

AREVA

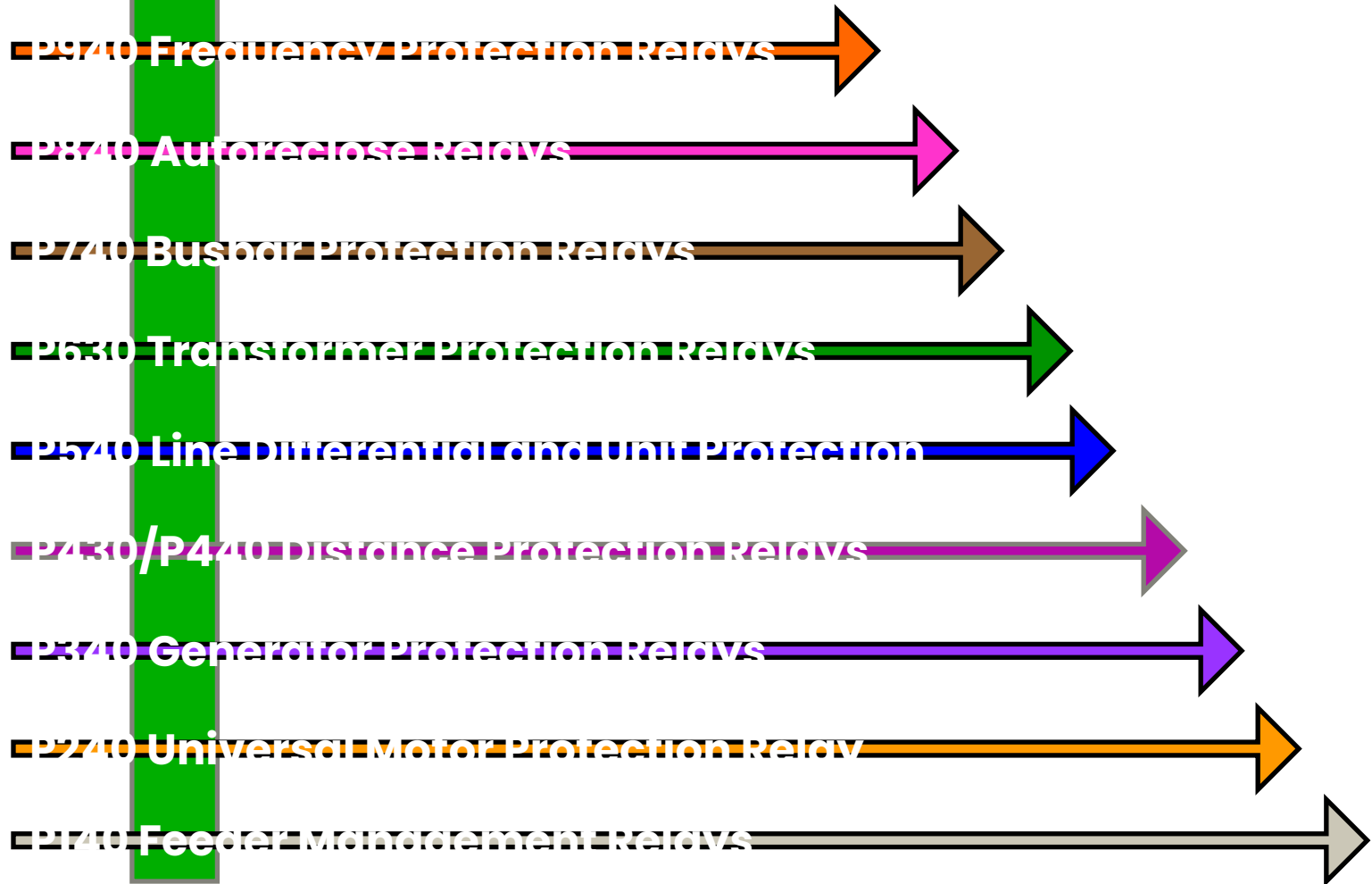
MiCOM P54x Series
цифровые дифференциальные токовые реле

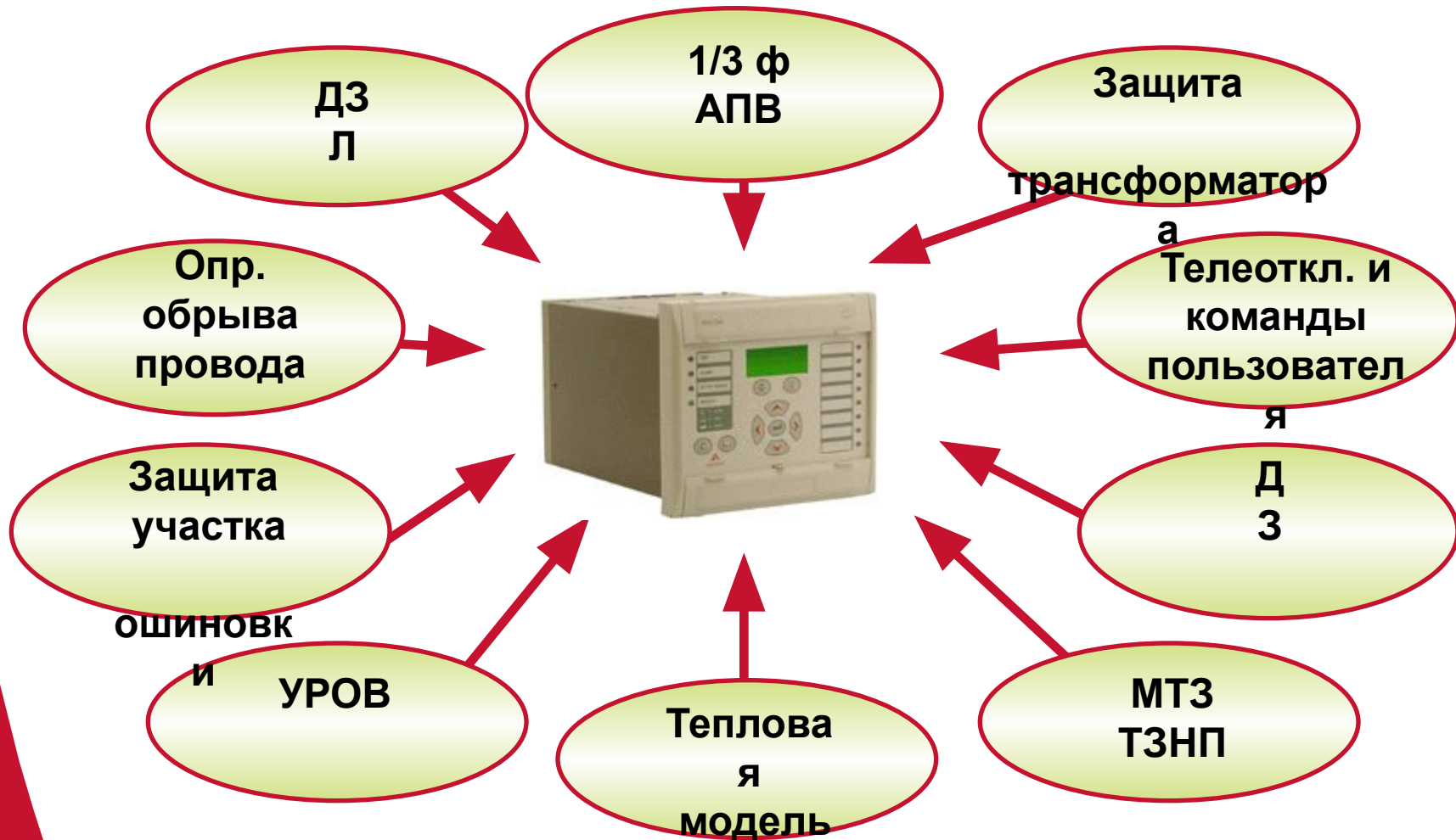
P3A

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”)

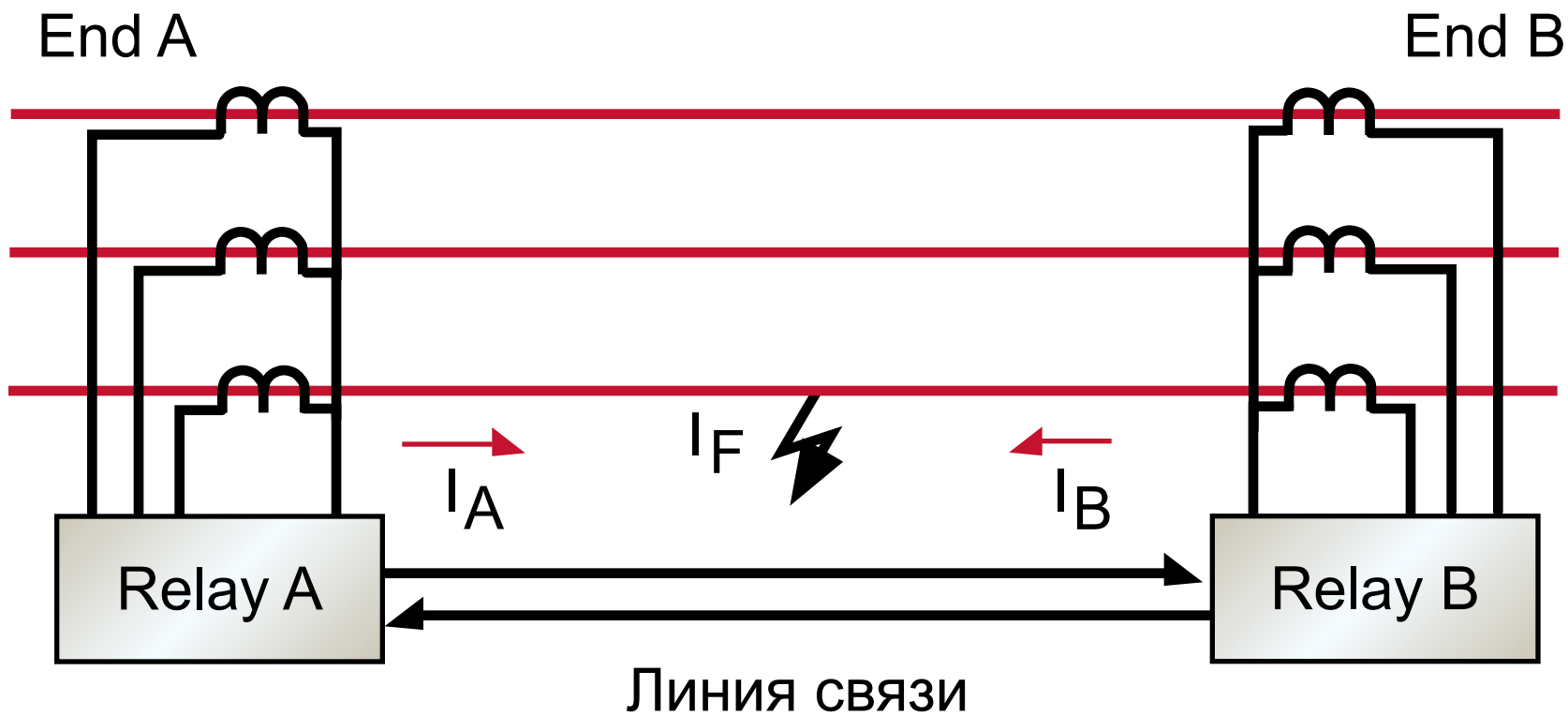
P544 для линий, подключенных через 2 выключателя с дистанционной защитой, (60TE / 12”)

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")

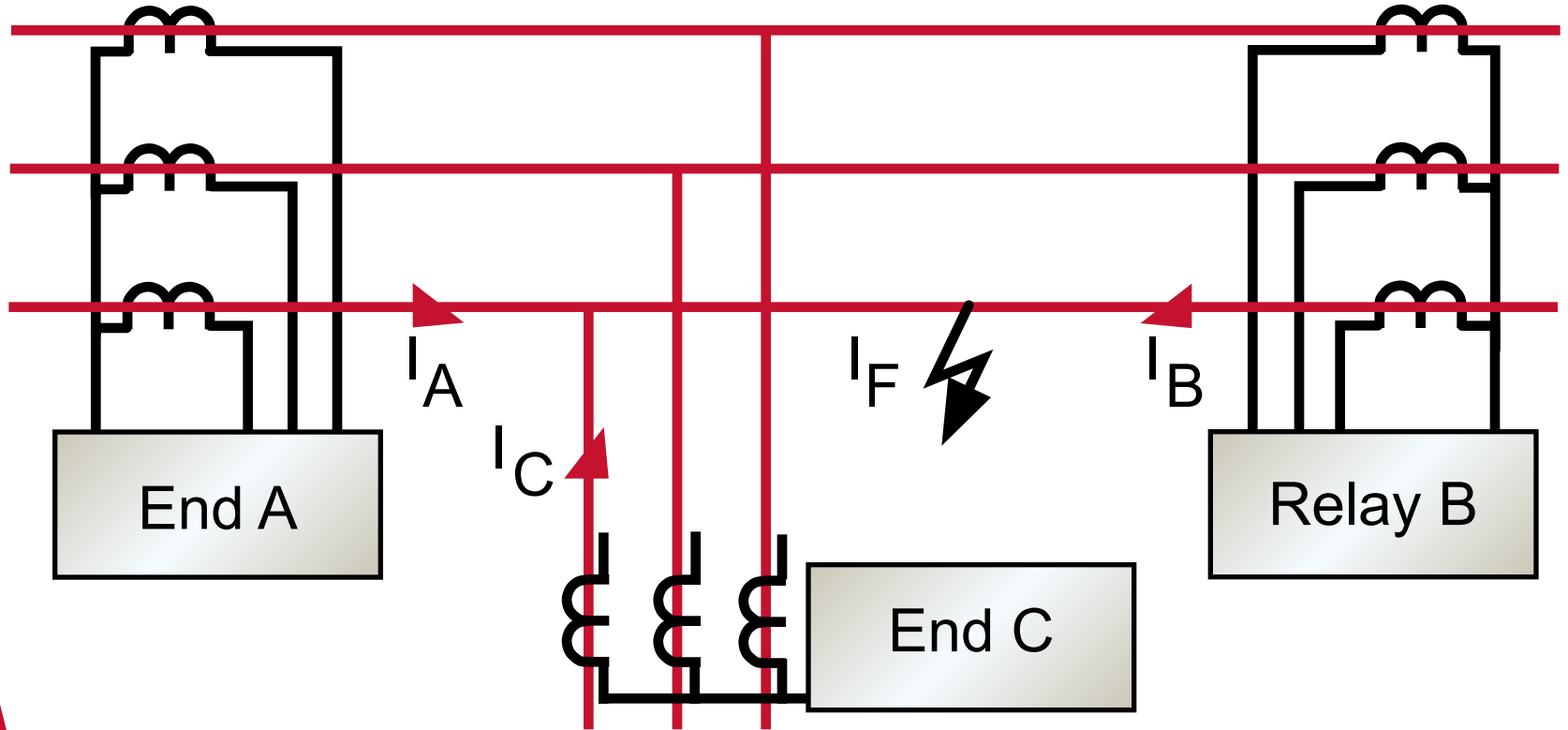


GPS synchronised mode described later



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

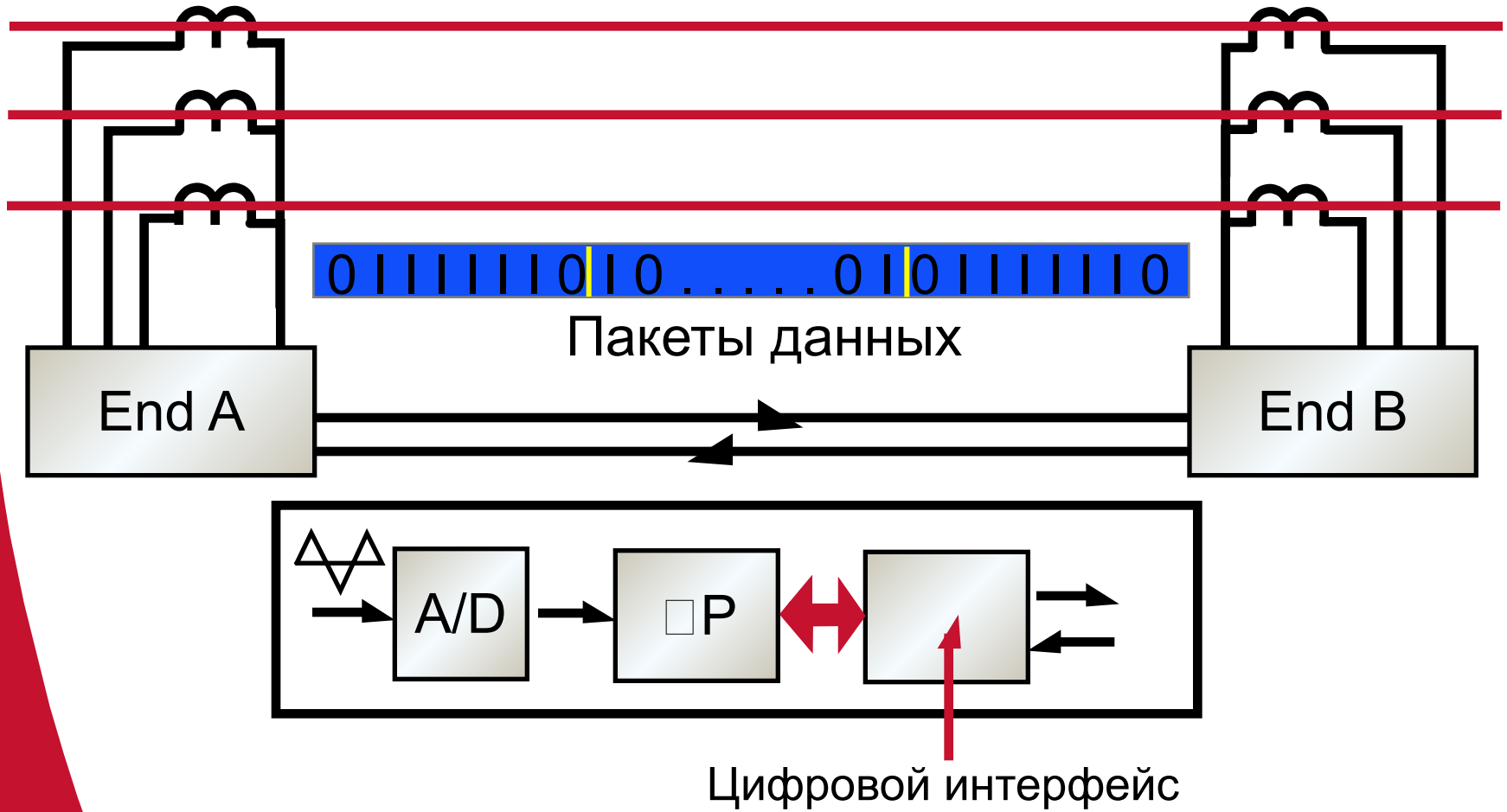
$$I_A + I_B \neq 0 (= I_F) \text{ Fault}$$



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

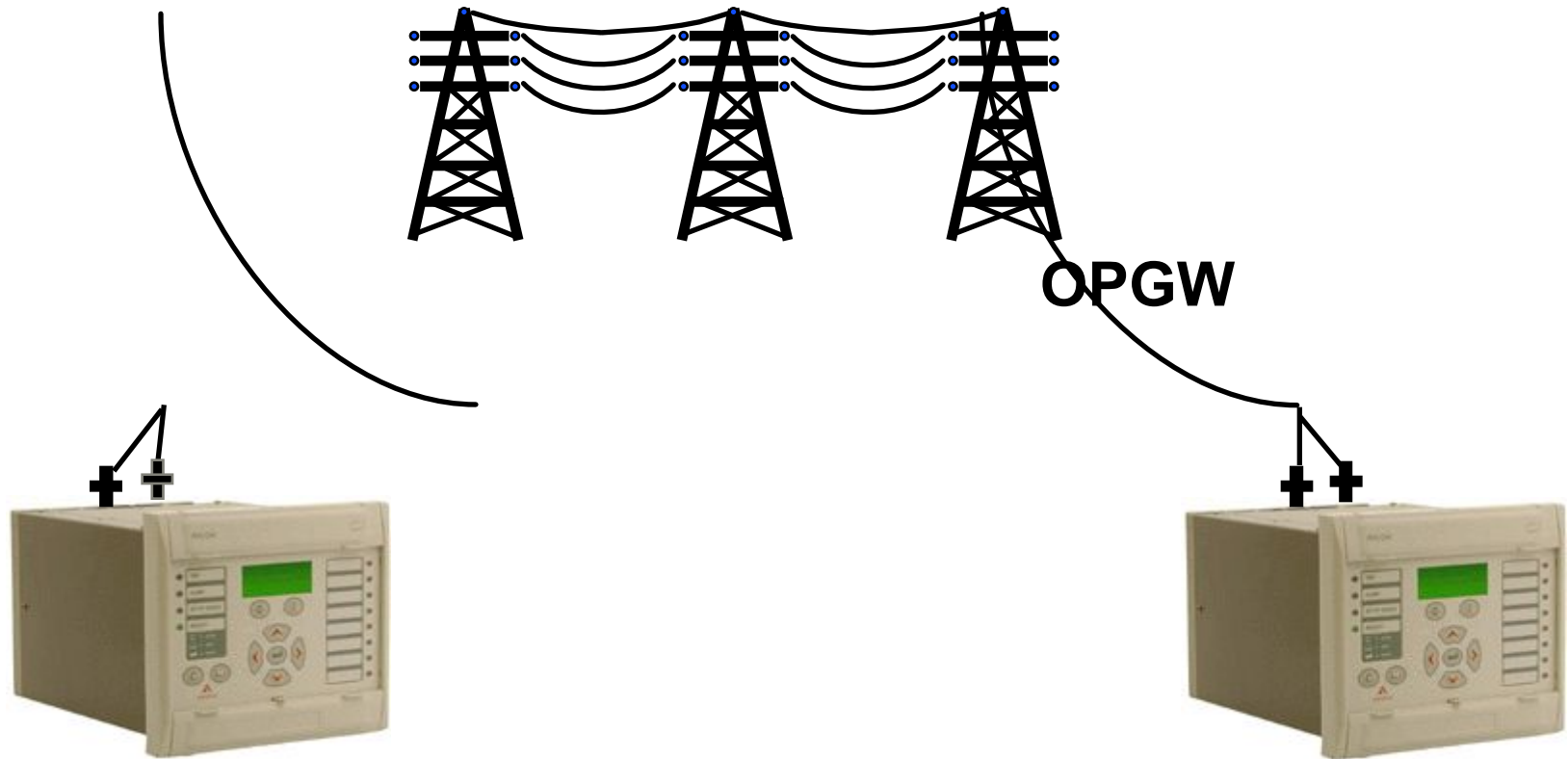
$$I_A + I_B + I_C \neq 0 (= I_F \text{ faulty})$$

