

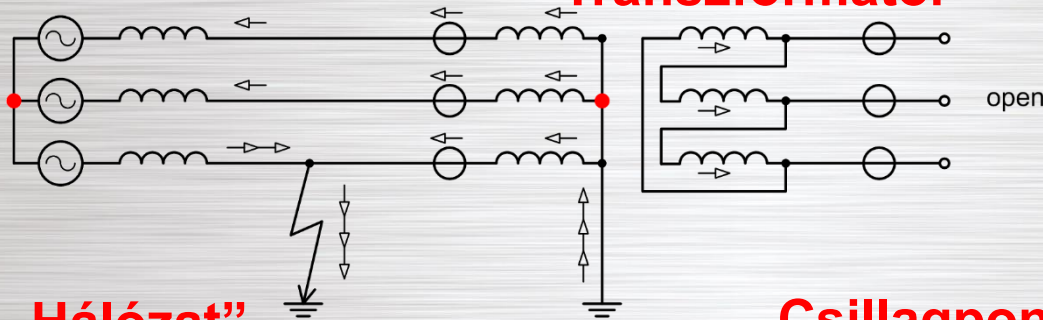
# A csillagpont-kezelés védelmi vonatkozásai

**Dr. Petri Kornél**

# Csillagpont a háromfázisú energiarendszerben

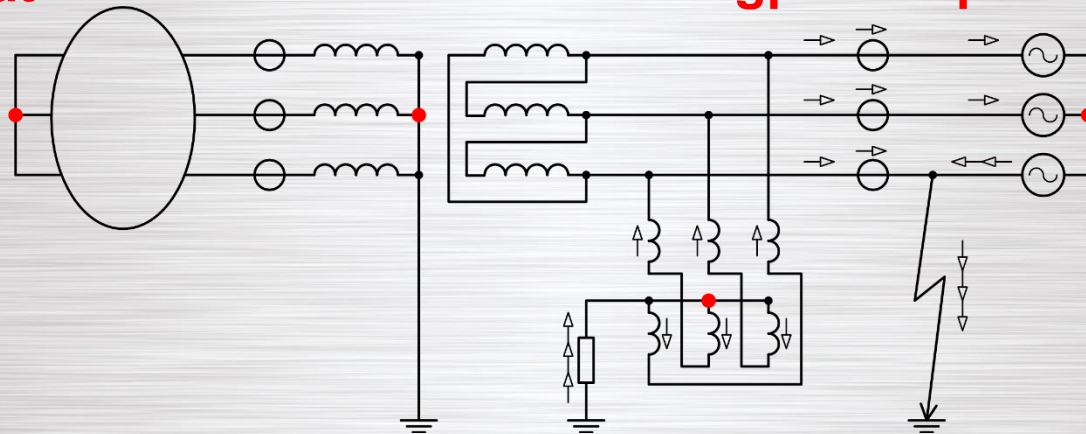
**Generátor**

**Transzformátor**



**„Hálózat”**

**Csillagpont képzés**

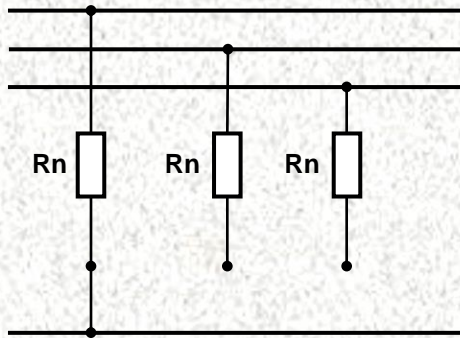


# Csillagpont kezelés

- Földelt
- Szigetelt
- Hosszan földelt
- Kompenzált

**A hatás földérintéses zárlatnál érvényesül**

## Az FN zárlat modellezése

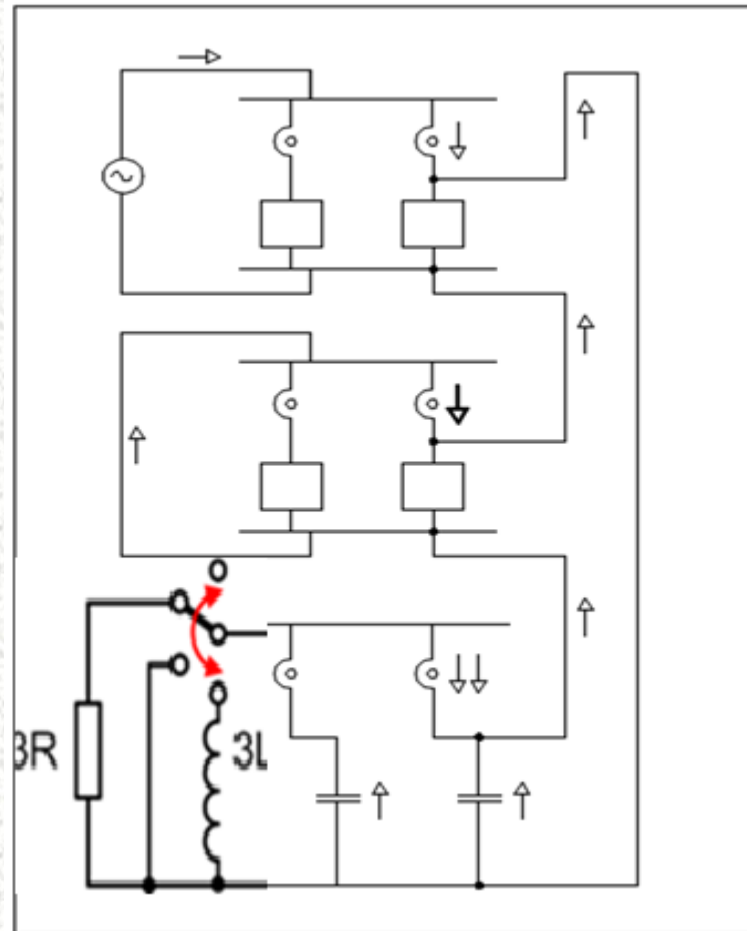


**Szimmetrikus összetevők**

**Thevenin helyettesítés**

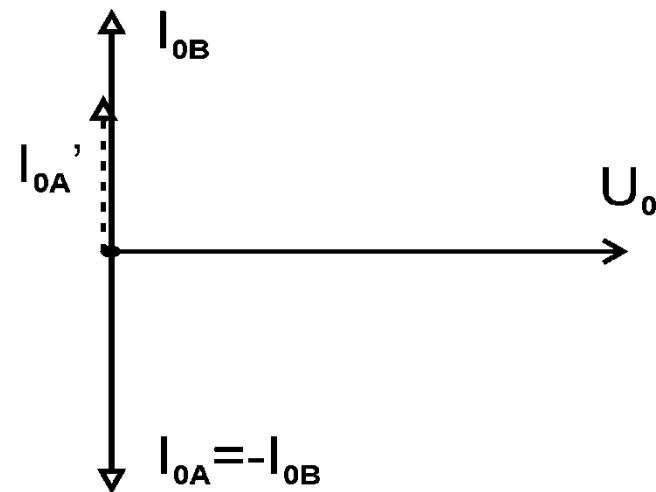
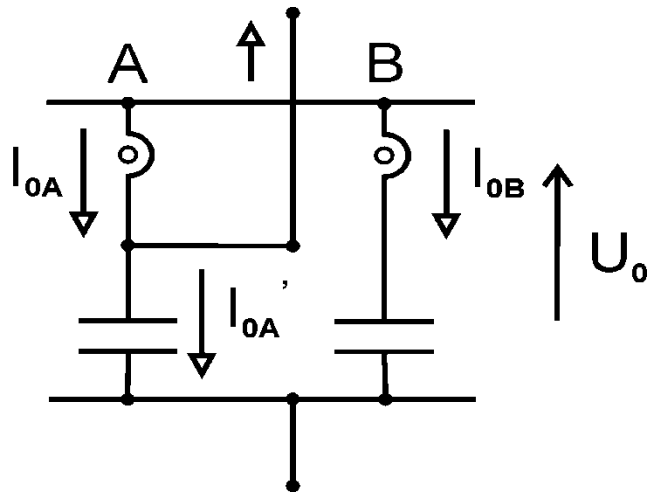
**Összevonások**

**Elhanyagolások**



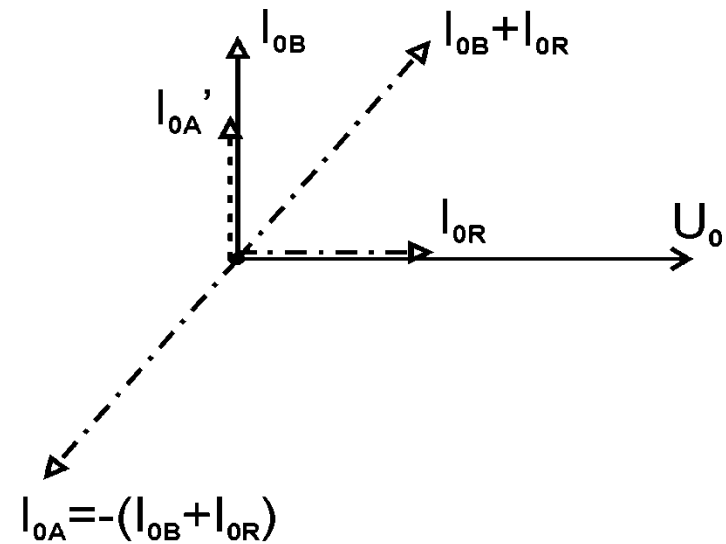
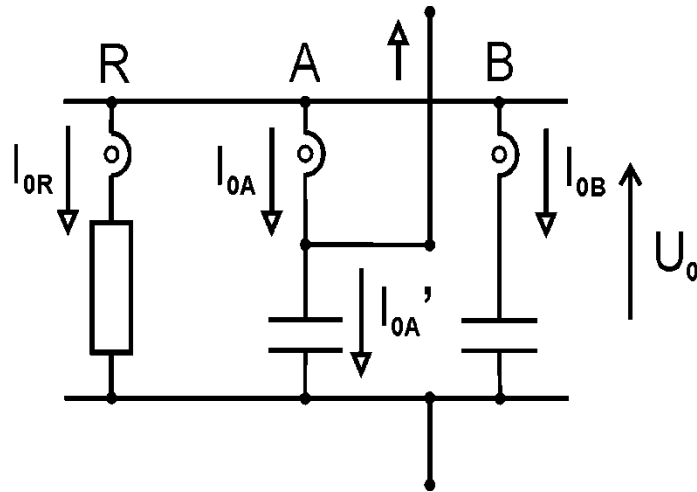
# Földzárlat szigetelt hálózatokon

## Szigetelt hálózat



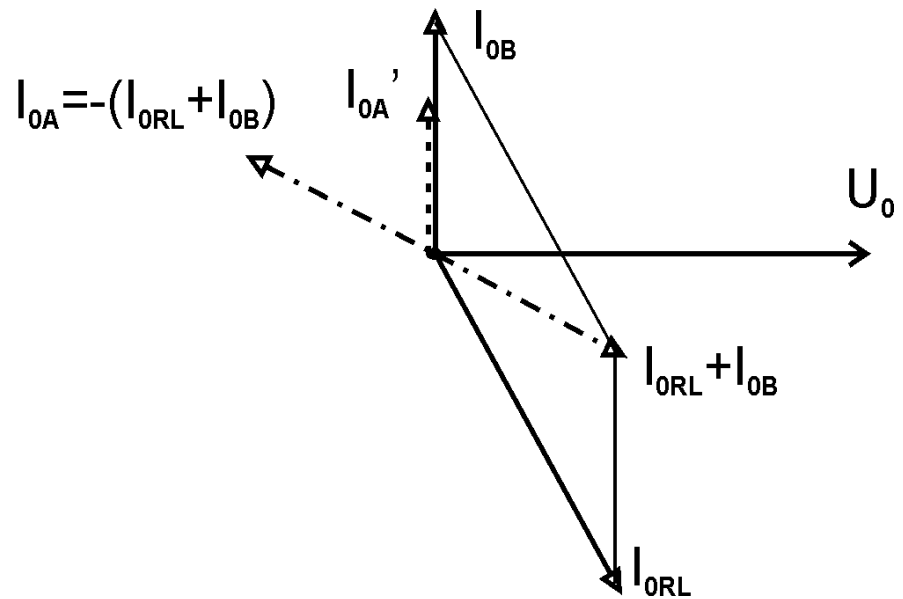
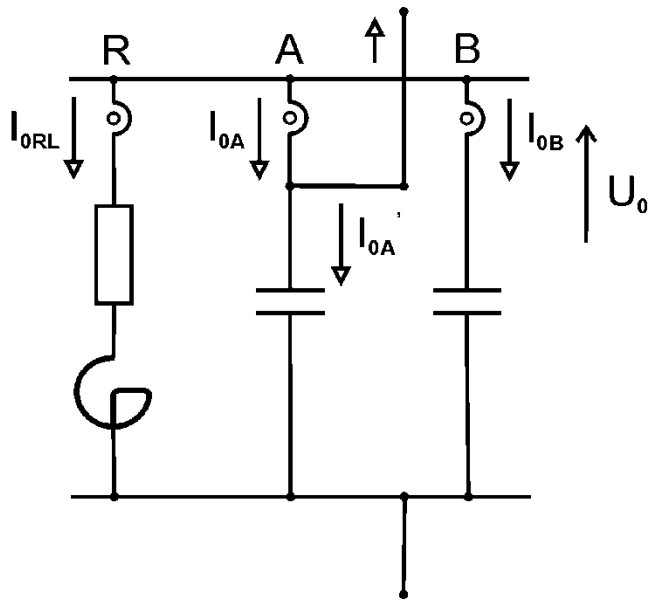
# Földzárlat hosszan földelt hálózatokon

## Hosszan földelt hálózat



# Földzárlat kompenzált hálózatokon

## Kompenzált hálózat



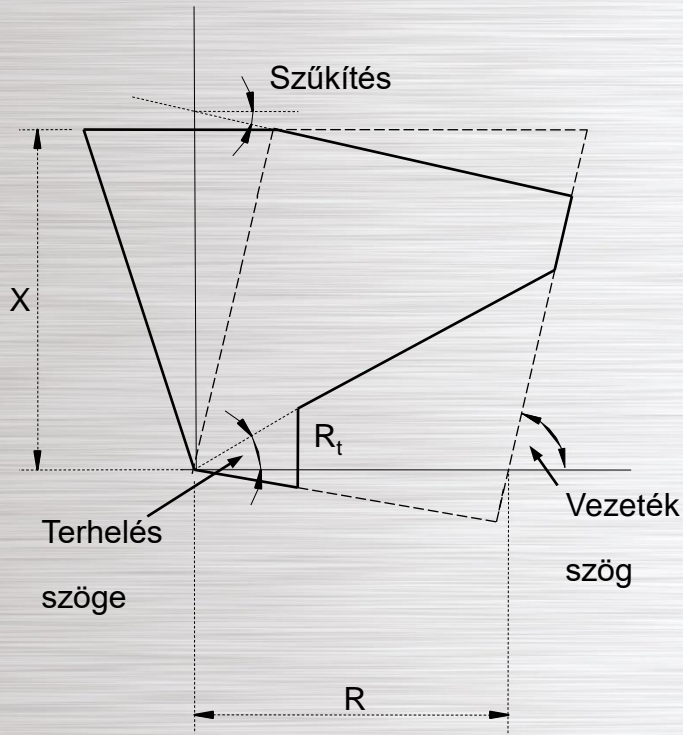
# Mereven földelt hálózat

120kV, 220kV, 400kV, 750 kV

- **Korlátozott feszültség az ép fázisokban**
- **Nagy földzárlati áram**
  - **Csillagpont lazítás**
- **Védelmi igény:**
  - **Folyamatos mérés 6 védelmi hurokban**



