

BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Villamosművek Tanszék

**Távolsági védelmek vizsgálata  
korszerű módszerekkel**

Danyek Miklós  
Gazdag Ferenc  
Handl Péter

diplomtervező egyetemi hallgatók

2000.június 18.

## Tartalomjegyzék

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Összefoglalás.....   | 3  |
| 2.     | A távolsági védelmekről általában .....                                    | 3  |
| 2.1.   | A távolsági védelem fogalma.....   | 3  |
| 2.2.   | A távolsági védelem karakterisztikája.....                                 | 3  |
| 2.3.   | A távolsági védelem bemenetei.....   | 5  |
| 2.4.   | A távolsági védelem érzékelési egyenletei .....                            | 5  |
| 3.     | A vizsgált védelmek .....  | 6  |
| 3.1.   | EAW gyártmányú RD7-QEVX típusú elektromechanikus távolsági védelem.....    | 6  |
| 3.2.   | Veiki ETV típusú távolsági védelem.....                                    | 6  |
| 3.3.   | Protecta gyártmányú DTVA típusú távolsági védelem .....                    | 7  |
| 4.     | A távolsági védelmek tesztelési lehetőségei .....                          | 8  |
| 4.1.   | A távolsági védelem hagyományos tesztelési lehetőségei.....                | 8  |
| 4.2.   | A védelmek tesztelése számítógéppel vezérelt relévizsgáló készülékkel..... | 8  |
| 5.     | A számítógépes relévizsgáló készülékek által nyújtott lehetőségek .....    | 9  |
| 5.1.   | Vizsgálat a vektormennyiségek tartományában.....                           | 9  |
| 5.2.   | Vizsgálat az impedanciasíkon .....   | 9  |
| 5.3.   | Vizsgálat a tranziens tartományban.....                                    | 11 |
| 5.4.   | Visszakapcsoló automatika vizsgálata.....                                  | 11 |
| 6.     | Mérési eredmények.....   | 12 |
| 6.1.   | A vizsgált védelmek karakterisztikái.....                                  | 12 |
| 6.1.1. | Az RD7-QEVX típusú elektromechanikus védelem karakterisztikája.....        | 12 |
| 6.1.2. | Az ETV típusú elektronikus védelem karakterisztikája.....                  | 13 |
| 6.1.3. | A DTVA típusú mikroprocesszoros védelem karakterisztikája.....             | 14 |
| 6.2.   | Tranziens jelekkel történő vizsgálat .....                                 | 15 |
| 6.3.   | A visszakapcsoló automatika vizsgálata.....                                | 17 |
| 7.     | Értékelés.....   | 20 |
| 8.     | Irodalomjegyzék .....  | 20 |

---

## 1. Összefoglalás

A digitális technika fejlődésével lehetővé vált olyan korszerű védelemvizsgáló berendezések kifejlesztése, amelyek nem rendelkeznek külön kezelőfelülettel, hanem számítógép segítségével vezérelhetők. A korábbi módszerekhez képest nem szükségesek különálló, analóg eszközök (toroid, rövidzár, modell), hanem csak a vizsgálandó védelemre, vizsgáló berendezésre és számítógépre van szükség. Ez azért lehetséges, mert a vizsgálóműszerek általában három áram- és három feszültségkimenettel, illetve bináris jelek fogadására alkalmas bementekkel rendelkeznek, amelyek együttesen biztosítják a komplett vizsgálatok elvégzésének lehetőségét.

A cikknek kettős célja van: a korszerű vizsgálati módszer bemutatása, illetve a BME Villamosművek Tanszéken rendelkezésre álló, a három különböző generációhoz tartozó távolsági védelem közötti eltérések vizsgálata az említett módszerrel.

A készülékek közül az első az 1930-as évekből származó elektromechanikus, a második az 1980-as évekből származó elektronikus, a harmadik pedig a legkorszerűbb mikroprocesszoros védelmek generációját képviseli.

A vizsgálatokat a tanszéken rendelkezésre álló korszerű, digitálisan vezérelt berendezéssel, valamint egyetemi tanulmányaink során szerzett tapasztalatainkat felhasználva végeztük el.

## 2. A távolsági védelmekről általában

### 2.1. A távolsági védelem fogalma

A távolsági védelem olyan zárlatvédelmi berendezés, amely a villamos berendezéseken (távvezetékeken) bekövetkező zárlatok helyét a védelem felszerelési, illetve a zárlat helye közötti 'villamos távolság' (impedancia) mérésével állapítja meg. Ez az érték távvezetékek esetében a távolsággal arányos, innen a védelem elnevezése. Ha a mért impedancia lecsökken (zárlatkor az áram megnő, a feszültség letörik) egy beállított érték alá, akkor a védelem megfelelő késleltetéssel kioldást kezdeményez. A távolsági védelmeket leginkább a hurkolt hálózati topológiában elhelyezkedő távvezetékek védelmeként alkalmazzák.