- ▶ 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

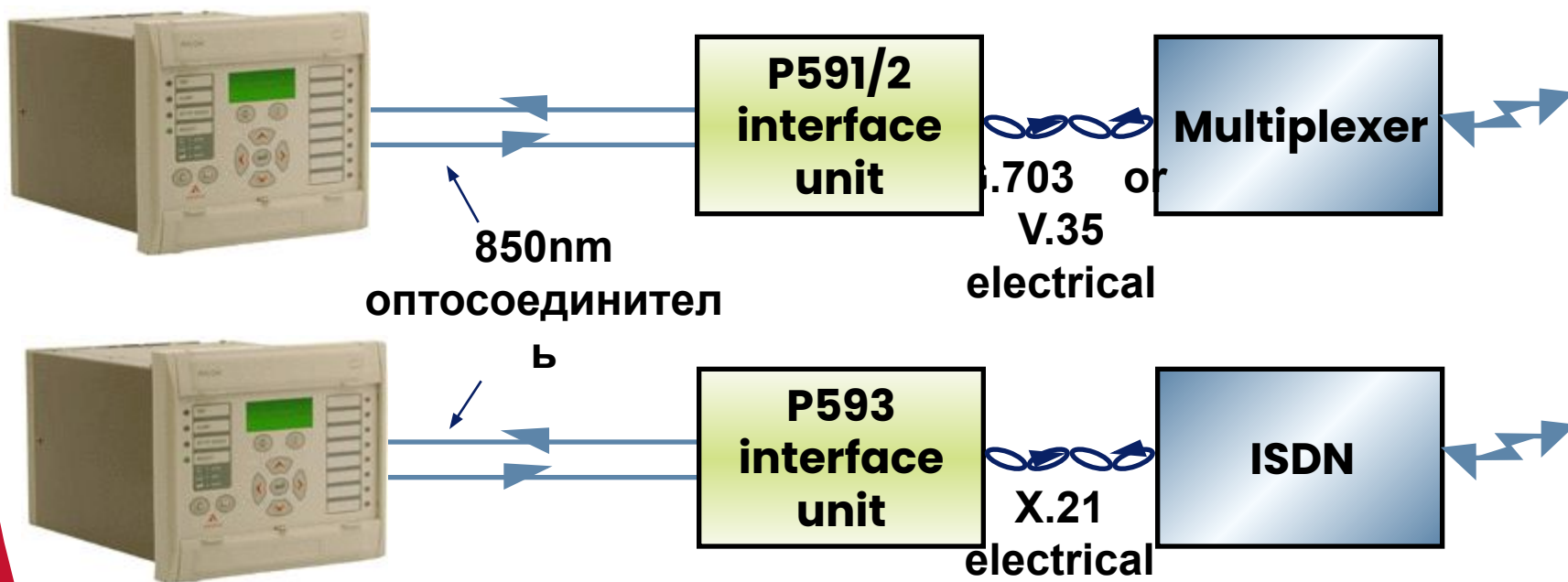


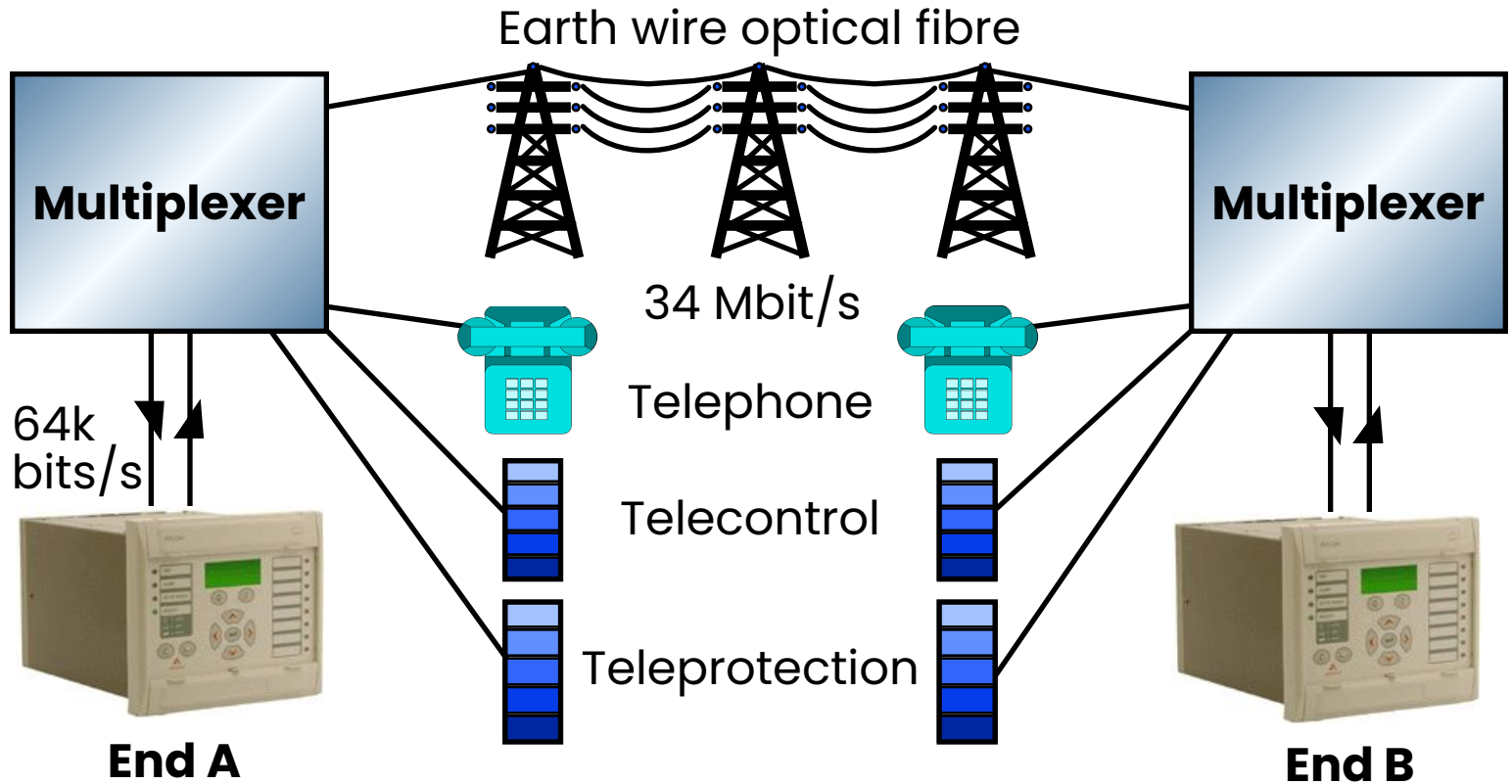
Main Features of P540 Relay дифференциальный элемент

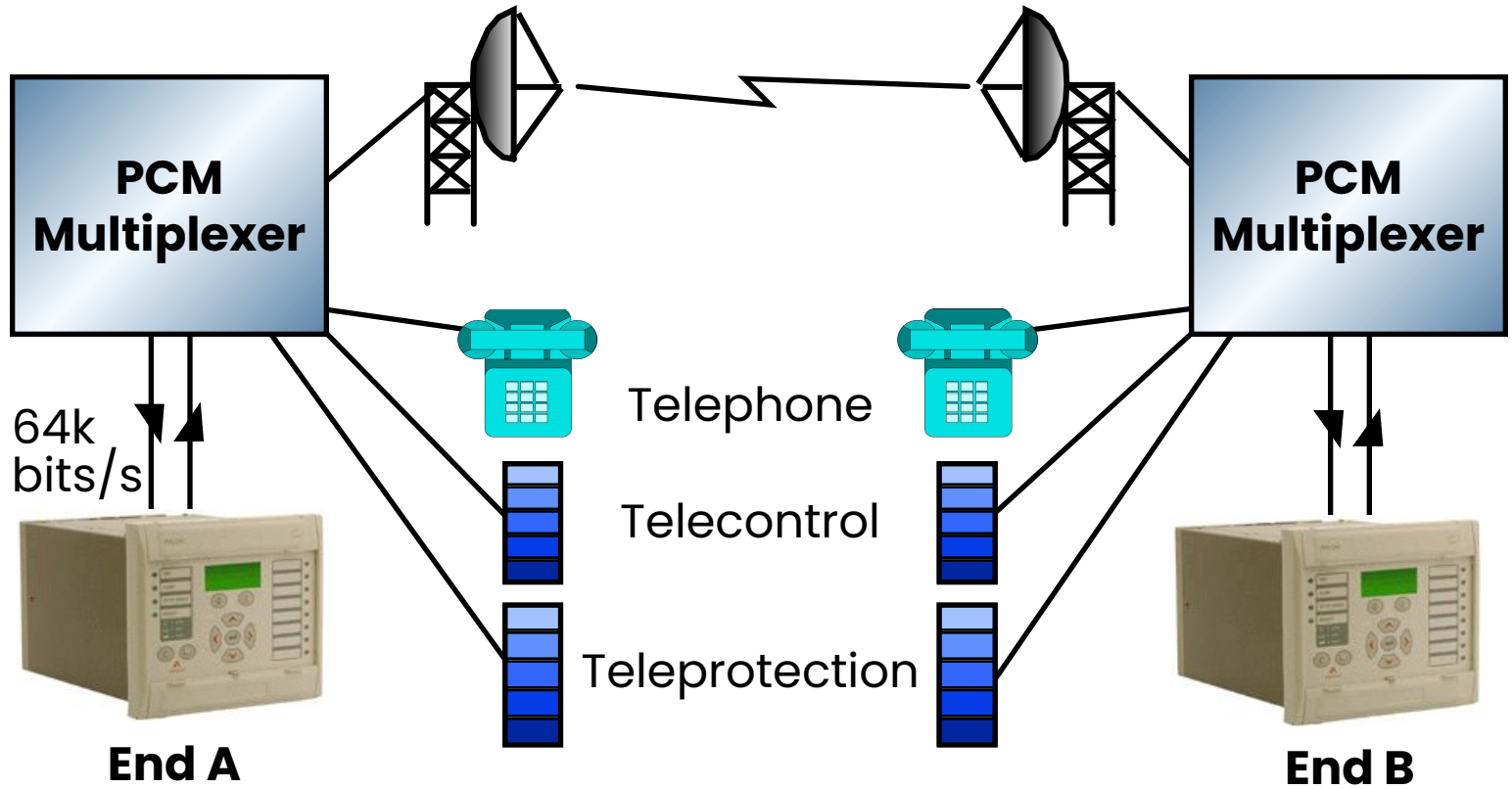
- ▶ **Использование стандартного коммуникационного канала 56 or 64 kbits/s**
- ▶ **Также работает по выделенной оптоволоконной паре**
- ▶ **Пофазное исполнение**
- ▶ **Компенсация емкостного тока**
- ▶ **2 и 3 концевые линии**
- ▶ **Измерение и компенсация времени задержки сигнала в канале**
- ▶ **проверка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



Подключение через мультиплексор

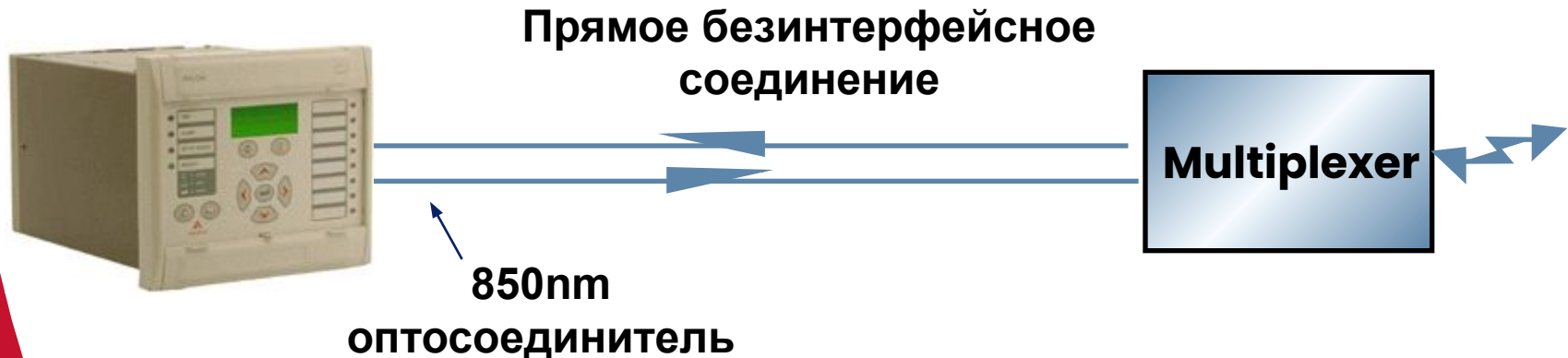






IEEE C37.94

**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

The screenshot shows the MICOM configuration software interface. On the left is a tree view with the following items: SYSTEM DATA, CB CONTROL, DATE AND TIME, CONFIGURATION, CT AND VT RATIOS, COMMISSION TESTS, CB MONITOR SETUP, OPTO CONFIG, CONTROL INPUTS, CTRL I/P CONFIG, **I DIFF CONFIG** (highlighted with a blue arrow), CTRL I/P LABELS, Group 1, Group 2, Group 3, and Group 4. The main window displays a table of parameters:

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

Below the table, a "Comms Mode" dialog box is open. It has a "Current Setting:" field with "Standard" entered. The "New Setting:" field is a dropdown menu with "Standard" selected, and a list is open showing "Standard" and "IEEE C37.94" (highlighted with a blue background and a yellow circle). The dialog also contains "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

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



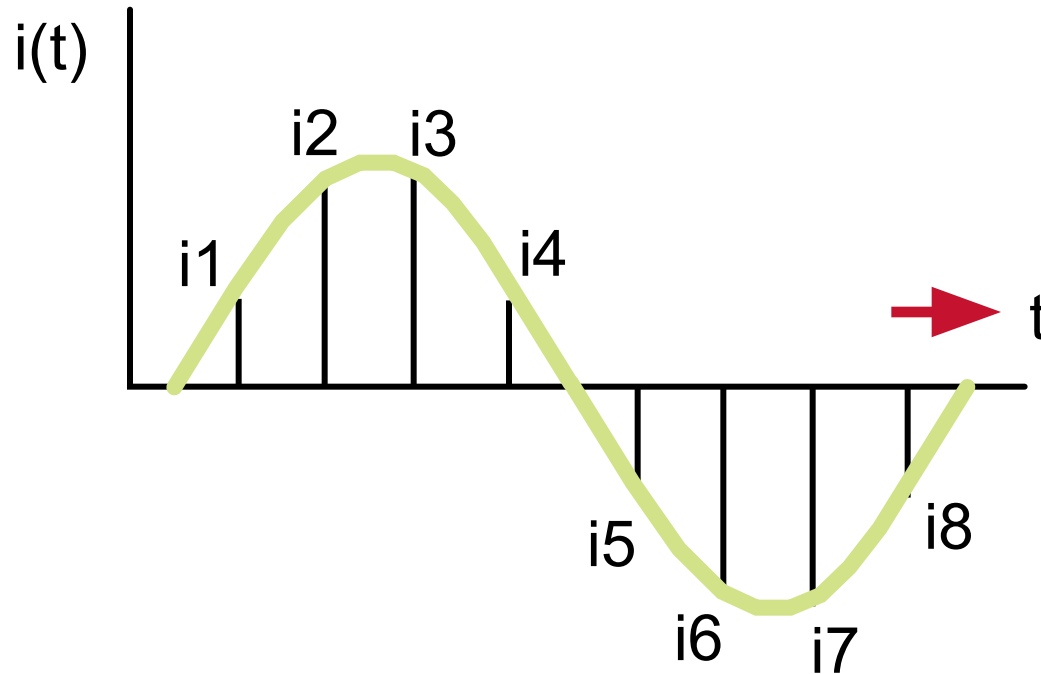
дальш

e

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

e

- ▶ **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**

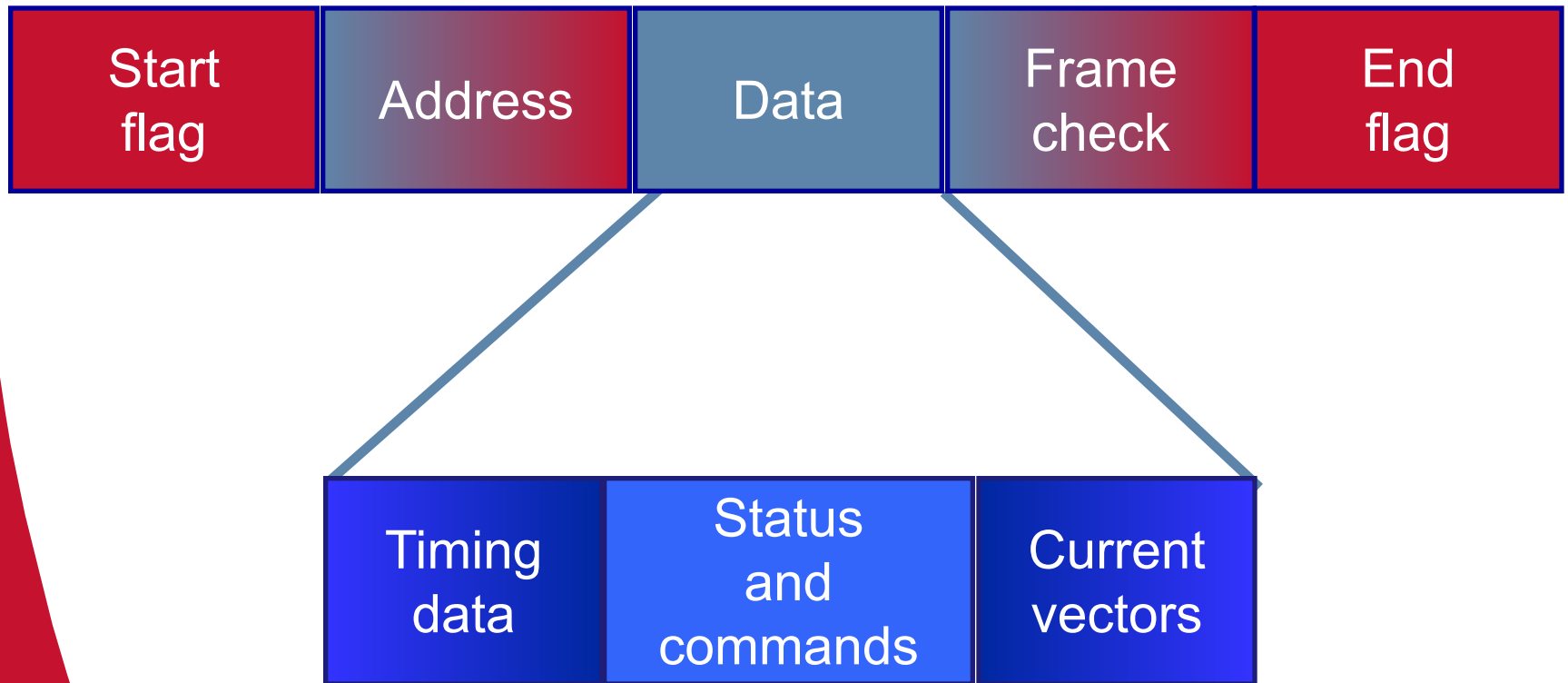


$$I = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^{N-1} i_n \exp j n \omega \Delta t \quad N = \text{Номер выборки в цикле}$$

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

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

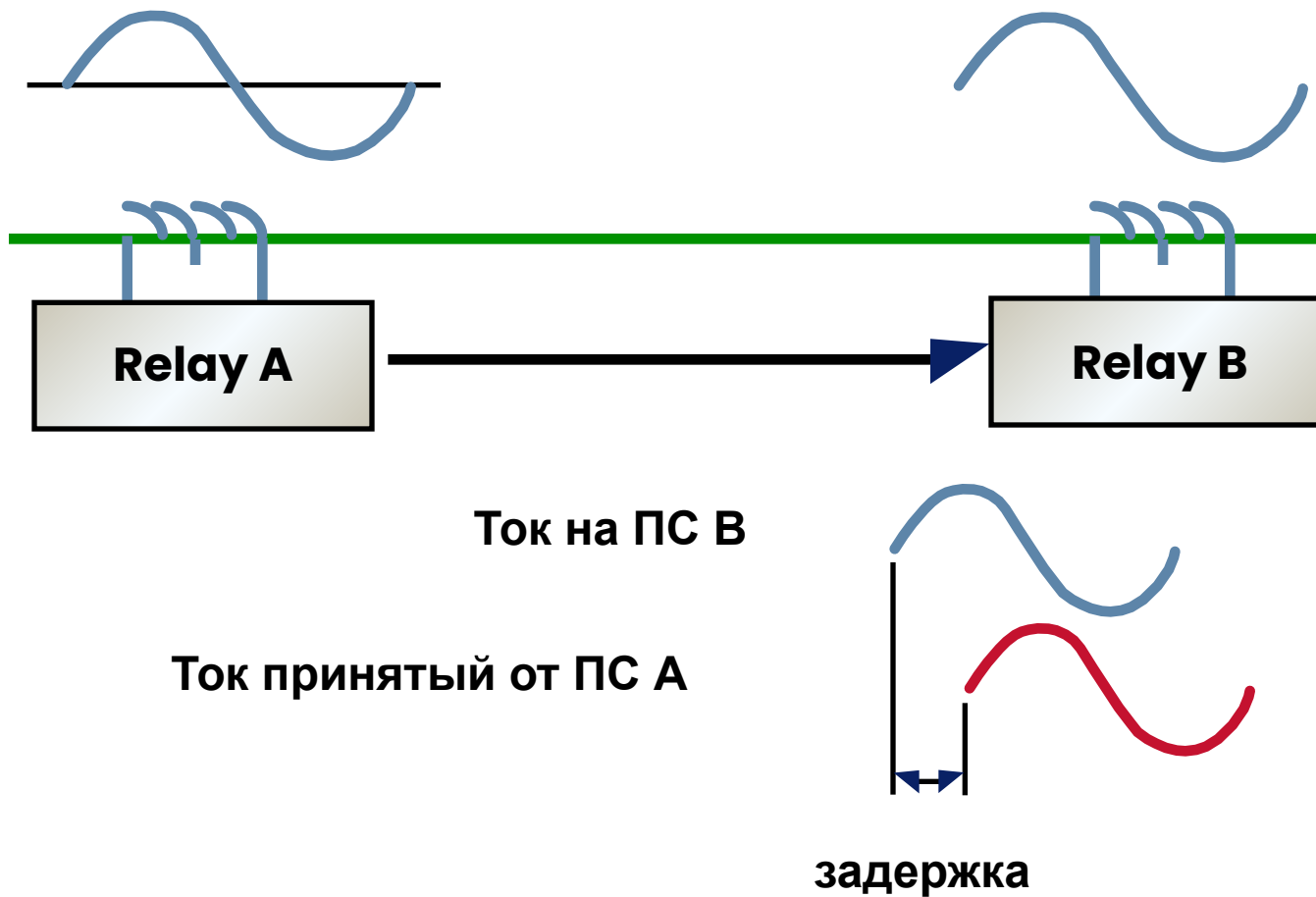
$$I_{\angle \theta} = \begin{bmatrix} I_{s^+} & I_{j c} \end{bmatrix}$$