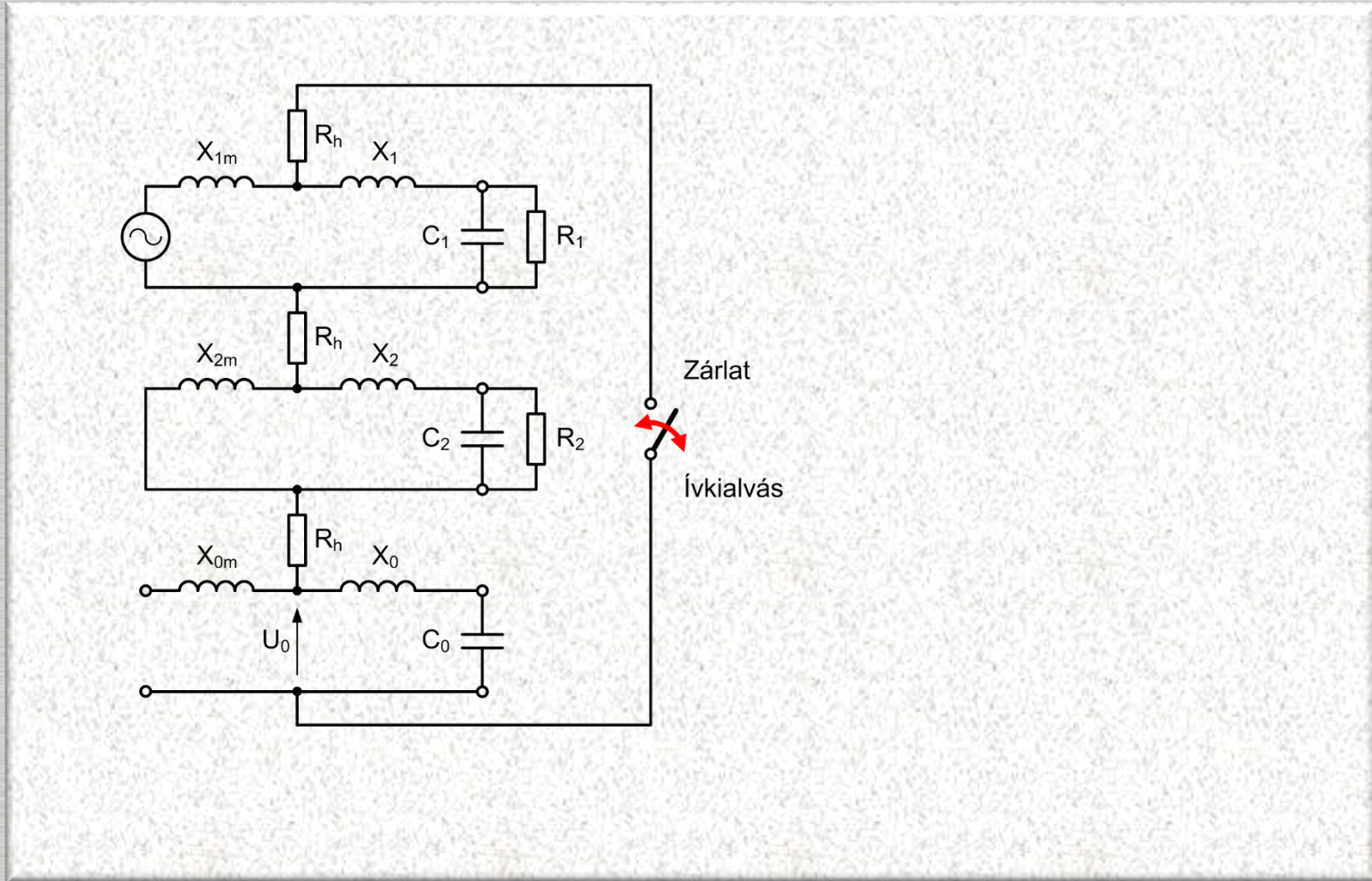
# DTVA

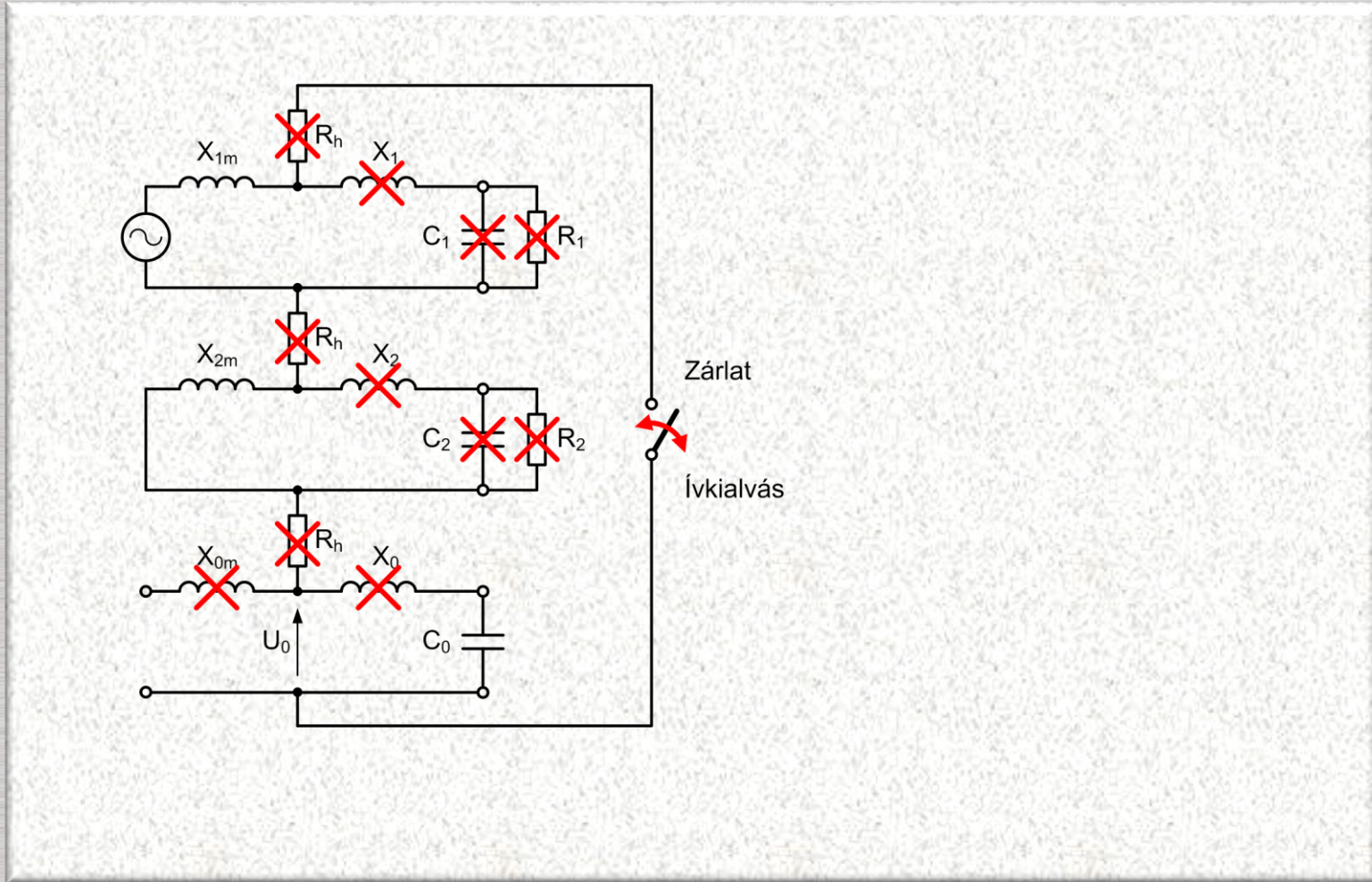


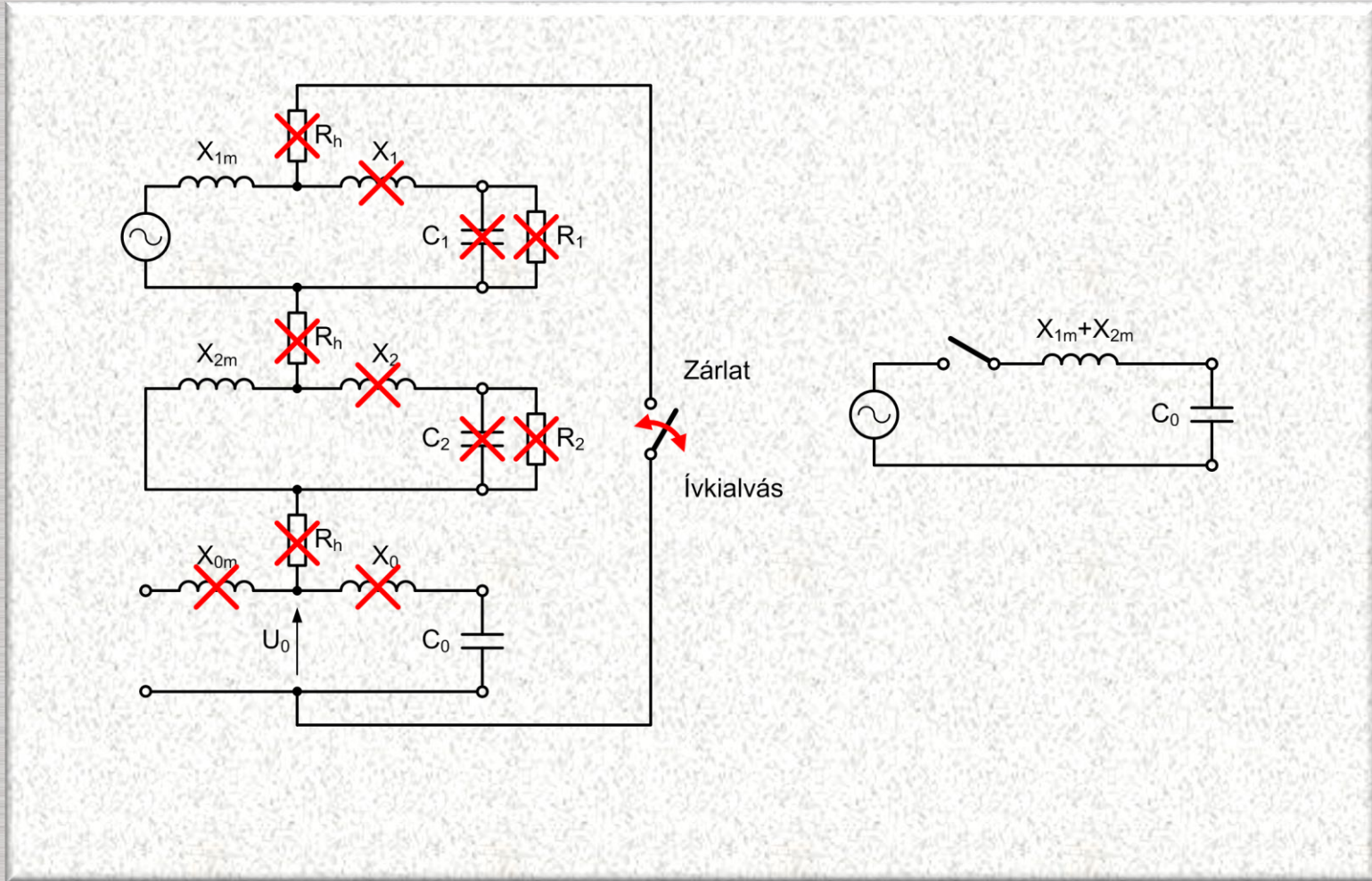
Zárlatfajta	Z	Lehet még
3F(N)	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$	$Z_{AB}, Z_{CA}$ $Z_A, Z_B, Z_C$
2F AB	$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B}$	
2F BC	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$	
2F CA	$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A}$	
2FN AB	$Z_{AB} = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B}$	$Z_A, Z_B$
2FN BC	$Z_{BC} = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$	$Z_B, Z_C$
2FN CA	$Z_{CA} = \frac{U_C - U_A}{I_C - I_A}$	$Z_C, Z_A$
FN A	$Z_A = \frac{U_A}{I_A + 3I_o \alpha}$	
FN B	$Z_B = \frac{U_B}{I_B + 3I_o \alpha}$	
FN C	$Z_C = \frac{U_C}{I_C + 3I_o \alpha}$	

# A szigetelt hálózat problémái

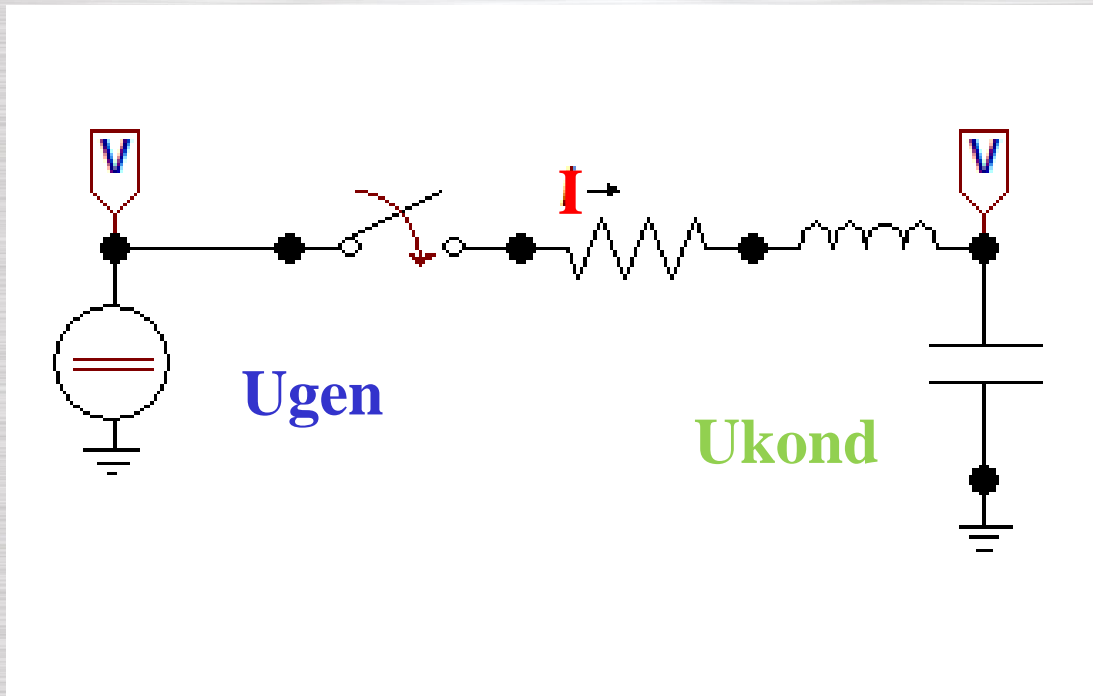
- Ívelő földzárlat
- Generátor 100%-os testzárlat-védelem



