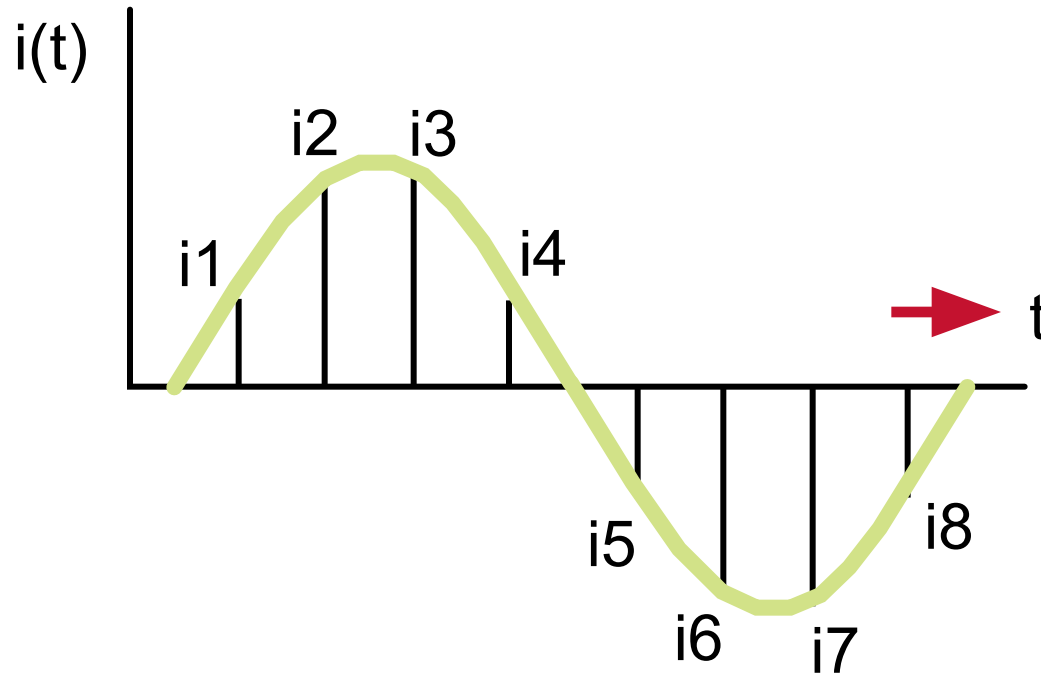
**дальш**

**е**

**Key:** \* 3dB –необходимый запас чувствительности в расчете на старение кабеля

**е**

- ▶ **16 bit АЦП**
- ▶ **Асинхронные выборки по 8 точек на период**
  - ◆ **(12 samples/cycle in Disturbance Record)**
- ▶ **Определение вектора тока после обсчета одного цикла по ряду Фурье**
  - ◆ **Proven best noise immunity in difficult applications adjacent to HVDC, switching noise, series compensation etc...**
- ▶ **Коррекция вектора по времени**

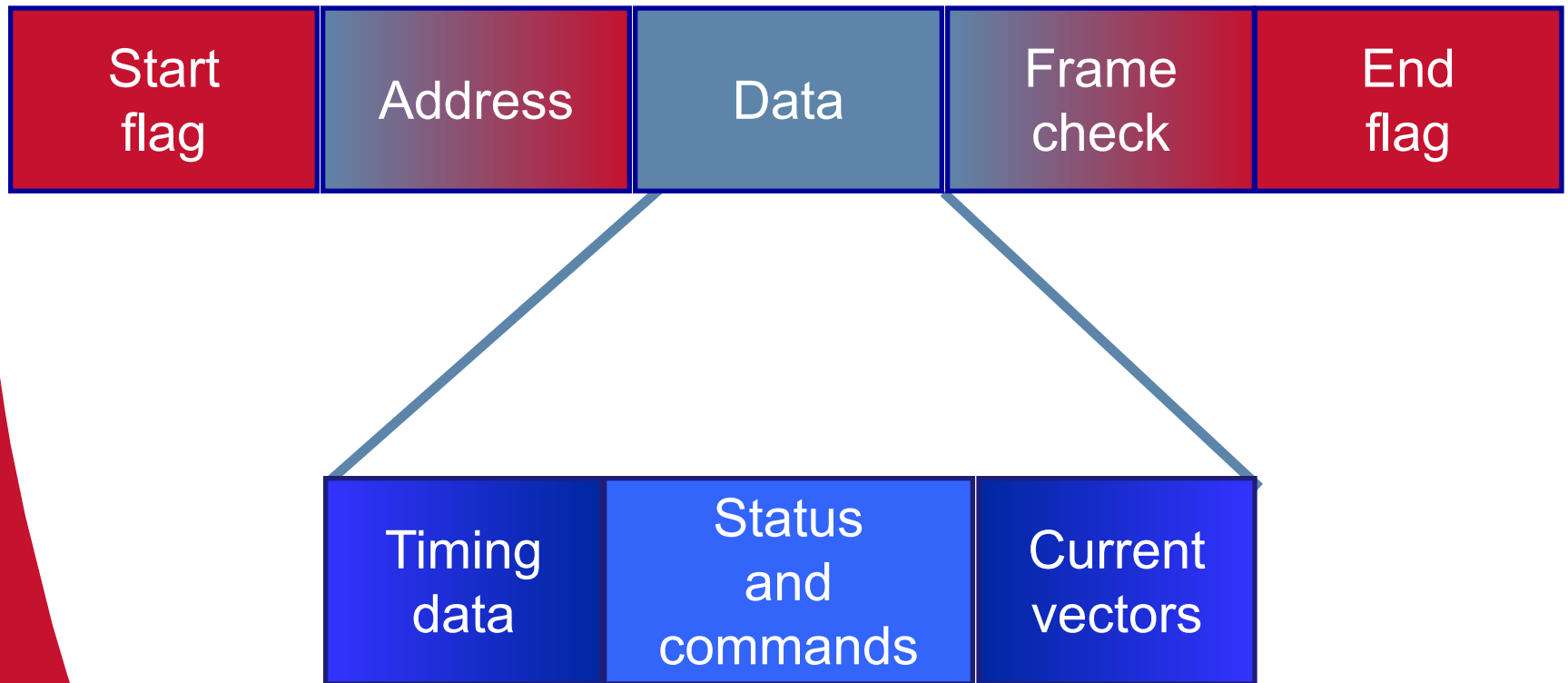


$$I = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^{N-1} i_n \exp j n \omega \Delta t \quad N = \text{Номер выборки в цикле}$$

$$I_s = \frac{2}{N} \left[ \sum_{n=1}^{N-1} \sin_n \omega \Delta t \cdot i_n \right]$$

$$I_c = \frac{2}{N} \left[ \frac{i_0}{2} + \frac{i_N}{2} + \sum_{n=1}^{N-1} \cos_n \omega \Delta t \cdot i_n \right]$$

$$I_{\angle \theta} = \begin{bmatrix} I_{s^+} & I_{j c} \end{bmatrix}$$

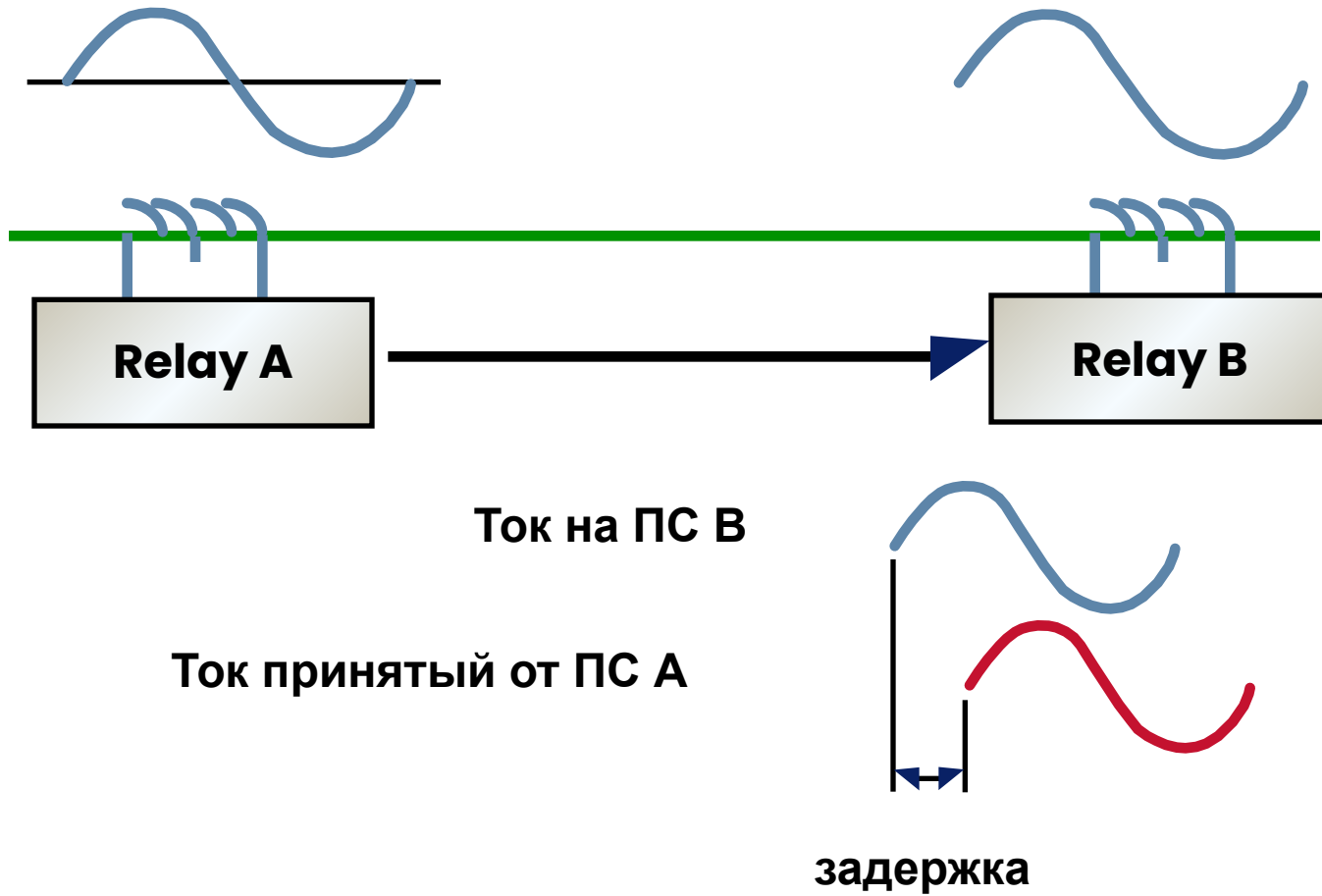




- ▶ Стартовый флаг (01111110) для синхронизации сообщения
- ▶ Адрес реле
- ▶ Метка времени для вычисления времени прохождения сигнала
- ▶ Информация о статусе и передаваемых командах
- ▶ 3 фазных вектора тока
- ▶ Дополнительное торможение (2 гармоника для P541/P542, режим защиты участка ошиновки P544/P546)
- ▶ CRC
- ▶ Финишный флаг (01111110) для синхронизации сообщения

**Total 24 Bytes**

# Конечное время прохождения сигнала



## ▶ Синхронные выборки в обоих реле

- ◆ Прямое сравнение выборок
- ◆ Синхронизация между реле посредством GPS – что случится при отсутствии GPS?

P545 and P546 only

## ▶ Асинхронные выборки

- ◆ Непрерывное измерение расхождения времени
- ◆ Программная подгонка векторов

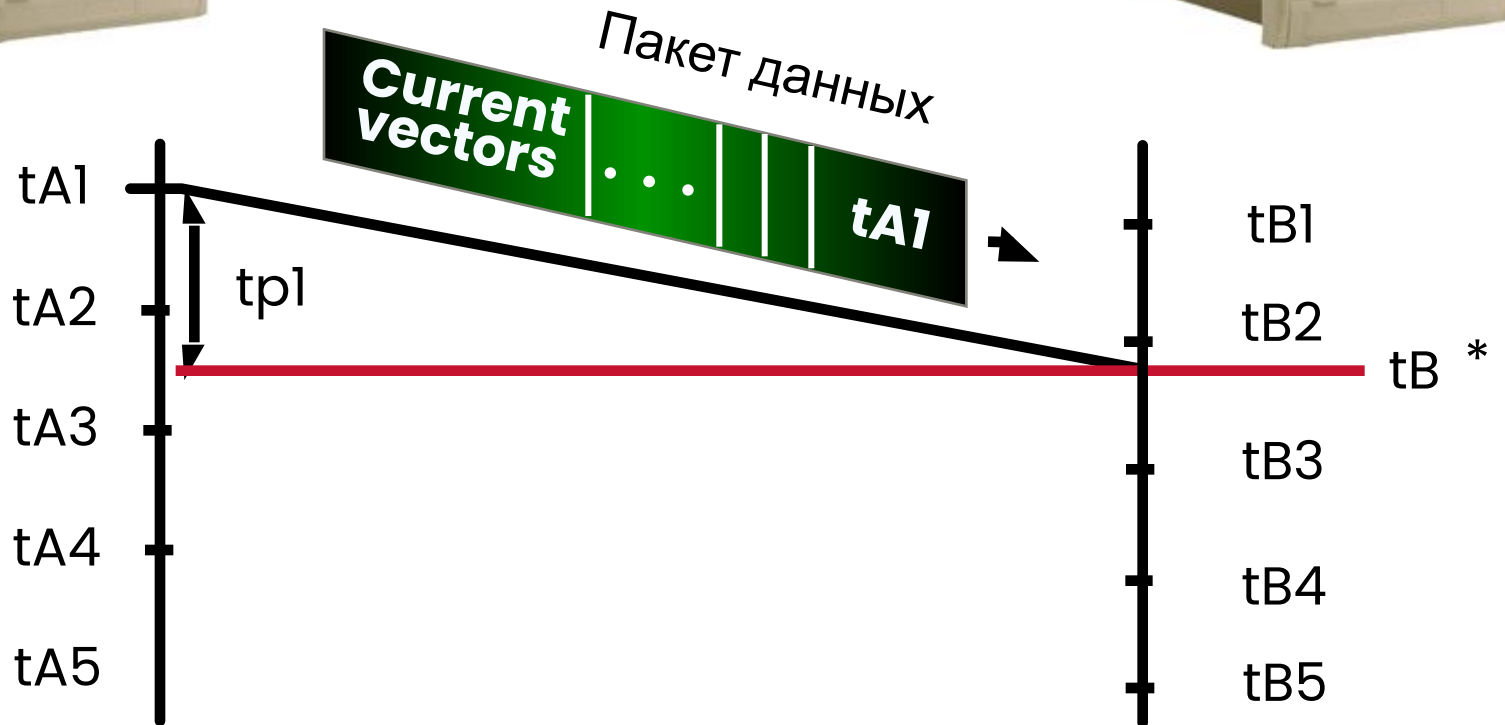
Все модели, P541-P546

# Время прохождения сигнала измерения - 1

**Relay A**



**Relay B**



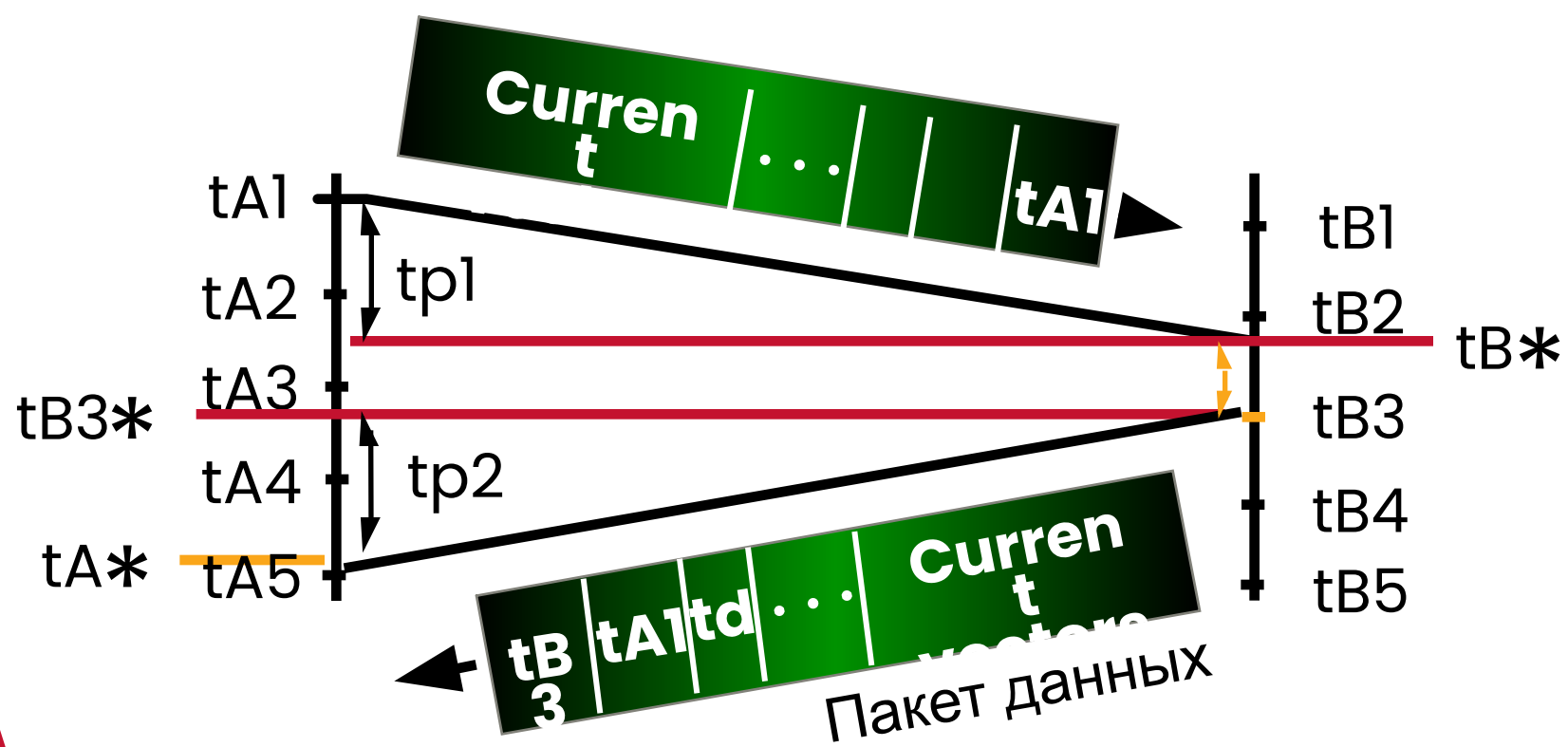
# Время прохождения сигнала измерения - 2