- ▶ 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

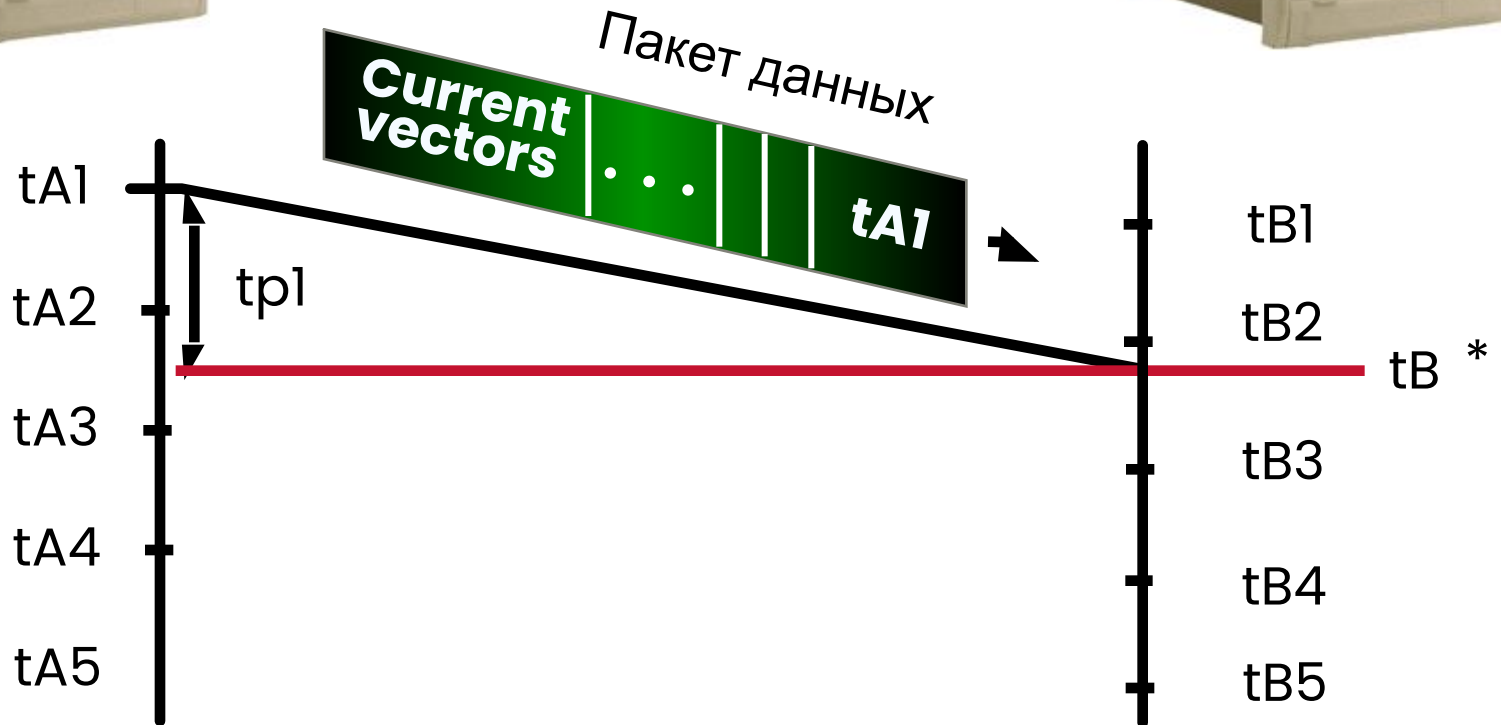
Все модели, P541-P546

Время прохождения сигнала измерения - 1

Relay A



Relay B



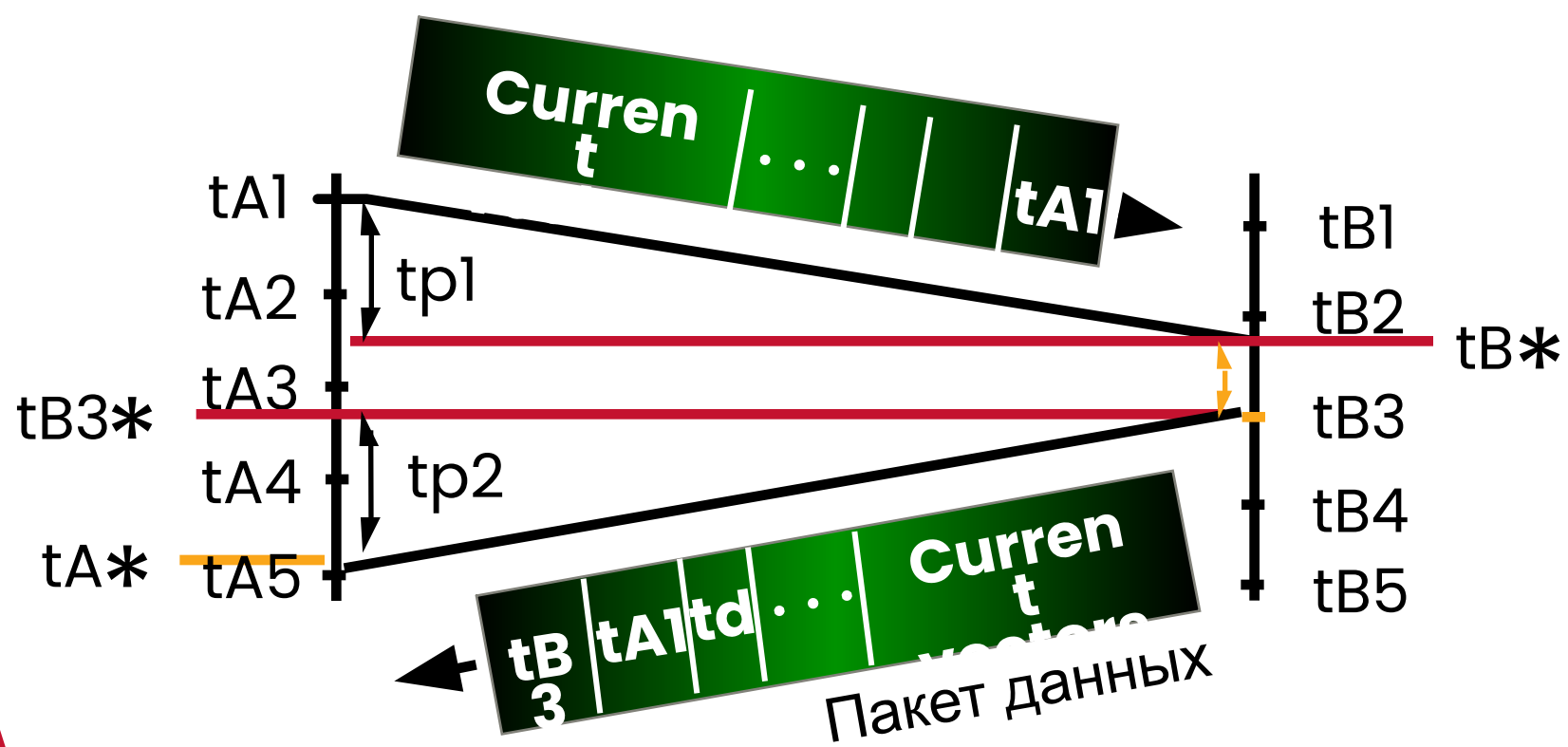
Время прохождения сигнала измерения - 2

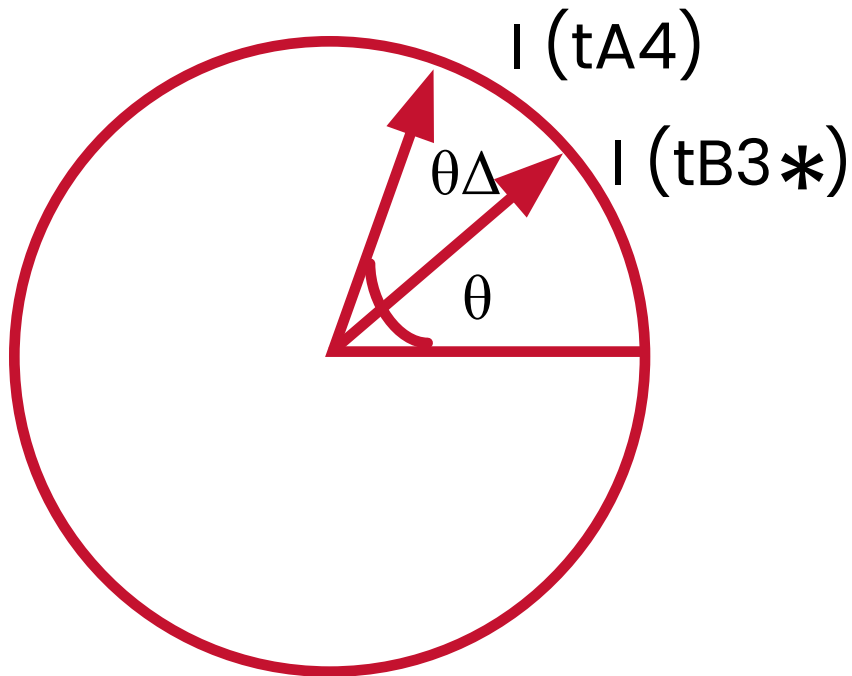
Измеренное время выборки

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

Время задержки

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





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

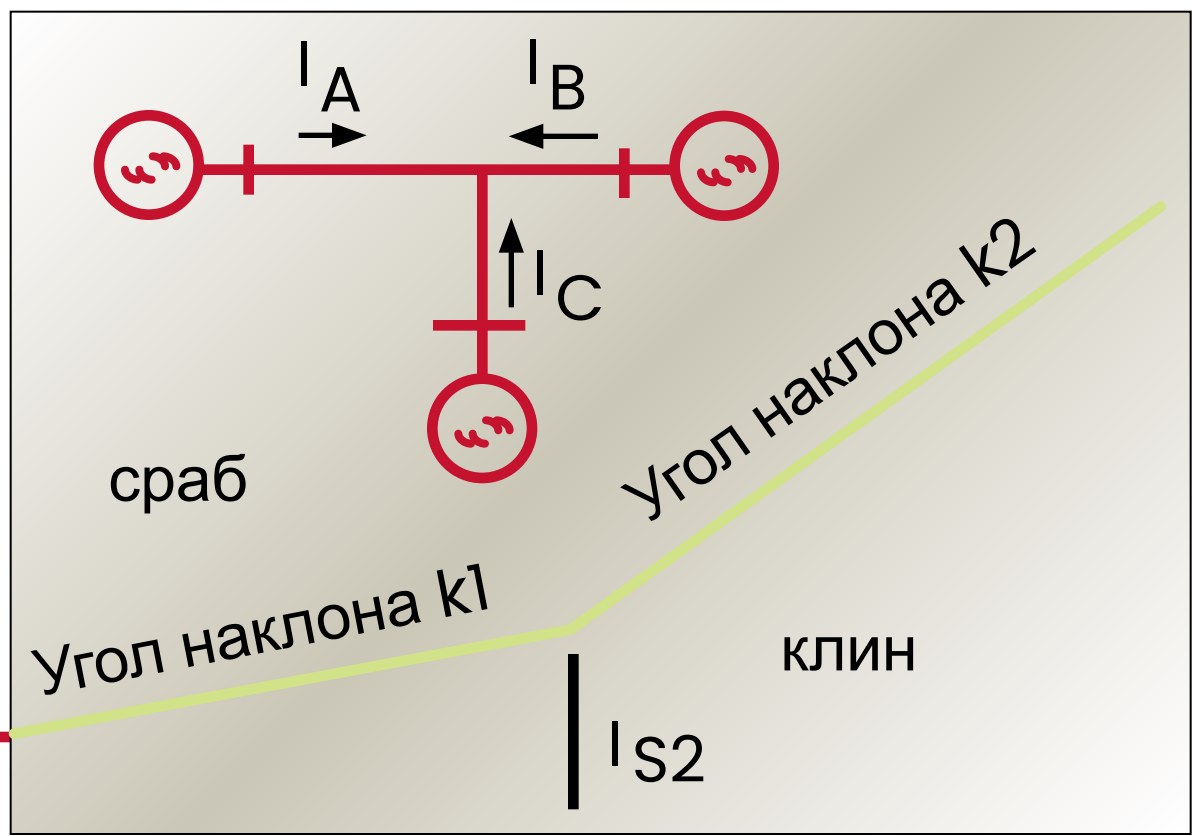
$$\Delta \theta = \omega \Delta t$$

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

Дифференциальная характеристика

Диф ток =

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



Торм ток

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

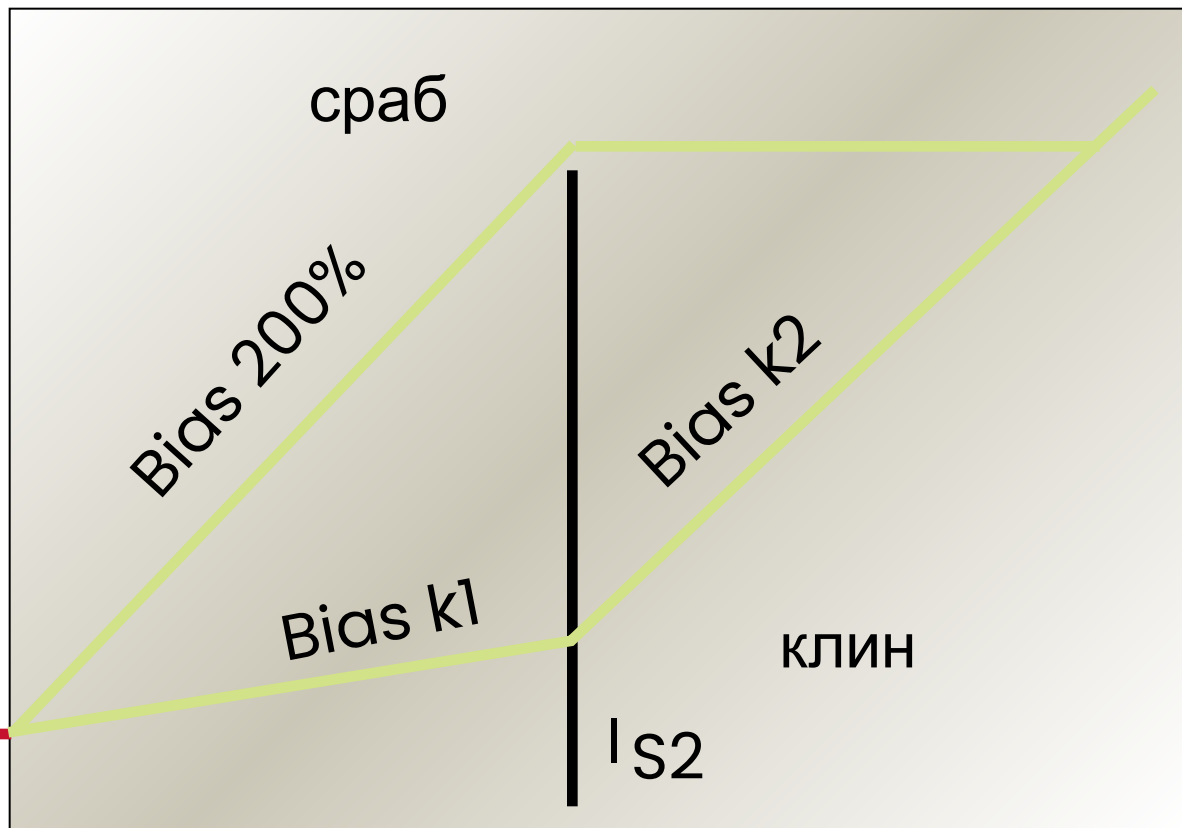
- ▶ Неодинаковые времена приема/передачи приведут к неправильному сравнению векторов и неправильному вычислению диф. тока
- ▶ Большинство цифровых каналов пропускают сигналы разных направлений по одному и тому же пути
- ▶ Иногда кратковременно эти времена становятся разными
- ▶ Могут привести к ложному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

Диф ток

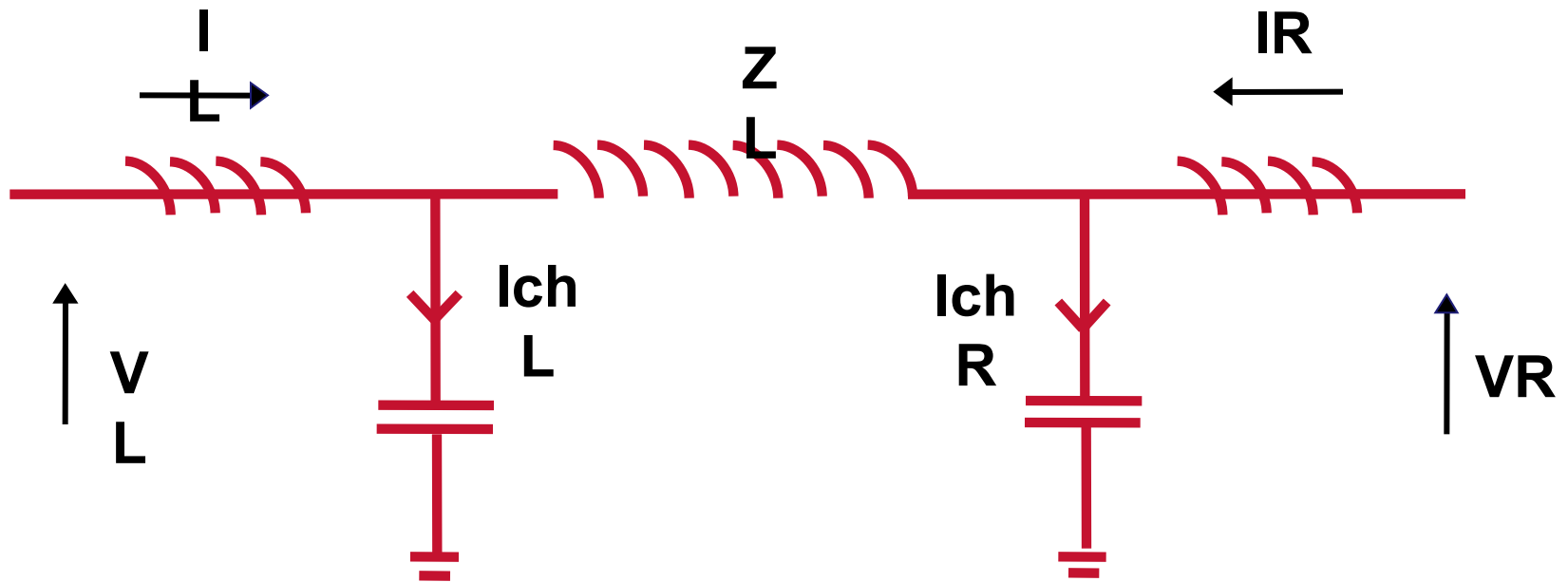
$$|I_{diff}| = |I_A + I_B + I_C|$$

I_{S1}



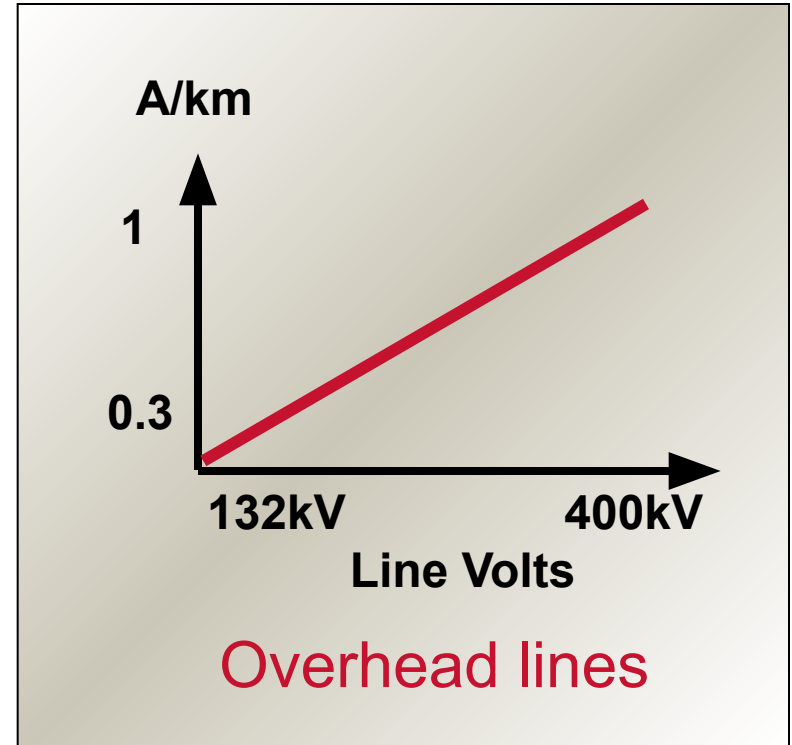
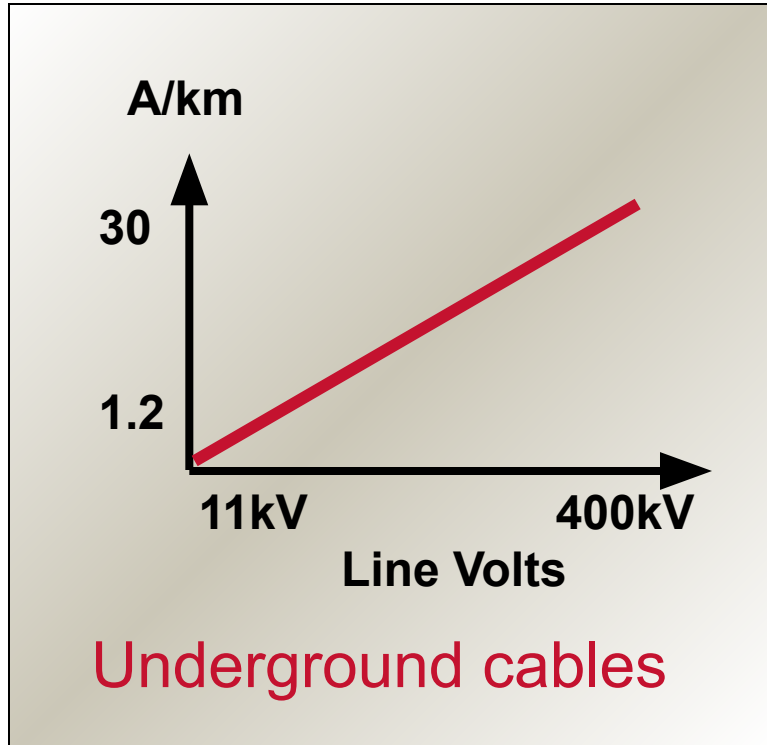
Торм ток

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

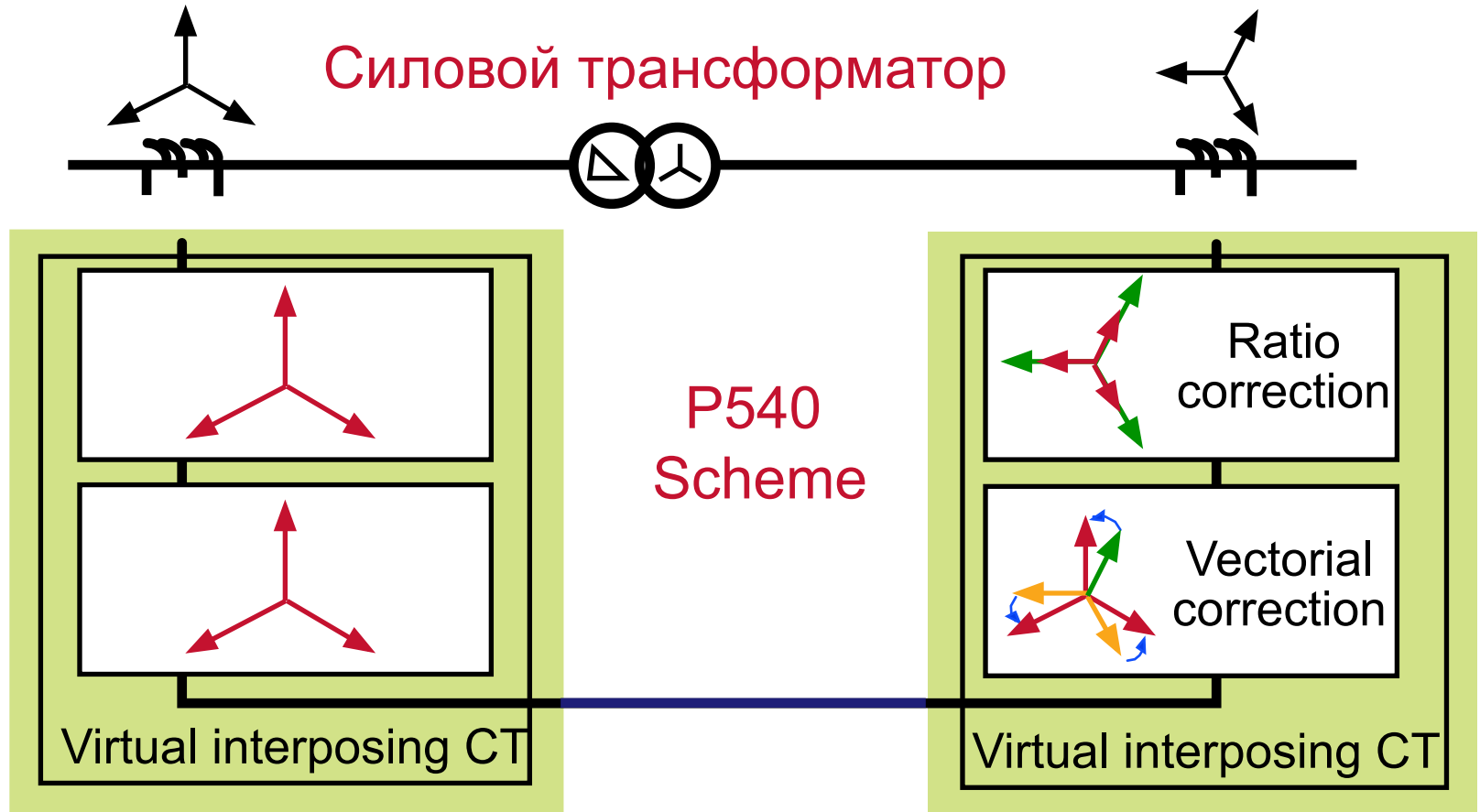


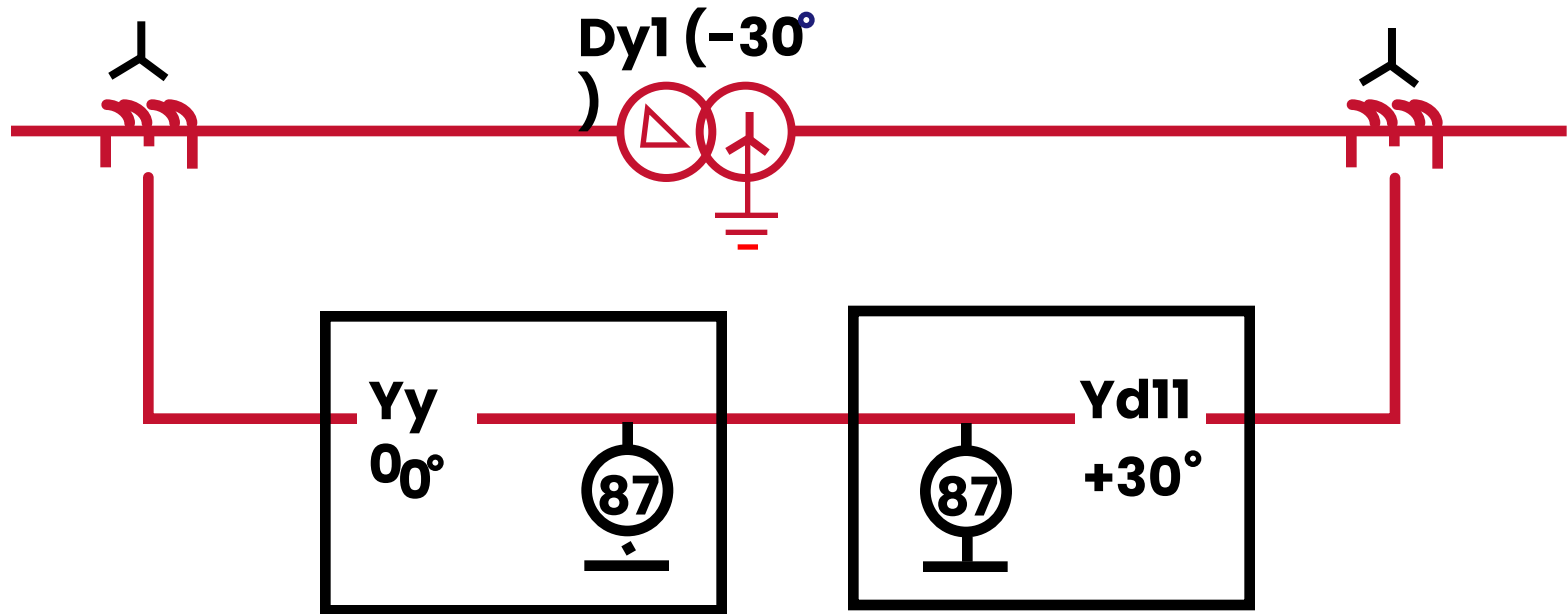
В устройствах ДЗЛ необходимо устанавливать ток срабатывания выше тока заряда линии
R543-546 вычитает емкостный ток из измеренного тока
Польза: увеличение чувствительности при КЗ через переходное сопротивление

