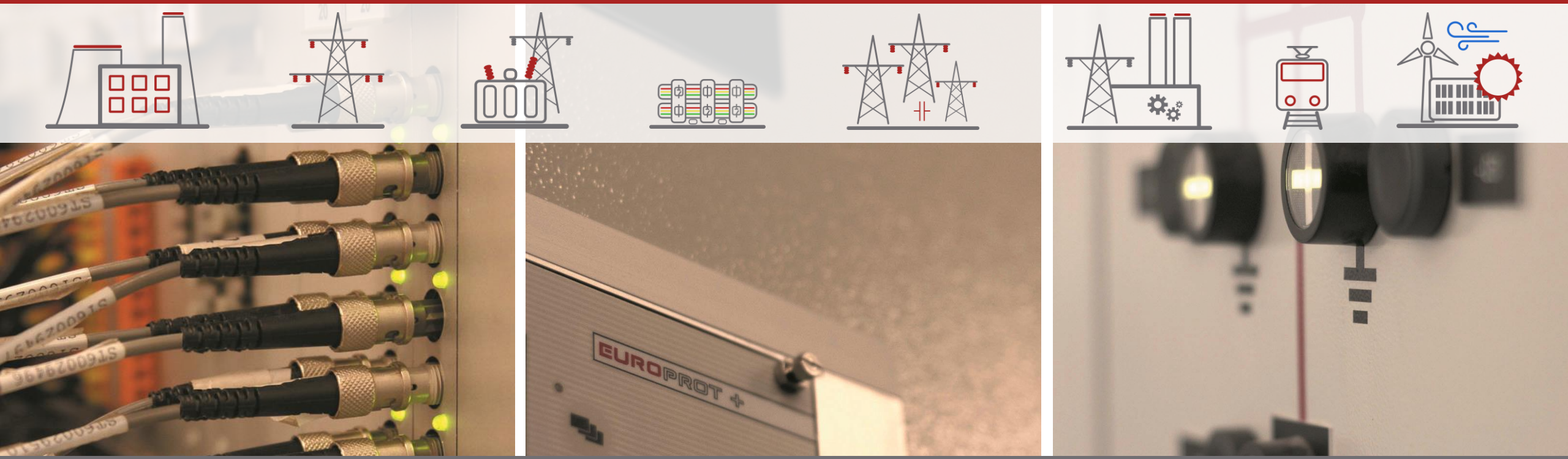


Protecta Elektronikai Kft.

Új, feszültségváltó nélküli, vonalszelektív földzárlatvédelem fejlesztése középfeszültségű hálózatra (Ózdi és dunakeszi tapasztalatok)

Előadó: Pócsi Gergely

PROTECTA HUNGARY

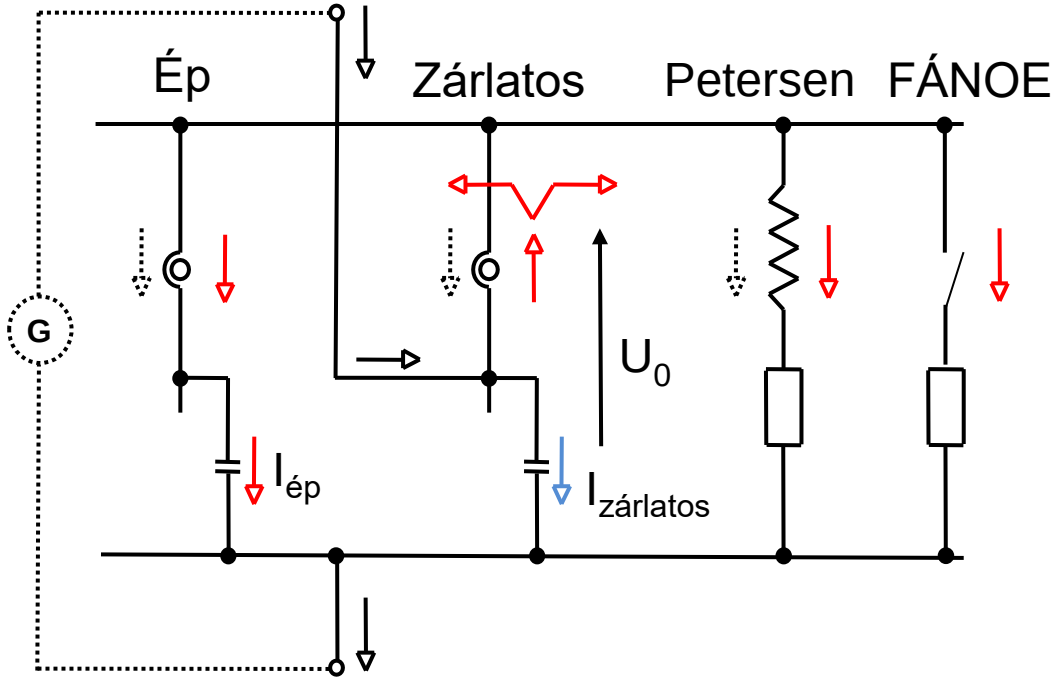
2023. 05. 25.

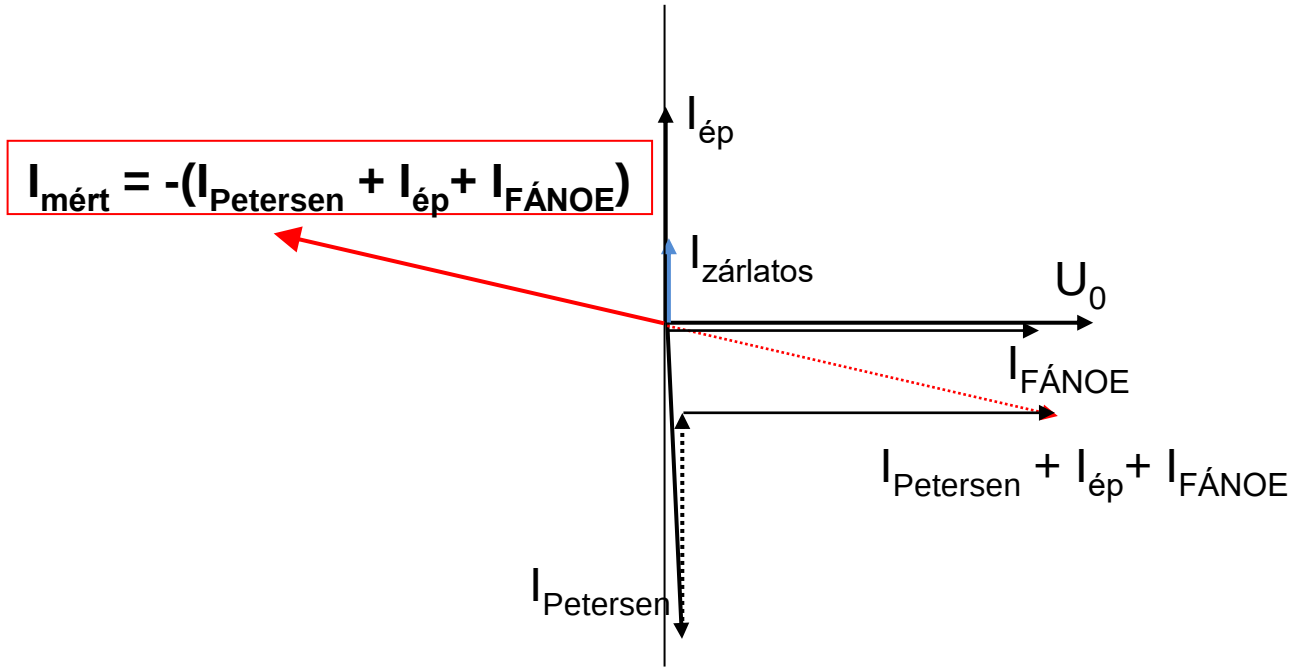
Digitális védelmek és automatikák a villamosenergia-iparnak