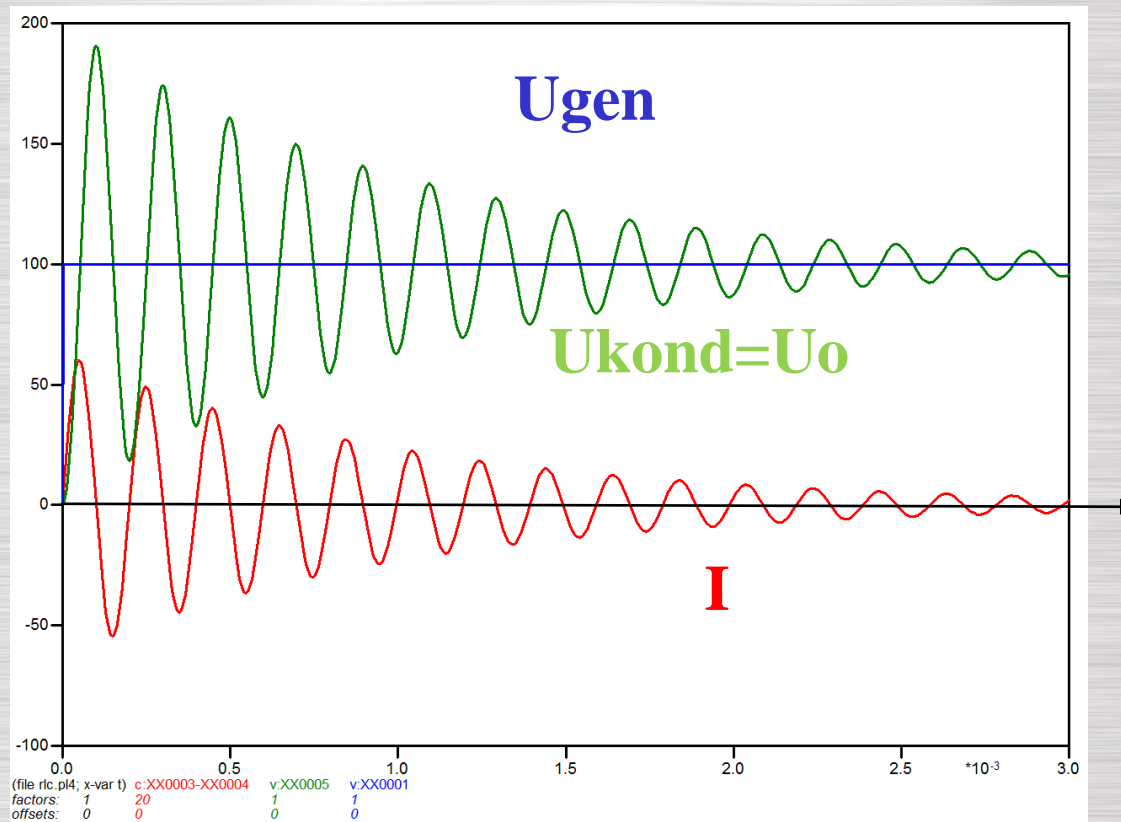




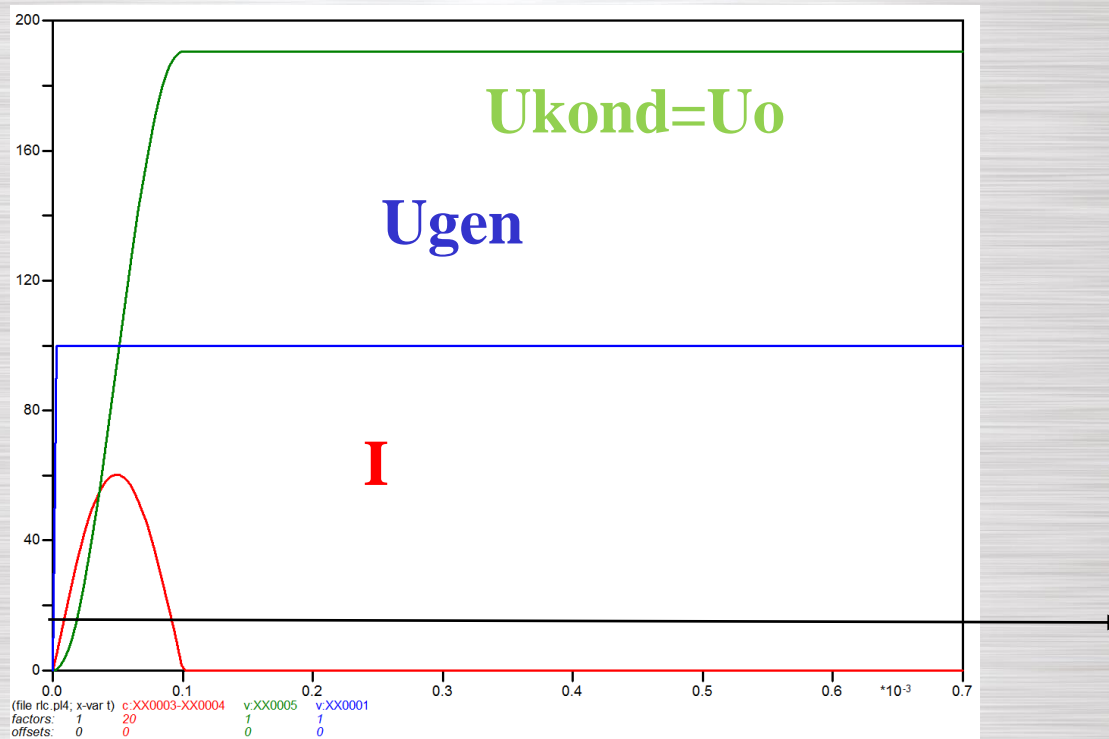
# LC-kör egyenfeszültségre kapcsolás



# LC-kör egyenfeszültségre kapcsolás

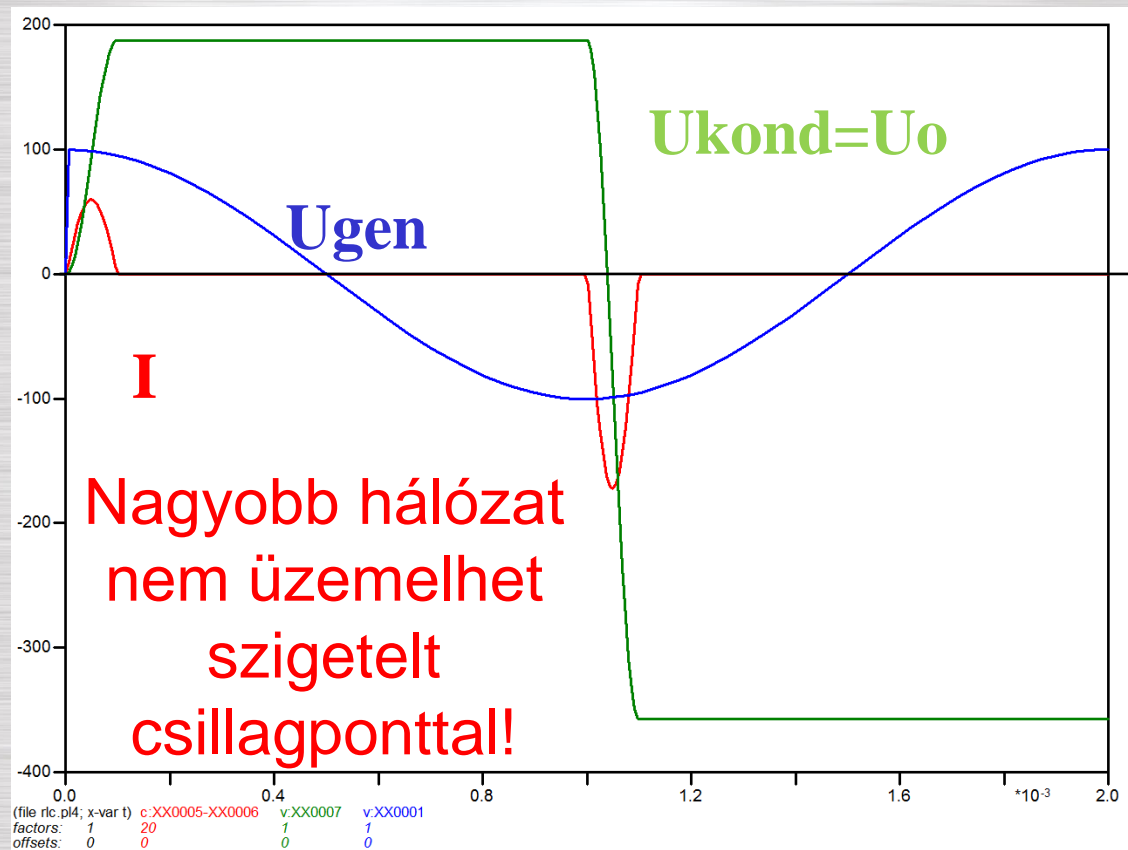


# LC-kör egyenfeszültségre kapcsolás ívkiálvással

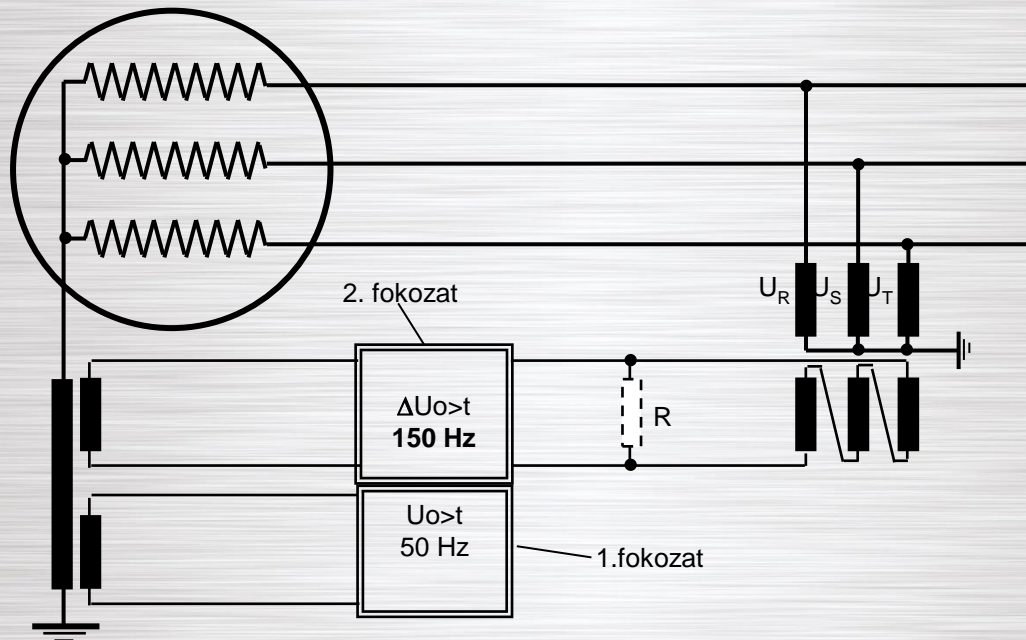




# Ívelő földzárlat szigetelt hálózaton



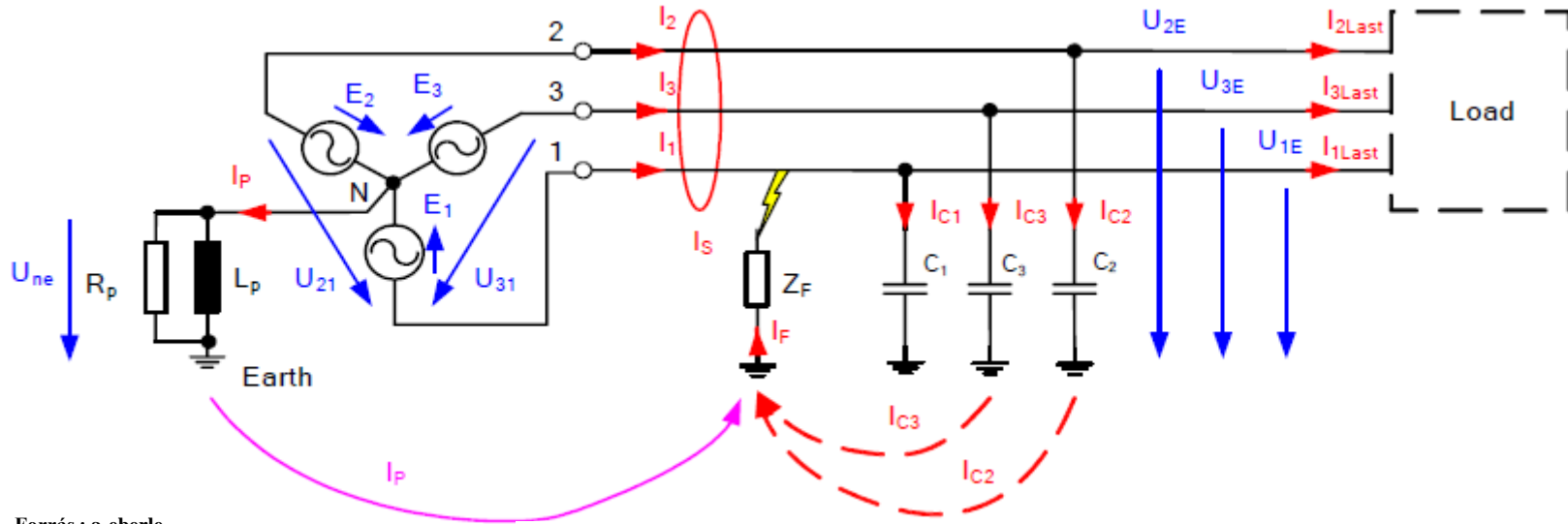
# 100%-os testzárlatvédelem (Pázmándi elv)



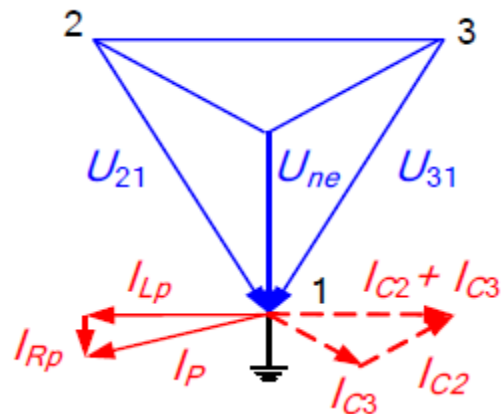
## A kompenzált elosztóhálózatok földzárlati eseményeinek és problémakörének áttekintése

- A kompenzáció elve a 20-as évek óta ismert (Petersen),  
de még mindig van tennivaló:**
- az előnyök kihasználására,
  - a hátrányok kiküszöbölésére.

# A kompenzálás elve fázismennyiségekkel



Forrás : a-eberle



- **Normál üzem**

- Aszimmetria
- Petersen szabályozás
- Adaptív kompenzálás

- **Földzárlati tranziensek**

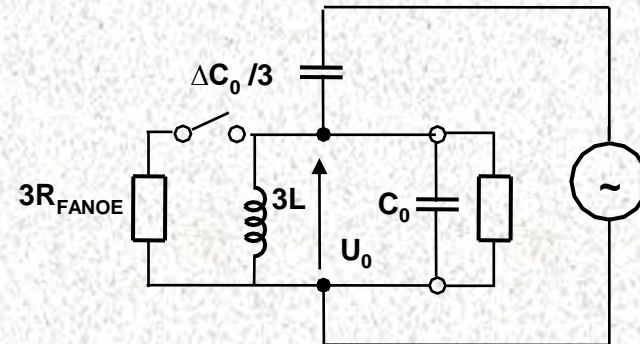
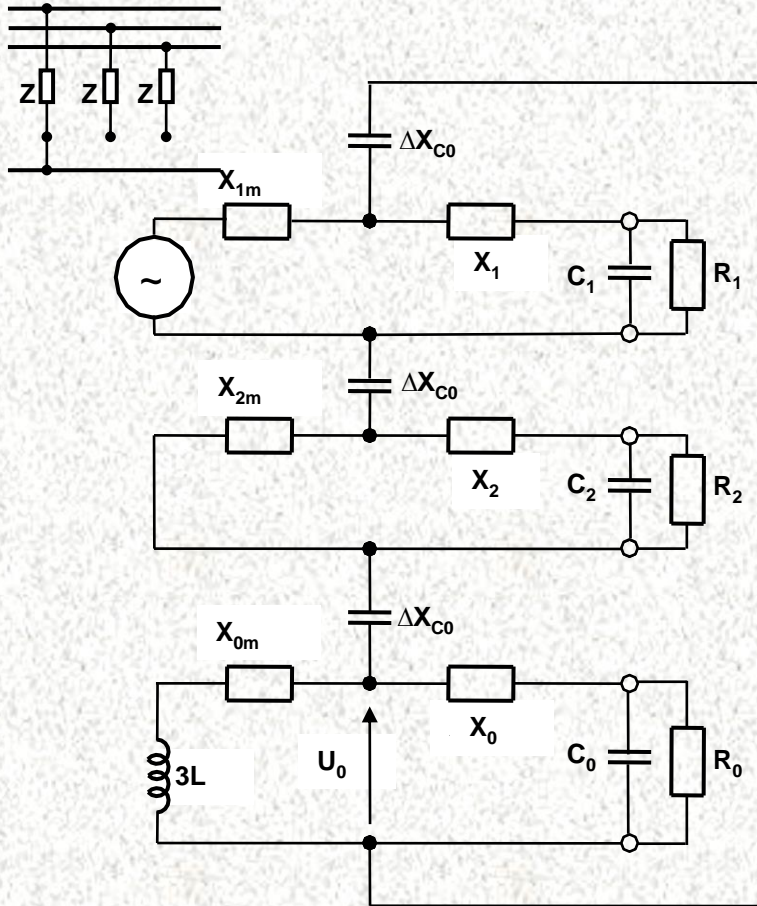
- Tranziens érzékelés

- **Állandósult földzárlat**

- A hibás leágazás keresése

# Aszimmetria

FN zárlat  $\Delta X_{C0}$



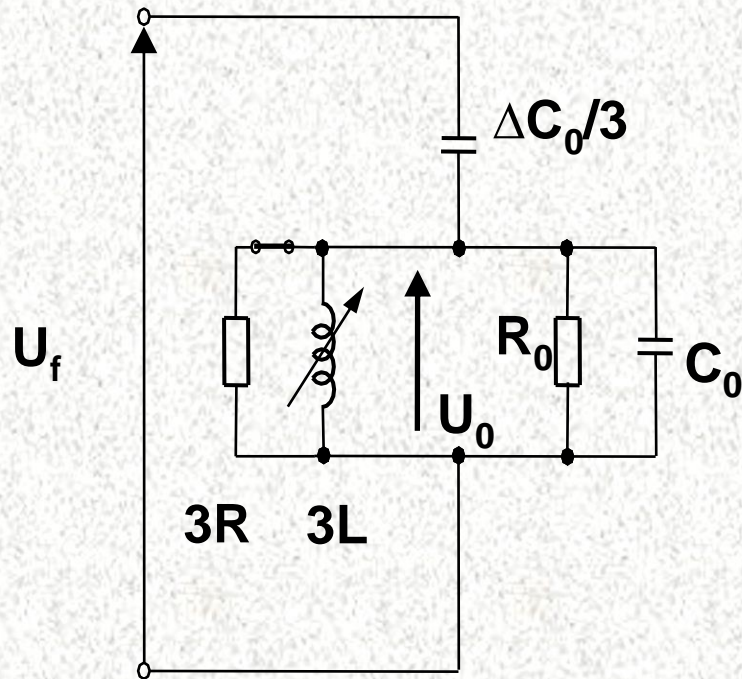
**Feszültségosztás két nagy impedancia között:**

- Állandósult  $U_0$
- Bénítja a hangolást ....

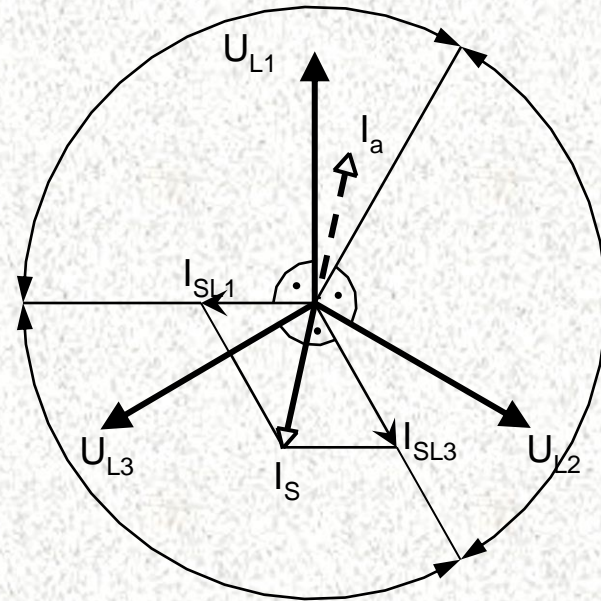
# A szimmetrizálás lehetőségei

- Ciklikus fáziscsere
  - Sok szerelési munka
  - Szerelés sok helyen
  - Sok üzemidő kiesés
- Állandó csillagponti földelő ellenállás
  - Sok hátrány
- **Szimmetrizáló kondenzátorok**
  - Szerelés az alállomáson
  - Kis költség
  - Kis üzemidő kiesés

# Az aszimmetria mérése



3R rögzíti a csillagpontot:  $U_0 = 0$



Protecta megoldás:  
**EuroProt+ IED „Aszimer”**



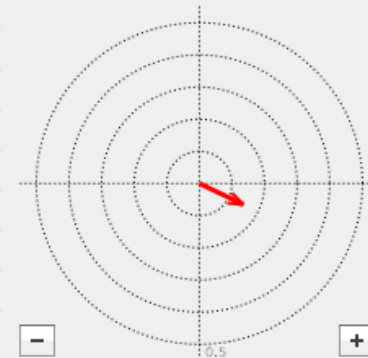
## A mérés



# A mérés („Aszimer”)

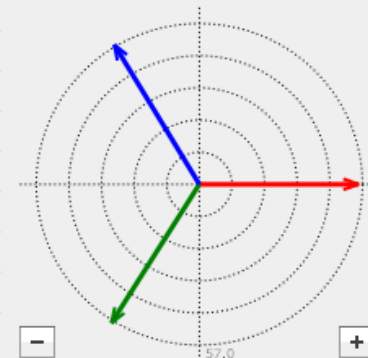
## [ - ] CT4 module

Current Ch - I1	0.15	A
Angle Ch - I1	-26	deg
Current Ch - I2	0.00	A
Angle Ch - I2	0	deg
Current Ch - I3	0.00	A
Angle Ch - I3	0	deg
Current Ch - I4	0.00	A
Angle Ch - I4	0	deg