Типовые емкостные токи кабеля/ВЛ

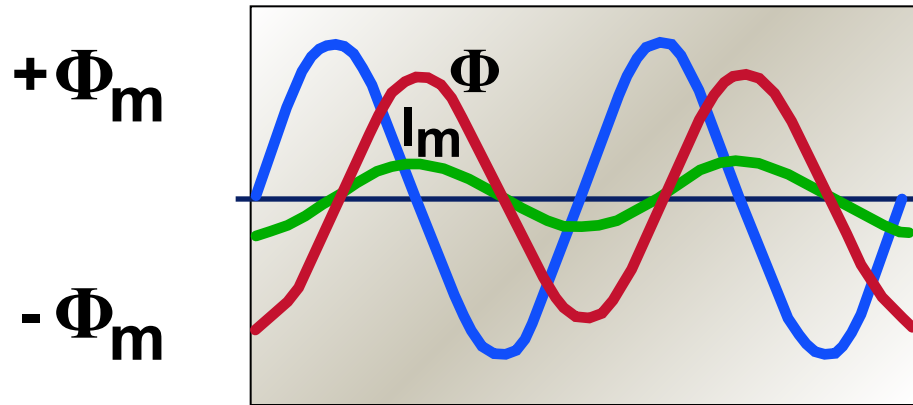


P541/ P542 – защита трансформатора

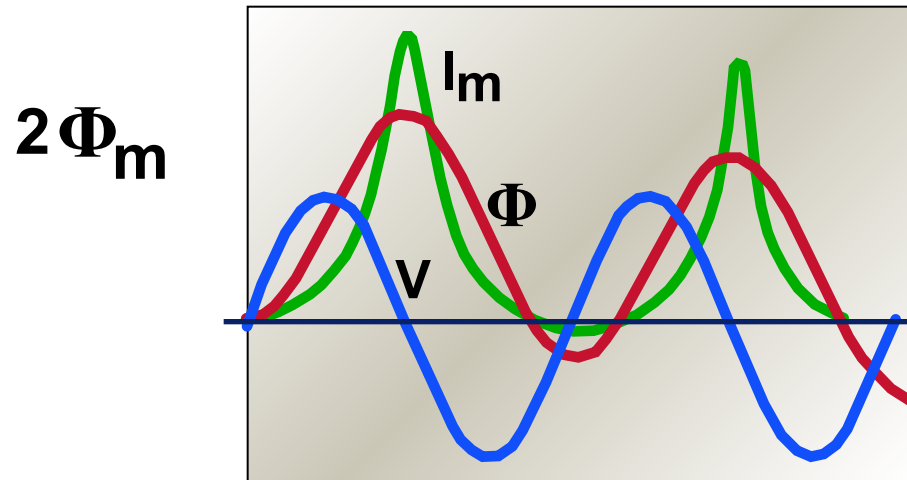




Yy0, Yd1, Yd5, Yy6, Yd7, Yd11, Ydy0 etc.
 $0^\circ, -30^\circ, -150^\circ, 180^\circ, +150^\circ, +30^\circ, 0^\circ \dots$ etc.

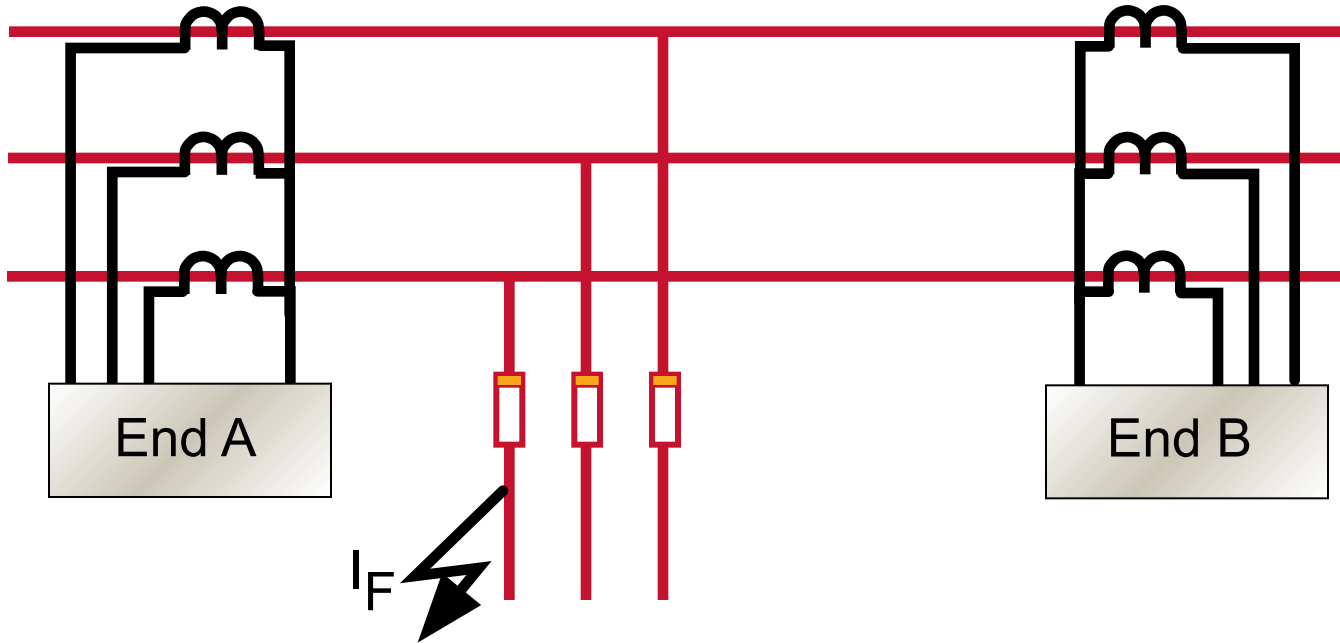


Рабочий режим



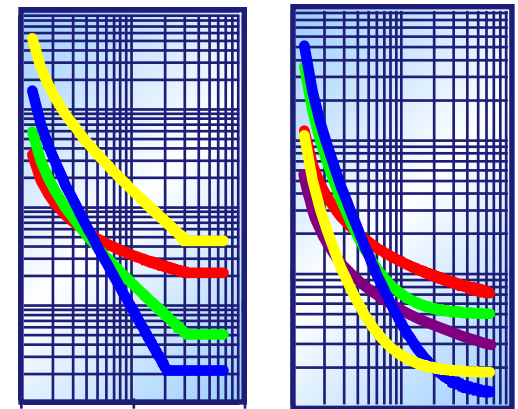
Постановка под напряжение

Example MV Application: Tee Feeder Protection

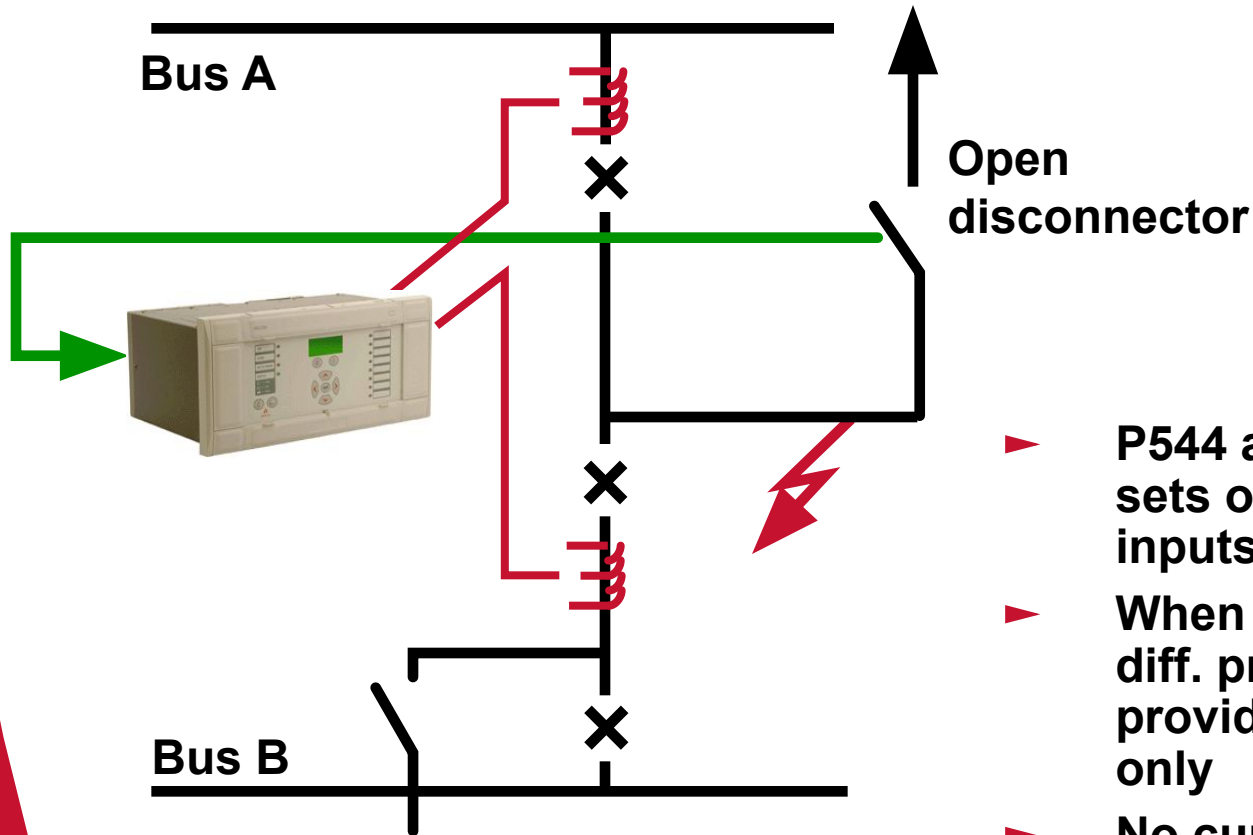


▶ Differential protection can be IDMT or DT delayed to discriminate with tapped feed protection:

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

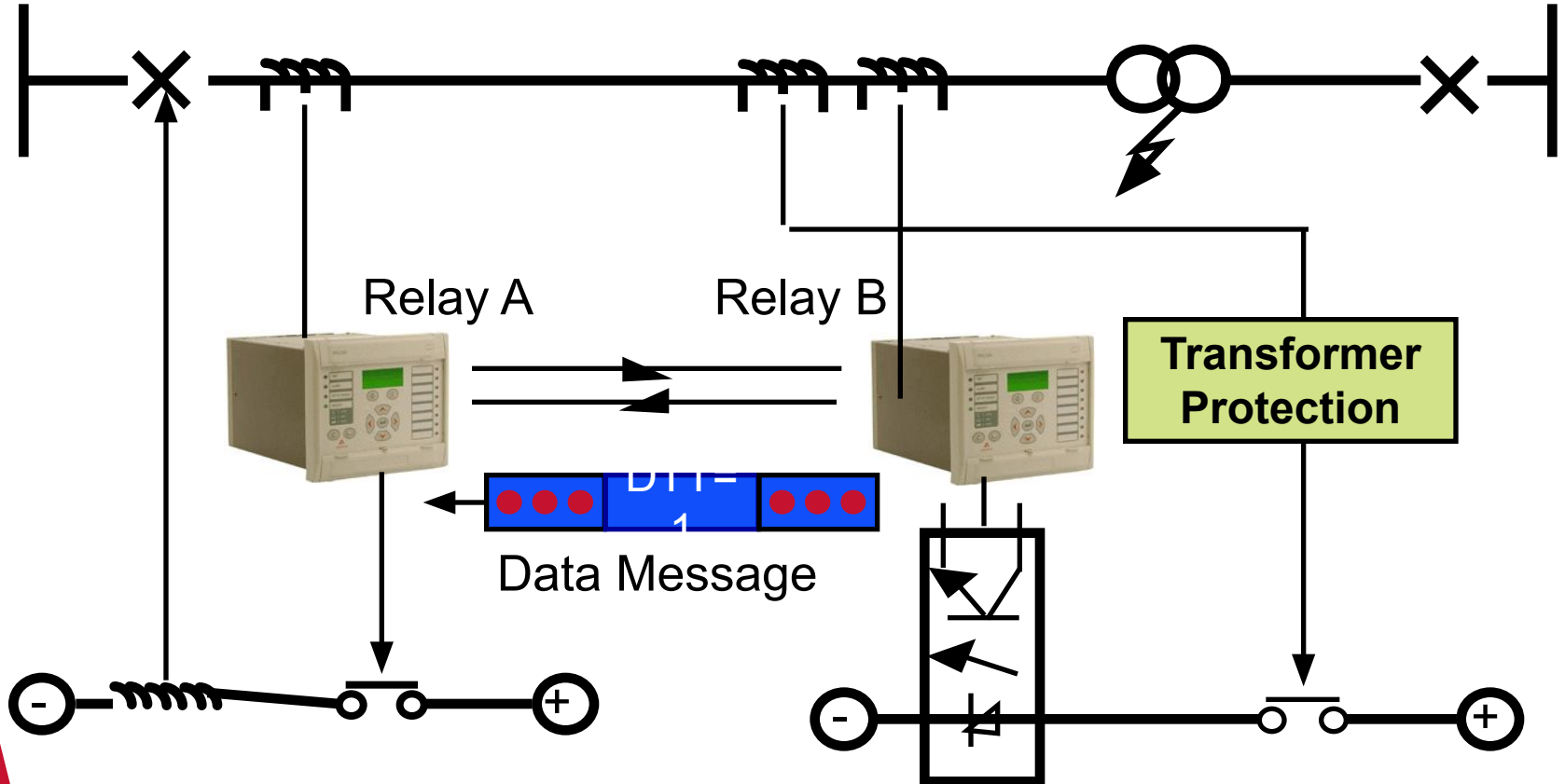


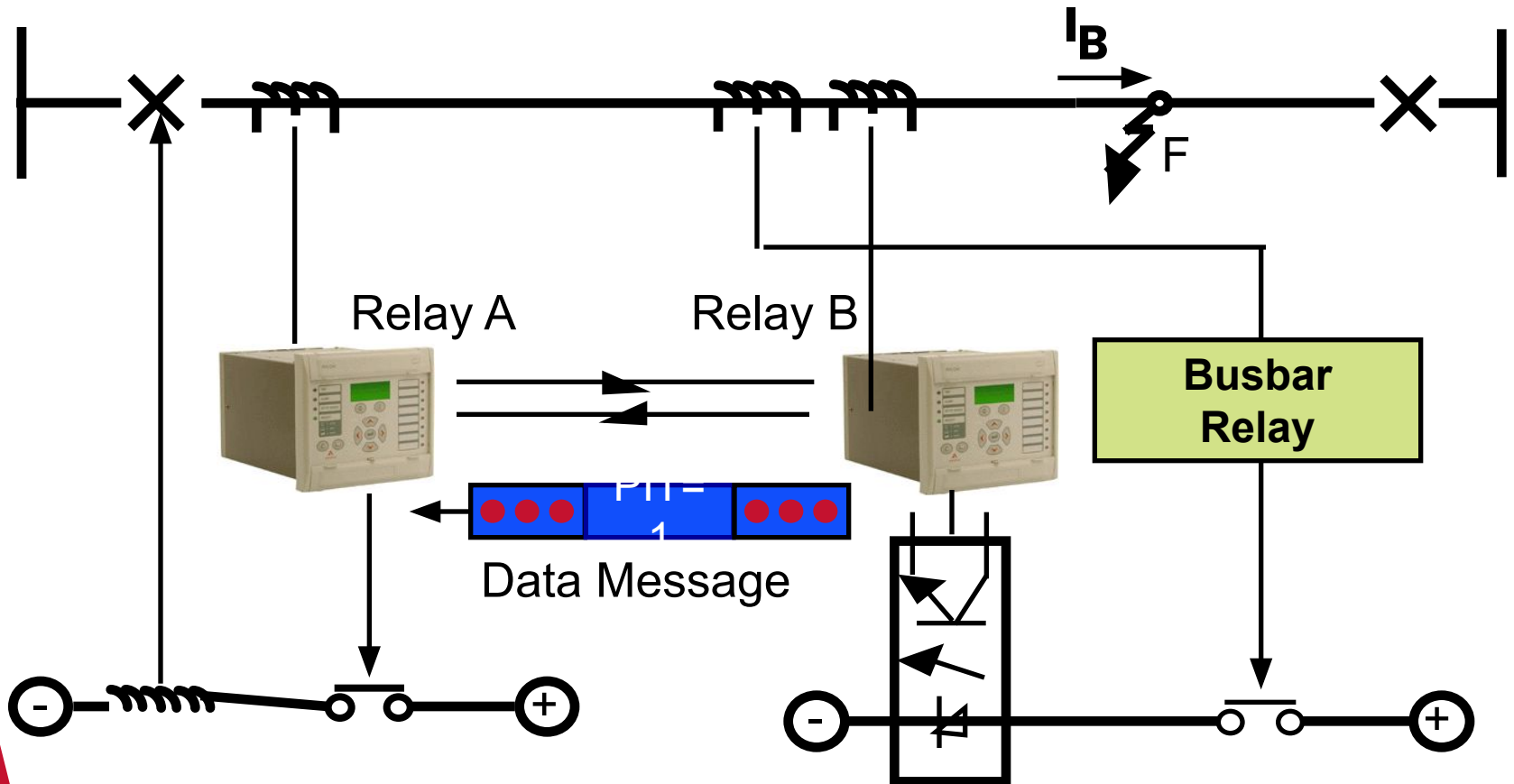
Example HV/EHV Application: Stub Bus Protection



- ▶ 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

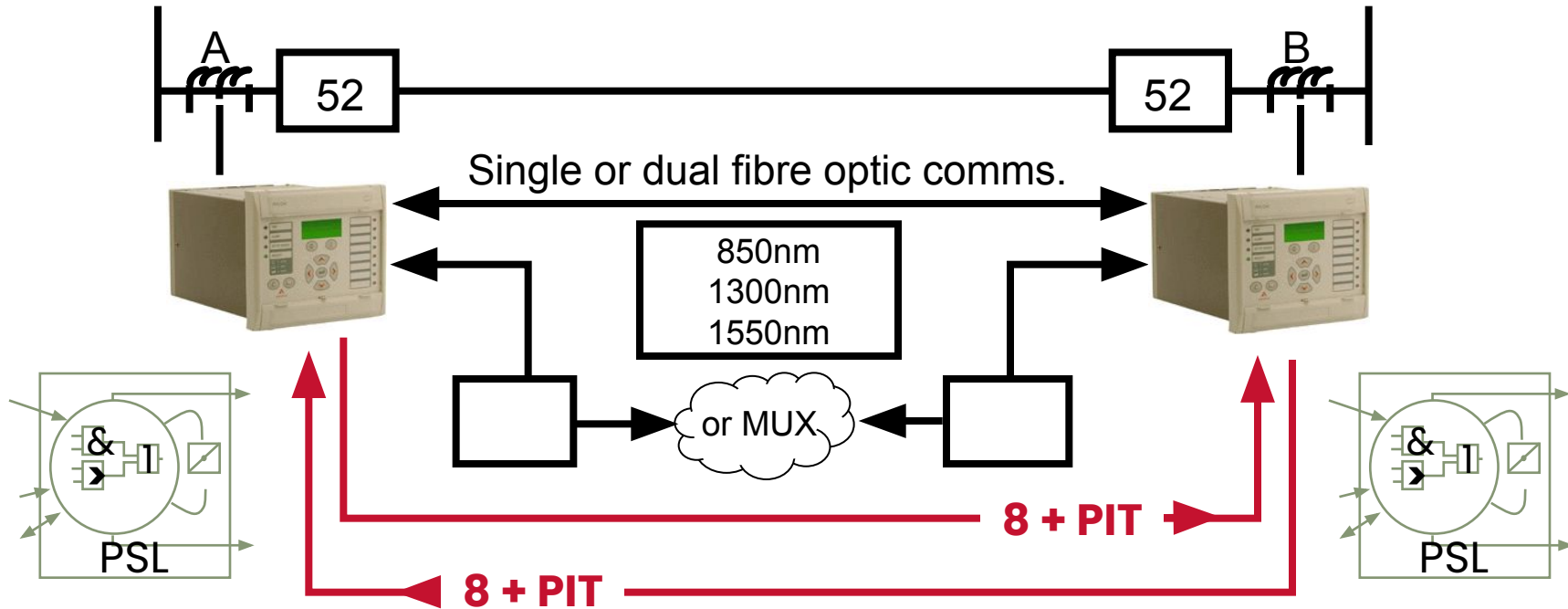
- ▶ Все терминалы поддерживают двух- и трехрелейную схему
- ▶ Возможность измерения тока на удаленном конце и фиксация его в осциллограмме
- ▶ Статистика ошибок канала связи
- ▶ Прямое телеотключение- может быть использовано для ускорения дистанционной защиты
- ▶ Разрешающее телеускорение





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

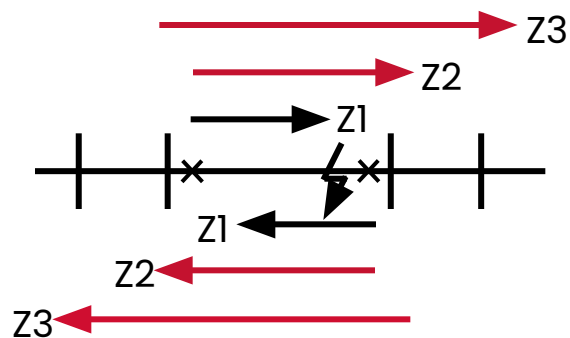
8 Programmable Intertrip/Control Commands, End - End



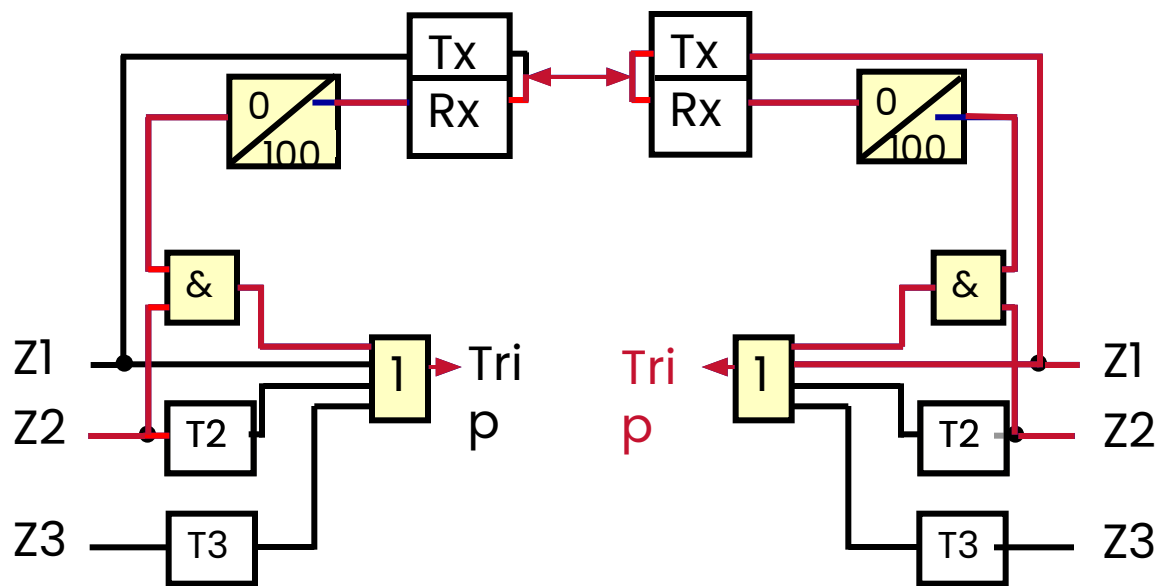
8 Commands from PSL end A - PSL end B
Distance and DEF aided channel schemes
Breaker fail backtrip to upstream CB
Force remote end A/R for successful local A/R
SCADA for remote end substation

