# Ochrany v PRE

Radek Hanuš

Pražská energetika, a.s.

# Ochrany elektroenergetických zařízení

- Monitorují provozní stav chráněného zařízení.
- Provádí zásah, pokud chráněný objekt přejde z normálního stavu do stavu poruchového.

# Poruchové stavy v rozvodu

- Zkraty
- Přetížení
- Přepětí
- Podpětí
- Pokles kmitočtu
- Zvýšení kmitočtu
- Zemní spojení

# Druhy a charakteristiky ochran

- Elektrické - sledují tyto veličiny: Proud, napětí, fázi, frekvenci, …

  Ochrany nadproudové, nad / podpěťové, impedanční - distanční, frekvenční, rozdílové, srovnávací

- Neelektrické - sledují např. tlak plynu, intenzitu světla, …

  Buchholzovo relé, záblesková ochrana

# Rozdělení ochran dle funkčního principu

| ***Ochrana*** | ***Sledovaná veličina*** |
|---|---|
| nadproudová | proud |
| napěťová | napětí |
| distanční | impedance |
| rozdílová | rozdíl proudů |
| srovnávací | rozdíl fáze proudů |
| wattová | činný výkon |
| jalová | jalový výkon |
| frekvenční | kmitočet |
| při nesymetrii | zpětný proud nebo napětí |

# Rozdělení ochran dle doby působení

- Mžiková
- Časově nezávislá
- Časově závislá

# Rozdělení ochran dle konstrukce

- Elektromechanická
- Tranzistorová (polovodičová)
- Digitální

# Rozdělení chráněného zařízení - obecně

- Generátory
- Motory
- Transformátory
- Přípojnice
- Vedení
- Kabely
- Troleje
- Vypínače

# Rozdělení chráněného zařízení v PRE

- Vedení 110 kV
- Rozvodny 110 kV
- Transformace 110/22 kV
- Rozvodny 22 kV
- Vedení 22 kV

# Chránění vedení 110 kV

# Chránění vedení 110 kV

- Kabelové vedení
  - Povinně - srovnávací a distanční ochrana
- Venkovní vedení
  - Povinně - distanční ochrana
  - Doplňkově - srovnávací nebo
    - další distanční ochrana

# Chránění vedení 110 kV

## Prostředky ke zvýšení spolehlivosti

- Hlavní a záložní cívky vypínače
- Automatika selhání vypínače
  - zpravidla integrována do distančních ochran
- Automatika opětného zapnutí
  - součástí distančních i srovnávacích ochran

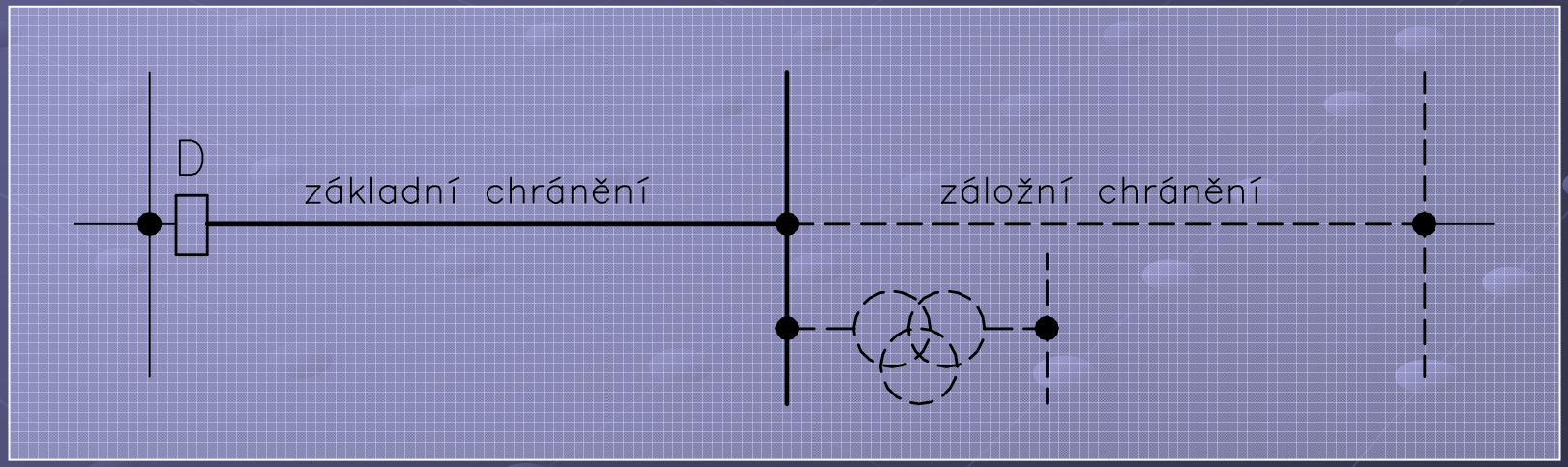
# Ochrany vedení 110 kV

# Princip distanční ochrany

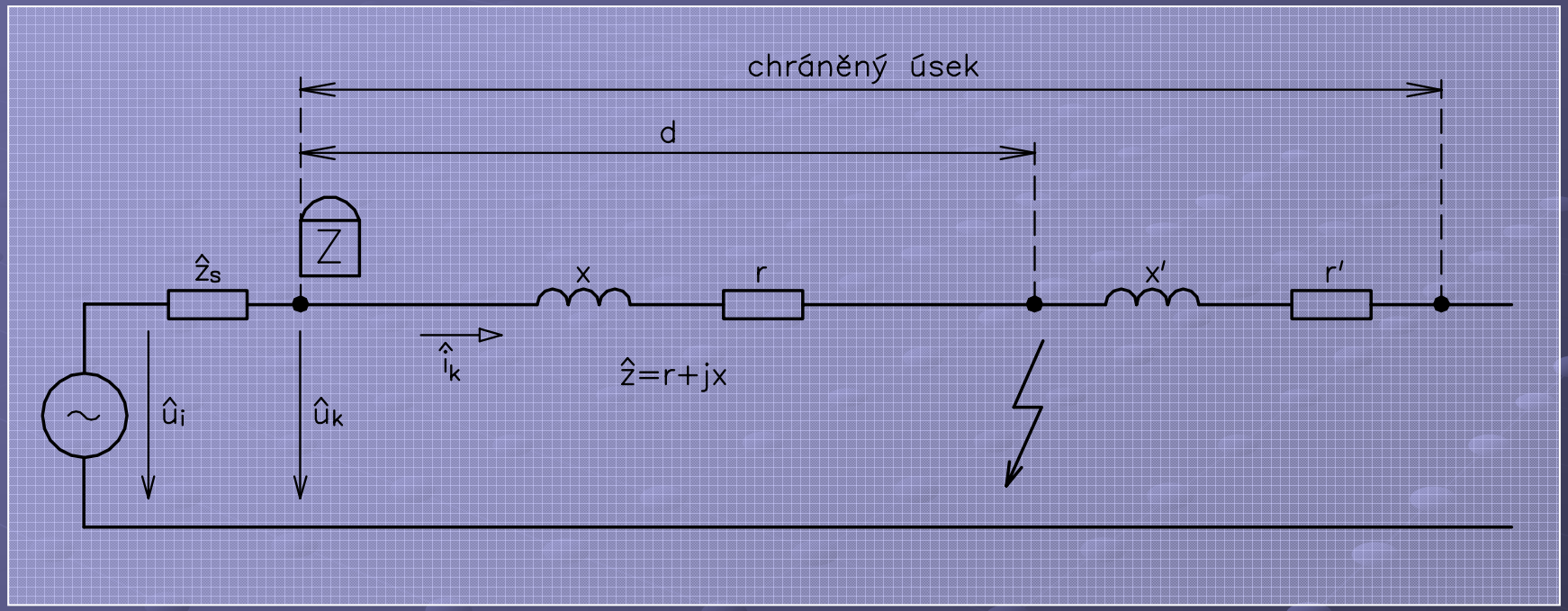
Distanční chránění je využíváno zejména pro chránění vedení zvn a vvn, výjimečně vn.

Výhody:

- selektivní nastavení
- vzdálené zálohování
- měření z jednoho místa

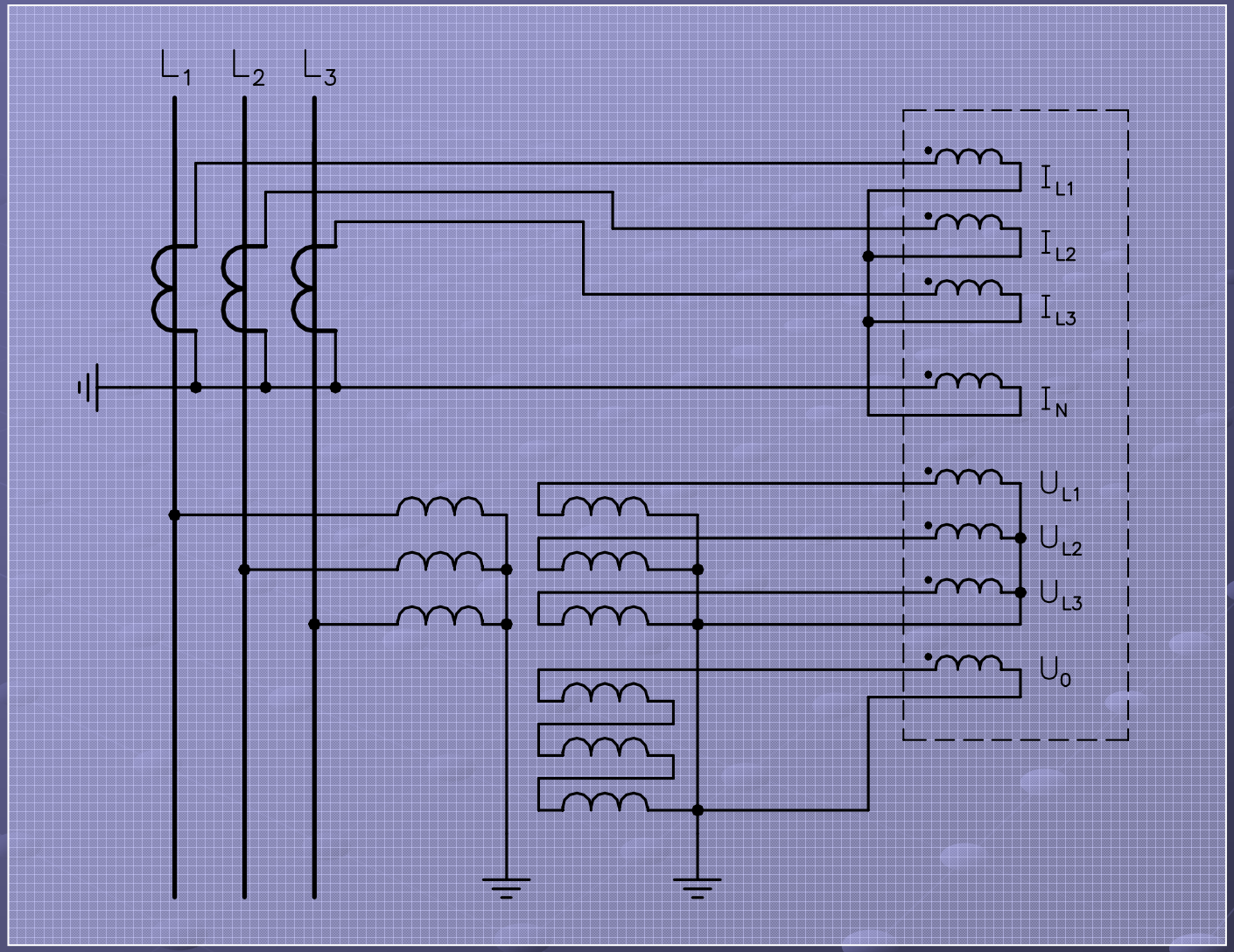


# Ochrany v PRE



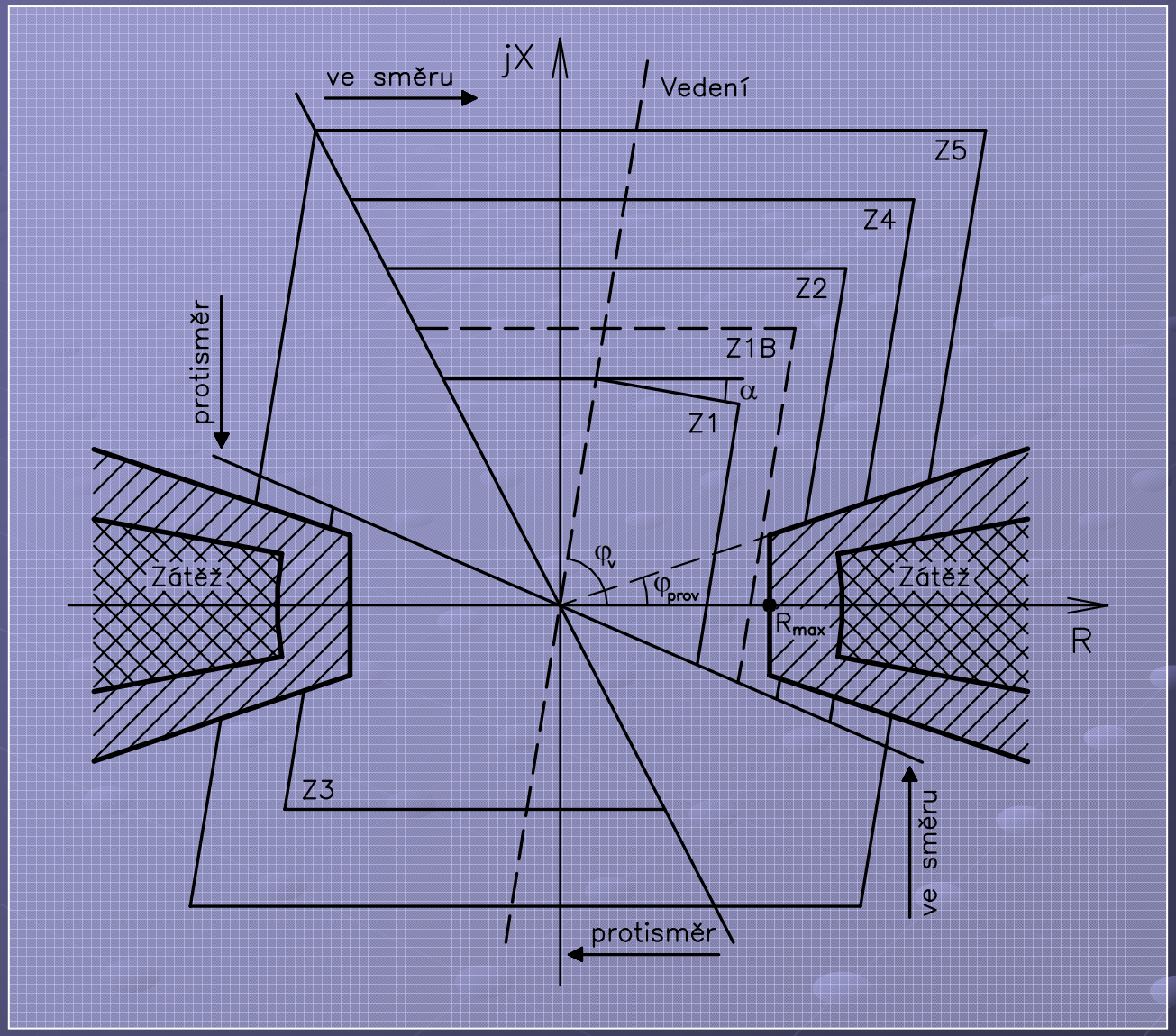

Veličiny $\hat{U}_k$ a $\hat{I}_k$ určují impedanci zkratové smyčky a tím i vzdálenost zkratu od ochrany.