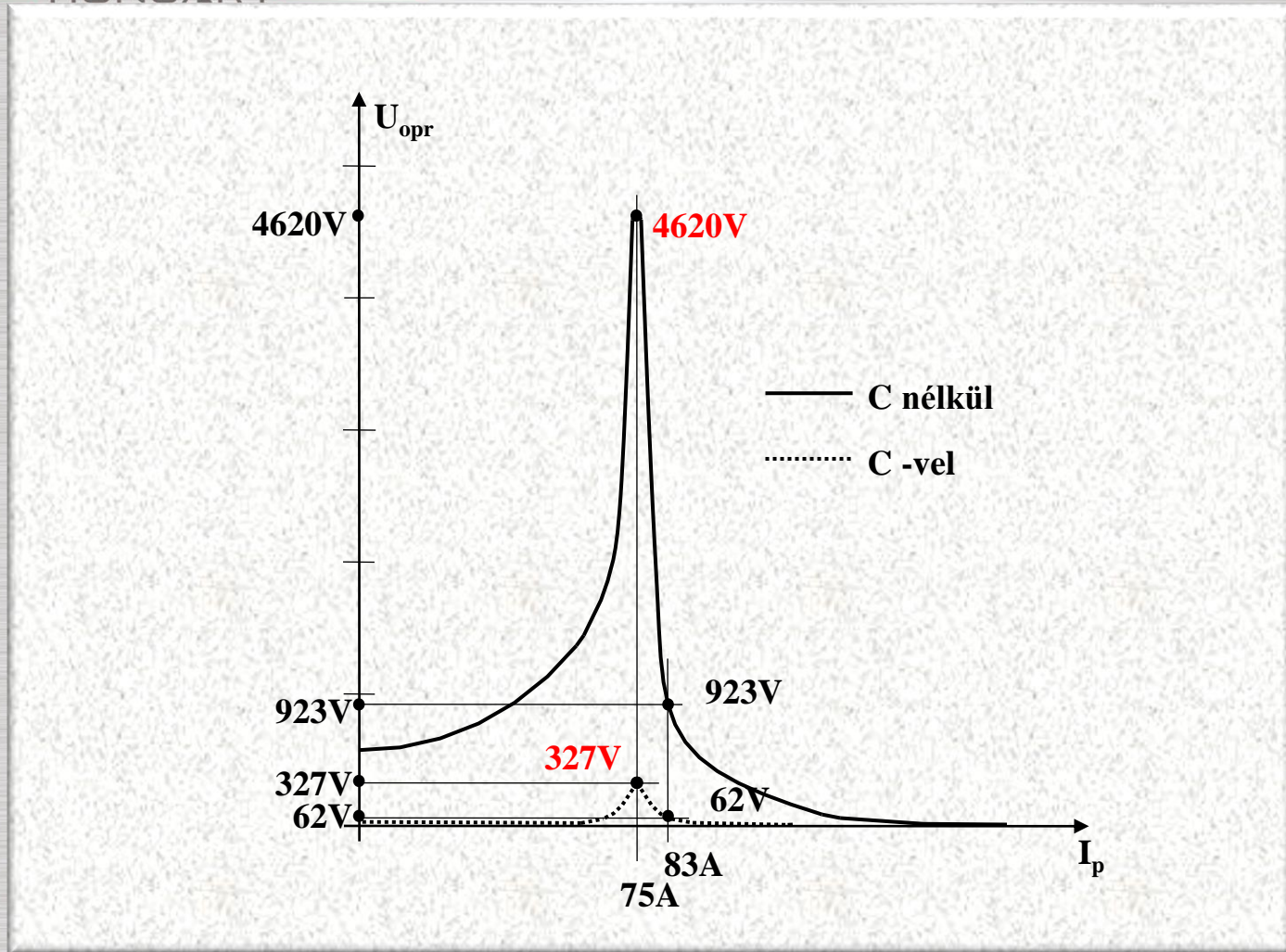


## [ - ] VT4 module

Voltage Ch - U1	55.67	V
Angle Ch - U1	0	deg
Voltage Ch - U2	57.98	V
Angle Ch - U2	-122	deg
Voltage Ch - U3	57.74	V
Angle Ch - U3	121	deg
Voltage Ch - U4	0.00	V
Angle Ch - U4	0	deg







- Központi

Felszerelt kapacitás	U <sub>o</sub> szimmetrizálás előtt	U <sub>o</sub> szimmetrizálás után
0.15 μF (C <sub>o</sub> = 6.84 μF)	<b>4600 V</b> (U <sub>f</sub> = 11500 V)	<b>327 V</b>

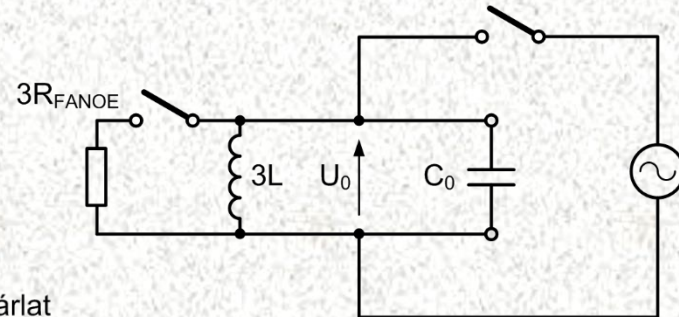
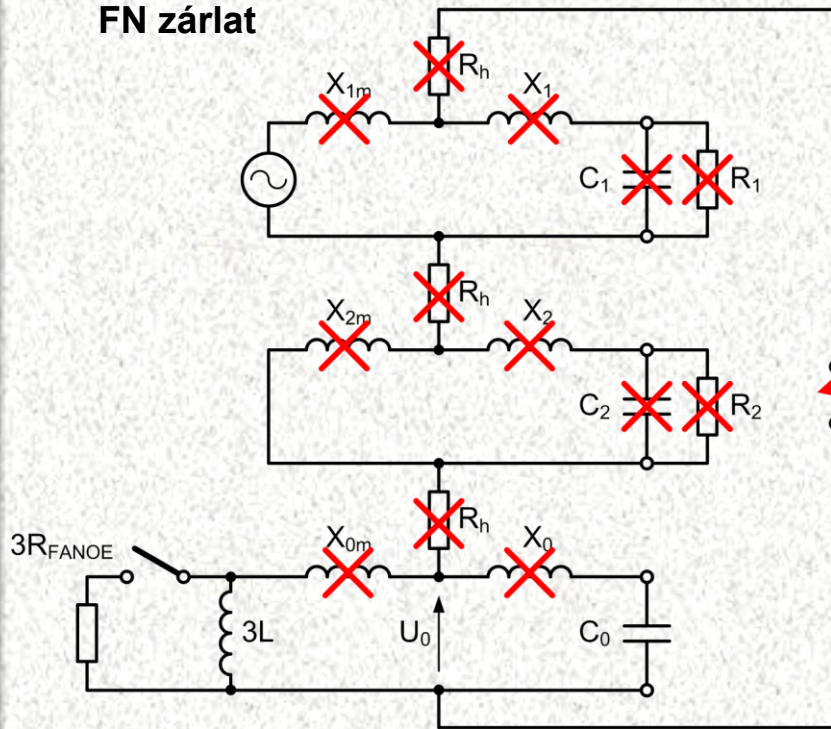
- Vezetékenként

Felszerelt kapacitás	U <sub>o</sub> szimmetrizálás előtt	U <sub>o</sub> szimmetrizálás után
6.6 nF ... 30.5 nF	<b>5450 V</b> (U <sub>f</sub> = 11500 V)	<b>737 V</b>

**Egyszerű, olcsó megoldás**

# Petersen szabályozás

**FN zárlat**



Zárlat

Ívkialvás

**Hangolási igény**

$$Z = \frac{j3\omega L \frac{1}{j\omega C_0}}{j3\omega L - j\frac{1}{\omega C_0}}$$

**Protecta megoldás:**  
**EuroProt+ IED DRL**

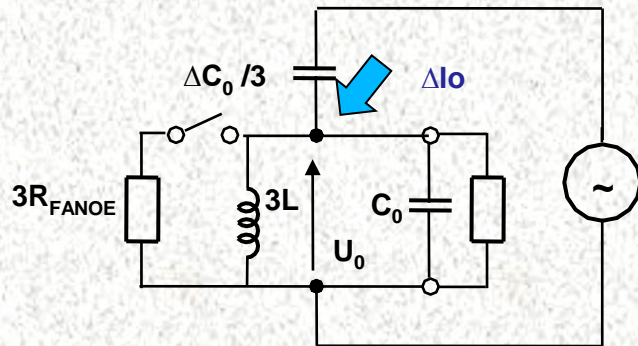
# A Petersen szabályozás lehetőségei

Normál üzemben a zérus sorrendű  
összetevőknek nincs szerepe

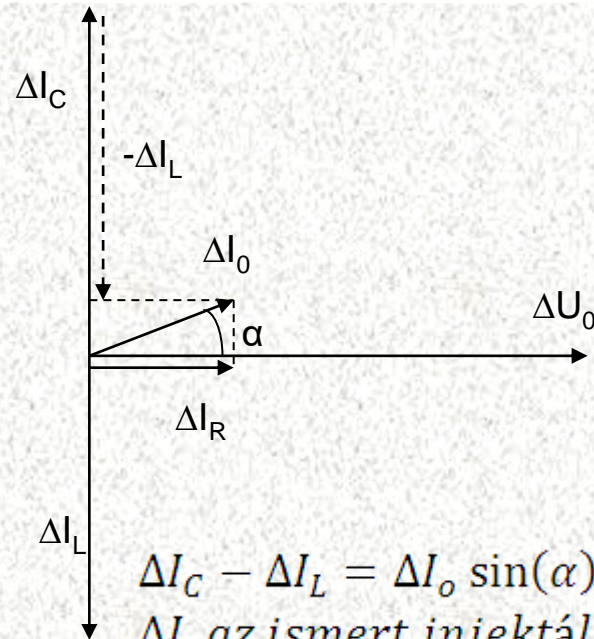
- Mesterséges (nagy impedanciás)  
földzárlati viszonyokat alakítunk ki
- Kihasználjuk a „természetes”  
aszimmetriát
- Zérus sorrendű injektálással  
aktivizáljuk a zérus sorrendű  
hálózatot

**Protecta megoldás:**  
**EuroProt+ IED DRL**

## Hangolás injektálással



Hatékony, ha az aszimmetria kicsi (az injektált áram a zérus sorrendű hálózatba folyik)



$$\Delta I_C - \Delta I_L = \Delta I_0 \sin(\alpha)$$

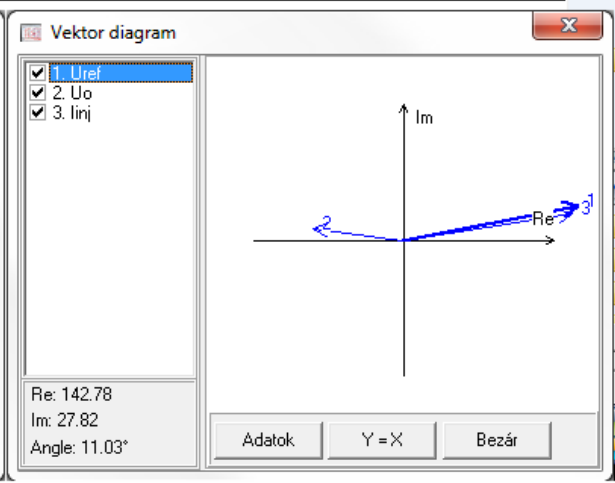
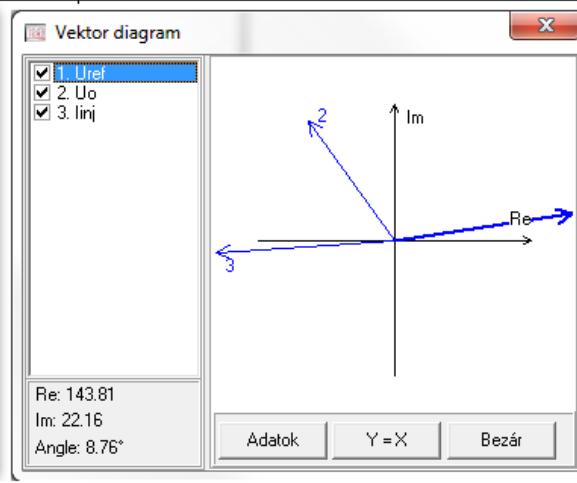
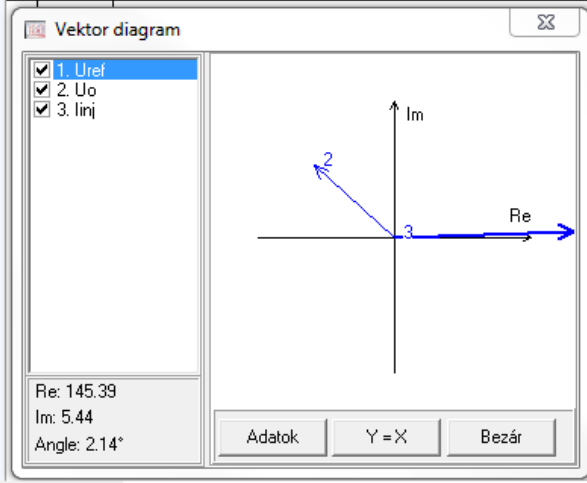
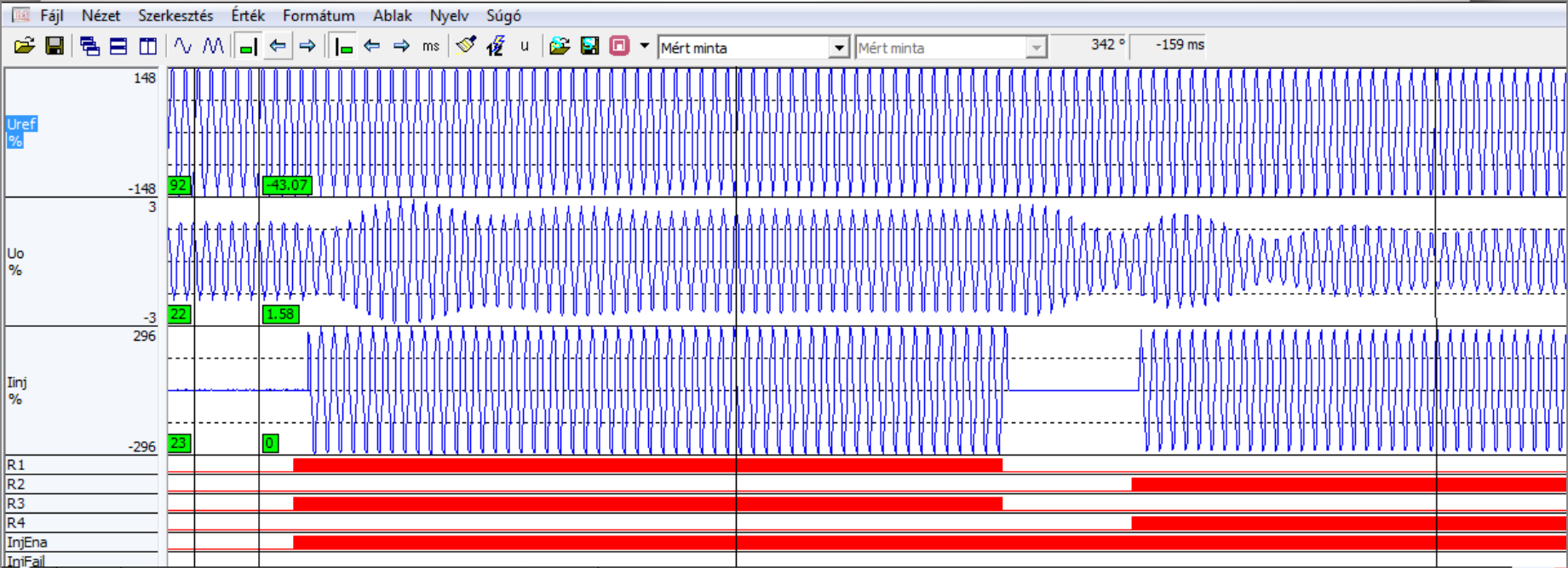
$\Delta I_0$  az ismert injektált áram

$\Delta I_L$  ismert az állásjelzés alapján

$\Delta I_C$  és ebből  $X_C$  számítható

a megkívánt kompenzáció állás beállítható



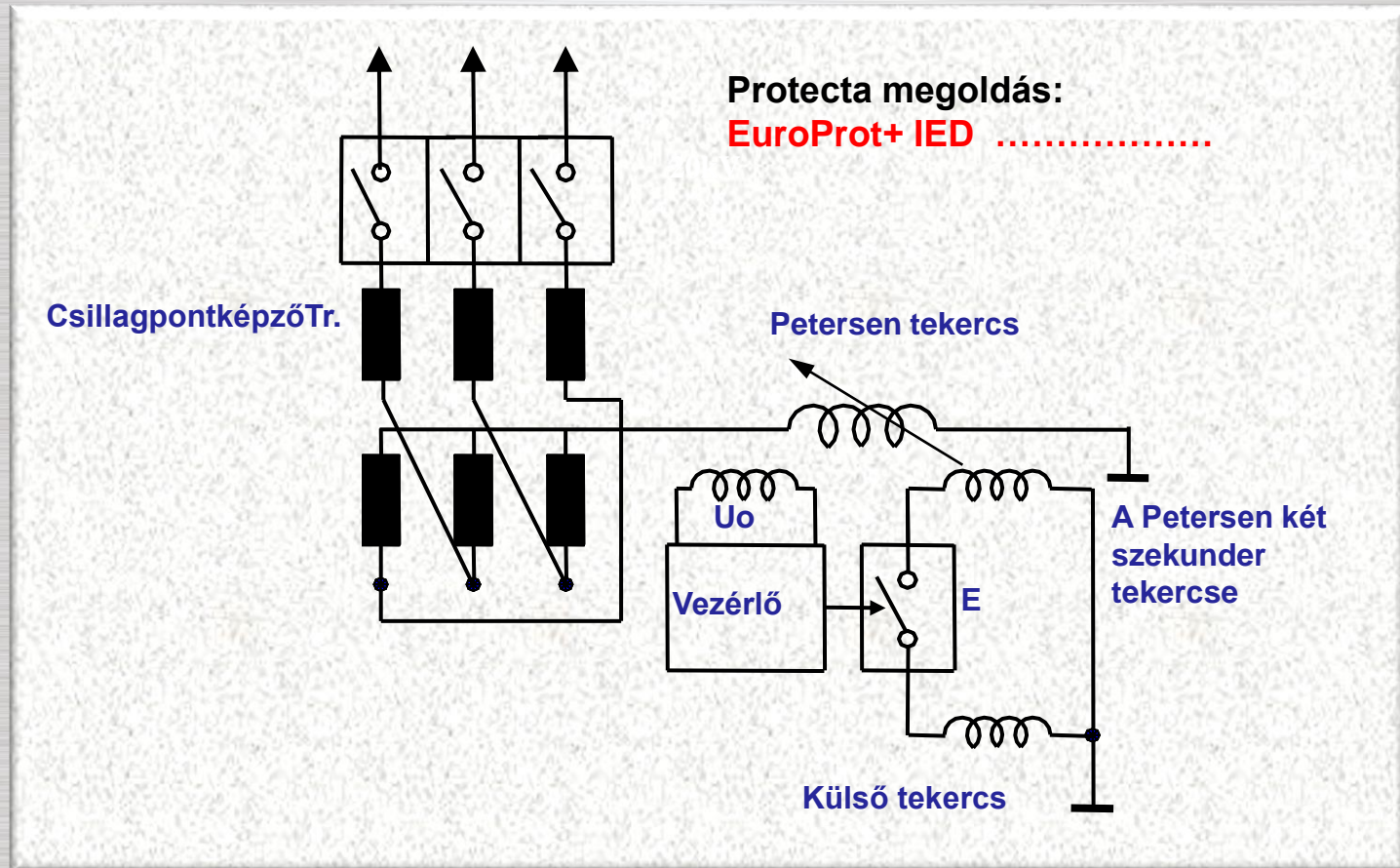


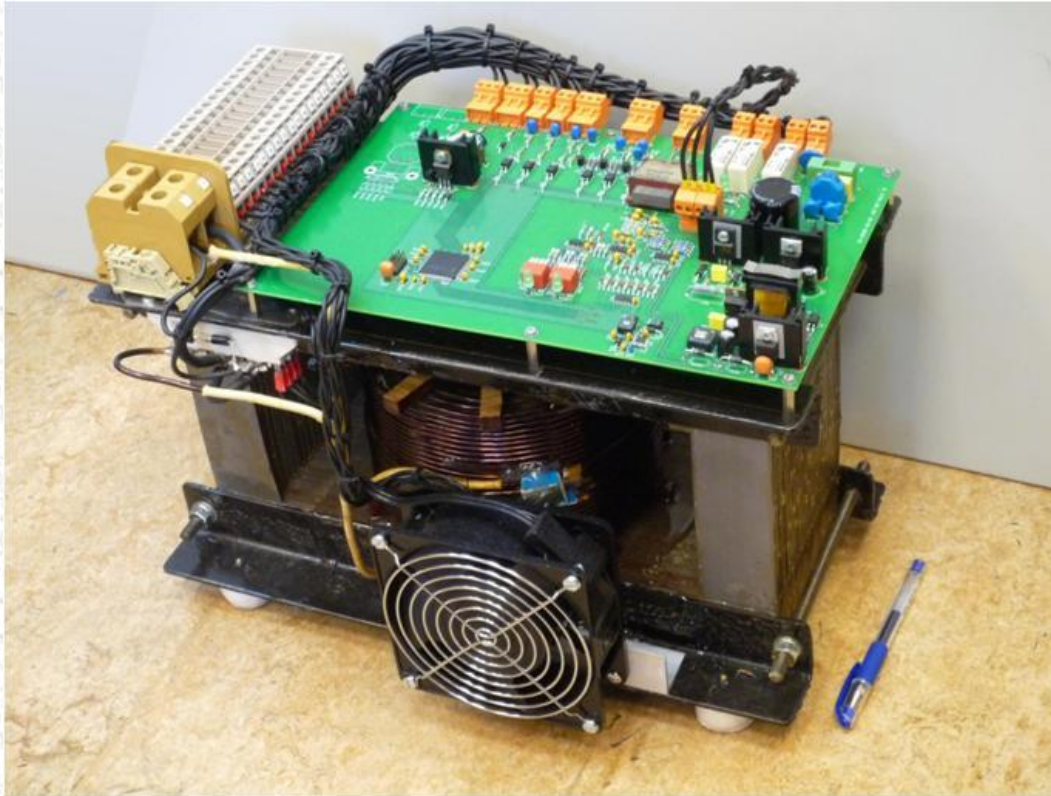
- Túl- vagy alulkompenzálás hátrányai:
  - Nagy maradék áram
  - Gyorsan visszatérő fázisfeszültség
  - Romló ívoltage hatékonyság
  - Nagy lépésfeszültség