ÁTTEKINTÉS

- Jelenleg használt földzárlatvédelmi megoldások, és a felmerülő hátrányok (kompenzált hálózat)
- Új, negatív sorrendű áram mérésen alapuló földzárlatvédelmi elv bemutatása
- Tesztüzemi tapasztalatok ismertetése a dunakeszi és ózdi Naf/Köf alállomásokból
- Az új védelmi elv előnyei
- A fejlesztés következő fázisai és távlati kilátások

FÁNOE: zérus sorrendű hálózat és vektorkép 1FN zárlat esetén





Az ép leágazásokban a mért zérus sorrendű áram kapacitív irányú (U_0-hoz képest), a zárlatos leágazásban az ép leágazások, a Petersen-tekercs és a FÁNOE eredő árama ellentétesen folyik át az áramváltón (döntően negatív wattos az áramirány → túláramvédelem)!

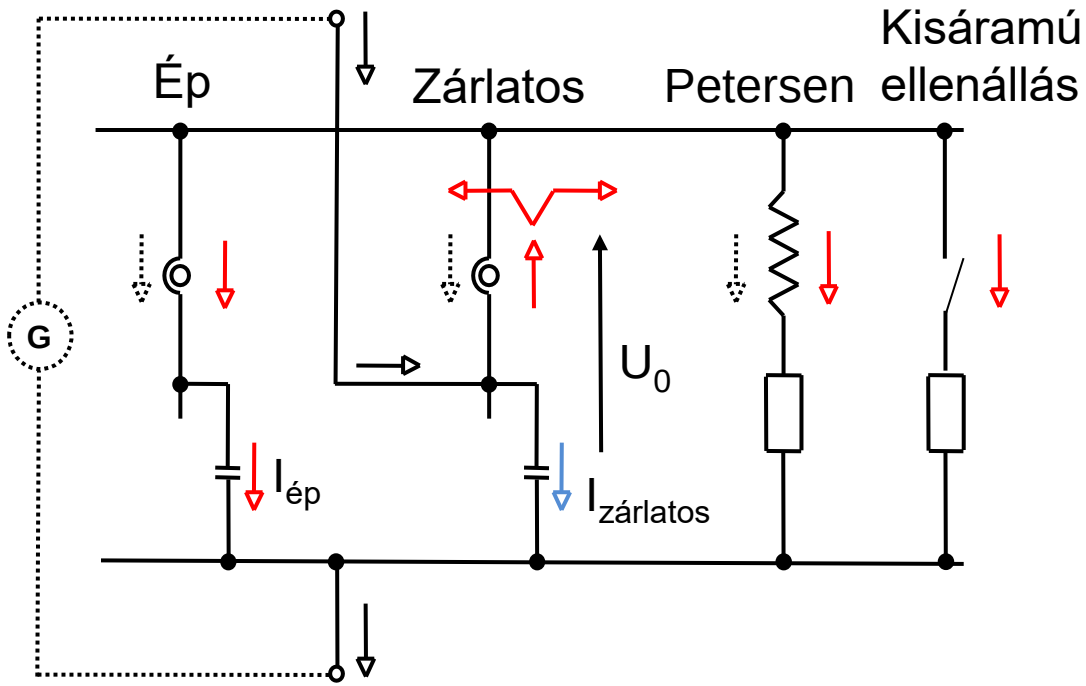
Jelenleg használt földzárlatvédelmi megoldások, és a felmerülő hátrányok

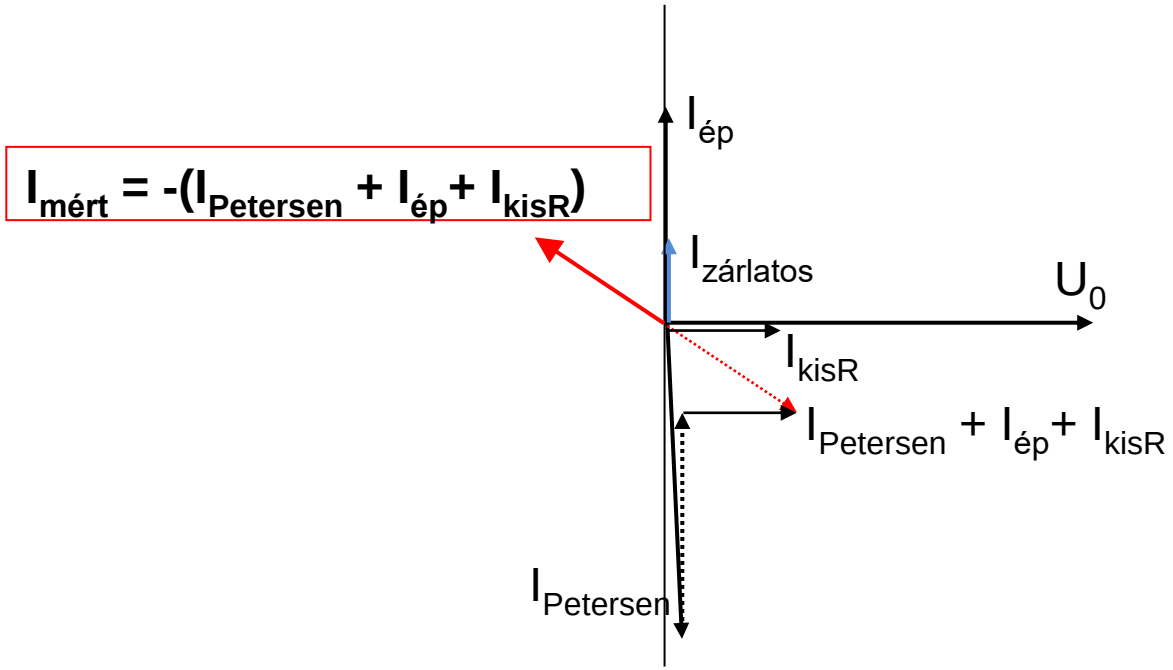
Problémák a FÁNOE módszerrel:

- Ismerni kell a **legnagyobb kapacitív töltőáramú** leágazás áramát, és efölé az áram fölé kell beállítani a megszólalási áramot (ellenkező esetben **szimpátiaműködés** kockázata)
- A funkció **nagy hibahelyi ellenállású** földzárlatok érzékelésére **nem** alkalmas
- Hosszabb időtartamra (>100msec) való beiktatását a szabvány (MSZ EN 50522) ellenzi: a hibahelyen **veszélyes érintési**- és **lépésfeszültség**eket hoz létre. Így újonnan épülő alállomásokban telepítésük kerülendő.
- Újragyulladó földzárlatok esetén a kezdetlegesen kialakuló hibahelyet általában állandósítja, a **spontán ívkialvás** esélyét jelentősen **lecsökkenti** (dunakeszi és ózdi tapasztalataink alapján)
- A melegedése miatt folyamatos hűtést igényel (2-3MW fogyasztás földzárlat alatt), **túlmelegedés** esetén nem használható (pl. FÁNOE pumpálás jelensége nagy hibahelyi ellenállású földzárlatok esetén)