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

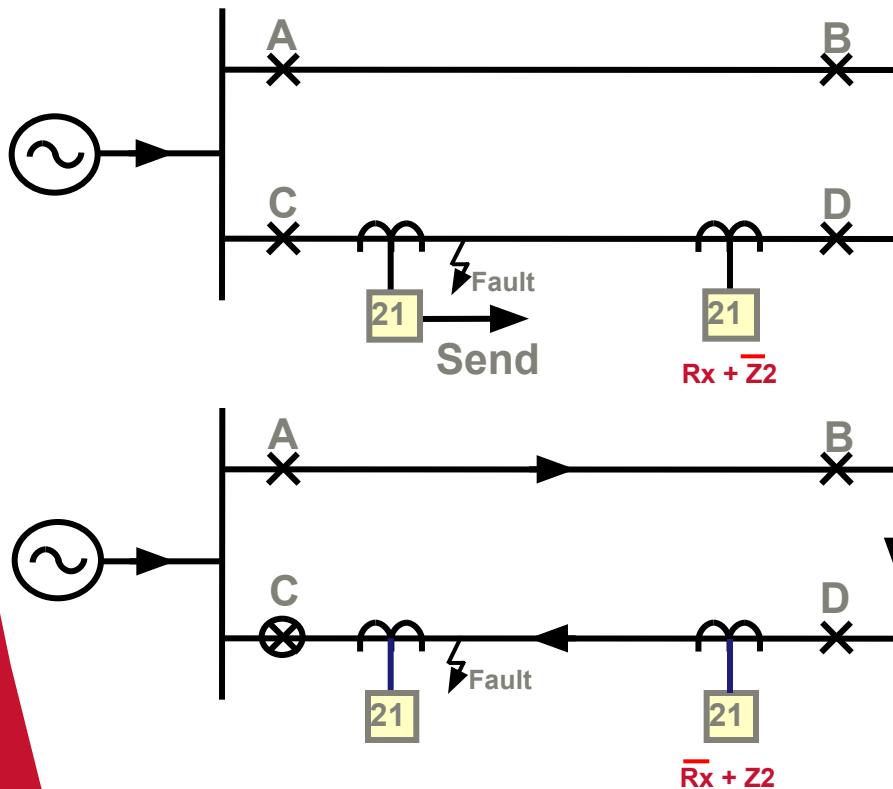
(1)



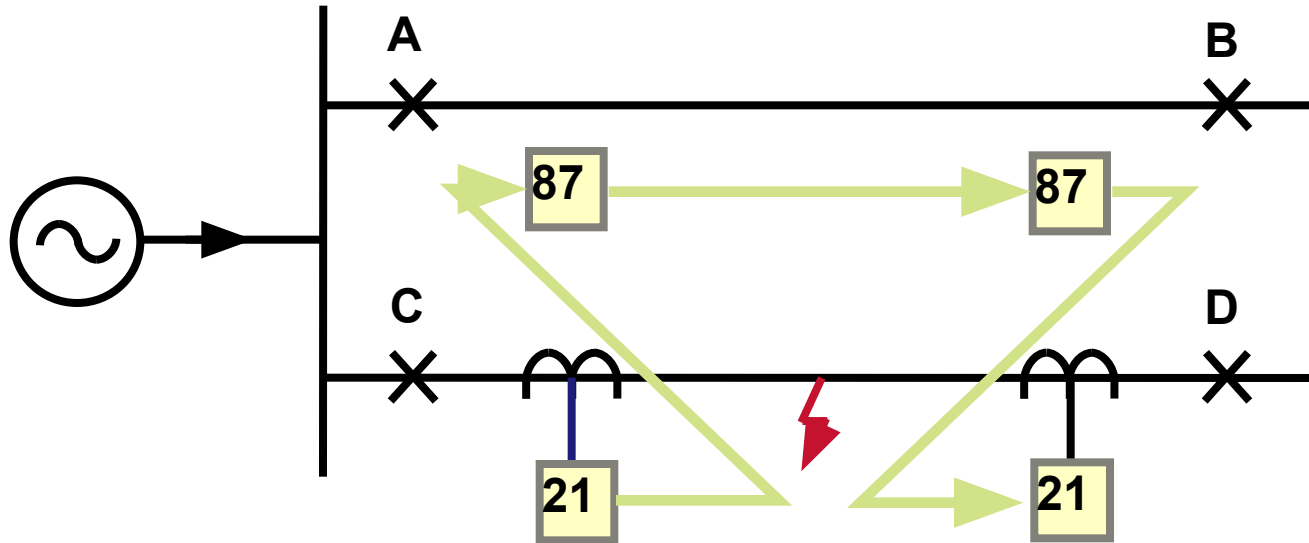
Send Logic : Z1
Trip Logic : Rx + Z2



PSL Implications: Permissive Underreach Scheme (2)



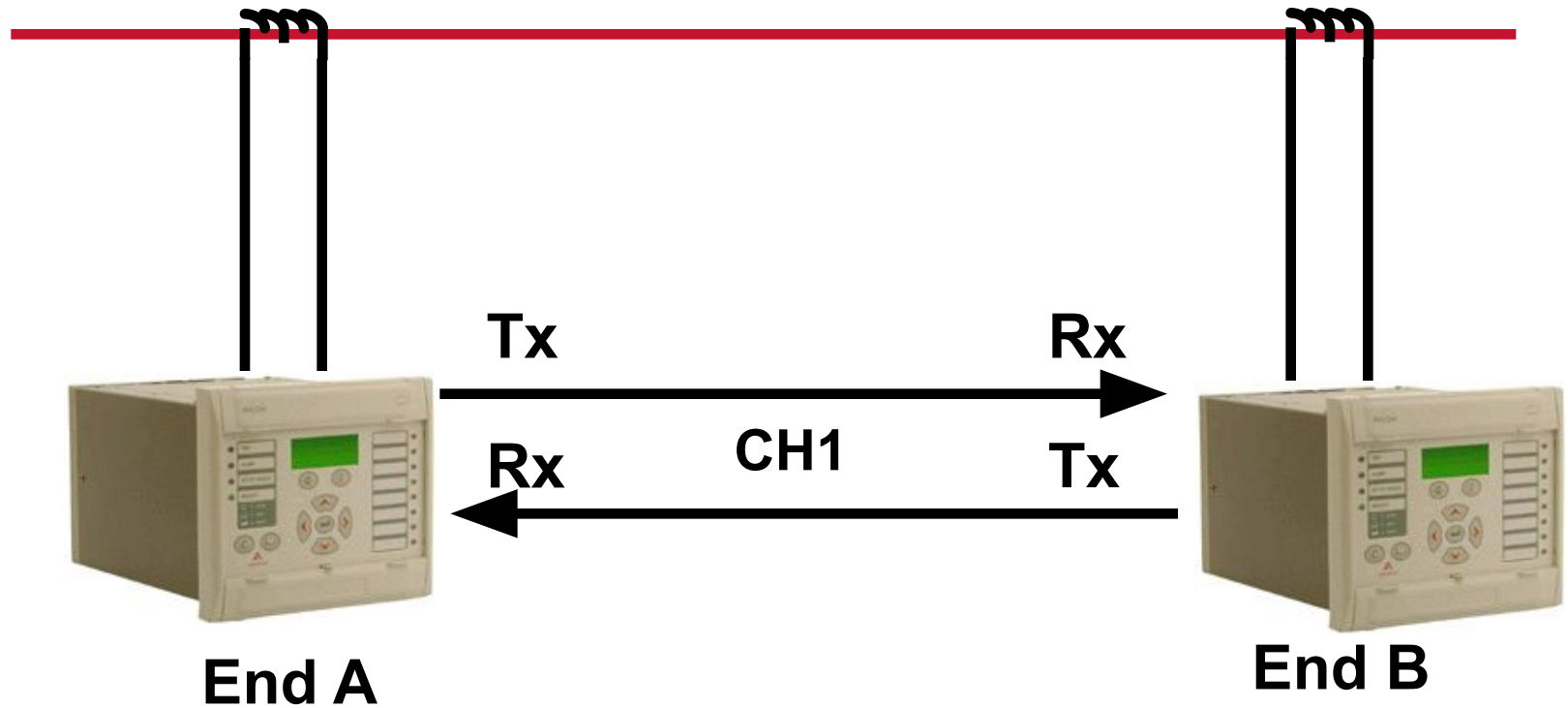
- ▶ Race between relay at D picking up and signal send from relay at C resetting, following opening of breaker at C
- ▶ If signal send from C resets before relay D operates then aided tripping will not occur
- ▶ To prevent this a 100ms delay on drop off of the signal send is used in the PSL



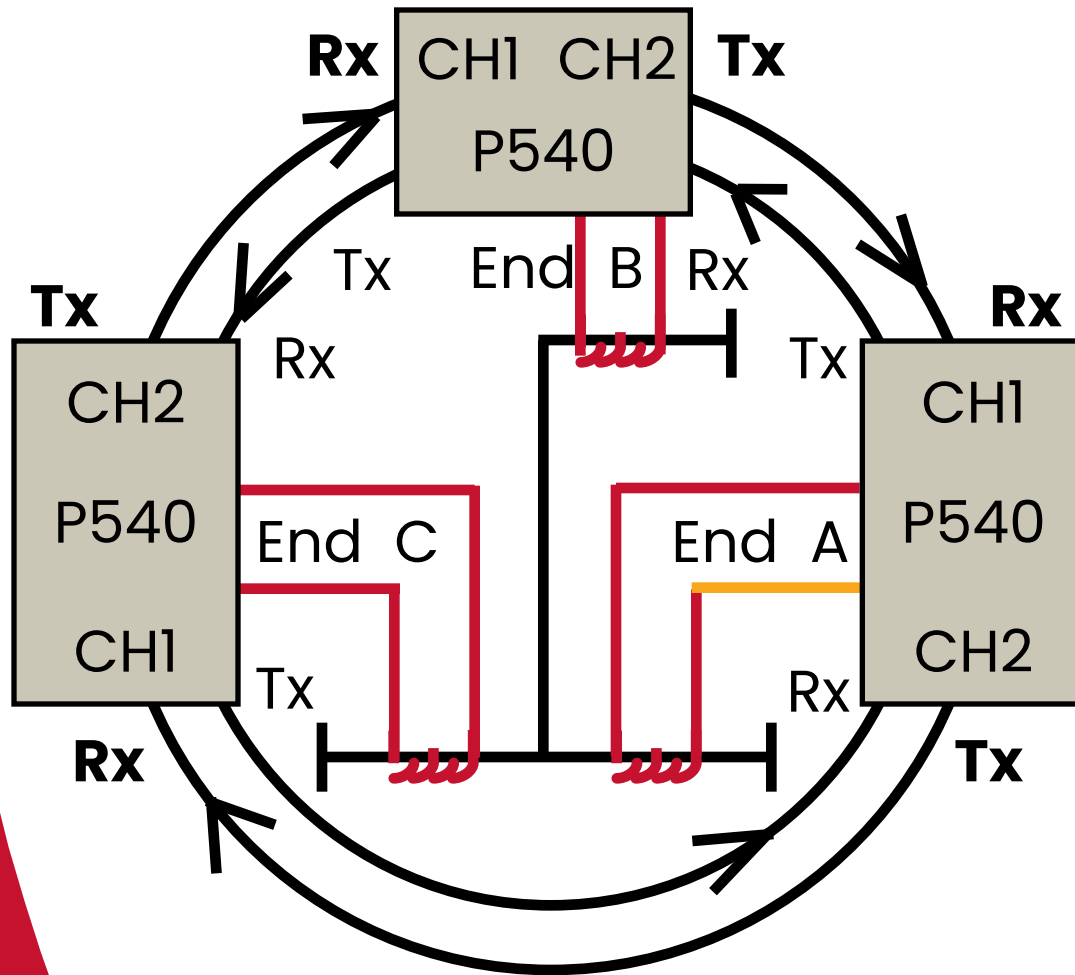
- ▶ **Better security is offered by a distance scheme if permissive signals are routed separately from the current differential**
 - ◆ ie. - 87L channel failure for one line should not jeopardise the backup 21 scheme
- ▶ **При наличии параллельных линий рекомендуется для разрешающих сигналов использовать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

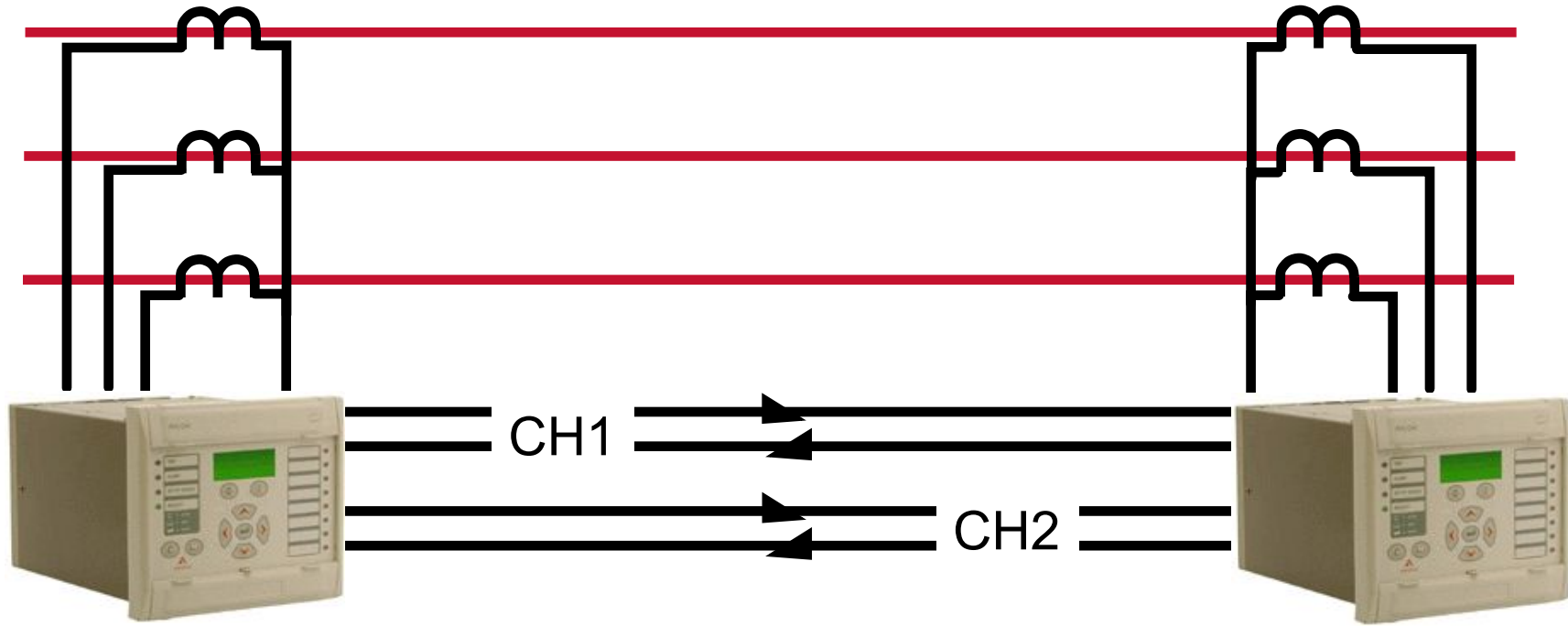


Communications Path for Three Ended Application

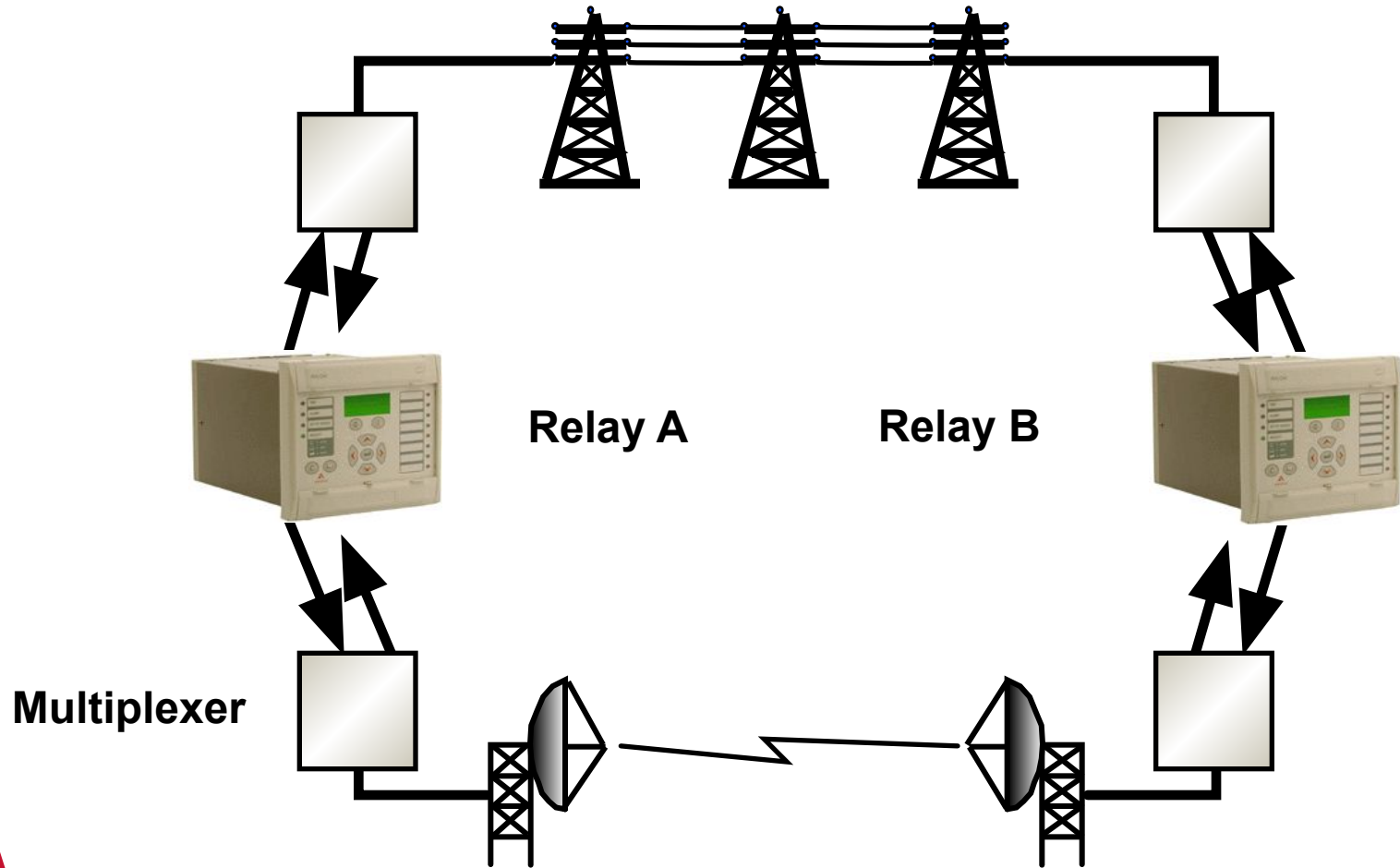


- ▶ **Note:** Full line protection is provided even should one communications path fail
- ▶ **E.g.** For A-B channel fail, C still offers line protection and will intertrip to A and B in the event of a fault

Dual Redundant Communication Channels Option



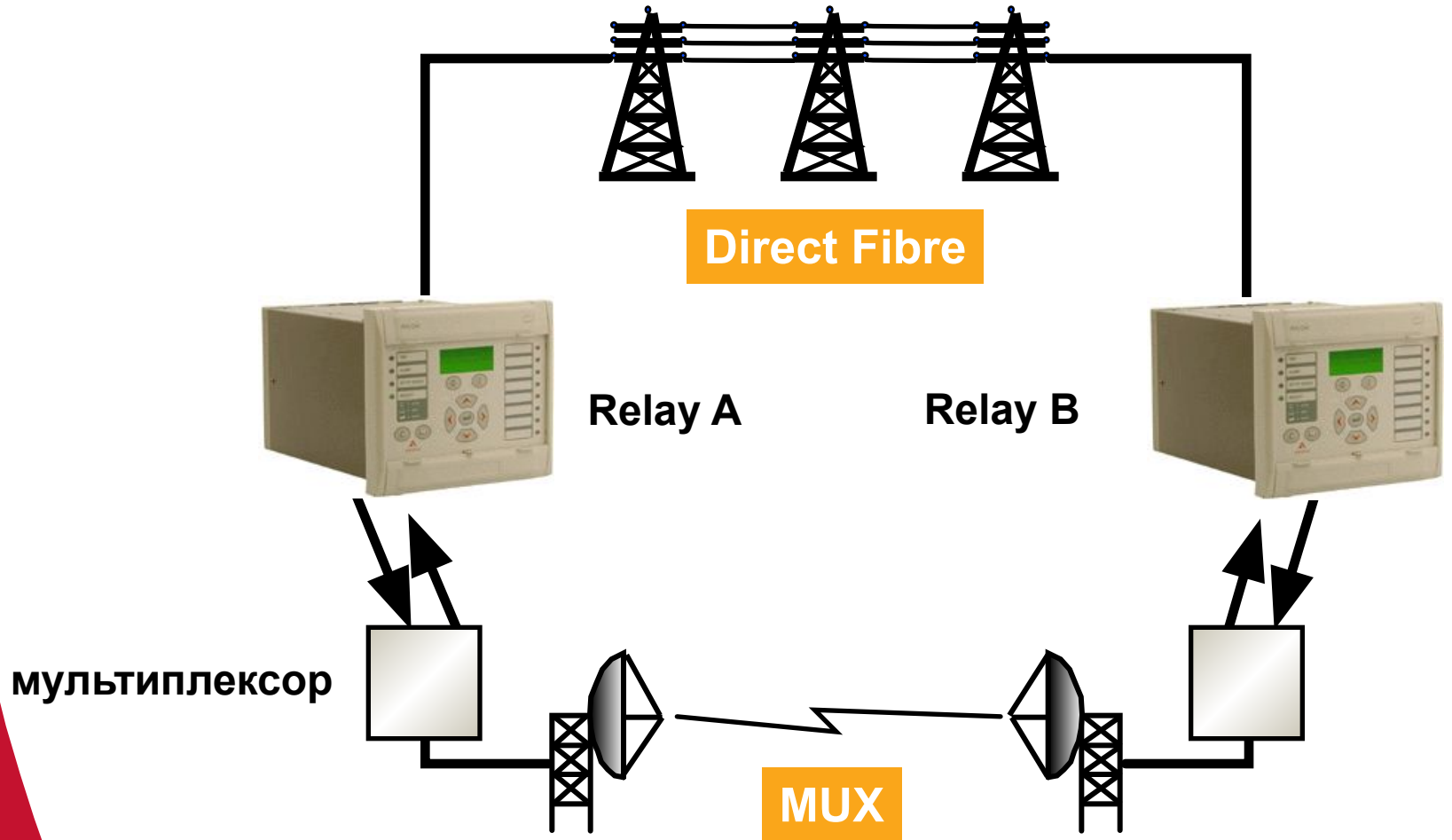
- ▶ **Both channels are active - relays automatically select the correct message should one channel fail**
- ▶ **“Hot Standby”**



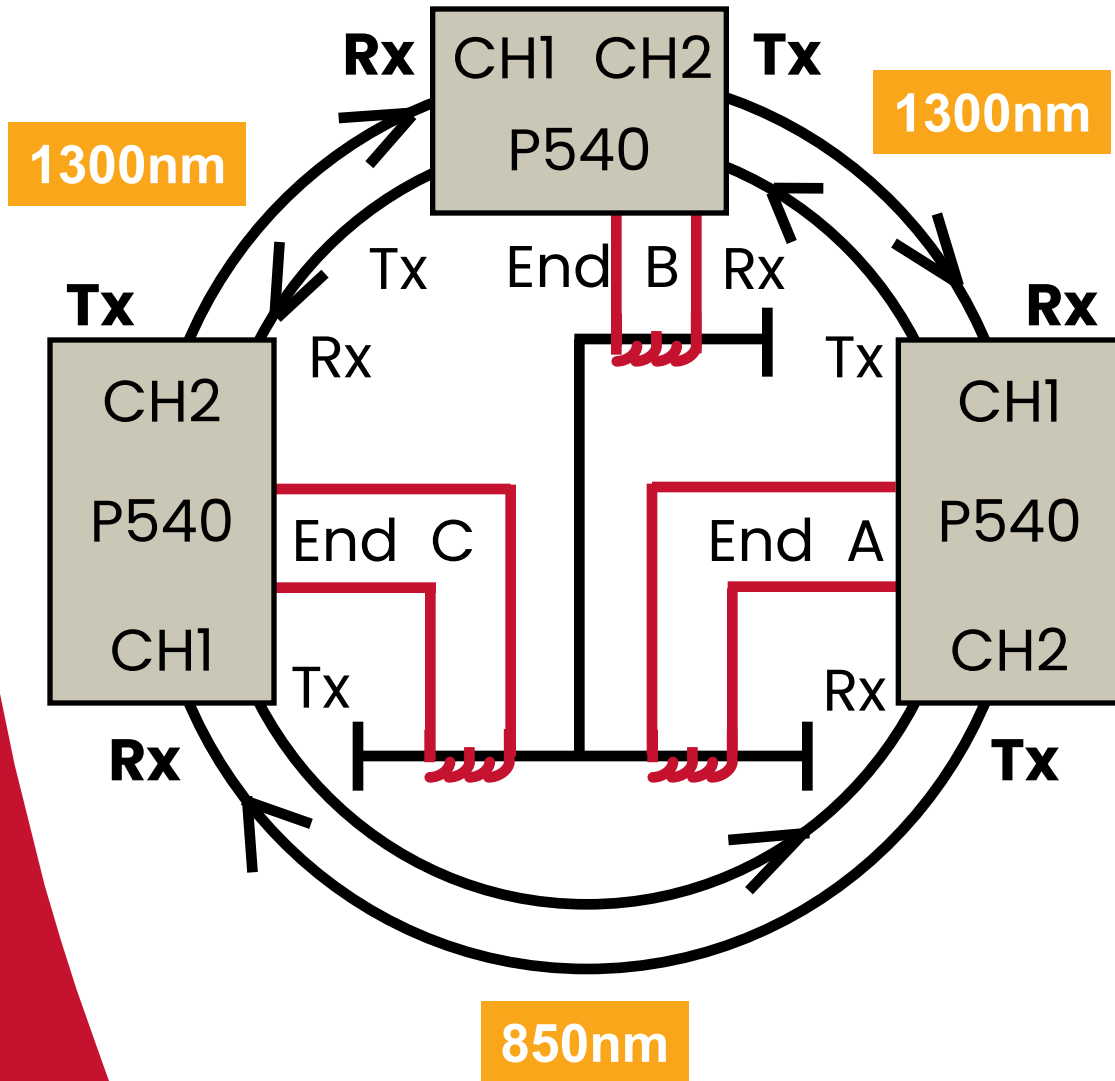
- ▶ **CH1 and CH2 can now be selected to operate with different optical drivers, one 850nm, plus a direct fibre connection:**
 - ◆ **CORTEC codes H to R:**

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...