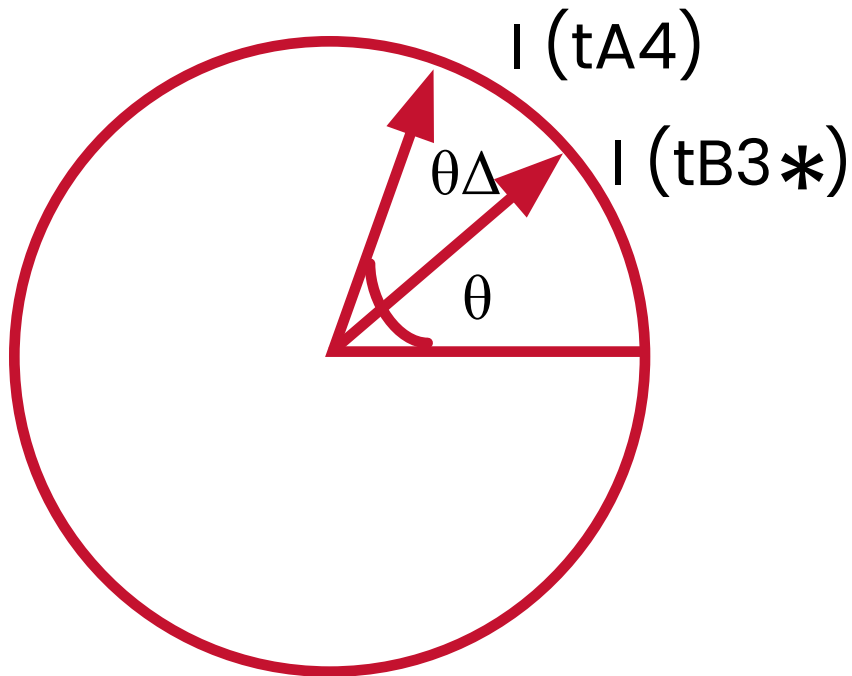
Измеренное время выборки

$$t_{B3*} = (t_{A*} - t_{p2})$$

Время задержки

$$t_{p1} = t_{p2} = 1/2 (t_{A*} - t_{A1}) - t_d$$





$$\Delta t = (tA4 - tB3*)$$

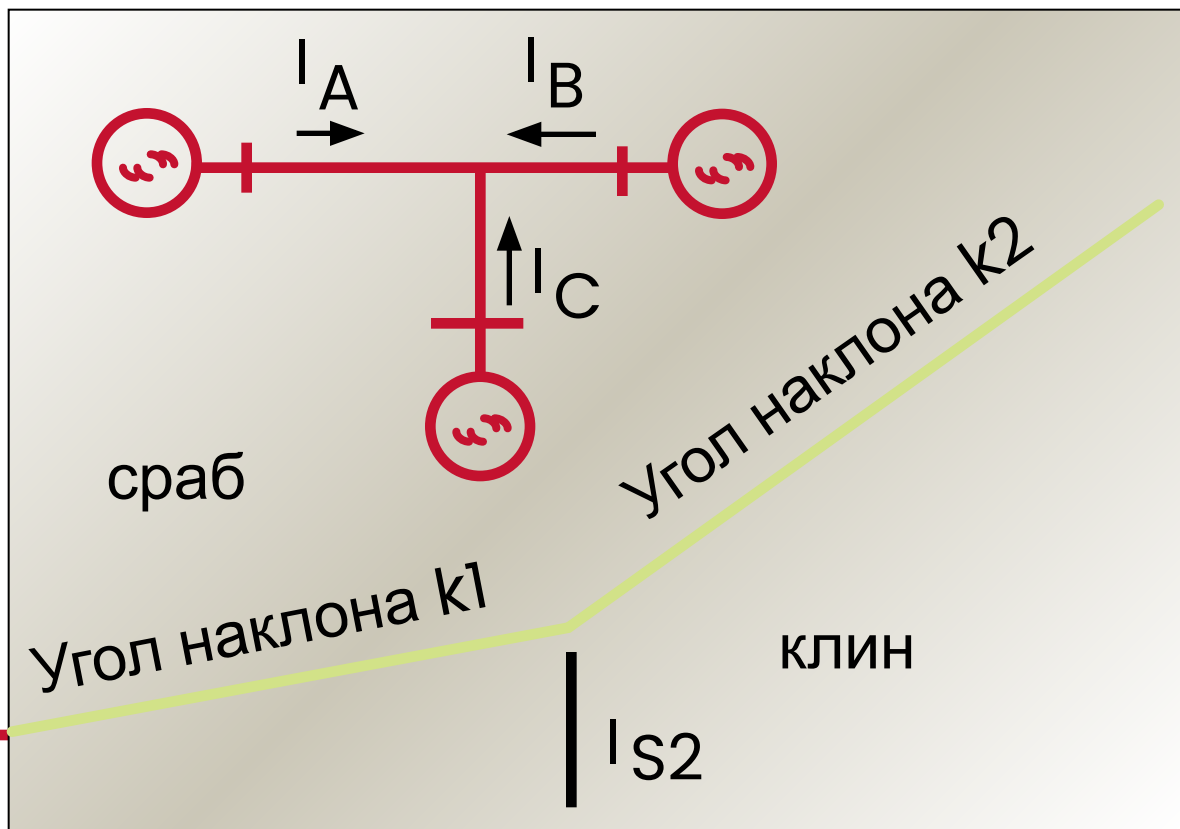
$$\Delta \theta = \omega \Delta t$$

если  $I(tB3*) = I_s + j I_c$   
 $= I \cos \theta + j I \sin \theta$   
 то  $I(tA4) = I(tB3*) \cdot (\cos \Delta \theta + j \sin \Delta \theta)$   
 $= I \cos (\theta + \Delta \theta) + j I \sin (\theta + \Delta \theta)$

Диф ток =

$$|I_{diff}| = |I_A + I_B + I_C|$$

$I_{S1}$



Торм ток

$$|I_{bias}| = 1/2 ( |I_A| + |I_B| + |I_C| )$$

- ▶ Неодинаковые времена приема/передачи приведут к неправильному сравнению векторов и неправильному вычислению диф. тока
- ▶ Большинство цифровых каналов пропускают сигналы разных направлений по одному и тому же пути
- ▶ Иногда кратковременно эти времена становятся разными
- ▶ Могут привести к ложному срабатыванию



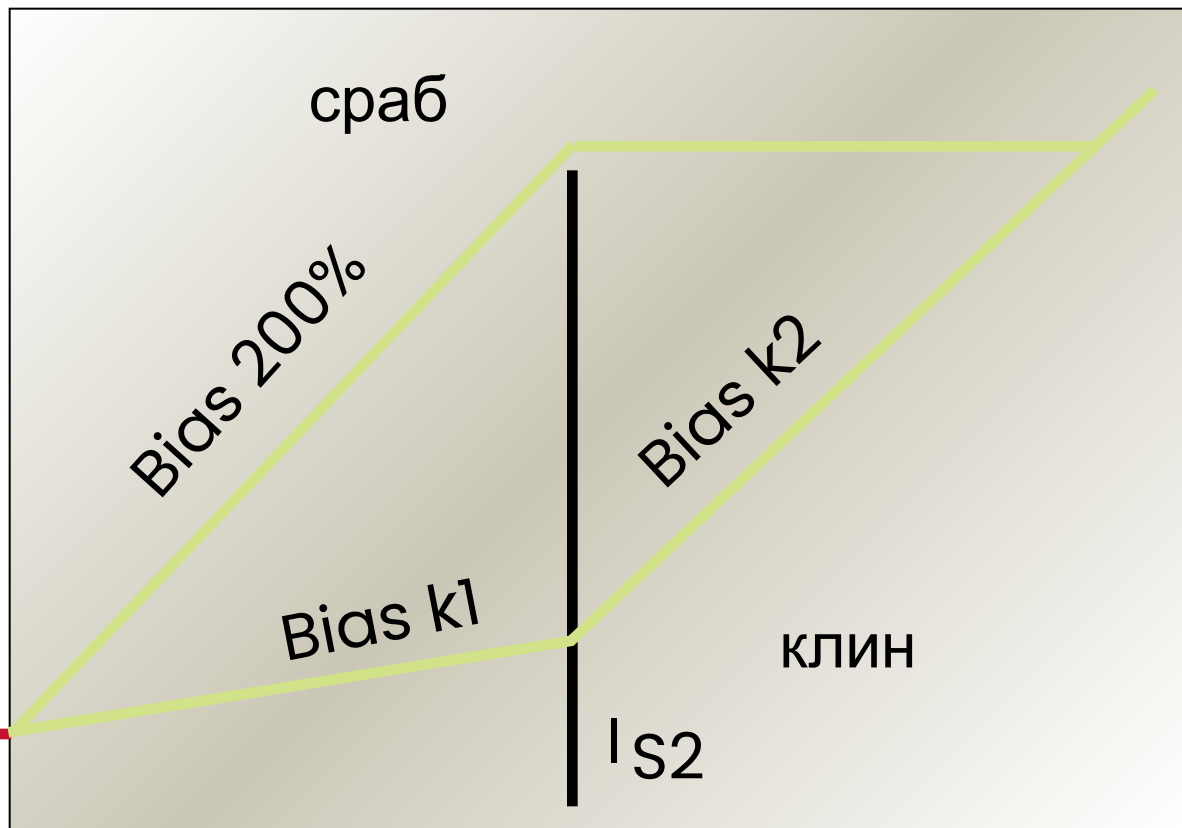
- ▶ Реле непрерывно измеряет время прохождения
- ▶ Любые изменения во времени передачи приводят к тому что реле поднимает уставку К1 до 200% для эффективного блокирования диф органа при токах до  $I_{s2}$
- ▶ Изменения активны в течении установленного времени (max 0,5 с) после которого уставка восстанавливается

# Мгновенные изменения времени передачи(3)

Диф ток

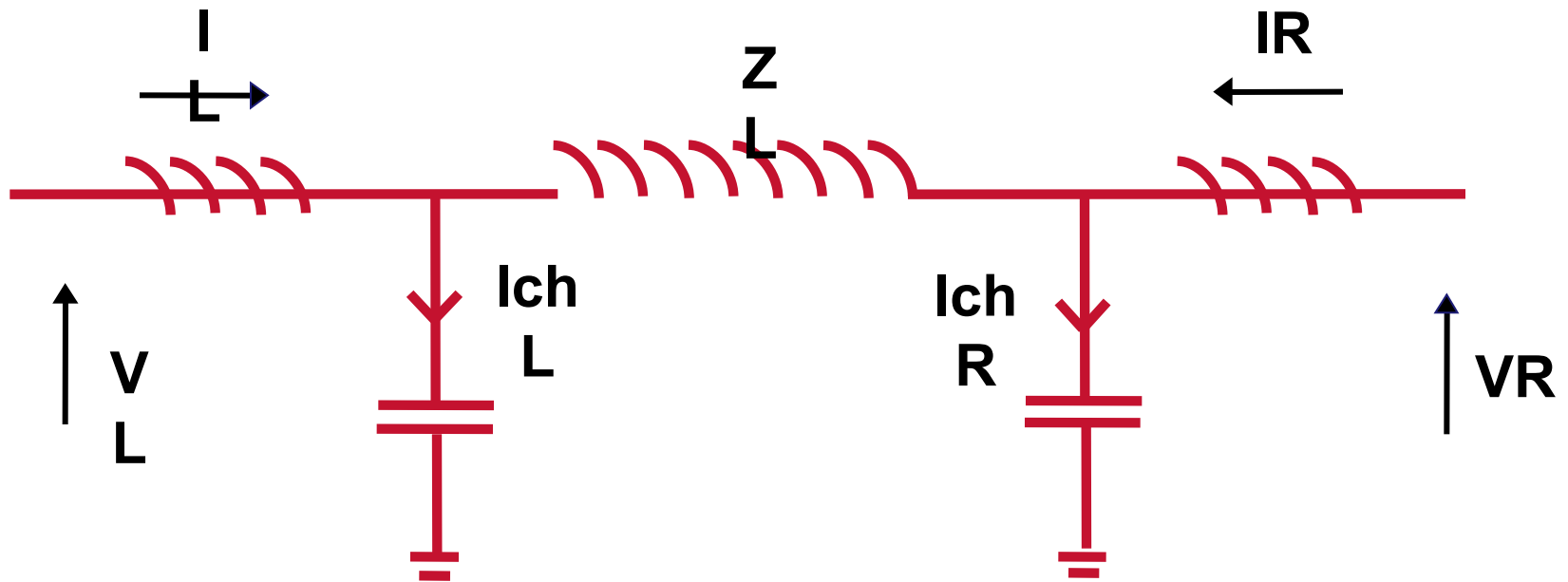
$$|I_{diff}| = |I_A + I_B + I_C|$$

$I_{S1}$



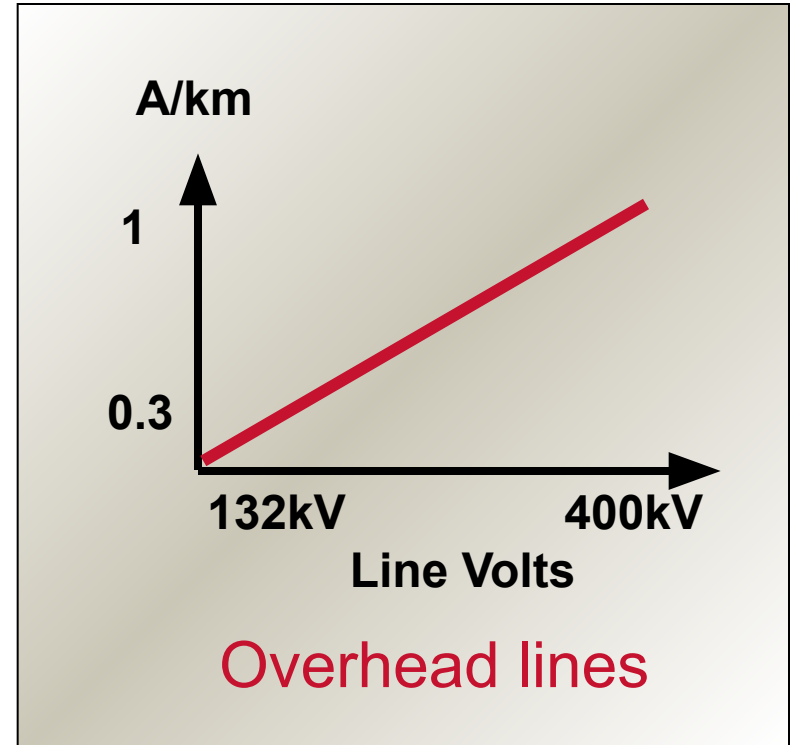
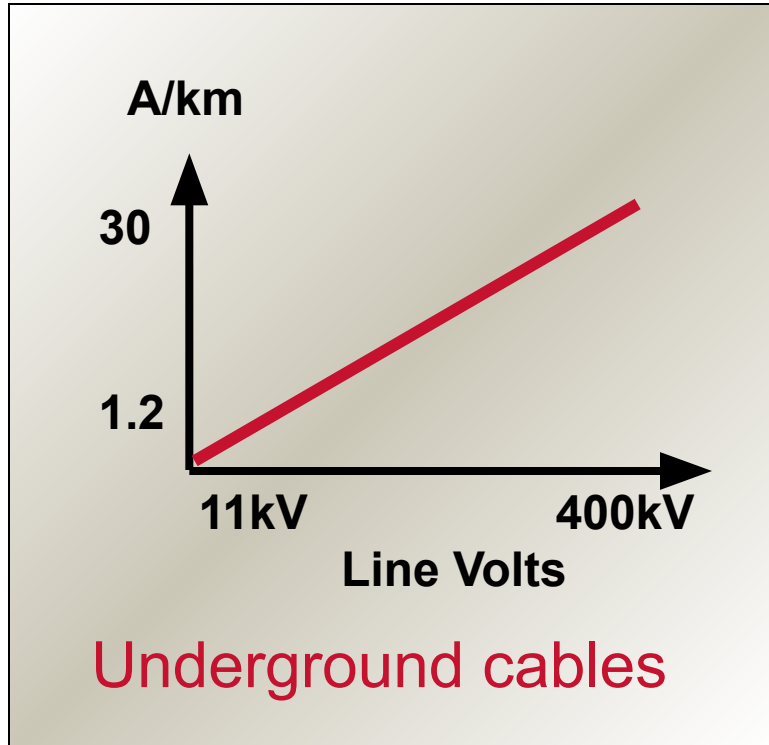
Торм ток

$$|I_{bias}| = 1/2 ( |I_A + I_B + I_C| )$$

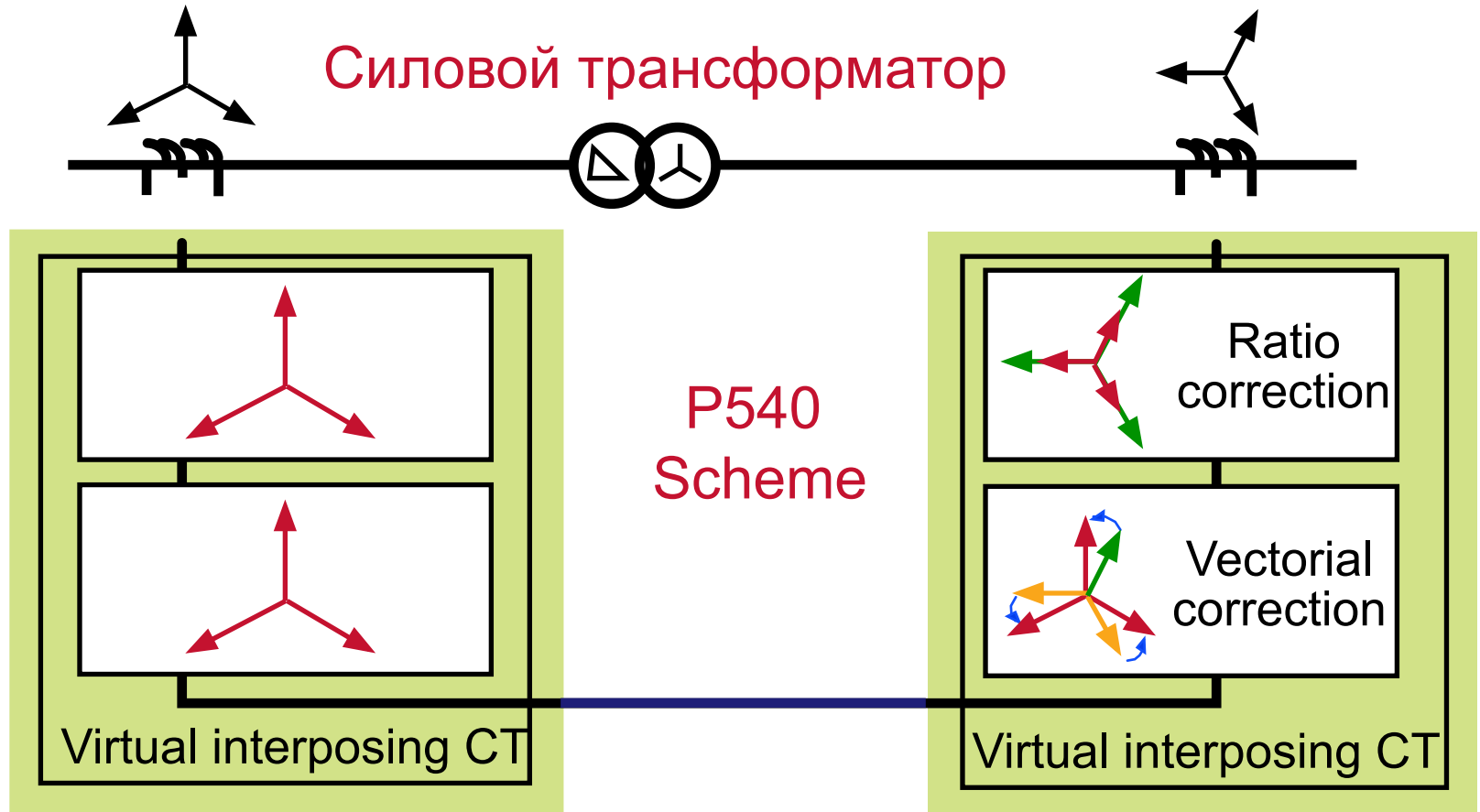


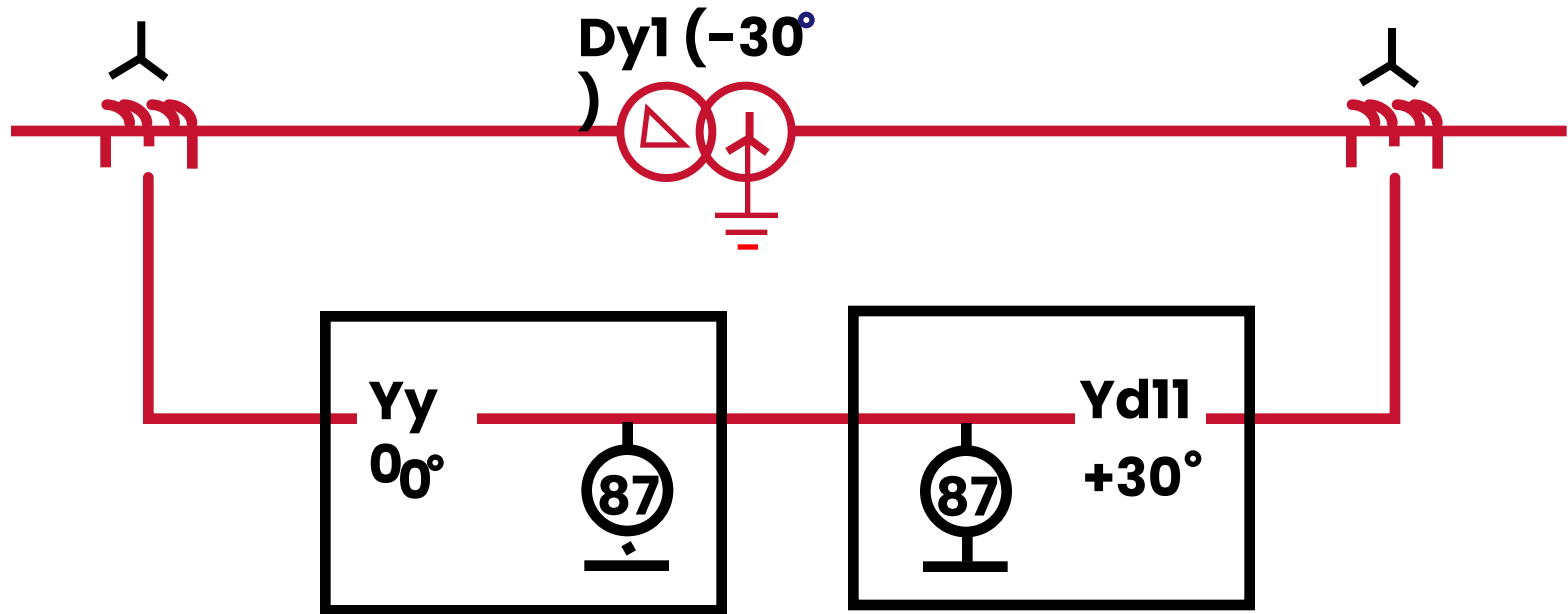
В устройствах ДЗЛ необходимо устанавливать ток срабатывания выше тока заряда линии  
**R543-546** вычитает емкостный ток из измеренного тока  
Польза: увеличение чувствительности при КЗ через переходное сопротивление

# Типовые емкостные токи кабеля/ВЛ

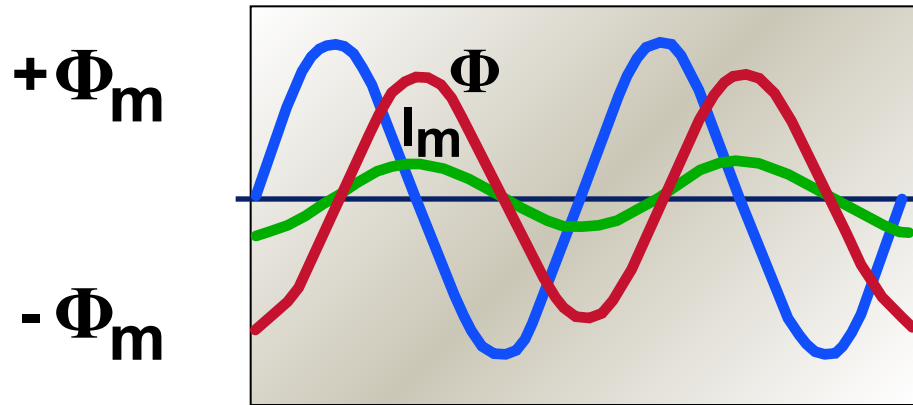


# P541/ P542 – защита трансформатора

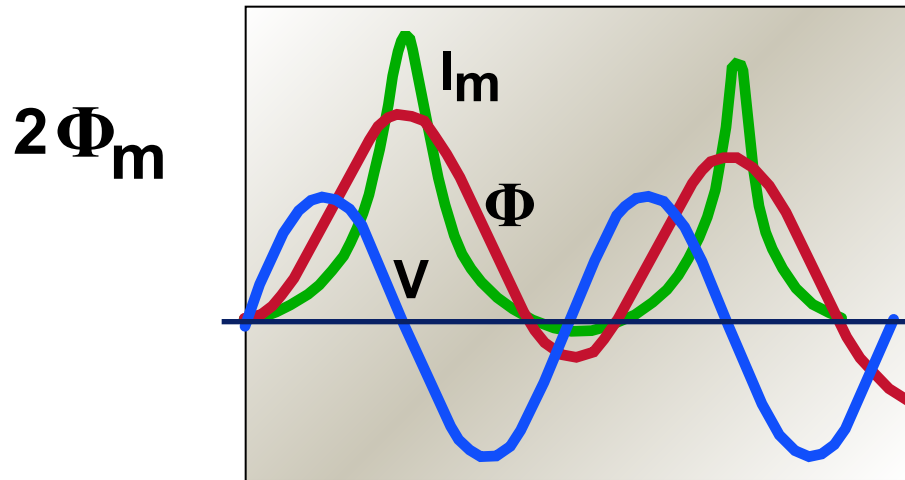




Yy0, Yd1, Yd5, Yy6, Yd7, Yd11, Ydy0 ..... etc.  
 $0^\circ, -30^\circ, -150^\circ, 180^\circ, +150^\circ, +30^\circ, 0^\circ \dots$  etc.