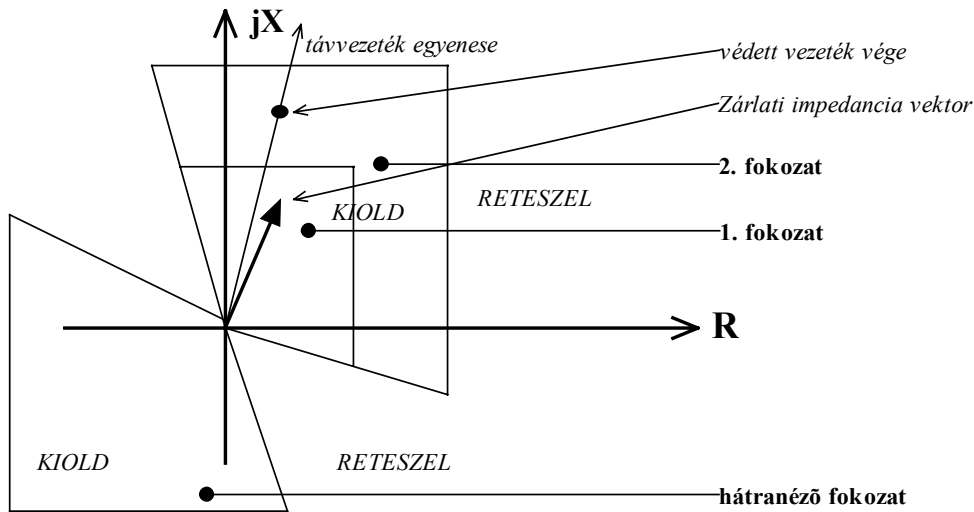
### 2.2. A távolsági védelem karakterisztikája

A távolsági védelmek karakterisztikáját az  $R-jX$  komplex impedanciasíkon ábrázolják, és irányokat rendelnek hozzá. Az előre néző fokozat(ok) az első, a hátránéző fokozat(ok) a harmadik ténnyedre vannak kihegyezve (1. ábra). A karakterisztikában az egyes zárt görbék jelentenek egy-egy fokozatot, melyek közt a szelektivitást a különböző értékű kioldási késleltetések jelentik. Zárlat esetén ugyanis a védelem minden olyan fokozata indul, amelyik tartalmazza a zárlati impedancia vektorát. Az 1. ábrán például az első fokozatba van berajzolva a zárlati impedancia vektora, aminek hatására az első mellett a második fokozat is indul, mert a vektor az ő tartományába is beleesik. A kioldási parancs kiadását az első fokozat fogja kezdeményezni, mert a késleltetése kisebb a második fokozaté (az 1. fokozat szándékolt késleltetés nélkül ad kioldási parancsot, míg a 2. fokozat csak bizonyos idő elteltével).

Többféle karakterisztika létezik, a legkorszerűbb védelmek esetén az ún. poligon karakterisztika a leggyakoribb, míg a korábban gyártott elektromechanikus és elektronikus készülékekre kör alakú impedancia karakterisztika a legjellemzőbb.

---

Egy poligon karakterisztikát mutat az 1. ábra (2 előre és egy hátranéző fokozattal, a zárlati impedancia vektora az 1. fokozatba mutat):



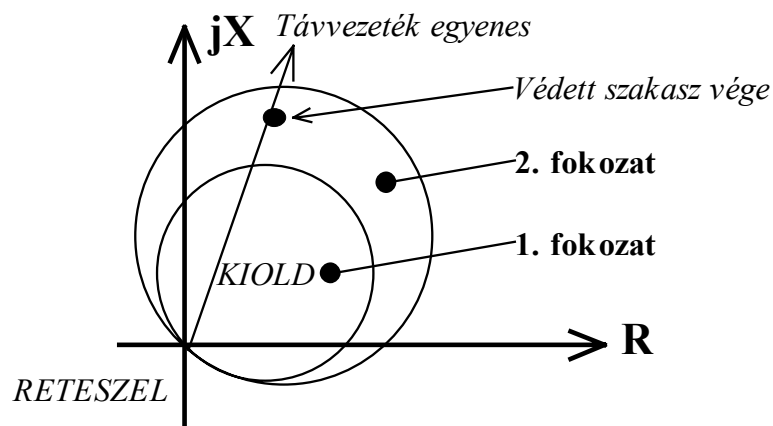
1. ábra: Poligon karakterisztika

Az ábrán be van jelölve a *távvezeték egyenese*, amely a vezetéken létrejövő fémes zárlatok impedancia viszonyait mutatja /ekkor  $R_{\text{hibahely}}=0\Omega$ /. Minél messzebb következik be fémes zárlat a távvezetéken a védelem felszerelési helyétől, annál távolabbra kerülünk az impedanciasíkon a távvezeték egyenesén az origótól.