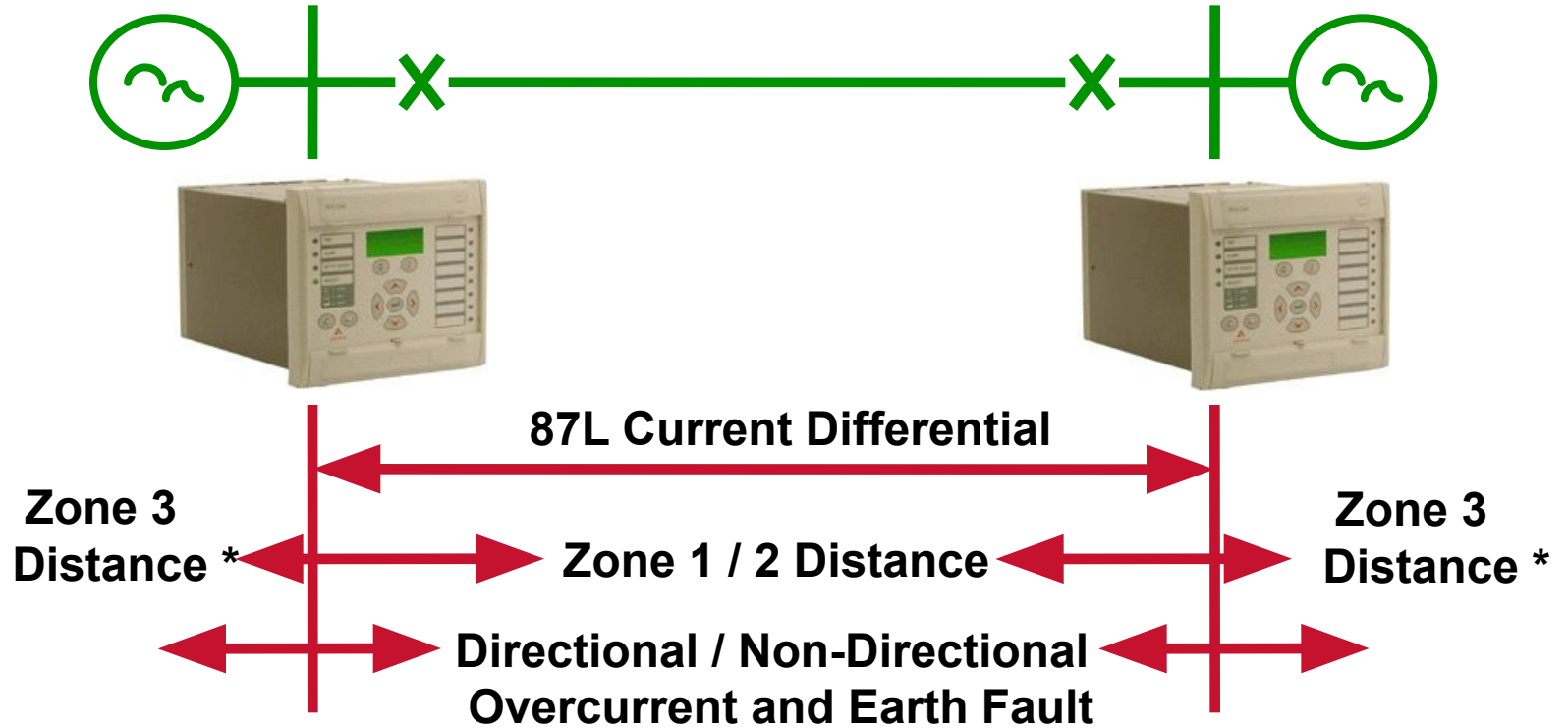


Be Careful in Triangulated Schemes with Mixed Comms Channels...



- ▶ 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

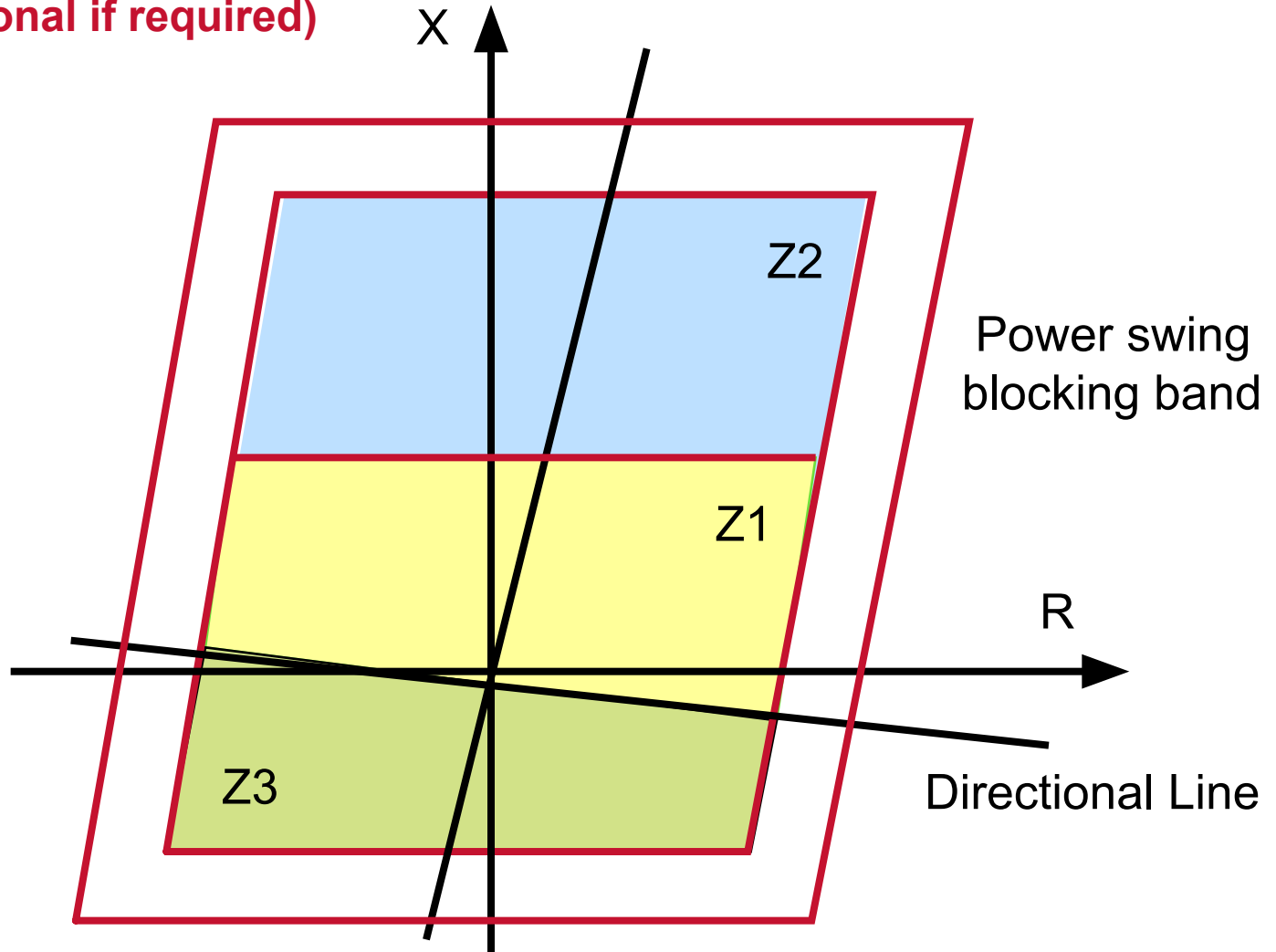


(* Zone 3 can be set forward directional if required)

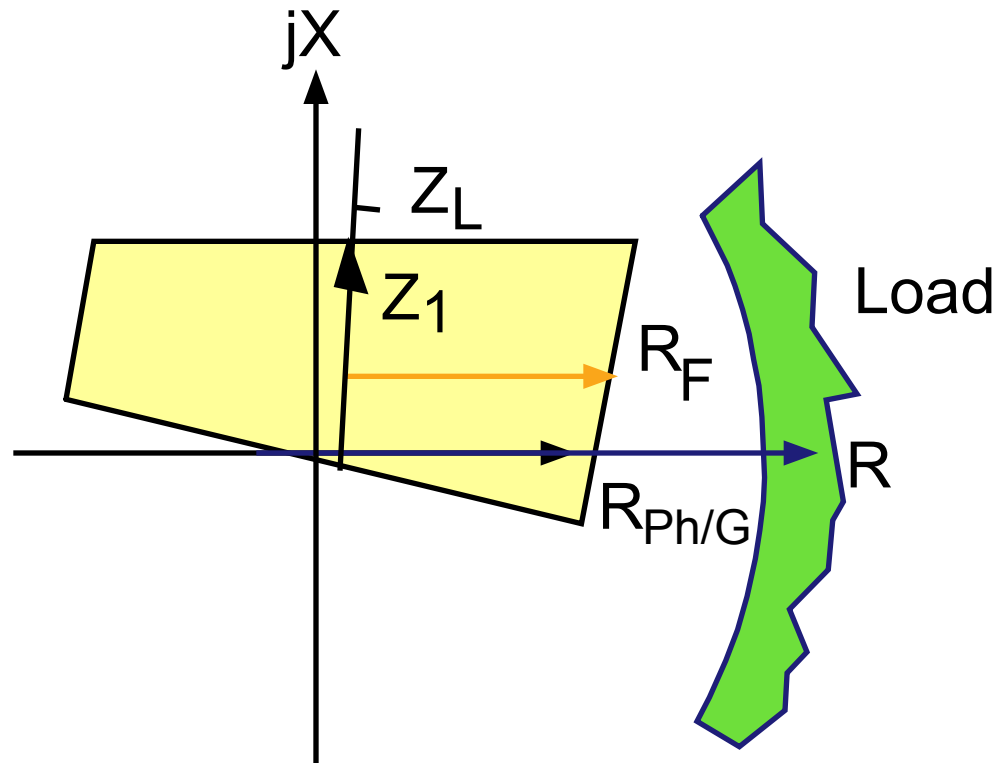
- ▶ Возможна работа параллельно с ДЗЛ как вторая защита
- ▶ Использование как резервной в случае потери канала
- ▶ Для цели дальнего резервирования
- ▶ Для смешанных линий запрещать АПВ в случае обнаружения повреждения на кабельном участке трассы

P543/P544: Distance Protection Three Quadrilateral Zones

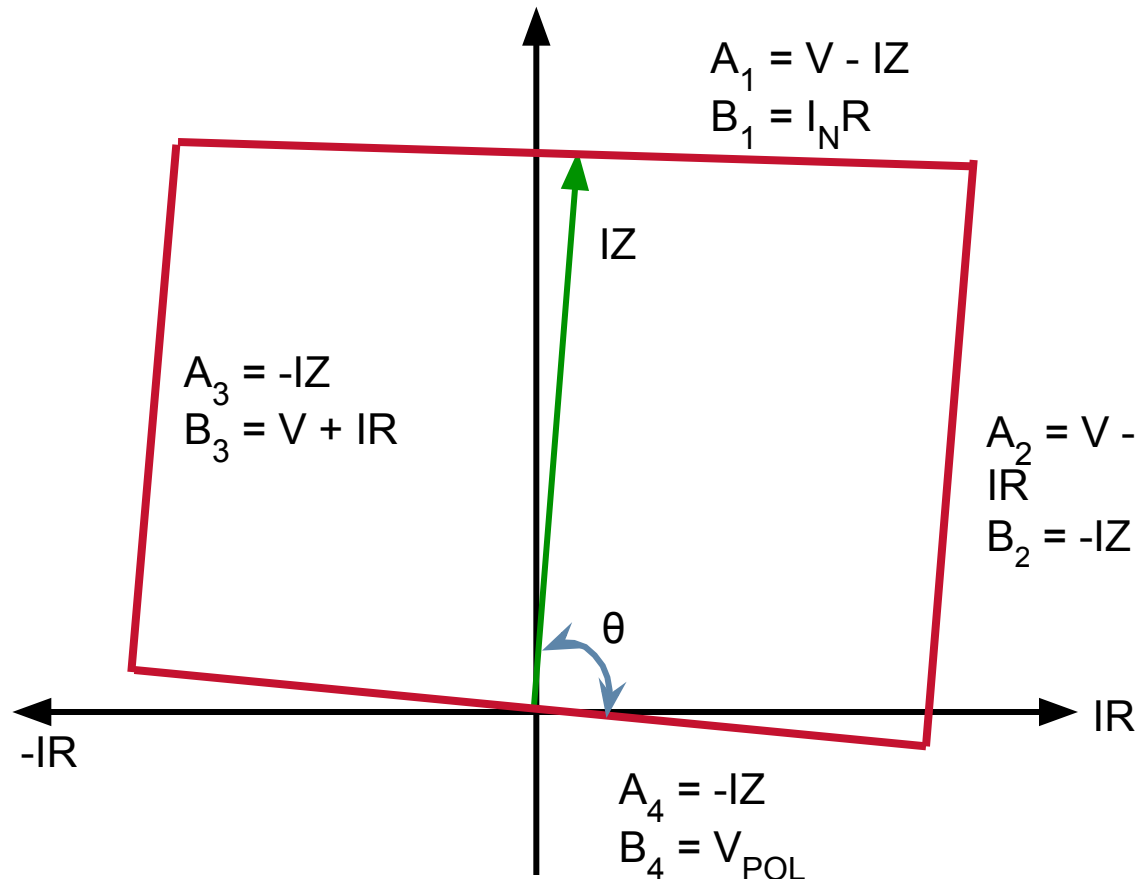
(Zone 3 can be set forward
directional if required)



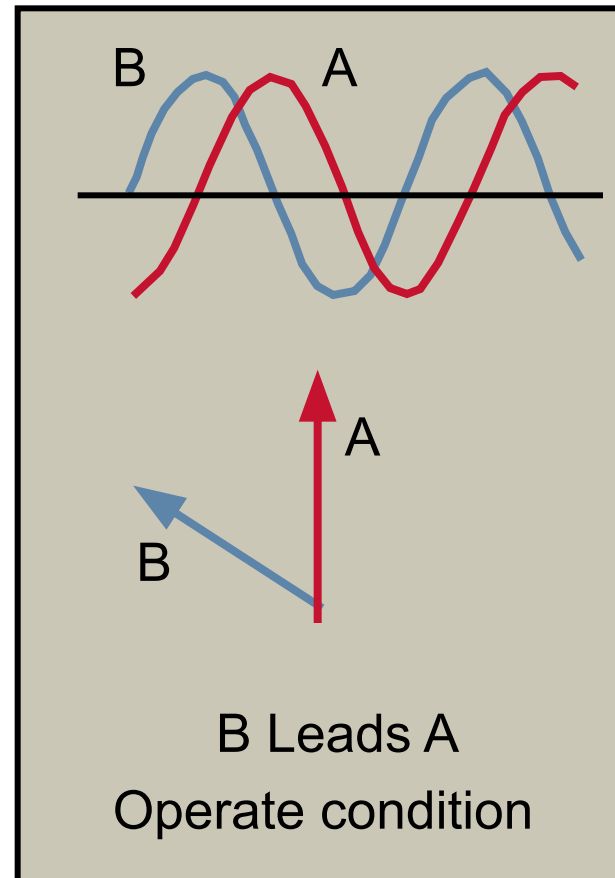
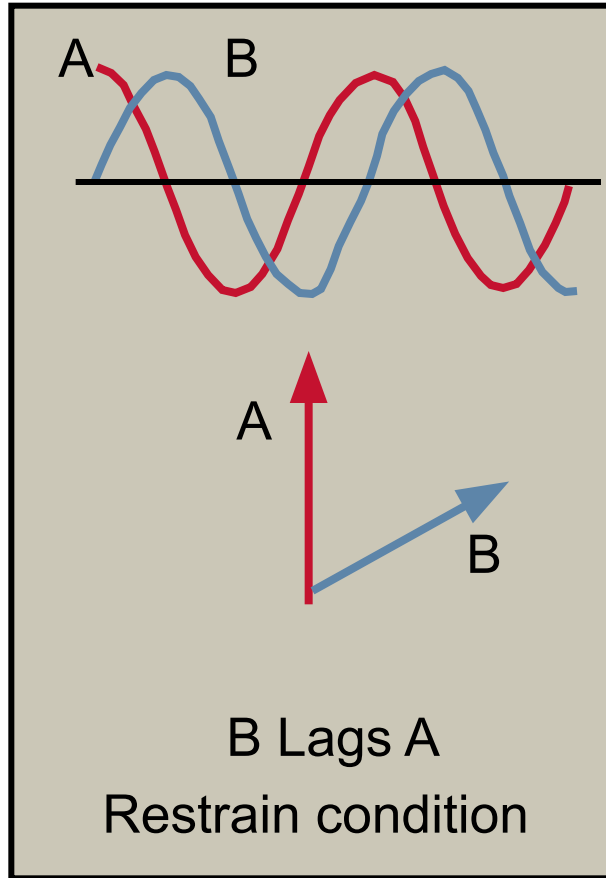
- ▶ For load avoidance, and better ground fault resistive coverage on short lines



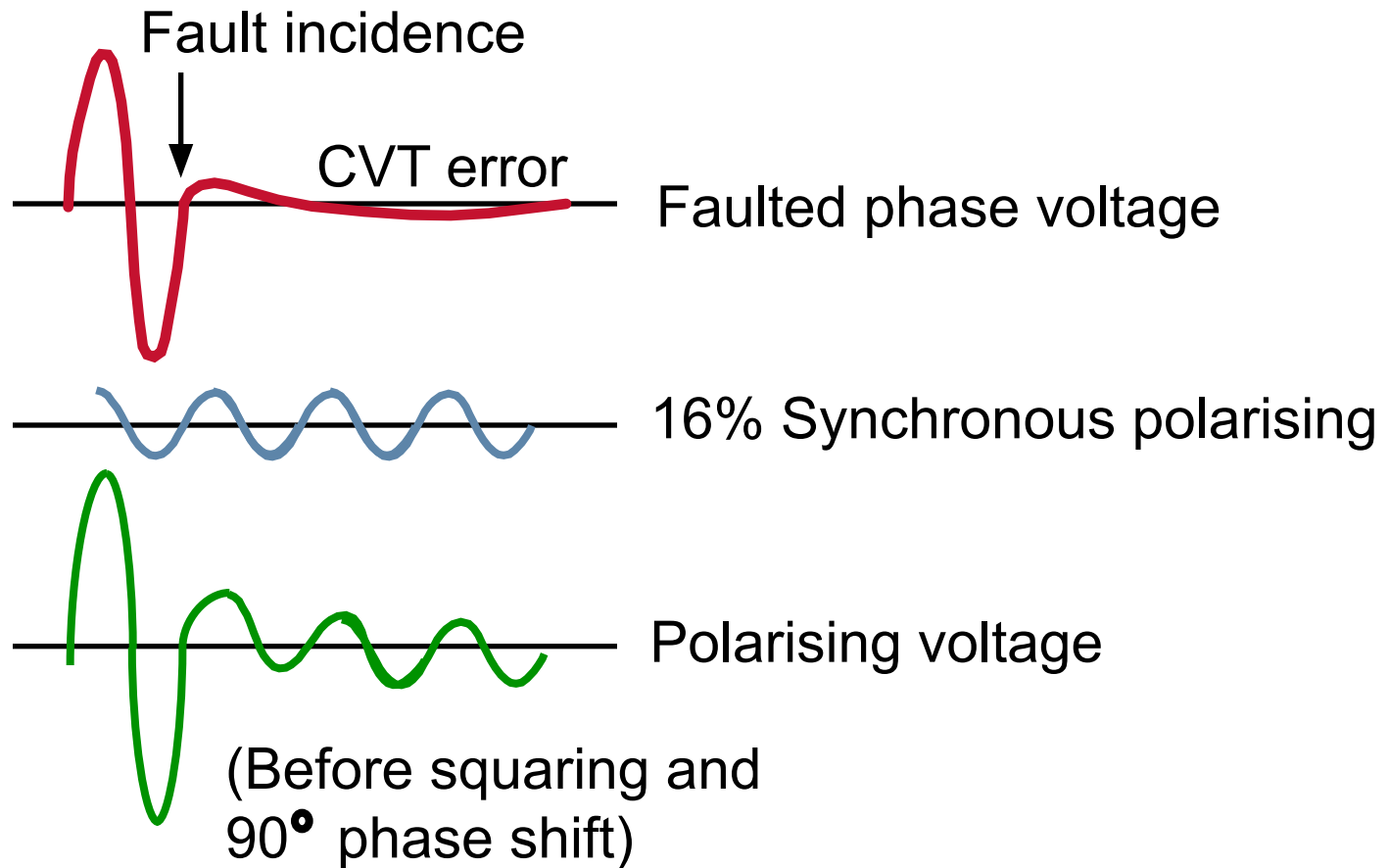
Generating a Quadrilateral Zone 1 Impedance Characteristic via Four Phase Comparators