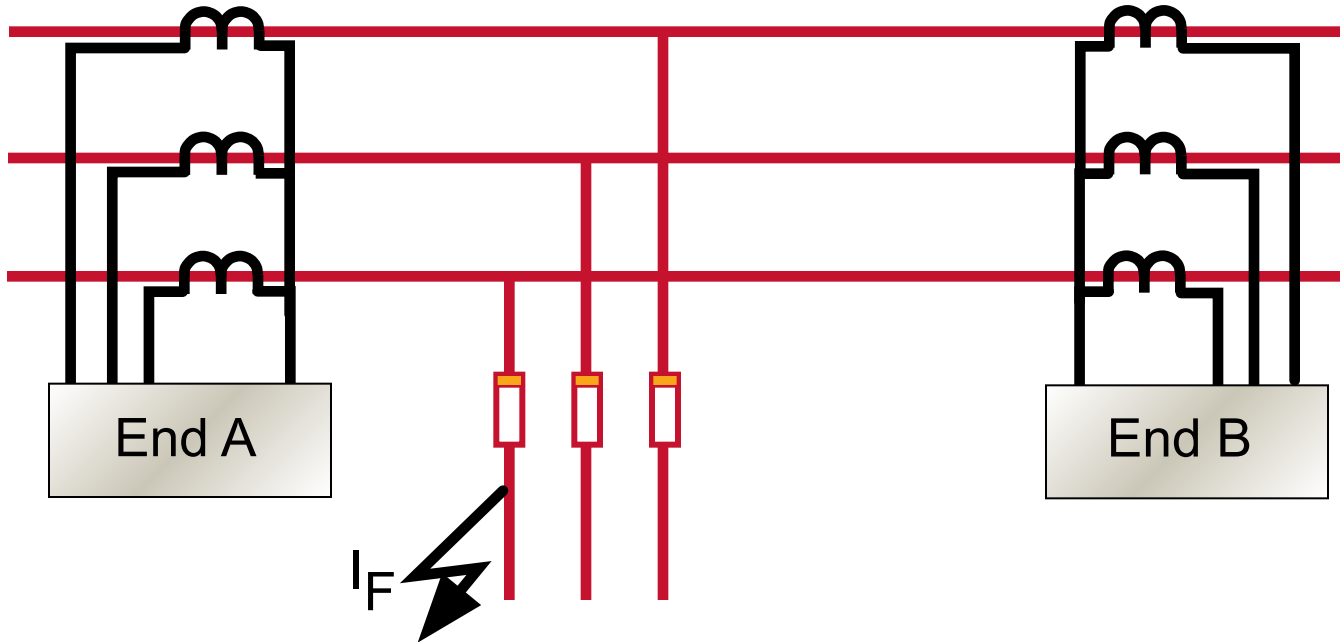


Рабочий режим



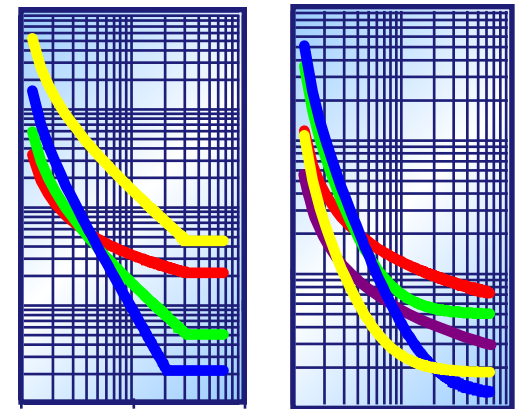
Постановка под напряжение

# Example MV Application: Tee Feeder Protection



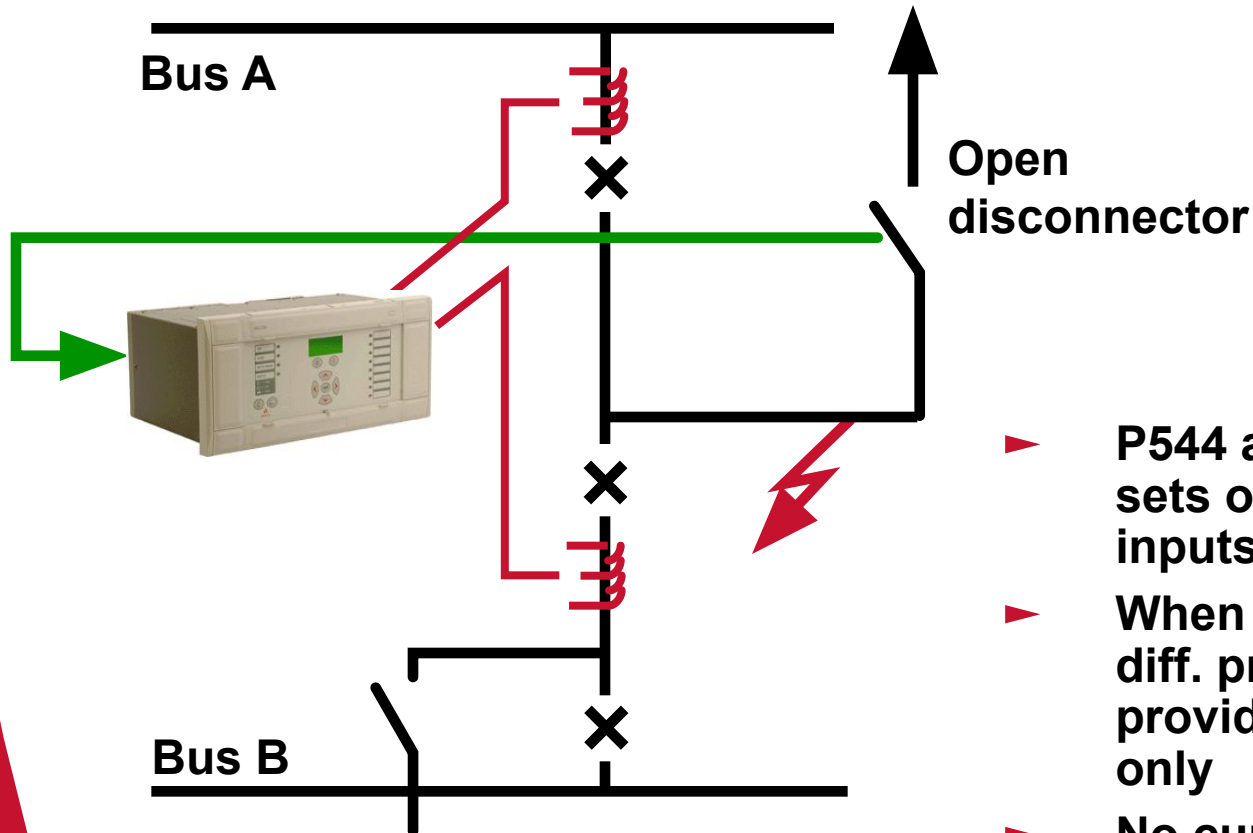
▶ Differential protection can be IDMT or DT delayed to discriminate with tapped feed protection:

- ◆ Fused spurs
- ◆ Tee-off transformer in-zone
- ◆ Ring main units (RMU)



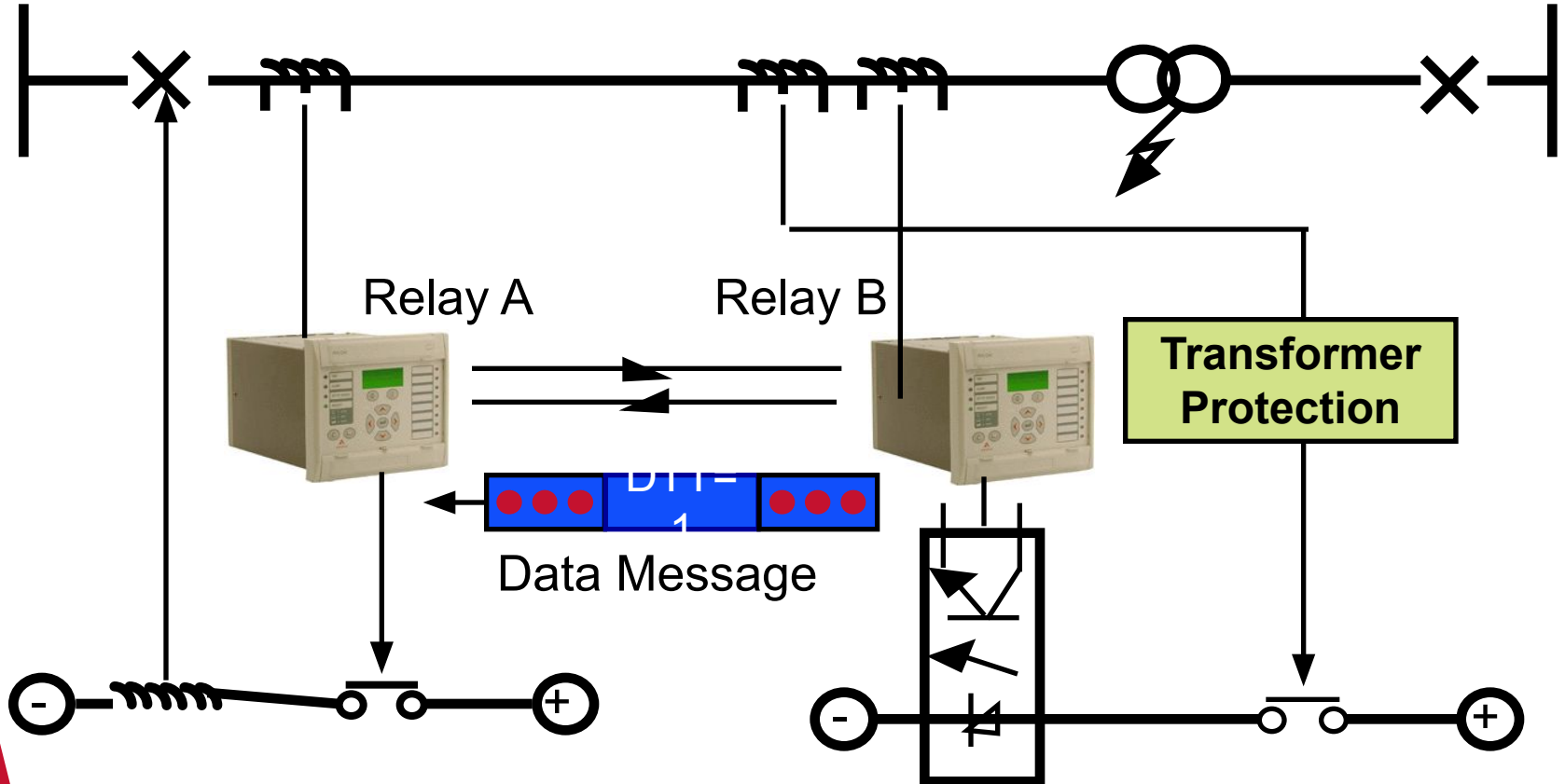


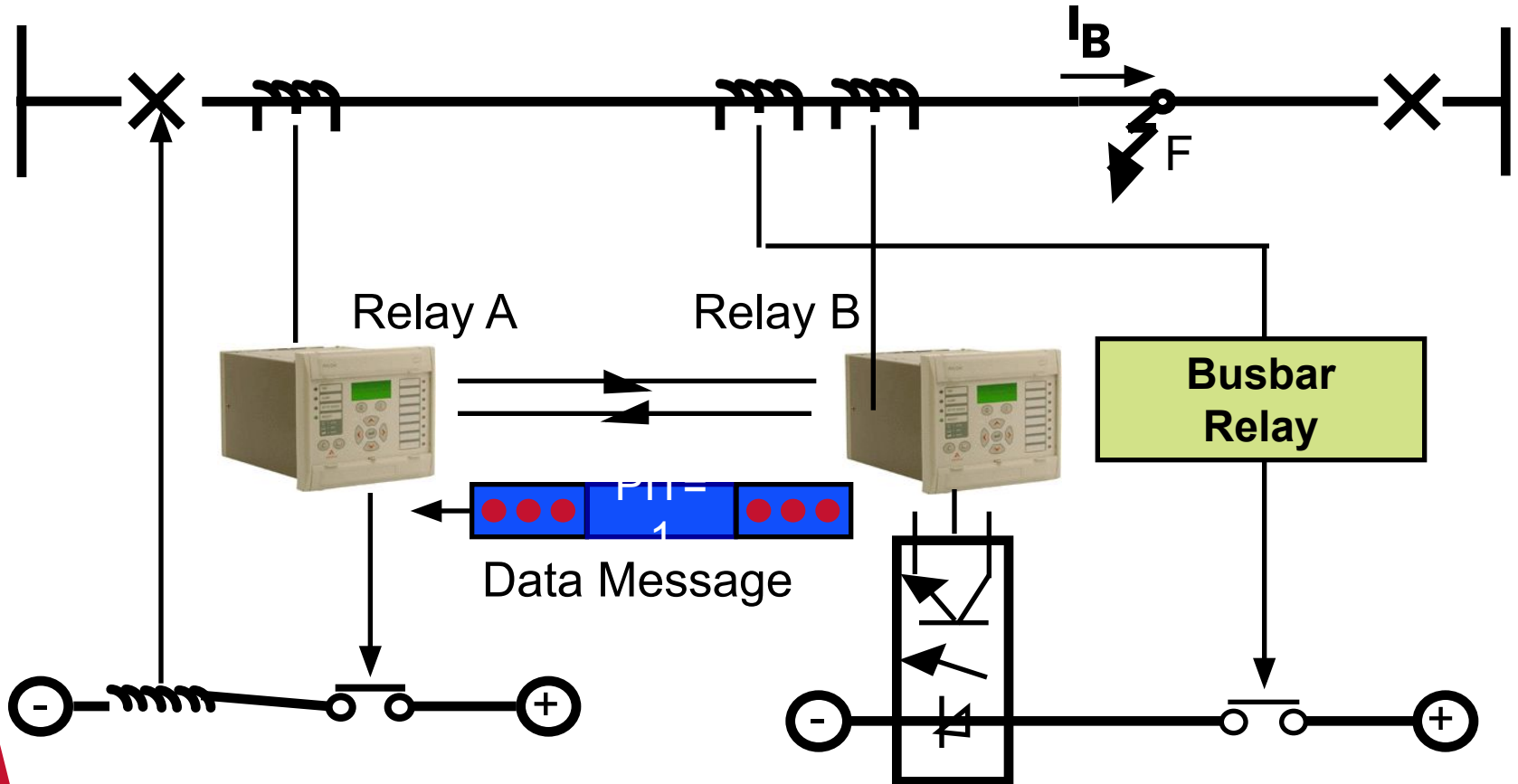
# Example HV/EHV Application: Stub Bus Protection



- ▶ P544 and P546 have two sets of differential CT inputs
- ▶ When disconnector open, diff. protection is provided for the stub bus only
- ▶ No current vectors transmitted to remote end
- ▶ No diff. intertrip

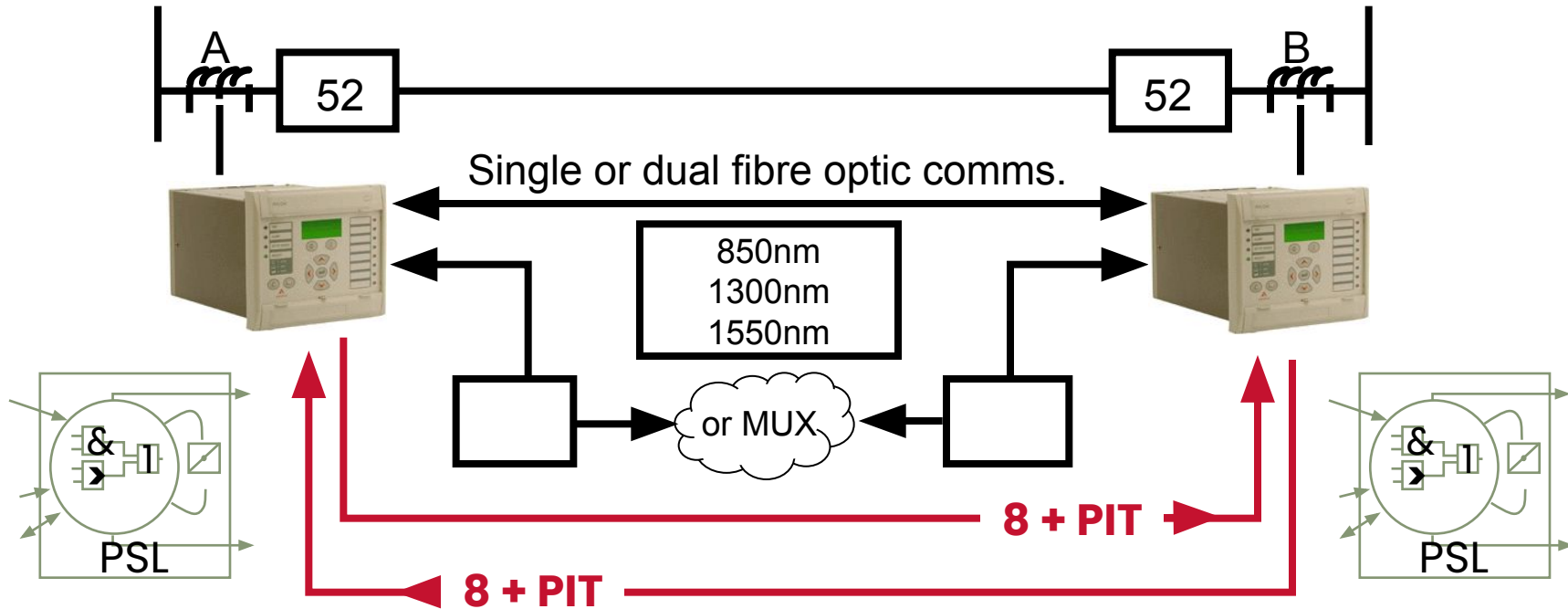
- ▶ Все терминалы поддерживают двух- и трехрелейную схему
- ▶ Возможность измерения тока на удаленном конце и фиксация его в осциллограмме
- ▶ Статистика ошибок канала связи
- ▶ Прямое телеотключение- может быть использовано для ускорения дистанционной защиты
- ▶ Разрешающее телеускорение





- ▶ **Example shows interlocked overcurrent protection**
  - ◆ Feeder fault seen within busbar zone
  - ◆ Remote end trip after set delay for PIT & current >  $I_{s1}$

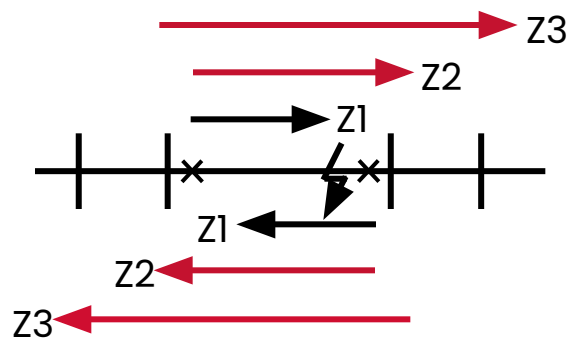
# 8 Programmable Intertrip/Control Commands, End - End



