

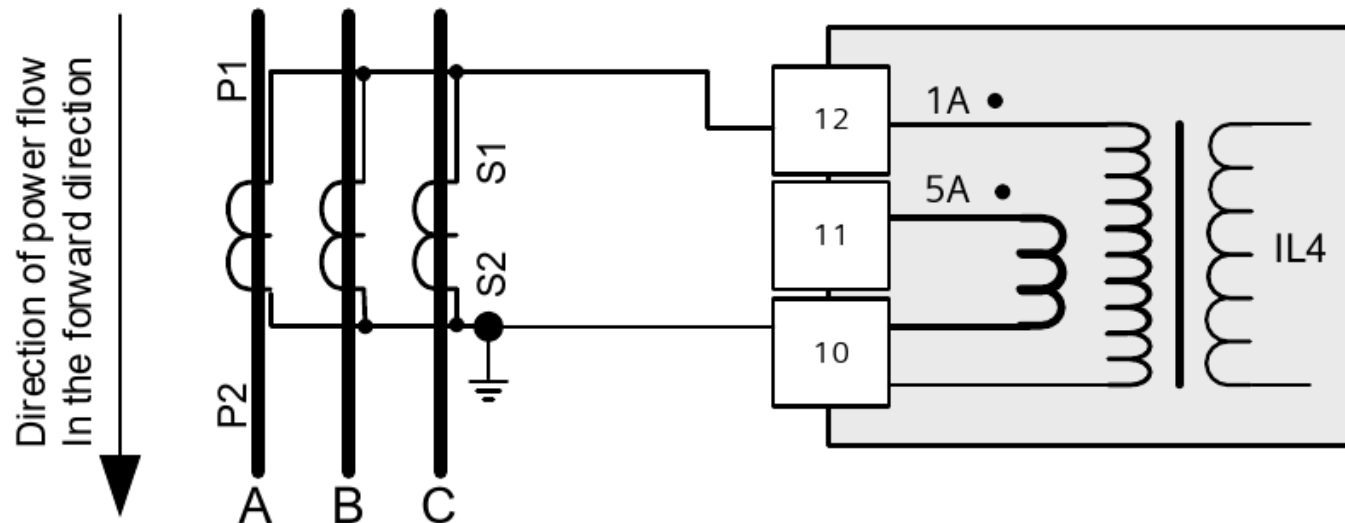
# Proteção de linhas de transmissão

Proteção do Sistema Elétrico de Potência

# Alguns tipos de proteção

- Relé de sobrecorrente
- Relé direcional
- Relé de distância
- Relé de fio piloto

# Relé de sobrecorrente

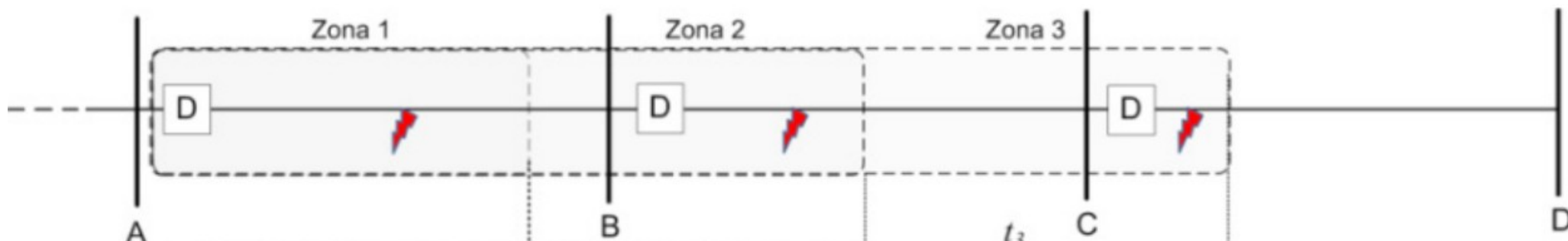


configuração do transformador de corrente para medição de falta à terra

# Relé de sobrecorrente

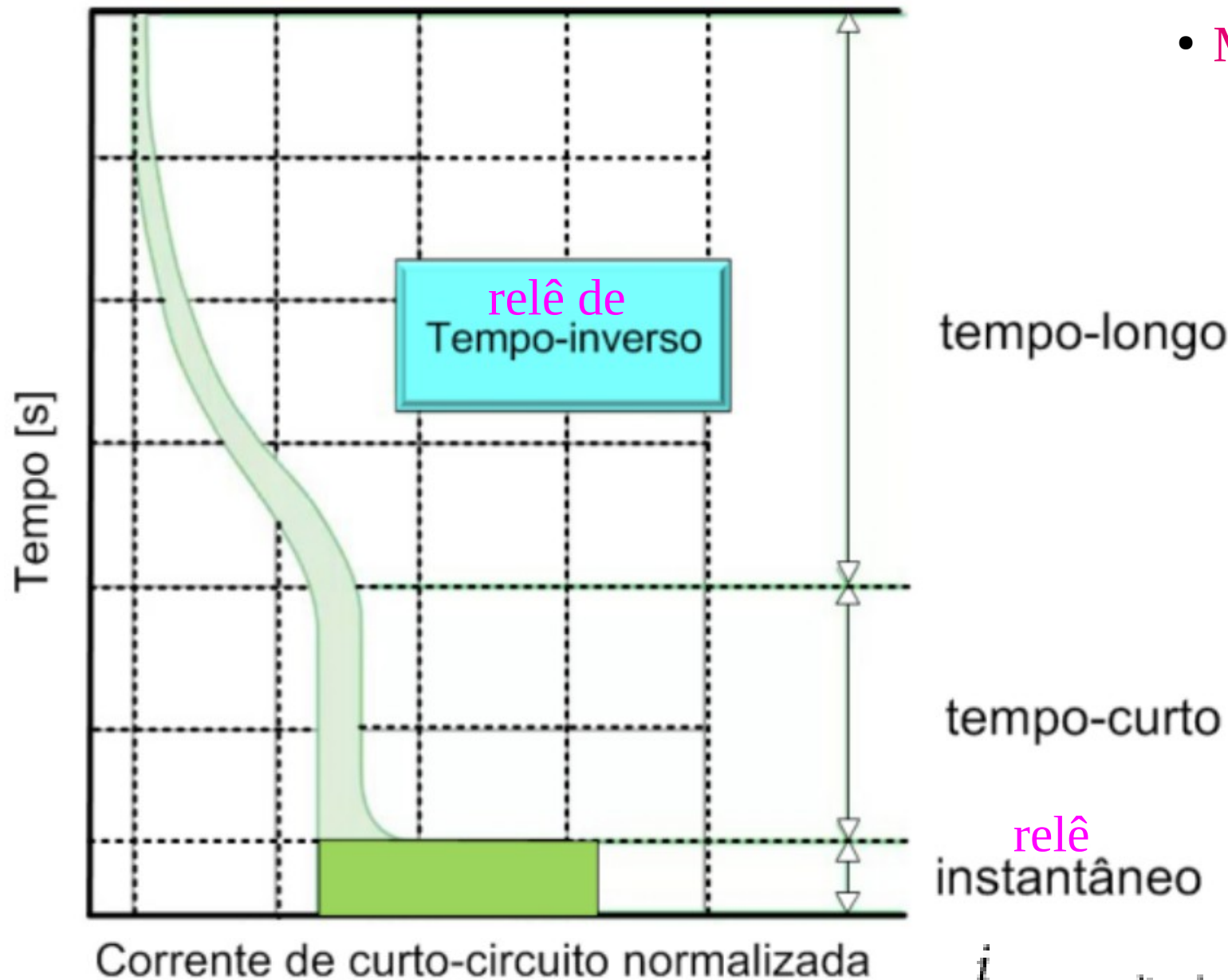
- Proteção contra curto-circuito
- Simples, só TC, baixo custo
- Assume-se que o fluxo da corrente de falta seguirá em uma única direção
- Em geral, emprega-se um conjunto de 4 relés, um para cada fase, e outro para o condutor neutro aterrado
- Baseia-se no fato de que, na ocorrência de uma falta, a magnitude da corrente no instante imediatamente posterior ao curto-circuito é superior à magnitude da corrente no instante anterior à falta

# Relé de sobrecorrente



- Os relés dentro da zona de proteção da LT sob falta devem operar primeiro que os relés de retaguarda nas zonas adjacentes
- 3 parâmetros básicos
  - tempo de operação
  - intensidade da corrente de falta
  - combinação dos dois anteriores
- Ajustes
  - corrente limiar
  - alavanca de temporização

# Relé de sobrecorrente



- Modelo de gráfico tempo-corrente fornecido por fabricantes

- Permite coordenação seletiva

$$i_{cc\_normalizado} = i_{cc\_max} / i_{limiar}$$

# Relé direccional de corrente

## 7SR511 - Overcurrent Protection Relay

[www.virtualrelay.net](http://www.virtualrelay.net)