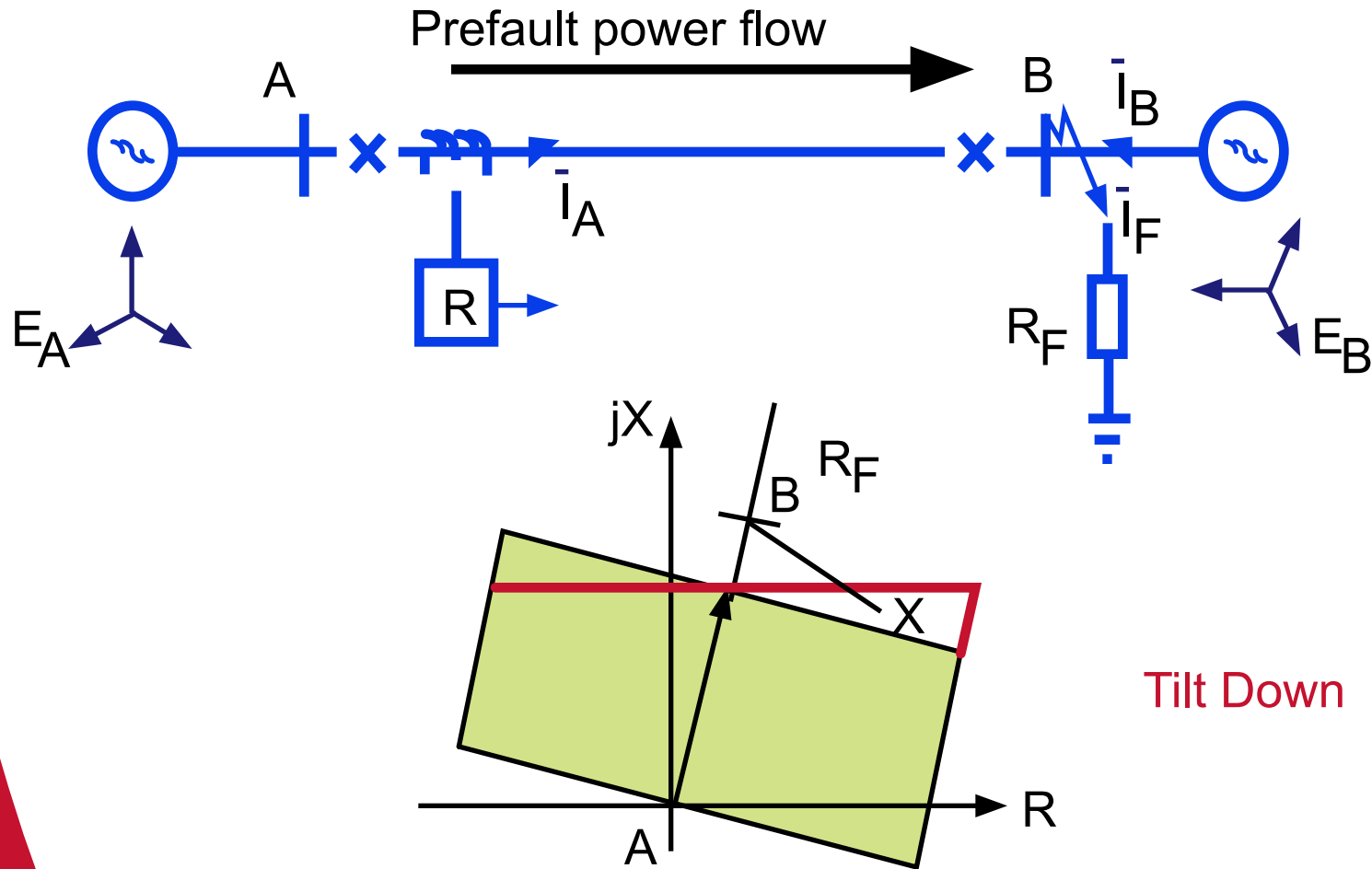
Trip criterion :- $180^\circ < \angle A - \angle B < 0^\circ$



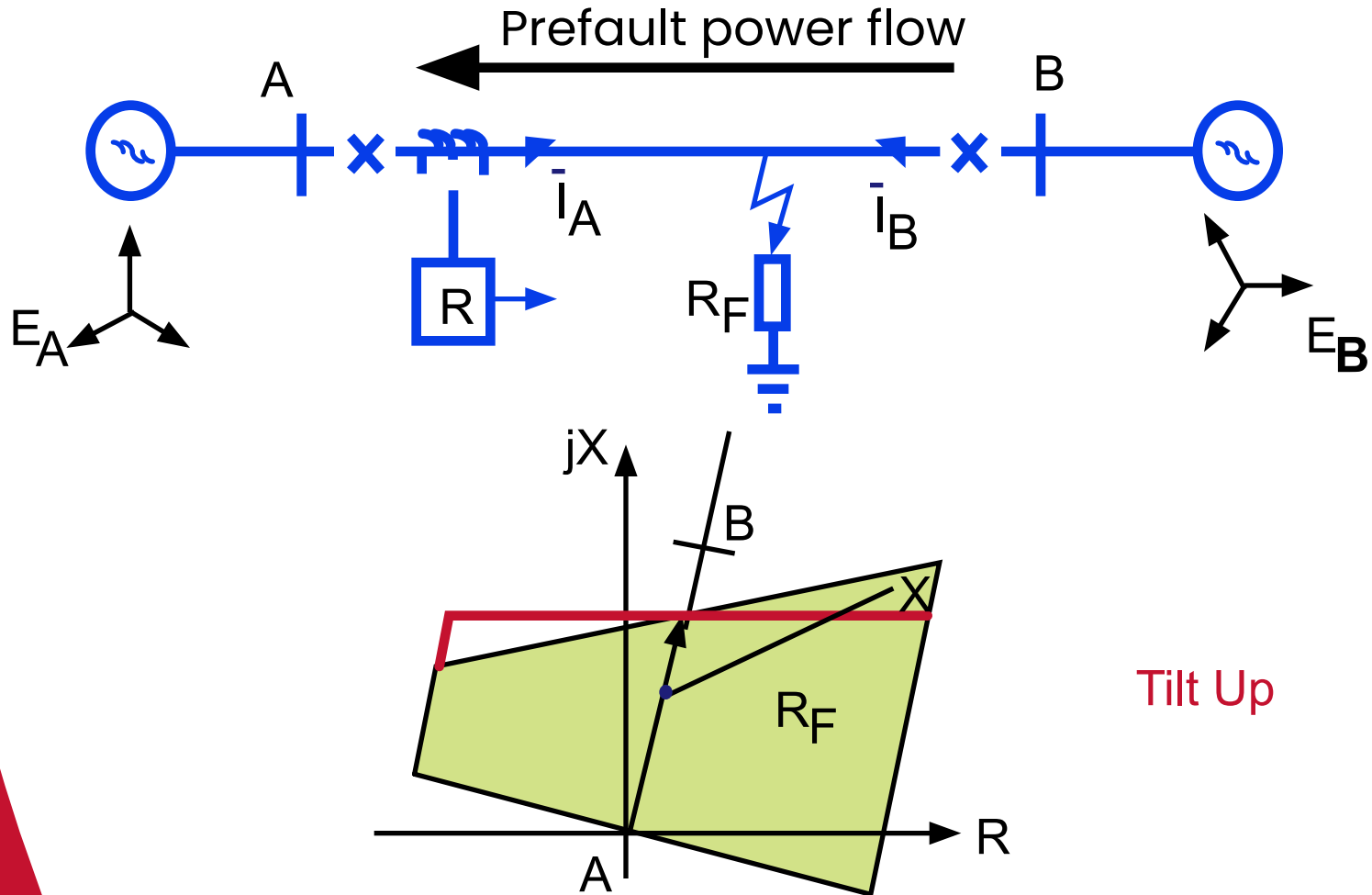
16% Cross Polarising Level Deals with CVT Transients and Close-up Faults



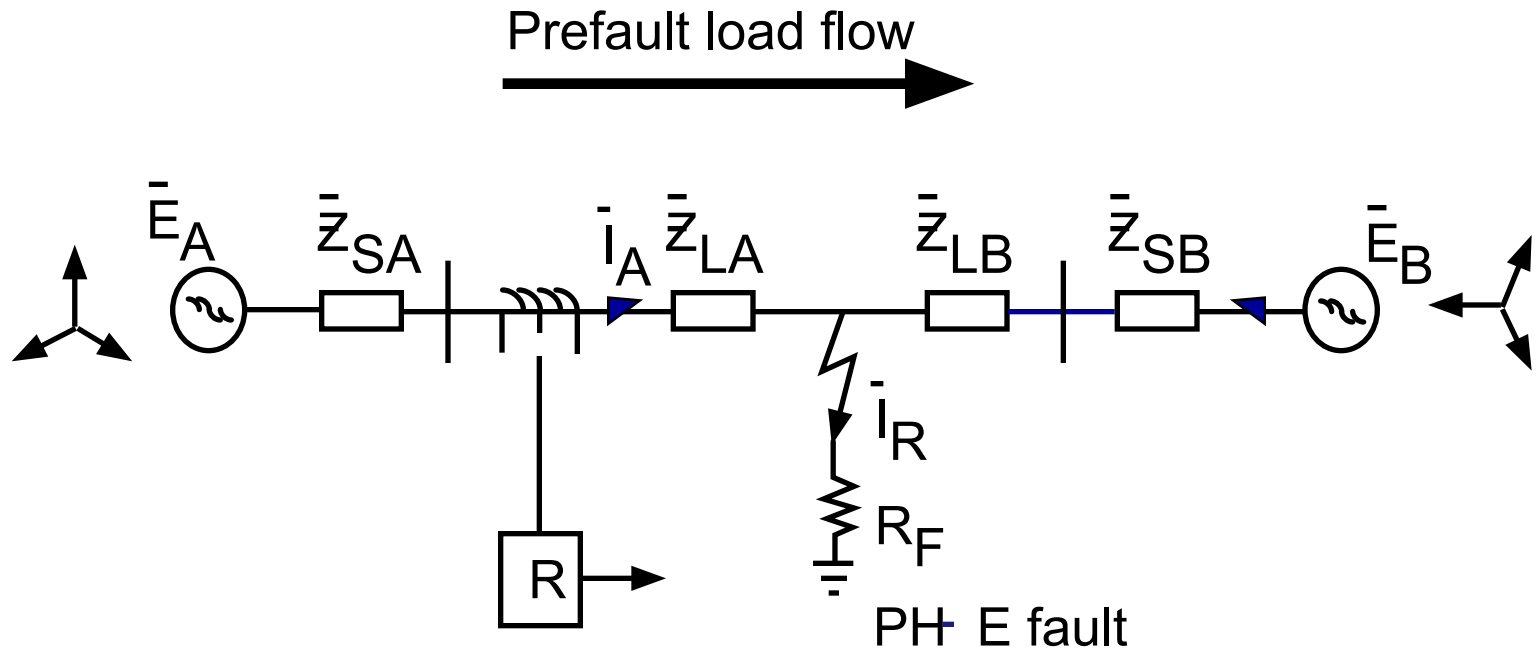
Preventing Zone - 1 Overreach Quadrilateral Characteristic



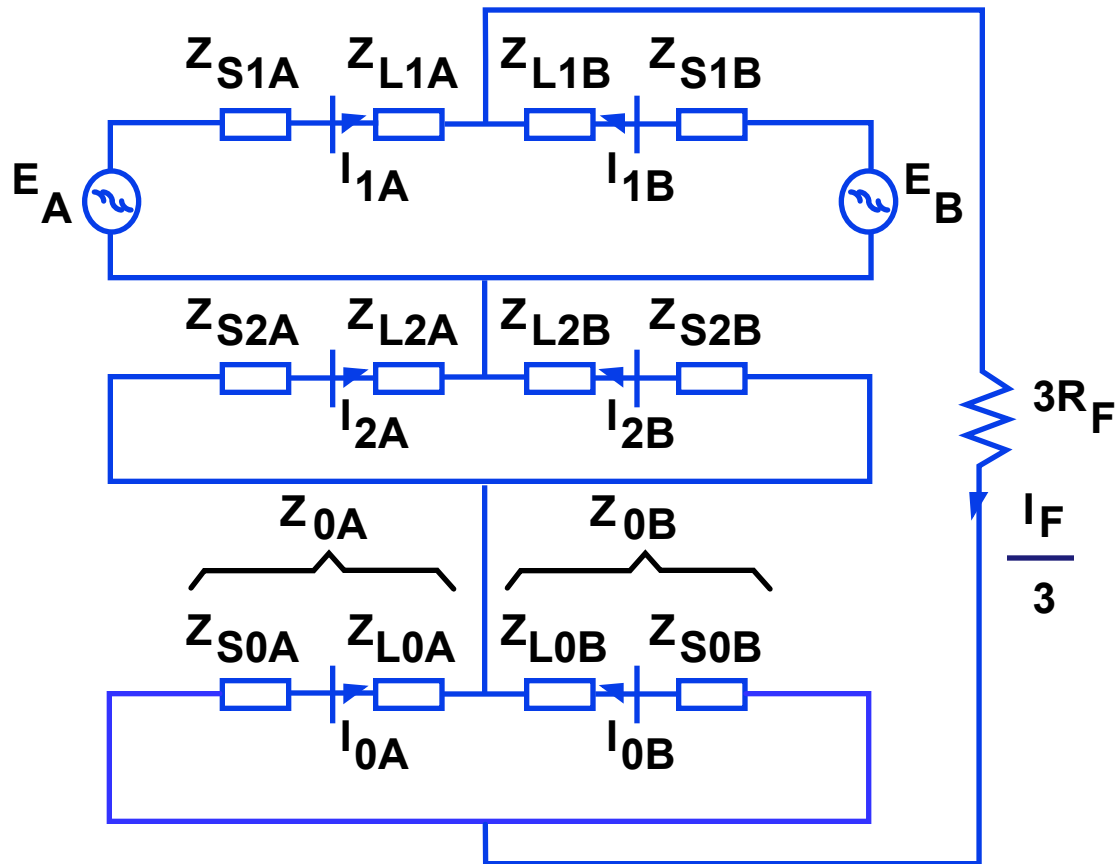
Preventing Underreach Quadrilateral Characteristic



Neutral Current Polarisation of Quadrilateral Reach-Line



Sequence Diagram for Resistive Ground Fault



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

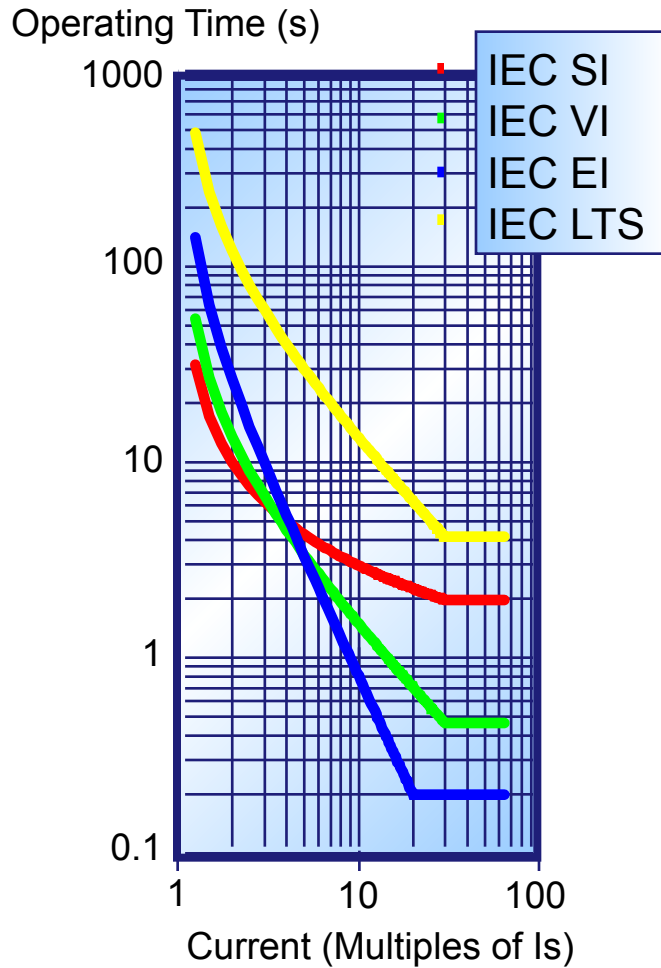
\underline{A}

- ▶ **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**

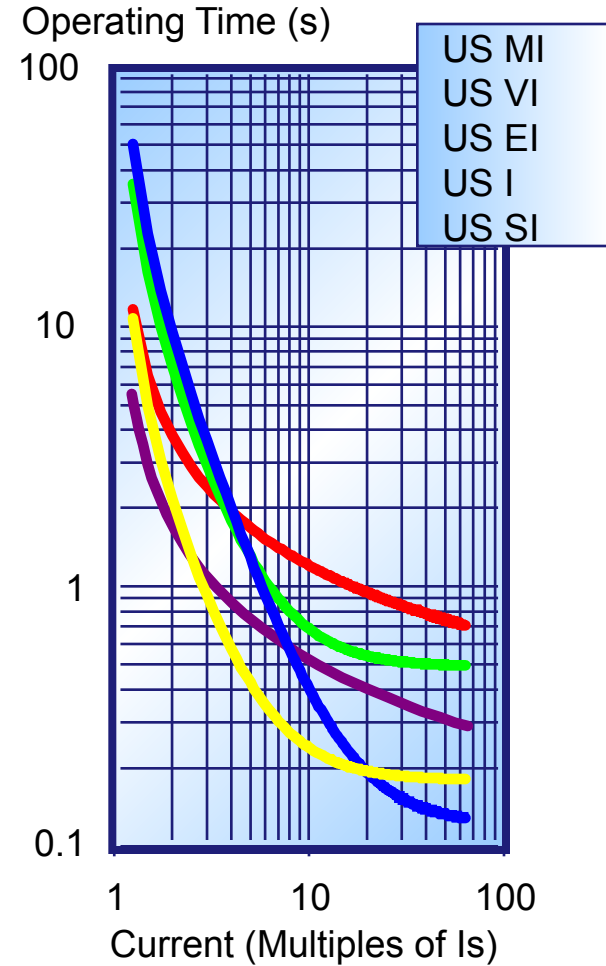
- ▶ **Four stages of directional/non-directional phase overcurrent protection**
 - ◆ I>1 and I>2 IDMT or definite time
 - ◆ I>3 and I>4 definite time (t=0, instantaneous)
- ▶ **Four stages of directional/non-directional earthfault protection**
 - ◆ IN>1 and IN>2 IDMT or definite time
 - ◆ IN>3 and IN>4 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**

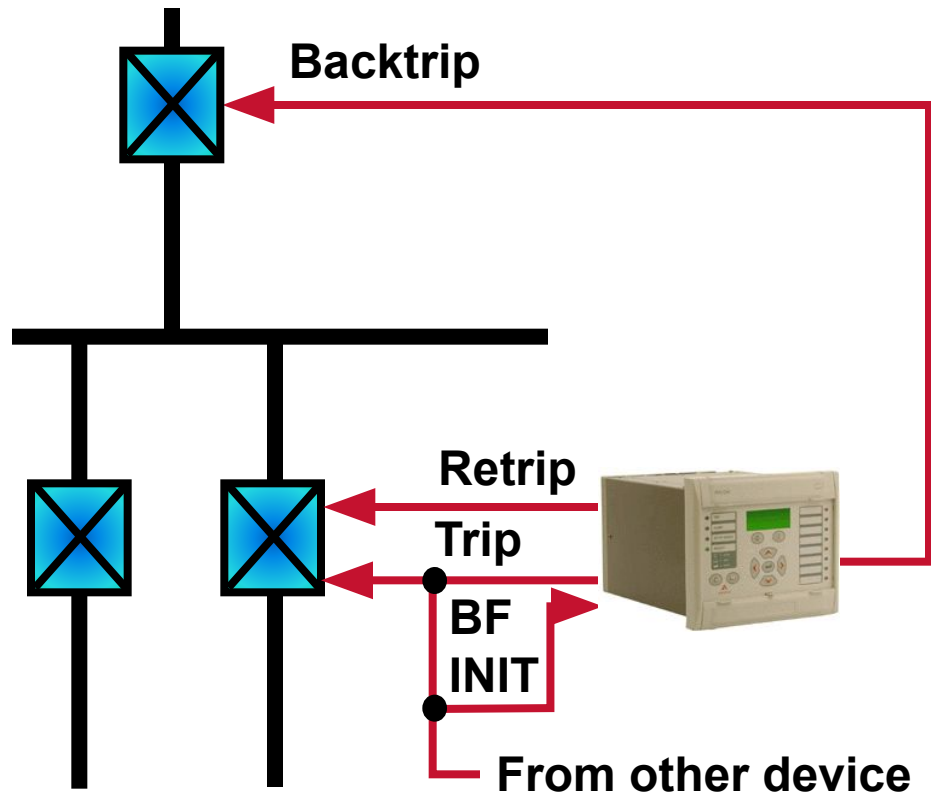
Backup Overcurrent Protection 51P/51N/67 IDMT Curves

IEC Curves



IEEE Curves

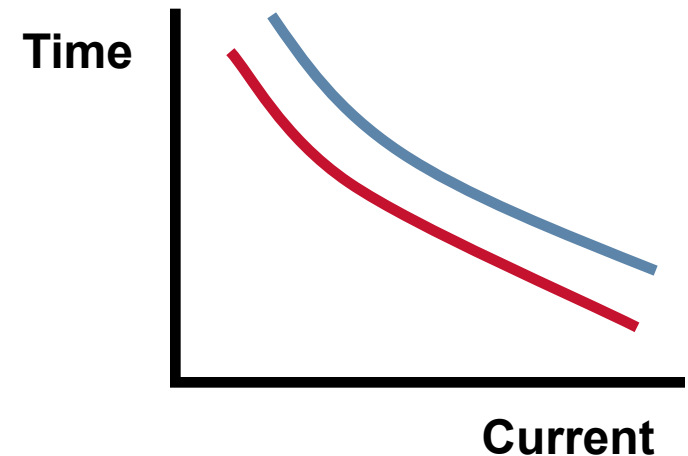




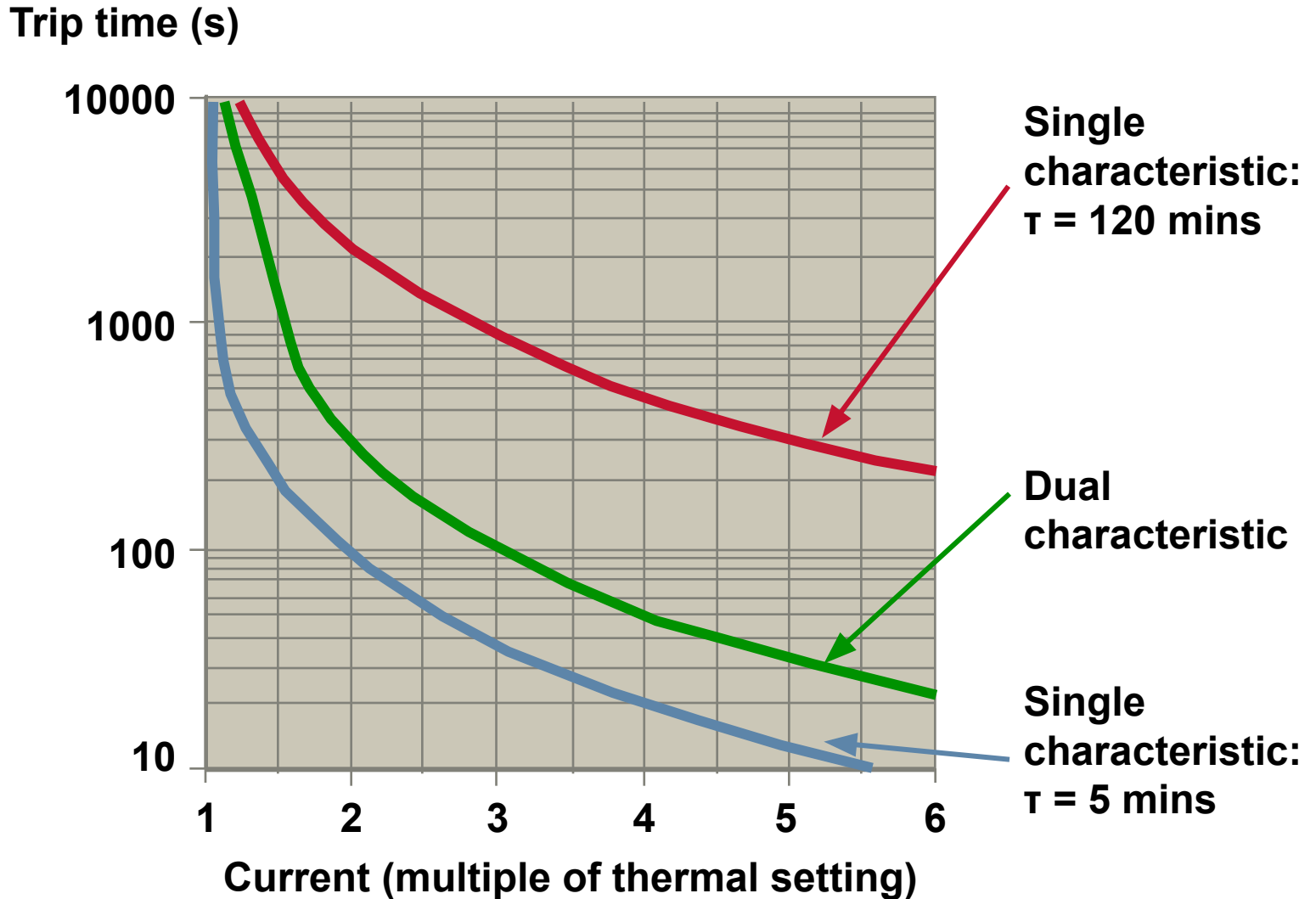
- ▶ 2 уставки по времени
- ▶ Быстрый возврат (15ms)
- ▶ Запуск извне