# Ochrany v PRE



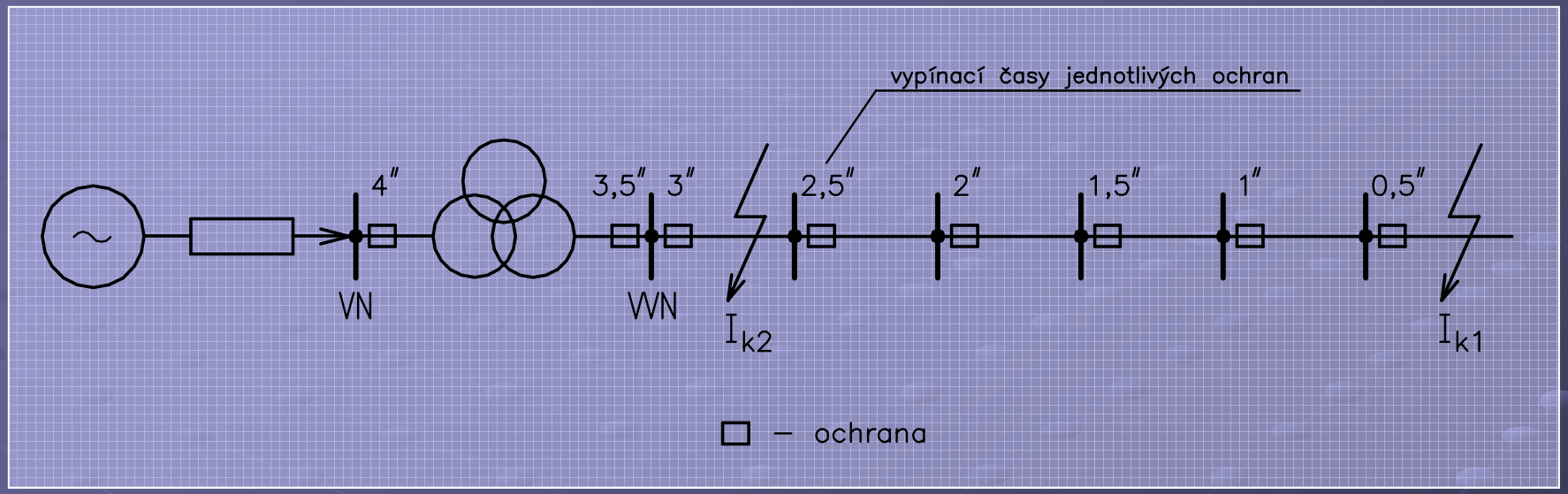

Připojení distanční ochrany k sekundárním obvodům přístrojových transformátorů

# Ochrany v PRE




Charakteristika digitální distanční ochrany

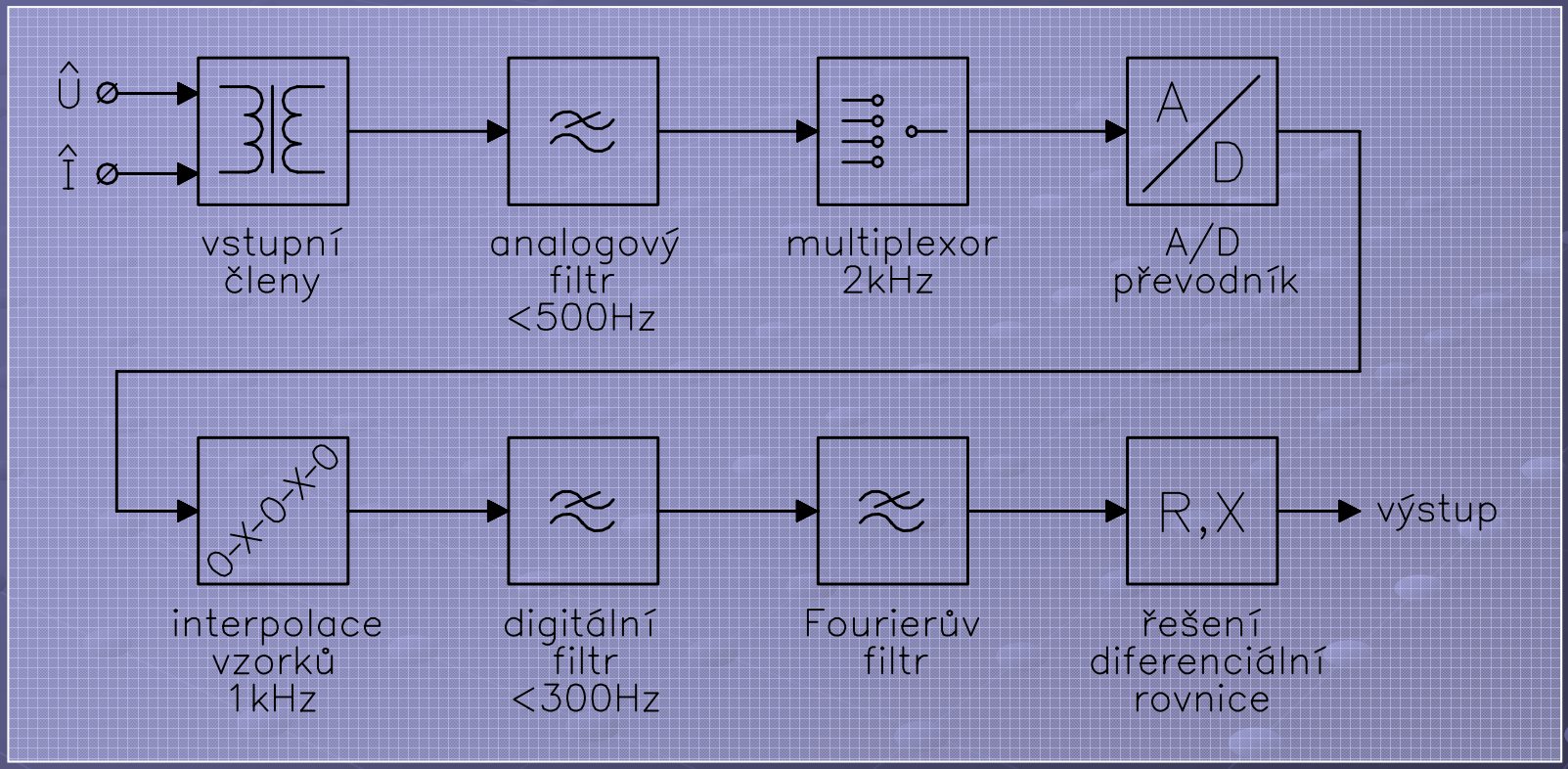
# Ochrany v PRE




Selektivita v síti chráněné nadproudovými ochranami

výhoda distančních ochran
- chránění v základním čase

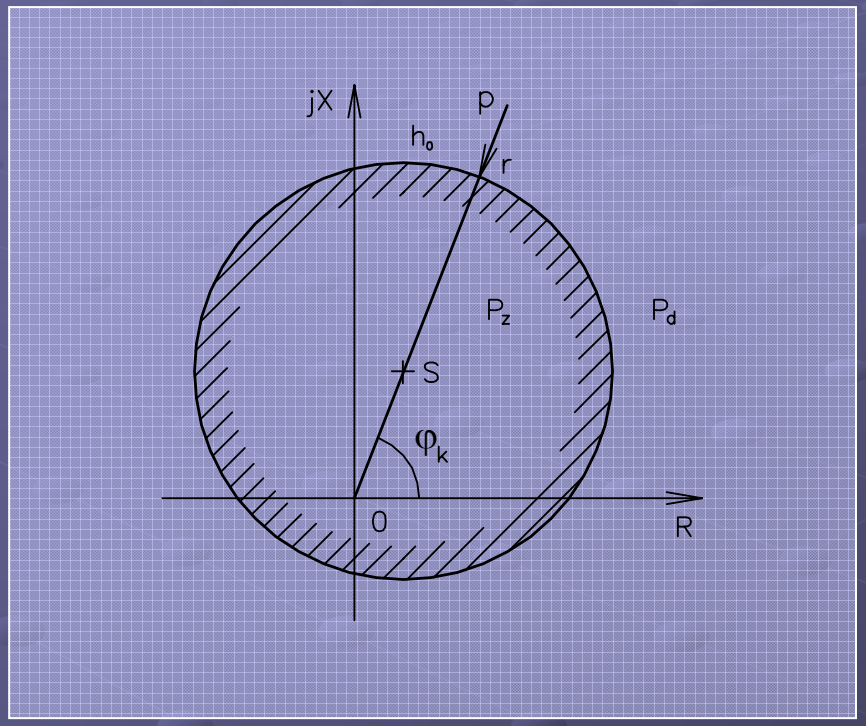
# Ochrany v PRE



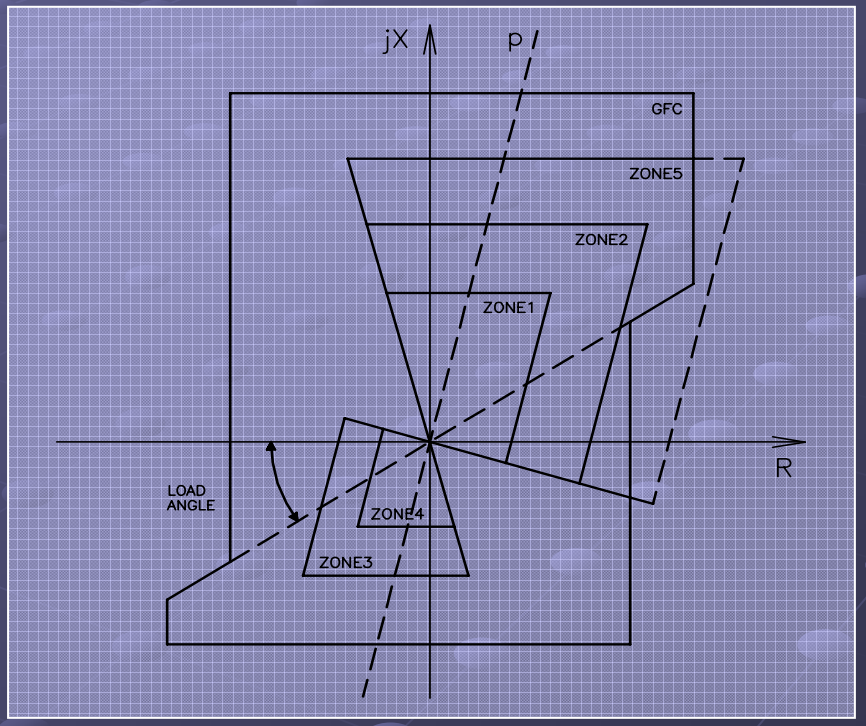

Blokové schéma digitální distanční ochrany

# Ochrany v PRE

$$\frac{x}{r} = tg\,\varphi_k = konst.$$

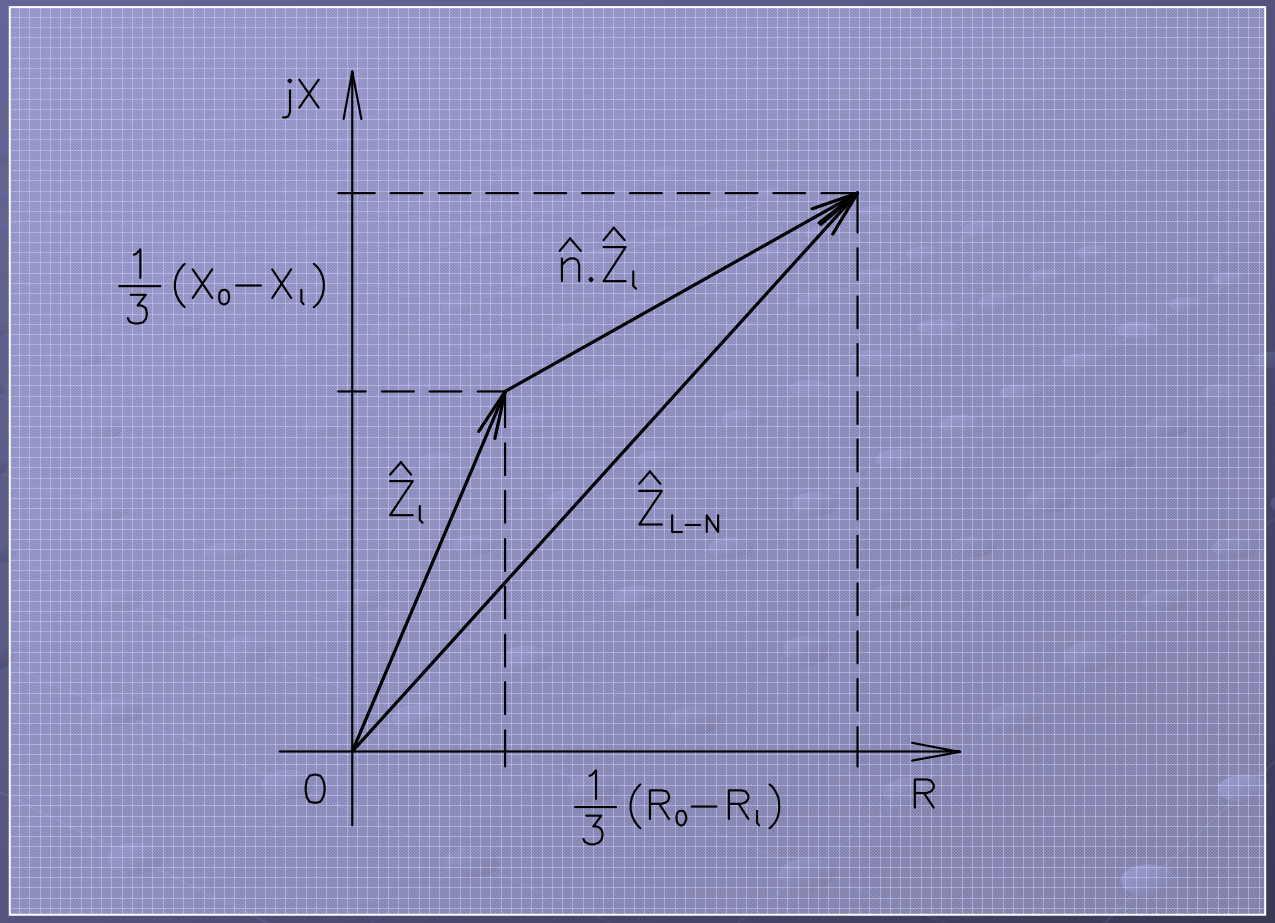



Vysunutá kruhová charakteristika „offset-mho“




Charakteristika digitální distanční ochrany ABB REL 511

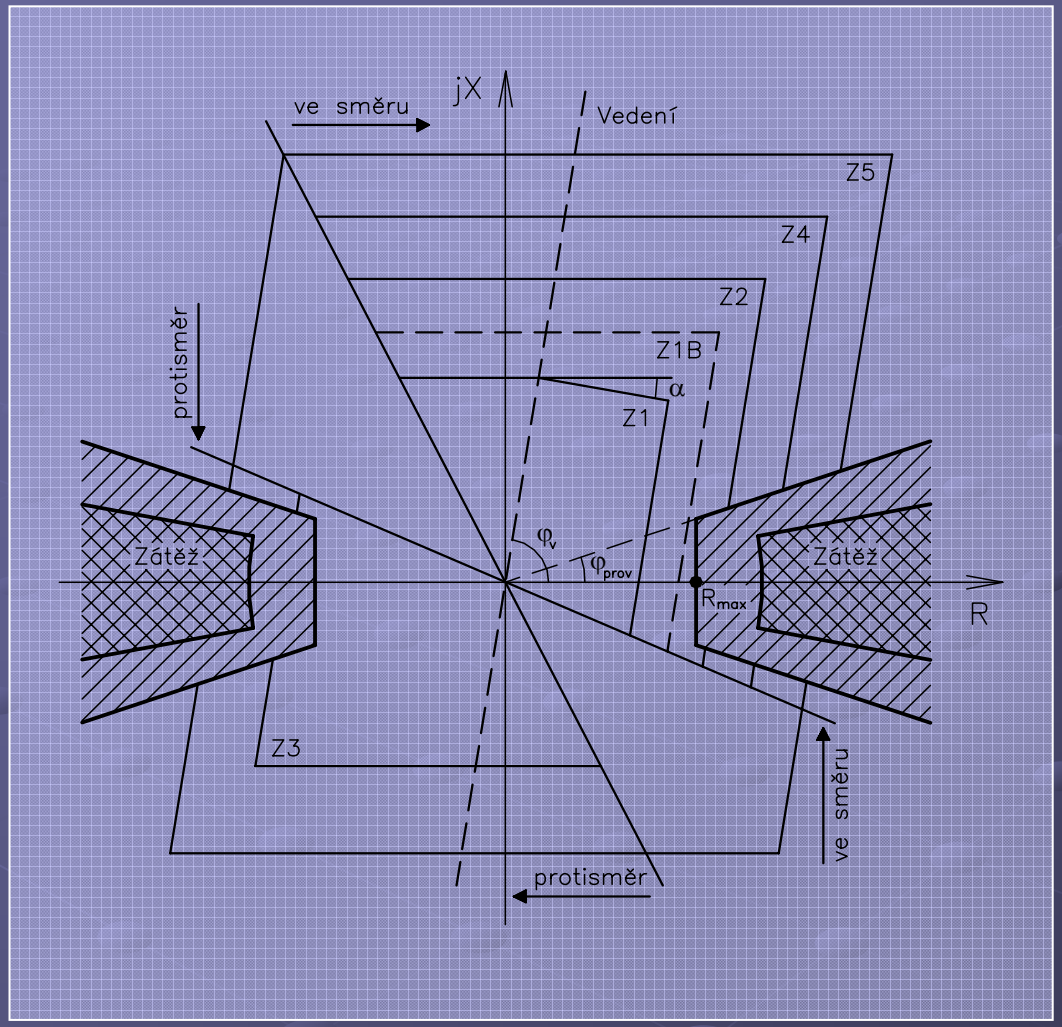
# Ochrany v PRE




Impedance viděná distanční ochranou při zemní poruše

Nutná kompenzace zemní cesty při jednofázových poruchách

# Ochrany v PRE




Provozní impedance
- zátěž

$$R_{prov} = \frac{U_{\min}}{\sqrt{3} \cdot I_{\max}}$$

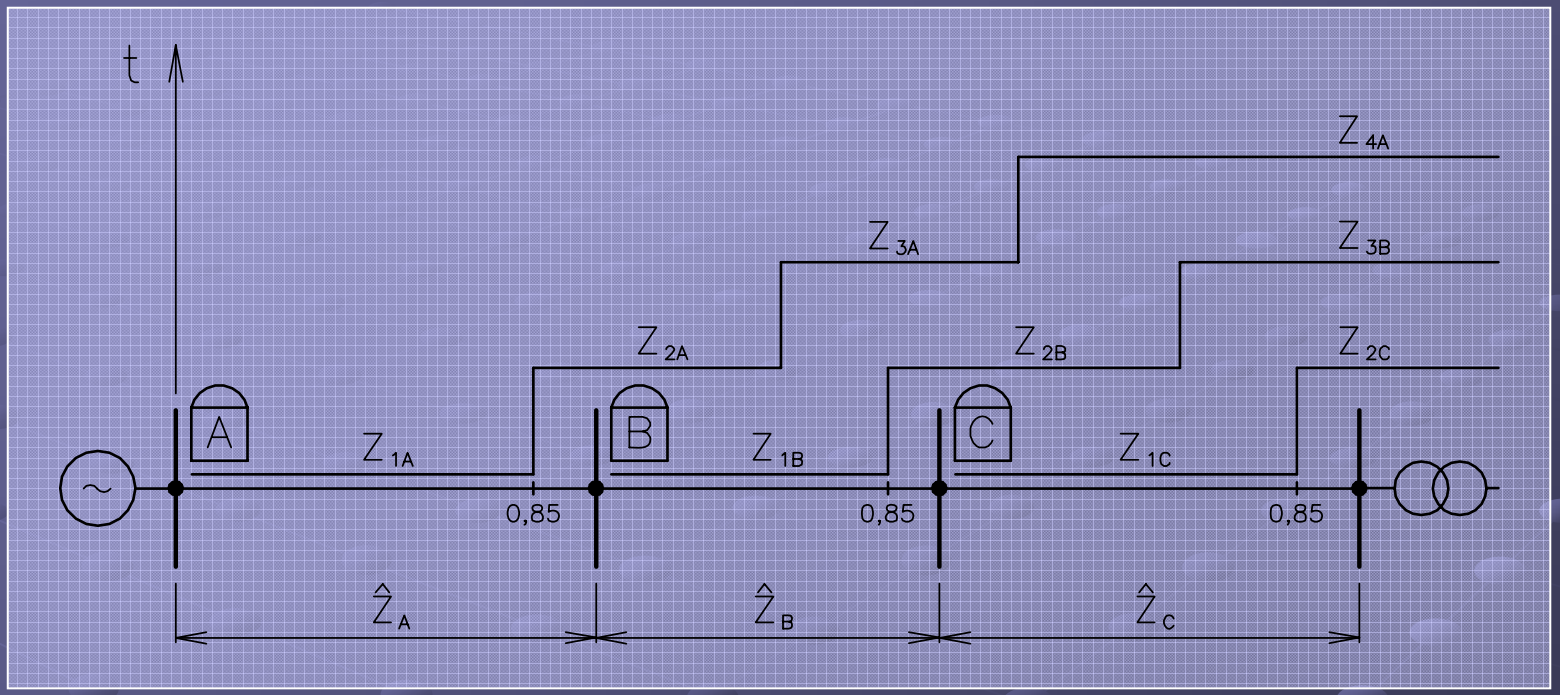
$$\varphi_{prov} = \arccos \frac{P}{S} =$$

$$= \arcsin \frac{Q}{S} = \arctan \frac{Q}{P}$$

Impedanční charakteristika distanční ochrany Siemens 7SA6

# Ochrany v PRE

## Nastavování distančních ochran



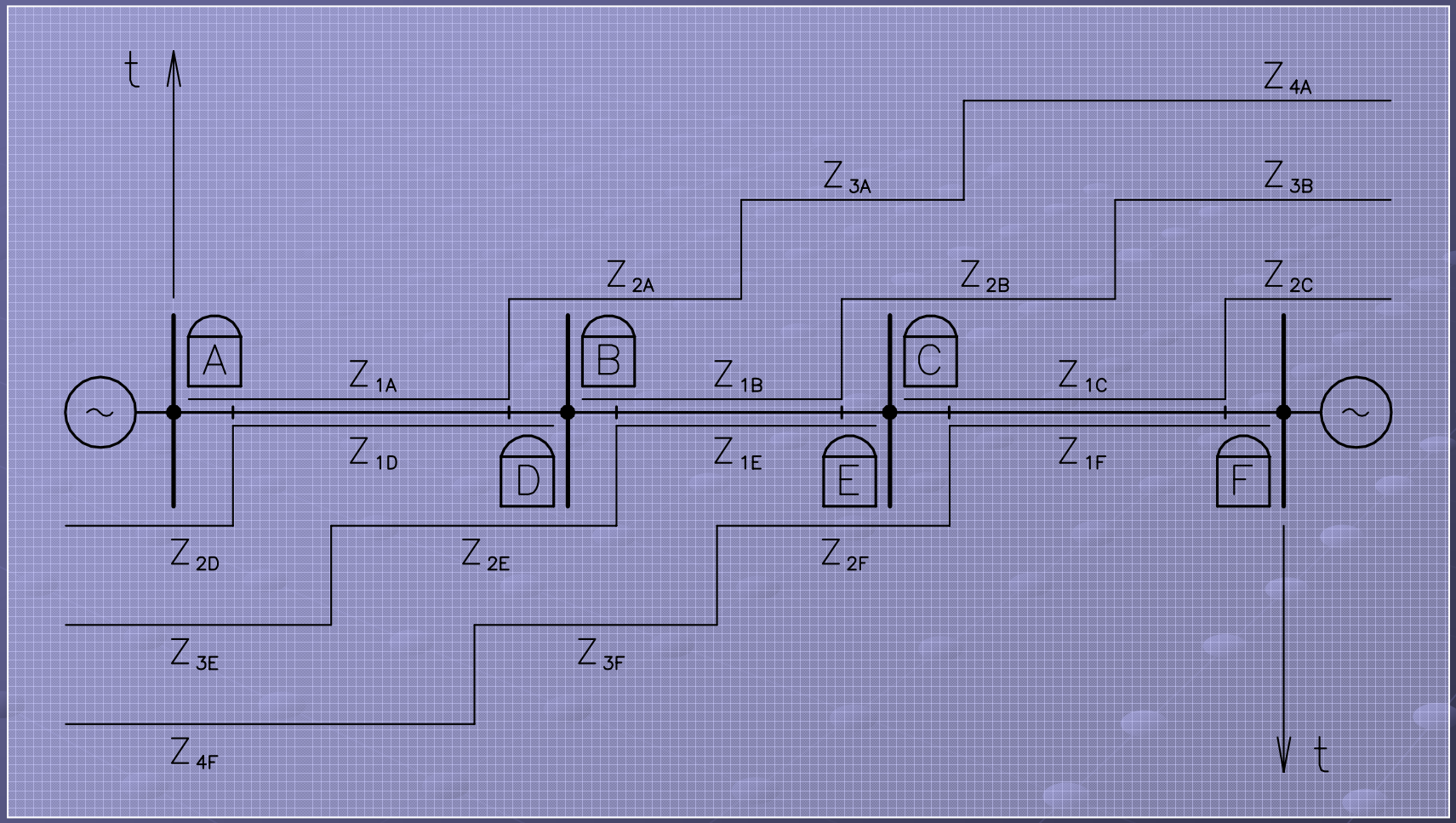

## Impedančně časové charakteristiky distančních ochran

$$\hat{Z}_{1A} = 0,85 \,.\, \hat{Z}_A$$

$$\hat{Z}_{2A} = 0,85 \,.\, \left(\hat{Z}_A + \hat{Z}_{1B}\right) = 0,85 \,.\, \left(\hat{Z}_A + 0,85 \,.\, \hat{Z}_B\right)$$