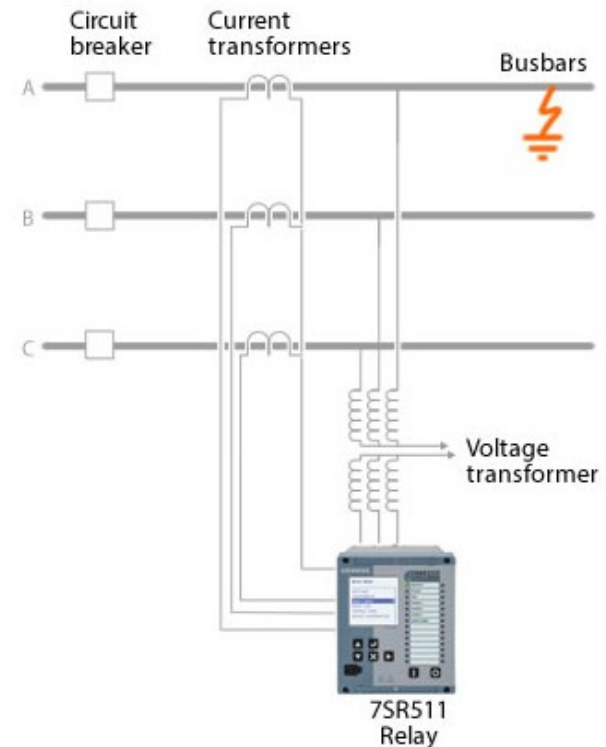
### Simulate a fault

⚠ Phase B C to Earth reverse fault

⚠ Phase A to Earth reverse fault

⚠ Phase B C to Earth forward fault

⚠ Phase A to Earth forward fault

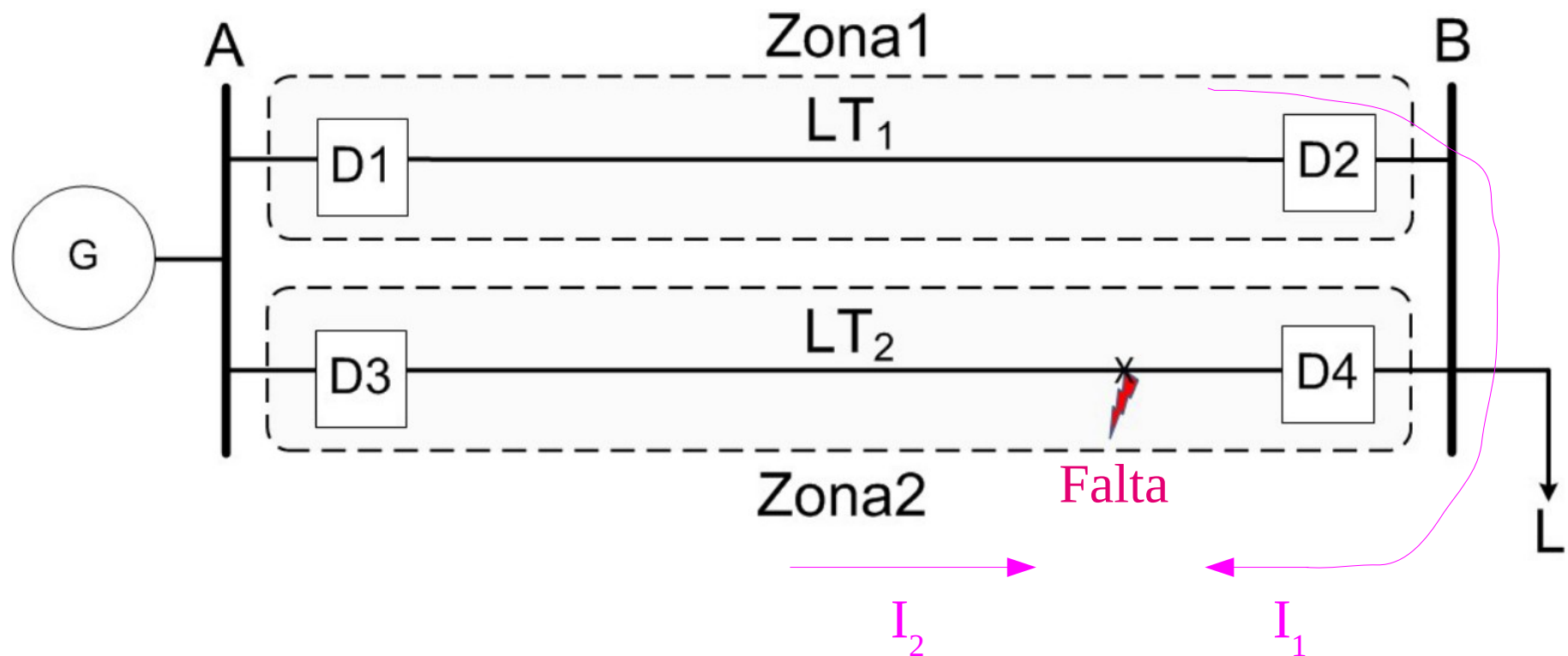


# Relé direcional de corrente

- A direção da corrente de falta na zona de proteção de uma LT é importante para evitar que outros relés que se encontram em zonas adjacentes atuem sem a devida necessidade
- Geralmente aplicado em sistemas elétricos... :
  - Radiais que apresentam múltiplos geradores,
  - Formados por LTs paralelas ou,
  - LTs com topologia em anel.
- São mais onerosos, incluindo a necessidade de transformadores de instrumentação TP

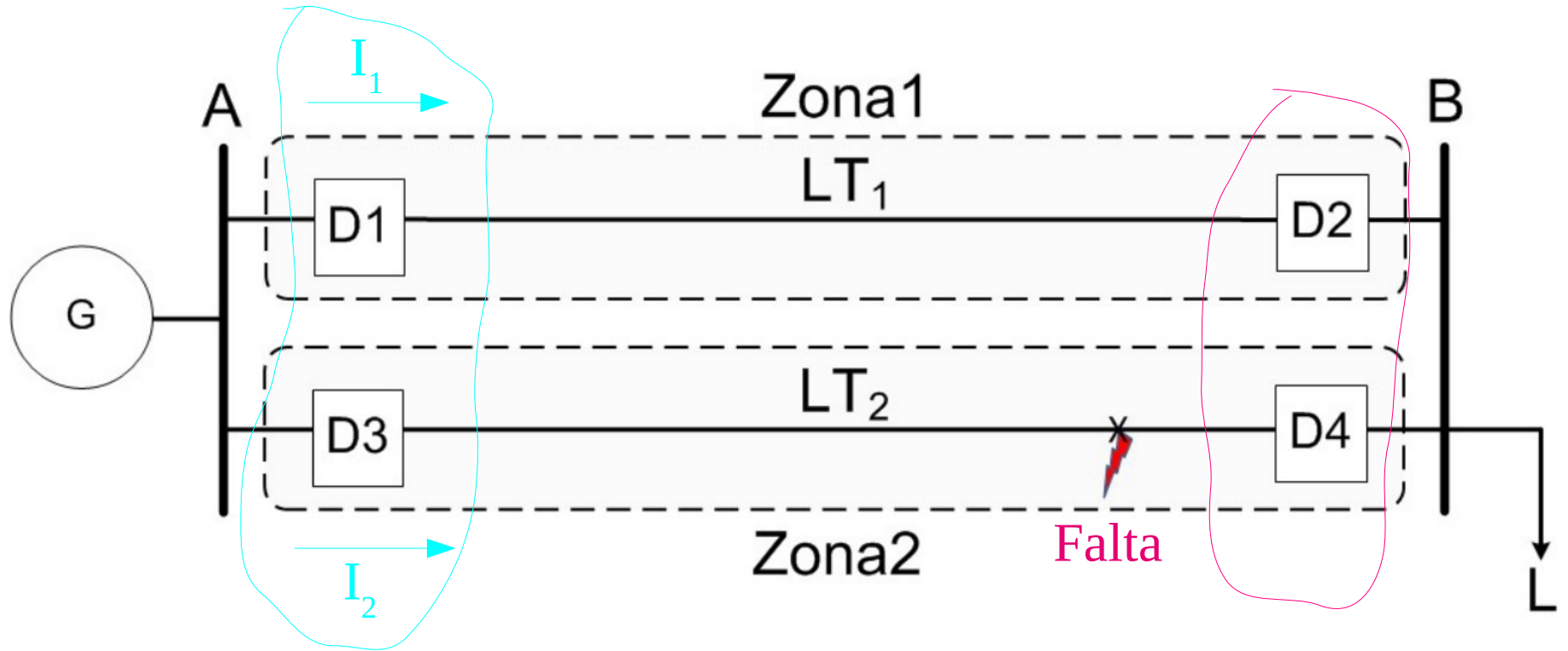


# Relé direcional de corrente



- Somente a proteção em LT<sub>2</sub> deve atuar
- A corrente  $I_1$  não deve fazer atuar a proteção da LT<sub>1</sub>
- Desta forma LT<sub>1</sub> deve continuar operando, fornecendo para L