A hibahelyi ellenállás azonban nem hanyagolható el minden esetben (pl. a zárlati ív ellenállása), ezért a karakterisztikát is ennek megfelelően kell beállítani. A feltételezett hibahelyi ellenállást hozzá kell adni a vezeték paramétereiből kiadódó ellenállás beállítási értékéhez, így a karakterisztika csúcsa a távvezeték egyenesétől jobbra (R irányba) tolódik az előrenéző fokozatoknál (és balra a hátranéző fokozat esetén). Az 1.ábrán látható poligon karakterisztika már tartalmazza az előbb említett változtatásokat (a zárlati impedancia és a távvezeték egyenese szöget zár be az  $R_{\text{hibahely}}$  miatt).

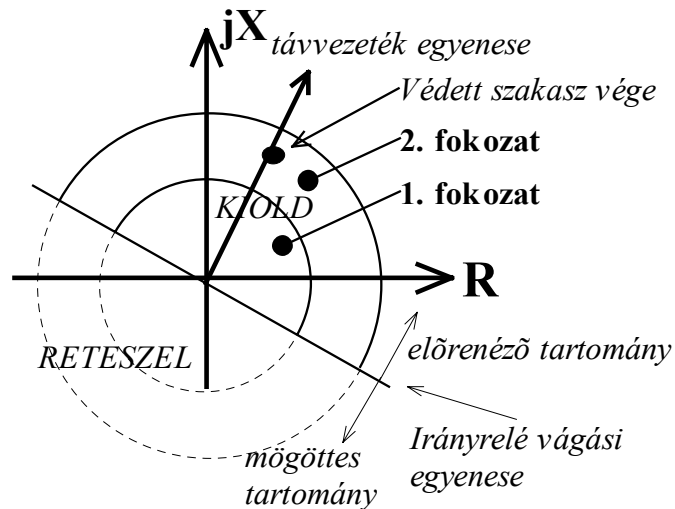
A 2. és 3. ábra a korábban gyártott védelmek által leggyakrabban leképzett kör karakterisztikákat mutatja.

Az MHO karakterisztikához (2. ábra) az irányok már eleve hozzá vannak rendelve, mert a kör alakú karakterisztika az impedanciasíkon az I. térféld irányába (=előre irány) el van tolvá.



2. ábra: MHO karakterisztika

Az elektromechanikus védelmek esetén a karakterisztikát legjellemzőbben irányrelével vágott impedanciarelékkal valósították meg (3. ábra). Látható, hogy a mögöttes tartományba eső karakterisztika-részben az irányrelé reteszeli a kioldást (szaggatott vonal).



3. ábra: Irányrelével vágott kör impedancia karakterisztika

### 2.3. A távolsági védelem bemenetei

A védelem a zárlatot a védendő elem impedanciájának lecsökkenésével érzékeli. Az impedancia meghatározásához a készüléknek a háromfázisú rendszer feszültségeire és áramaira van szüksége, amelyeket a primer hálózatról mérőváltók közbeiktatásával kap meg /a szekunder értékek általában:  $I_n=1$  vagy  $5$  A,  $U_n=100$  V/.

### 2.4. A távolsági védelem érzékelési egyenletei

Fáziszárlatok esetén: ( $U_B, U_C, I_B, I_C$ : fázismennyiségek)

$$Z = \frac{U_B - U_C}{I_B - I_C}$$

Földzárlatok esetén:

$$Z = \frac{U_B}{I_B + \alpha \cdot 3I_0}$$

ahol  $\alpha$  az ún. keverési tényező:

$$\alpha = \frac{\frac{Z_0}{Z_1} - 1}{3}$$

a védett távvezeték paramétereiből számítható állandó (ahol  $Z_0$  és  $Z_1$  a távvezeték zérus- illetve pozitív sorrendű impedanciája).

A szimmetrikus összetevők segítségével bizonyítható, hogy mind fázis-, mind földzárlatok esetén a védelem a felszerelési hely és a hibahely közti pozitív sorrendű impedanciát érzékeli.

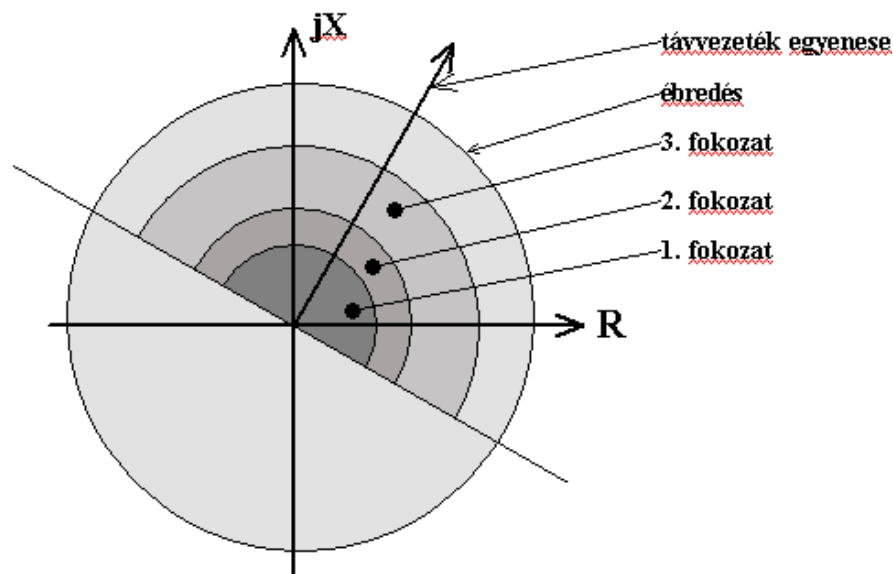
A korszerű védelmek a fázisok közötti és a fázis-föld hurkokban (összesen 6 hurok) egyidejűleg vizsgálják az impedanciákat. Ha valamely mért impedancia értéke beleesik a készülék kioldási karakterisztikájának valamelyik fokozatába és ez az állapot az adott fokozathoz rendelt késleltetési időn túl fennáll, a védelem kioldást kezdeményez.