**Földzárlatkor jó lenne pontos kompenzálás**
- A pontos kompenzálás hátrányai:
  - Nagy zérus sorrendű feszültség
  - Aszimmetrikus fázisfeszültségek
  - Probléma a hangoláskor

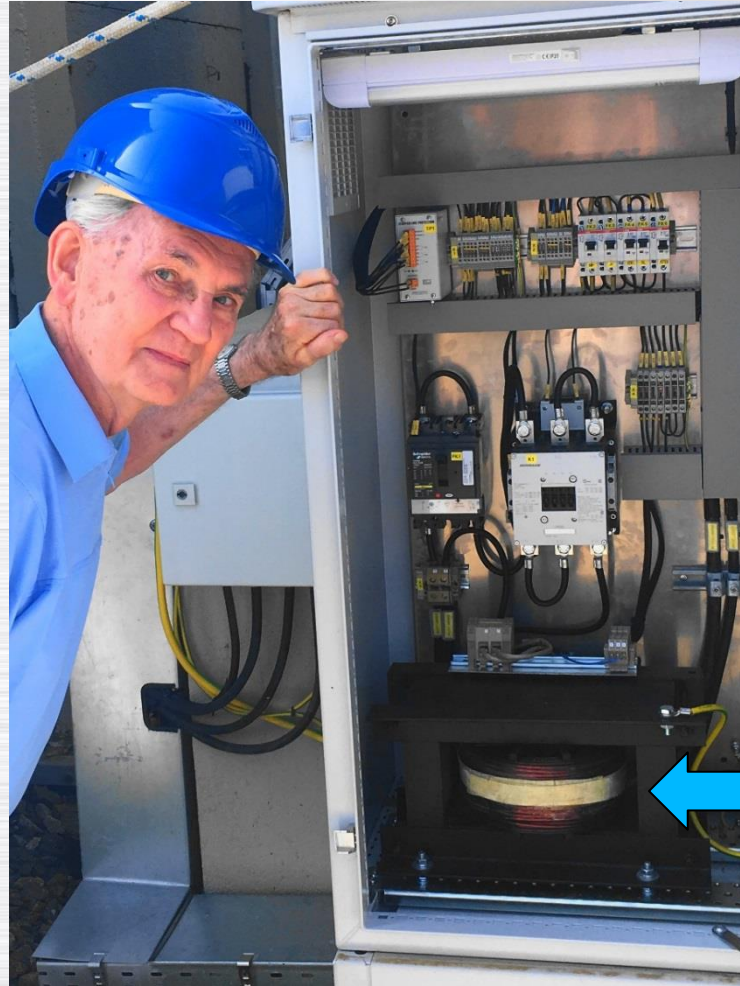
**Normál üzemben jó lenne túlkompenzálás**

# Adaptív kompenzálás





# A kapcsolt inductivitás



Külső tekercs

- **Normál üzem**

- Aszimmetria
- Petersen hangolás
- Adaptív kompenzálás

- **Földzárlati tranziensek**

- Tranziens érzékelés

- **Állandósult földzárlat**

- A hibás leágazás keresése

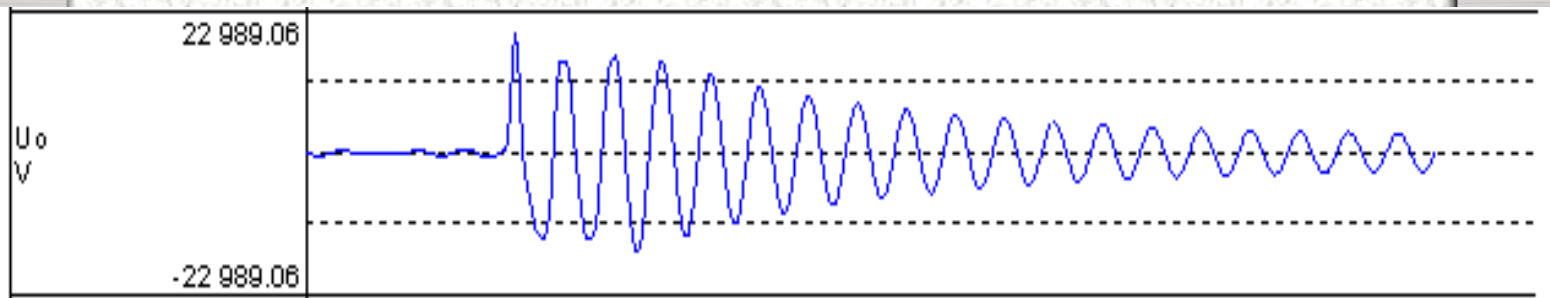
### **Fellépés szerint**

- Ugrás szerűen fellépő
- Felgerjedő

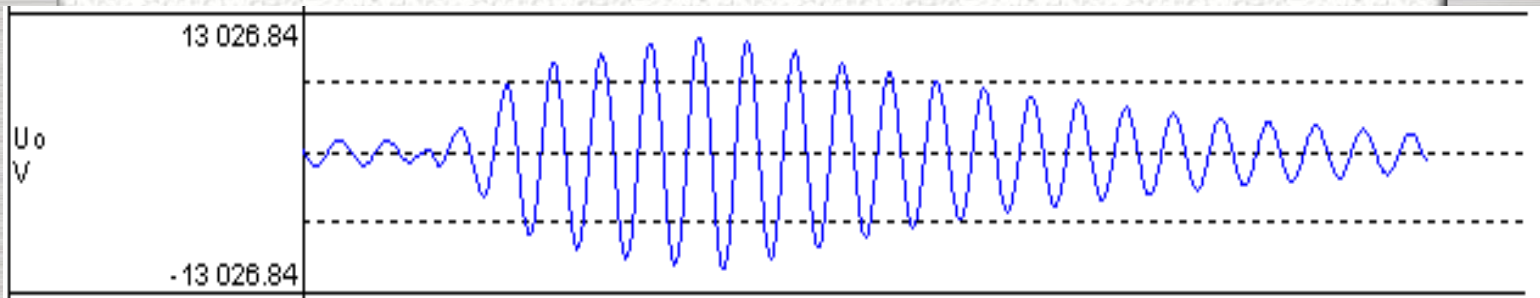
### **Kialvás szerint**

- Tartós földzáratok
- „Spontán” múltó földzáratok
- Újra gyulladó földzáratok-sorozat
- Átterjedő zárlatok

### Ugrás-szerűen fellépő földzárlat

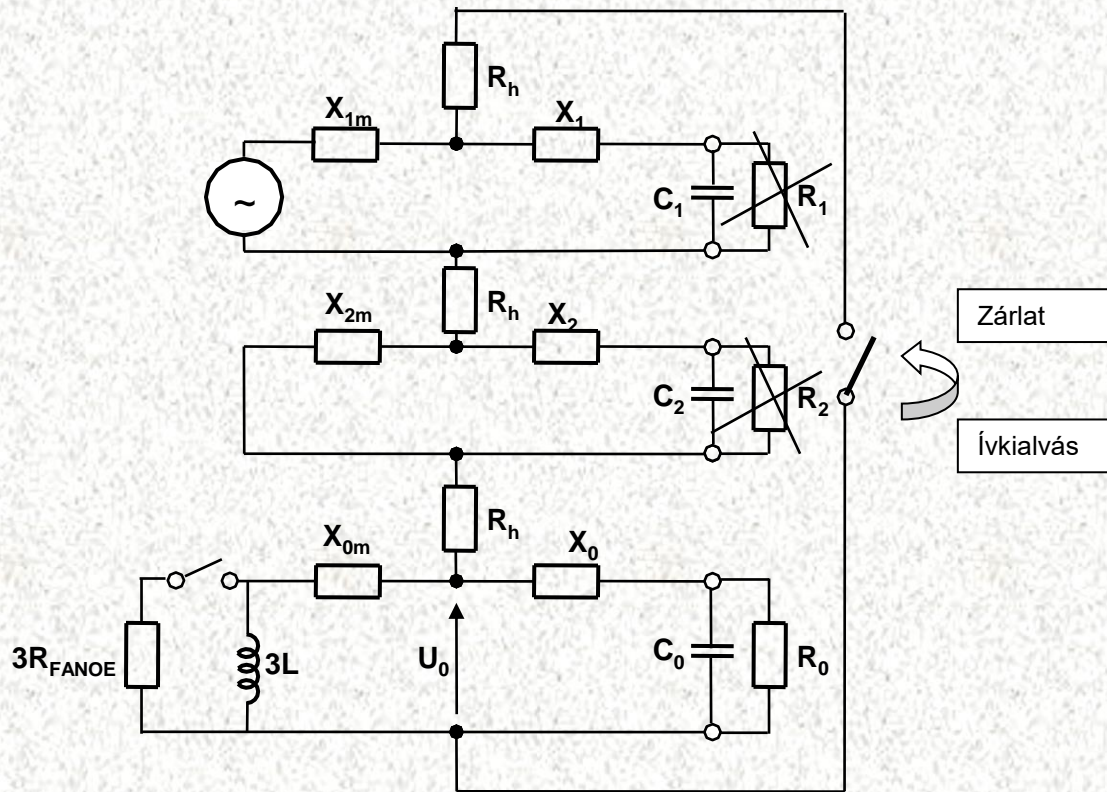


### Felgerjedő földzárlat

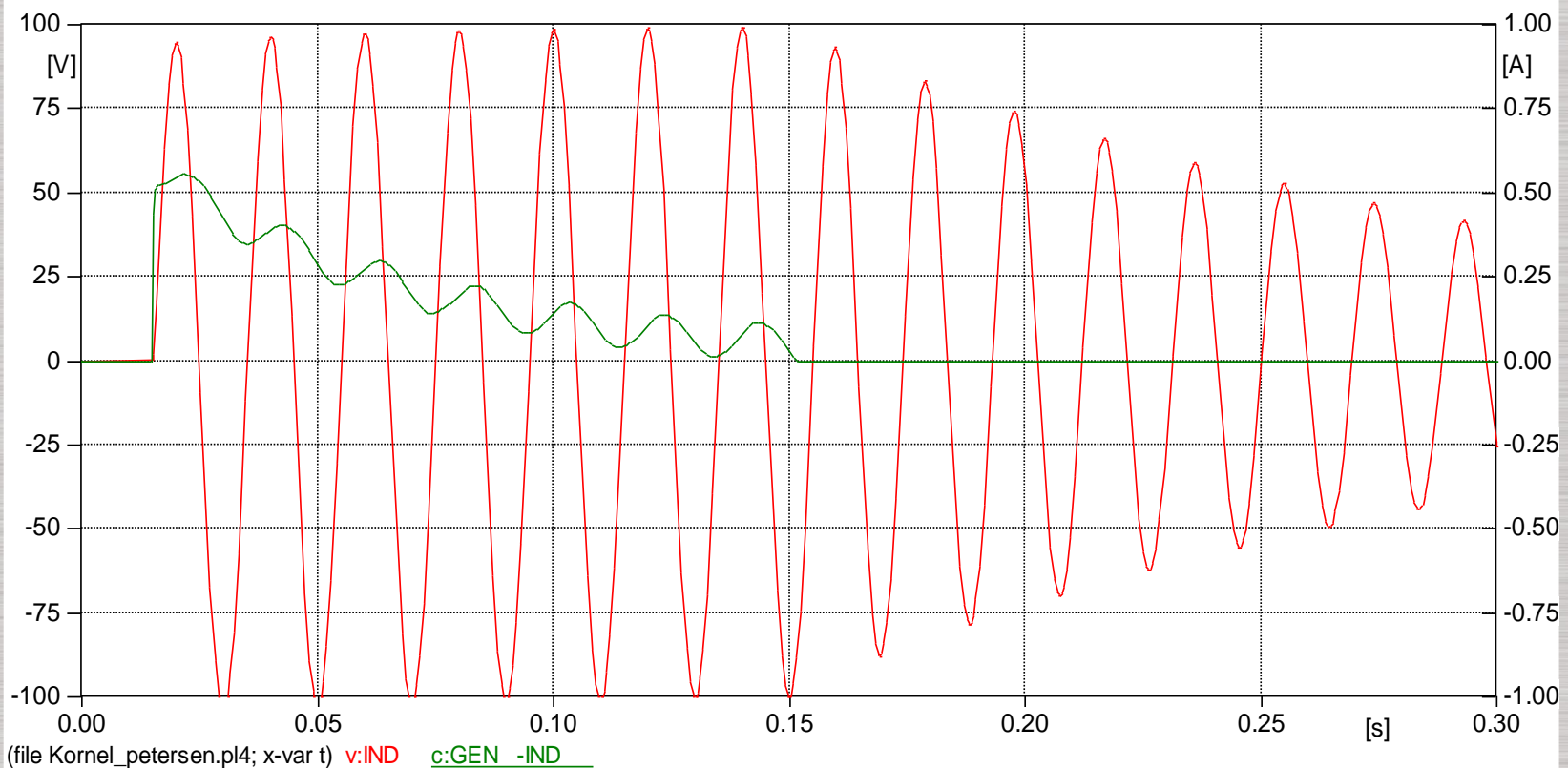




## A tranziensek modellezése



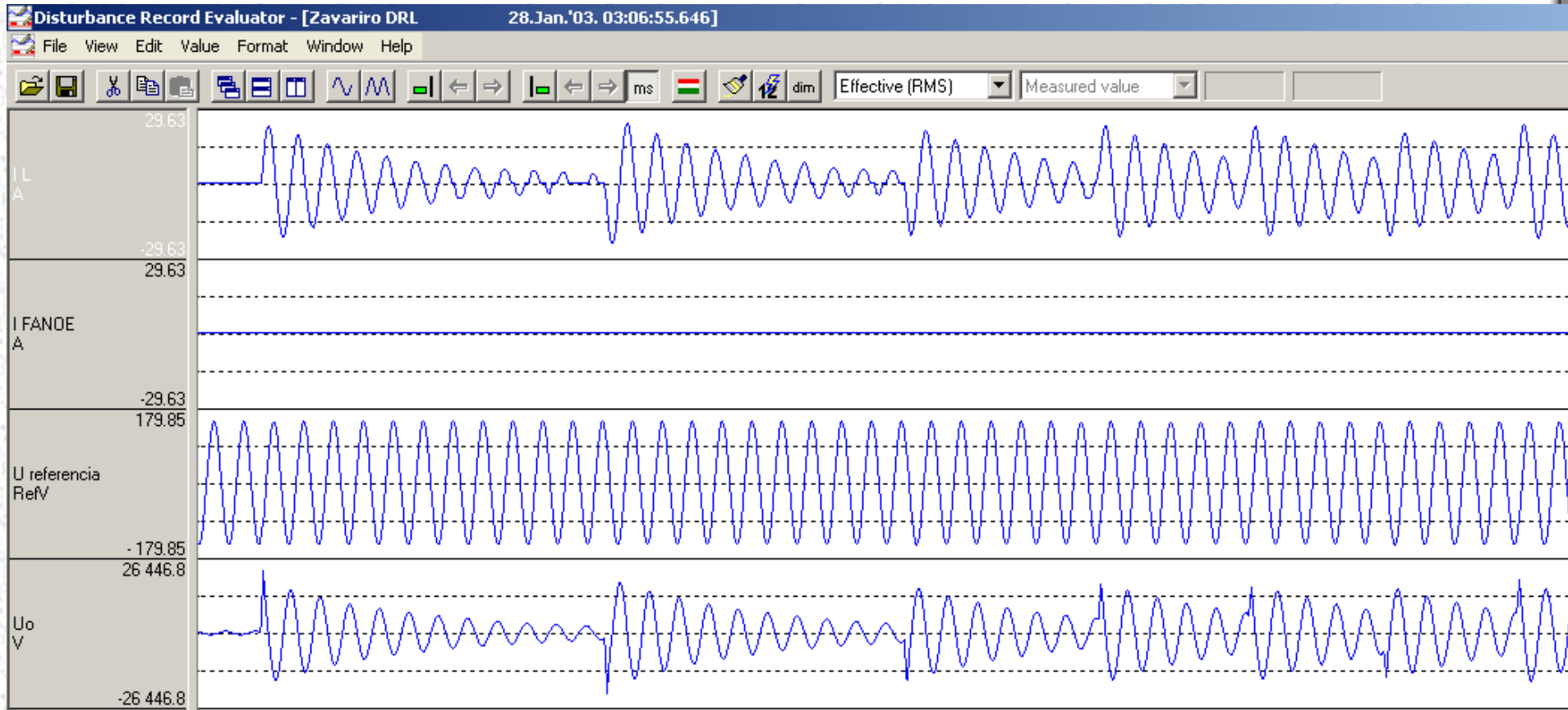
## Az ívkialvás folyamata (modell)