# Relé direcional de corrente

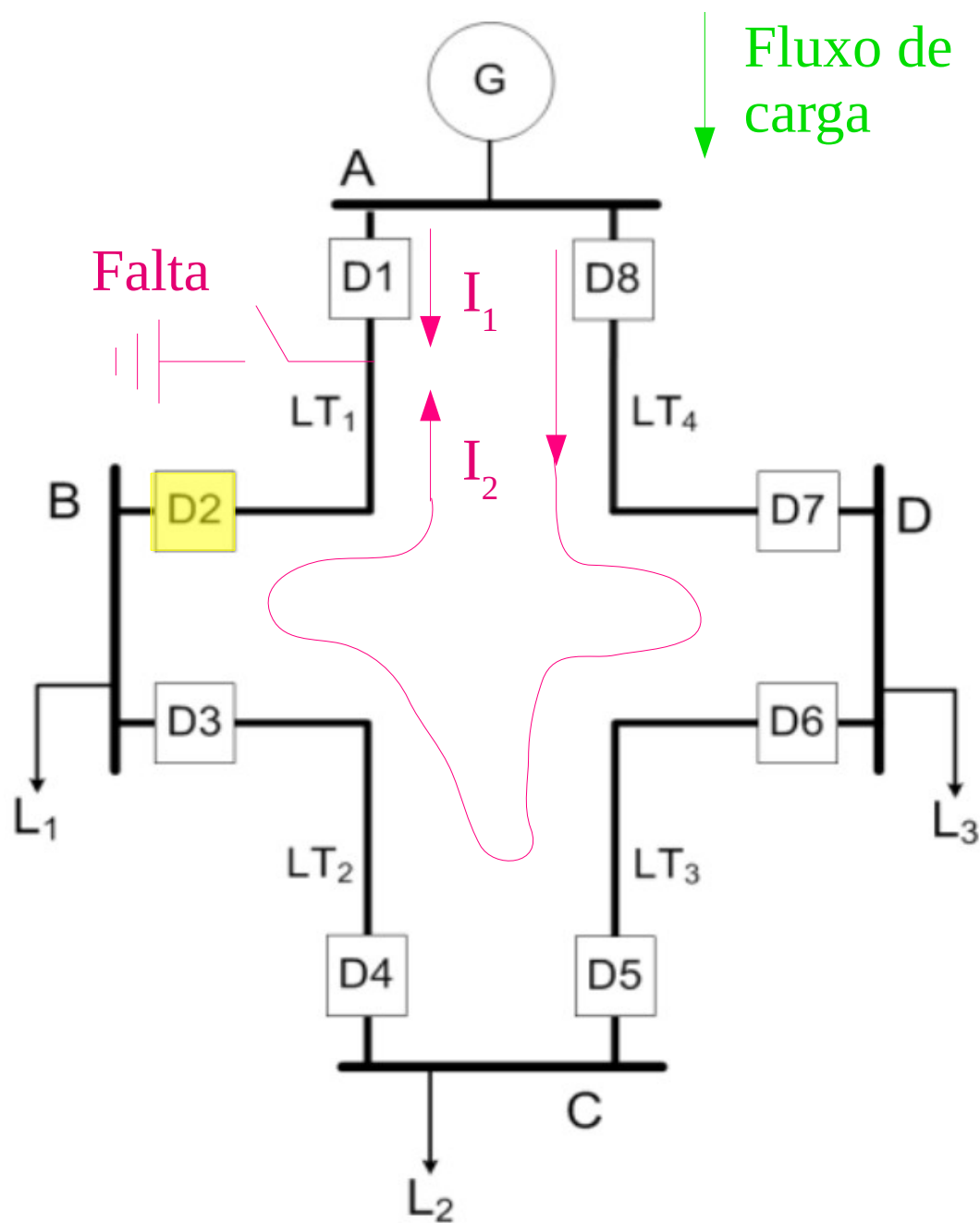


Corrente sempre  
na mesma direção:  
relê não precisa ser  
direcional

Disjuntores operados  
por relés direcionais

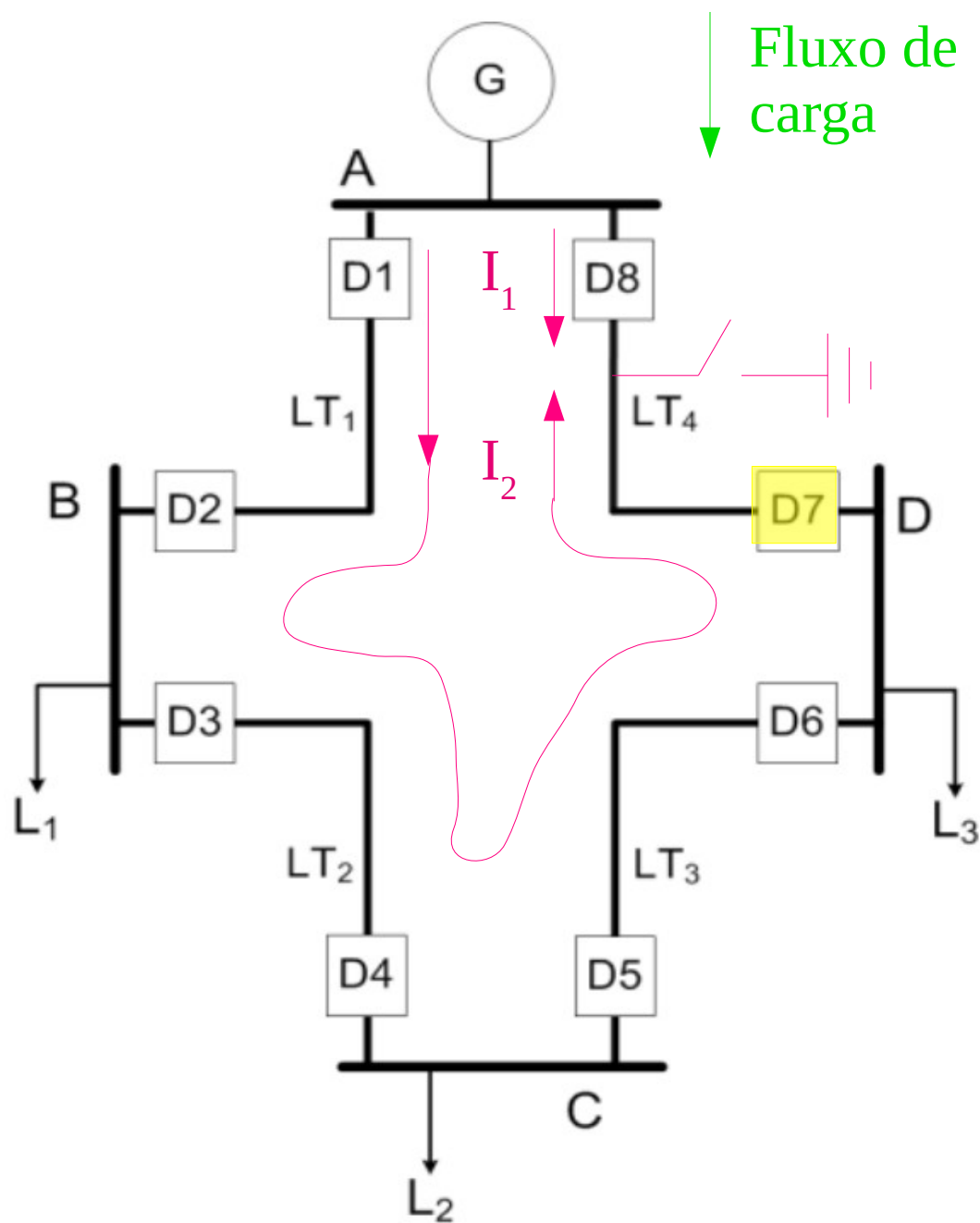
- A corrente que passa por D4 inverte o sentido

# LT em anel e 1 gerador (caso 1)



- Somente os disjuntores da zona sob falta devem operar
- Determinar quais disjuntores devem ser direcionais
- **D2** é o disjuntor mais perto da falta, que inverte o sentido da corrente
- **D2** deve ser direcional

# LT em anel e 1 gerador (caso 2)



- Somente os disjuntores da zona sob falta devem operar
- Determinar quais disjuntores devem ser direcionais
- **D7** é o disjuntor mais perto da falta, que inverte o sentido da corrente
- **D7** deve ser direcional