### 3. A vizsgált védelmek

Három különböző generációjú védelmet vizsgálatunk meg, egy elektromechanikust, egy impulzuselvű elektronikus és egy teljesen numerikus működésű mikroprocesszoros távolsági védelmet.

#### 3.1. EAW gyártmányú RD7-QEVX típusú elektromechanikus távolsági védelem

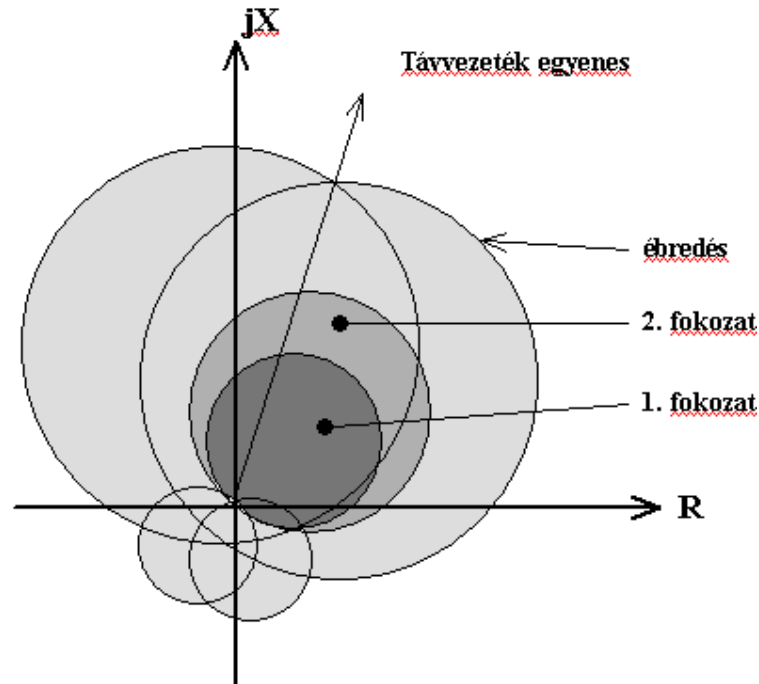
A védelem az egyenirányítós mérési elvű elektromechanikus védelmek közé sorolható, az egykori NDK-ban gyártották kb. 1965-ben, karakterisztikáját a 4. ábra mutatja.



4. ábra: Az RD7 típusú védelem irányrelével vágott karakterisztikája

#### 3.2. Veiki ETV típusú távolsági védelem

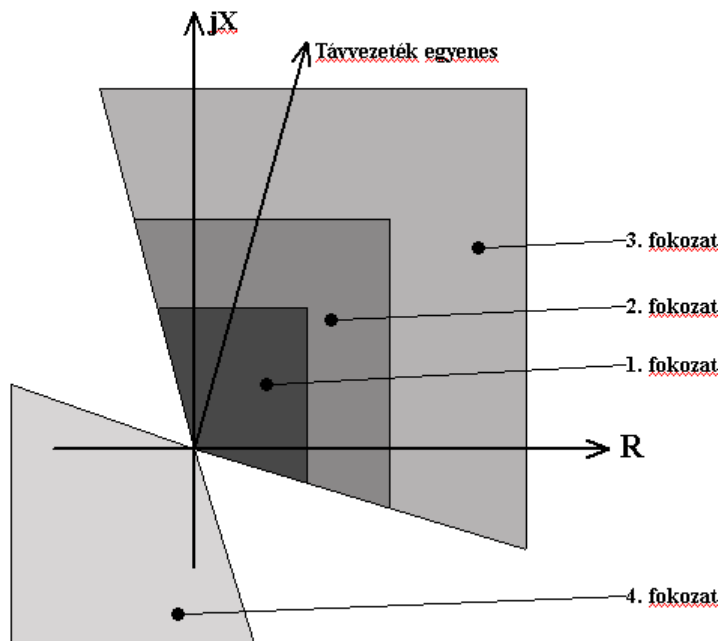
A készülék az impulzus elvű elektronikus védelmek csoportjába tartozik, 1984-ben Budapesten gyártották. Működési önideje kb. 25 ms, karakterisztikáját az 5. ábra mutatja.