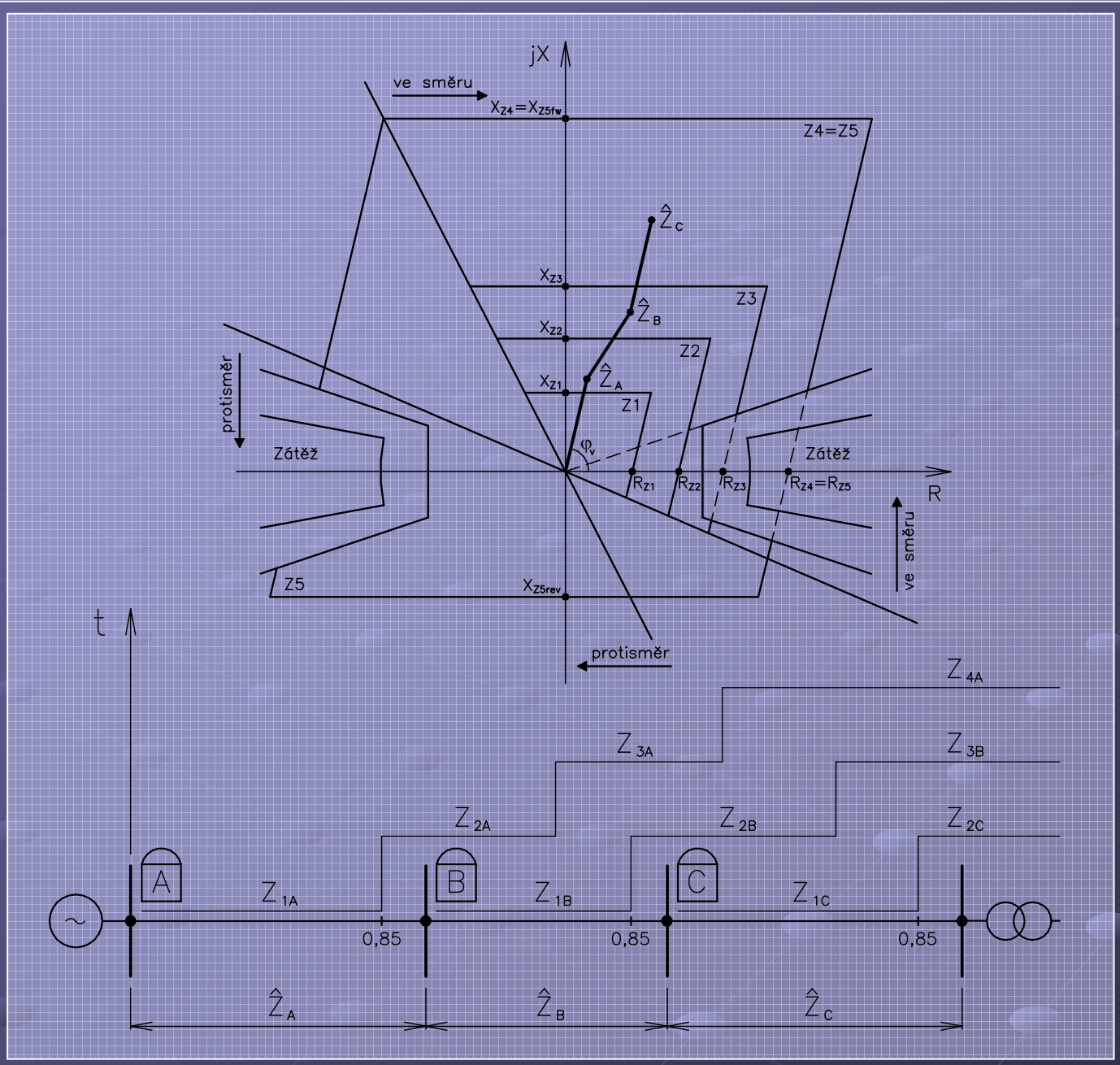
$$\hat{Z}_{3A} = 0,85 \,.\, \left(\hat{Z}_A + \hat{Z}_{2B}\right) = 0,85 \,.\, \left(\hat{Z}_A + 0,85 \,.\, \left(\hat{Z}_B + 0,85 \,.\, \hat{Z}_C\right)\right)$$

# Ochrany v PRE

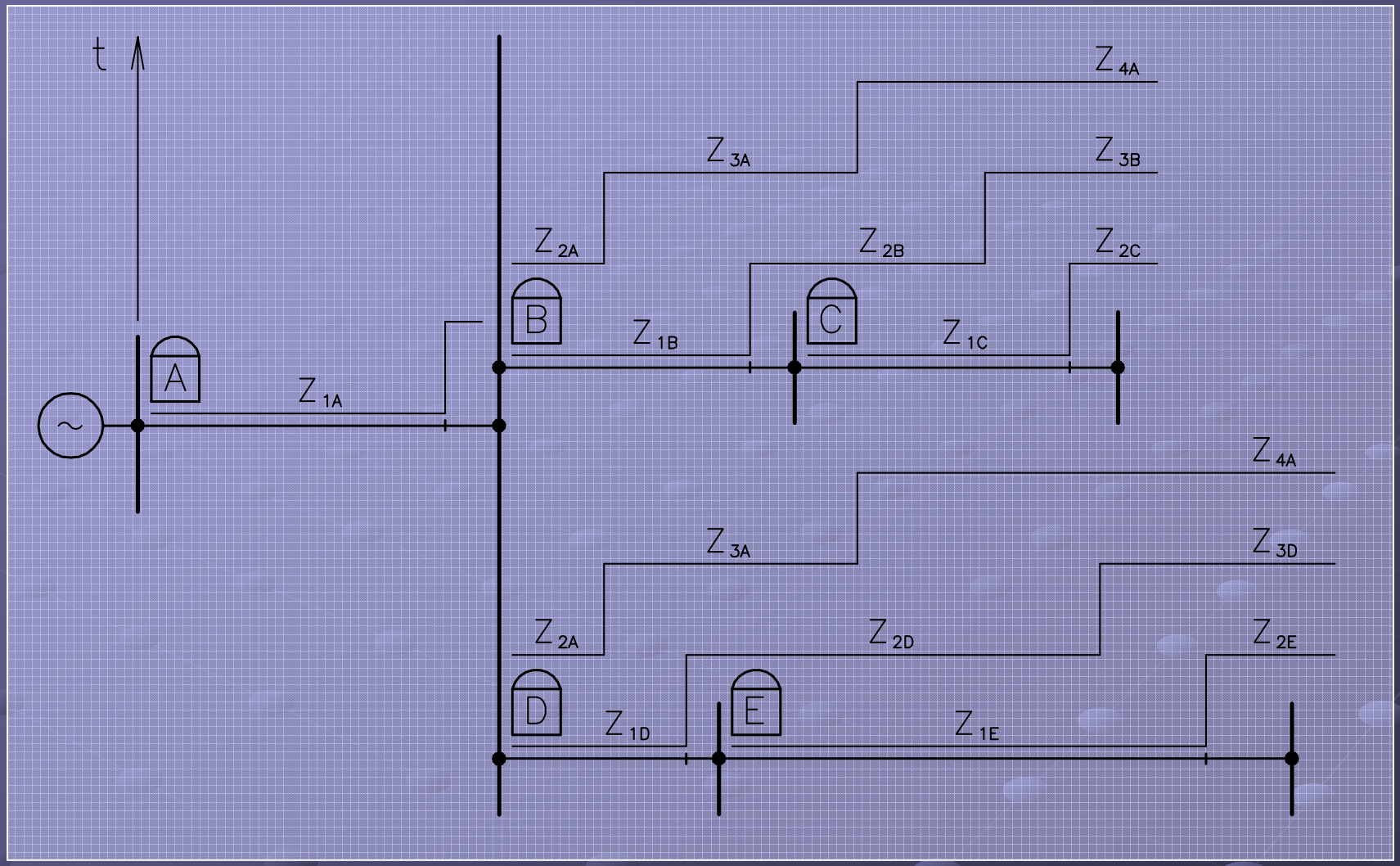



Impedančně časové charakteristiky distančních ochran – oboustranně napájená síť

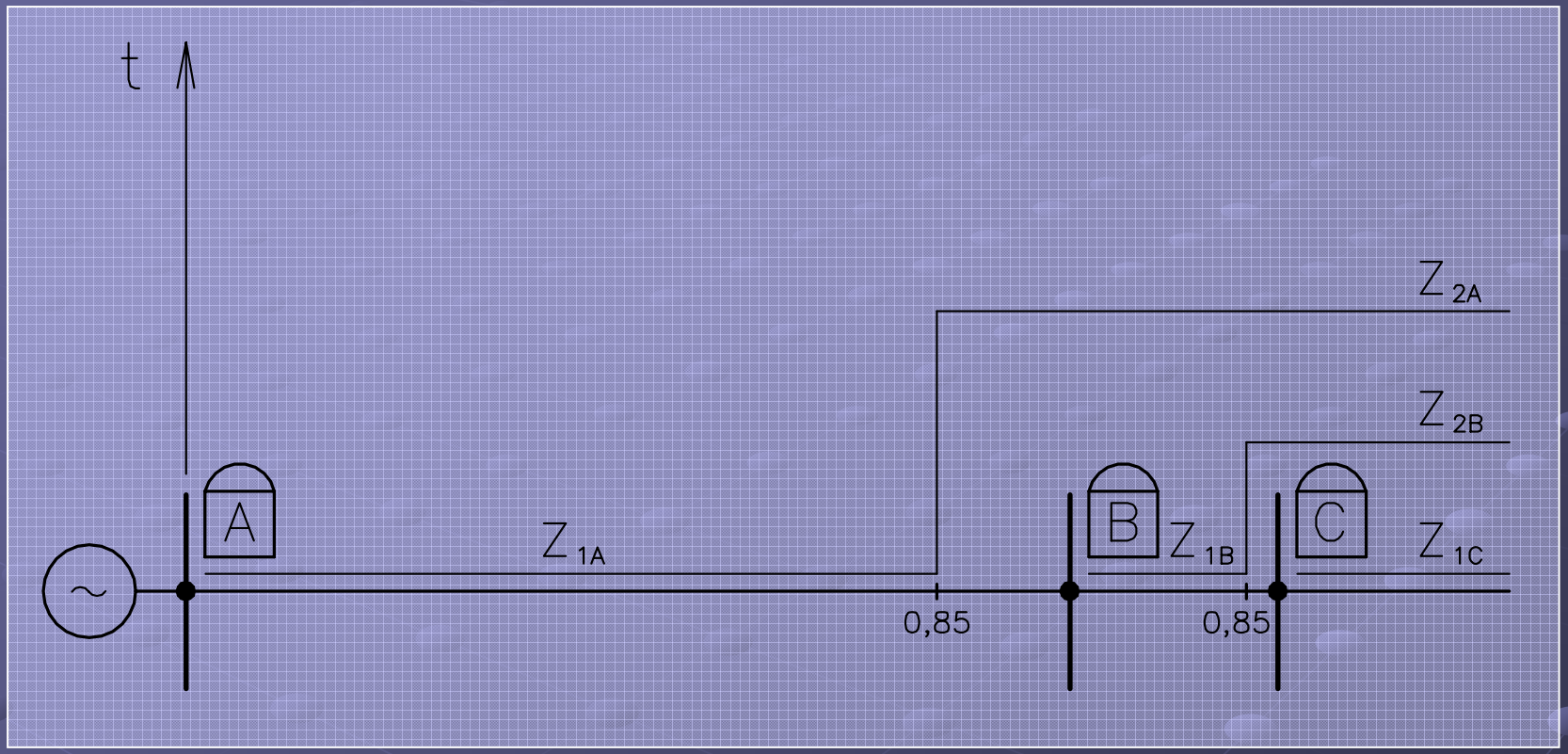
# Ochrany v PRE



# Ochrany v PRE

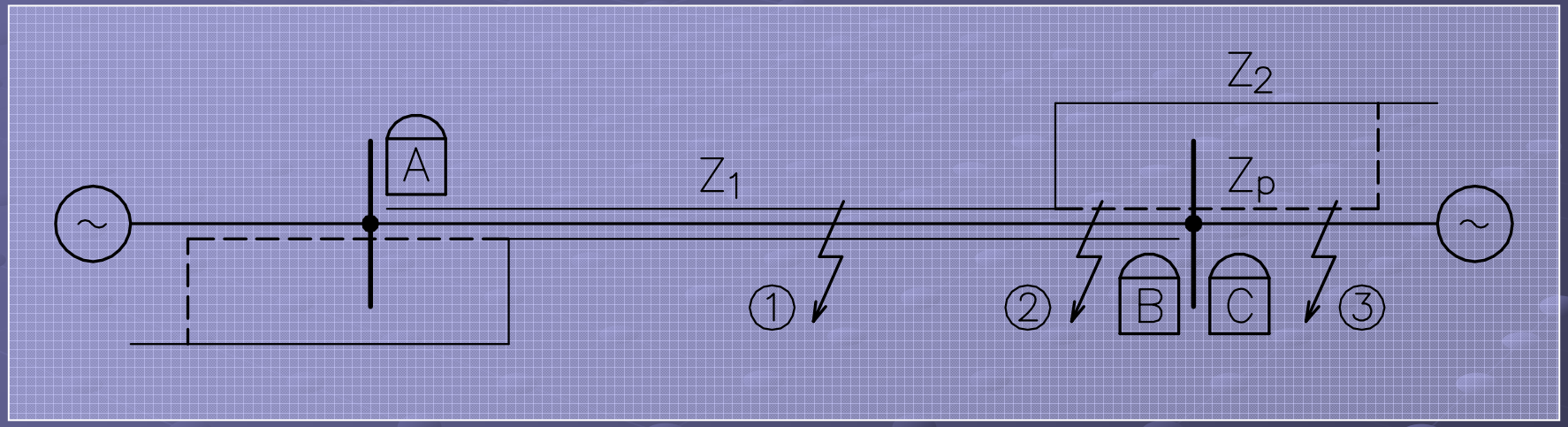


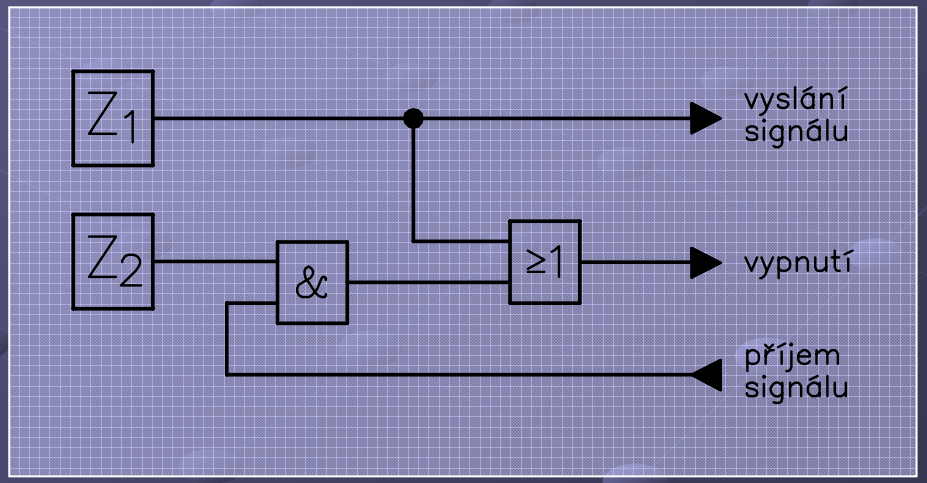

Základní pravidla pro nastavování distančních ochran




Základní pravidla pro nastavování distančních ochran

# Strhávání charakteristik distančních ochran



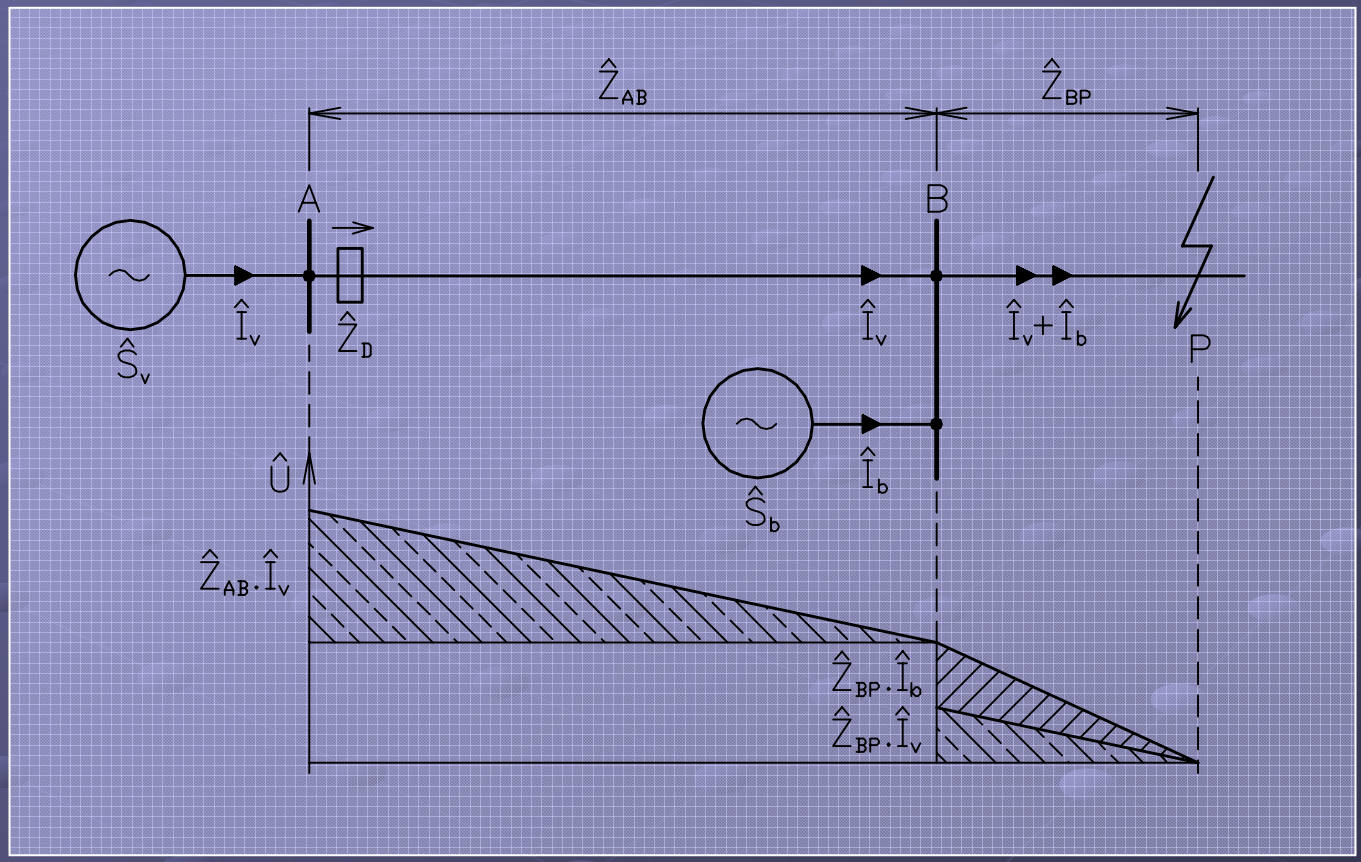



# Ochrany v PRE

Správné měření, určení druhu a vzdálenosti poruchy distanční ochranou či lokátorem poruch je do určité míry ovlivněno následujícími negativními specifickými vlivy:

- Boční napájení
- Impedanční nesymetrie přenosových a distribučních sítí
  - neprovádění transpozic vodičů
  - instalace vodivějších zemnících lan
- Paralelní vlivy
- Vliv odporu poruchy
- Kývání elektráren
- Chránění T odboček