# Relé de distância



Siemens

SIPROTEC 4

7SA6 distance protection relay

# Conexões



LSP2174-afp.tif

**Fig. 6/3**

Flush-mounting housing  
with screw-type terminals

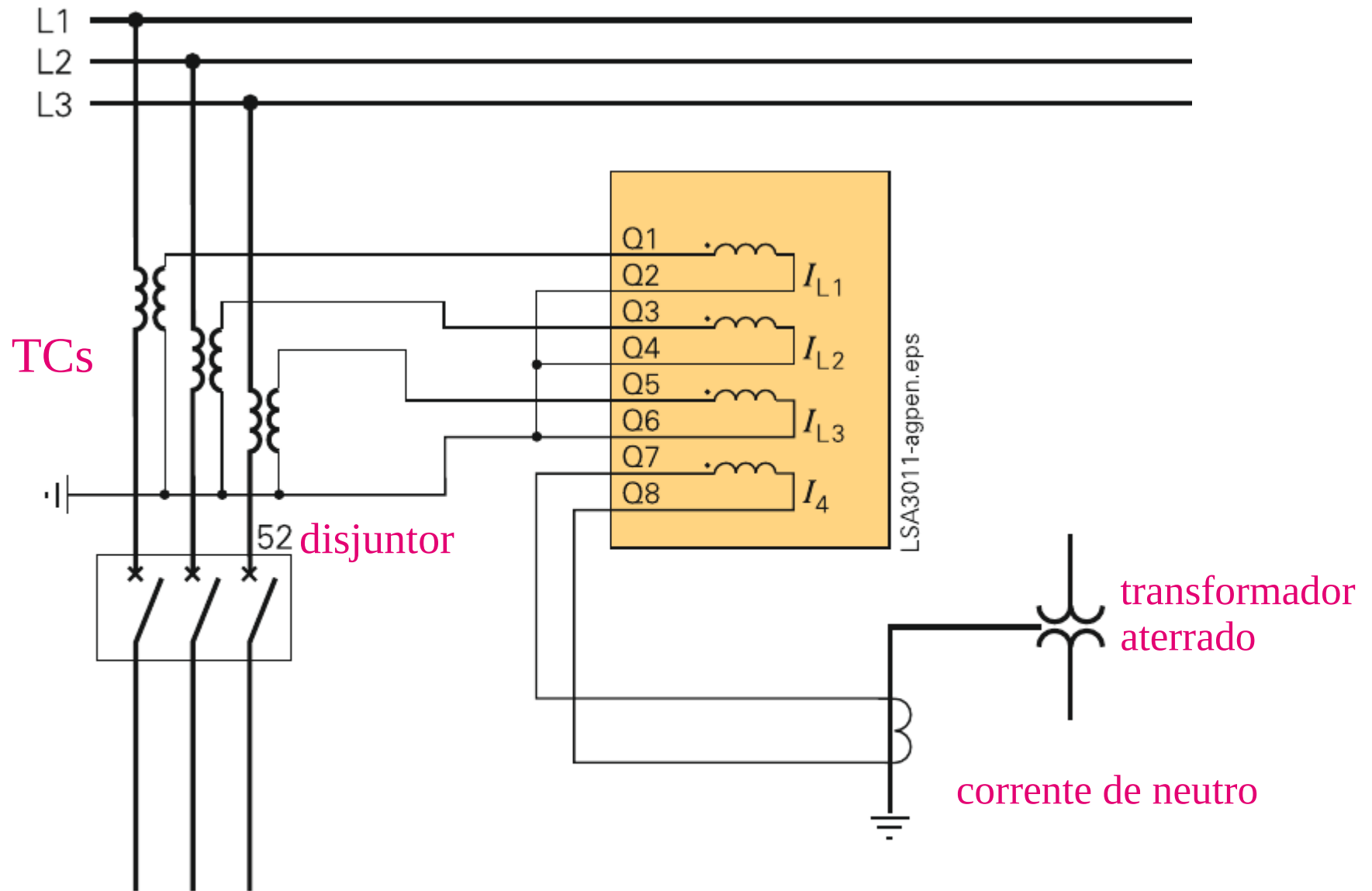


LSP2166-afp.tif

**Fig. 6/4**

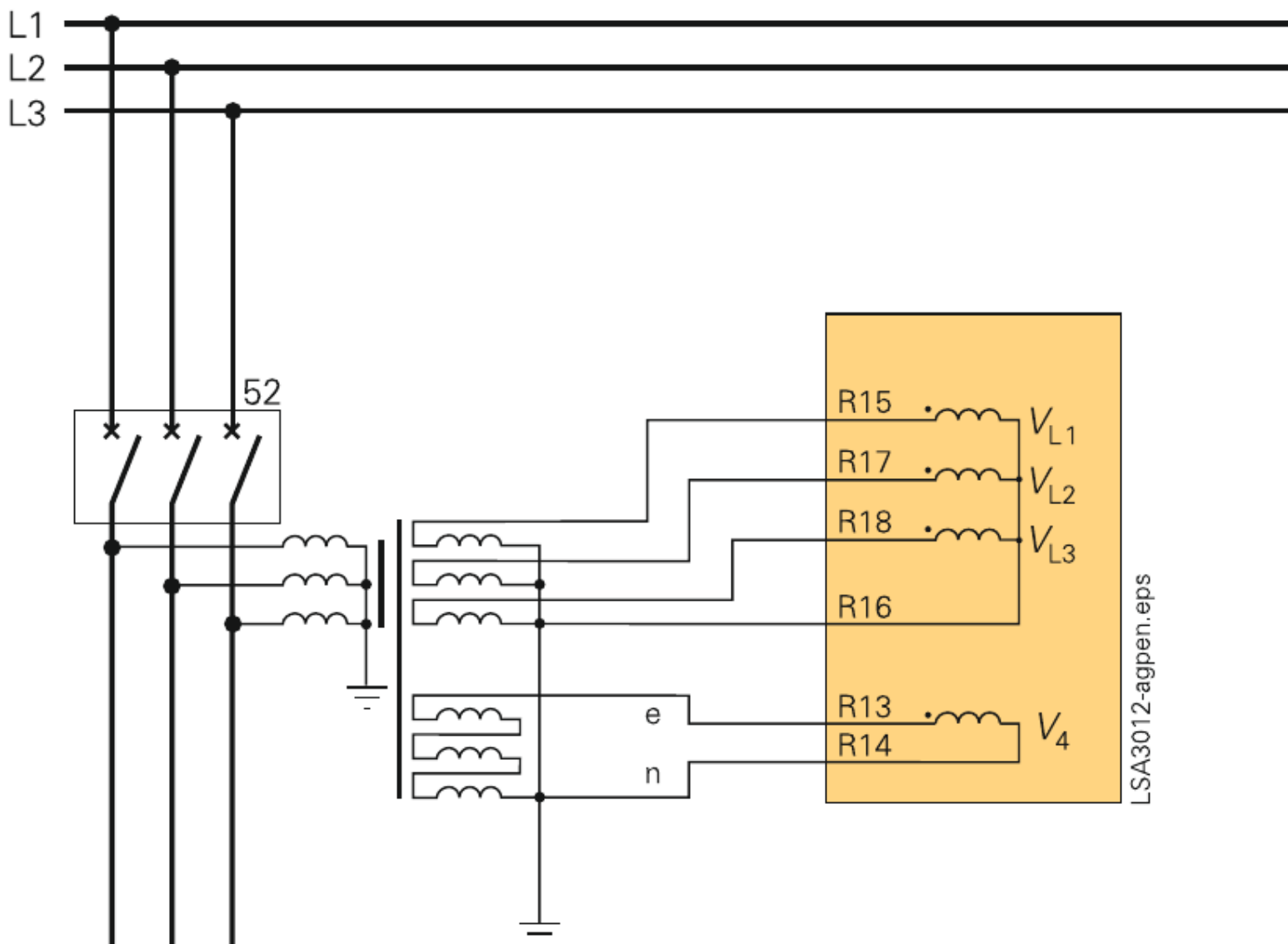
Rear view of flush-mounting housing with  
covered connection terminals and wirings

# Conexão de corrente



**Fig. 6/30** Alternative connection of current transformers for measuring neutral current of an earthed power transformer

# Conexão de tensão



**Fig. 6/32** Alternative connection of voltage transformers for measuring the displacement voltage (e-n voltage)



# Ajustes (e diagrama circular)

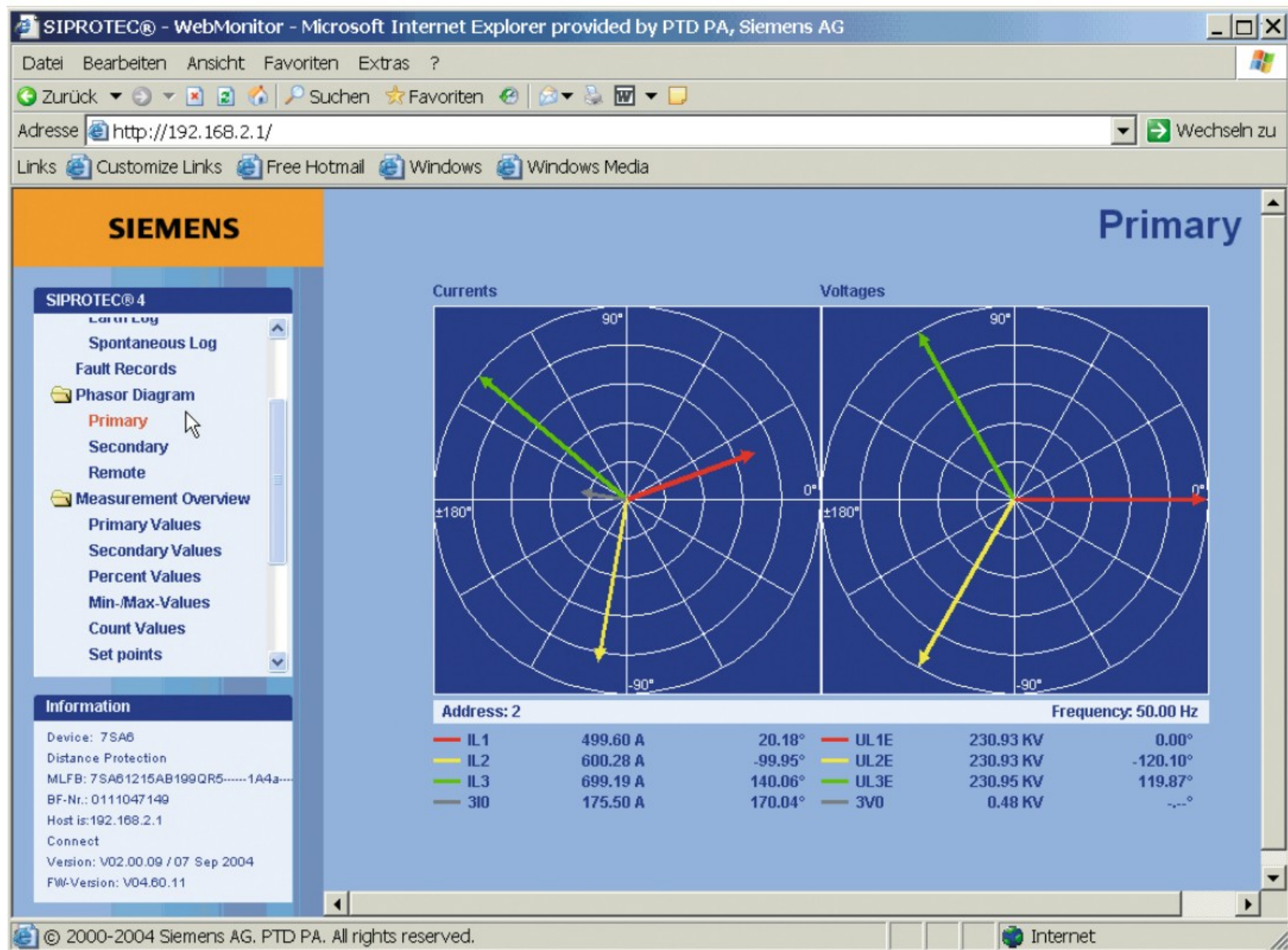
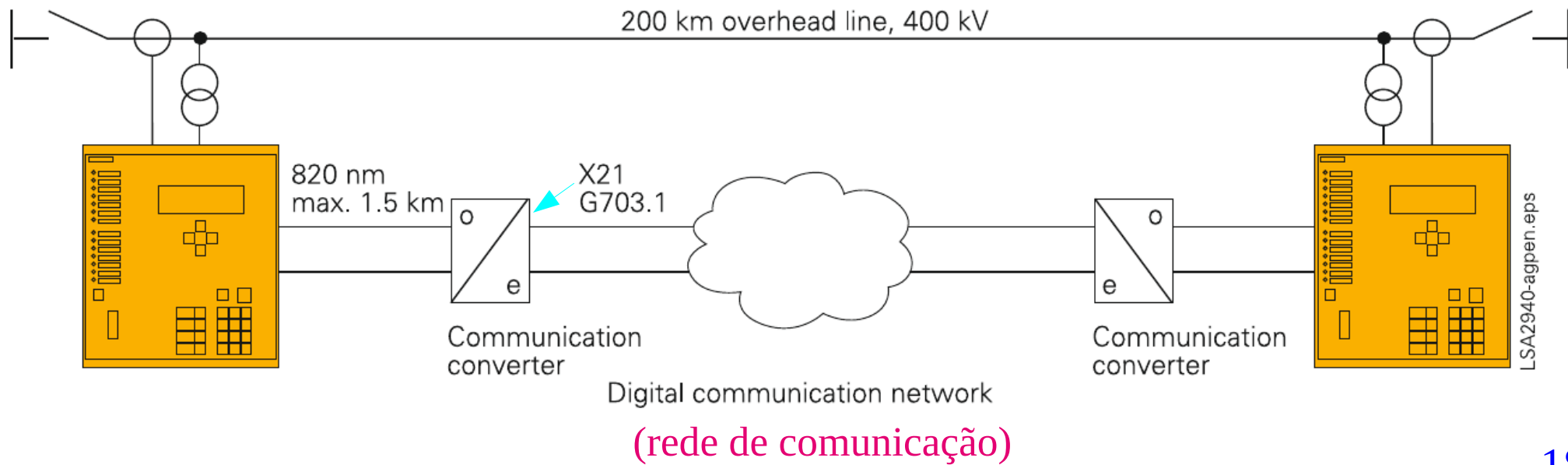
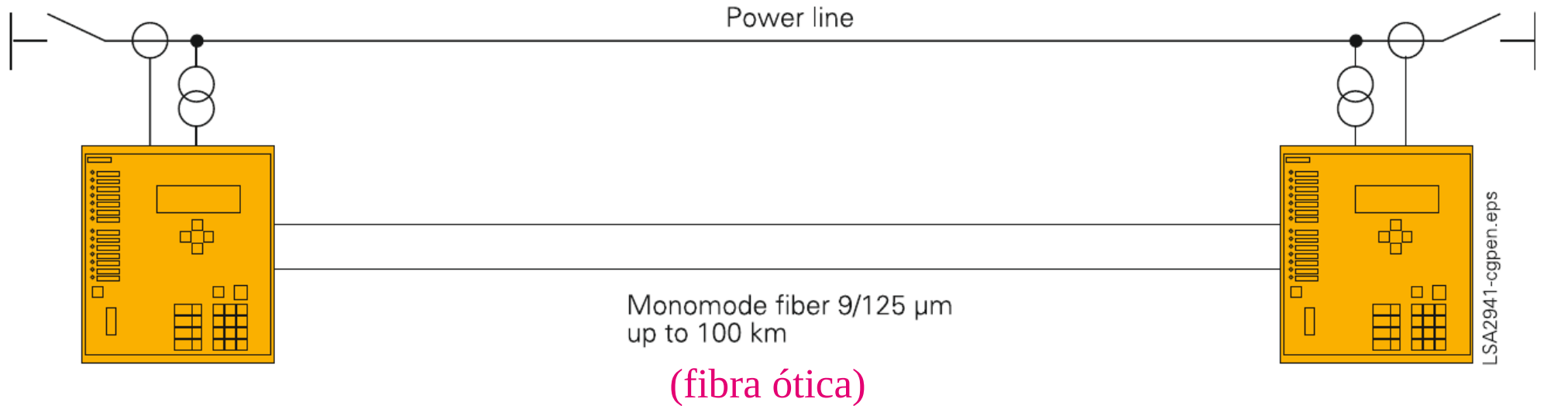
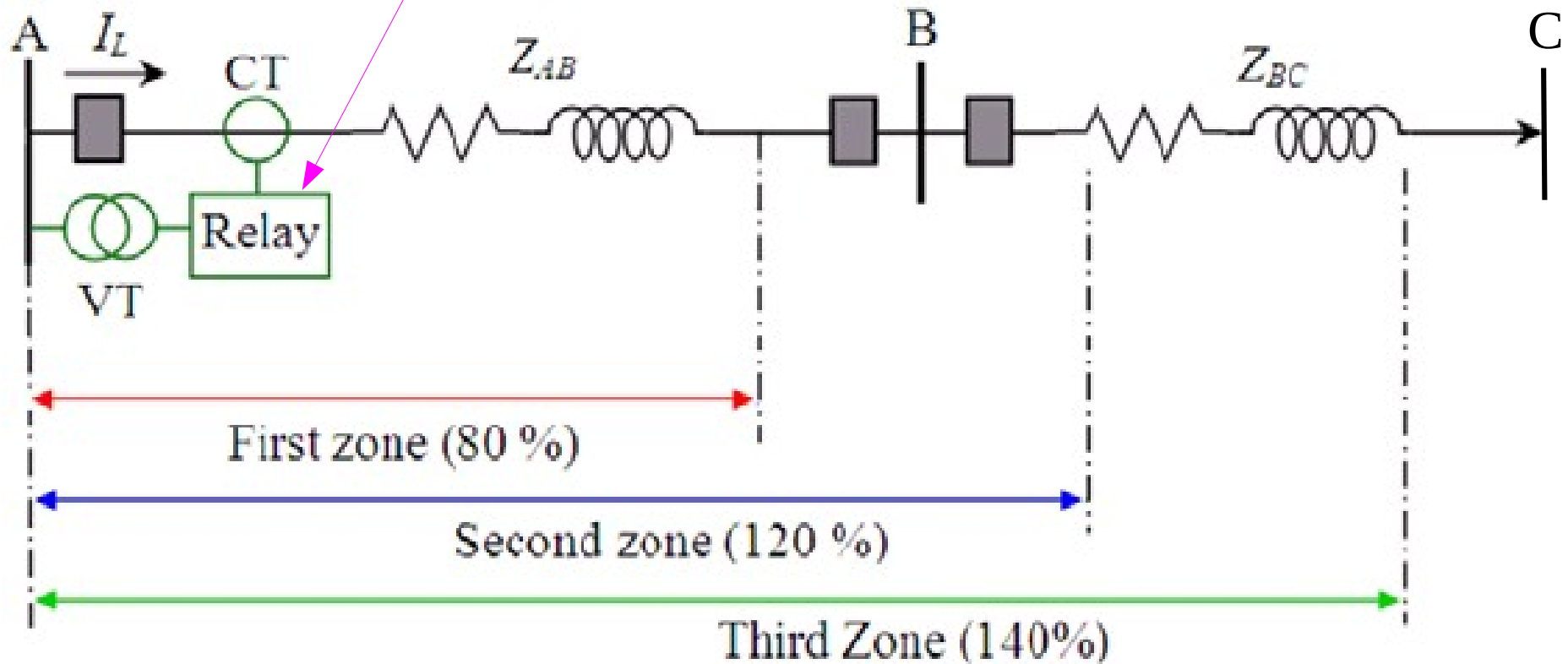