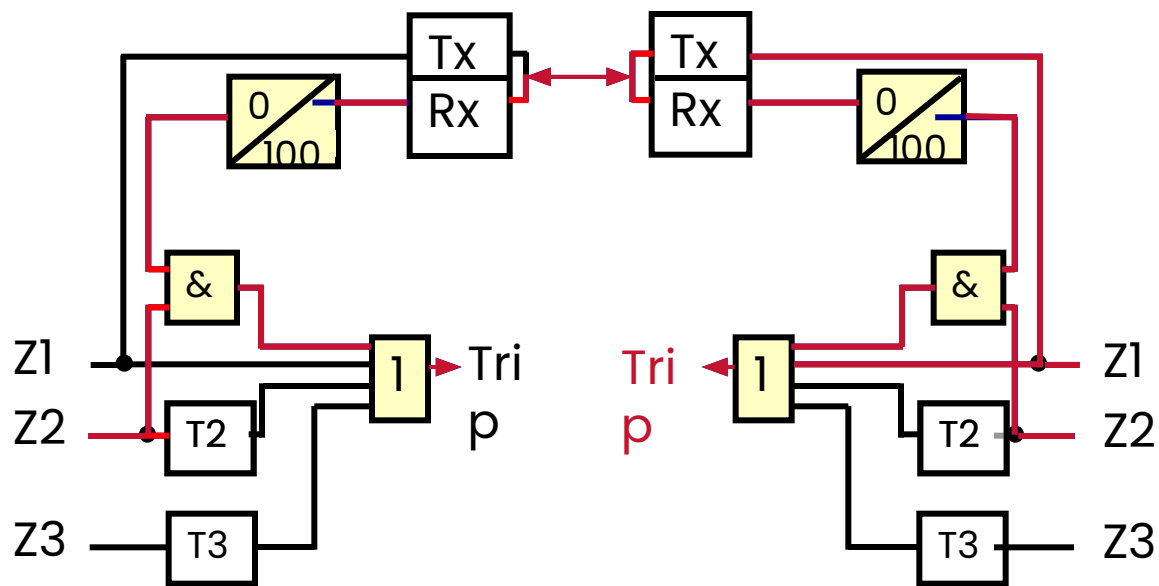
**8 Commands from PSL end A - PSL end B**  
**Distance and DEF aided channel schemes**  
**Breaker fail backtrip to upstream CB**  
**Force remote end A/R for successful local A/R**  
**SCADA for remote end substation**

# Best to Keep PSL Simple: схема работы ДЗ с разрешающим сигналом

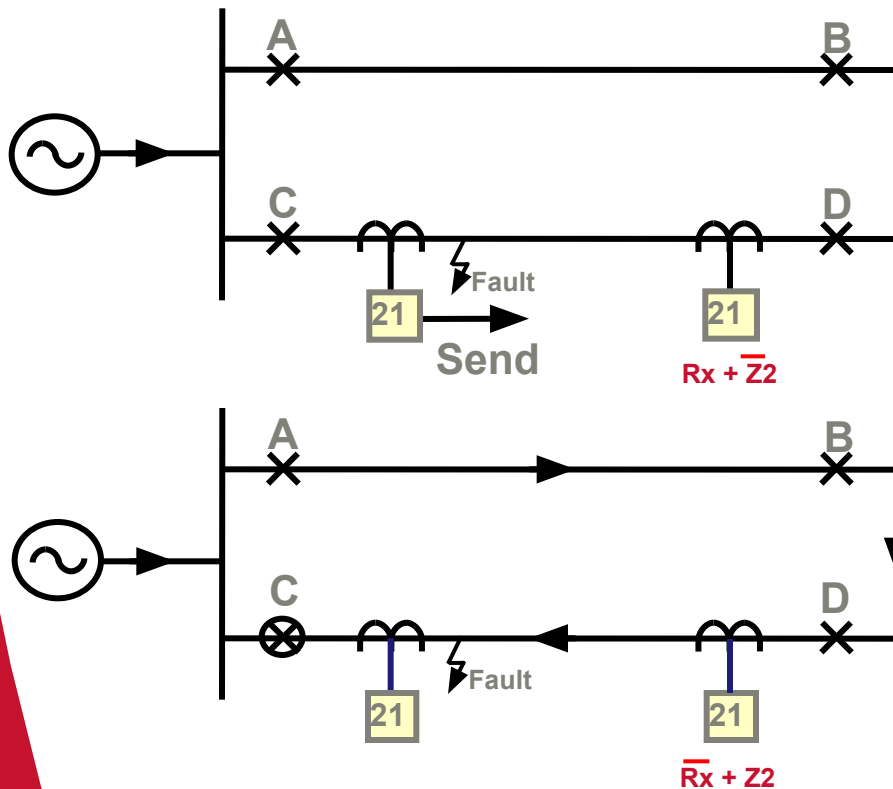
(1)



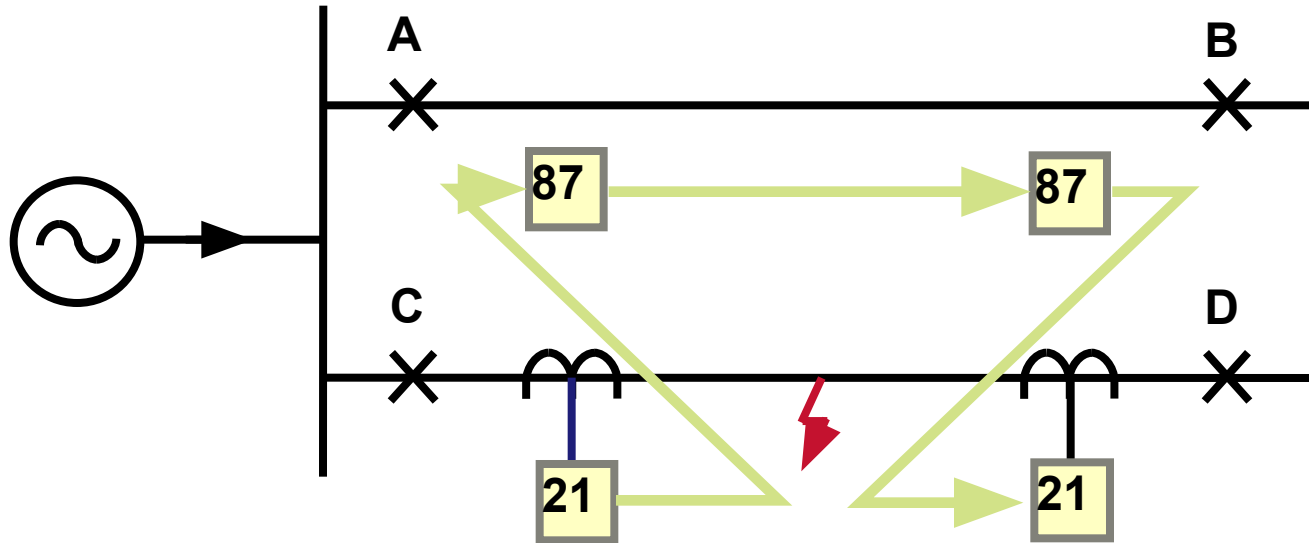
Send Logic : Z1  
Trip Logic : Rx + Z2



# PSL Implications: Permissive Underreach Scheme (2)



- ▶ Race between relay at D picking up and signal send from relay at C resetting, following opening of breaker at C
- ▶ If signal send from C resets before relay D operates then aided tripping will not occur
- ▶ To prevent this a 100ms delay on drop off of the signal send is used in the PSL

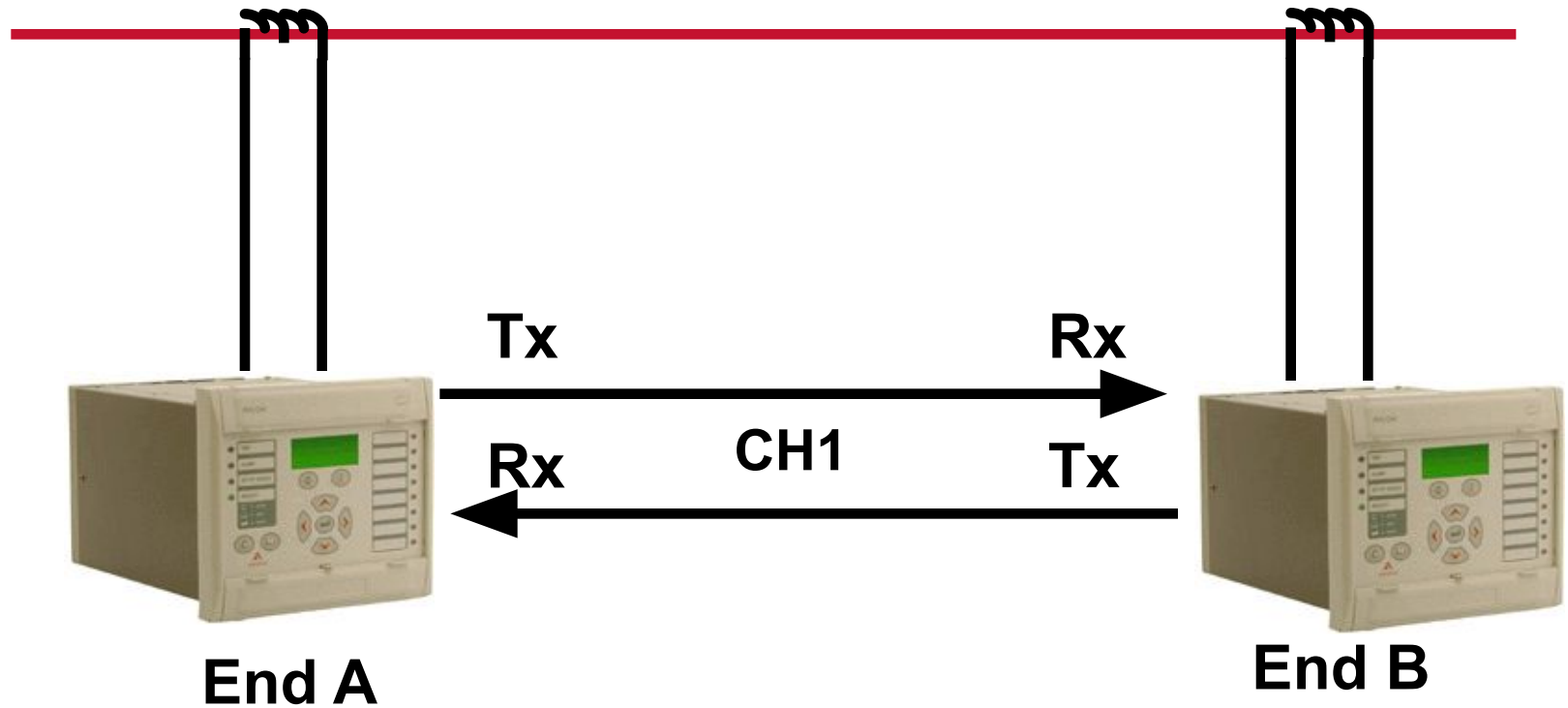


- ▶ **Better security is offered by a distance scheme if permissive signals are routed separately from the current differential**
  - ◆ ie. - 87L channel failure for one line should not jeopardise the backup 21 scheme
- ▶ **При наличии параллельных линий рекомендуется для разрешающих сигналов использовать канал соседней линии**

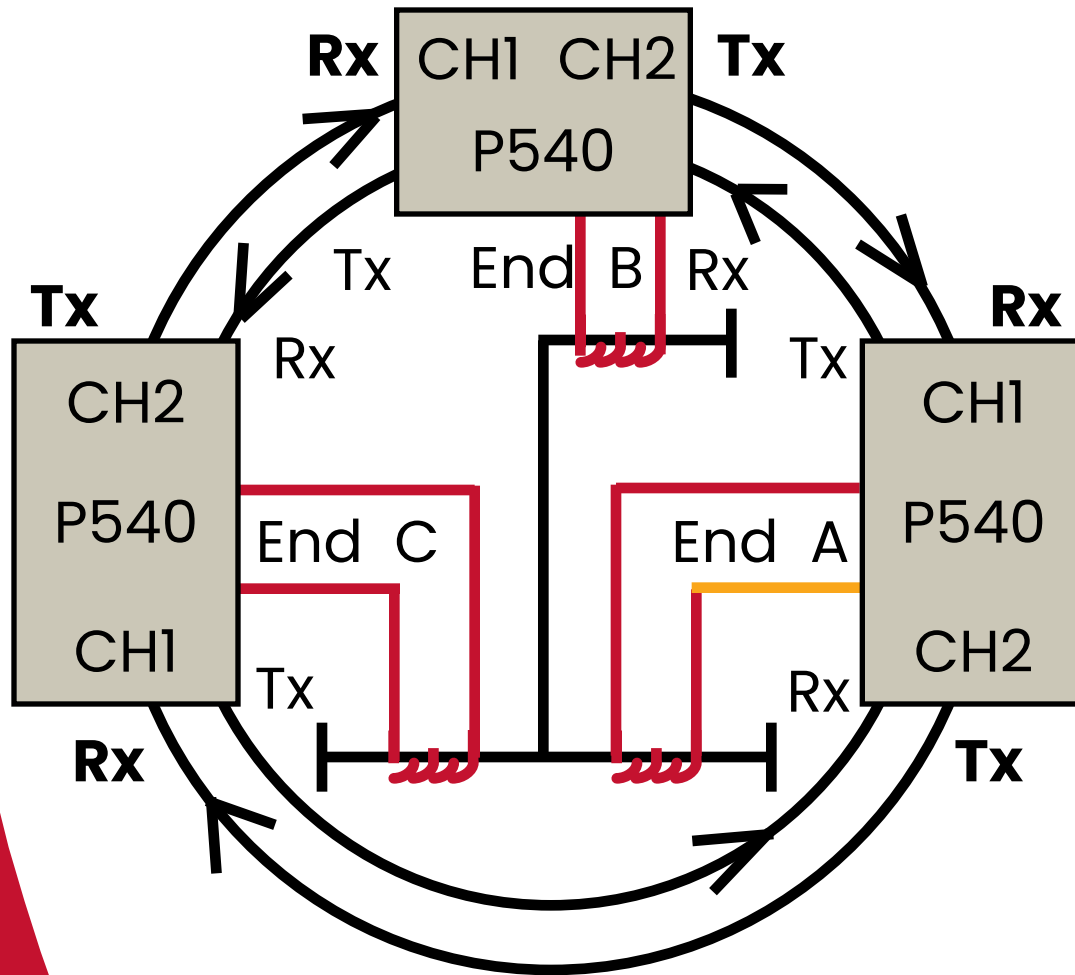


- ▶ Для предотвращения неправильного роутинга сигналов мультиплексором
- ▶ Range of addresses for 2 terminal applications
  - ◆ 1A, 1B; 2A, 2B; \_ \_ \_ \_ \_ 20A, 20B
- ▶ Range of addresses for 3 terminal applications
  - ◆ 1A, 1B, 1C; 2A, 2B, 2C; \_ \_ \_ \_ \_ 20A, 20B, 20C

# Communications Path for Two Ended Application

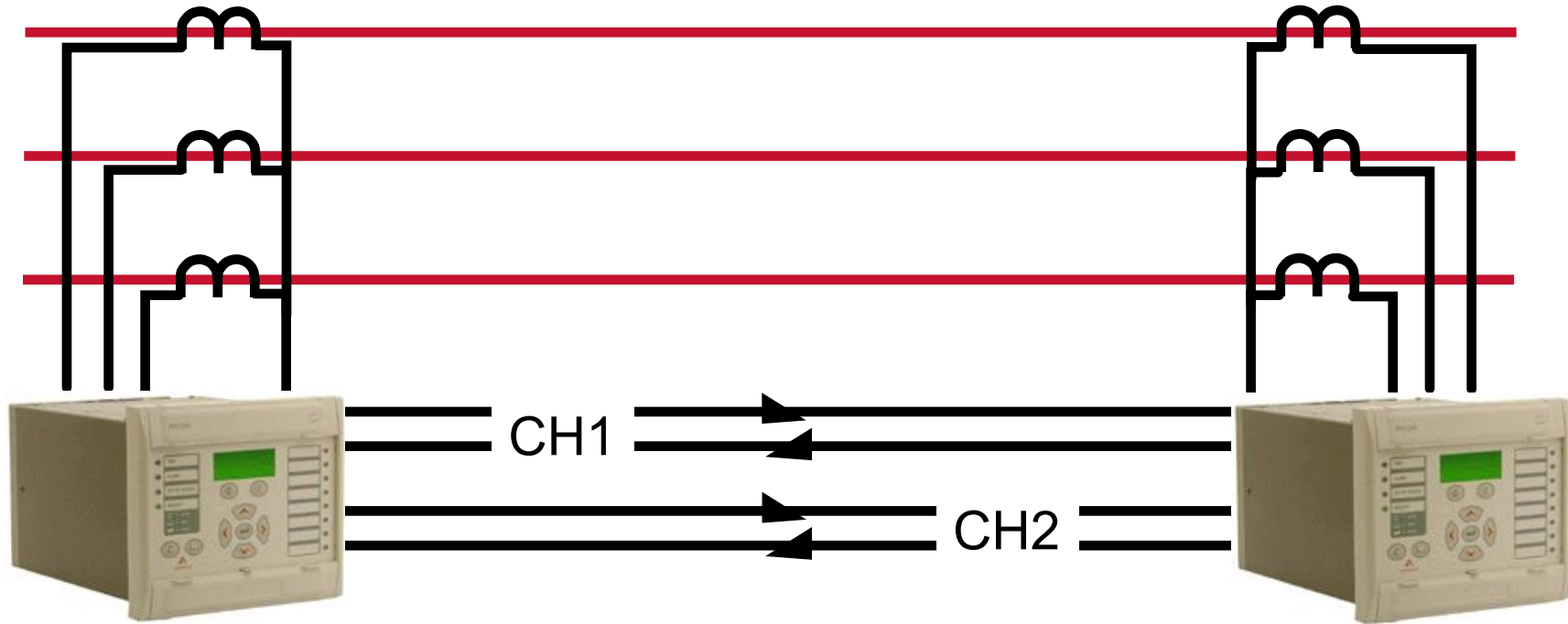


# Communications Path for Three Ended Application

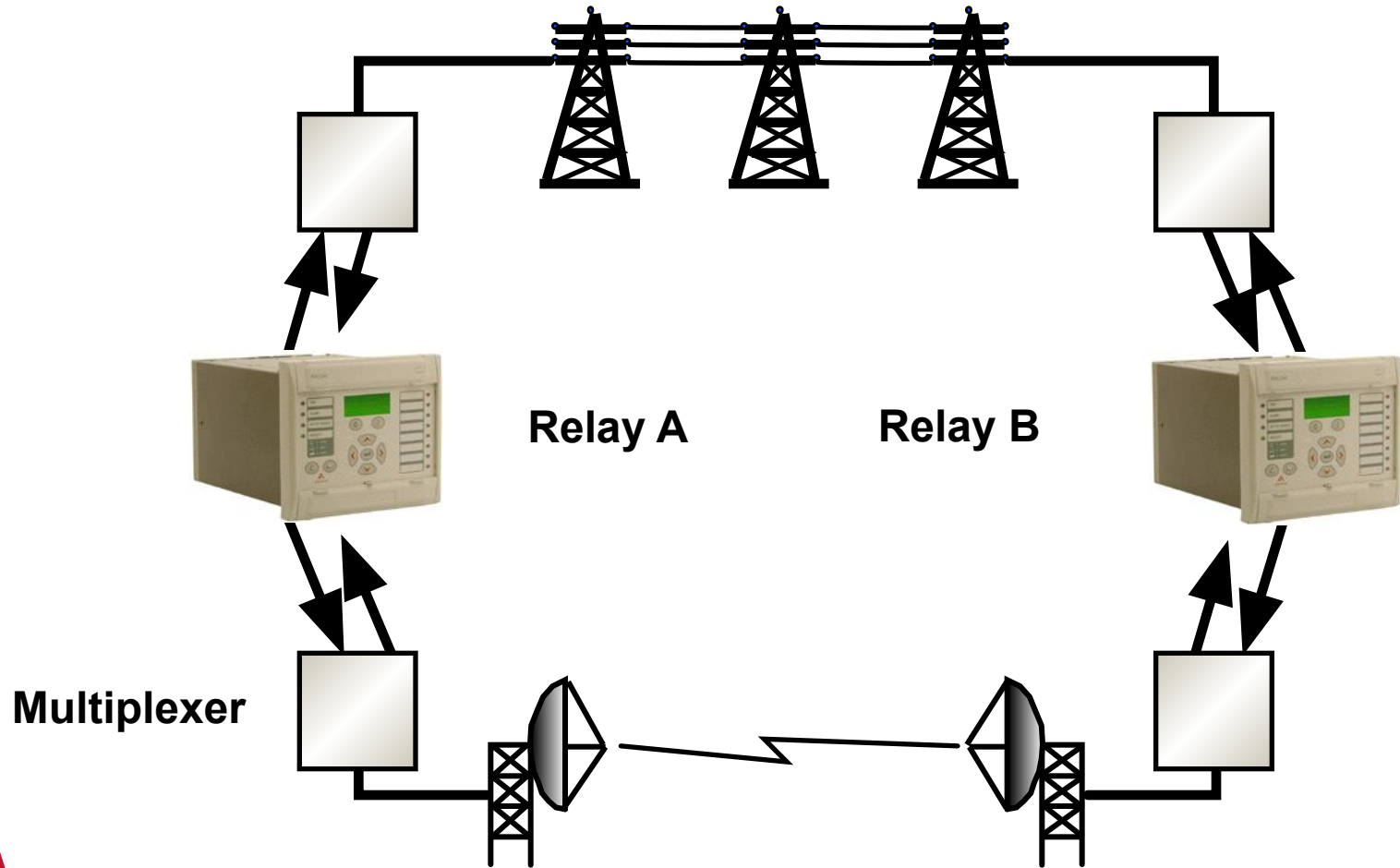


- ▶ **Note:** Full line protection is provided even should one communications path fail
- ▶ **E.g.** For A-B channel fail, C still offers line protection and will intertrip to A and B in the event of a fault