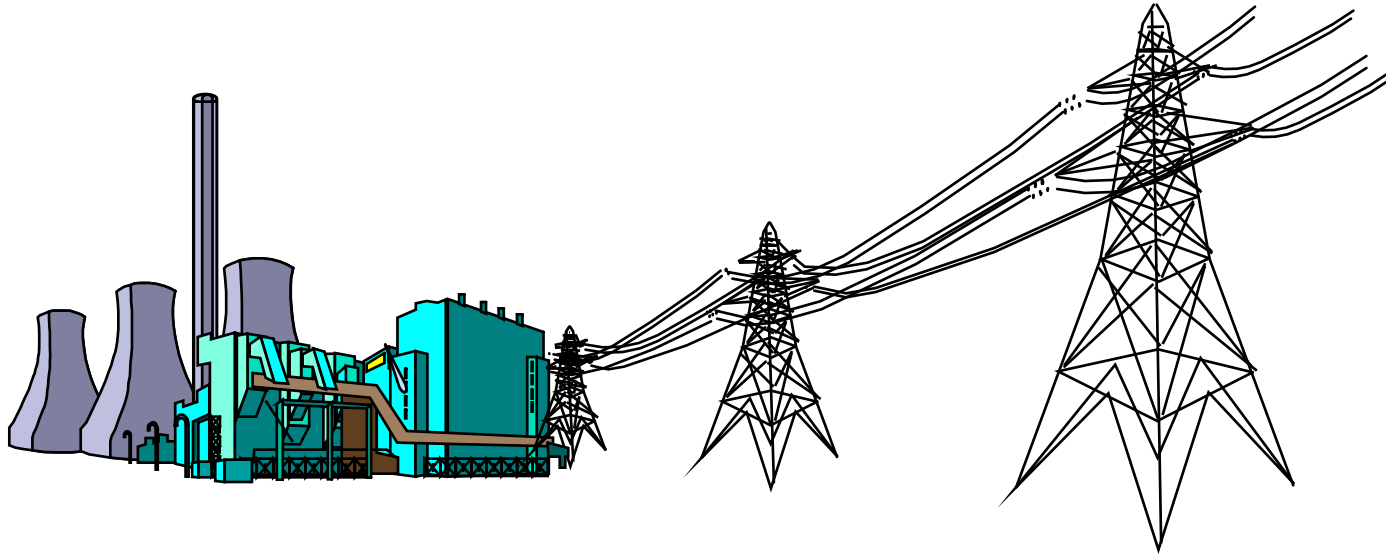
Пуск (выбор в меню)	Механизм сброса таймеров УРОВ
Защиты основанные на токовом принципе (например, 50/51 – МТЗ, 46 – ТЗОП, 21- дистанционная защита, 87 – дифференциальная защита)	Фиксированный механизм возврата. [срабатывание IA<] И [срабатывание IB<] И [срабатывание IC<] И [срабатывание IN<]
Орган чувствительной ЗНЗ	Фиксированный механизм возврата. [срабатывание I SEF<]
Внешняя защита	Доступны три опции. Пользователь может выбрать одну из данных опций. 1. [срабатывание всех I< и IN<] 2. [съем внешнего сигнала] И срабатывание всех I< и IN< 3. Выключатель отключен 3 полюсами (по блок-контактам выключателя) И [срабатывание всех I< и IN<]

- ▶ **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**



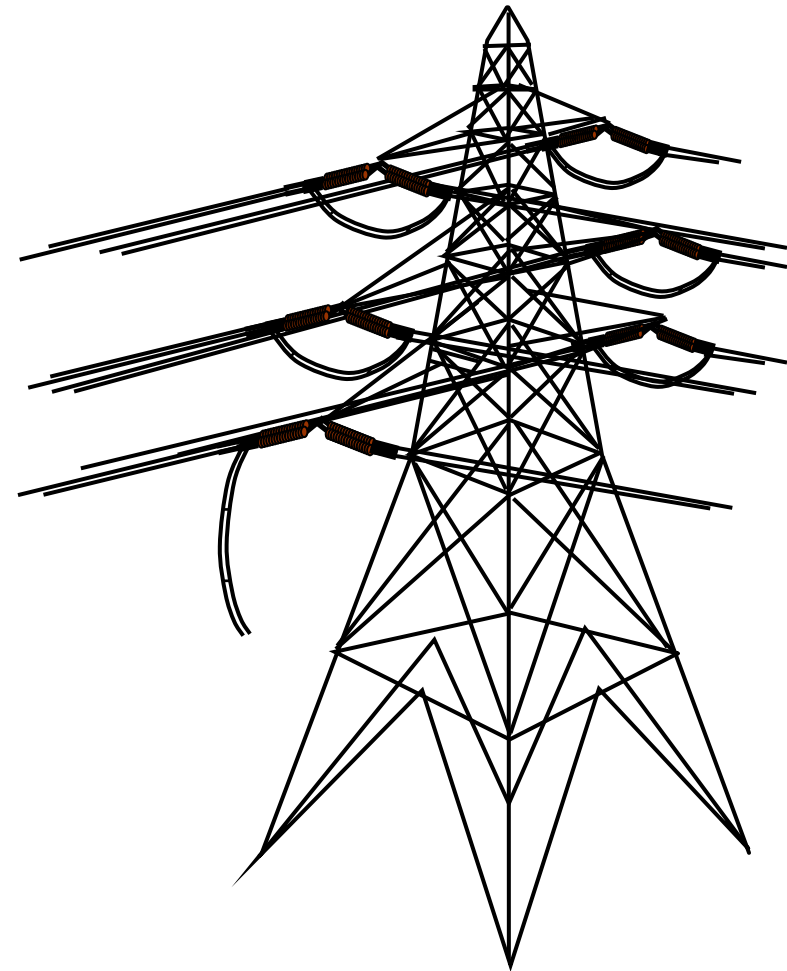
Overload Protection (2): Dual τ Characteristic for Transformers

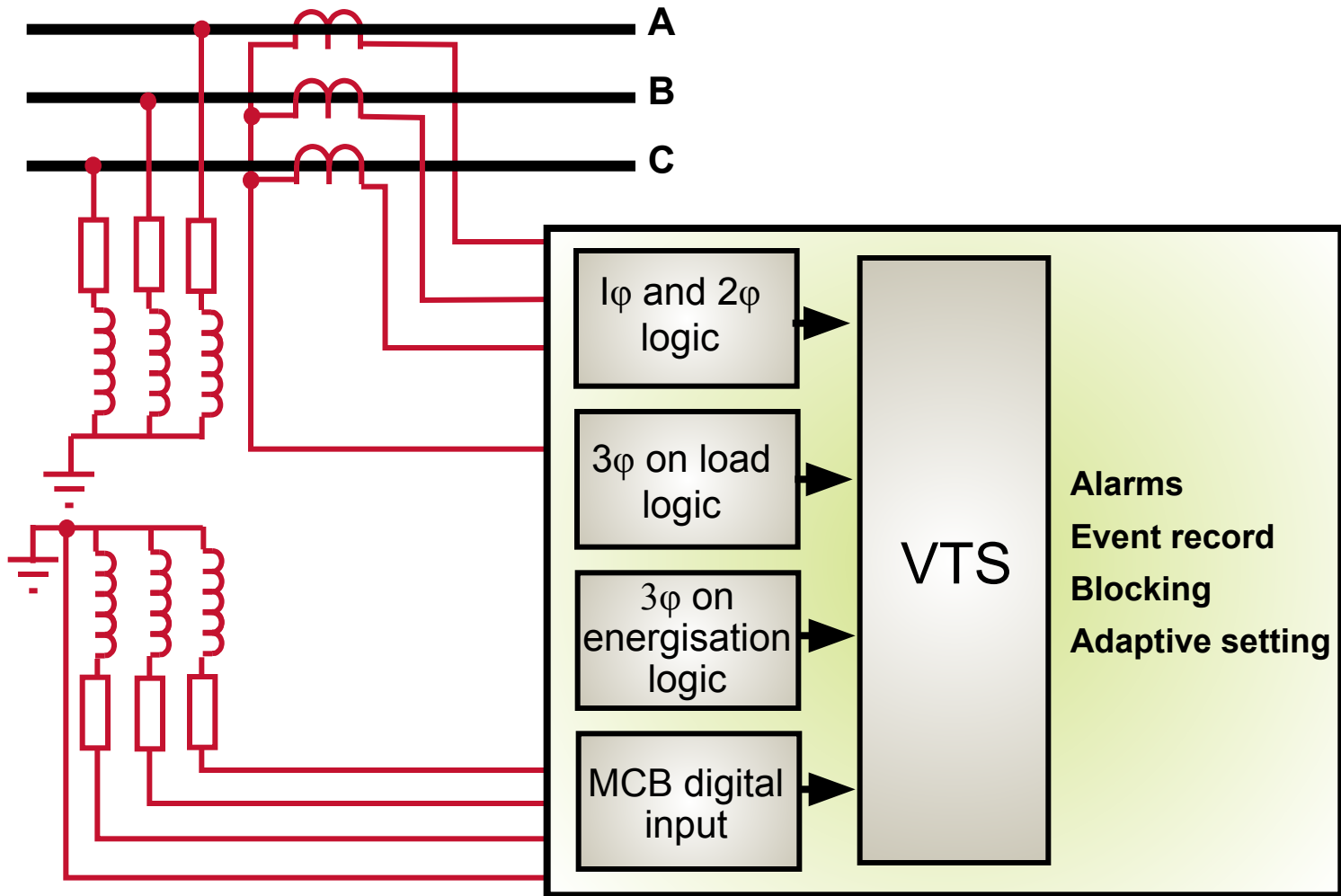




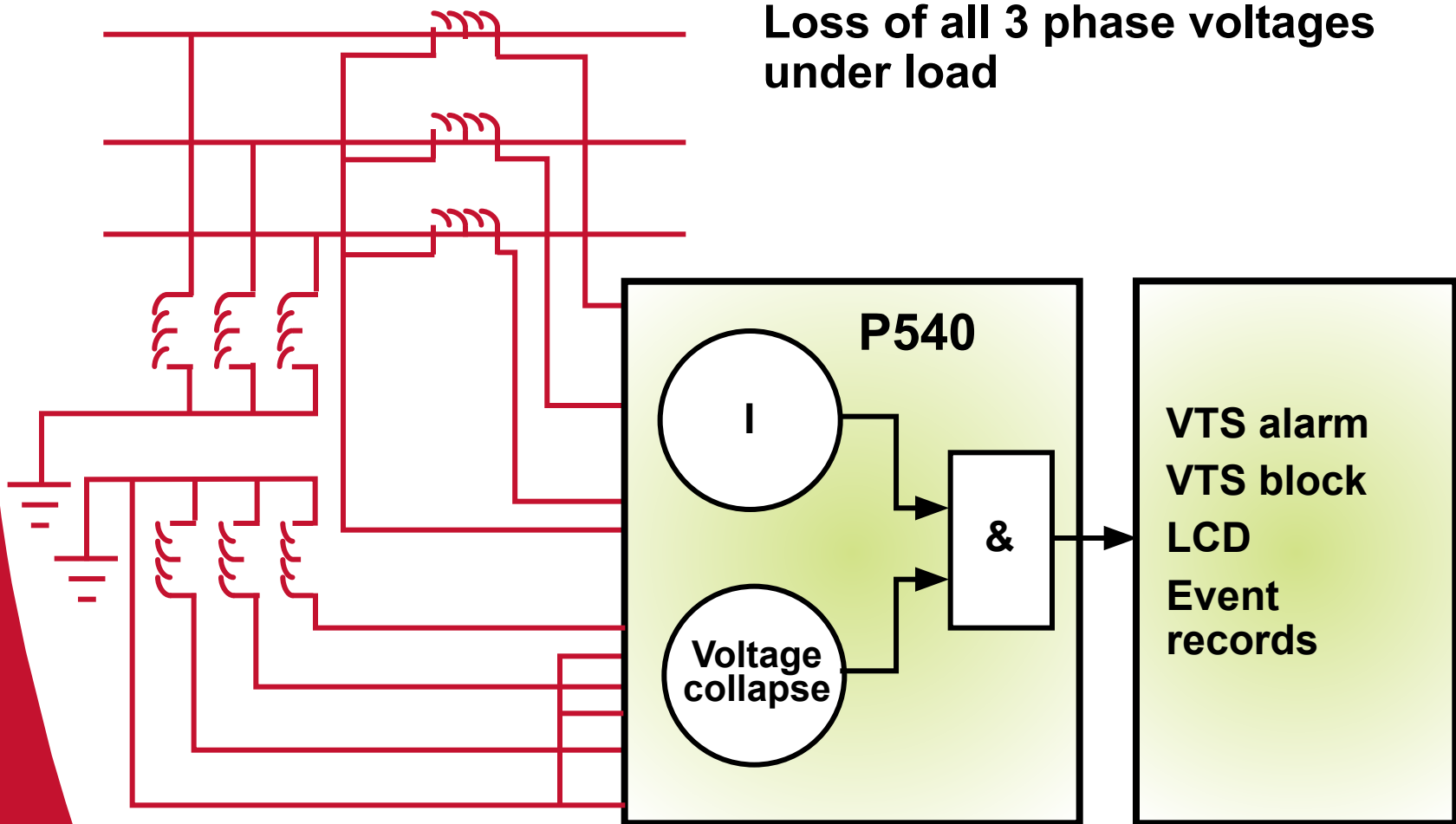
- ▶ **Majority of system faults are a result of short circuits**
 - ◆ Easily detectable
- ▶ **Possibility of open circuit faults exist**
 - ◆ Difficult to detect with conventional protection

- ▶ 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

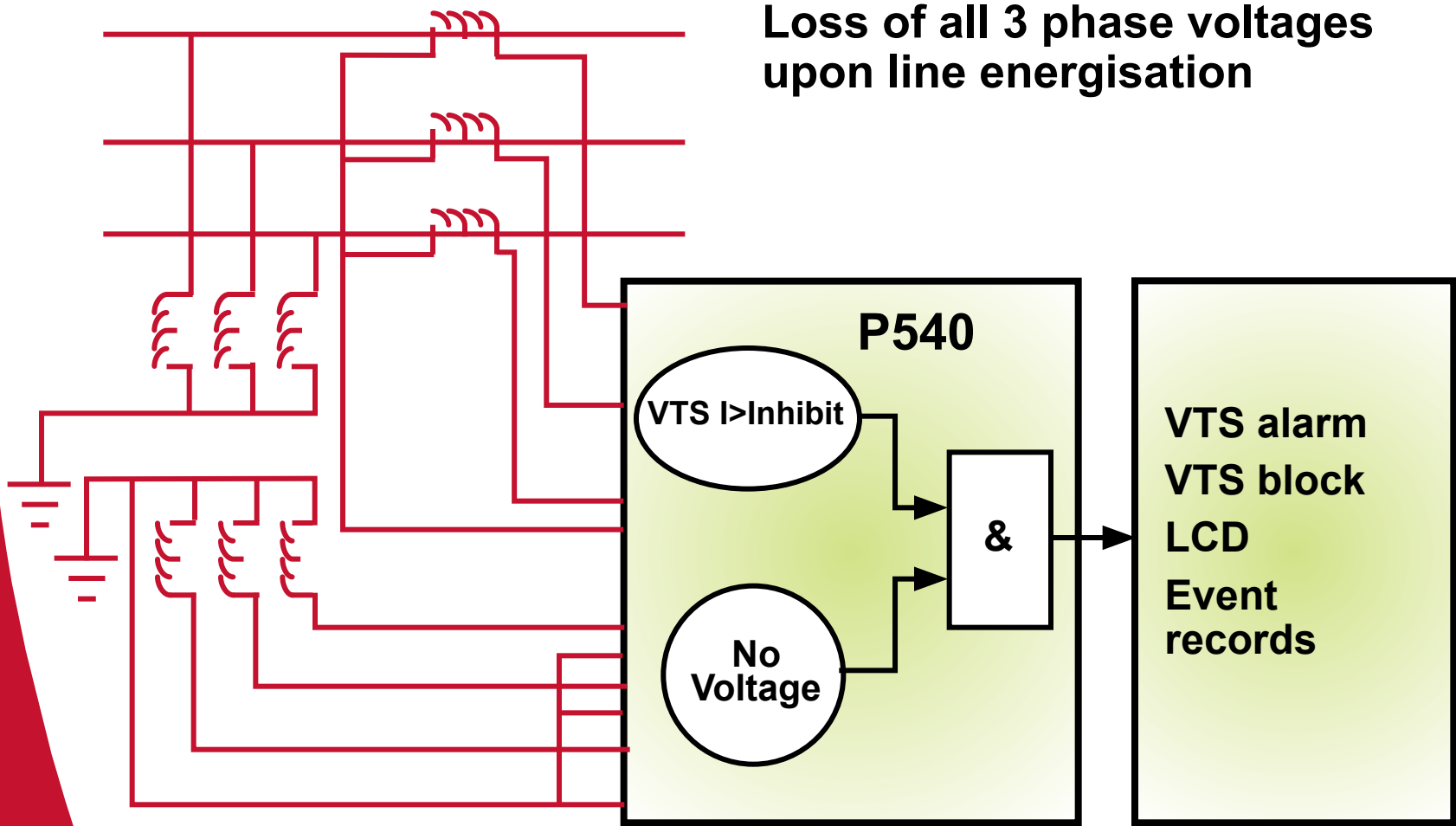




**Loss of all 3 phase voltages
under load**



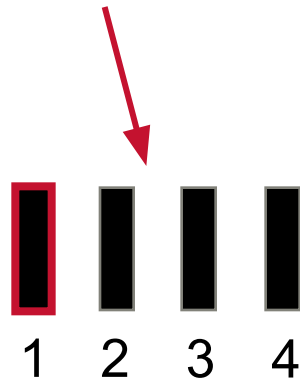
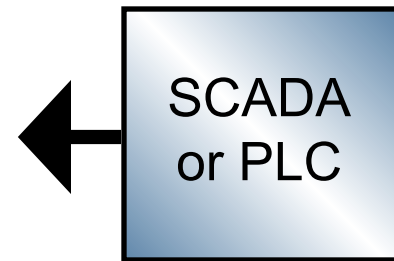
Loss of all 3 phase voltages upon line energisation



Alternative Setting Groups: Use for Switched / Alternate Feeding



=
= Setting selection inputs

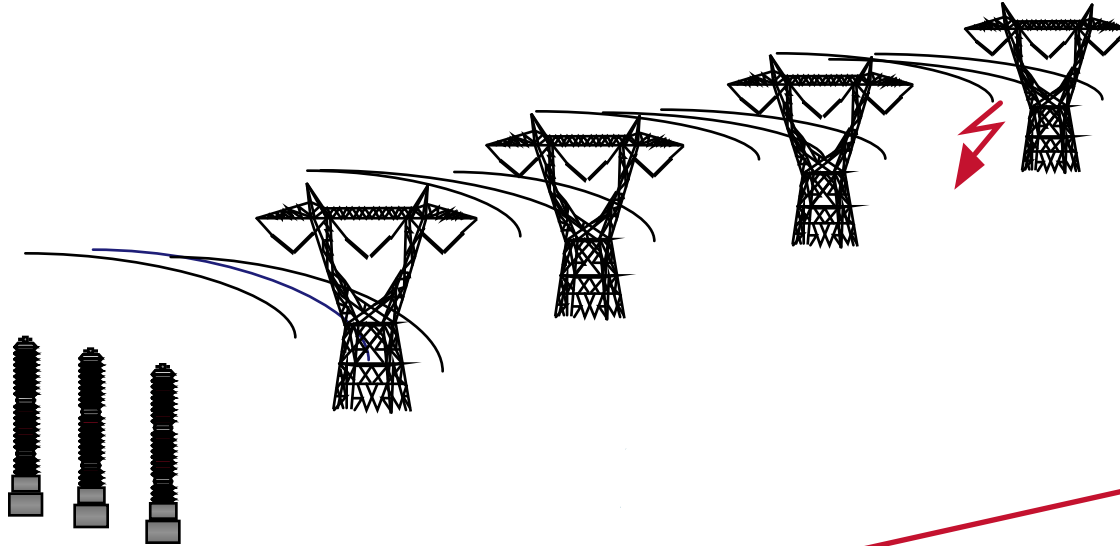


Four groups available

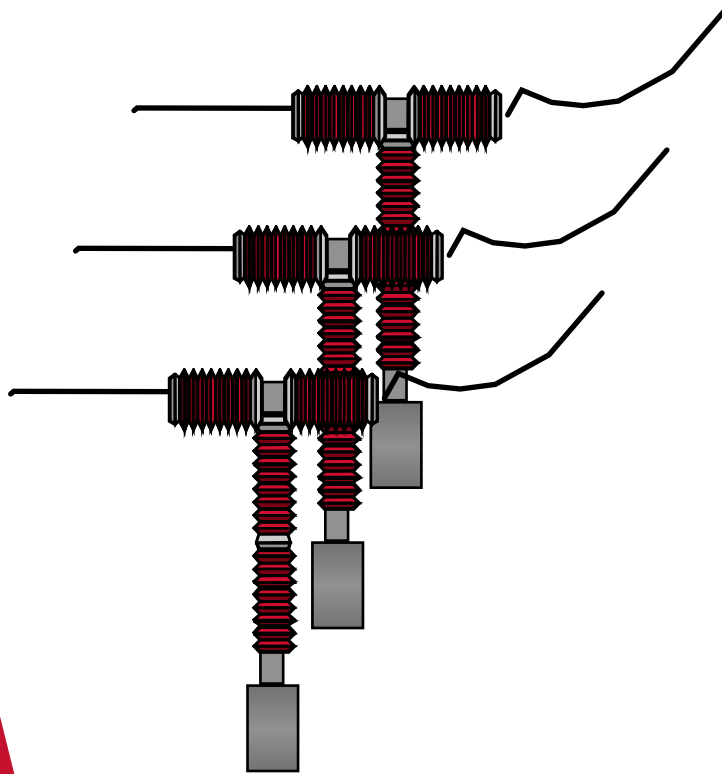
Integrated Autorecloser with Check Synchronism (Example: P543)

- ▶ **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



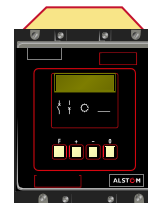
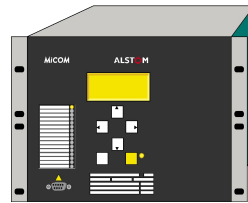
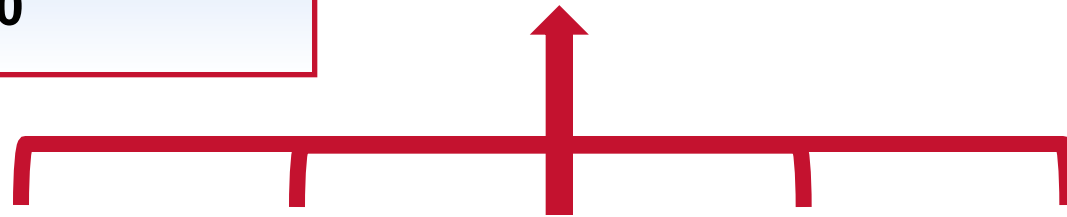
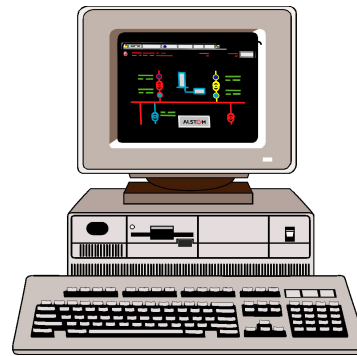
16% 3.8Ω 16km 10miles



- ▶ **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**

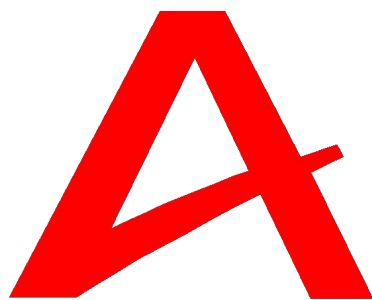


- ▶ **Per phase basis comparison**
- ▶ **Differential gives high sensitivity and phase selectivity**
- ▶ **More integration, less panel space, less interwiring, lower installation cost**
- ▶ **Comprehensive backup protection, AR etc ...**
- ▶ **No need for panel mounted instruments**
- ▶ **NO and NC 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