JELENLEG HASZNÁLT FÖLDZÁRLATVÉDELMI MEGOLDÁSOK, ÉS A FELMERÜLŐ HÁTRÁNYOK

Kisáramú FÁNOE: zérus sorrendű hálózat és vektorkép 1FN zárlat esetén



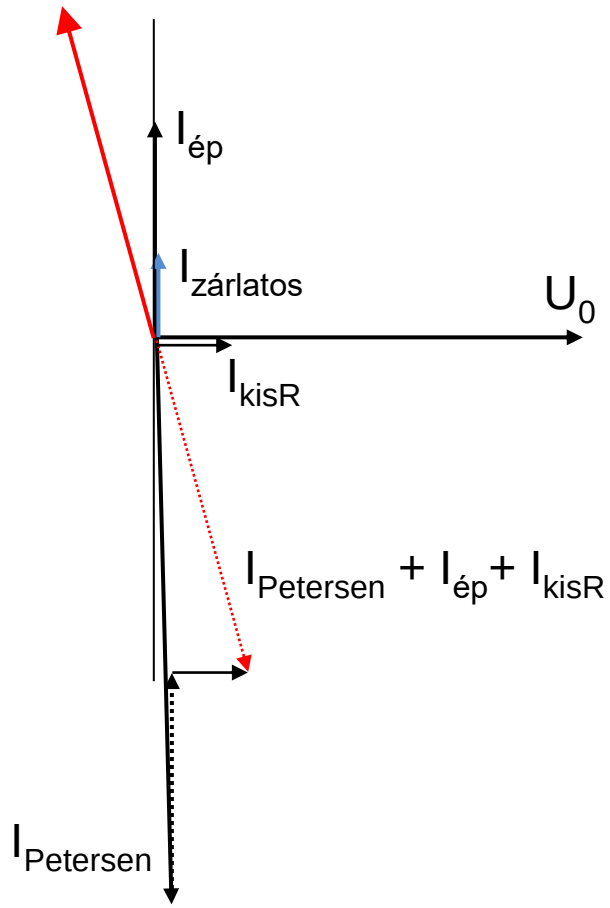


Az ép leágazásokban a mért zérus sorrendű áram kapacitív irányú (U_0-hoz képest), a zárlatos leágazásban az ép leágazások, a Petersen-tekercs és a kisáramú ellenállás eredő árama ellentétesen folyik át az áramváltón (az áramirány a 2. és 3. síknegyedben is lehet)!

Jelenleg használt földzárlatvédelmi megoldások, és a felmerülő hátrányok

Elterjedt megoldás: irányított késleltetett zérus sorrendű túláramvédelmi funkció

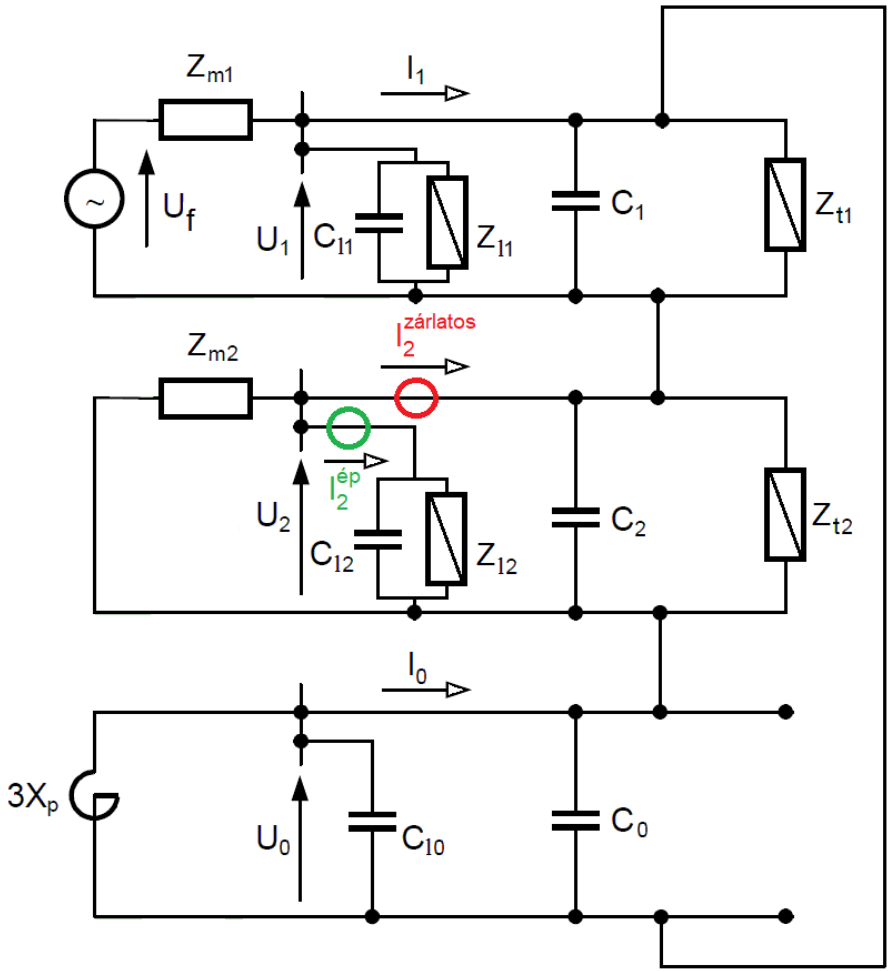
$$I_{mért} = -(I_{Petersen} + I_{ép} + I_{kisR})$$



Hátrányai:

- **Bekapcsolási áramlökésnél** ha telít az áramváltó, akkor könnyen a **megszólalási** tartományba kerül
- Erősen **túlkompenzált** esetben az U_0-I_0 szög közel kapacitív a zárlatos leágazásban → **reteszelhet**
- **Nagy hibahelyi ellenállású** földzárlatnál a szögmérés **bizonytalan** a kis I_0 miatt
- A kritikus szögproblémák miatt **gyűrűs áramváltó** használata elengedhetetlen
- **Feszültségváltót** kell használni, és az U_0, I_0 **irányítása** szükséges
- **Újragyulladó** (intermittens) földzárlatok érzékelésére a funkció **nem** alkalmas