# Dual Redundant Communication Channels Option



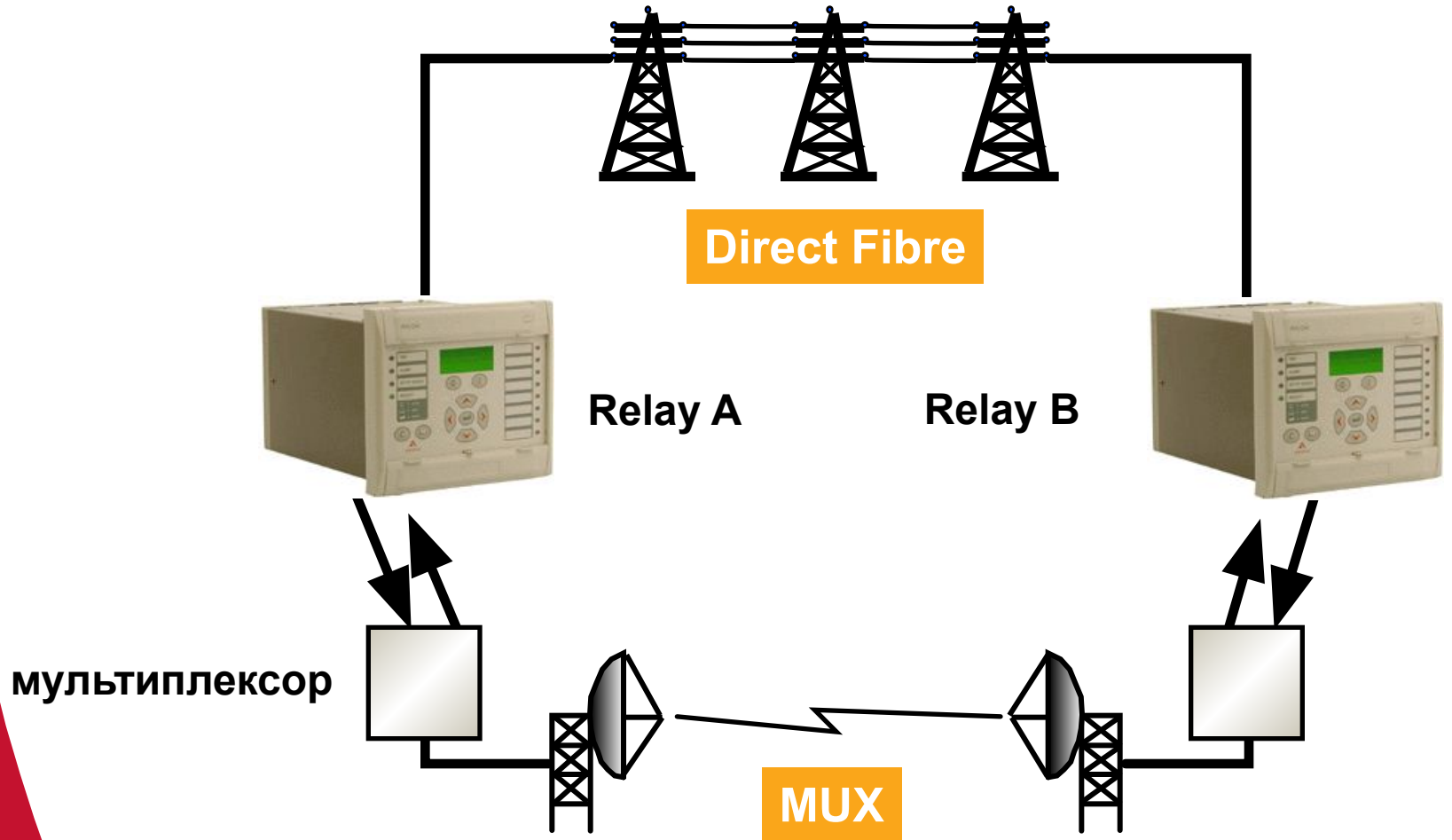
- ▶ **Both channels are active - relays automatically select the correct message should one channel fail**
- ▶ **“Hot Standby”**



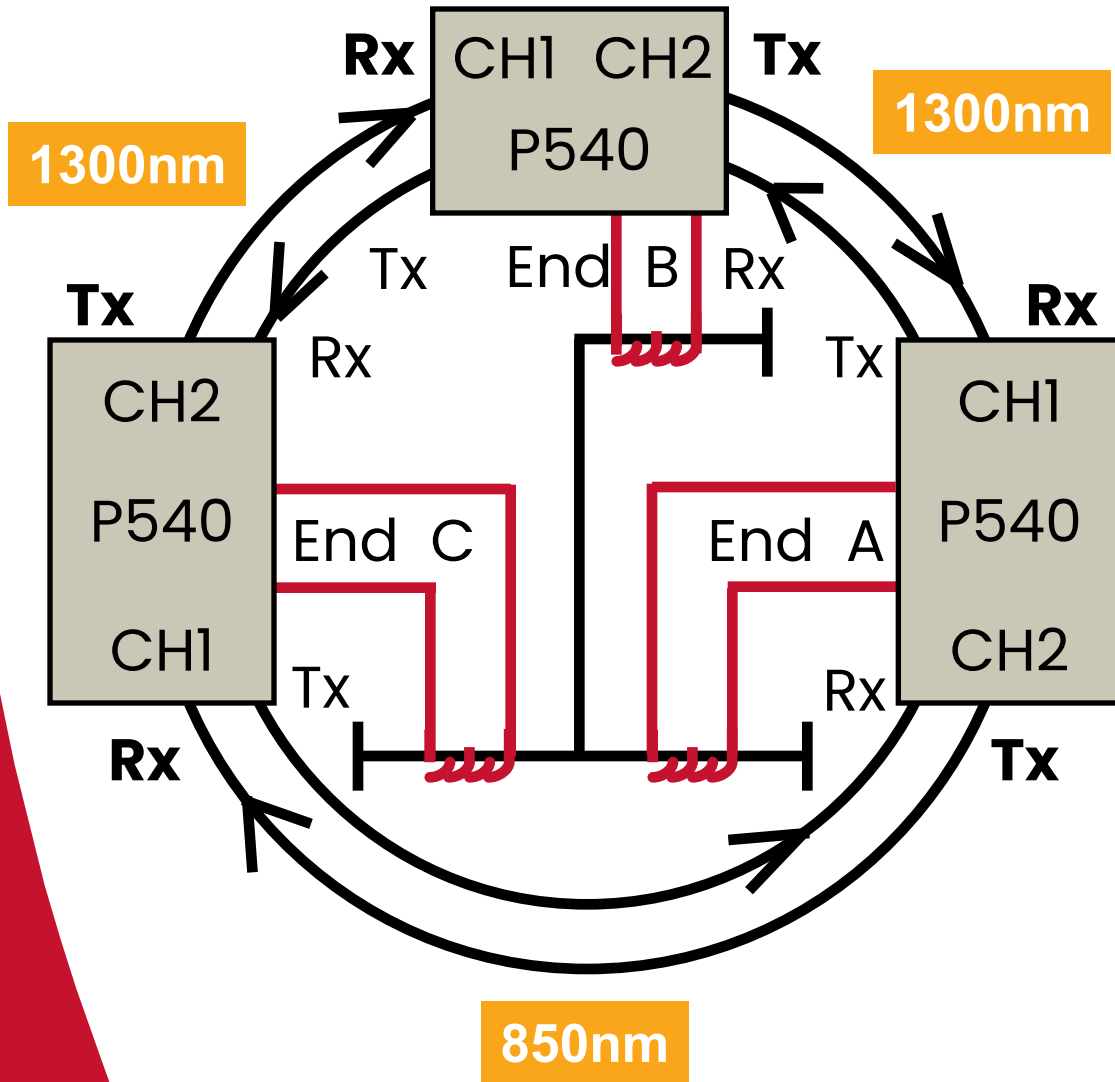
- ▶ **CH1 and CH2 can now be selected to operate with different optical drivers, one 850nm, plus a direct fibre connection:**
  - ◆ **CORTEC codes H to R:**

Product Specific Options	
820nm dual channel	
1300nm single-mode / single channel	
1300nm single-mode / dual channel	
1300nm multi-mode / single channel	
1300nm multi-mode / dual channel	
1550nm single-mode / single channel	
1550nm single-mode / dual channel	
Ch 1 850nm multi-mode + Ch 2 1300nm single-mode	
Ch 1 850nm multi-mode + Ch 2 1300nm multi-mode	
Ch 1 850nm multi-mode + Ch 2 1550nm single-mode	
Ch 1 1300nm single-mode + Ch 2 850nm multi-mode	
Ch 1 1300nm multi-mode + Ch 2 850nm multi-mode	
Ch 1 1550nm single-mode + Ch 2 850nm multi-mode	

- ▶ Используются оба канала CH1 and CH2...



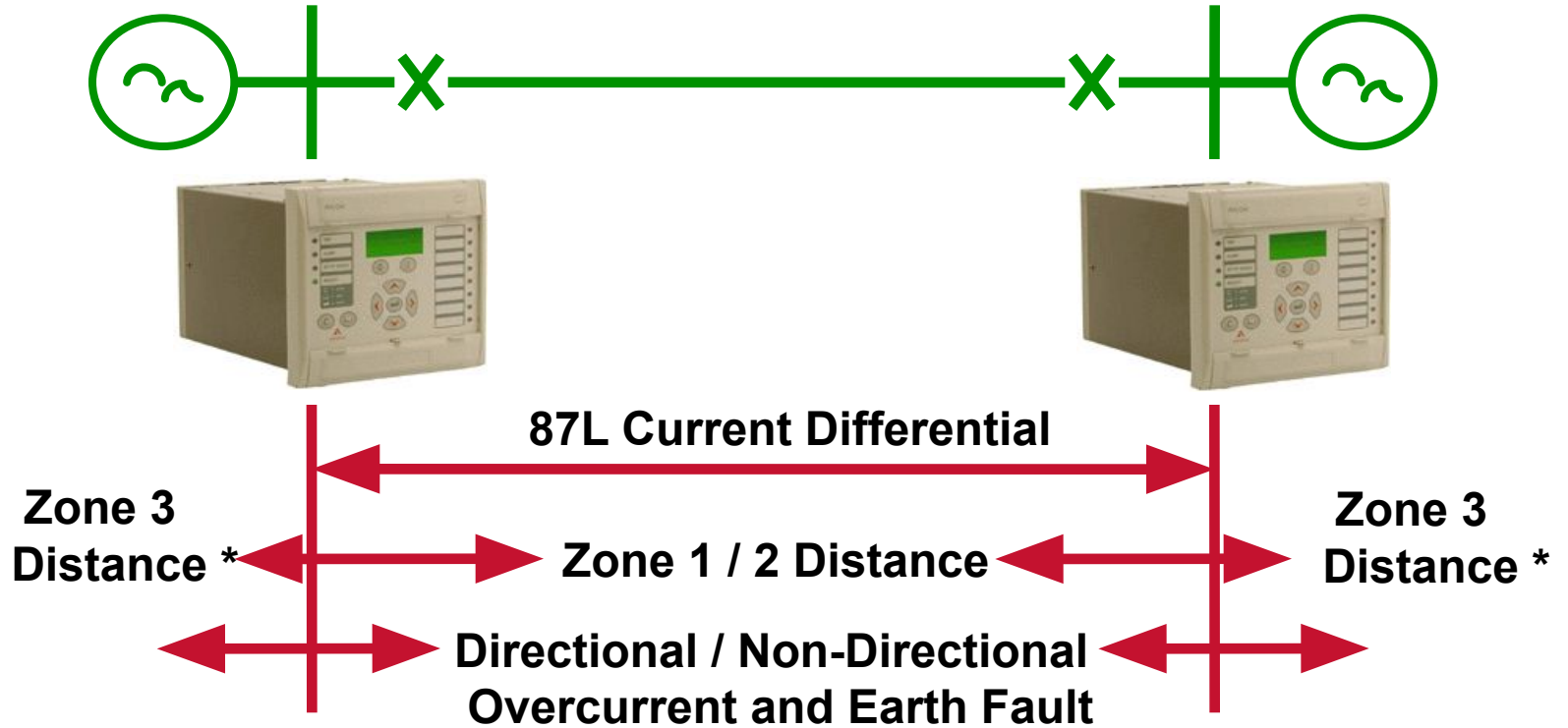
# Be Careful in Triangulated Schemes with Mixed Comms Channels...



- ▶ End C has 850nm CH1, and 1300nm CH2
- ▶ End A has 850nm CH2, and 1300nm CH1
- ▶ CH1 and CH2 can not be inverted by settings
- ▶ **RELAY A AND RELAY C WILL NOT BE THE SAME CORTEC**



# Dual Main Protection - 87L Differential, 21 Distance, Plus Backup

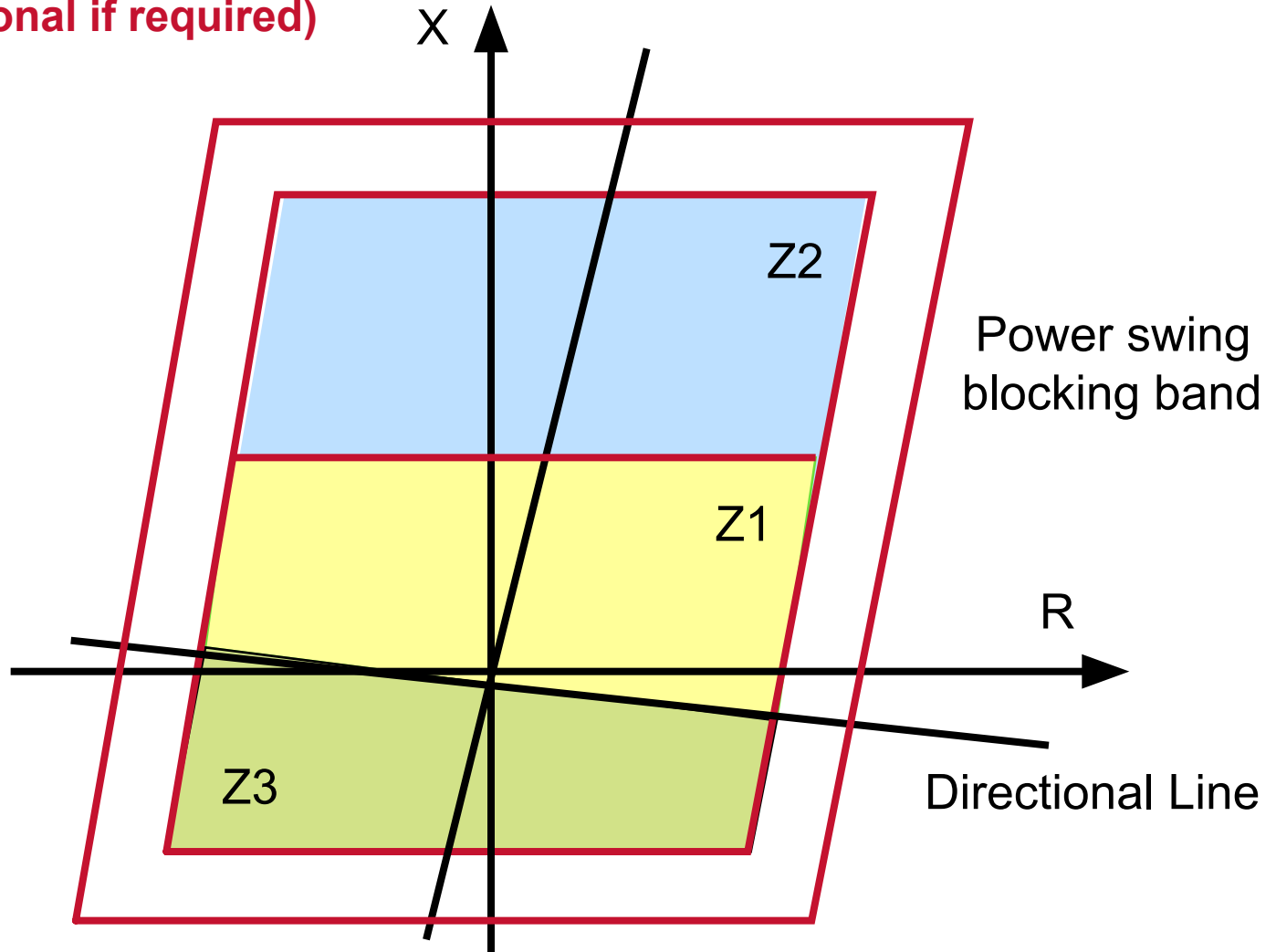


(\* Zone 3 can be set forward directional if required)

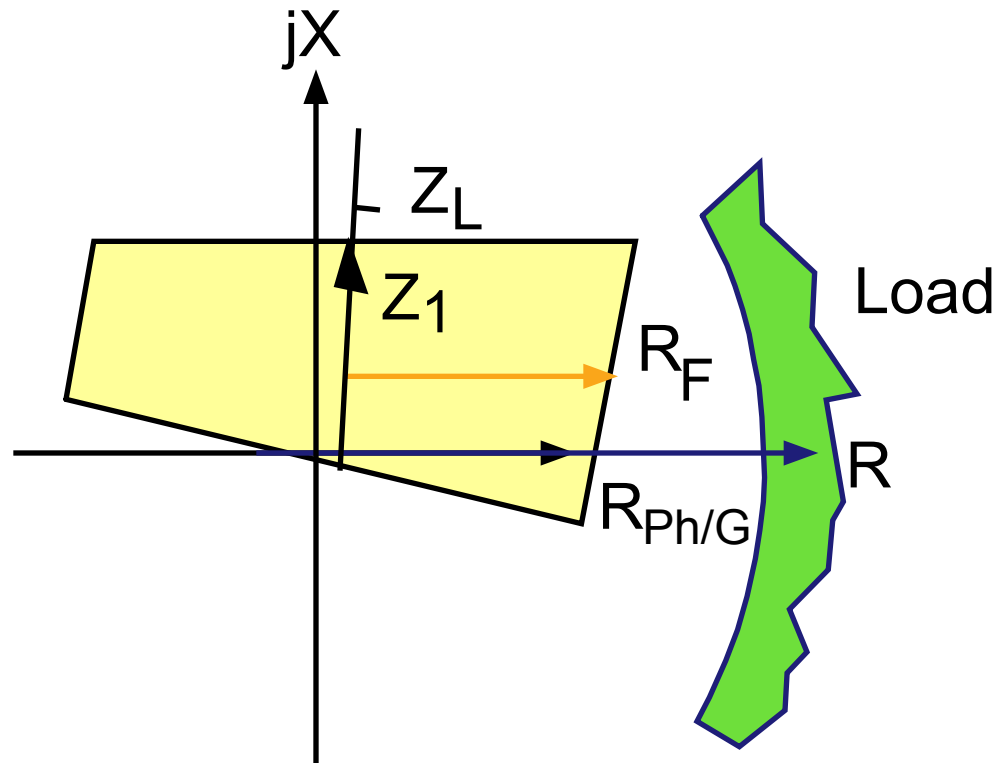
- ▶ Возможна работа параллельно с ДЗЛ как вторая защита
- ▶ Использование как резервной в случае потери канала
- ▶ Для цели дальнего резервирования
- ▶ Для смешанных линий запрещать АПВ в случае обнаружения повреждения на кабельном участке трассы

# P543/P544: Distance Protection Three Quadrilateral Zones

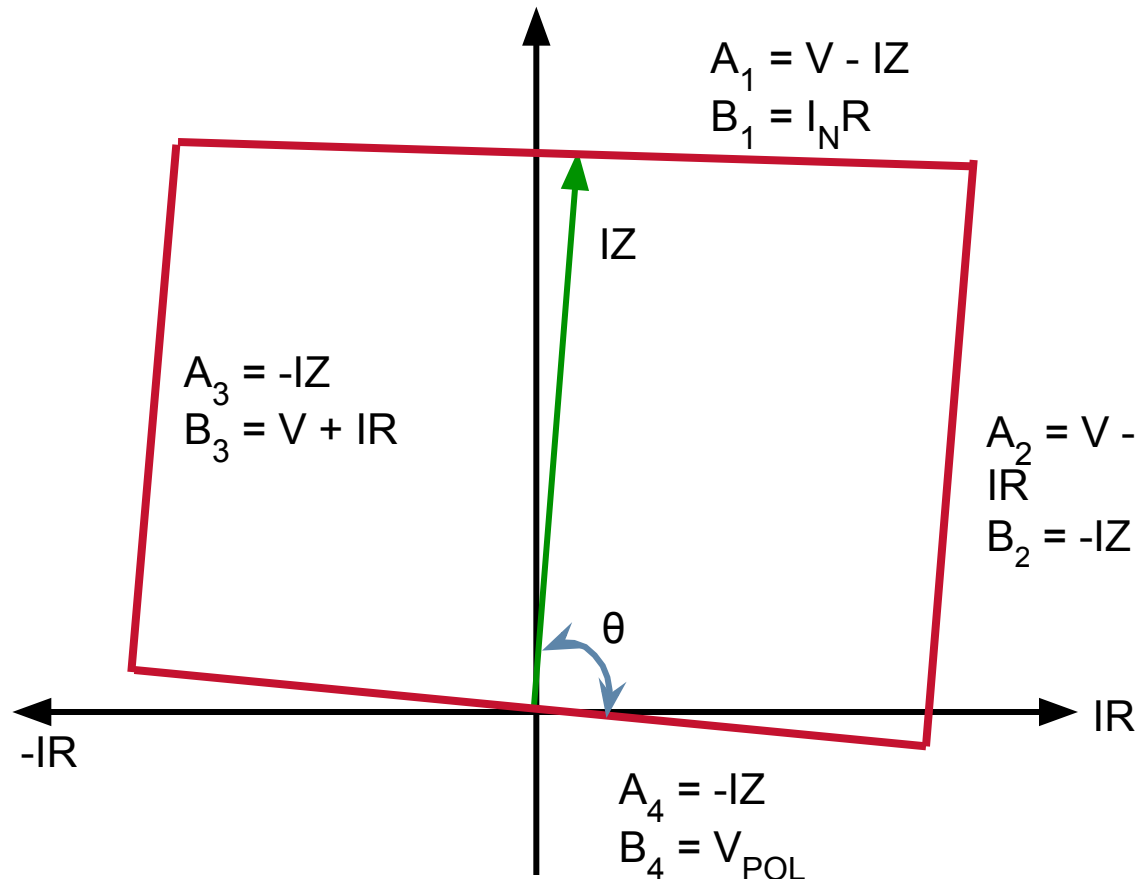
(Zone 3 can be set forward  
directional if required)