Fig. 6/17 Web Monitor: Supported commissioning by phasor diagram

# Comunicação

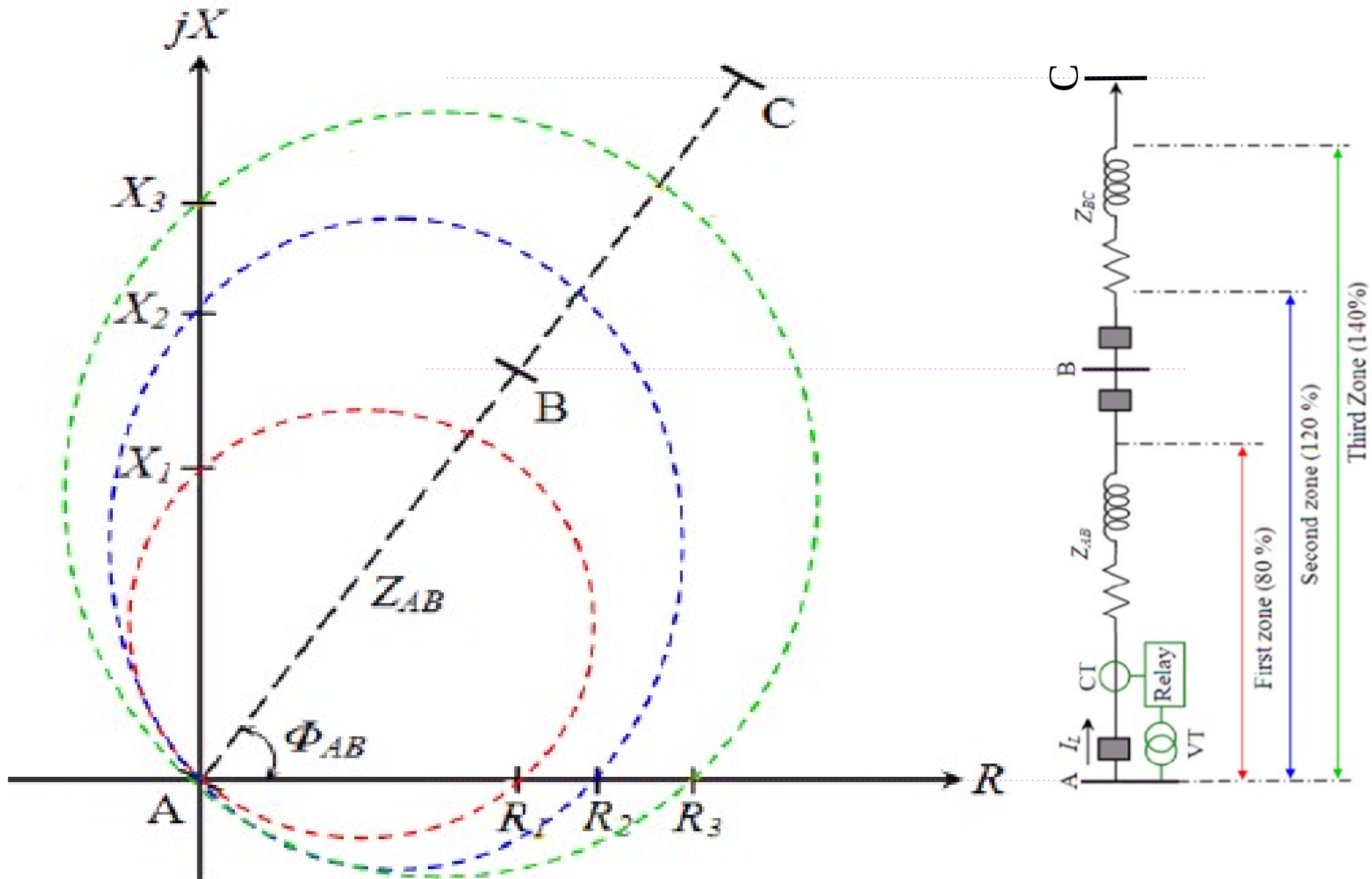


# Relé de distância

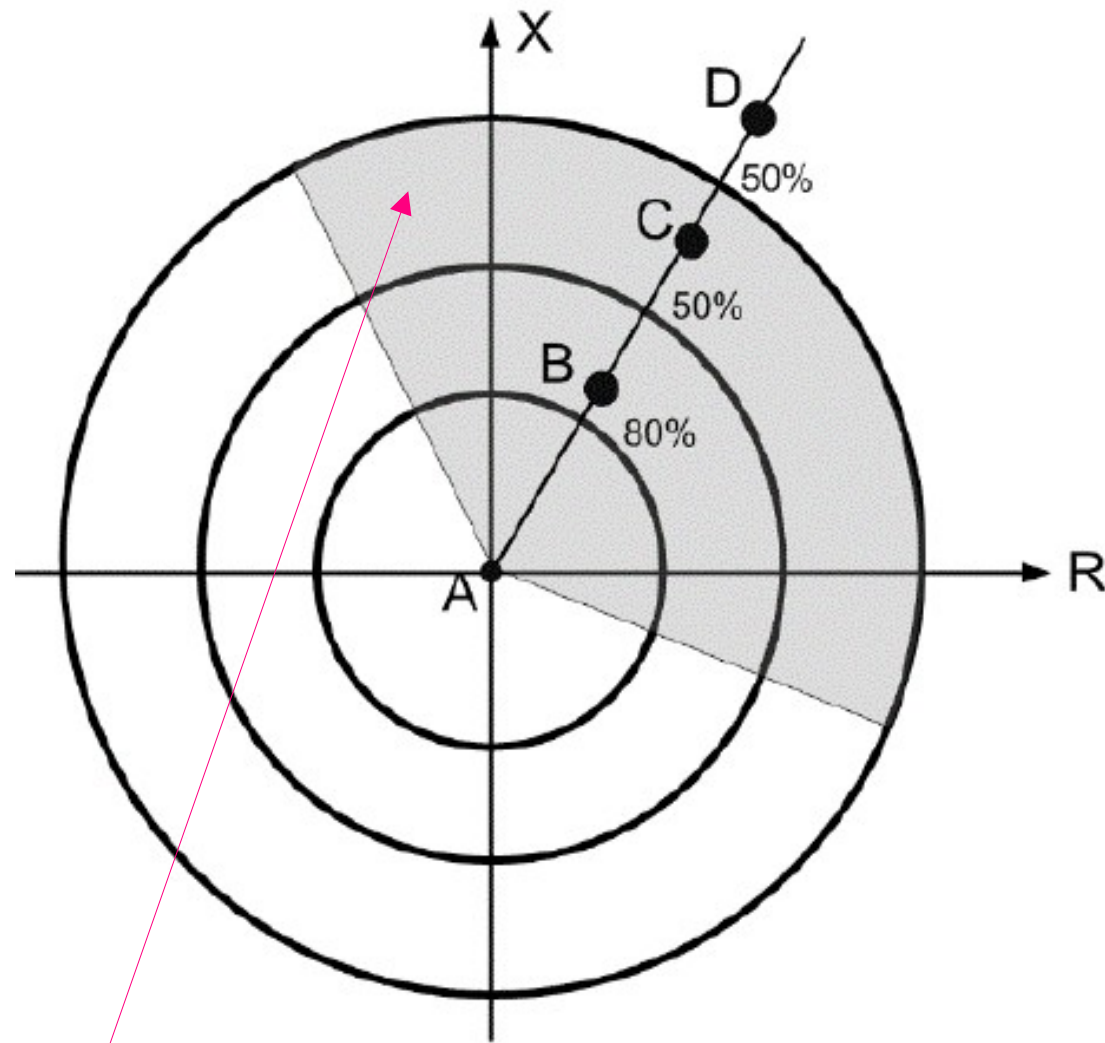


Fonte: [https://www.researchgate.net/publication/267868376\\_Impact\\_of\\_SVC\\_Devices\\_on\\_Distance\\_Protection\\_Setting\\_Zones\\_in\\_400\\_kV\\_Transmission\\_Line](https://www.researchgate.net/publication/267868376_Impact_of_SVC_Devices_on_Distance_Protection_Setting_Zones_in_400_kV_Transmission_Line)