5. ábra: Az ETV típusú védelem MHO karakterisztikája

### 3.3. Protecta gyártmányú DTVA típusú távolsági védelem

A készülék a mikroprocesszoros védelmek családjába tartozik, 1994-ben Budapesten gyártották, működési ideje kb. 20-25 ms. A védelemben 5 fokozatot lehet definiálni (a vizsgálatoknál 4-et használtunk). Egy- illetve háromfázisú, maximum háromlépcsős visszakapcsoló automatikával rendelkezik, amely szabadon programozható (pl. hány visszakapcsolási ciklus legyen, milyen holtidővel, túlfedéssel vagy sem). A védelem karakterisztikája a 6. ábrán látható.



6. ábra: A DTVA típusú védelem karakterisztikája

## 4. A távolsági védelmek tesztelési lehetőségei

### 4.1. A távolsági védelem hagyományos tesztelési lehetőségei

A védelmek tesztelése korábban kétféleképpen történt:

- Az egyik lehetőség a laboratóriumi kismintán történő tesztelés. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy fizikailag megvalósított hálózatmodellre van szükség a vizsgálatokhoz, amely leképezi az adott hálózatrészt. A vizsgálatok során ezen a modellen kell a zárlatokat létrehozni. Ha egy tesztet egy másik hálózaton kell elvégezni, akkor másik modellre van szükség. A modell paramétereinek kiszámolása és fizikai megvalósítása időt vesz igénybe, továbbá hosszú távon a modellt alkotó áramköri elemek öregedésével is számolni kell.
- A másik módszer szerint áram- és feszültség generátorok, toroidok és egyéb analóg eszközök segítségével képeznek le zárlatokat a védelem kapcsaira. Itt nincs szükség fizikai hálózati modellre, viszont minden próba előtt ki kell számolni az adott zárlatnak megfelelő áram- és feszültség képet, majd ezt a generátorokon beállítani amplitúdó- és fázishelyesen.

### 4.2. A védelmek tesztelése számítógéppel vezérelt relévizsgáló készülékkel

A digitális technika fejlődésével lehetőség nyílt a digitálisan vezérelhető háromfázisú jelgenerátorok kifejlesztésére, amelyek nem rendelkeznek külön kezelőfelülettel, hanem számítógépről vezérelhetők. A készülékben a jelek generálása digitálisan történik, majd Digitális/Analóg átalakítás és erősítés után kerülnek a kimenetekre. Ezen jelgenerátorok lehetővé teszik a fázishelyes feszültségek és áramok egyszerű előállítását, mivel a kimenetek szinkronizálva vannak egymáshoz, így a fázisszögek beállítása az egyik kitüntetett kimenethez viszonyított szögeltolással adhatók meg. A készüléket a számítógépen futó kezelőszoftver utasítja a megfelelő amplitúdójú és fázisú jelek előállítására.

A relévizsgálók szokásos ki- és bemenetei a következők:

- 3 váltakozó feszültségű kimenet,
- 3 (vagy 6) váltakozó áramú kimenet,
- 10 bemeneti csatorna a védelem jeleinek fogadására /jelző, működtető körök időzítésének vizsgálatához/,
- esetleg egyenfeszültségű kimenet a vizsgálandó védelem táplálására.

Az általunk használt készülék 10.3 A $\sim$  áramot és 125 V $\sim$  feszültséget tudott kiadni vizsgálójelként (ezen értékhatárokkal az  $I_{névleges}=1$  A áramú berendezések teljeskörű vizsgálatára alkalmas). Kiegészítő berendezésekkel ezek az értékhatárok kibővíthetők, így alkalmasak az  $I_{névleges}=5$  A védelmek nagyáramú vizsgálatára is.

A védelmek kimeneteinek a vizsgálóberendezés bináris bemeneteire való bekötésével a készülék időzítései (ébredési idő, késleltetés) pontosan mérhetők.

A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy a szóban forgó berendezés nem csak védelmek, hanem áram- és feszültségrelék, frekvenciarelék, szinkronozó eszközök, illetve fogyasztásmérők vizsgálatára is alkalmas.

---



A vizsgálatok dokumentálását és a későbbi precíz kiértékelést segítik a kezelőszoftver által készített riportfájlok és az egyes mérések archiválási lehetősége.

A konkrét méréshez csak a vizsgálandó védelemre, a relévizsgálóra, egy vezérlő-beállító számítógépre, illetve az 'ember' koncepcióira van szükség, hogy melyik funkciót és milyen elgondolások alapján szeretne vizsgálni.

## **5. A számítógépes relévizsgáló készülékek által nyújtott lehetőségek**

A piacon több hasonló készülék is létezik, a következőkben a rendelkezésünkre álló vizsgálóműszer általunk felhasznált funkcióit ismertetjük.