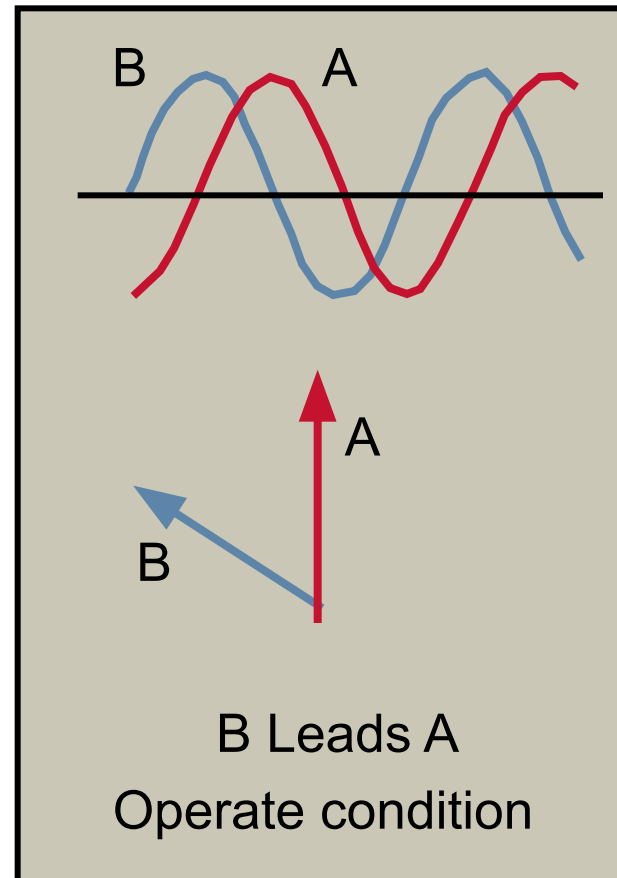
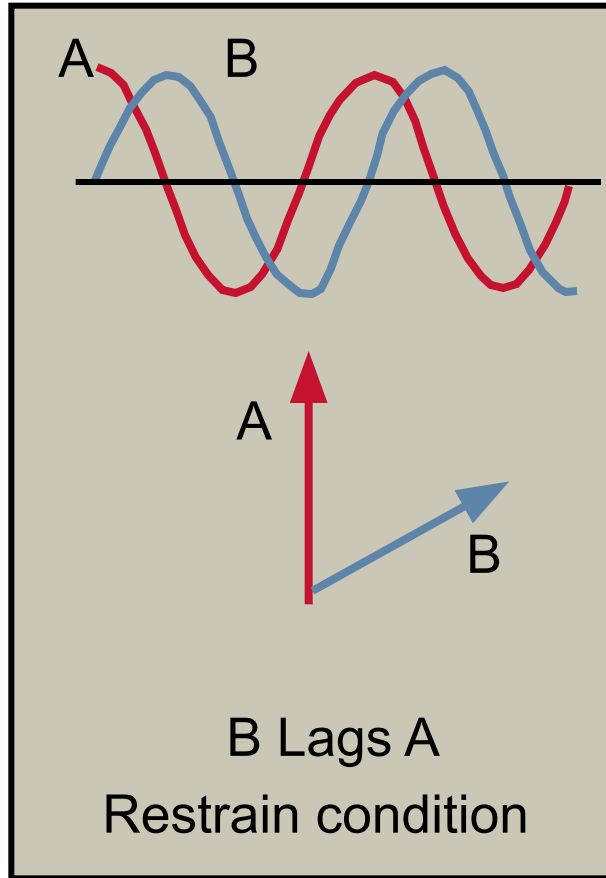
- ▶ For load avoidance, and better ground fault resistive coverage on short lines



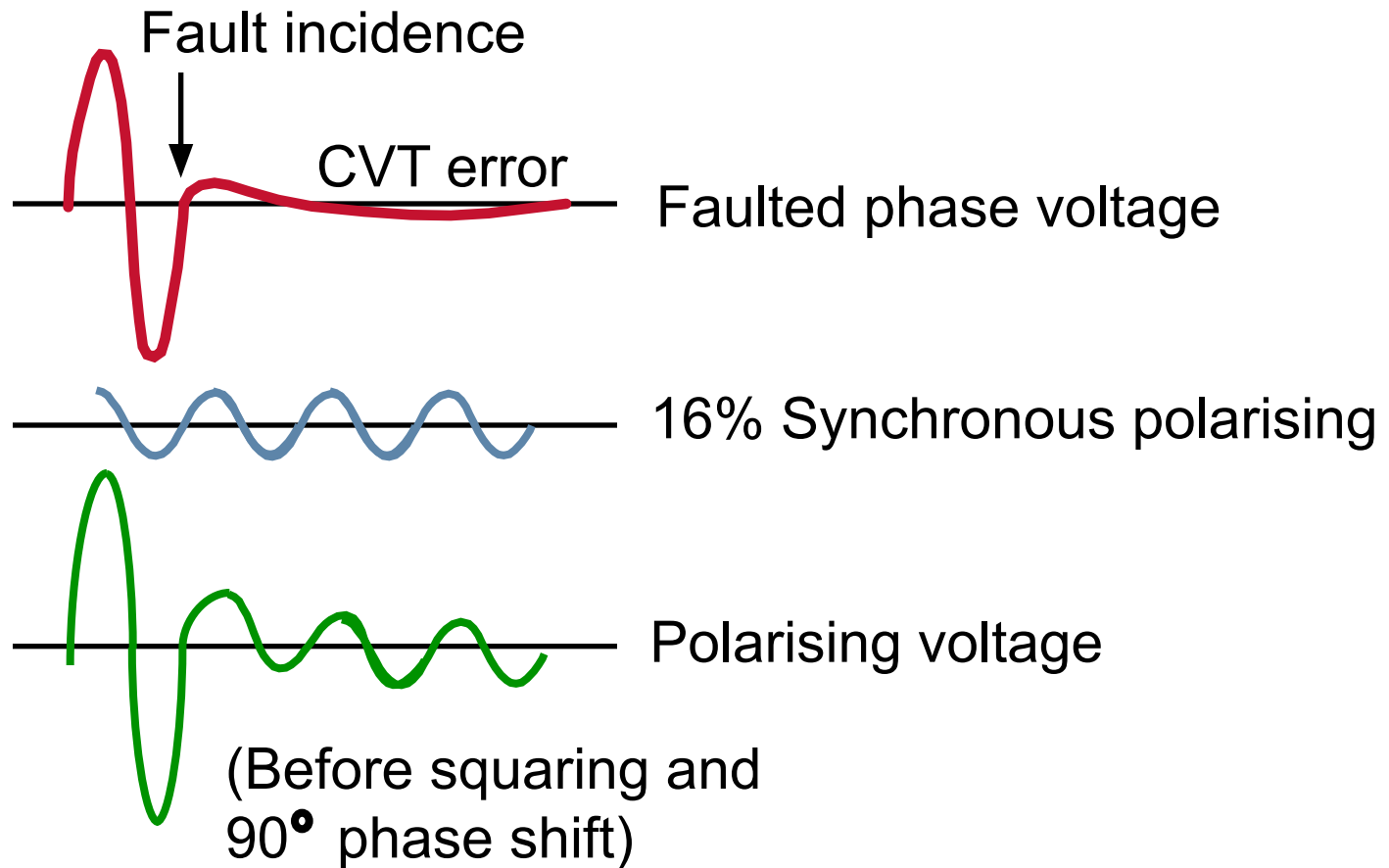
# Generating a Quadrilateral Zone 1 Impedance Characteristic via Four Phase Comparators



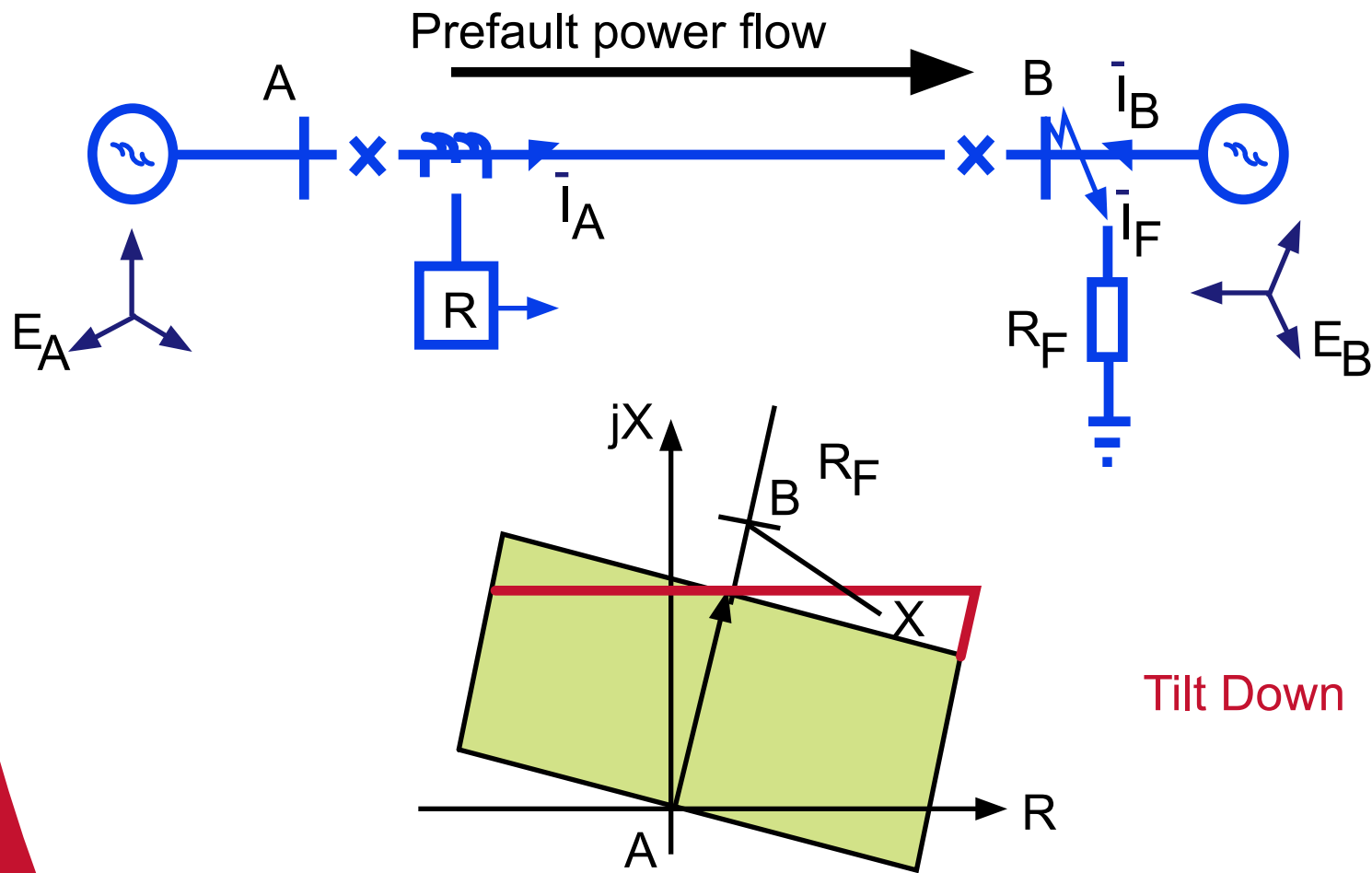
Trip criterion :-  $180^\circ < \angle A - \angle B < 0^\circ$



# 16% Cross Polarising Level Deals with CVT Transients and Close-up Faults

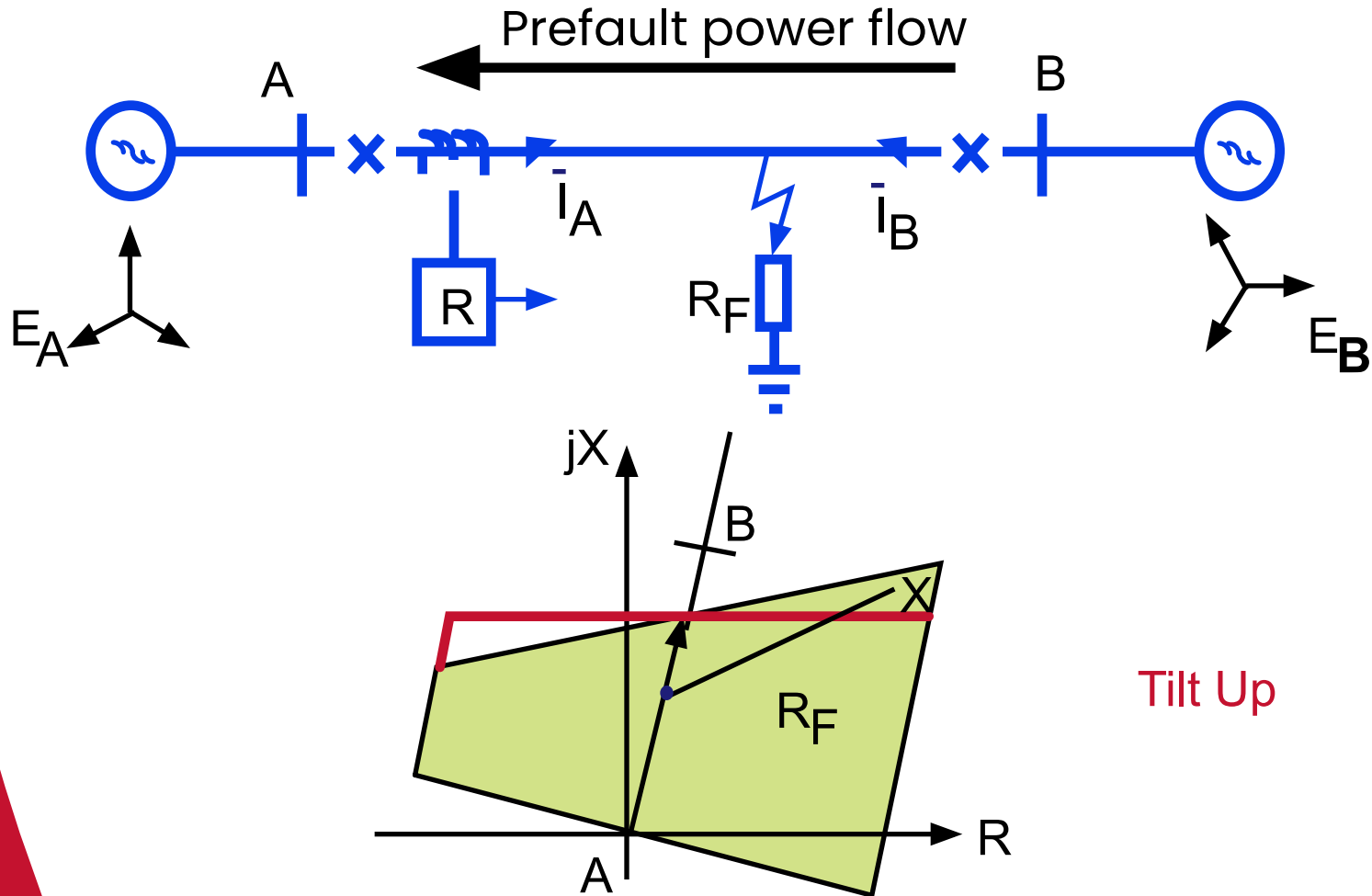


# Preventing Zone - 1 Overreach Quadrilateral Characteristic

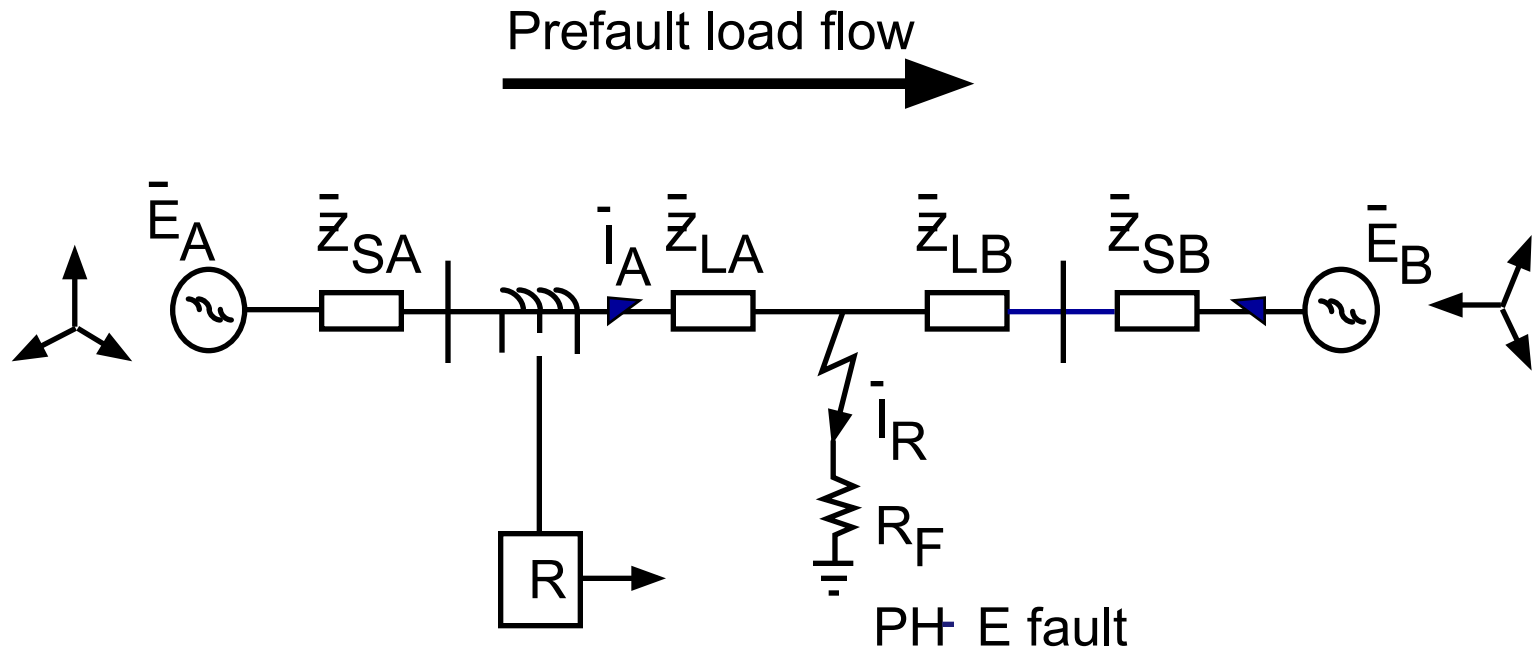




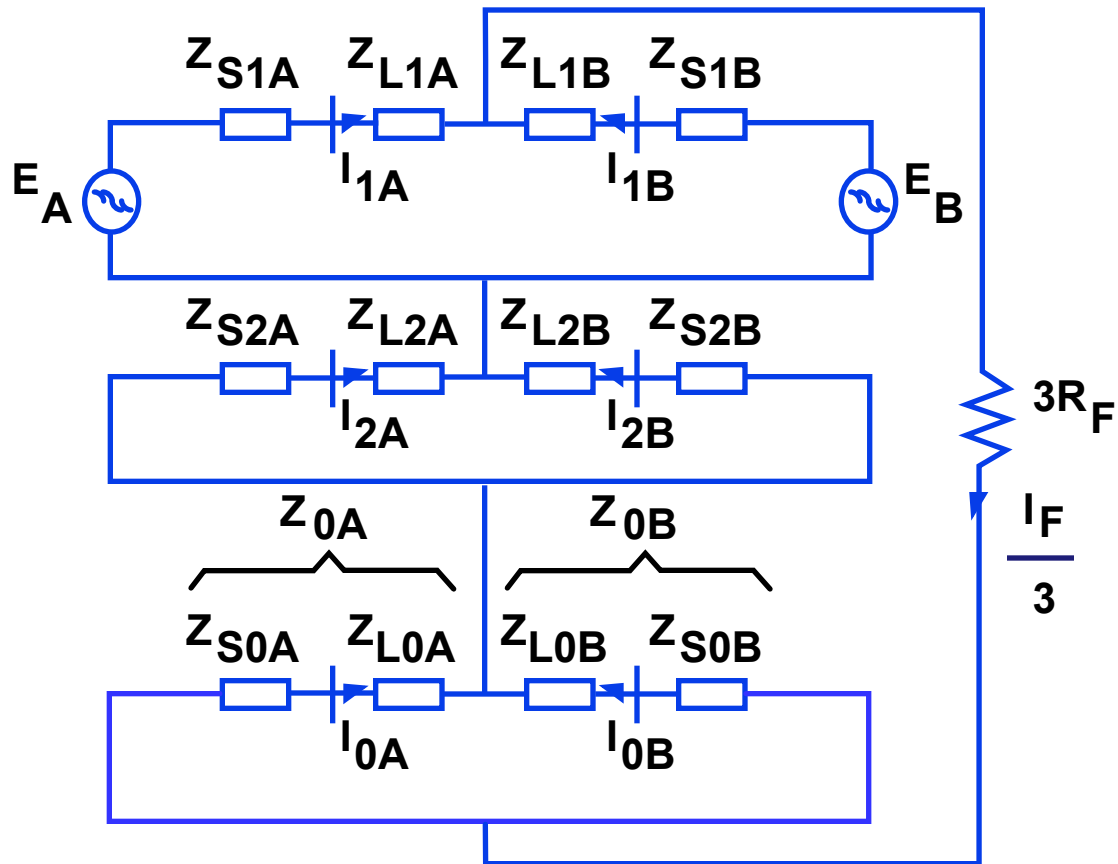
# Preventing Underreach Quadrilateral Characteristic