# Relé de distância



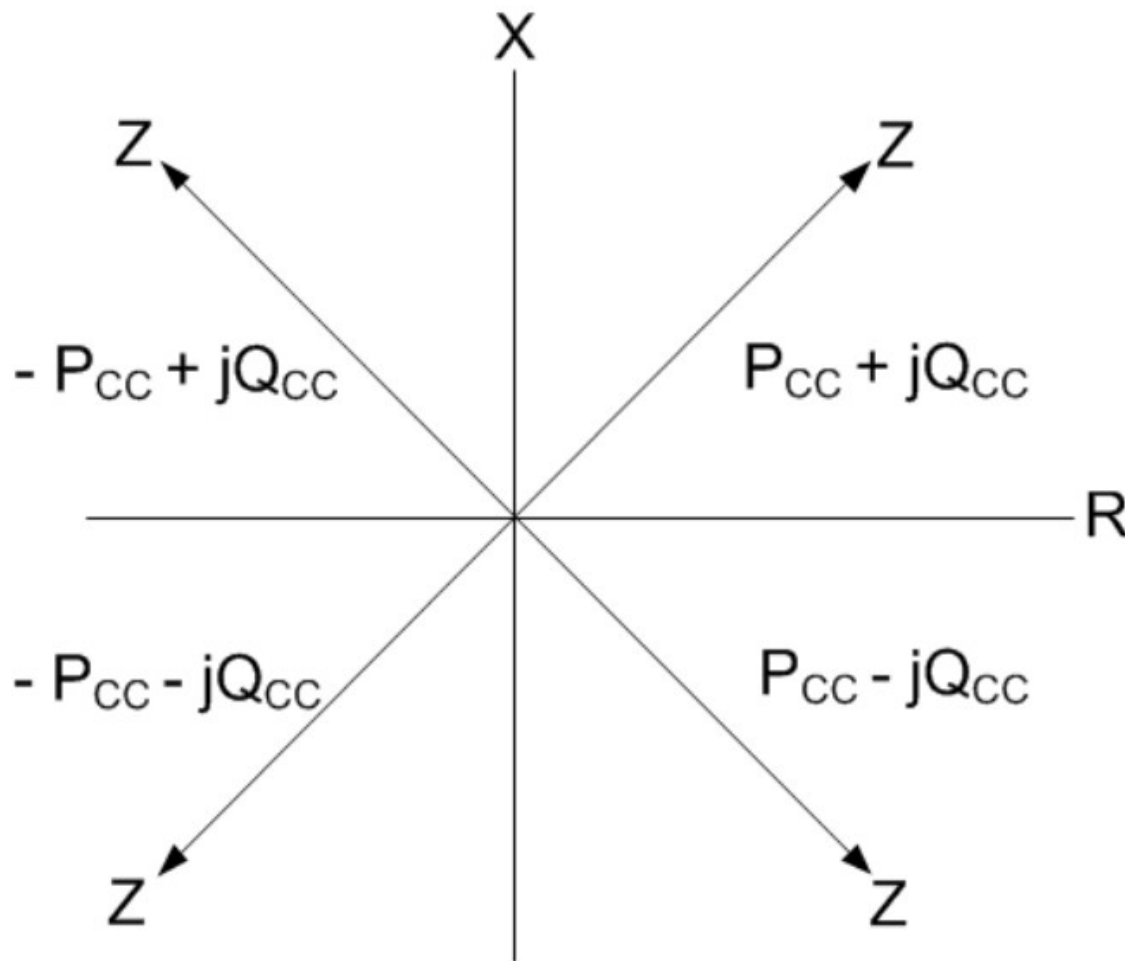
# Relé de distância



cinza: direcional, atua quando o fluxo de potência do curto-circuito aponta da direção da sequência de zonas que se quer proteger

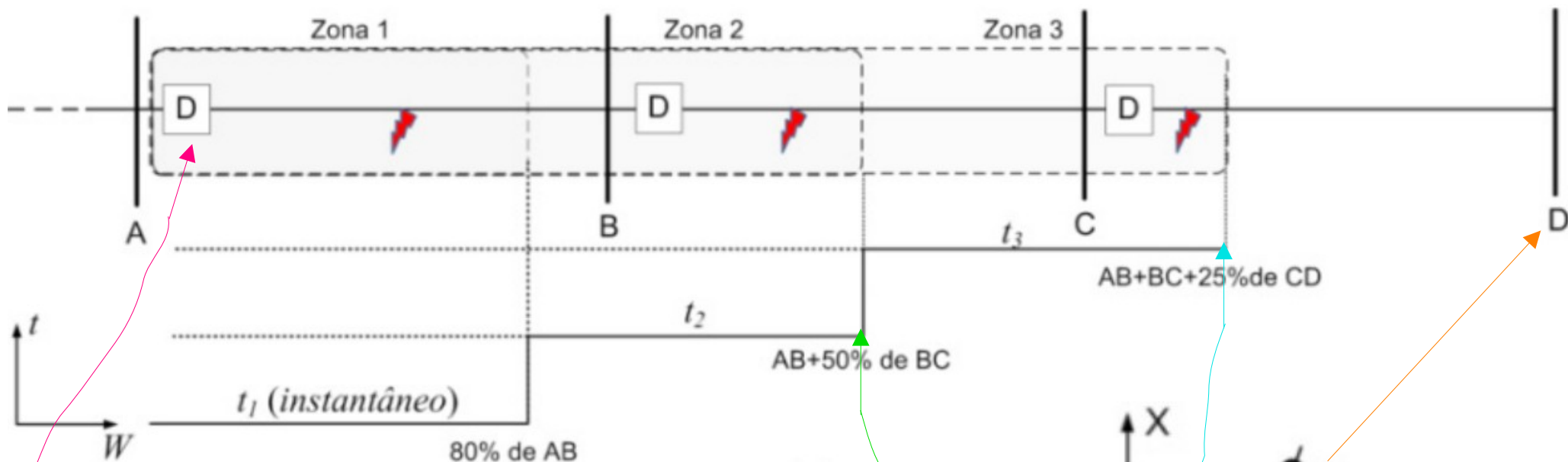
- Plano complexo R-X
- Respondem a fasores de tensão e corrente que fornecem uma impedância relativa, entre a posição do relê e o provável ponto da falta
- 4 tipos (formas geométricas):
  - admitância ou mho
  - impedância
  - reatância
  - quadrilaterais

# Direção do fluxo de potência

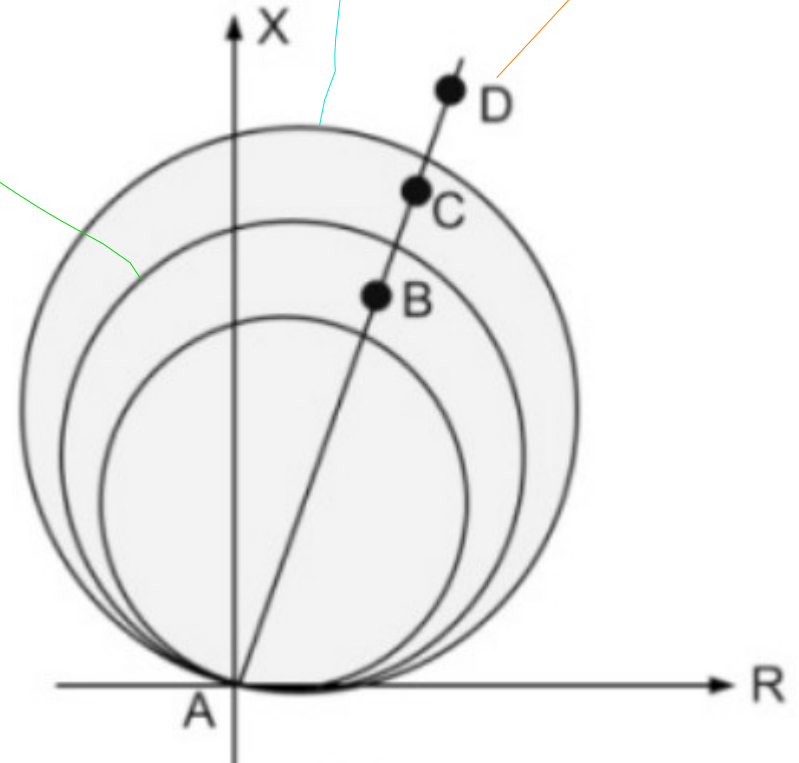


- Os fasores de tensão e corrente utilizados pelo relé de distância também podem ser empregados no cálculo da **direção do fluxo de potência** do curto-circuito ( $\pm P_{CC} \pm jQ_{CC}$ )