Új megoldás: **negatív sorrendű földzárlatvédelmi funkció**



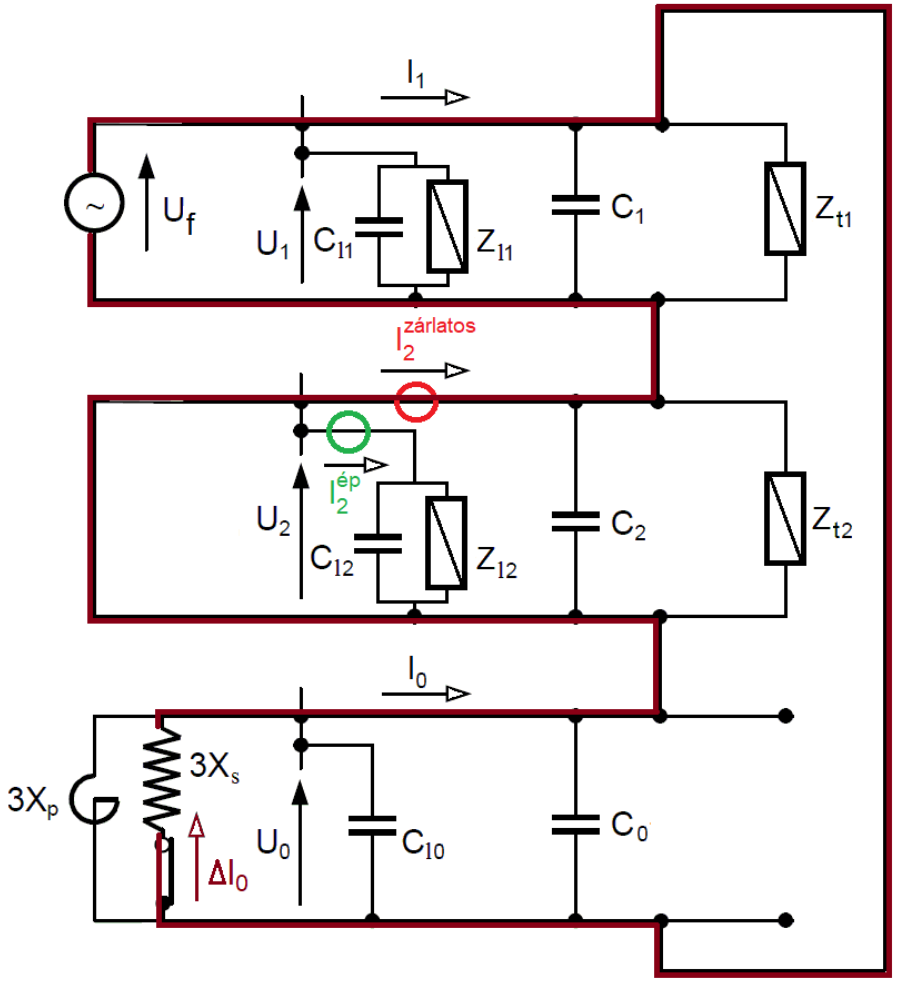
Alapelv: a negatív sorrendű hálózatban a mögöttes impedancia sokkal kisebb, mint a negatív sorrendű kapacitív és terhelő impedanciák. Ilyen tekintetben a mögöttes impedancia söntként tekinthető. **Negatív sorrendű áram** zárlatmentes esetben **nem folyik** sehol (szimmetrikus terhelést feltételezve).

Földzárlat alatt: a földzárlati áram **csak a zárlatos** leágazás negatív sorrendű áramában jelenik meg, az ép leágazásokban negatív sorrendű áram alapesetben továbbra nem folyik:

$$I_2^{ép} = 0$$

$$I_2^{zárlatos} = I_{földzárlat} / 3$$

Új megoldás: **negatív sorrendű földzárlatvédelmi funkció**



Földzárlat alatt a kisáramú FÁNOE/induktivitás (X_s) ideiglenes bekapcsolásakor a mért negatív sorrendű áram változása a leágazásokban:

$$\Delta I_2^{ép} = 0$$

$$\Delta I_2^{zárlatos} = \Delta I_0 = U_f / 3X_S$$

A negatív sorrendű áram a bekapcsolás hatására tehát **csak a zárlatos** leágazásban változik meg.

ÚJ, NEGATÍV SORRENDŰ ÁRAM MÉRÉSEN ALAPULÓ FÖLDZÁRLATVÉDELMI ELV BEMUTATÁSA

Kiválasztási elv: a negatív sorrendű áram **változását** folyamatosan figyeljük. Ha meghaladja a beállított küszöbértéket (ami kisebb, mint az ellenállás/induktivitás földzárlati árama), a védelem földzárlatot jelez.

A védelem beállítása tehát:

$$\Delta I_2^{\text{beállítás}} < U_f / 3X_S$$

A negatív sorrendű áram megváltozhat aszimmetrikus terhelésváltozás, külső nagyáramú aszimmetrikus zárlat vagy transzformátor bekapcsolási áramlökés hatására is, ezért a **zérus sorrendű áram** kiegészített figyelésével lehet kiszűrni a nem földzárlathoz kapcsolódó eseményeket. A **megszólalás** feltételei tehát:

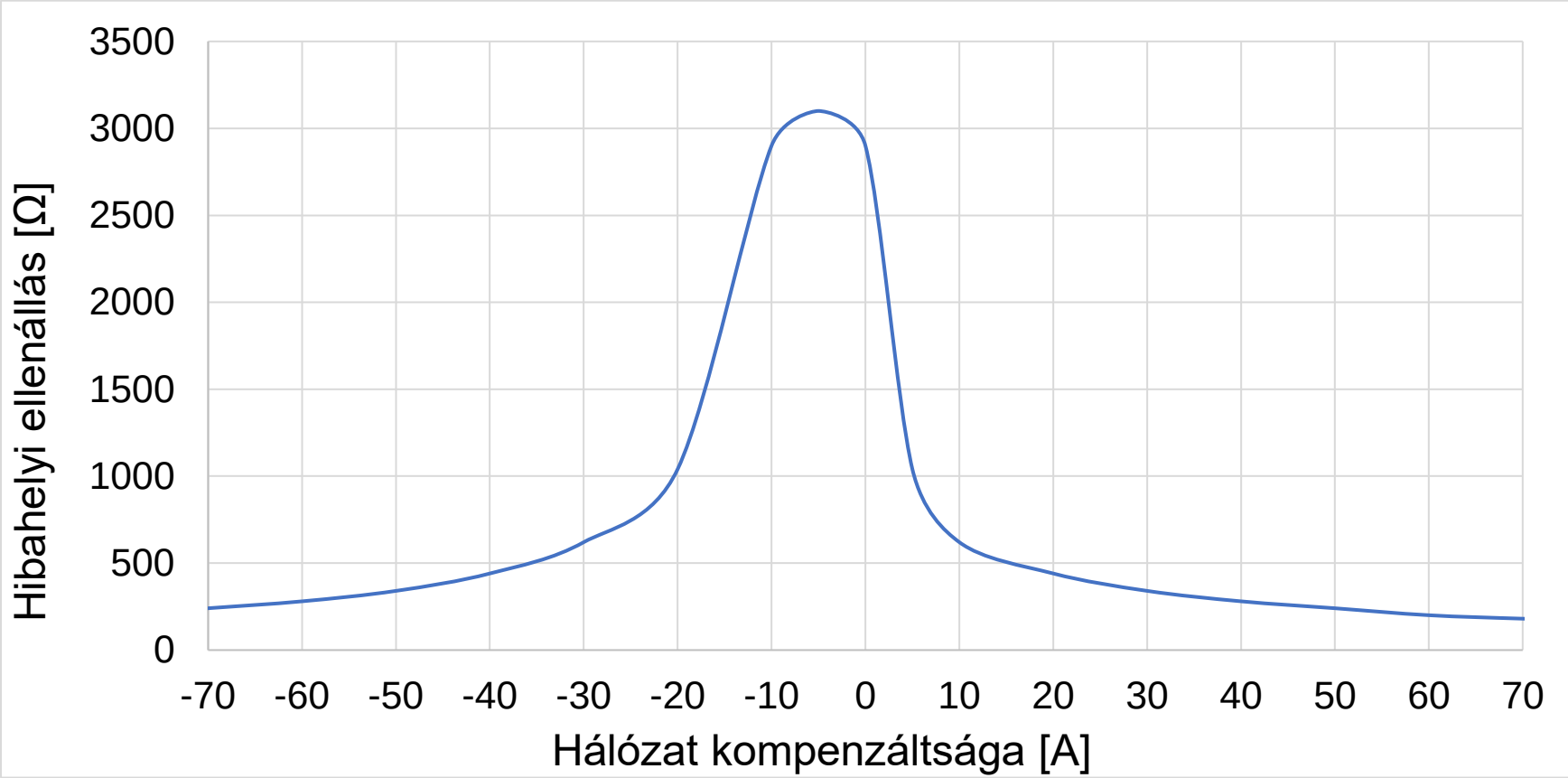
$$\Delta I_2^{\text{mért}} > \Delta I_2^{\text{beállítás}}$$