# Neutral Current Polarisation of Quadrilateral Reach-Line



# Sequence Diagram for Resistive Ground Fault



$$\underline{Z_{0A}} \approx \underline{Z_{0B}} \therefore \underline{I_{0A}} = \underline{I_{0B}} = \underline{I_F} \text{ in which case } \underline{I_N} = \underline{I_F}$$

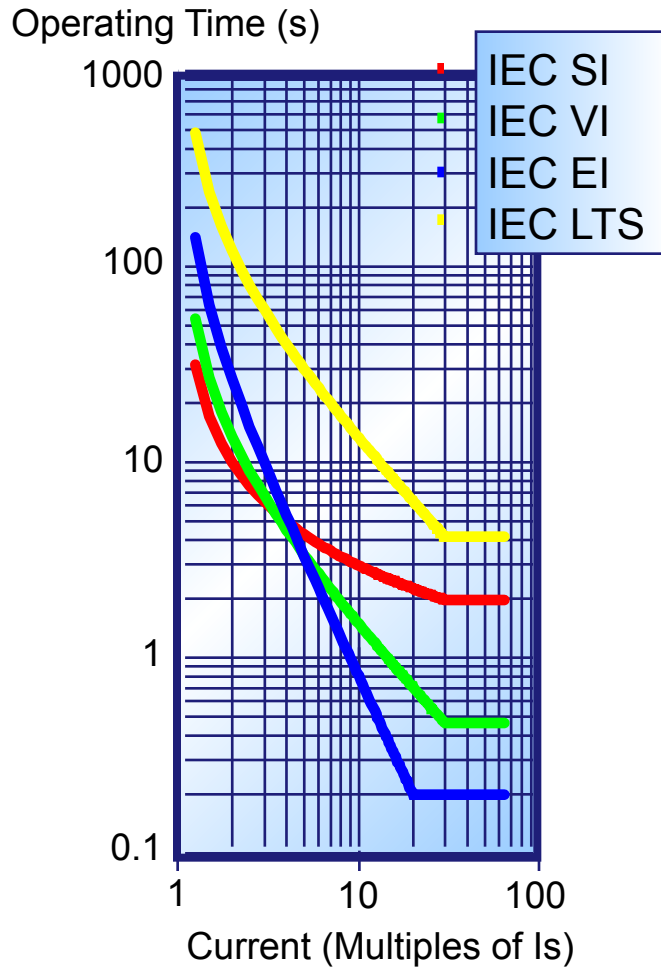
$\underline{A}$

- ▶ **During a single phase to ground fault the Neutral current is approximately in phase with the fault arc current**
- ▶ **The reactance line of the Earth Quad Elements is polarised from Neutral Current**
- ▶ **Under and overreach effects are minimised dynamically**

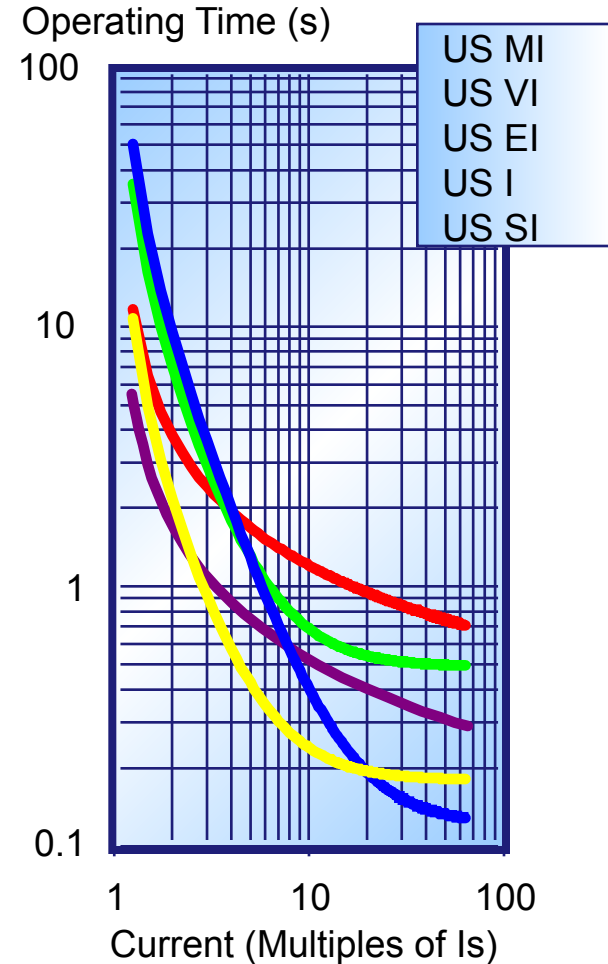
- ▶ **Four stages of directional/non-directional phase overcurrent protection**
  - ◆ I>1 and I>2 IDMT or definite time
  - ◆ I>3 and I>4 definite time (t=0, instantaneous)
- ▶ **Four stages of directional/non-directional earthfault protection**
  - ◆ IN>1 and IN>2 IDMT or definite time
  - ◆ IN>3 and IN>4 definite time (t=0, instantaneous)
  - ◆ Directional decision polarised from VN or V , allowing use of open delta VTs
- ▶ **I> and IN> elements can be enabled permanently, or on channel failure**
- ▶ **Useful for enabling as Switch on to Fault protection**

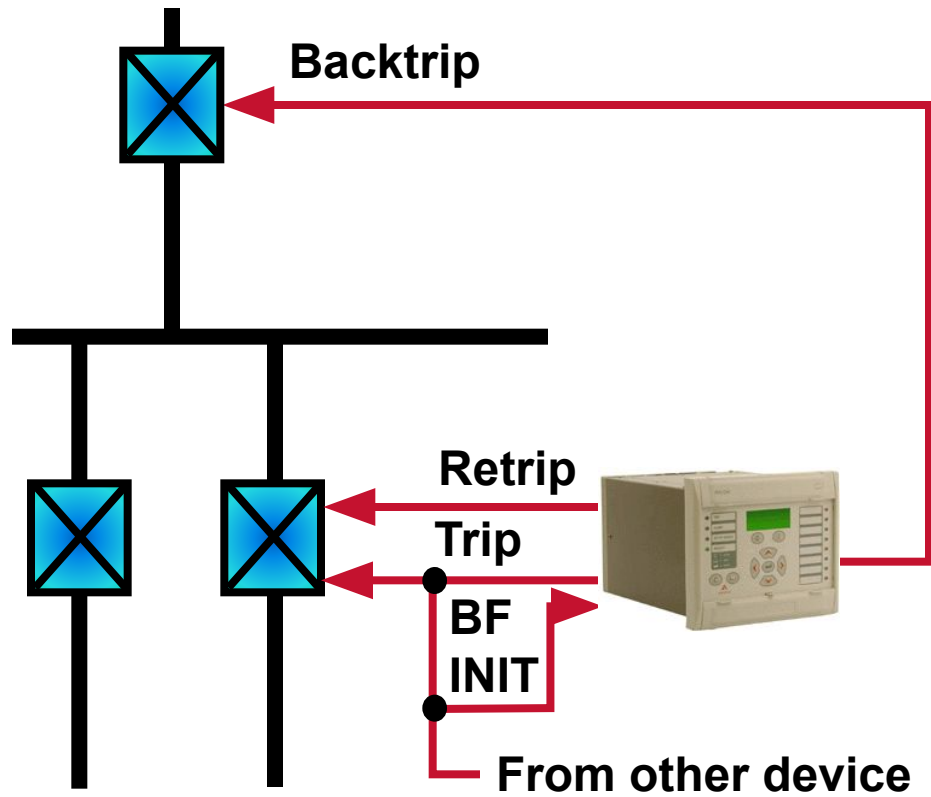
# Backup Overcurrent Protection 51P/51N/67 IDMT Curves

## IEC Curves



## IEEE Curves



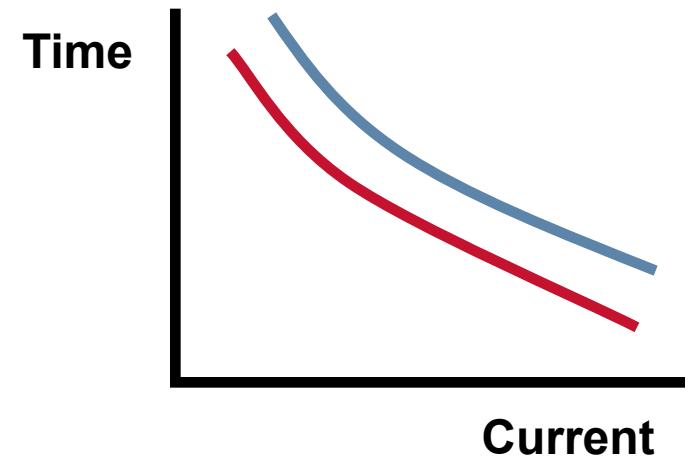


- ▶ 2 уставки по времени
- ▶ Быстрый возврат (15ms)
- ▶ Запуск извне

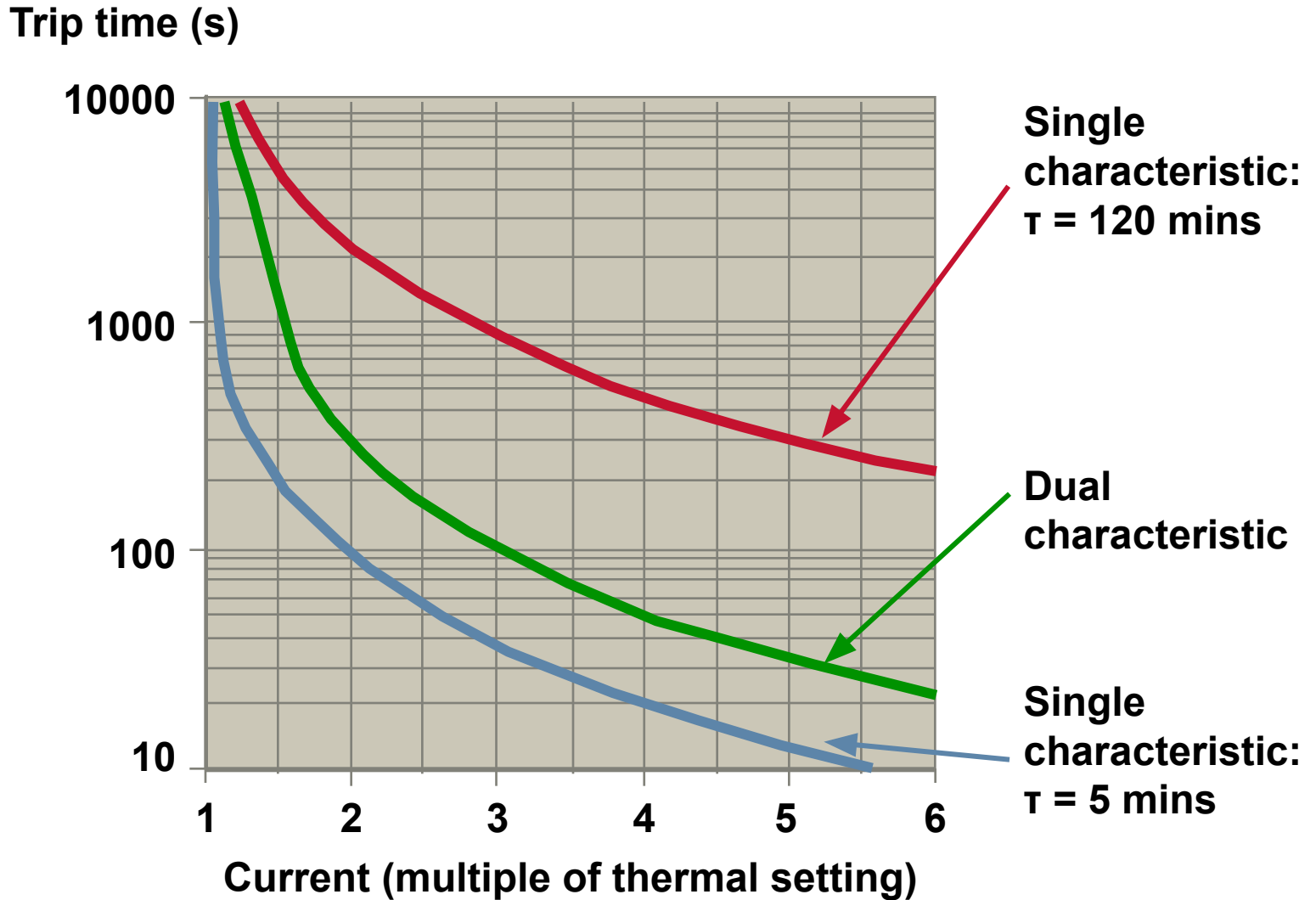
Пуск (выбор в меню)	Механизм сброса таймеров УРОВ
Защиты основанные на токовом принципе (например, 50/51 – МТЗ, 46 – ТЗОП, 21- дистанционная защита, 87 – дифференциальная защита)	<p>Фиксированный механизм возврата.</p> <p>[срабатывание IA&lt;] И</p> <p>[срабатывание IB&lt;] И</p> <p>[срабатывание IC&lt;] И</p> <p>[срабатывание IN&lt;]</p>
Орган чувствительной ЗНЗ	<p>Фиксированный механизм возврата.</p> <p>[срабатывание I SEF&lt;]</p>
Внешняя защита	<p>Доступны три опции. Пользователь может выбрать одну из данных опций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. [срабатывание всех I&lt; и IN&lt;]</li> <li>2. [съем внешнего сигнала] И срабатывание всех I&lt; и IN&lt;</li> <li>3. Выключатель отключен 3 полюсами (по блок-контактам выключателя) И [срабатывание всех I&lt; и IN&lt;]</li> </ol>

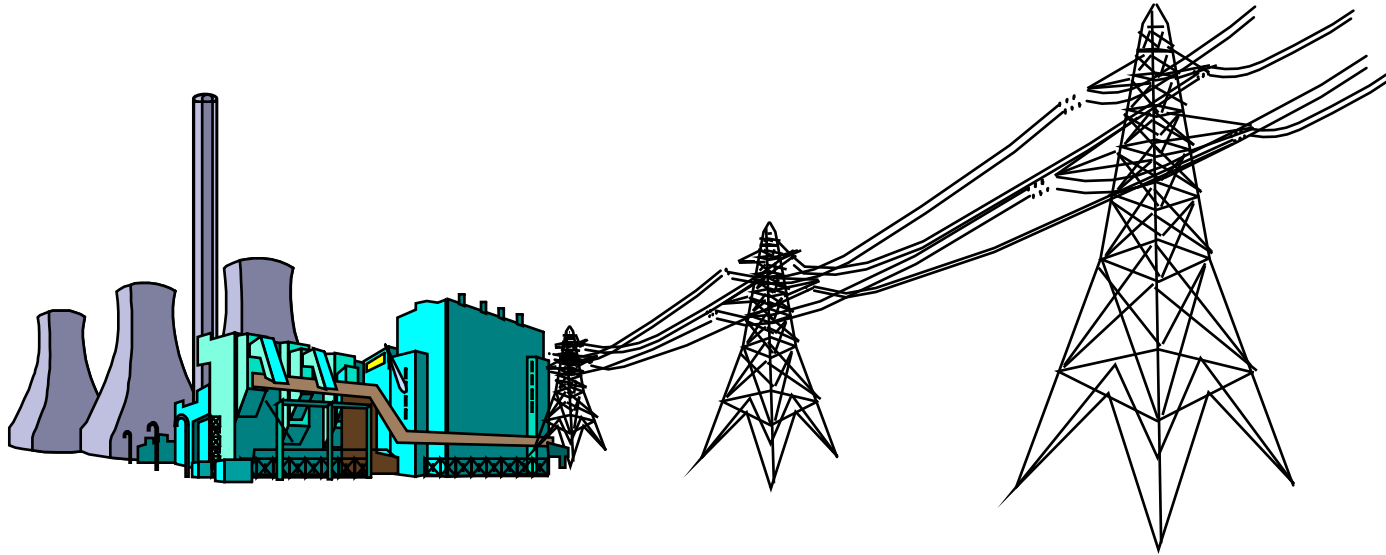


- ▶ **Overcurrent protection designed for fault conditions**
- ▶ **Thermal replica provides better protection for overload**
  - ◆ **Current based**
  - ◆ **Flexible characteristics**
  - ◆ **Single or dual time constant**
  - ◆ **Reset facility**
  - ◆ **Non-volatile**



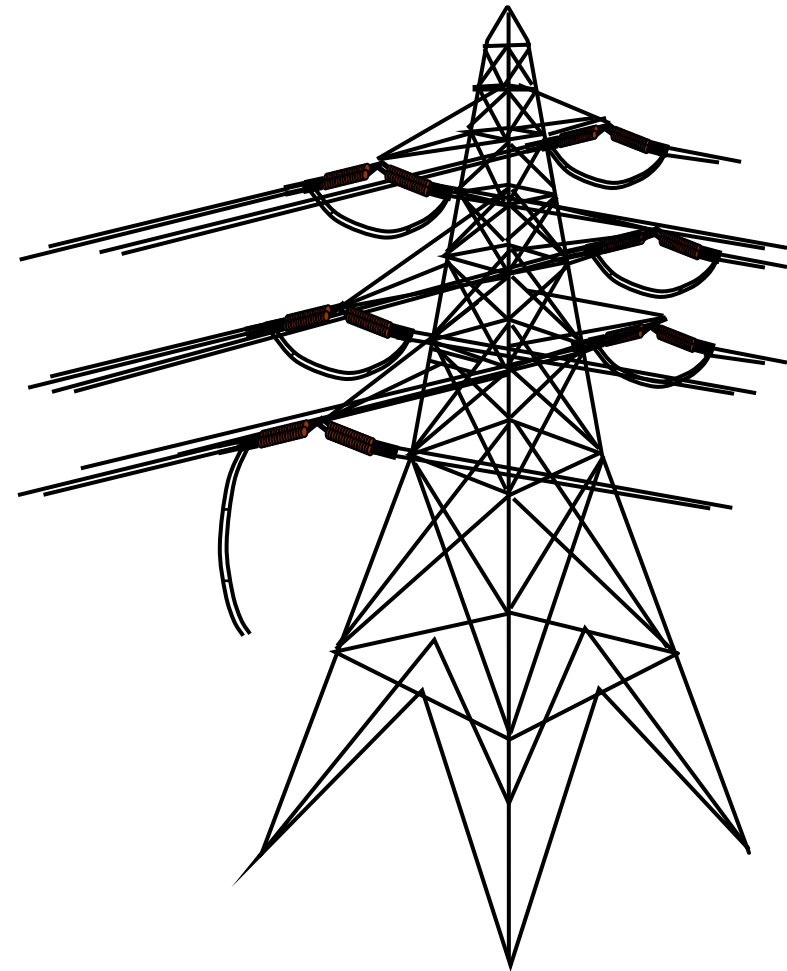
# Overload Protection (2): Dual $\tau$ Characteristic for Transformers