# Exemplo 1 - relé de admitância

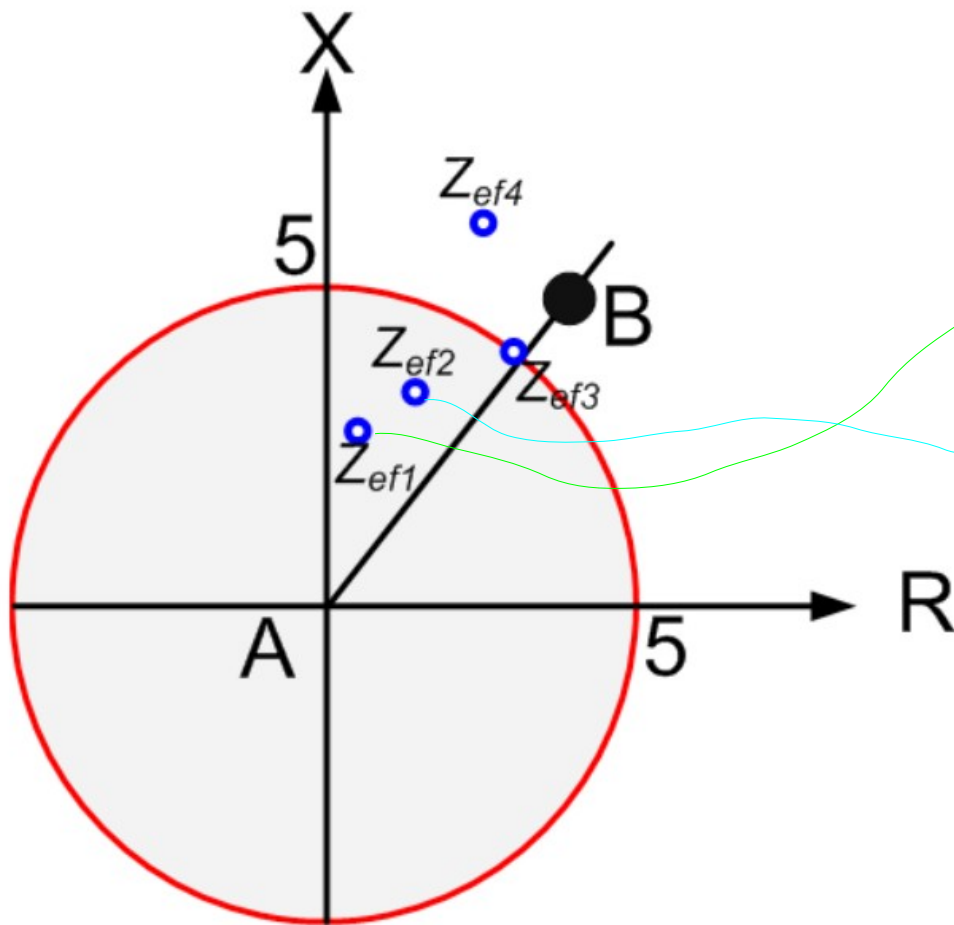


- $t_n$ : tempos de atuação
- %: % do comprimento da LT
- relé de admitância na zona 1





## Exemplo 2 - relé de impedância



	$Z_{ef}$
1	$0,5 + j2,7\Omega$
2	$1,3 - j4,2\Omega$
3	$3,0 + j4,0\Omega$
4	$2,5 + j6,0\Omega$
5	$9,0 + j16\Omega$

Valores de  $Z_{ef}$  para análise  
da operação do relé



# Relé de fio piloto (“Pilot Wire”)



7PG21 Solkor R/Rf Pilot Wire Current Differential Protection

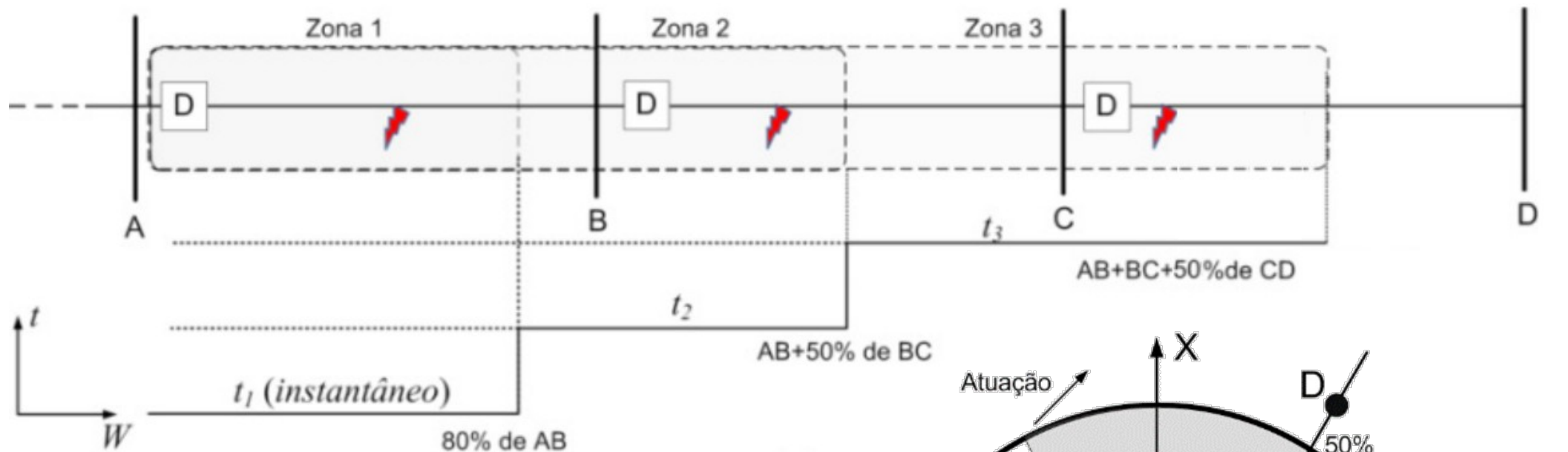
# Relé de fio piloto

- Rápida proteção da LT usando **comunicação remota** e comparação
- 2 tipos de esquemas de proteção:
  - **comparação de fases**: comparação da fase de I nas 2 pontas
  - **comparação direcional**: um relé mestre que aciona um relé escravo
- Monitoram o sentido e localização da falta usando fasores de V e I, similar aos relés de distância e direcional
- Soma algébrica de todas as I que entram e saem da LT = 0
- A comparação do ângulo das fases pode ser:
  - particionado: usa o ângulo de cada uma das 3 fases
  - combinado: um único parâmetro combinando as 3 fases

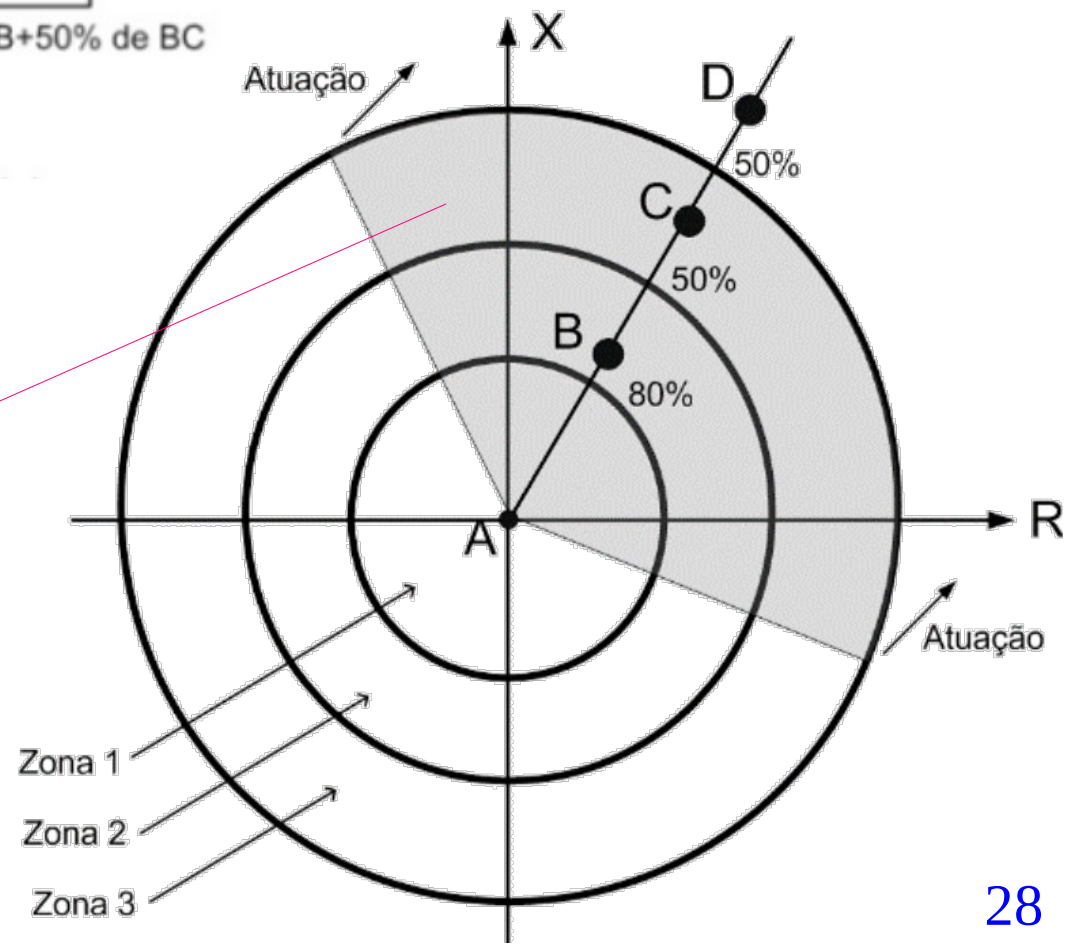
# Caso da compensação série capacitiva

- Um compensador série é um equipamento composto por reatores e capacitores controlados por tiristores, cuja função é aumentar ou diminuir a reatância da linha e controlar o fluxo de potência
- A impedância do compensador pode causar dificuldade de detecção da falta
- Esquema de **comparação de fases**: é feita a comparação das **fases da correntes** nas pontas, sendo adequado no caso da compensação
- Esquema de **comparação direcional**: exige o prévio conhecimento dos **fasores de tensão**, e pode ser afetado pela compensação