### **5.1. Vizsgálat a vektormennyiségek tartományában**

Ebben az esetben szabadon állíthatjuk az áram- és feszültségvektorokat mind az amplitúdó, mind a fázis tekintetében. Ha ismerjük a konkrét zárlati áram- és feszültségképet, akkor itt lehetőségünk van azt a védelembe vezetni. (Ez a módszer gyakorlatilag megegyezik a 'korábbi' méréseknél említett második módszerrel.)

A szoftver azonban elő is tudja állítani a különböző zárlatfajtáknak megfelelő áram- és feszültségvektorokat, de ebben a menüpontban csak egyes kísérleteket lehet végezni (automatikus mérésre nincs lehetőség).

### **5.2. Vizsgálat az impedanciasíkon**

Ebben a menüpontban az impedanciasíkon adhatjuk meg a mérni kívánt munkapontokat. A vizsgálatokhoz háromféle áramköri modellt (elvet) alkalmazhatunk:

#### **- Vizsgálat konstans árammal**

Ebben a modellben egy ideális áramgenerátorral történik a zárlatos hurok táplálása. A tesztek alkalmával a felhasználó megadja a konstans áramértéket, a mérendő impedanciát (abszolút érték, fázis), a hiba (zárlat) fajtáját és a számítógép kiszámolja és beállítja az áram- és feszültségkimeneteket.

A konstans áramú modell közeli zárlatok szimulálására használható fel, mivel ilyen zárlatok esetén az áram nagy, a feszültség erősen lecsökken (szélsőséges esetben akár zérus is lehet), így a védelem szögmerése (irányérzékelése) bizonytalanná válhat.

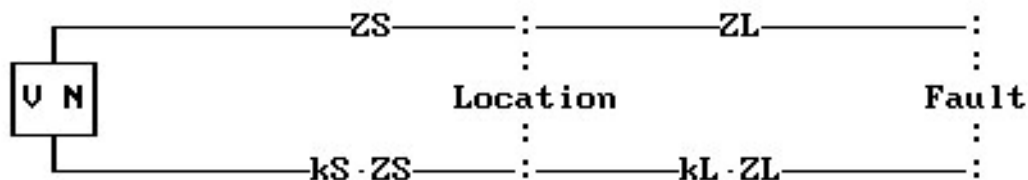
#### **- Vizsgálat konstans feszültséggel**

Ekkor a zárlatos hurok táplálására egy ideális feszültséggenerátort feltételezünk, működési elve megegyezik a konstans áramú modellével.

---

- Hálózati modell alapján történő vizsgálat.

A modellt a 7. ábra mutatja, amely az általunk használt berendezés kezelőszoftveréből származik:



7.ábra: Hálózati modell

A védelmet a szoftver a *Location* helyen feltételezi, a *Fault* a hibahelyet jelenti. A tápláló hálózat egy Thevenin-generátorral van leképezve.

Az ábra jelölései a következők:

- $Z_S$  : Forrás (mögöttes hálózat) pozitív sorrendű impedanciája
- $Z_L$  : A védelem és a hibahely közti pozitív sorrendű impedancia
- $k_S$  : Forrás oldali földzárlat kompenzációs faktor
- $k_L$  : Hibahely oldali földzárlat kompenzációs faktor

$$k_S = \frac{\frac{Z_{S0}}{Z_{S1}} - 1}{3} \quad k_L = \frac{\frac{Z_{L0}}{Z_{L1}} - 1}{3}$$

ahol:

- $Z_0$  : Zérus sorrendű impedancia (forrás és hibahely oldali)
- $Z_1$  : Pozitív sorrendű impedancia (forrás és hibahely oldali)

A vizsgálat elején be kell állítani a hálózati modell értékeit. A  $Z_L$  paraméter (védelem felszerelési helye és a hibahely közti impedancia) minden egyes teszt előtt megváltoztatható, illetve automatikus teszt esetén a szoftver önmaga változtatja.

A valóságot ez a modell képezi le a legjobban, mert az áram és a feszültség kimenetek beállításakor a szoftver figyelembe veszi a tápláló hálózatot. (Sem az áramot, sem a feszültséget nem tartja konstans értéken, hanem a zárlati kör impedanciáinak megfelelően számolja.)

Az impedanciasíkon a korábbiakban ismertetett három modell valamelyikével végezhetjük vizsgálatainkat. Lehetőség van egyes próbák végrehajtására ( $R'+jX'$  pontnak megfelelő áramokat és feszültségeket injektálunk a védelembe és figyeljük annak visszajelzéseit), de a szoftver automatikus tesztelési módot is kínál. Ilyen például az a funkció, hogy az impedanciasík egy beállított egyenese mentén letapogatja a karakterisztikát,

melynek egy Impedancia-Kioldási idő diagram a végeredménye. Ha ezt kellően sűrűn felvett egyenesek mentén végezzük el -amit felkínál a program-, akkor egy ismeretlen karakterisztikát is le tudunk tapogatni.