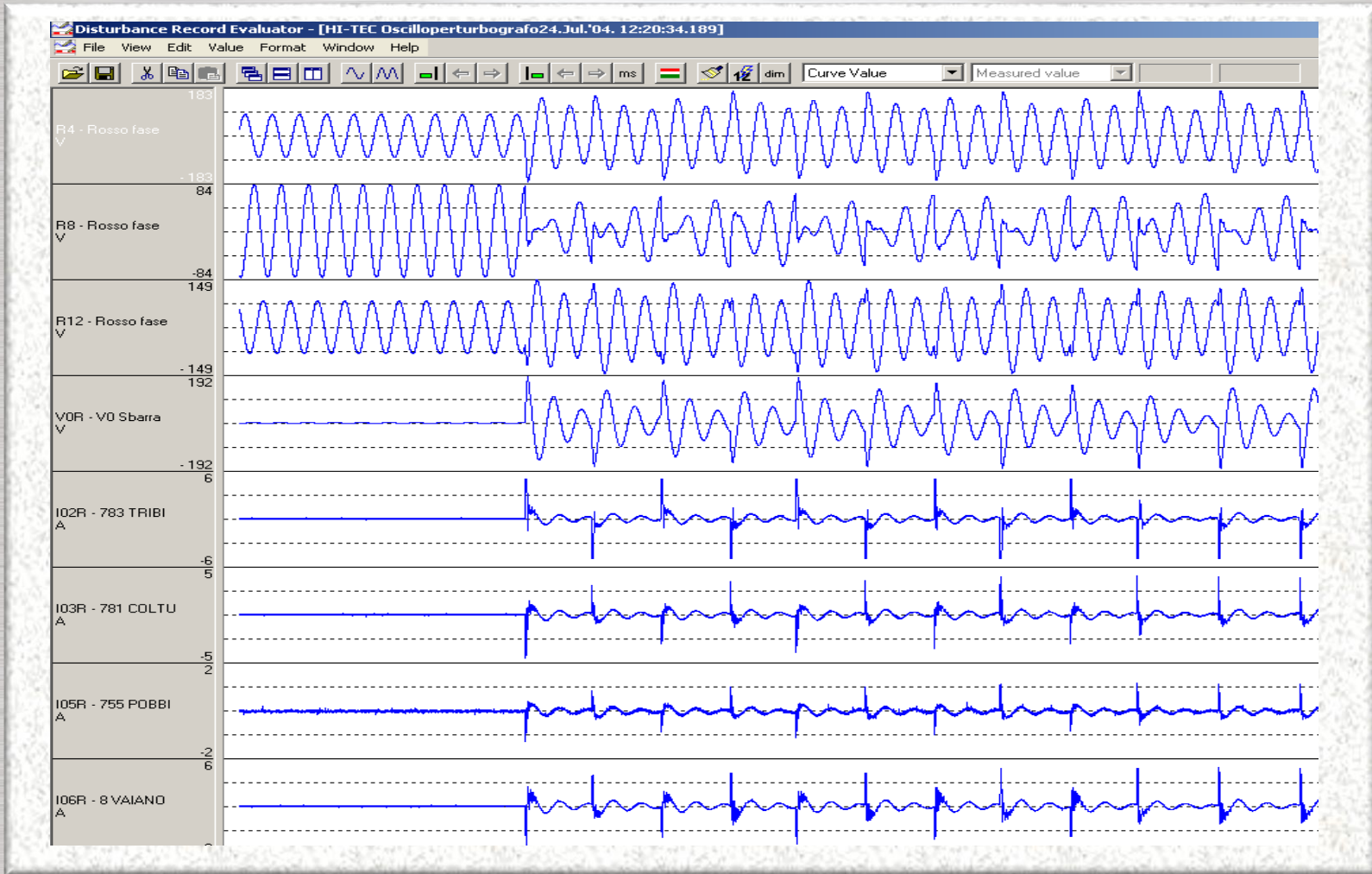


- Ívkialvás a hibahelyi áram nulla-átmenetekor
- A zérus sorrendű feszültség lassan csillapodik

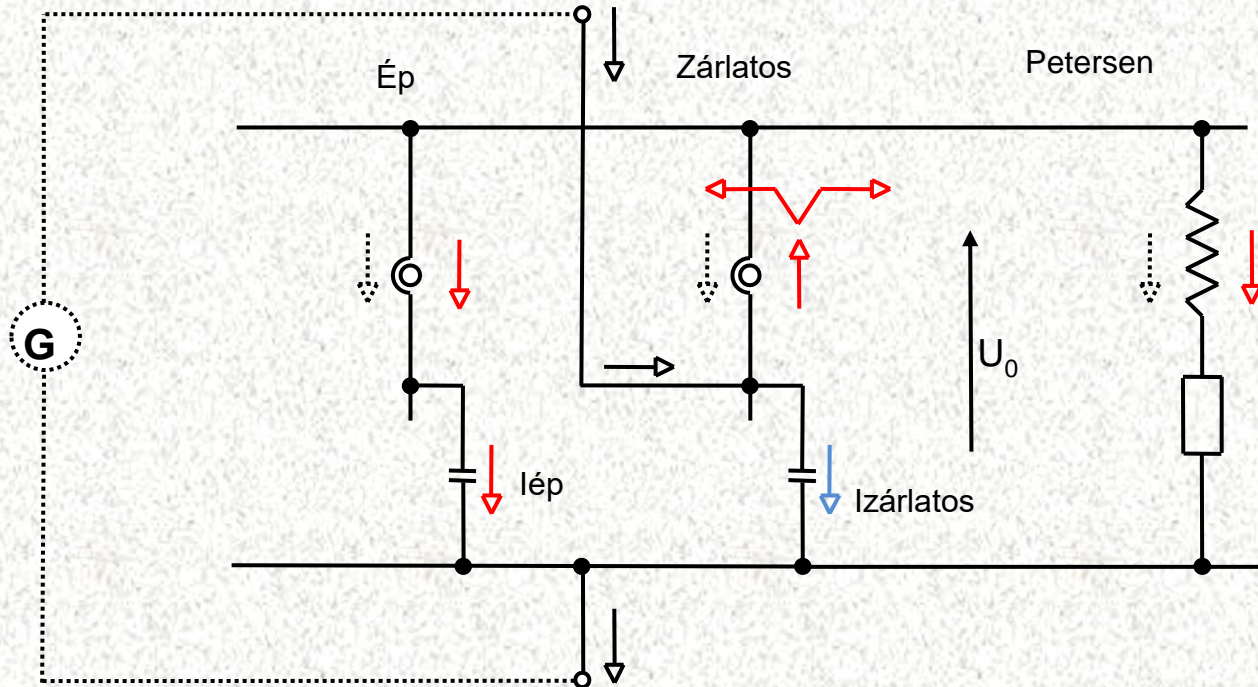
## Tisztázatlan kérdések

- Mitől lesz kis impedanciás vagy nagy impedanciás egy földzárlat?
- Időjárás szerepe (eső, köd, zúzmara, villámcsapás, szél, stb.)?
- Hibahelyi események (égett faágak, madár vonulás, szennyezett szigetelők, stb.)?
- Átterjedő és kettős földzárlatok kialakulása?
- A maradék áram felharmonikus tartalma?
- STB.?

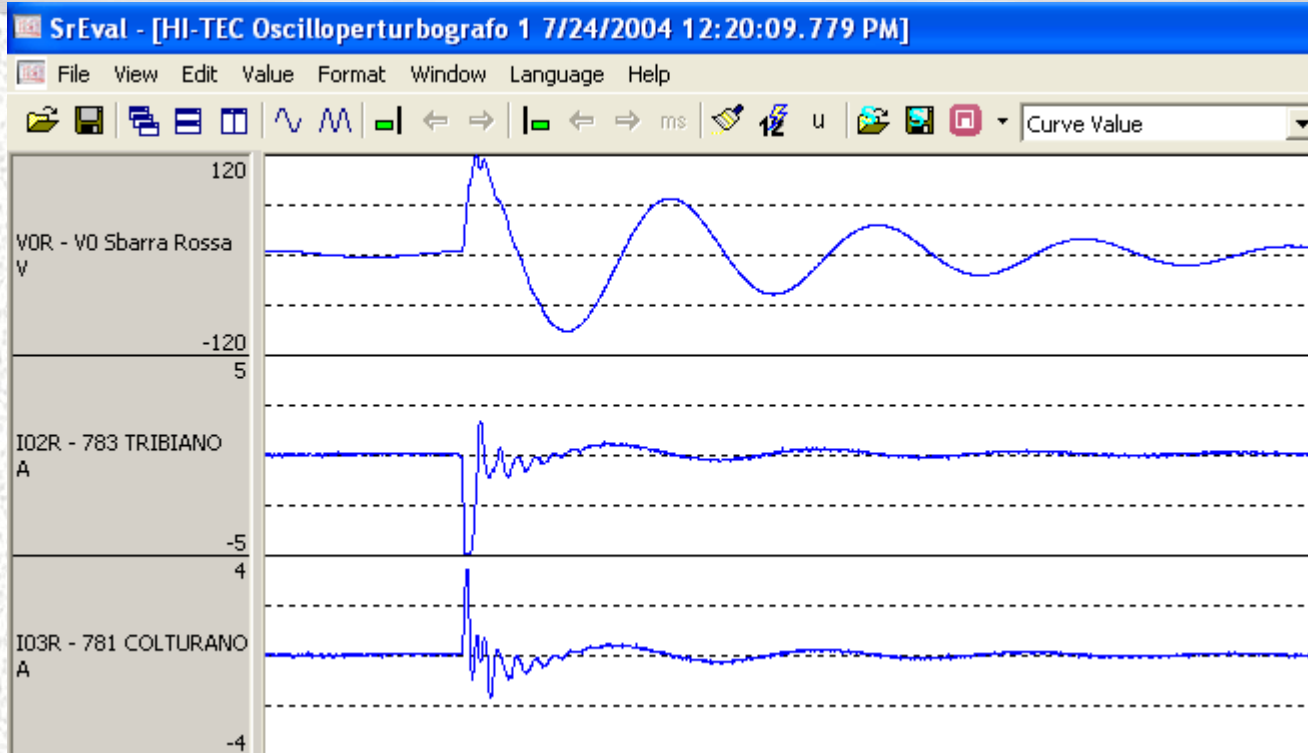




# A zérus sorrendű hálózat részletes modellje



**Protecta megoldás:**  
**EuroProt+ IED „Wischer” relé**



Az Io leágazási áramok jellegzetes összetevői:

- 50 Hz körüli fo sajátfrekvencia
- Nagy kiegyenlítő impulzus
- Több nagyfrekvenciás komponens (soros L-ek!)

- **Normál üzem**

- Aszimmetria
- Petersen hangolás
- Adaptív kompenzálás

- **Földzárlati tranziensek**

- Tranziens érzékelés

- **Állandósult földzárlat**

- A hibás leágazás keresése

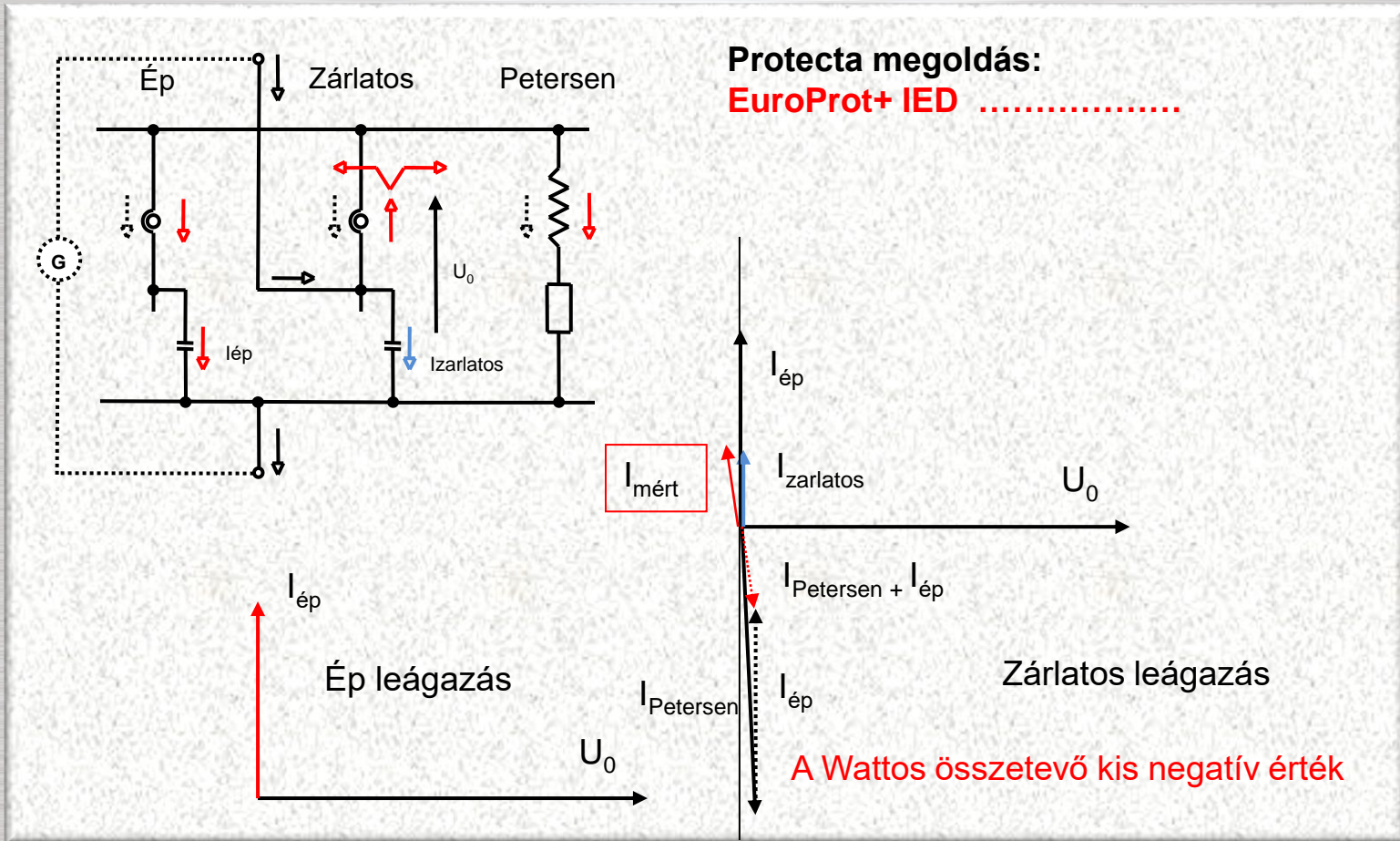


## A zárlatos leágazás azonosítása

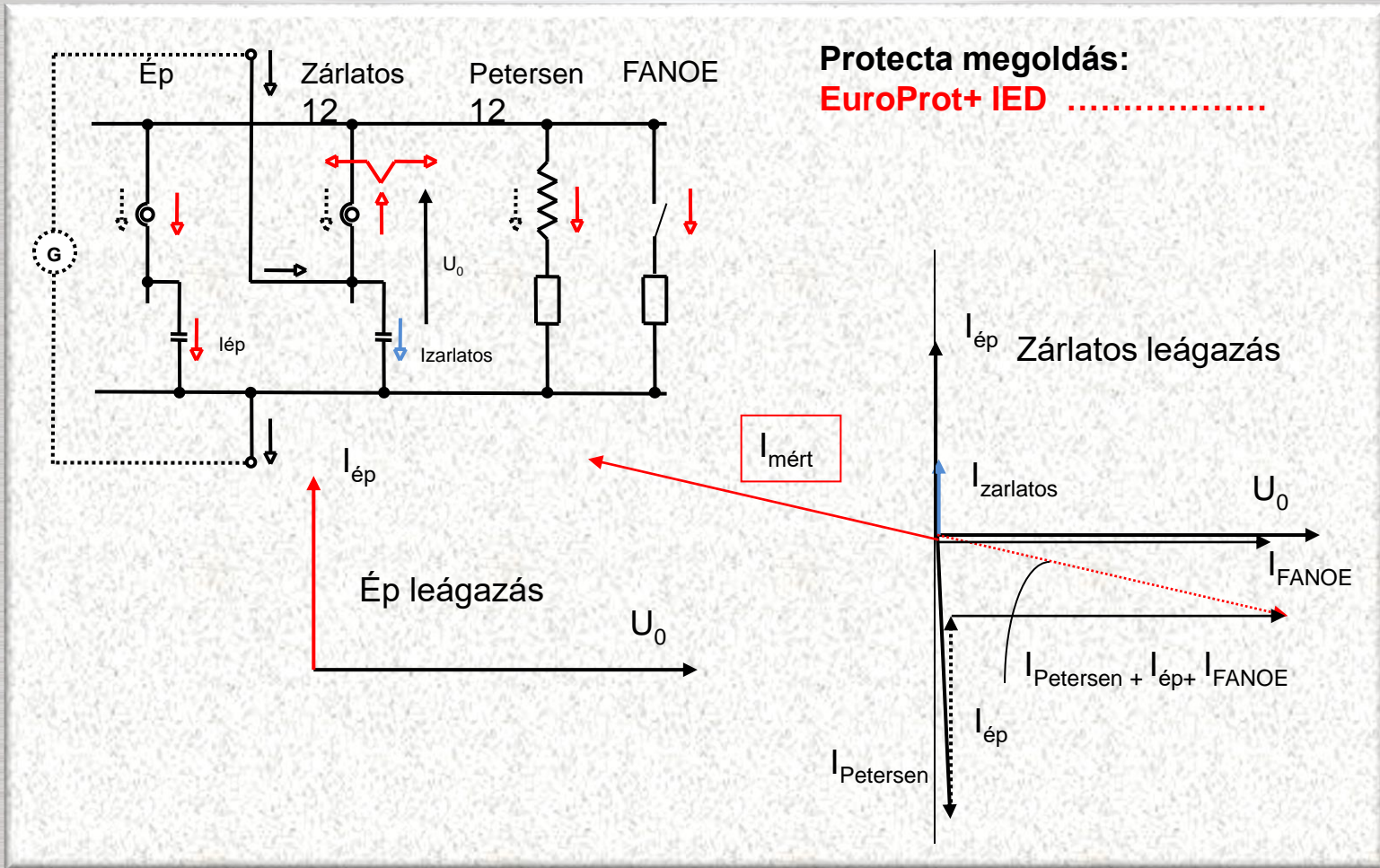
Állandósult földzárlat esetén lehetőségek a zárlatos leágazás azonosítására