$$\Delta I_2^{\text{mért}} = \Delta I_0^{\text{mért}}$$

ÚJ, NEGATÍV SORRENDŰ ÁRAM MÉRÉSEN ALAPULÓ FÖLDZÁRLATVÉDELMI ELV BEMUTATÁSA

A hibahelyi ellenállás csökkenti a hibahelyen folyó áramot, így nagy hibahelyi ellenállású földzárlat esetén az érzékelés korlátozott.

Az érzékelés határa a kompenzáltság mértékétől függ. Kisáramú induktivitás esetén:



ÚJ, NEGATÍV SORRENDŰ ÁRAM MÉRÉSEN ALAPULÓ FÖLDZÁRLATVÉDELMI ELV BEMUTATÁSA

Újragyulladó (intermittens) földzárlatok: a hálózat zérus sorrendű kapacitásai a negatív sorrendű hálózat mögöttes impedanciáján keresztül töltődnek, tehát a hálózat **eredő töltőárama** megjelenik a zárlatos leágazás **negatív sorrendű áramában**.

Így egy egyszerű, **negatív sorrendű túláramvédelem** használható az érzékeléshez:

$$I_2^{\text{beállítás}} < \left|\sum I_{\text{töltőáram}}\right|$$

Fontos továbbá, hogy ez a negatív sorrendű töltőáram csak rövid ideig folyik, így a negatív sorrendű túláramvédelemnek **rövid időn belül** vissza kell esnie. Tehát ha a beállítást meghaladó negatív sorrendű áram sokáig folyik (nem ejt vissza a túláramvédelem), akkor nem újragyulladó földzárlat lépett fel.

TESZTÜZEMI TAPASZTALATOK ISMERTETÉSE A DUNAKESZI ÉS ÓZDI NAF/KÖF ALÁLLOMÁSOKBÓL

Dunakeszi:

- Telepítés ideje: 2020. Február
- Telepítés helye: alsógödi, őrbottyáni és veresegyházi KÖF leágazásokban
- Áramváltó áttétele: 300/5A (Holmgreen-kapcsolás)
- Segédtekercs árama földzárlat során: $\Delta 3I_2 = U_f / X_S = 12700V / (1.8\Omega \cdot (13300V/425V)^2) = 7.2A$

Ózd:

- Telepítés ideje: 2021. Május
- Telepítés helye: nagyvisnyói, királdi, putnoki, domaházi és borsodnádasdi KÖF leágazásokban
- Áramváltó áttétele: 300/1A (Holmgreen-kapcsolás)
- Segédtekercs árama földzárlat során: $\Delta 3I_2 = U_f / X_S = 12700V / (1.8\Omega \cdot (12700V/470V)^2) = 9.7A$

Dunakeszi tapasztalatok

Stabil földzárlat (alsógödi leágazásban) érzékelése az induktivitás bekapcsolásakor

Alsógödi leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (9.61% - 21.53%) / 100% * 1A * 60 = -7.2A
$\Delta 3I_0$ = 7A

Őrbottyáni leágazás primer áramai:

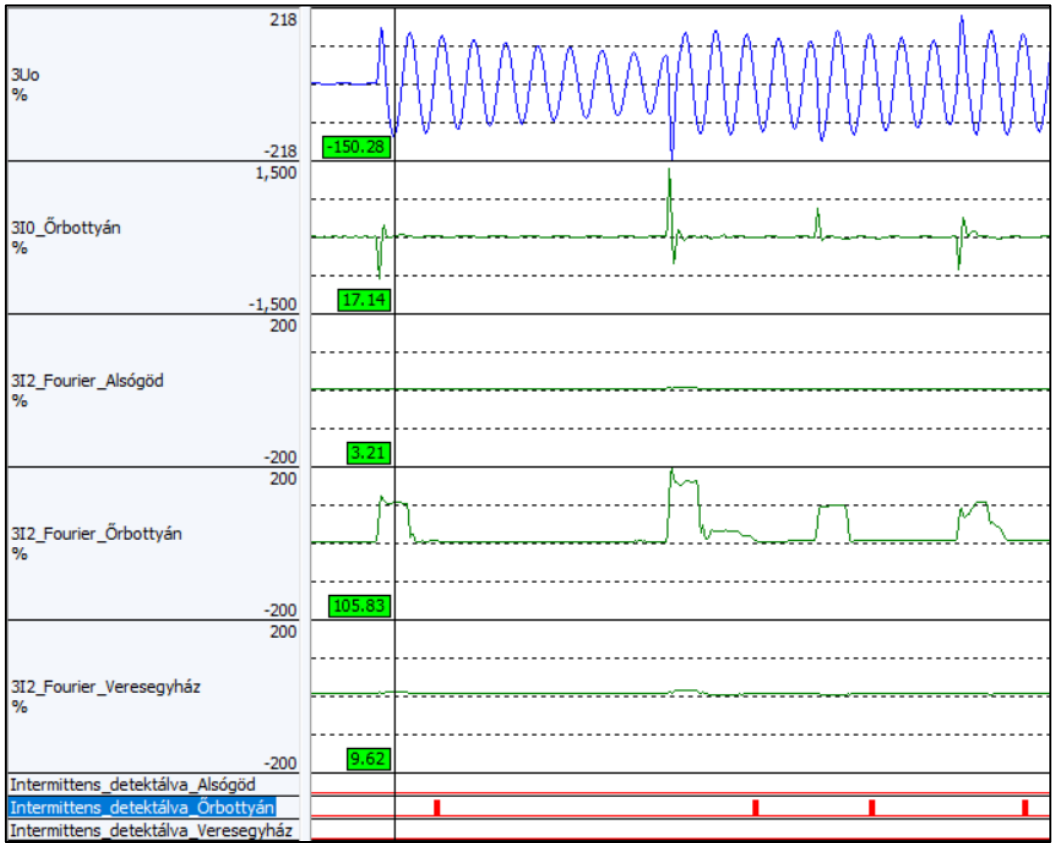
$\Delta 3I_2$ = (7.79% - 6.87%) / 100% * 1A * 60 = 0.6A
$\Delta 3I_0$ = -0.1A

Veresegyházi leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (5.5% - 5.04%) / 100% * 1A * 60 = 0.3A
$\Delta 3I_0$ = 0.1A

Dunakeszi tapasztalatok

Újragyulladó földzárlat (őrbottyáni leágazásban) érzékelése



Alsógödi leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 3.21% / 100% * 1A * 60 = 1.9A
$3I_0$ = 5.1A