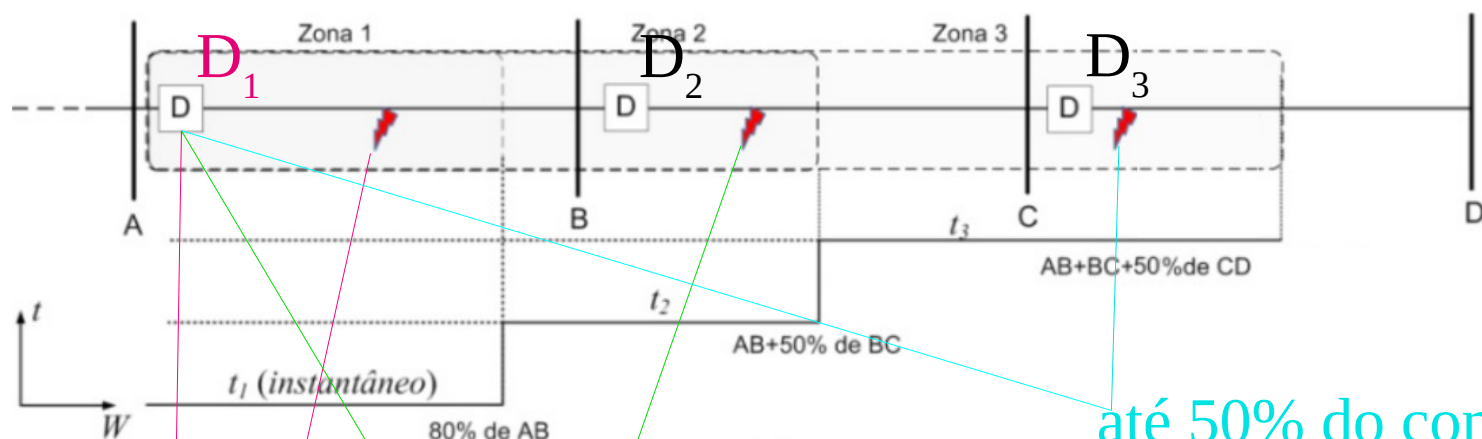
# Relé de distância tipo impedância com elemento direcional



- cinza: direcional, atua quando o fluxo de potência do curto-circuito aponta da direção da zona 1 para a 3



# Relé de distância tipo impedância com elemento direcional

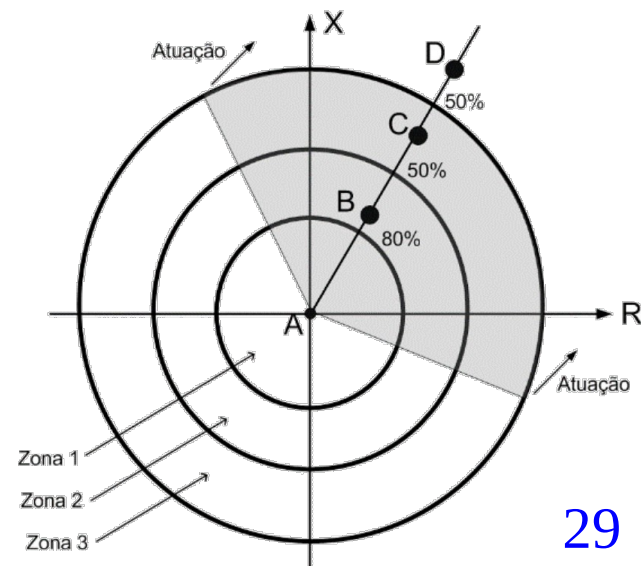


até 50% do compr. da LT,  
entre C e D (zona 3),  
 $D_1$  espera um tempo  $t_3$  para operar

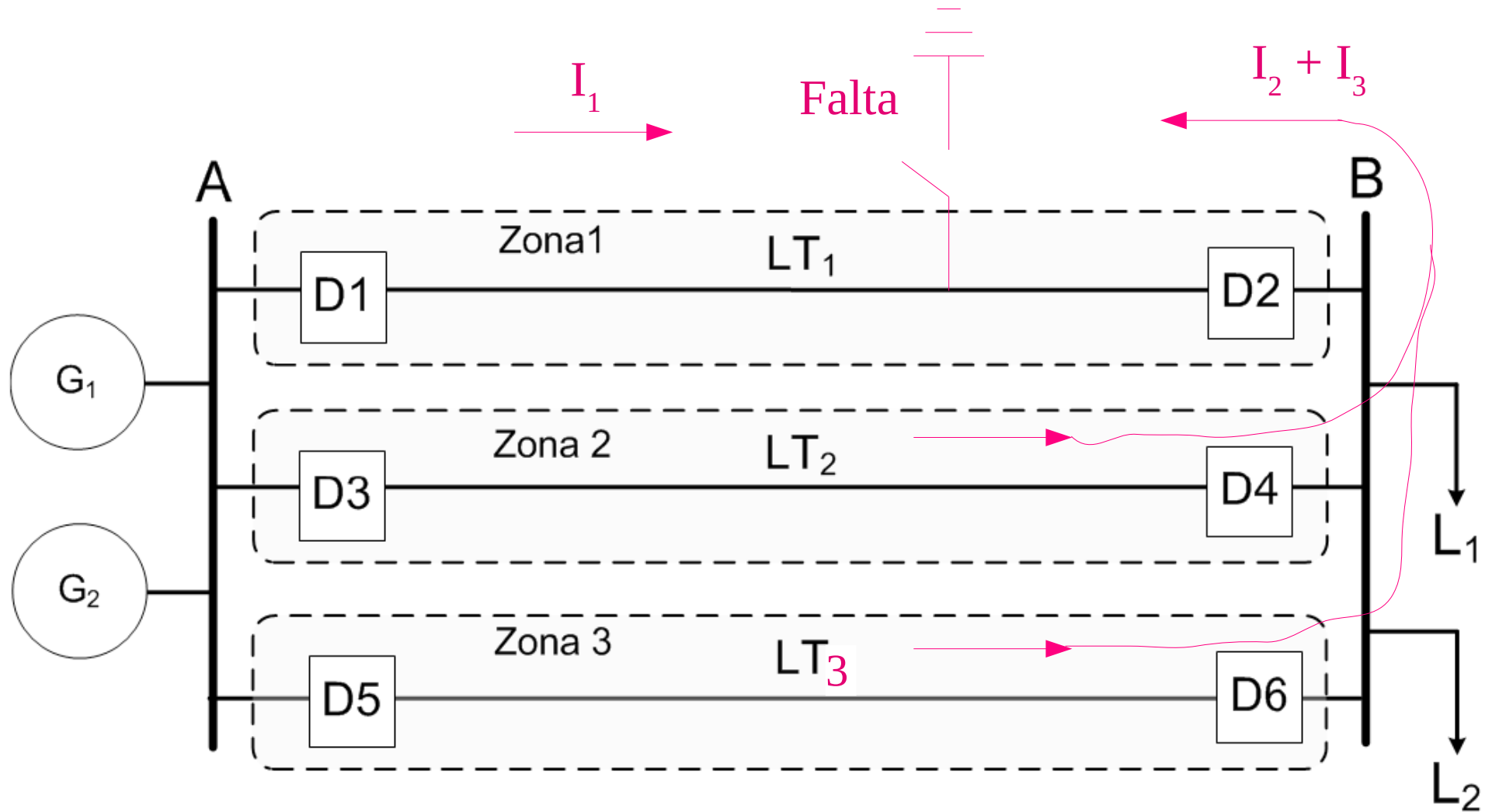
(proteção de retaguarda)

até 50% do compr. da LT,  
entre B e C (zona 2),  
 $D_1$  espera um tempo  $t_2$  para operar

até 80% do barramento A-B (zona 1),  
 $D_1$  atua instantaneamente

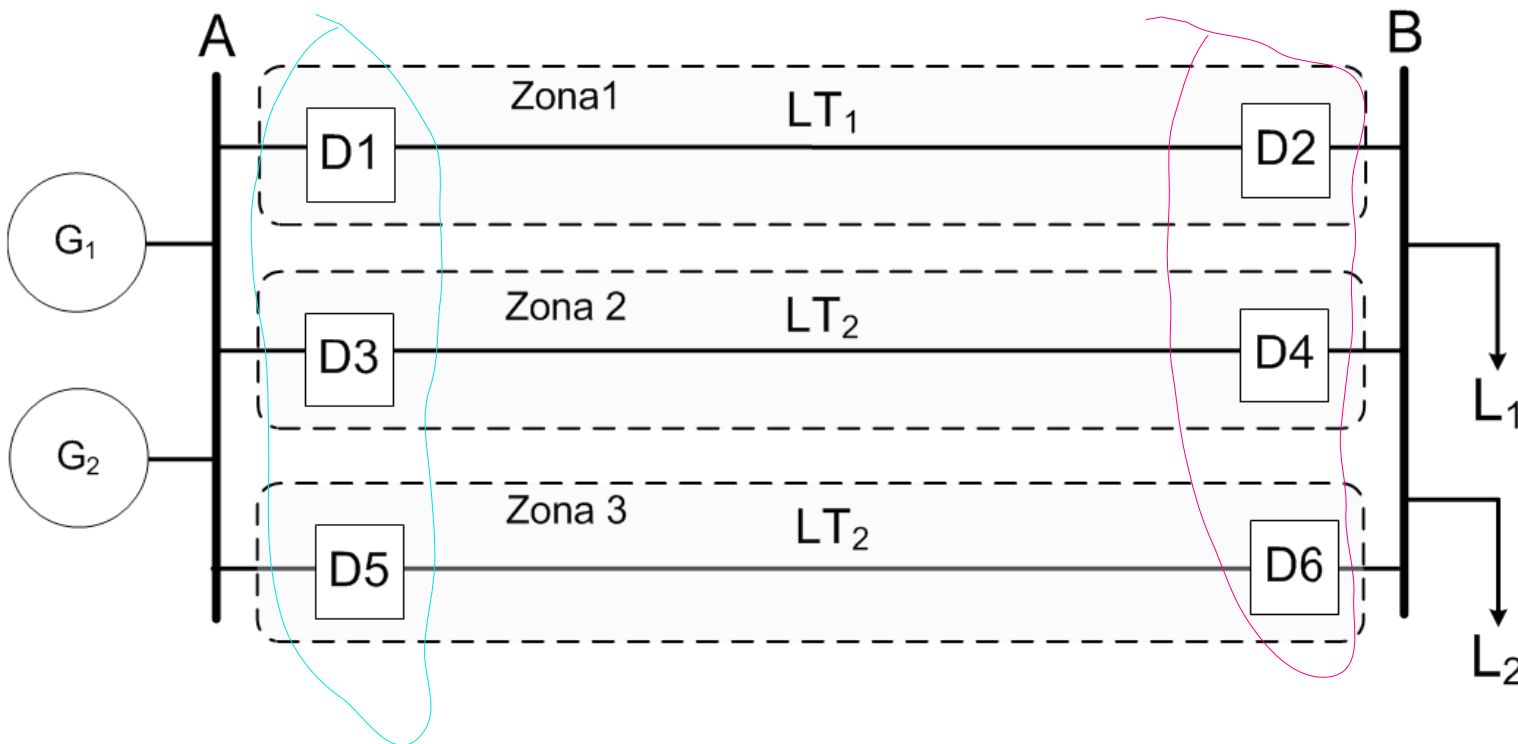


# Proteção de múltiplas LT em paralelo



- a corrente inverte em D2
- candidato a relé direcional

# Proteção de múltiplas LT em paralelo



- não precisam ser direcionais
- pode ser de sobrecorrente (usas apenas TC)

devem ser  
direcionais