- (A leágazások kapcsolgatása)
- Wattmetrikus érzékelés
- Földzárlati áram növelés
- Admittancia változtatás

# Wattmetrikus kiválasztás



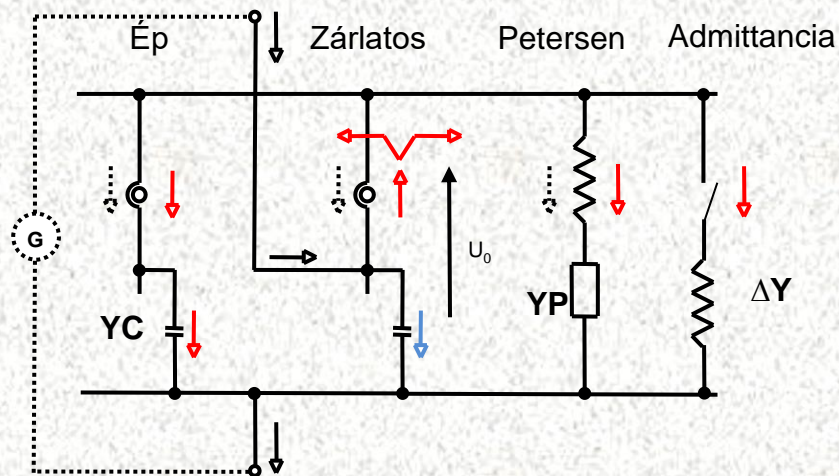
# Áram növelés (FÁNÖE)



# Admittancia változtatás

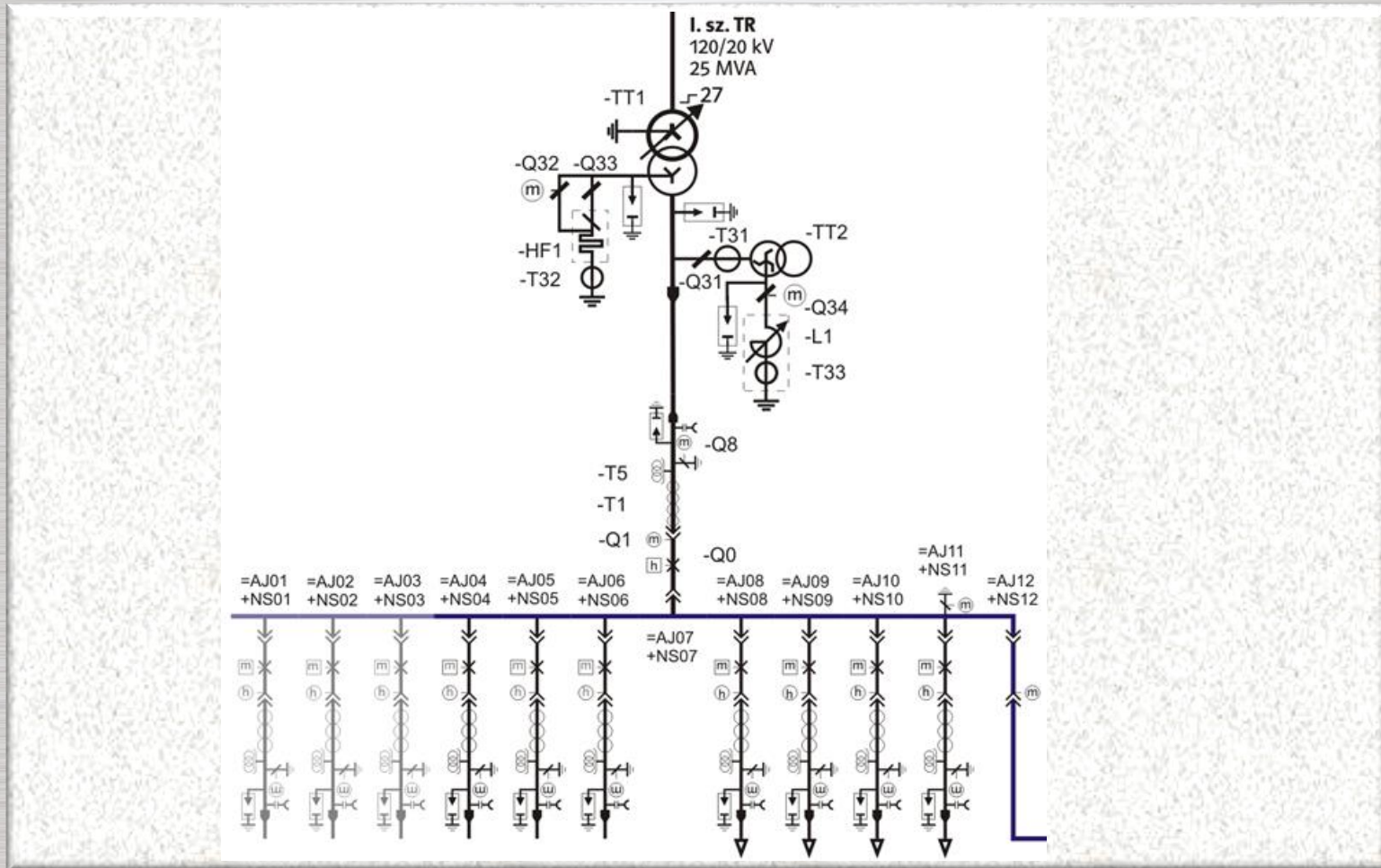
Protecta megoldás:

**EuroProt+ IED** .....

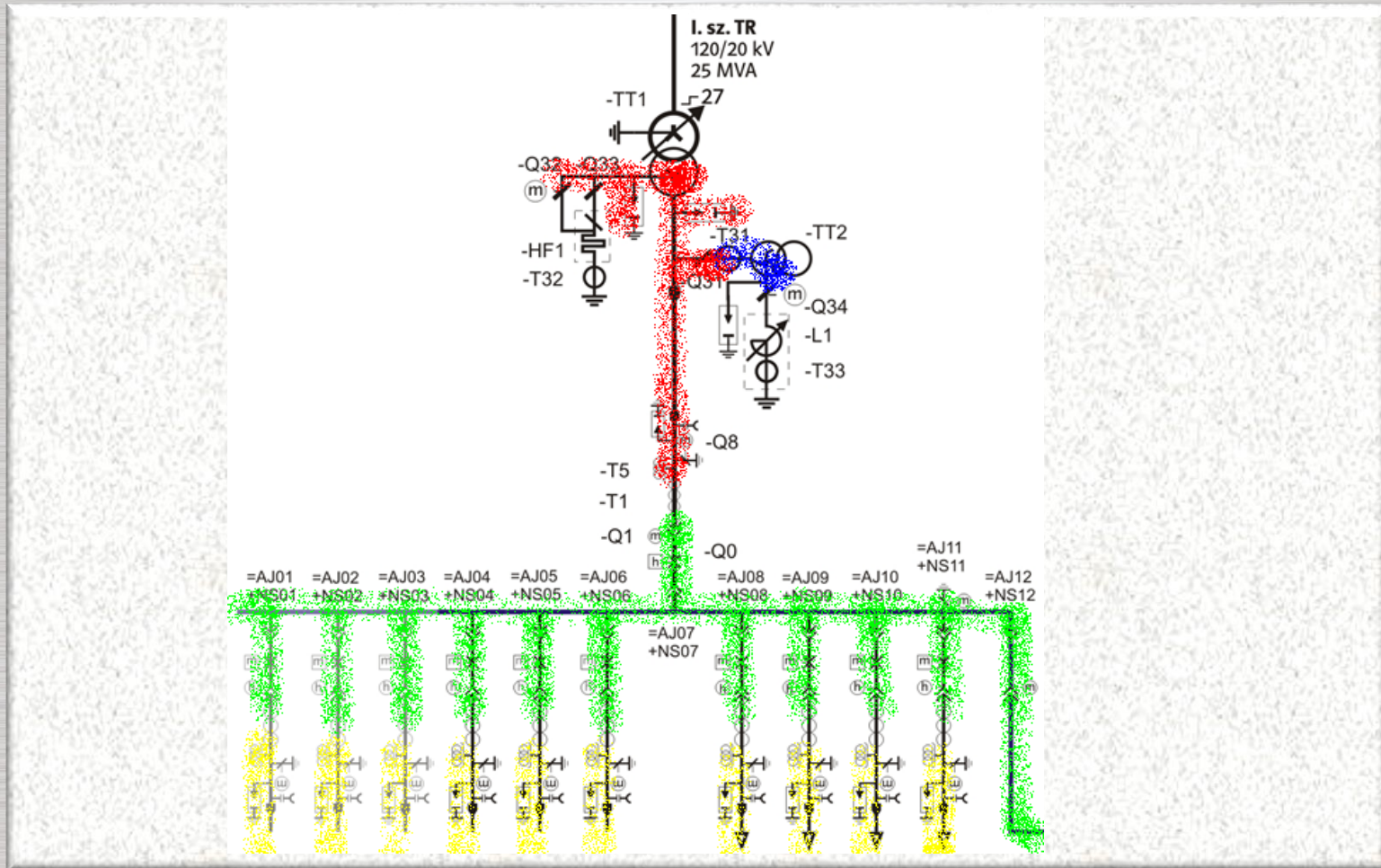


	$\Delta Y$ Kikapcsolva	$\Delta Y$ bekapcsolva	Különbség
Ép leágazás	YC	YC	0
Zárlatos leágazás	$-(YC+YP)$	$-(YC+YP+\Delta Y)$	$\Delta Y$

# Admittancia változtatás

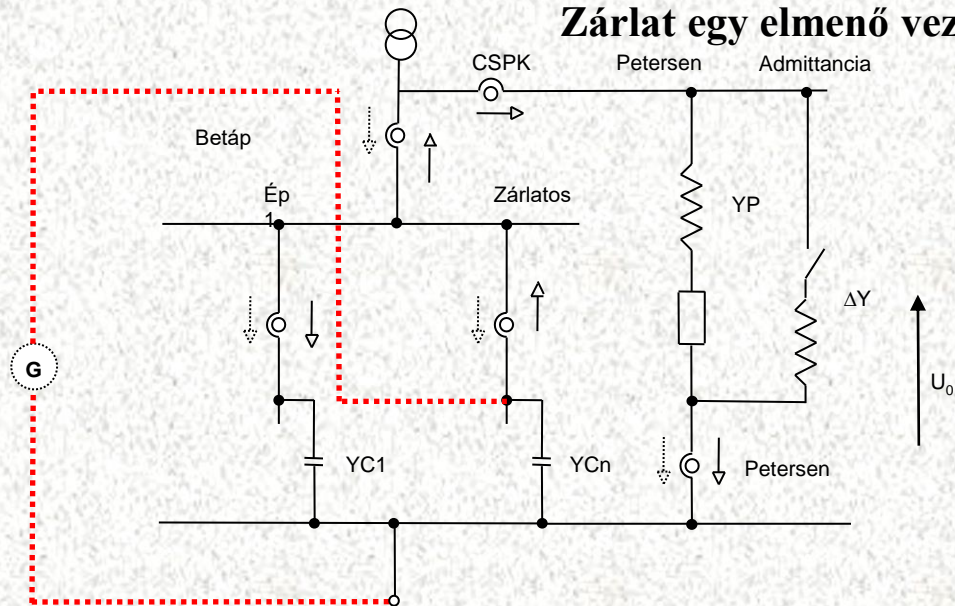


# Admittancia változtatás



# Admittancia változtatás

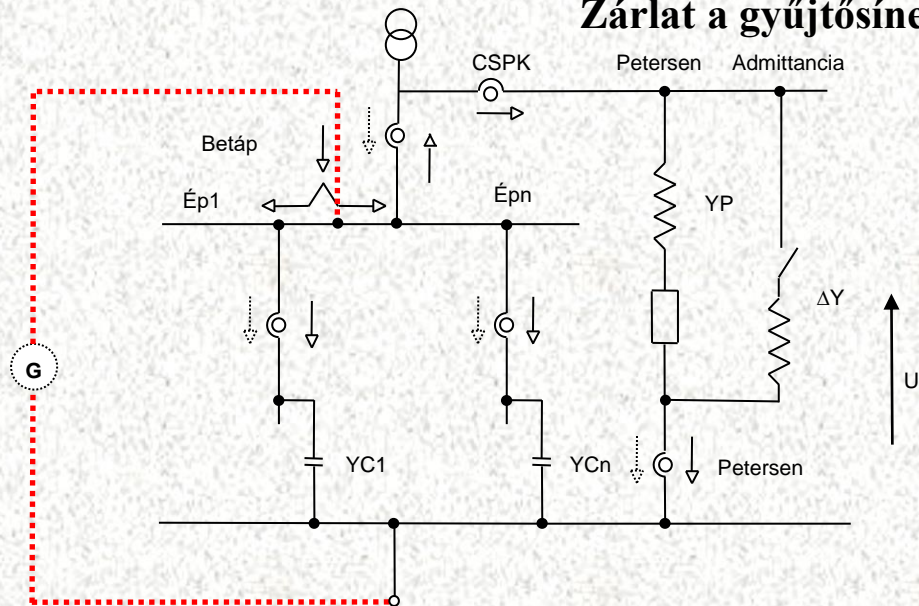
## Zárlat egy elmenő vezetéken



	$\Delta Y$ Kikapcsolva	$\Delta Y$ bekapcsolva	Különbség
Ép leágazás	$Y_C$	$Y_C$	0
Zárlatos leágazás	$-(Y_C + Y_P)$	$-(Y_C + Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$
Betáp	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$
CSPK	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$
Petersen	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$

# Admittancia változtatás

## Zárlat a gyűjtősínen

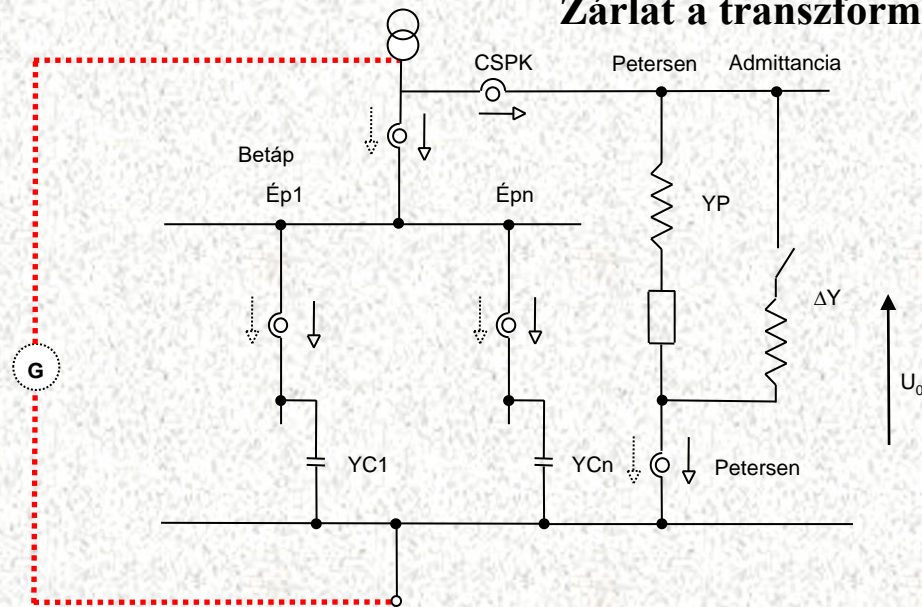


	$\Delta Y$ Kikapcsolva	$\Delta Y$ bekapcsolva	Különbség
Ép leágazás	YC	YC	0
Zárlatos leágazás	-	-	-
Betáp	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$
CSPK	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$
Petersen	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$



# Admittancia változtatás

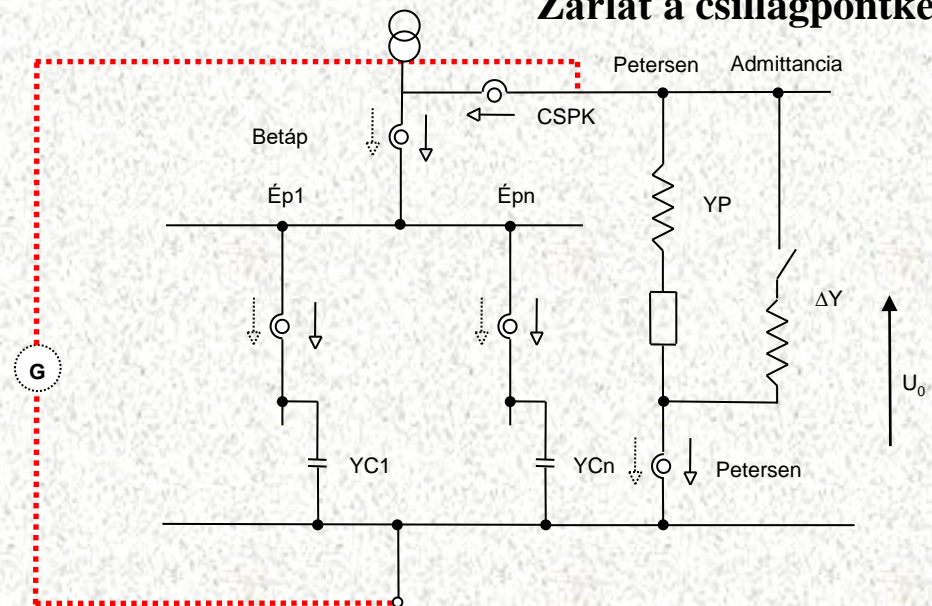
## Zárlat a transzformátorban



	$\Delta Y$ Kikapcsolva	$\Delta Y$ bekapcsolva	Különbség
Ép leágazás	YC	YC	0
Zárlatos leágazás	-	-	-
Betáp	YC	YC	0
CSPK	-YP	-(YP+ΔY)	ΔY
Petersen	-YP	-(YP+ΔY)	ΔY