Őrbottyáni leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 105.8% / 100% * 1A * 60 = 63.5A
$3I_0$ = 62.9A

Veresegyházi leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 9.62% / 100% * 1A * 60 = 5.8A
$3I_0$ = 22A

TESZTÜZEMI TAPASZTALATOK ISMERTETÉSE A DUNAKESZI ÉS ÓZDI NAF/KÖF ALÁLLOMÁSOKBÓL

Ózdi tapasztalatok (stabil földzárlat)

Nagyvisnyói leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (6.58 – 3.6)/100 * 300 = 8.9A $\Delta 3I_0$ = 9A

Királdi leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (0.51 – 0.51)/100 * 300 = 0A $\Delta 3I_0$ = 0A

Putnoki leágazás primer áramai:

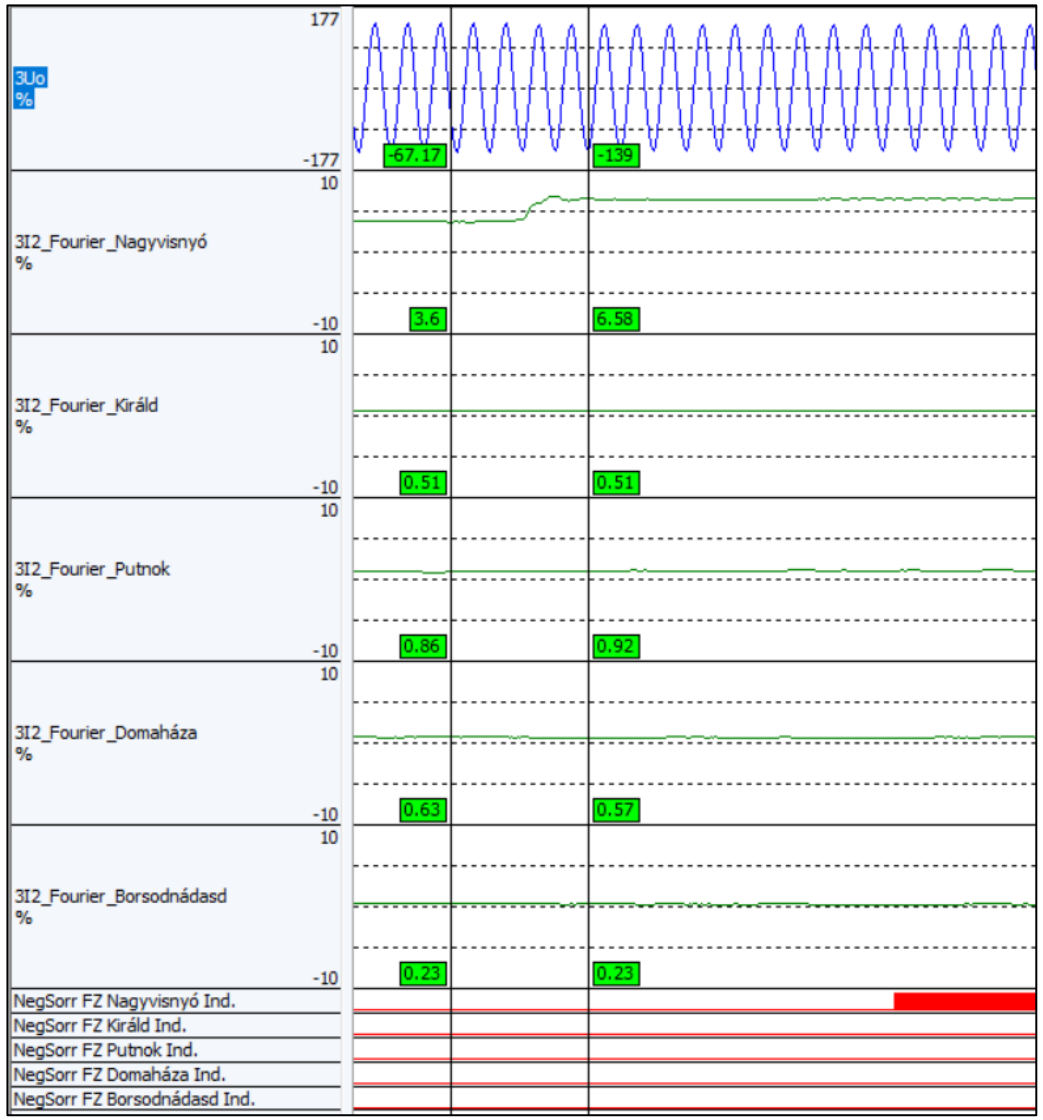
$\Delta 3I_2$ = (0.92 – 0.86)/100 * 300 = 0.2A $\Delta 3I_0$ = 0A

Domaházi leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (0.57 – 0.63)/100 * 300 = -0.2A $\Delta 3I_0$ = 0A

Borsodnádasdi leágazás primer áramai:

$\Delta 3I_2$ = (0.23 – 0.23)/100 * 300 = 0A $\Delta 3I_0$ = 0A



TESZTÜZEMI TAPASZTALATOK ISMERTETÉSE A DUNAKESZI ÉS ÓZDI NAF/KÖF ALÁLLOMÁSOKBÓL

Ózdi tapasztalatok (intermittens földzárlat)

Nagyvisnyói leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 1.32% / 100% * 300 = 4A $3I_0$ = 3.4A

Királdi leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 17.73% / 100% * 300 = 53.2A $3I_0$ = 57.5A

Putnoki leágazás primer áramai:

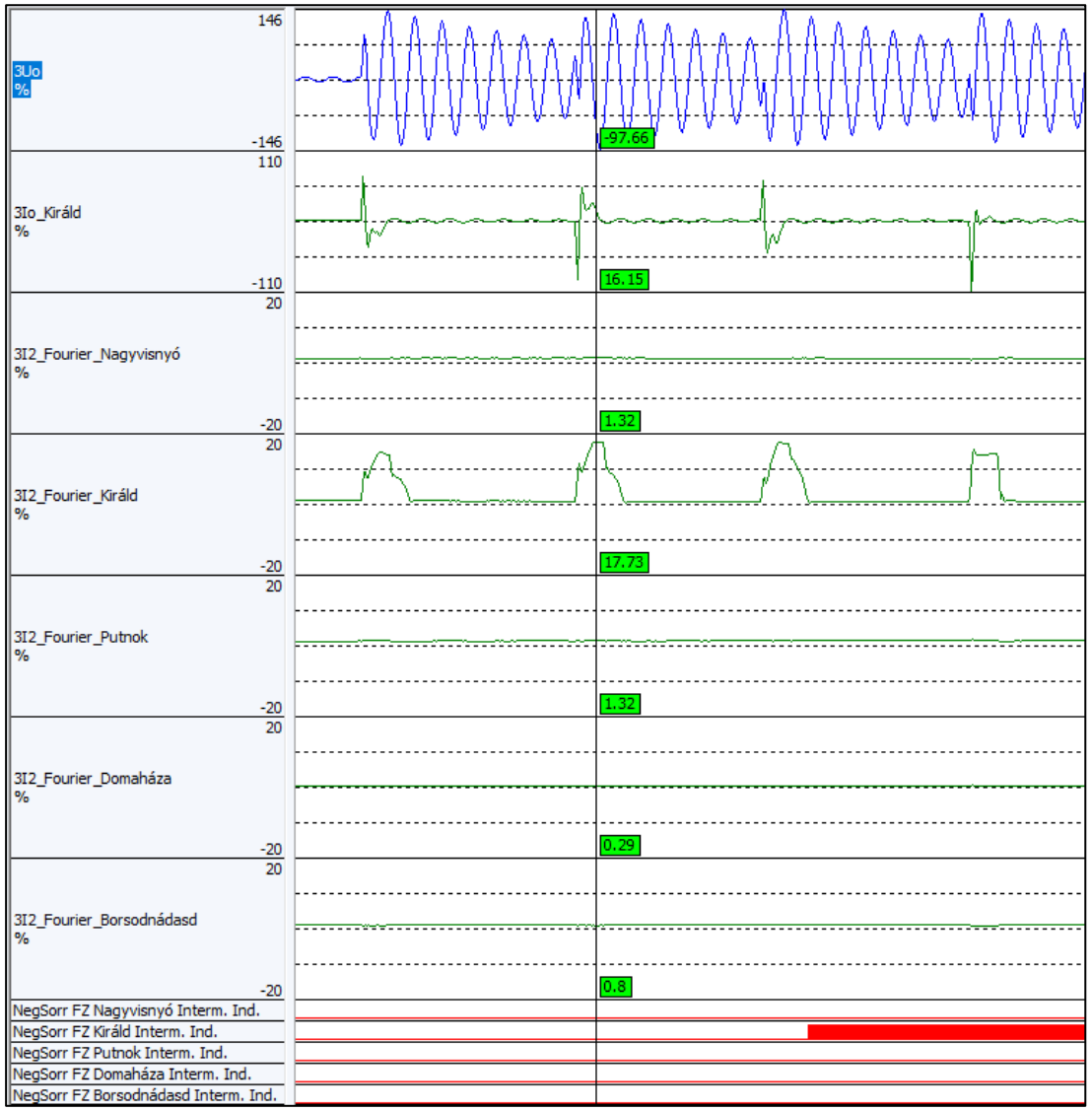
$3I_2$ = 1.32% / 100% * 300 = 4A $3I_0$ = 2.2A

Domaházi leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 0.29% / 100% * 300 = 0.9A $3I_0$ = 1.7A

Borsodnádasdi leágazás primer áramai:

$3I_2$ = 0.8% / 100% * 300 = 2.4A $3I_0$ = 1A

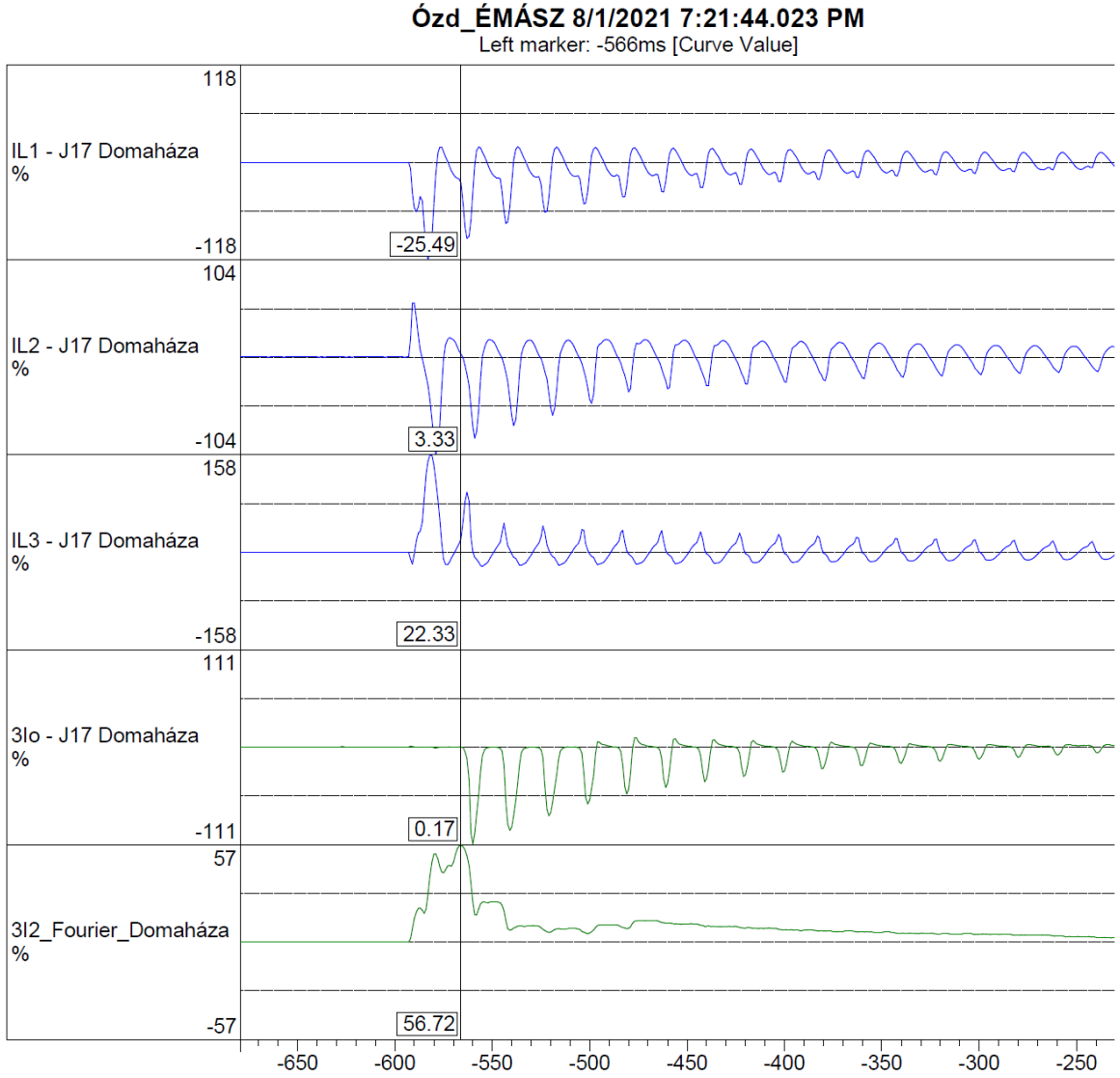


Ózdi tapasztalatok

Felmerülő probléma: bekapcsolási **áramlökés** + áramváltó **telítés** okozta zérus sorrendű áram téves megszólalásokhoz vezetett.

Tény: a telítéshez idő kell (amíg az áramváltó tekercsfluxusa eléri a könyökpontot).

Megoldás: ha **jelentős negatív** sorrendű áram jelenik meg, de ezzel egyidőben **nincs zérus** sorrendű áram, akkor **bénítjuk** a funkciót 600ms ideig → a jelenség ennyi idő alatt lecseng



Az új védelmi elv előnyei

A negatív sorrendű áram mérésen alapuló földzárlatvédelmi elv előnyei:

- A védelem működéséhez **nincs** szükség **feszültségváltó**ra (nem kell U_0)
- Elegendő a **Holmgreen**-kapcsolású **áramváltó** használata (nem kell gyűrűs áramváltó). Ennek az az oka, hogy a védelem a negatív sorrendű áram változását használja, így az esetleges hibaáramok kiesnek a számításokból
- Az új elv **intermittens** földzárlatok érzékelésére is alkalmas
- Az érzékelés **nem** függ a leágazások kapacitív **töltőáramától**
- **Nagy hibahelyi ellenállású** földzárlatok érzékelésére korlátozottan, de **használható** (az érzékelés nem minden esetben garantált, szemben az admittancia-elvű földzárlatvédelemmel)

A fejlesztés következő fázisai és távlati kilátások

A *negatív sorrendű földzárlatvédelem* nem igényli a feszültségváltót, és kisméretű változatban elérhető (**S16**). Továbbá **24V DC**-ről működtethető. Így ideális a **zárlatjelző mellé** beépíteni az oszlopok szekunder szekrényébe.