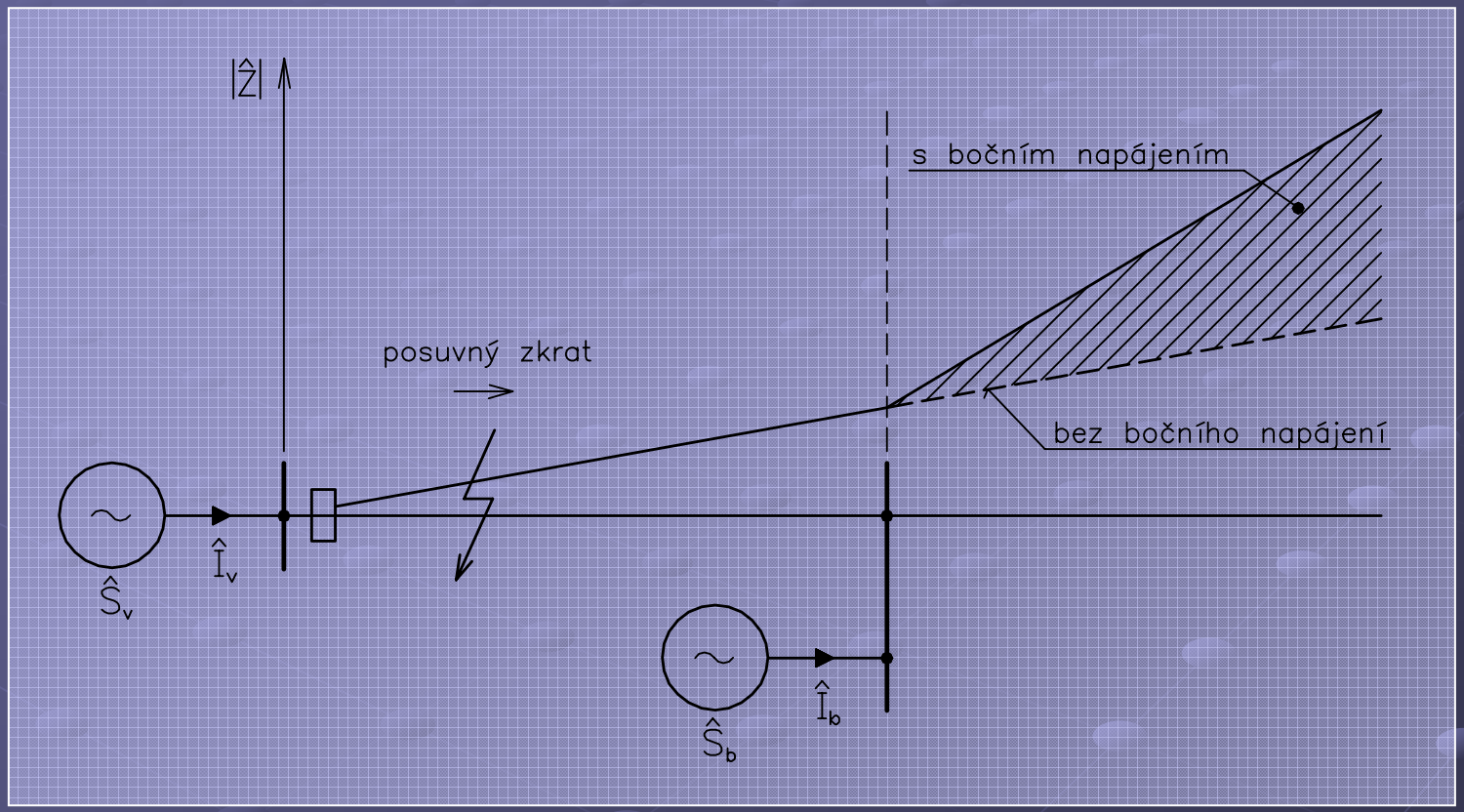
## Boční napájení




Zkrat na vedení s bočním napájením

# Ochrany v PRE

$$\hat{Z}_D = \frac{\hat{U}_A}{\hat{I}_v} = \hat{Z}_{AB} + \hat{Z}_{BP} + \frac{\hat{I}_b}{\hat{I}_v} . \hat{Z}_{BP}$$




Průběh měřené impedance ochranou při posuvném zkratu

# Ochrany v PRE

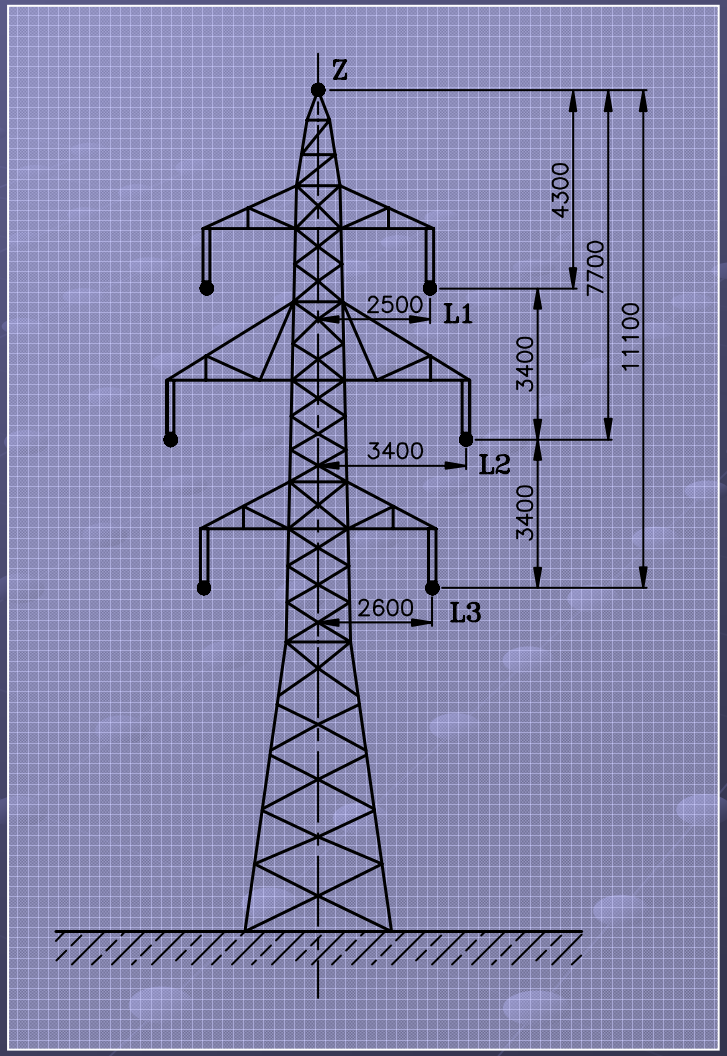
Podélné parametry vedení:

- vlastní
- složkové

Pro nastavení ochran a lokátorů:

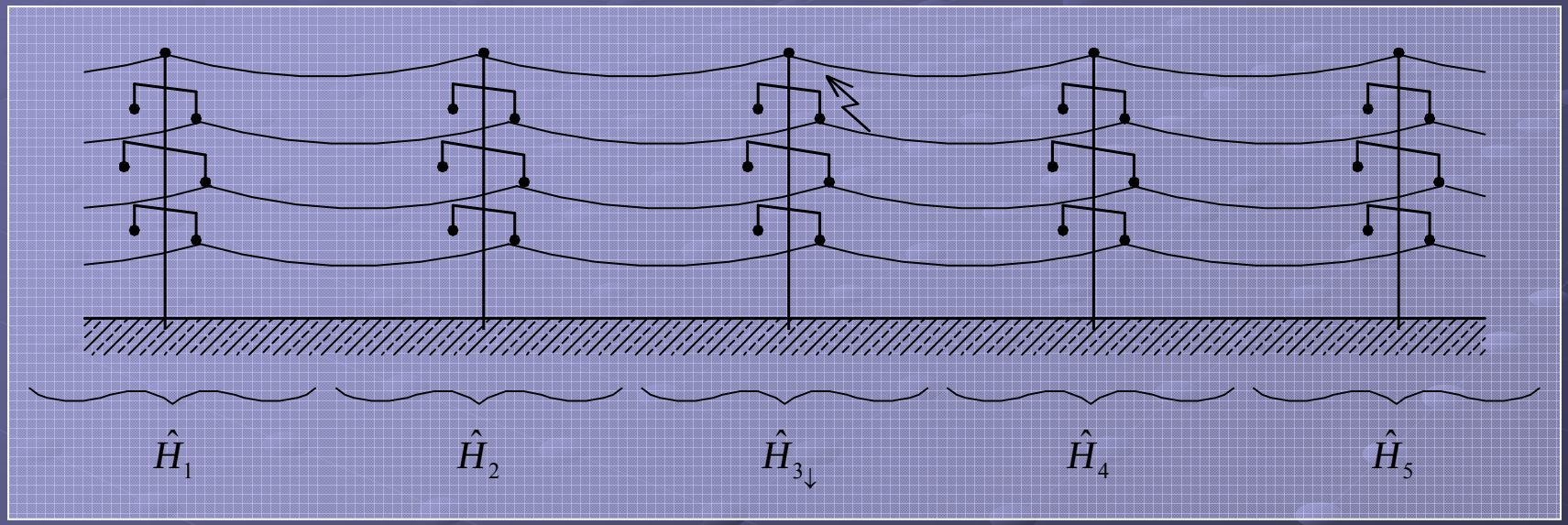
Složkové parametry

- Neprovádění transpozic vodičů
- Instalace vodivějších zemnících lan



# Ochrany v PRE

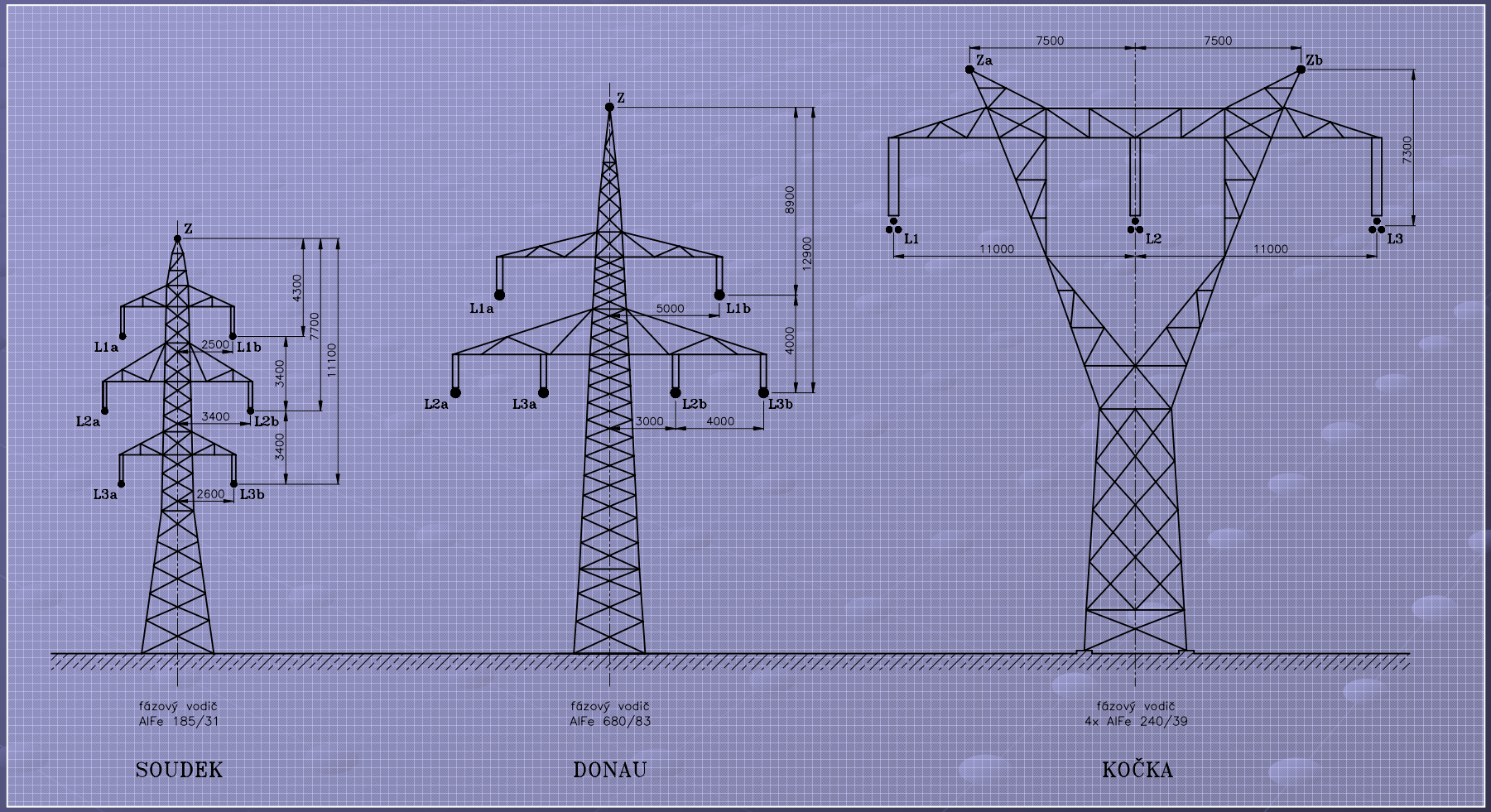
## Vedení složené z rozdílných úseků



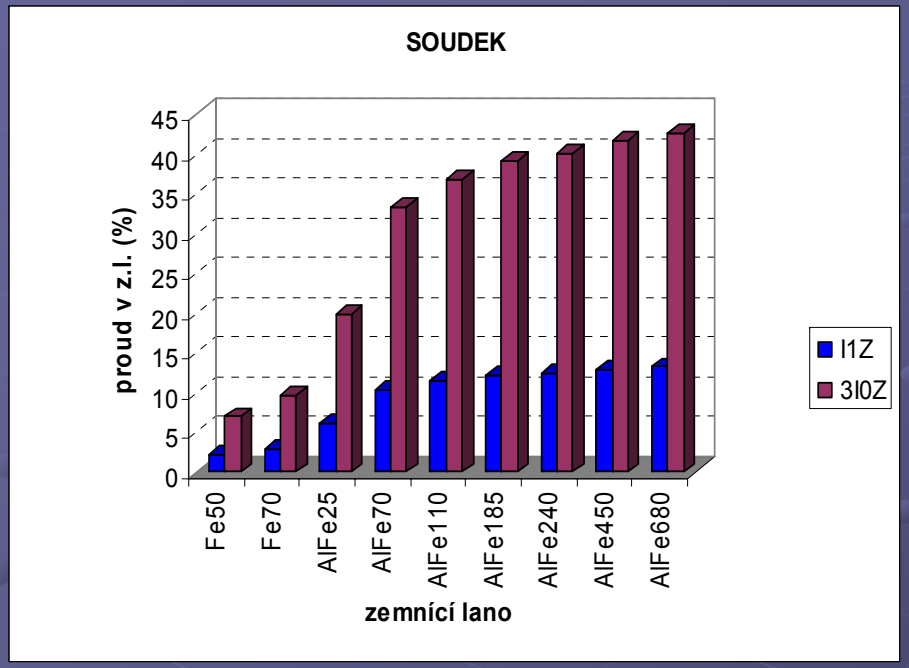

Jiný typ: Fázového vodiče, stožáru, zemnícího lana, rezistivity země.

# Ochrany v PRE

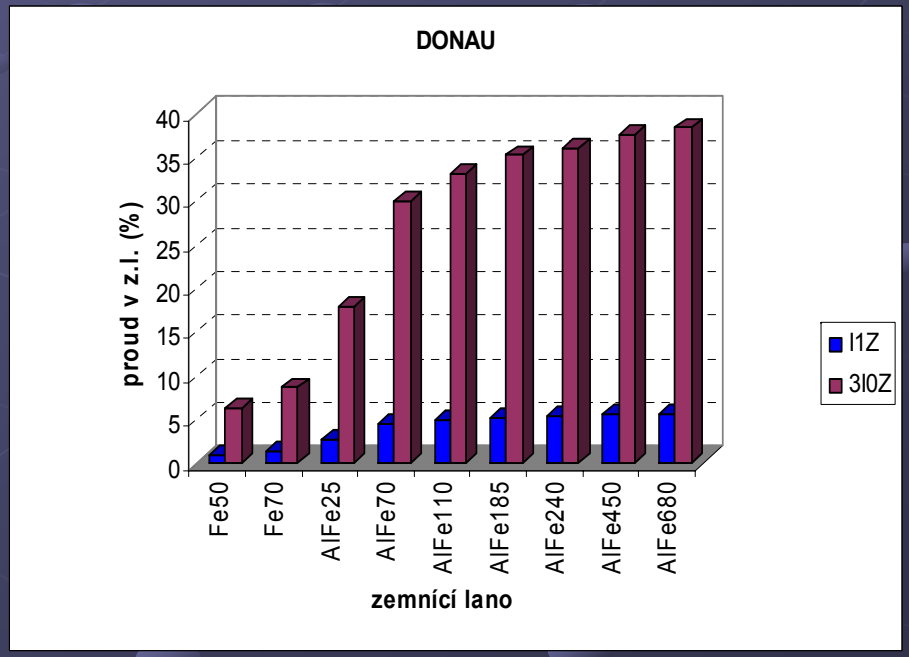
Typy stožárů vedení vvn a zvn:



# Ochrany v PRE

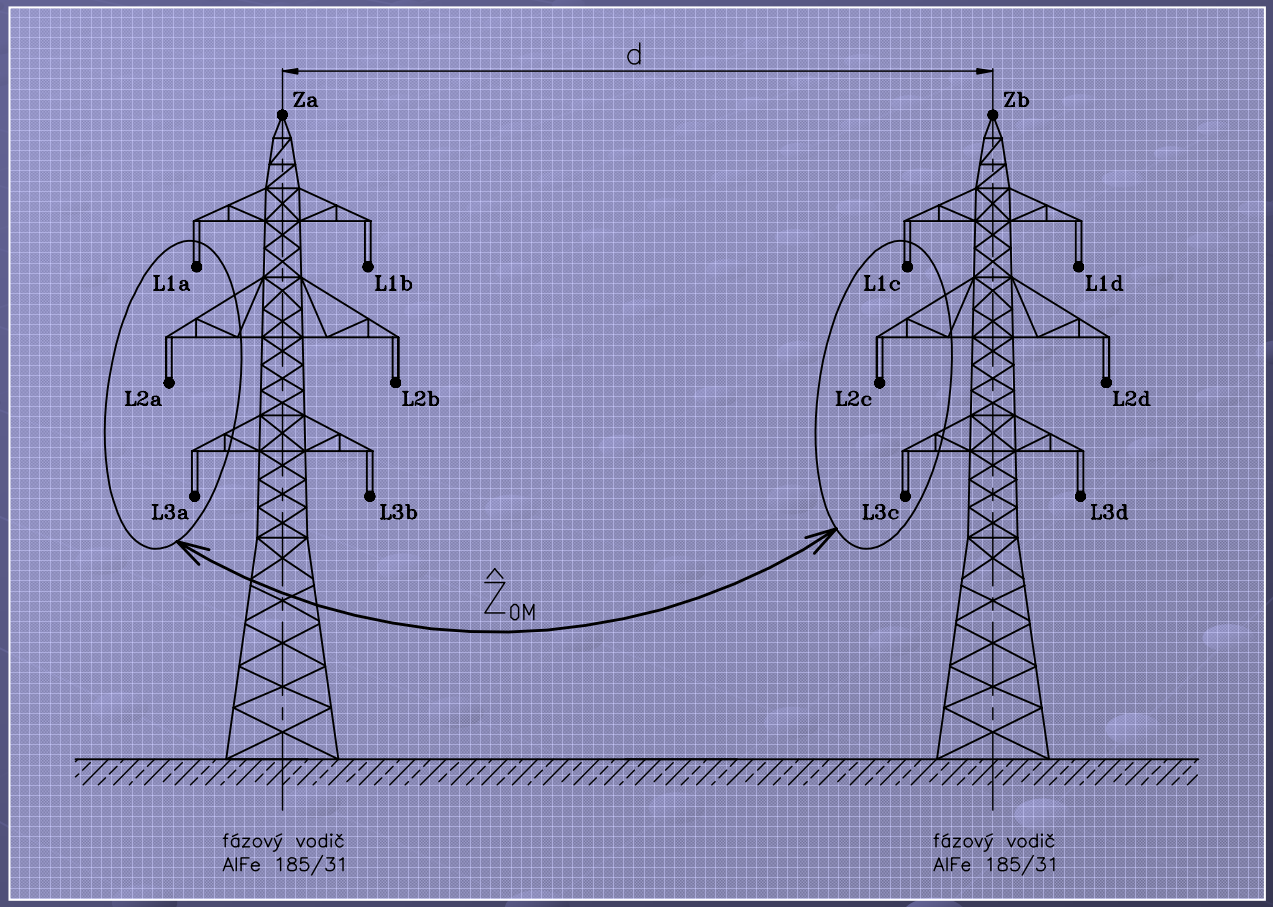



Závislost proudu tekoucího zemnícím lanem na typu zemnícího lana pro stožár „Soudek“ a „Donau“




Velikost proudu tekoucího fázovým vodičem je 100%. Proud I1Z je proud v zemnícím lanu, který je indukován od sousledné složky proudu protékající fázovými vodiči. Proud 3I0Z představuje proud tekoucího zemnícím lanem při jednofázové zemní poruše.