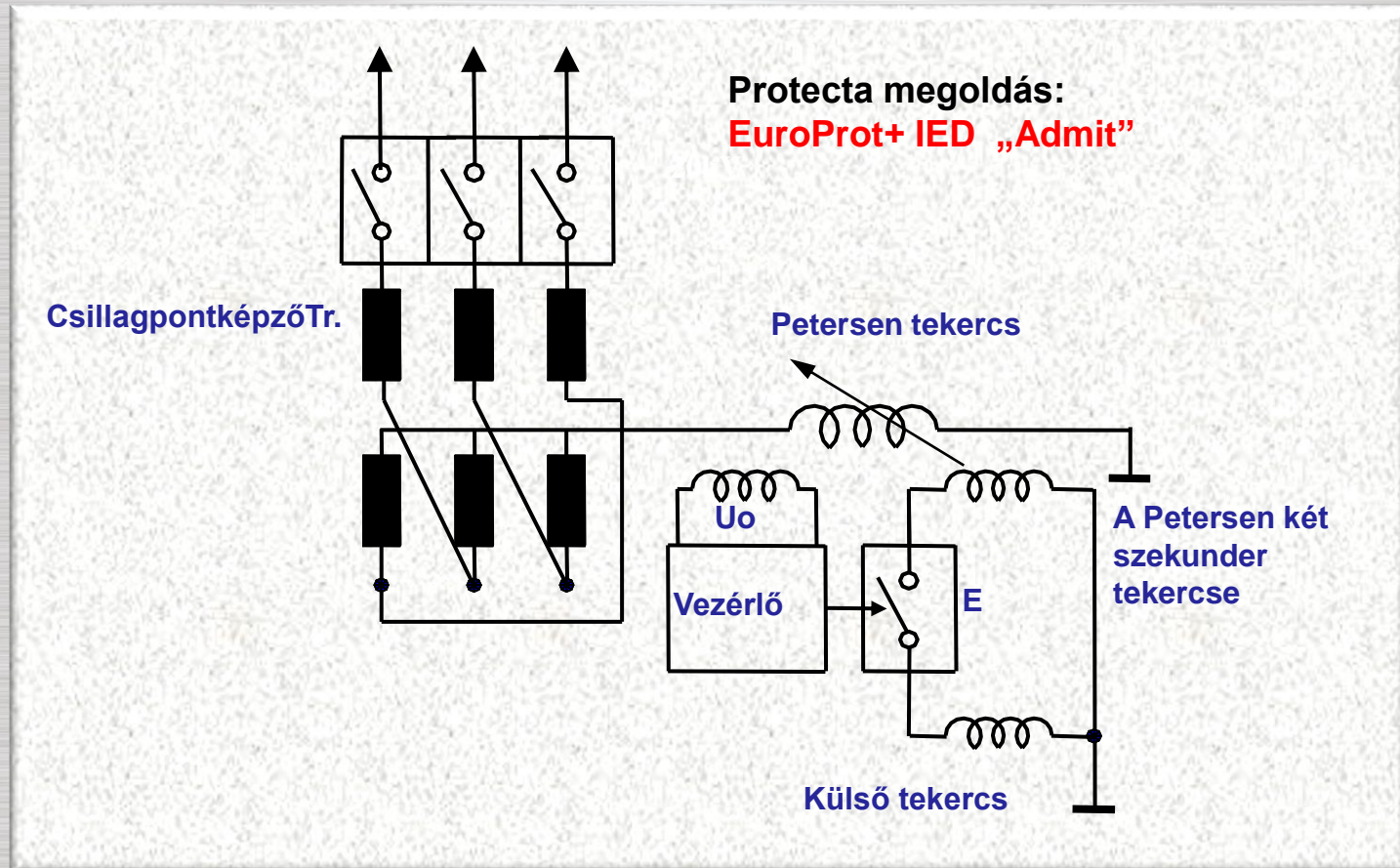
# Admittancia változtatás

## Zárlat a csillagpontképzőben

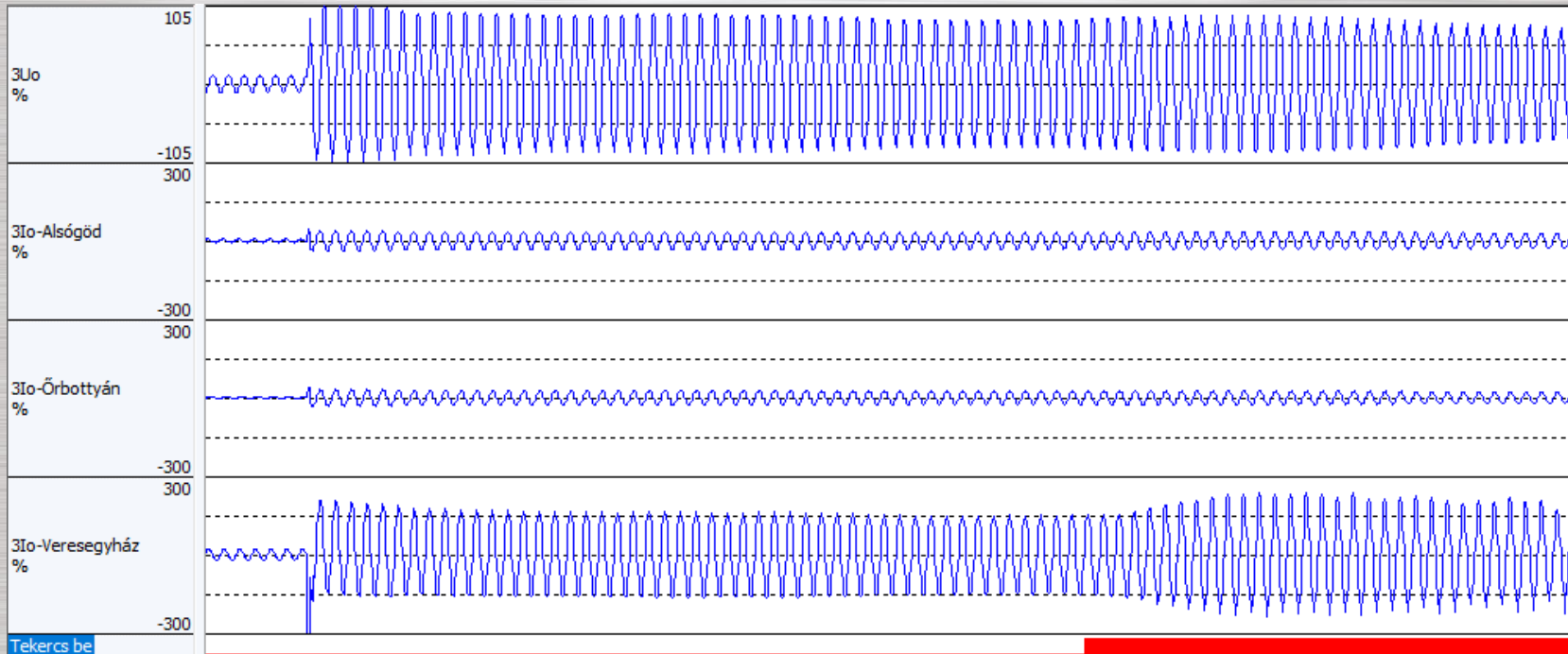


	$\Delta Y$ Kikapcsolva	$\Delta Y$ bekapcsolva	Különbség
Ép leágazás	YC	YC	0
Zárlatos leágazás	-	-	-
Betáp	YC	YC	0
CSPK	YC	YC	0
Petersen	$-Y_P$	$-(Y_P + \Delta Y)$	$\Delta Y$

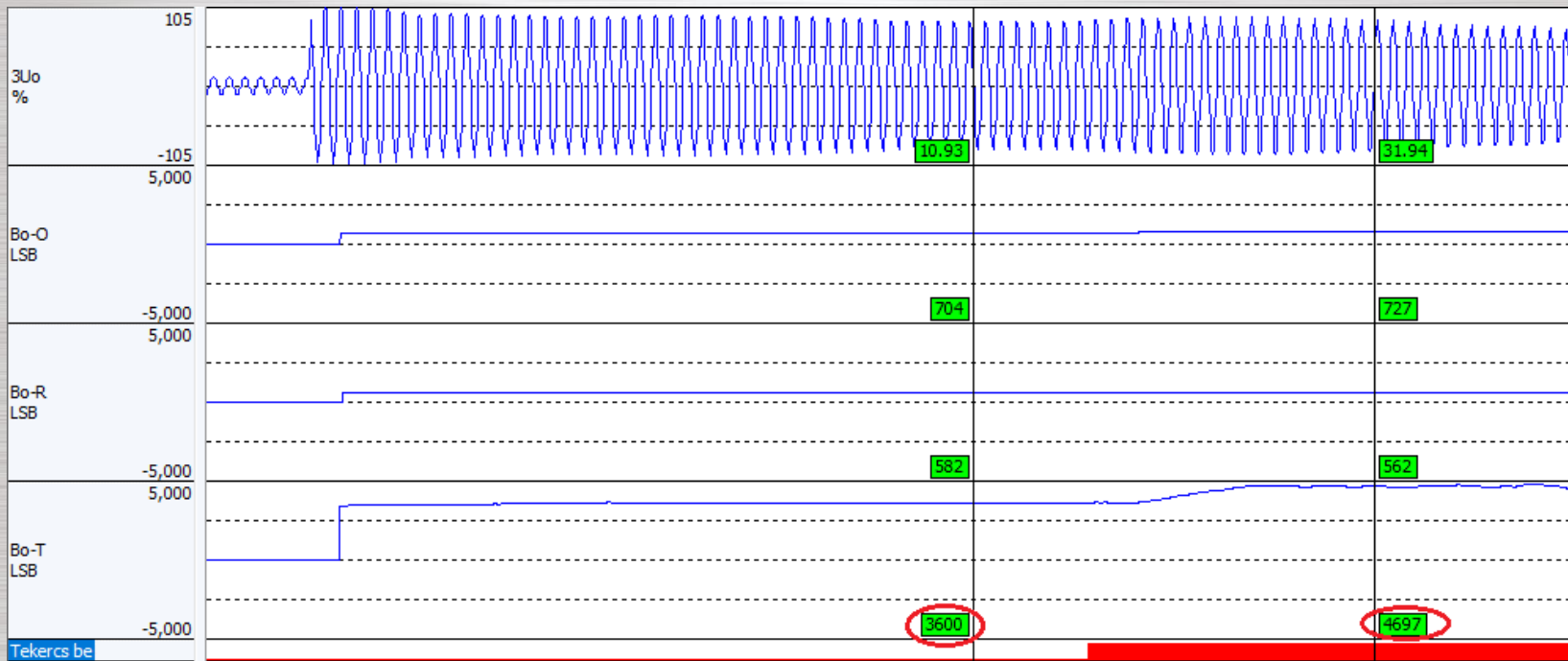
## Admittancia változtatás



# Zárlati működés: mért áramok



# Zárlati működés: Számított admittanciák



$$\Delta Y_0^{sec.} = \left[ 3 \times X_{add.} \times \left( \frac{U^{prim.}}{U^{sec.}} \right)^2 \right]^{-1} \times \frac{N_{VT}}{N_{CT}} = \left[ 3 \times 1,8\Omega \times \left( \frac{13300V}{425V} \right)^2 \right]^{-1} \times \frac{346,41}{60} = 1091 \mu\text{Siemens}$$



# Üzemi tapasztalatok az admittancia változtatással kapcsolatban

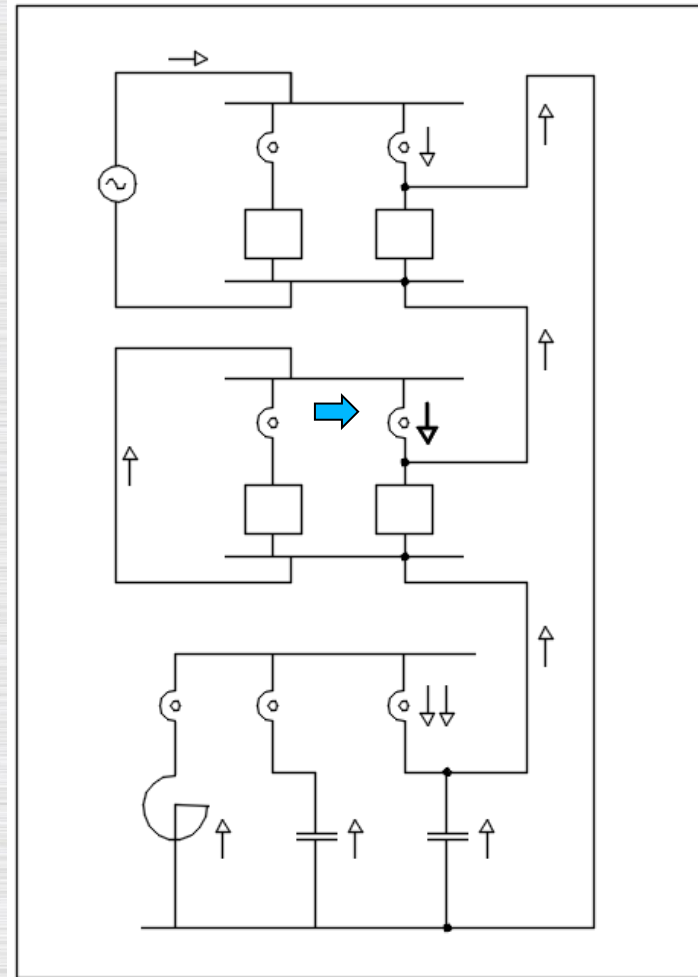
- ☑ Dunakeszi tesztüzem 2014 június óta 3 leágazásban
- ☑ Ózd éles üzem 2018 április óta
- ☑ Székesfehérvár éles üzem 2018 szeptembere óta
- ☑ Fertőszentmiklós éles üzem 2018 decembere óta
- ☑ Békés éles üzem 2019 szeptembere óta
- ☑ Baja éles üzem 2020 szeptembere óta
- ☑ Nagymaros éles üzem 2021 január óta

## A tapasztalatok igazolják az elvárásokat

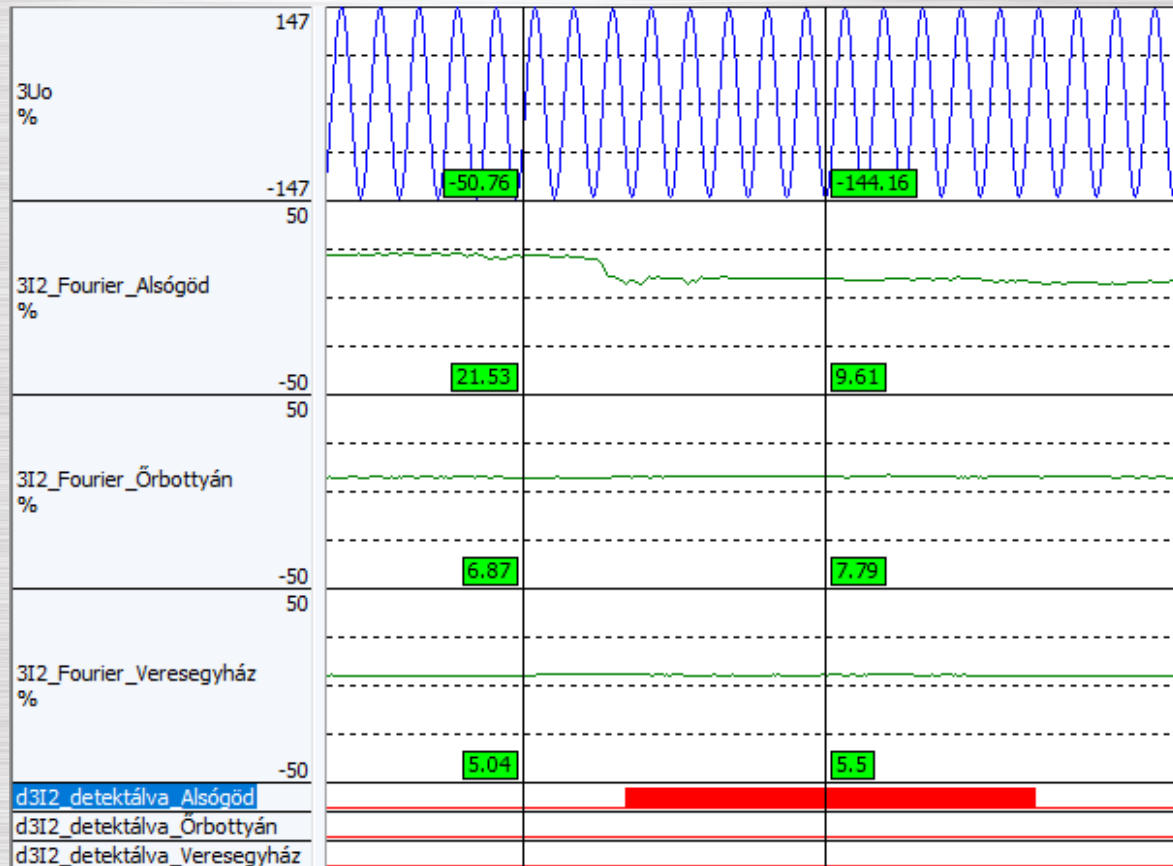
- ☑ A módszer ki van egészítve intermittens zárlatokat kezelő funkcióval
- ☑ A módszer ki van egészítve a „KÚÁ” biztonságos kezelésére

# Feszültségmérés helyett negatív sorrendű áramösszetevő

- ☑ Az admittancia változtatás áramát elemzi (folyamatosan)
- ☑ Nem kell feszültségmérés!  
(alállomáson kívüli érzékelés is!)
- ☑  $\Delta I$  előre becsülhető, paraméterrel behatárolható:
  - ☑ terhelésváltozás kizárható
  - ☑ egyéb aszimmetrikus hibák kizárhatók



# Admittancia változtatás hatása a **negatív sorrendű áramokra**





# Üzemi tapasztalatok a negatív sorrendű áram-érzékeléssel kapcsolatban

## Dunakeszin az egy éve tartó tesztüzem során

- ☑ a módszer hatékonynak bizonyult;
- ☑ a terhelésváltozás és egyéb zárlatok miatti negatív sorrendű változást kizáró algoritmus tesztelve;
- ☑ a paraméterek javasolt tartománya rögzítve;
- ☑ a szelektivitás ellenőrizve.



**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**