### 5.3. Vizsgálat a tranziens tartományban

A vizsgálóműszerek képesek korábban előállított tranziens jelek lejátszására a saját formátumaikon kívül a COMTRADE szabványnak megfelelő fájlok beolvasásával. A tranziens jelek többféleképpen állíthatók elő:

- Számítógép és speciális hálózatszimulációs szoftver segítségével,
- Valós hálózaton történő mérésekkel (regisztrátumok készítése),
- Laboratóriumi kismintán regisztrátumok felvételével.

A relévizsgáló által lejátszandó jelek amplitúdói a beolvasáskor csatornánként szabadon skálázhatók egy transzformációs szám segítségével, amely a leosztás mértékét szabja meg. Néhány körülményt azonban tekintetbe kell venni:

- Nem azonos áram- és feszültségelosztás esetén az impedancia értéke megváltozik.
- Hálózati regisztrátumok esetén (mivel a regisztrálás szekunder oldalon történik) az áram- és feszültségváltók áttételének különbözősége szintén megváltoztatja az impedanciákat.
- Primer hálózati jeleket (pl: hálózatszimulációs program) annyira le kell osztani, hogy mind az áramok, mind a feszültségek a vizsgáló kimeneti tartományába essenek. Ebben az esetben is a különböző leosztások impedancia változást eredményeznek.

A vizsgálatok során arra vagyunk kíváncsiak, hogy a védelem helyesen parancsol-e (vagy sem) kioldást az egyes minták hatására (attól függően, hogy milyen jellel teszteljük a készüléket). Számítógéppel ugyanis nem okoz problémát a különböző helyen bekövetkező zárlatok (pl. mögöttes, vagy a védelmi szakaszt követő gyűjtősín- stb. zárlatok), teljesítménylengések mintáinak előállítása.

### 5.4. Visszakapcsoló automatika vizsgálata

A távvezetési zárlatok túlnyomó többsége múló jellegű egyfázisú földzárlat, ezért a védelmeket célszerű kiegészíteni visszakapcsoló automatikákkal, amelyek a távvezetékek zárlat utáni visszakapcsolását végzik (feszültség szintenként változó, hogy milyen holtidőkkel és hányszor próbálják meg visszakapcsolni a vezetéket).

A számítógéppel vezérelt relévizsgáló alkalmazásával lehetőség nyílik azon készülékek tesztelésére, amelyekbe a visszakapcsoló automatika van integrálva. Erre a vizsgálóműszer 10 darab bináris bemeneti csatornájának felhasználásával van mód, ahova a védelem jelző és működtető kimeneteit kötve befolyásolni lehet a vizsgálóműszer működését. A visszakapcsoló automatika tesztelésénél mindez úgy alakul, hogy a műszer a 'zárlatot' a védelem kikapcsoló parancsának hatására lekapcsolja, majd a visszakapcsoló jel megjelenésekor visszakapcsolja vagy sem annak függvényében, hogy sikertelen vagy sikeres visszakapcsolási ciklust szeretnénk megvalósítani. A sikertelen visszakapcsolási ciklus esetén a vizsgáló a védelemtől érkező bekapcsolási parancs hatására mindig visszakapcsolja a

---

'zárlatot' a vizsgált készülék kapcsaira, így a folyamatnak a védelem részéről végleges kioldással lesz vége, ami után már nem próbálja meg többször visszakapcsolni a vezetékét. Sikeres visszakapcsolás esetén a védelemtől érkező bekapcsoló parancs hatására nem kapcsolja vissza a zárlatot a védelem bemeneteire.

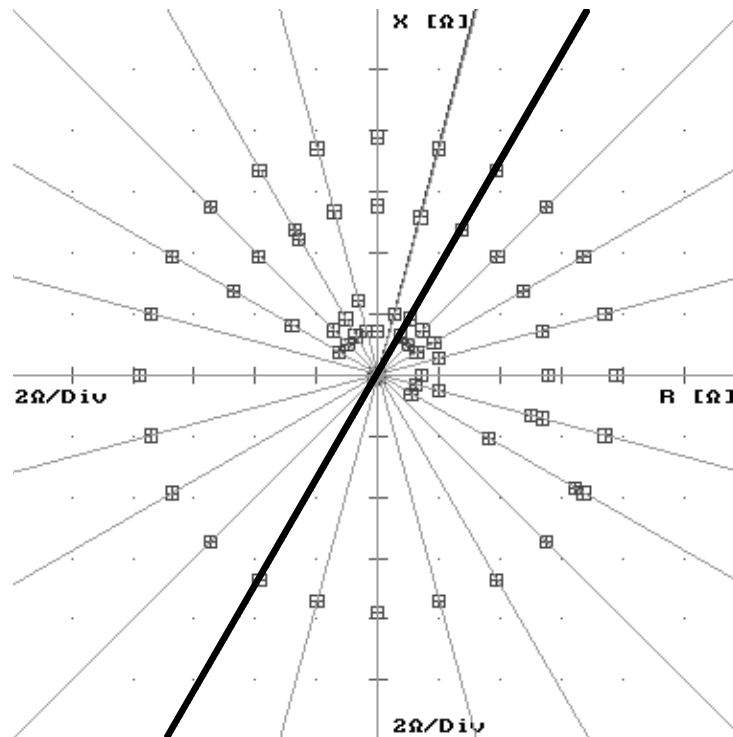
A visszakapcsolási ciklus lezajlása után lehetőség van a védelem kimenőjeleinek nagyon pontos megjelenítésére (mind grafikusán, mind szövegesen) a lezajlott ciklus korrekt kiértékelése végett.