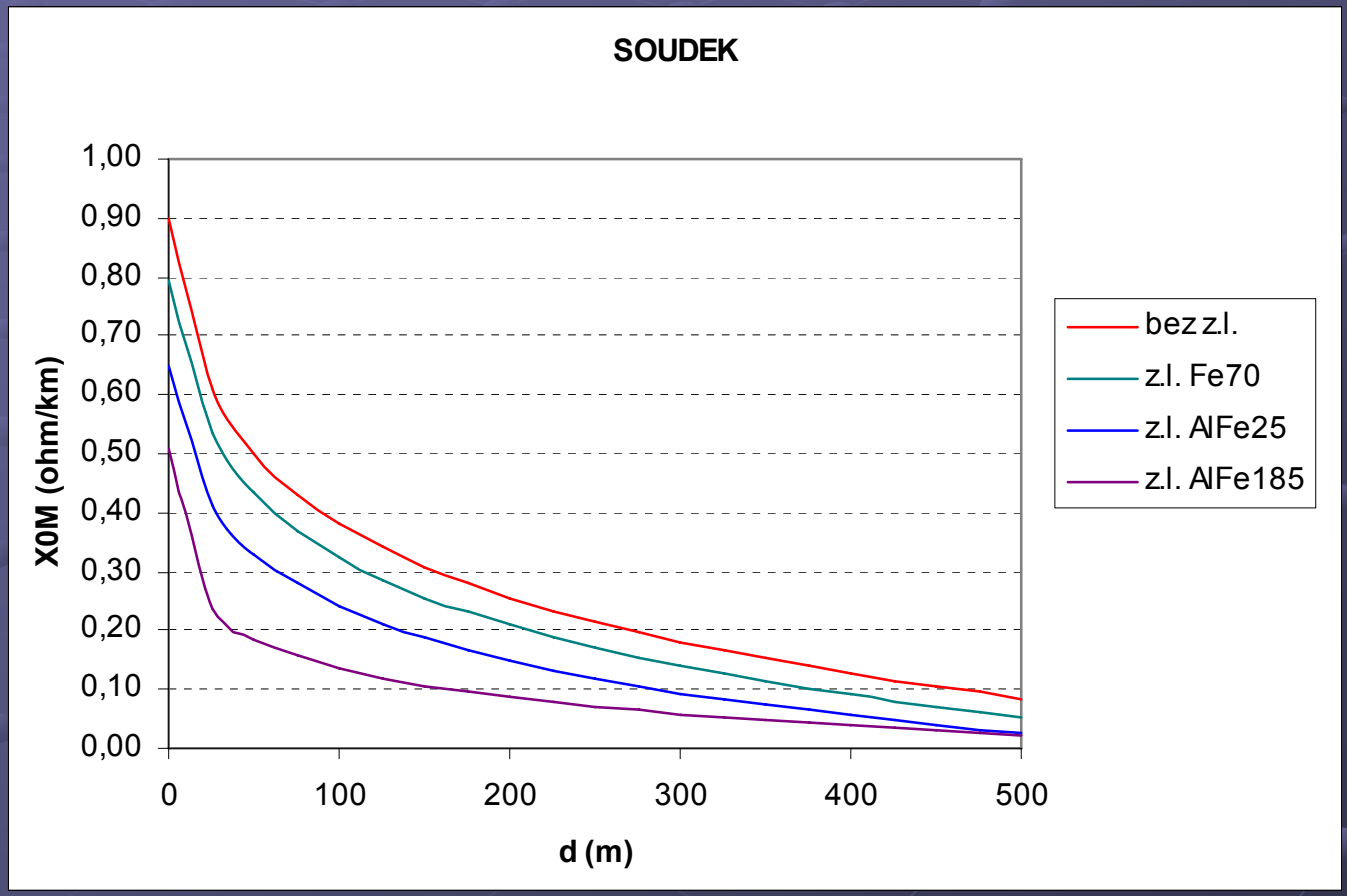
## Paralelní vlivy




vzájemná impedance mezi potahy a, c

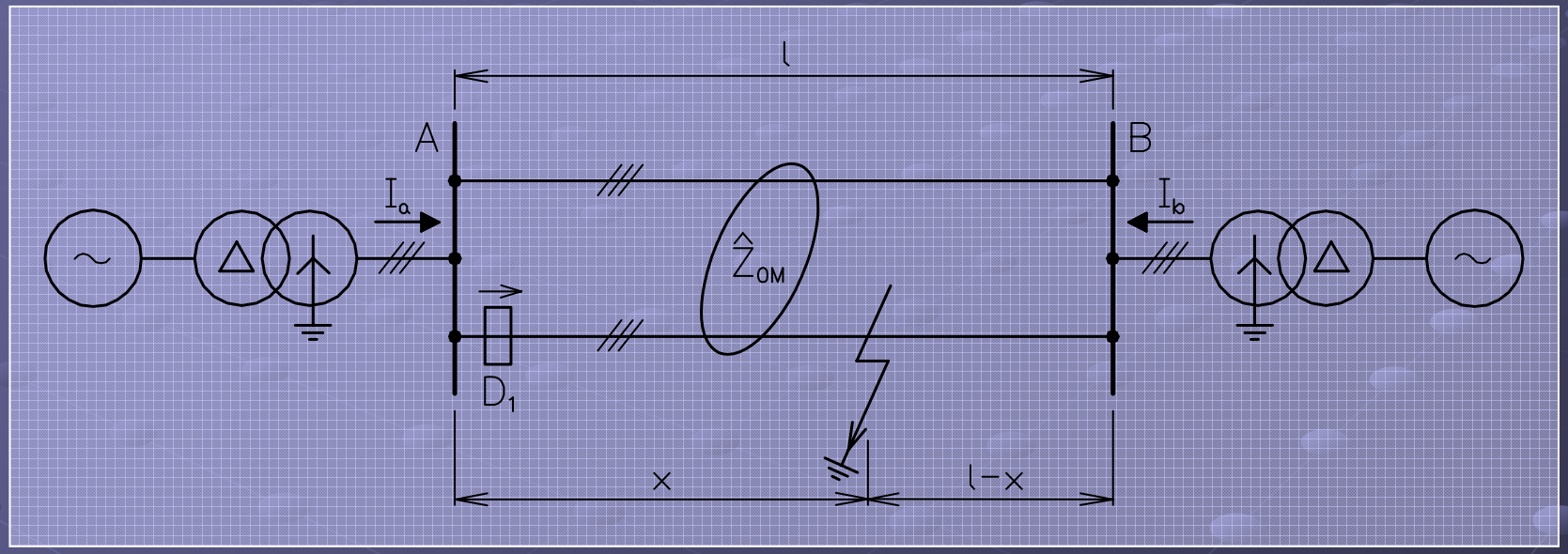
# Ochrany v PRE

Velikost vzájemné nulové reaktance pro paralelní vedení typu „Soudek“ a různá zemnící lana



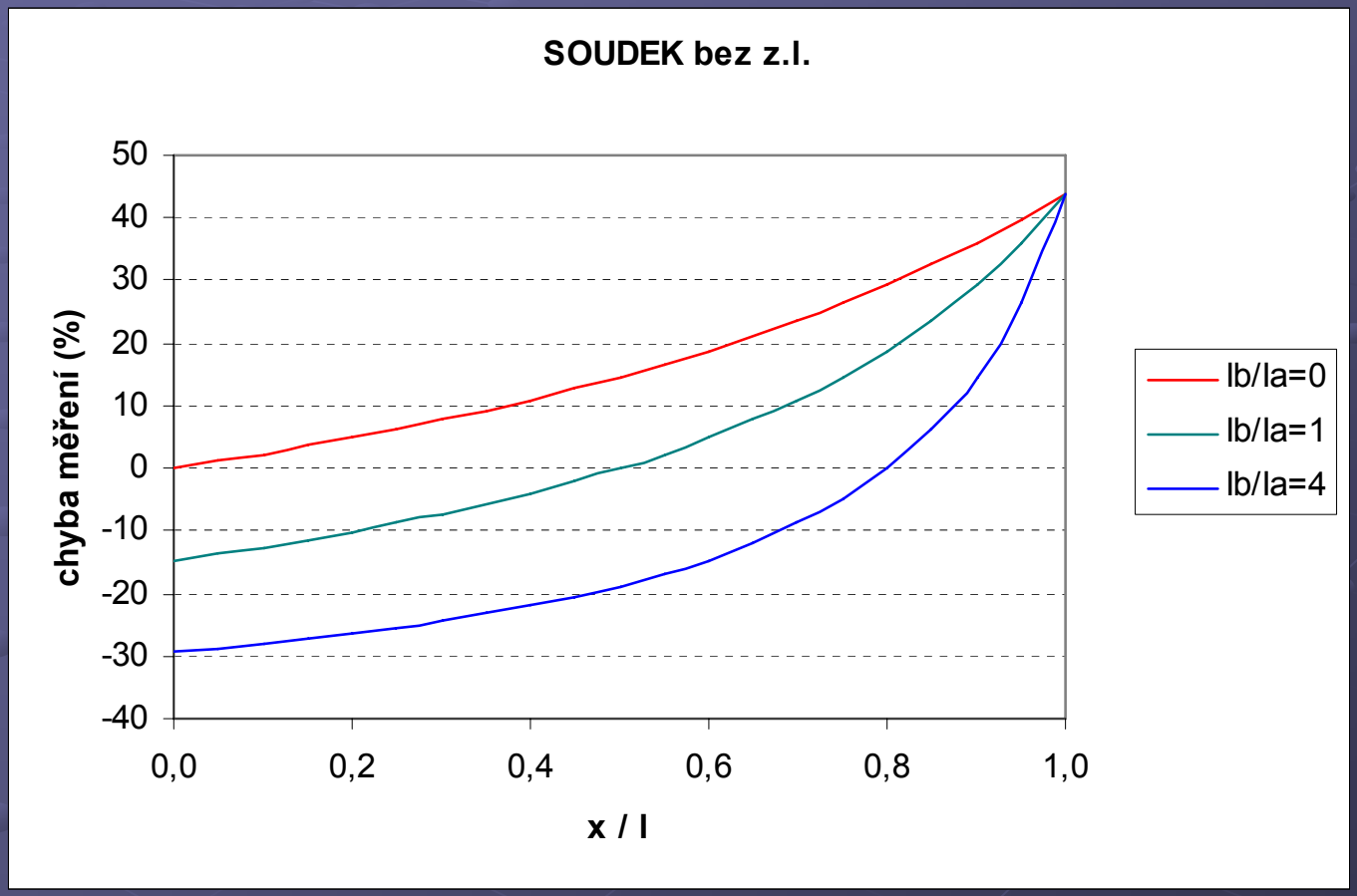
# Ochrany v PRE

Paralelní vedení napájené z obou stran s posuvným zkratem



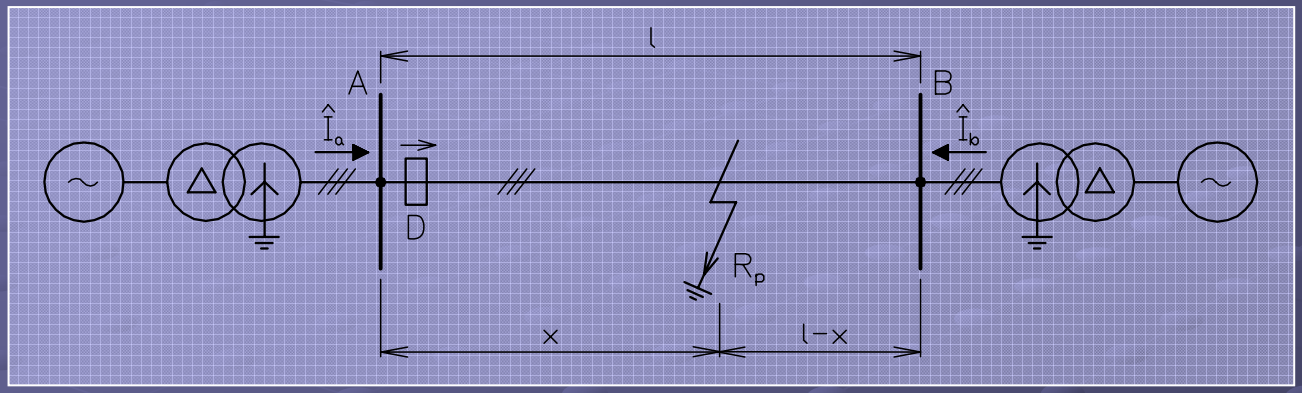
# Ochrany v PRE

Chyba vyměření posuvného zkratu distanční ochrany D1
v případě napájení zkratu z obou stran




Chyba vyměření posuvného zkratu dosahuje kladných i záporných hodnot a je značně závislá na velikosti poměru zkratových příspěvků z obou stran.

# Vliv odporu poruchy



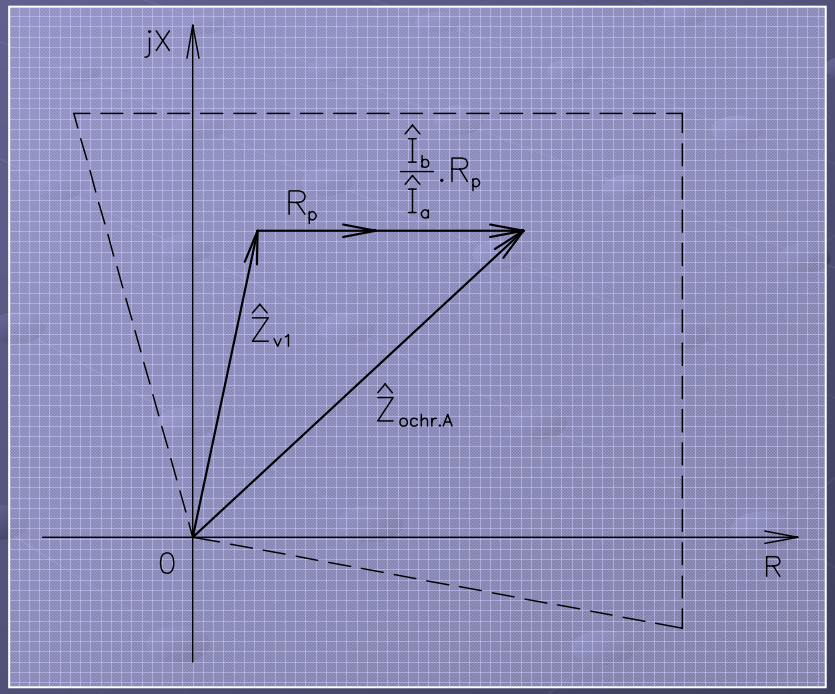
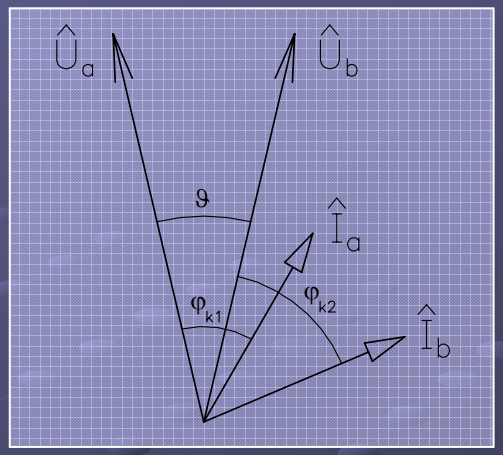



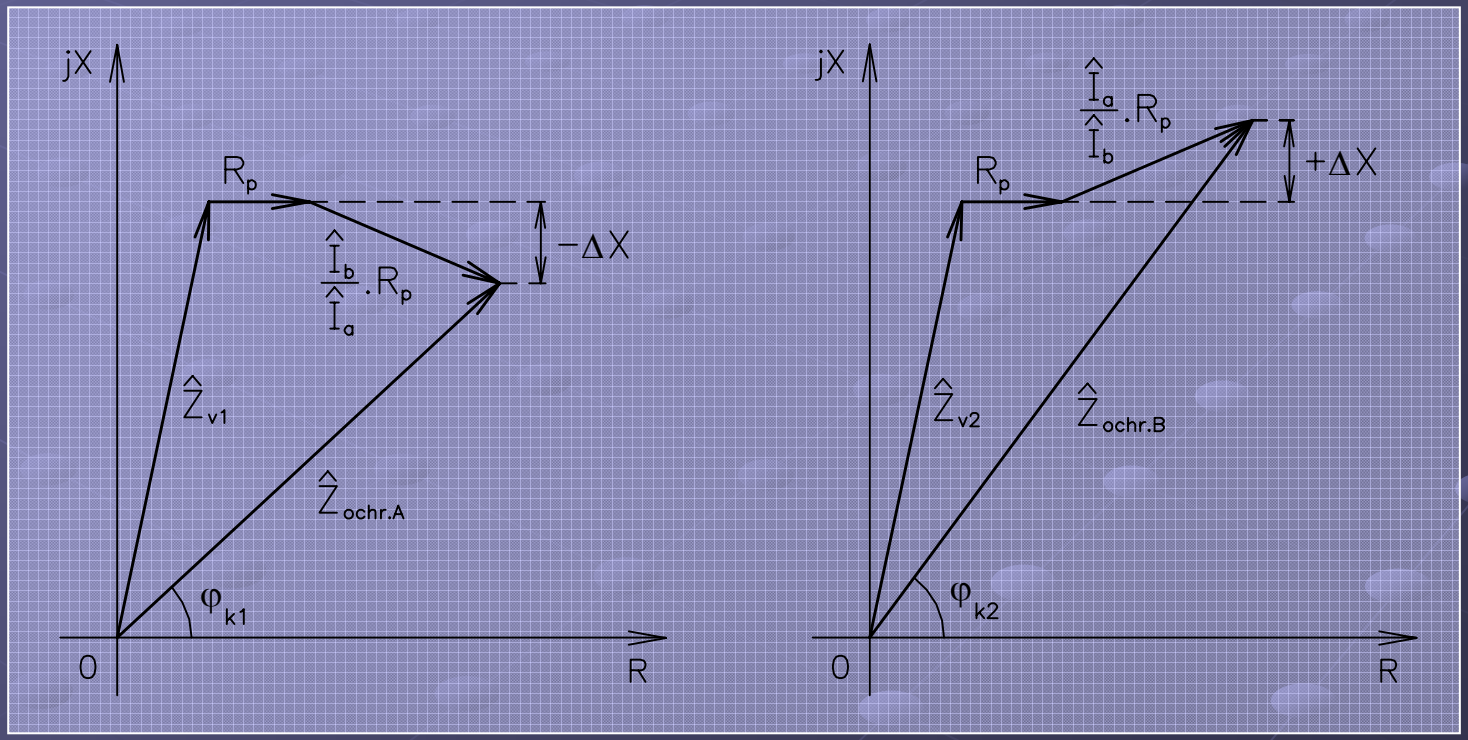

Schéma ES s poruchovým odporem napájeným ze dvou stran

Impedance viděná distanční ochranou pro oboustranné napájení odporu poruchy bez úhlové diference mezi proudy $\hat{I}_a$ a $\hat{I}_b$

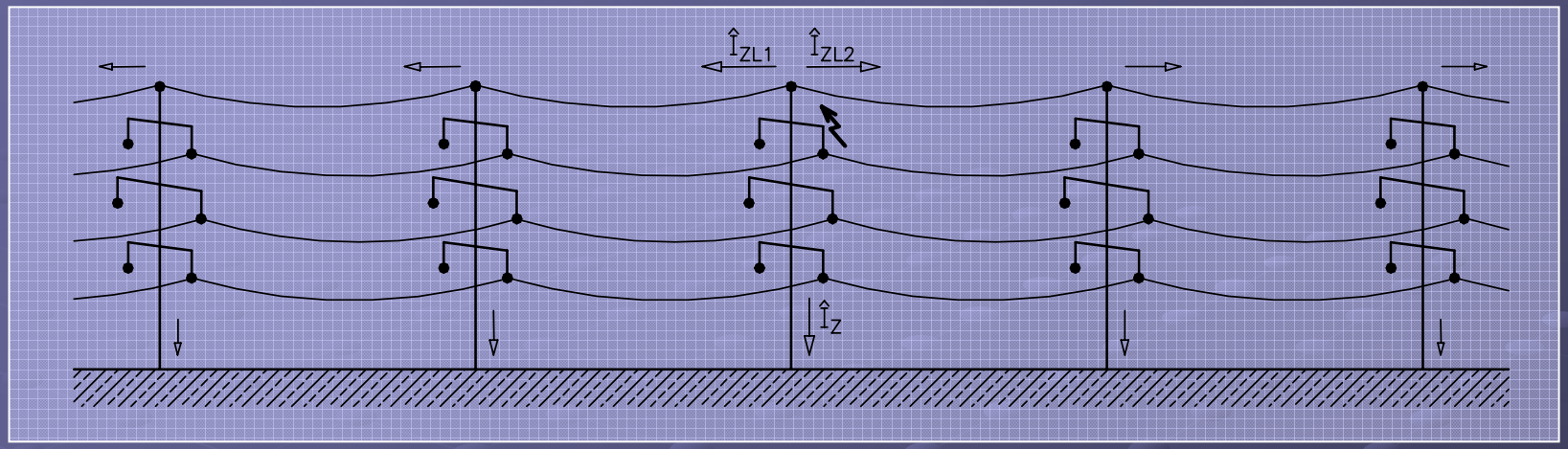
# Ochrany v PRE

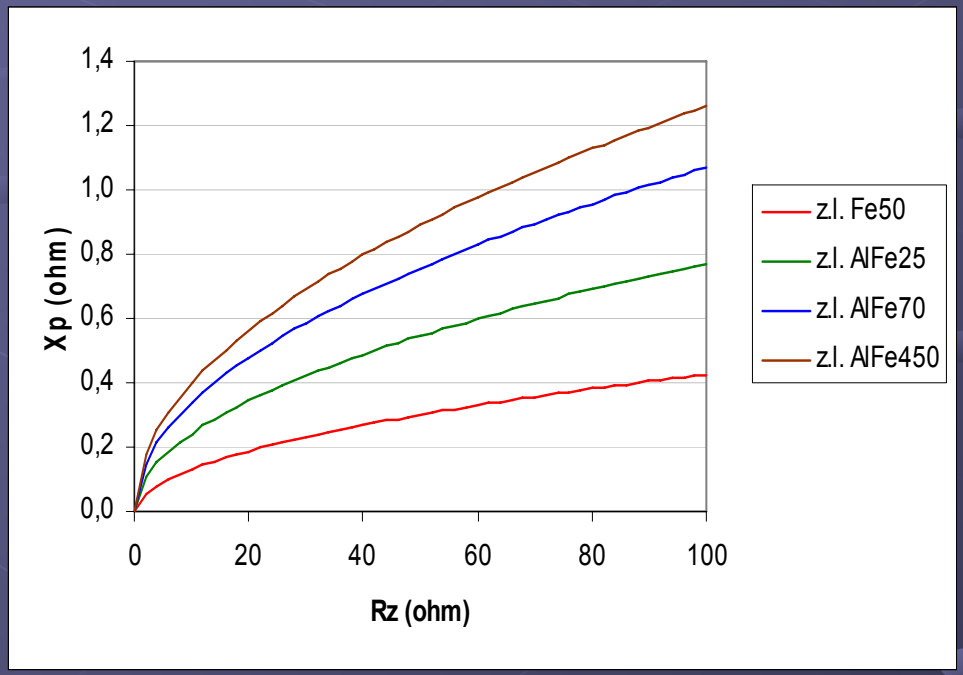
Impedance viděná distanční ochranou pro oboustranné napájení odporu poruchy při úhlové diferenci mezi proudy $\hat{I}_a$ a $\hat{I}_b$