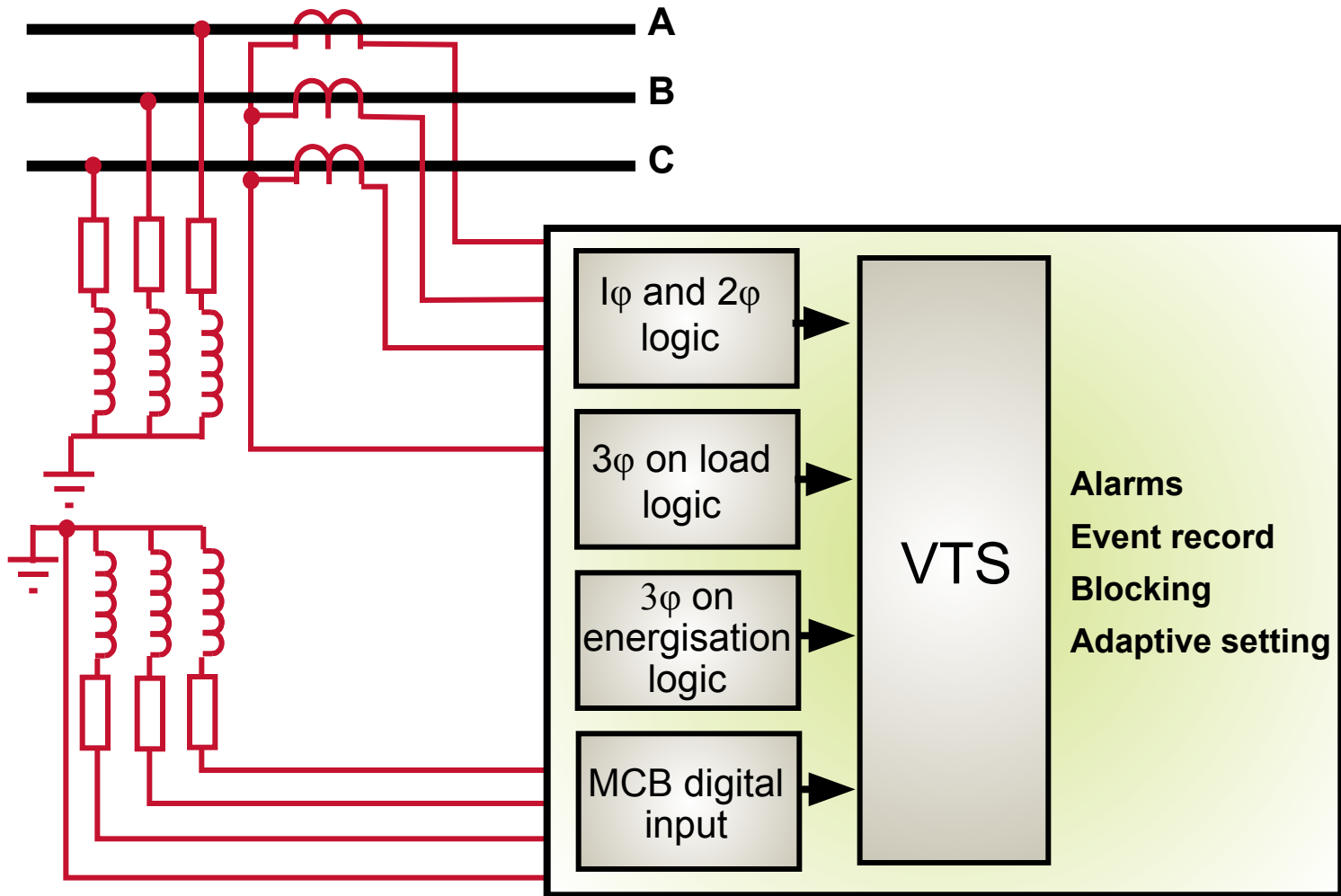




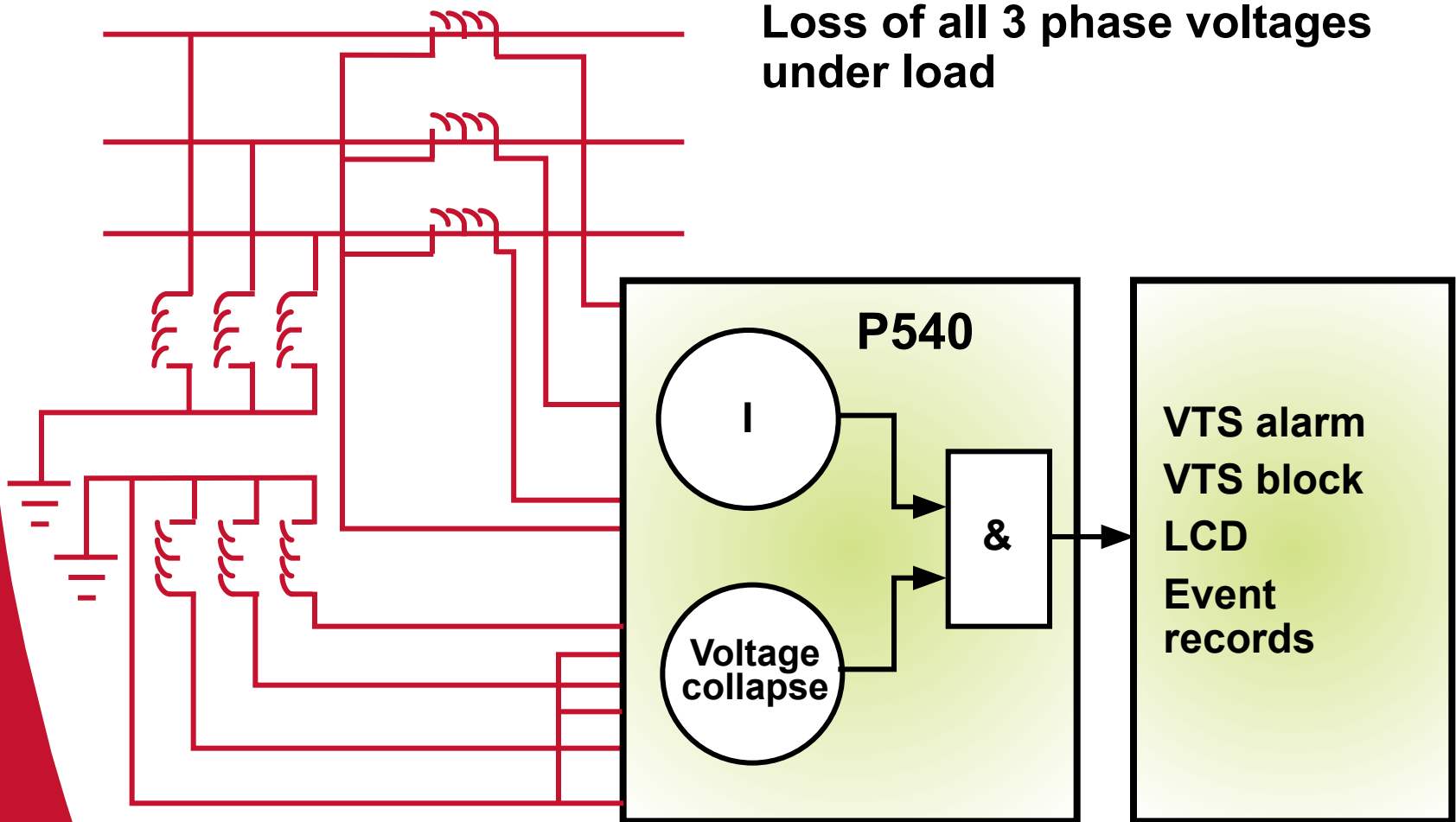
- ▶ **Majority of system faults are a result of short circuits**
  - ◆ Easily detectable
- ▶ **Possibility of open circuit faults exist**
  - ◆ Difficult to detect with conventional protection

- ▶ Existing detection methods;
  - ◆ Combination of under/overcurrent logic
  - ◆ Negative phase sequence overcurrent
    - Consider suitability for all load conditions
- ▶ P54\* uses a ratio technique:
  - ◆  $I_2 / I_1$  is high for open circuit fault condition
  - ◆ **Benefit:** Load conditions have minimal effect

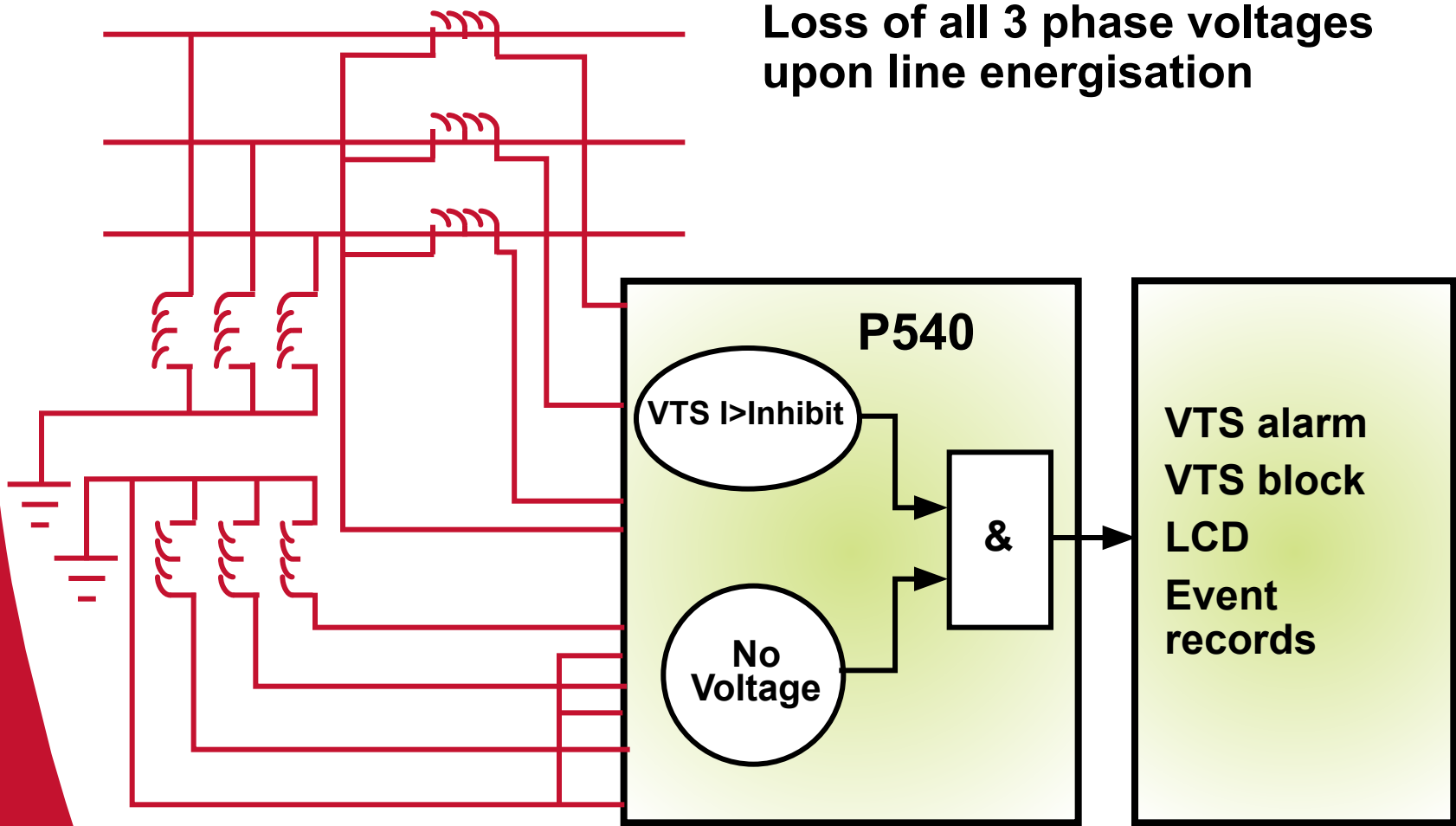




**Loss of all 3 phase voltages  
under load**



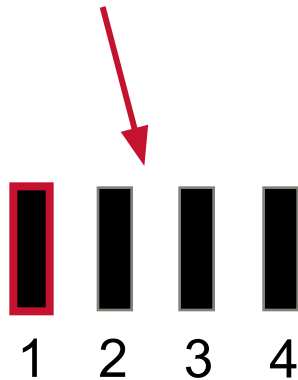
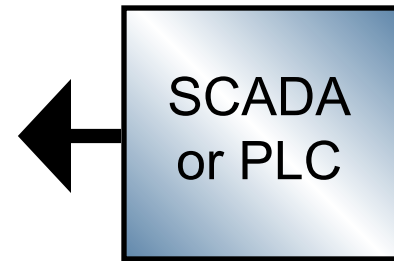
**Loss of all 3 phase voltages upon line energisation**



# Alternative Setting Groups: Use for Switched / Alternate Feeding



=  
= Setting selection inputs



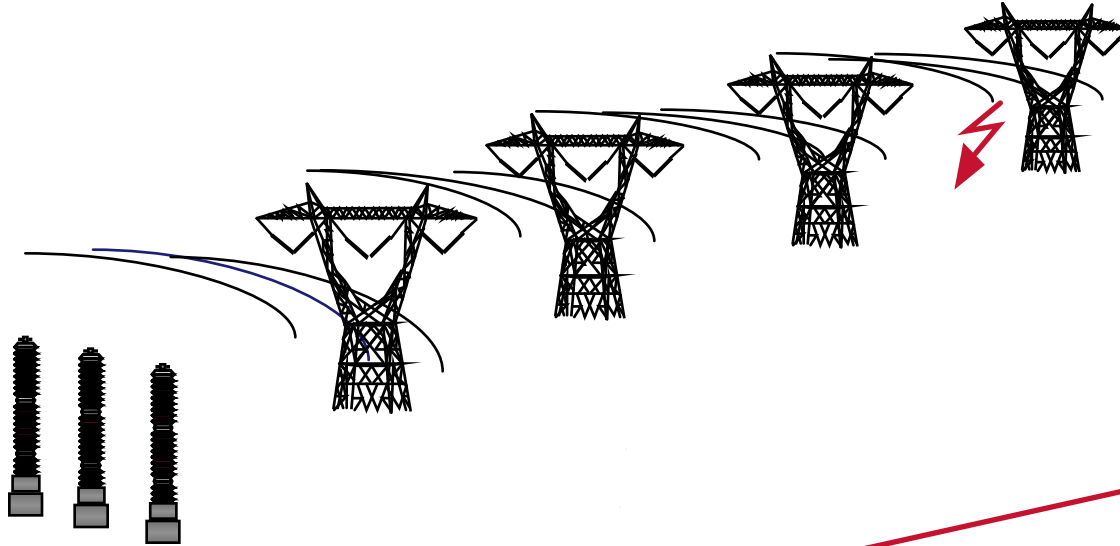
Four groups available



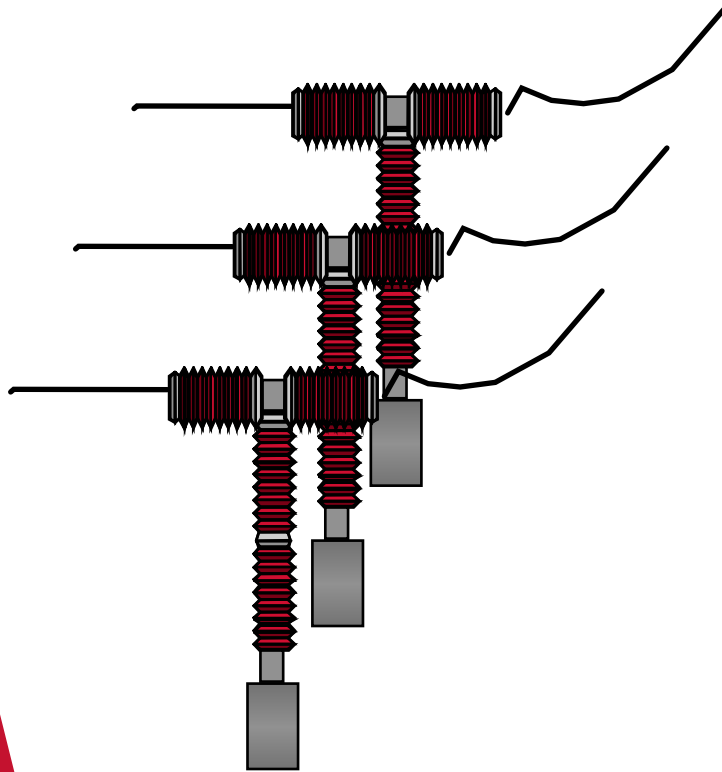
# ***Integrated Autorecloser with Check Synchronism (Example: P543)***

- ▶ **Up to four reclose shots:**
  - ◆ **First high speed shot can be single pole**
  - ◆ **Three delayed AR shots**
- ▶ **Selection of elements to initiate or block AR**
- ▶ **Check synchronism function allows:**
  - ◆ **Live line/live bus in synchronism AR**
  - ◆ **Live line/dead bus AR**
  - ◆ **Dead line/live bus AR**
  - ◆ **Safety checking prior to manual CB close authorisation**

# Fault Locator: (P543 - P546) With Mutual Current Compensation



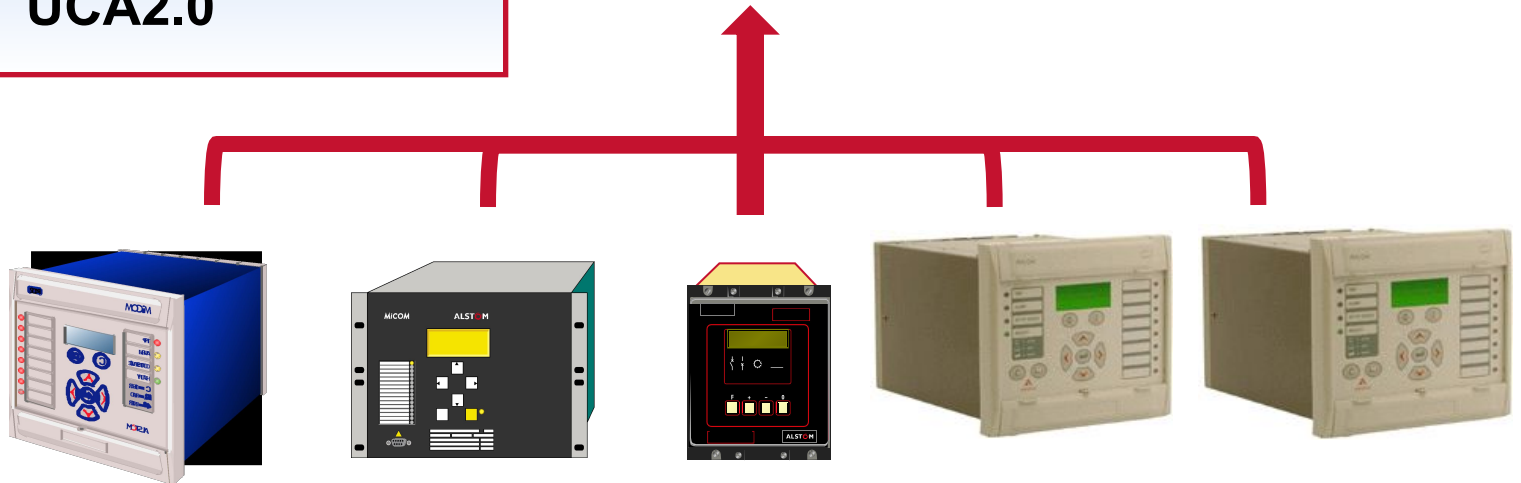
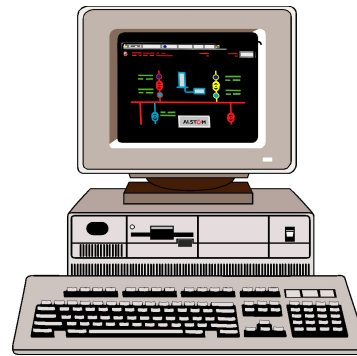
16% 3.8Ω 16km 10miles



- ▶ **CB state/discrepancy monitoring**
- ▶ **CB condition monitoring:**
  - ◆ **Number of Trip operations**
  - ◆ **Sum of broken current;  $I^x$**   
( $1.0 \leq x \leq 2.0$ )
  - ◆ **CB operating time**
  - ◆ **CB operations during period**
- ▶ **Condition based maintenance**

- ▶ **Courier**
- ▶ **Modbus**
- ▶ **IEC 60870-5-103**
- ▶ **DNP3.0**
- ▶ **UCA2.0**

▶ **Digital Control Systems**

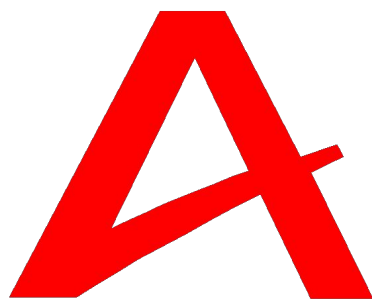


- ▶ **Per phase basis comparison**
- ▶ **Differential gives high sensitivity and phase selectivity**
- ▶ **More integration, less panel space, less interwiring, lower installation cost**
- ▶ **Comprehensive backup protection, AR etc ...**
- ▶ **No need for panel mounted instruments**
- ▶ **NO and NC contacts along with graphical PSL allow interlocking schemes etc to be configured**
- ▶ **Self monitoring removes the need for extensive periodic injection testing**
- ▶ **Condition monitoring of CB bay aids maintenance scheduling**

# P540 Main Protection Unit Protection Relays

Main Protection 21/21G	67/67N	50/51(N)	A/R	1.5 CB	I/O	
P541 Current Differential			8/7			
P542 Current Differential			●	16/14 ●		
P543 Current Differential	●	●	●	16/14 ●		
P544 Current Differential	●	●	●	16/14	●	
P545 Current Differential	●	●	●	24/32 ●		
P546 Current Differential	●	●	●	24/32	●	
P547 Phase Comparison			●	10/10		

- ▶ Models P543-P546 cover both single and three pole tripping applications
- ▶ P541, P542 and P547 cover three pole trip applications only
- ▶ P545 and P546 may also be used in conventional non-SDH applications to boost digital I/O offered, needing no GPS
- ▶ P543 to P546 extra I/O supports 16 timers in PSL



**AREVA**