Tartampróba: ÉMÁSZ Ózd 132/22kV-os alállomás Putnok leágazás 3809. számú (ABB K11 típusú KETM berendezés) szekrénye

Telepítés ideje: 2023. Március

A zárlatjelző készülék tartalék bemeneteire bekötve a földzárlati indulás és ÜKE jelzés.

Így a **SCADA rendszerbe** beintegrálható, ideális az **admittancia-elvű** földzárlatvédelem **kiegészítésére**.

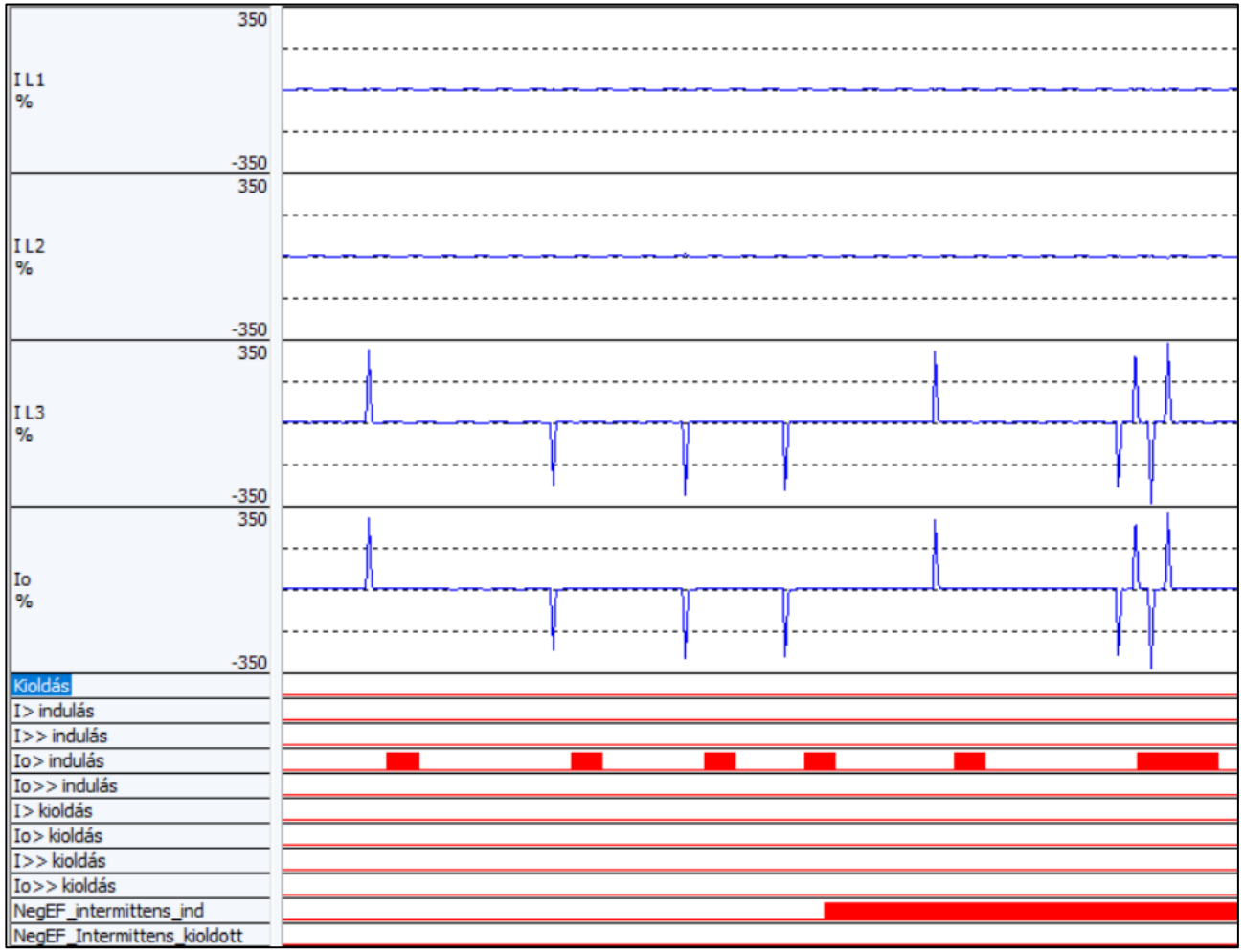
A fejlesztés következő fázisai és távlati kilátások

További lehetőségek: hosszan földelt KÖF hálózatok **újragyulladó** (intermittens) földzárlatainak érzékelésére.

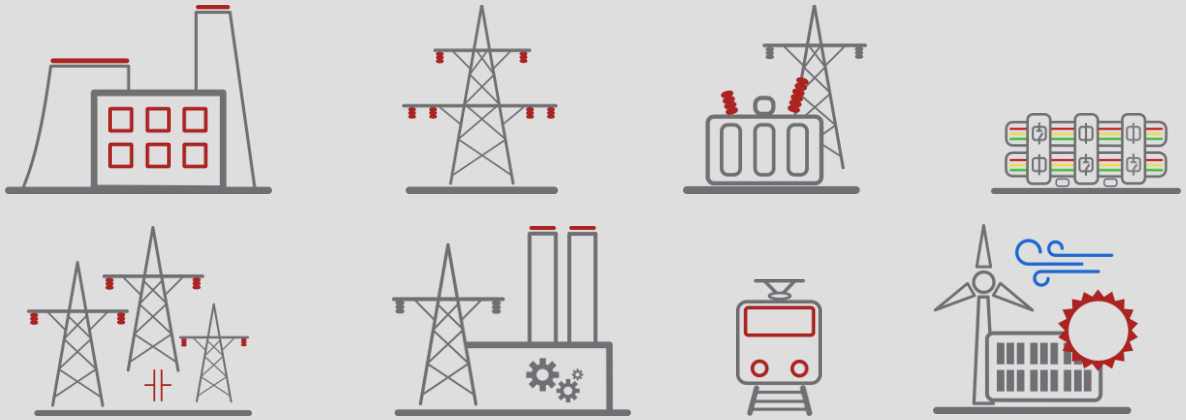
Tartampróba: ELMŰ Újpest 132/11kV-os alállomása. Az új, negatív sorrendű földzárlatvédelmi funkció kioldást nem ad, viszont zavarírót indít intermittens földzárlatoknál.

Telepítés ideje: 2023. Január

Példa: Farkaserdő leágazás intermittens földzárlata és érzékelése (2023.03.28.)



Protecta Elektronikai Kft.
H-1158 Budapest, Késmárk u. 7/A
H-1601 Budapest, Pf.: 74.
+36 1 415 3800
www.protecta.hu
protecta@protecta.hu



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

DIGITÁLIS VÉDELMEK ÉS AUTOMATIKÁK A VILLAMOSENERGIA-IPARNAK