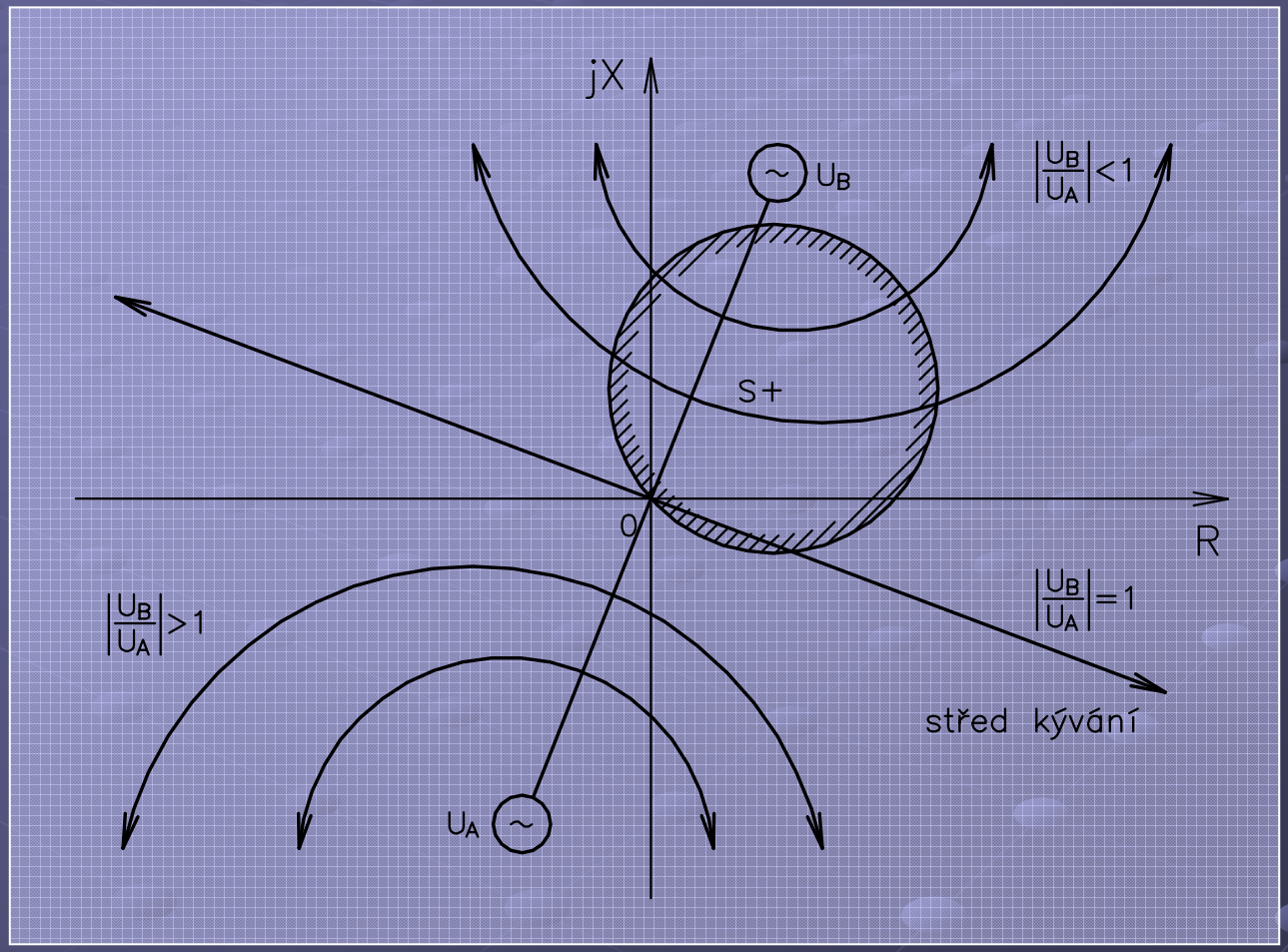
# Ochrany v PRE



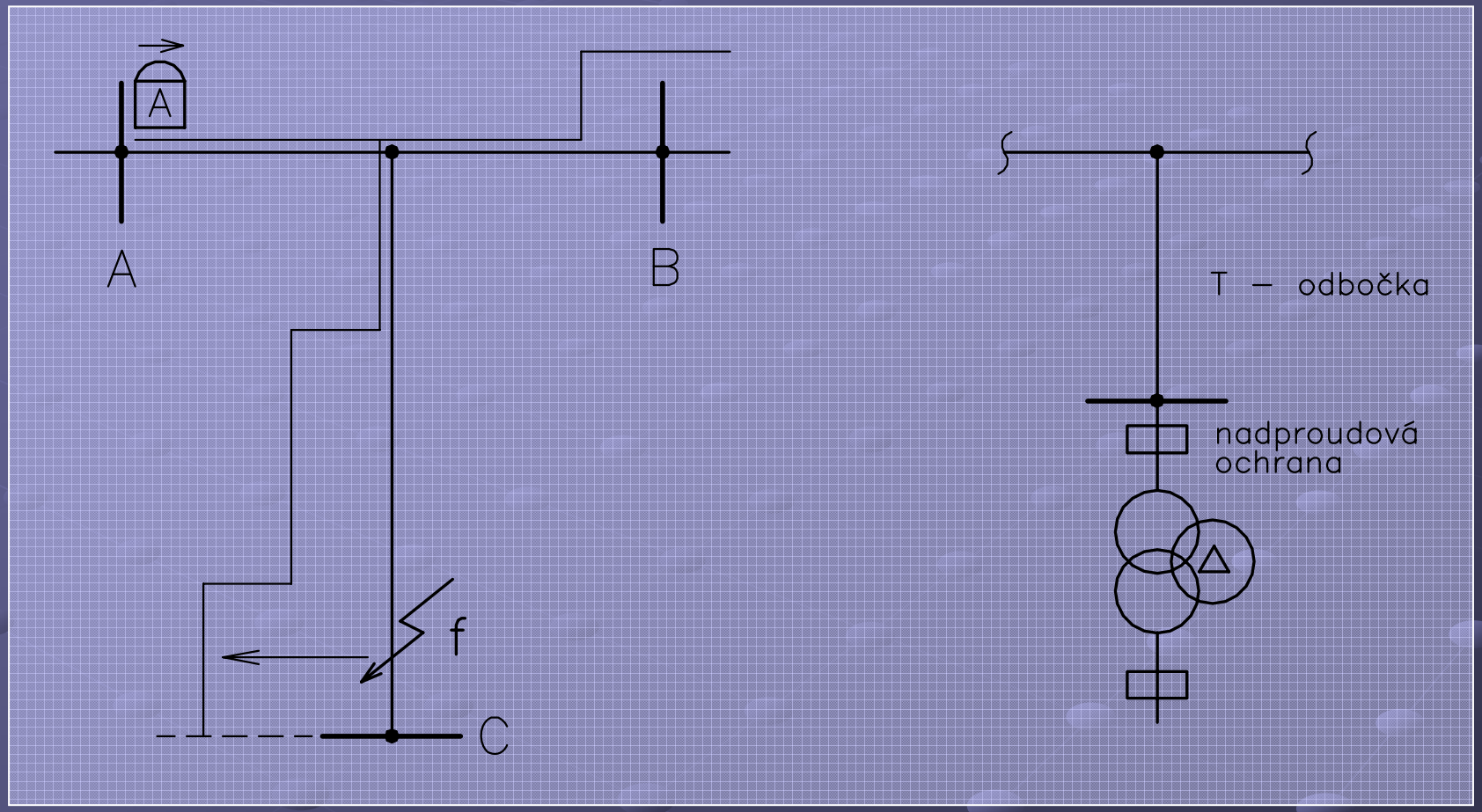




Viděná „doplňková reaktance poruchy“ v závislosti na velikosti zemnícího odporu stožáru a na typu zemnícího lana

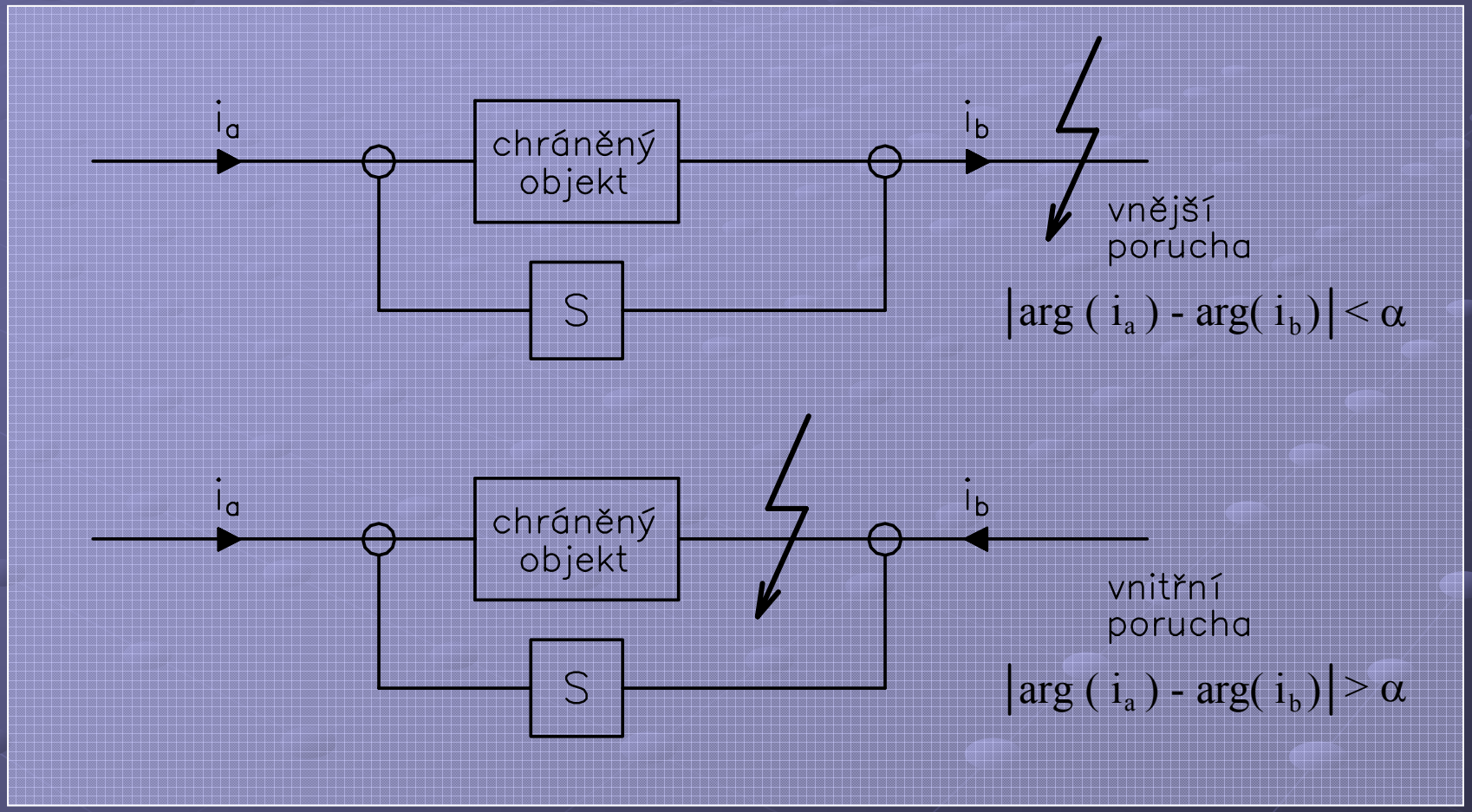
## „Kývání elektráren“



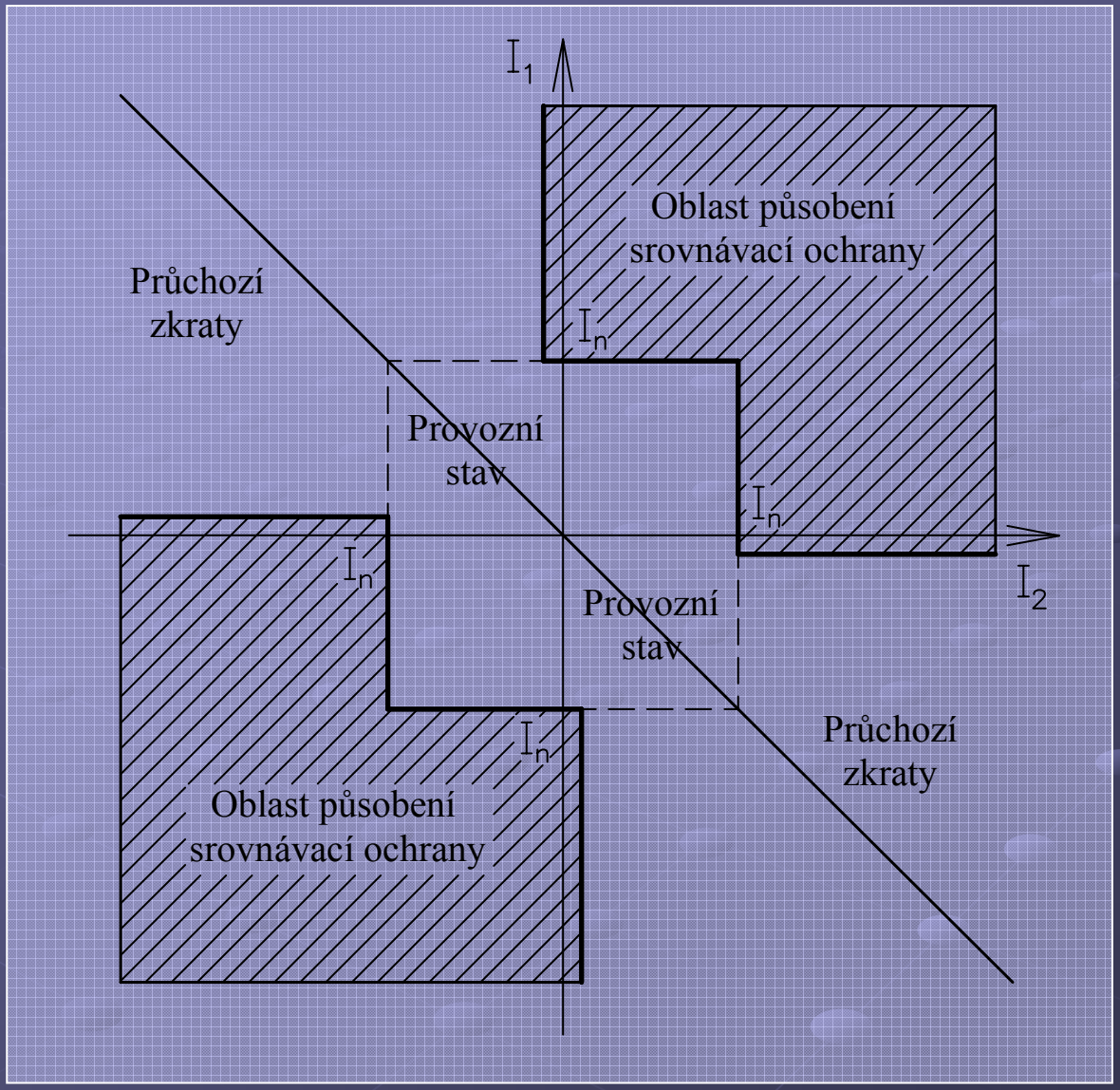
## Chránění T-odboček



# Princip srovnávací ochrany



# Ochrany v PRE




Charakteristika srovnávací ochrany

# Chránění transformátorů 110/22 kV

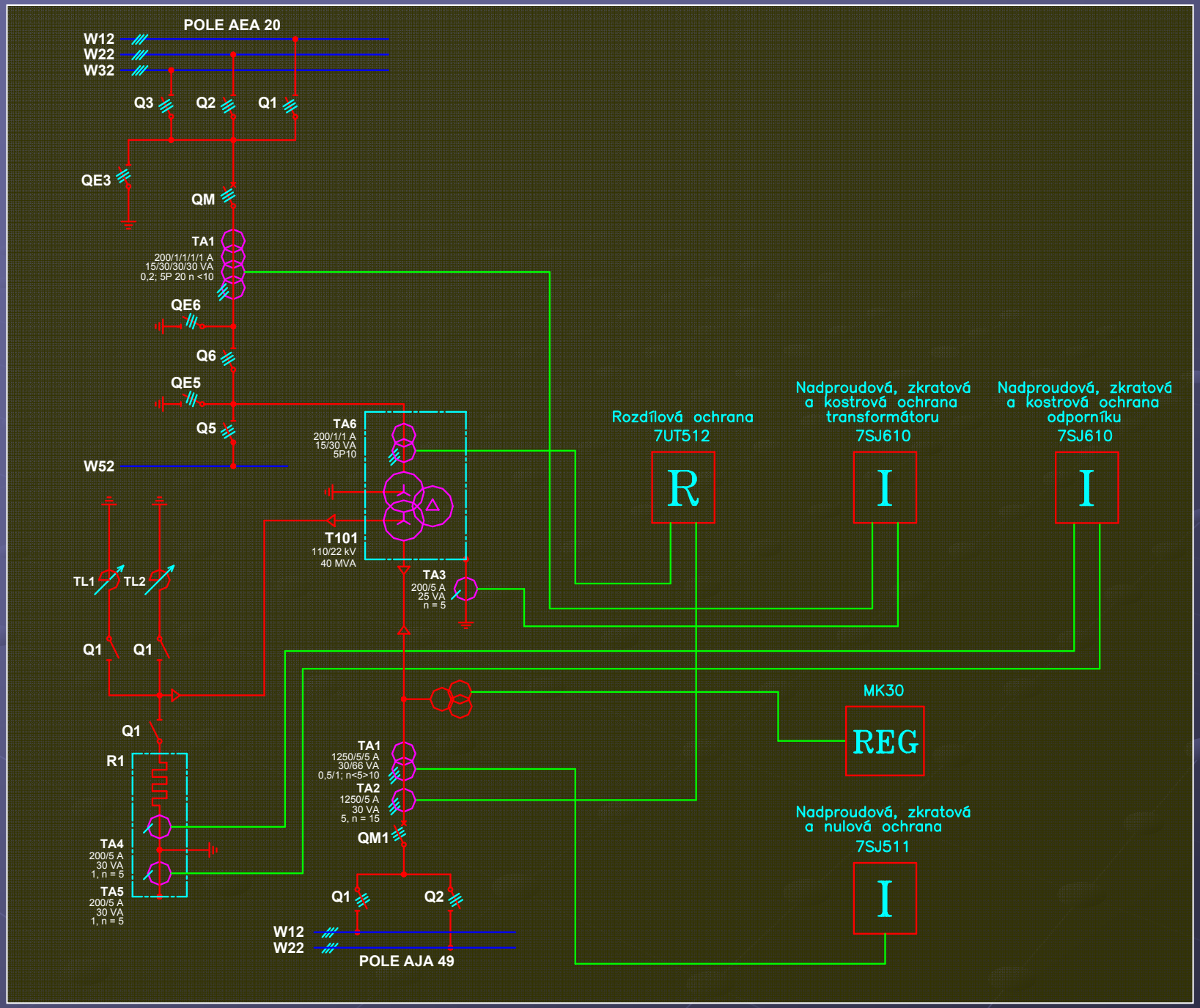
# Chránění transformátorů 110/22 kV

- Tr. 63 MVA
- Tr. 40 MVA
- Tr. 25 MVA

# Ochrany transformátorů 110/22 kV

1. Nadproudová (I>, I>>) a kostrová ochrana transformátoru ($I_N$>).
2. Rozdílová ochrana vč. záložní nadproudové ochrany. Zahrnuje i tepelný model transformátoru.
3. Nadproudová a kostrová ochrana odporníku, vč. tepelného modelu odporníku.
4. Buchholzovo plynové relé.

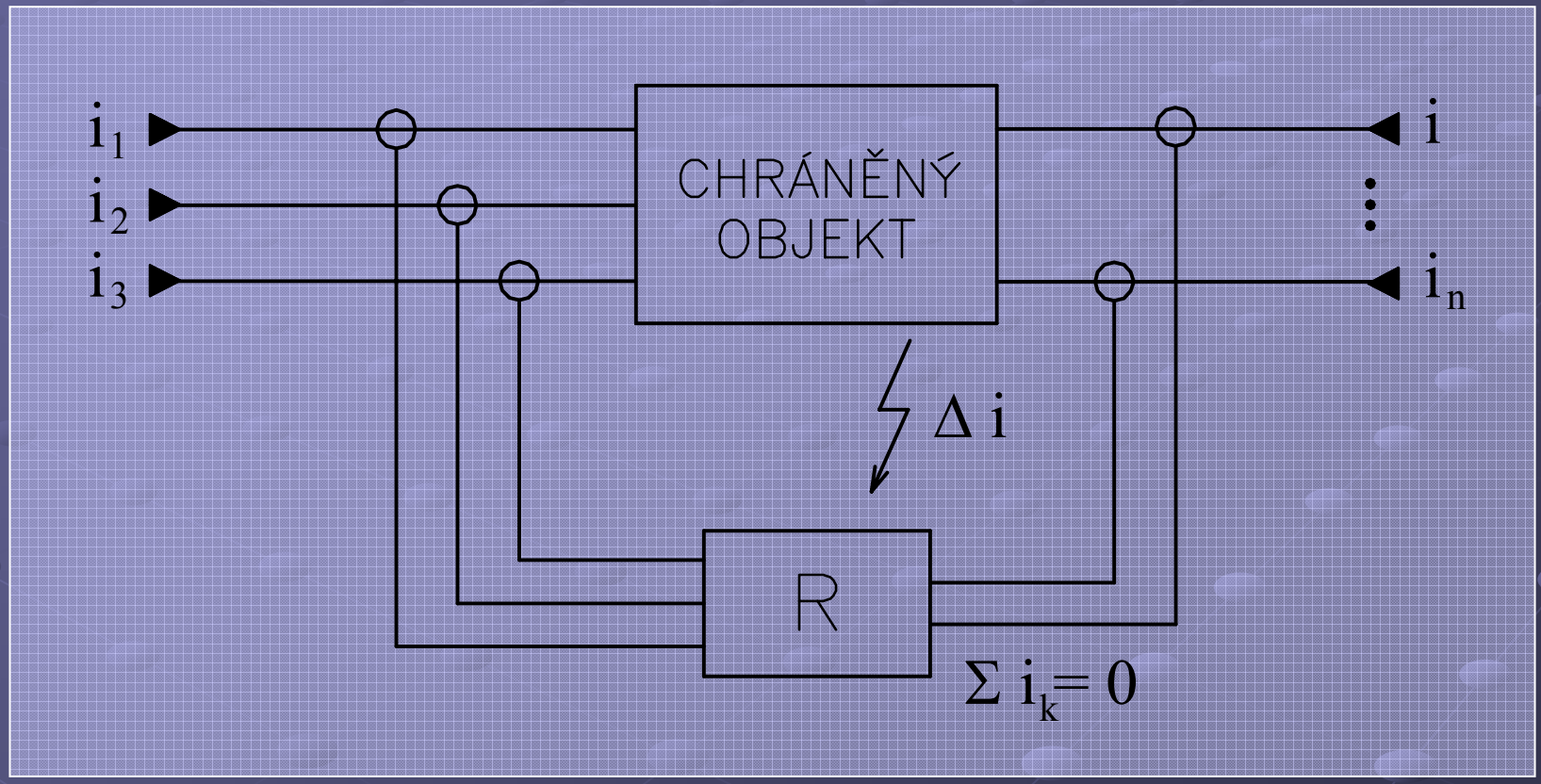
Pozn.: Tepelný model transformátoru a odporníku nevypínají – jsou pouze na signál.

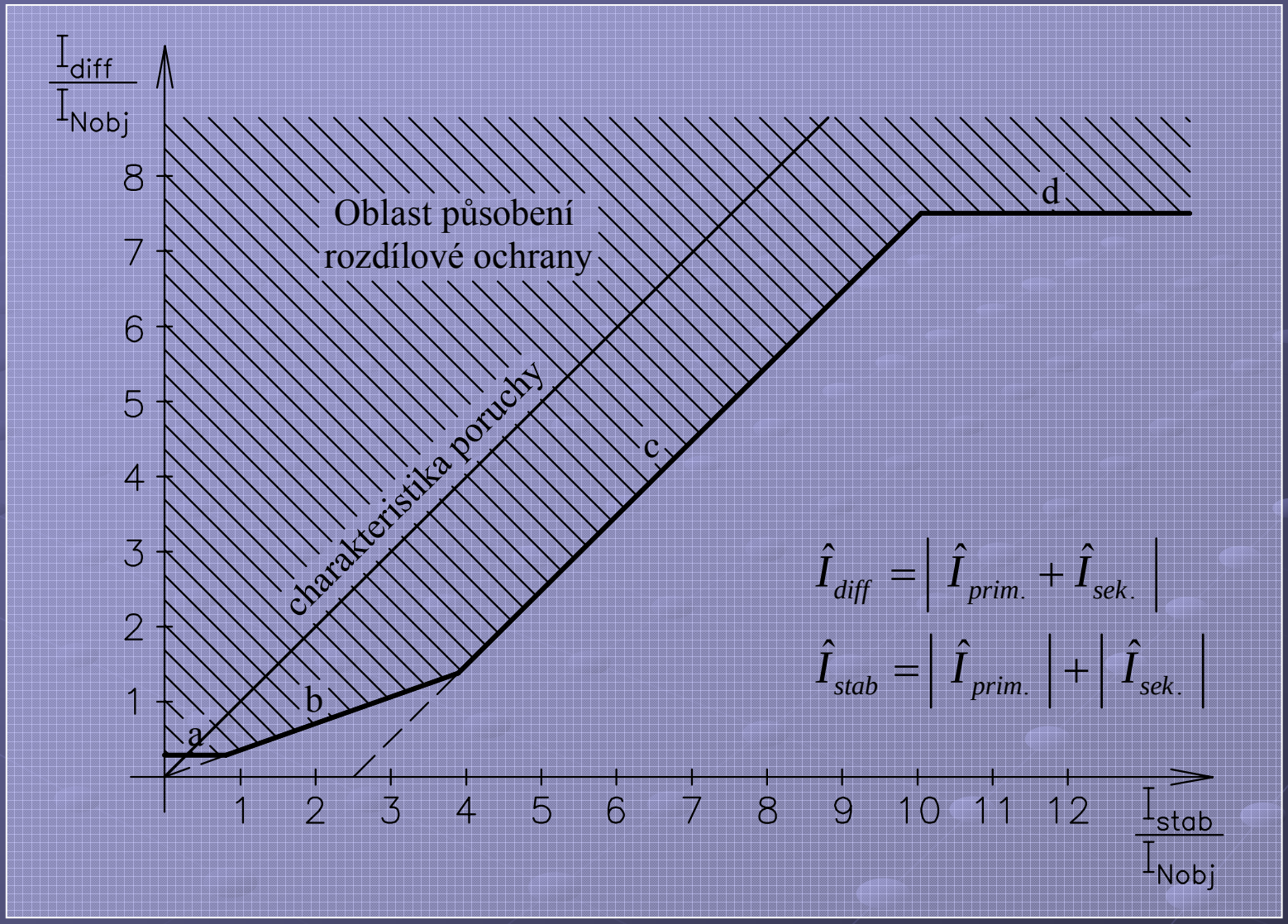

POLE AEA 20
W12
W22
W32
Q3
Q2
Q1
QE3
QM
TA1
200/1/1/1/1 A
15/30/30/30 VA
0,2; 5P 20 n <10
QE6
Q6
QE5
Q5
W52
TA6
200/1/1 A
15/30 VA
5P10
T101
110/22 kV
40 MVA
TA3
200/5 A
25 VA
n = 5
Rozdílová ochrana
7UT512
R
Nadproudová, zkratová a kostrová ochrana transformátoru
7SJ610
I
Nadproudová, zkratová a kostrová ochrana odporníku
7SJ610
I
TL1
TL2
Q1
Q1
Q1
R1
TA4
200/5 A
30 VA
1, n = 5
TA5
200/5 A
30 VA
1, n = 5
MK30
REG
TA1
1250/5/5 A
30/66 VA
0,5/1; n<5>10
TA2
1250/5 A
30 VA
5, n = 15
QM1
Nadproudová, zkratová a nulová ochrana
7SJ511
I
Q1
Q2
W12
W22
POLE AJA 49

# Ochrany Tr. 110/22 kV

# Ochrany Tr. 110/22 kV

# Princip rozdílové ochrany

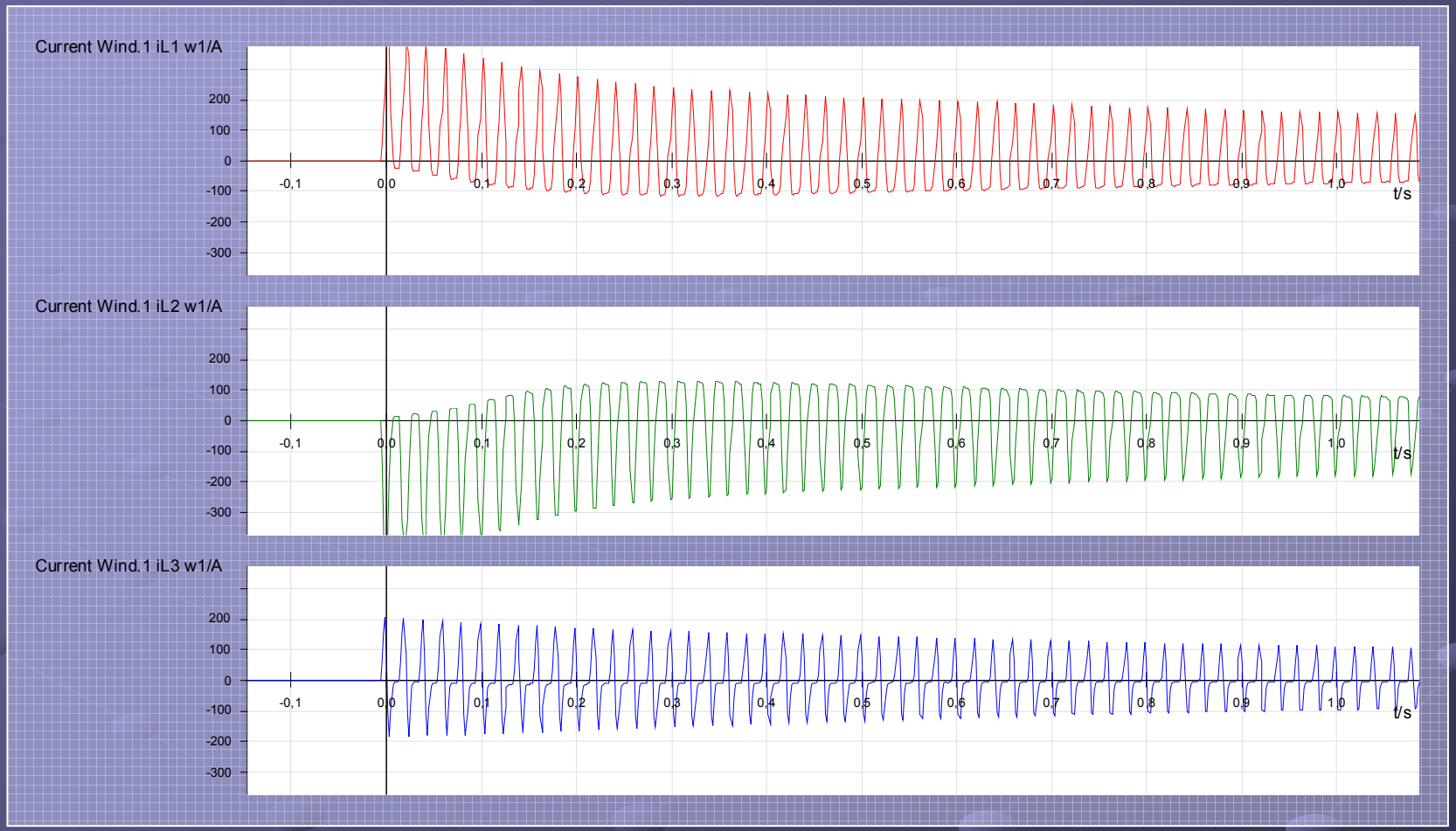





Charakteristika rozdílové ochrany

# Ochrany v PRE

## Zapínací ráz transformátoru




- blokování rozdílové ochrany od 2. a 5. harmonické proudu

# Výhody digitálních ochran

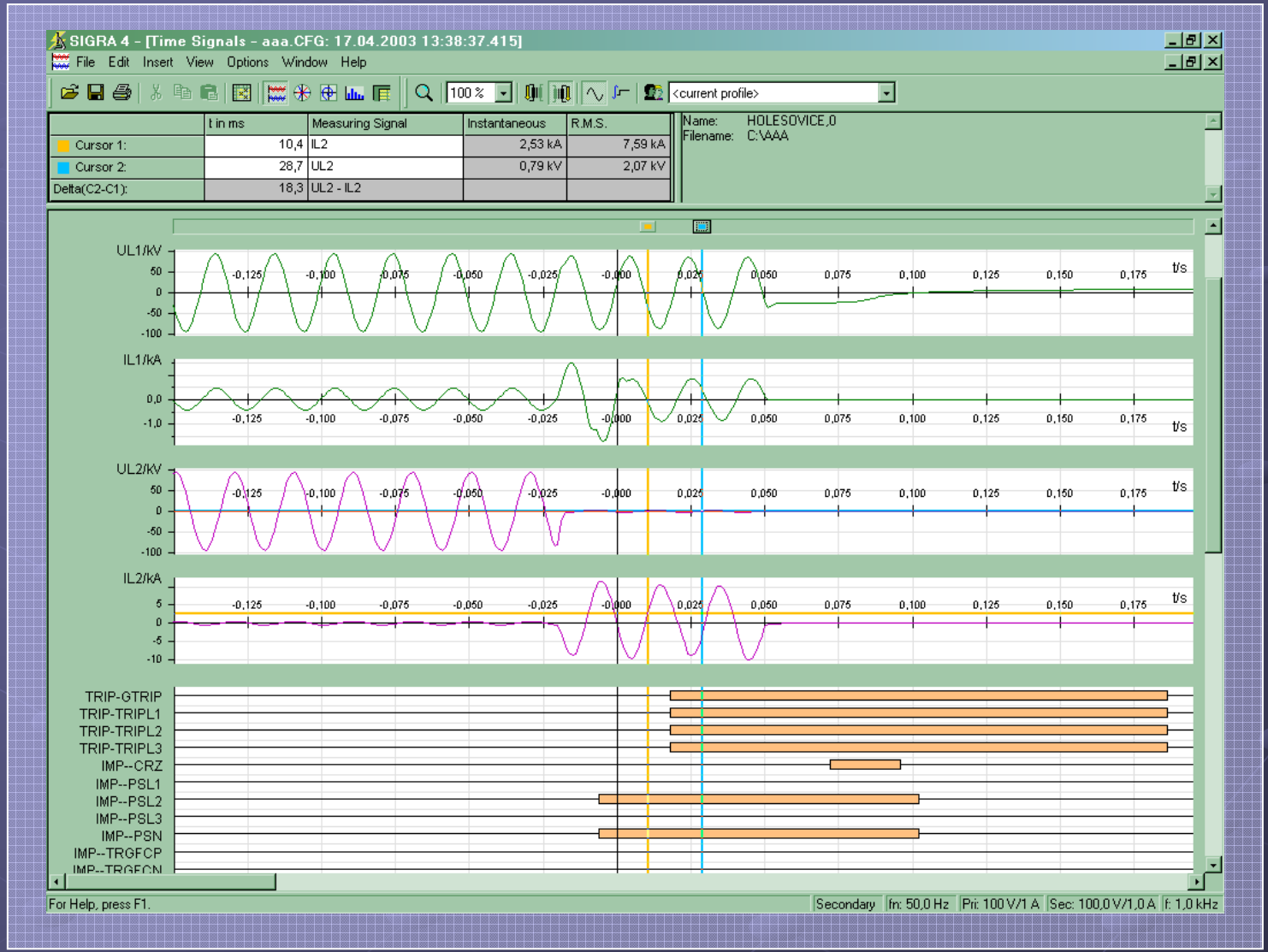
- Přesnost, citlivost
- Spolehlivost - samokontrola
- Variabilita charakteristik
- Více sad nastavení
- Logické vazby
- Kompaktní provedení
- Malá spotřeba v proudových a napěťových obvodech

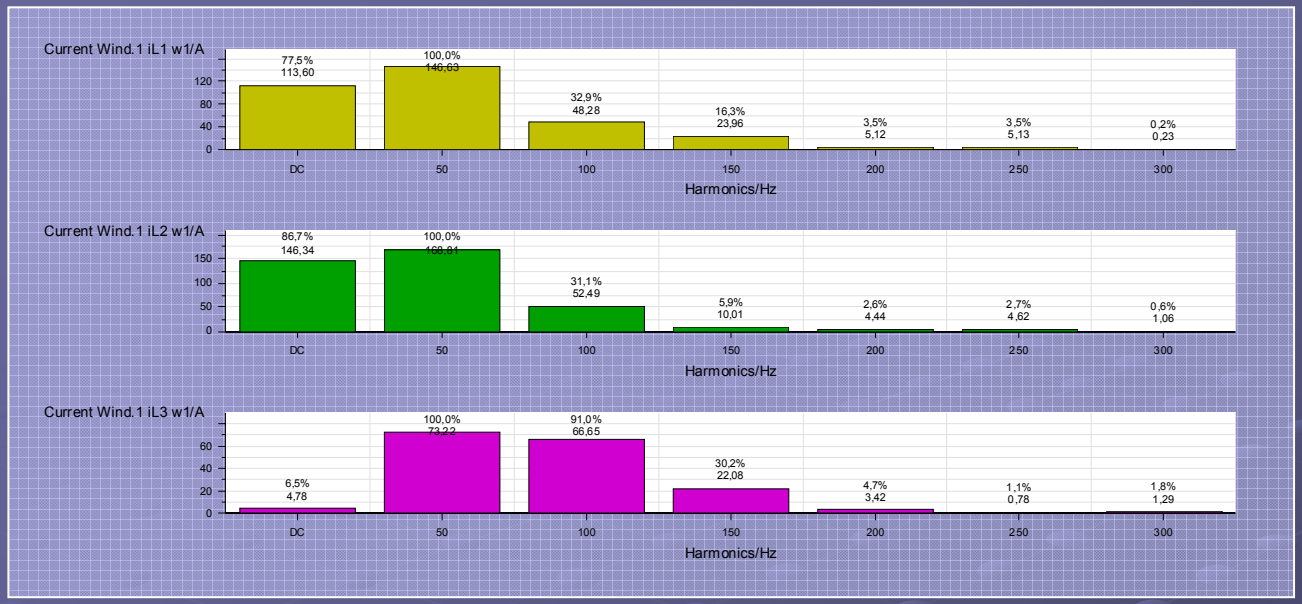
# Výhody digitálních ochran

- Rychlost působení
- Široká škála příslušenství

  - poruchový zapisovač,
  deník událostí,
  harmonická analýza, atd.

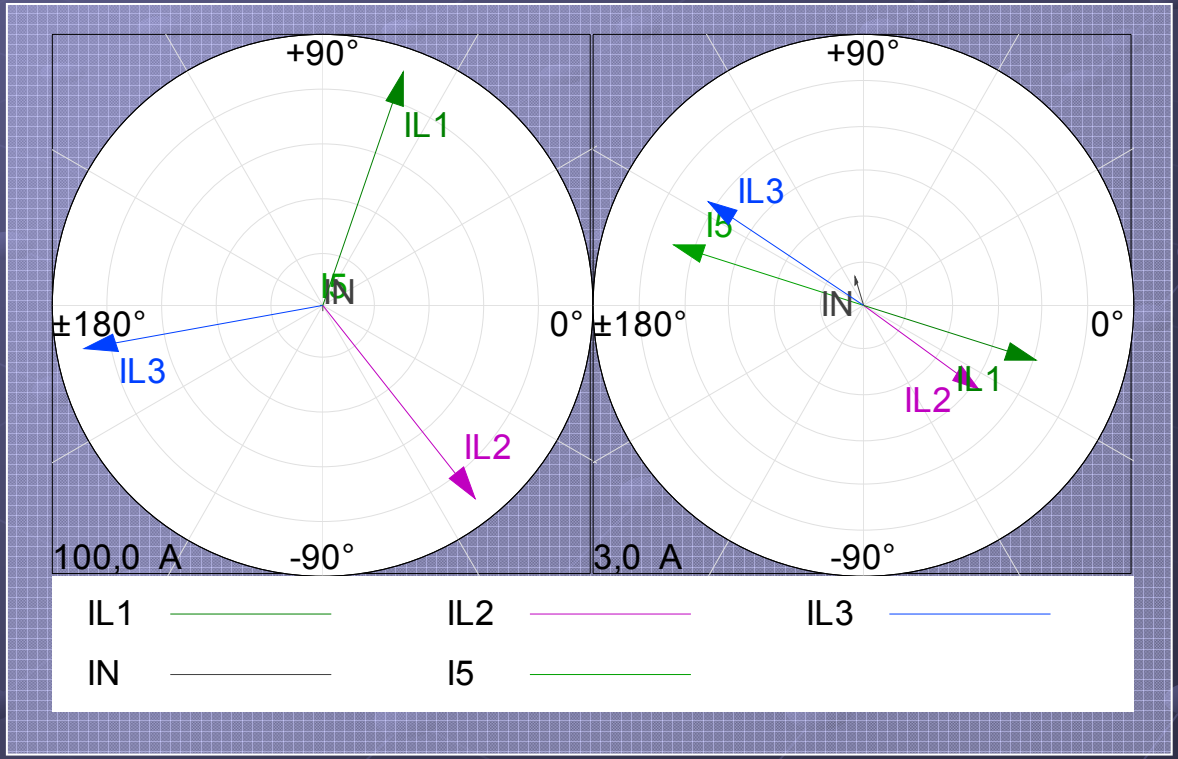
# poruchový zapisovač ochrany






harmonická analýza

fázorový diagram

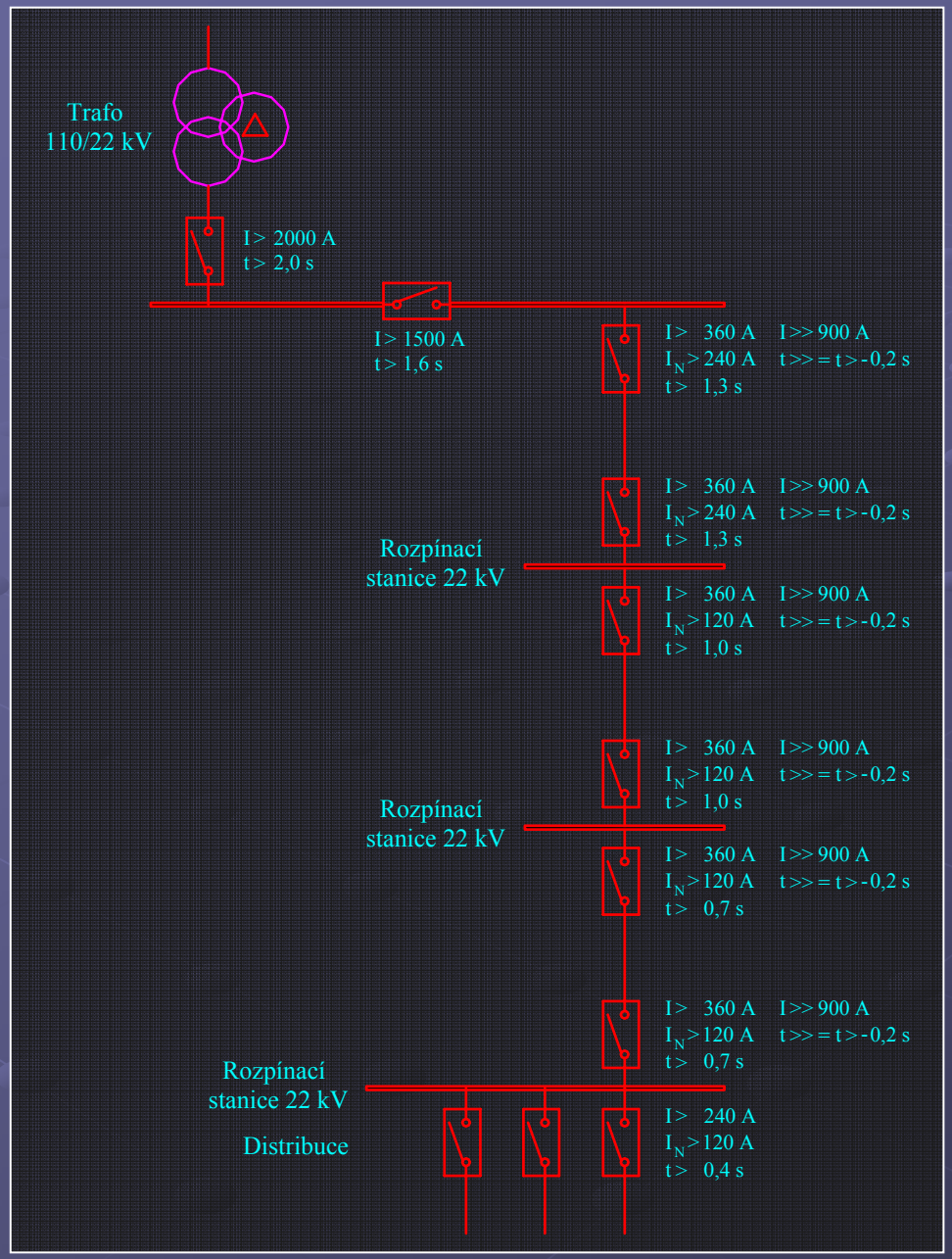


# Chránění vedení 22 kV

- Kabelové vedení
- Venkovní vedení

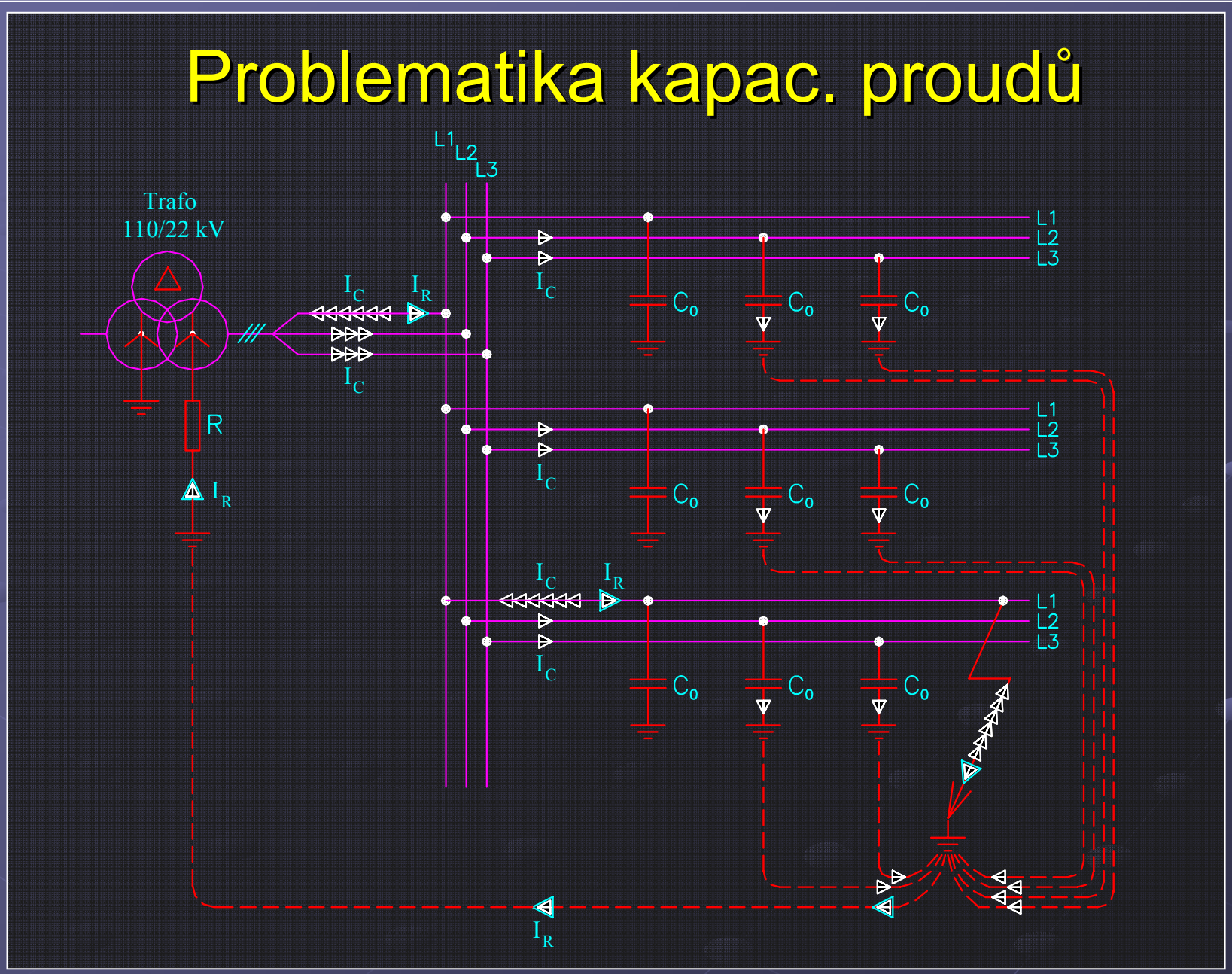
- Nadproudové chránění v soustavě, kde je uzel soustavy přizemněn přes odporník.
- Tam kde je uzel soustavy přizemněn přes tlumivku, jsou použity zemní relé GSC.

# Ochrany v PRE

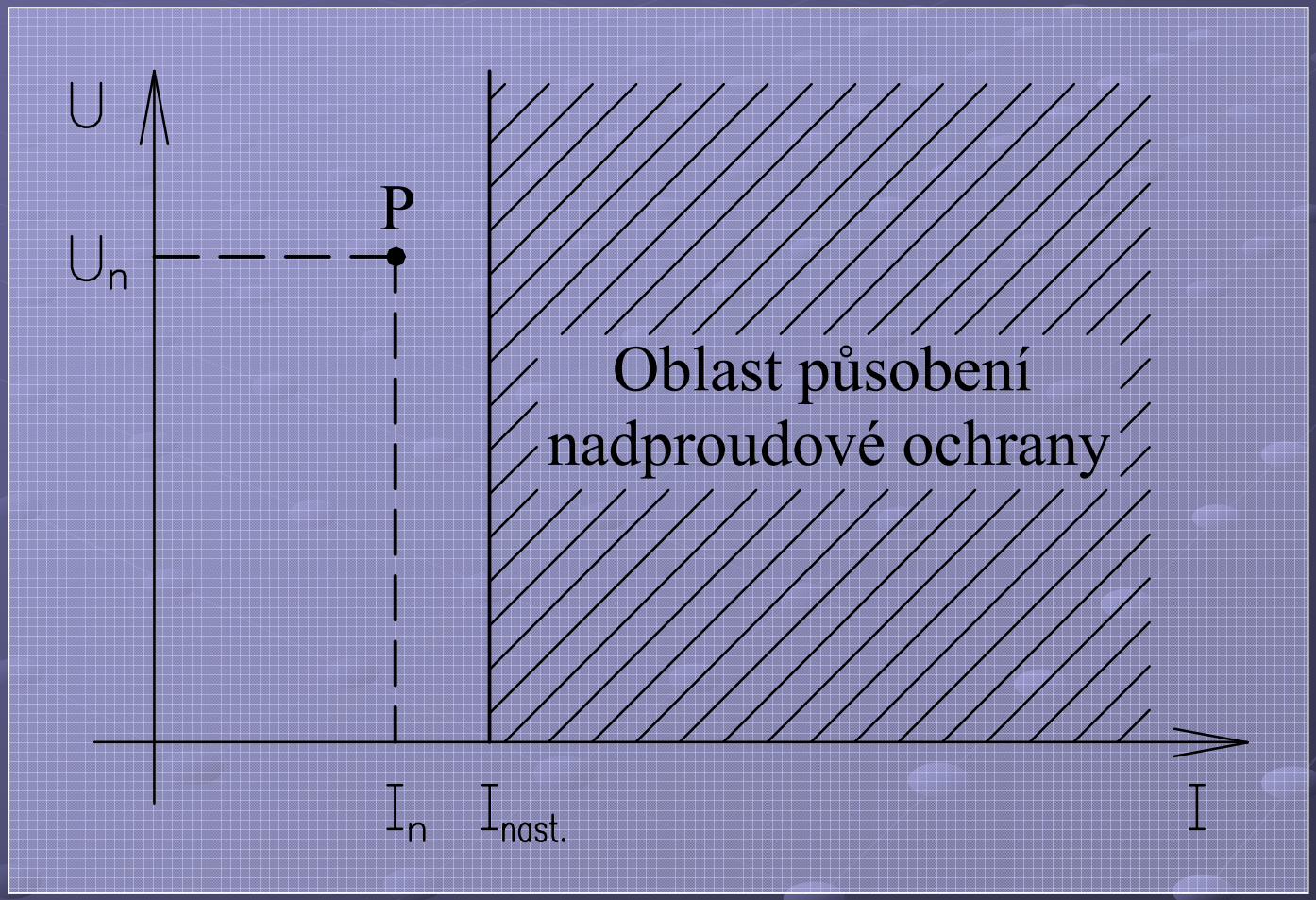



Nastavení nadproud. ochran v síti 22 kV PRE.

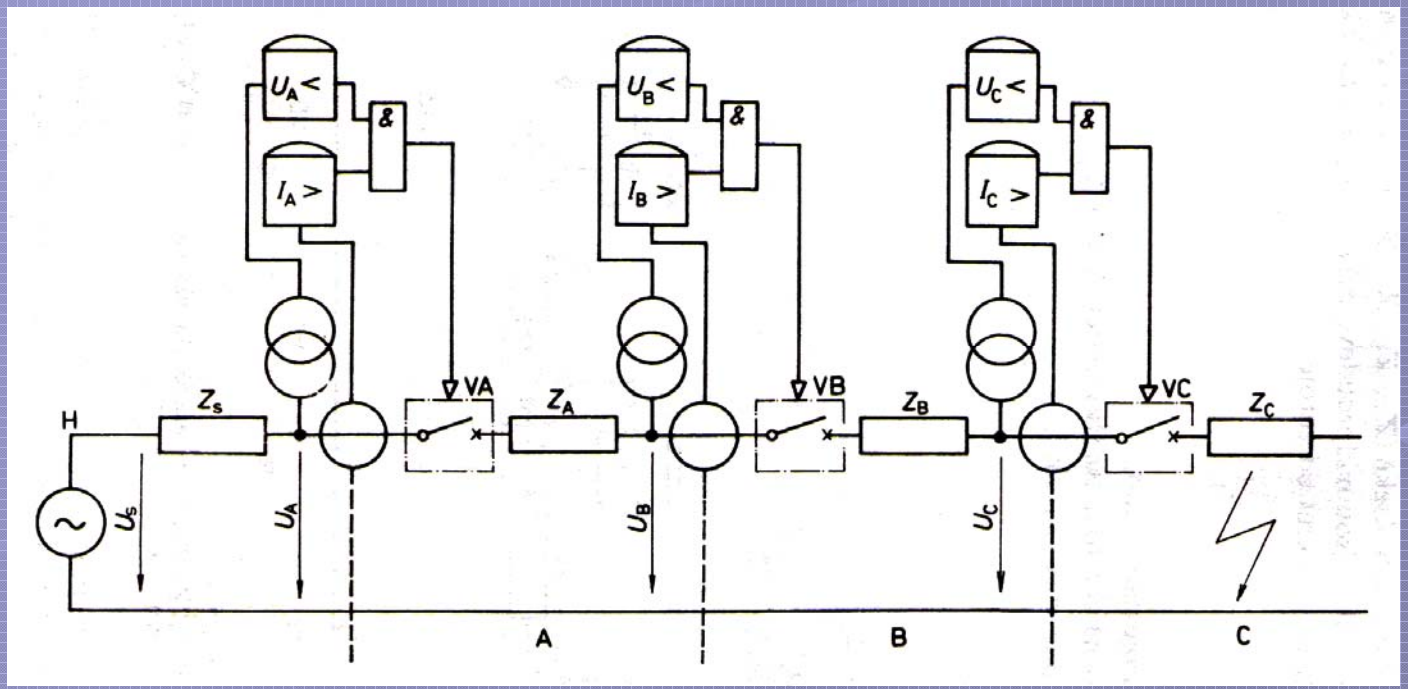
# Problematika kapac. proudů



# Charakteristika nadproudové ochrany

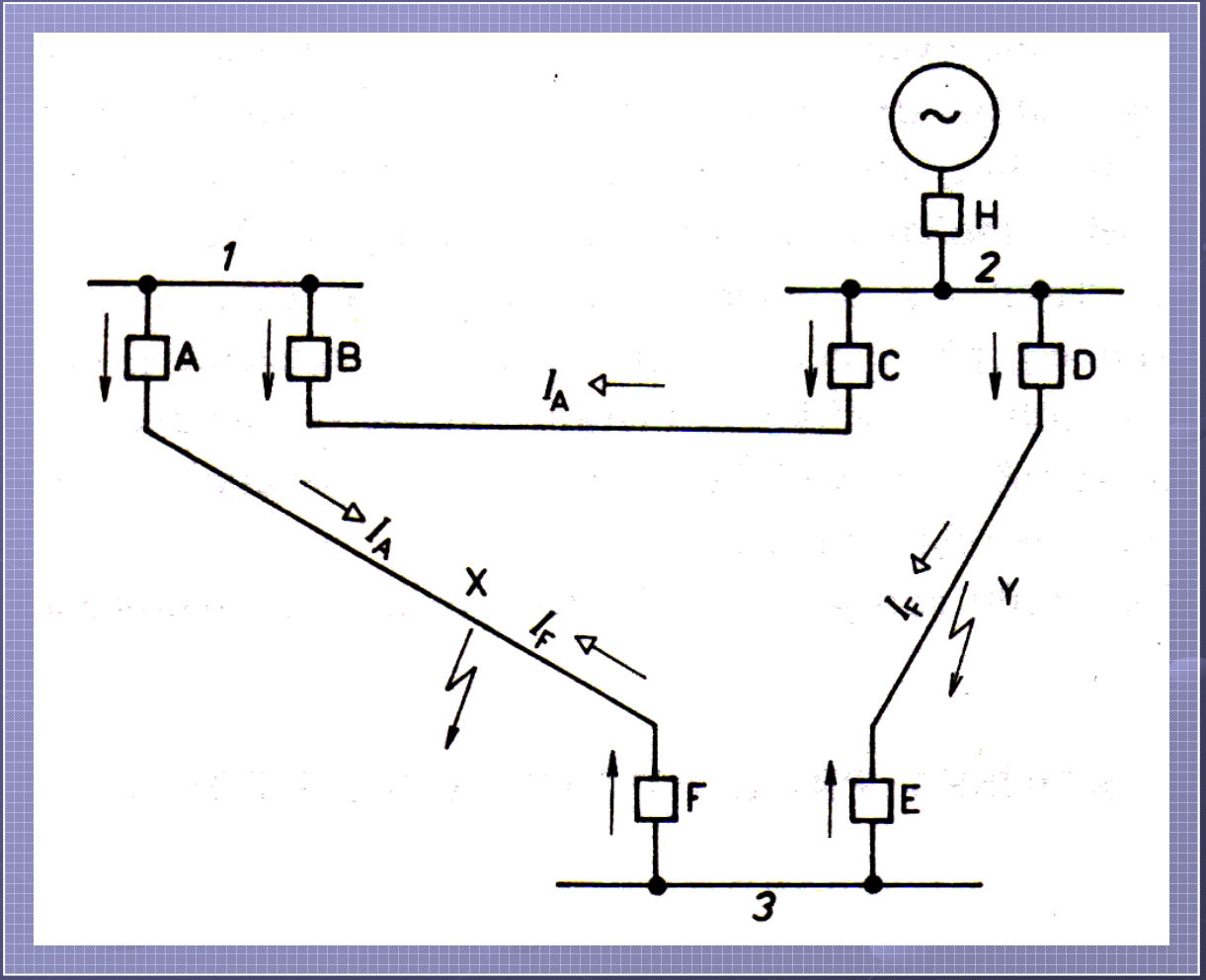


# Vylepšení pomocí podpěťového blokování nadproudových ochran




$$U_A > \left| \frac{Z_A \cdot U_S}{Z_S + Z_A} \right| \qquad U_B > \left| \frac{Z_B \cdot U_S}{Z_S + Z_A + Z_B} \right| \qquad U_C > \left| \frac{Z_C \cdot U_S}{Z_S + Z_A + Z_B + Z_C} \right|$$

# Použití směrových ochran




směrové ochrany ve zkruhované síti

# Ochrany v PRE

# Ochrany v PRE

# Ochrany v PRE