## 6. Mérési eredmények

### 6.1. A vizsgált védelmek karakterisztikái

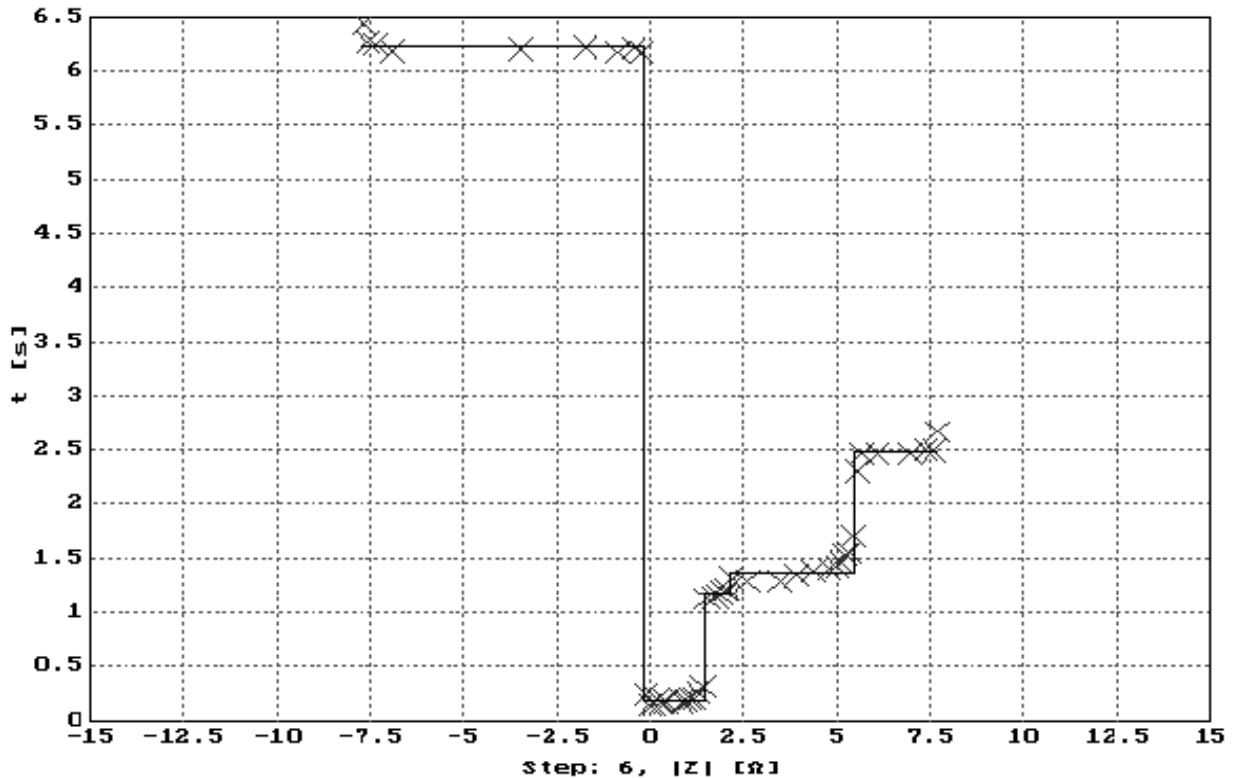
A vizsgálataink célja az volt, hogy az ismeretlennek tekintett védelmi karakterisztikákat letapogassuk a korábban bemutatott számítógéppel vezérelt relévizsgáló segítségével. A karakterisztika letapogatása az  $R$ - $jX$  komplex impedanciasíkon felvett origóból kiinduló különböző szögű tesztegysenek mentén történt olyan módon, hogy a tesztegysenek az egész impedanciasíkot egyenletesen lefedték. A vizsgálóműszer a felvett egyenesek mentén automatikusan letapogatta a karakterisztikákat. A karakterisztika határokat a védelem kioldási időinek megváltozásából érzékeltte és a vélt határok közelében automatikusan sűrítette a mérési pontokat.

#### 6.1.1. Az RD7-QEVX típusú elektromechanikus védelem karakterisztikája



8. ábra: Az RD7 típusú védelem kimért karakterisztikája

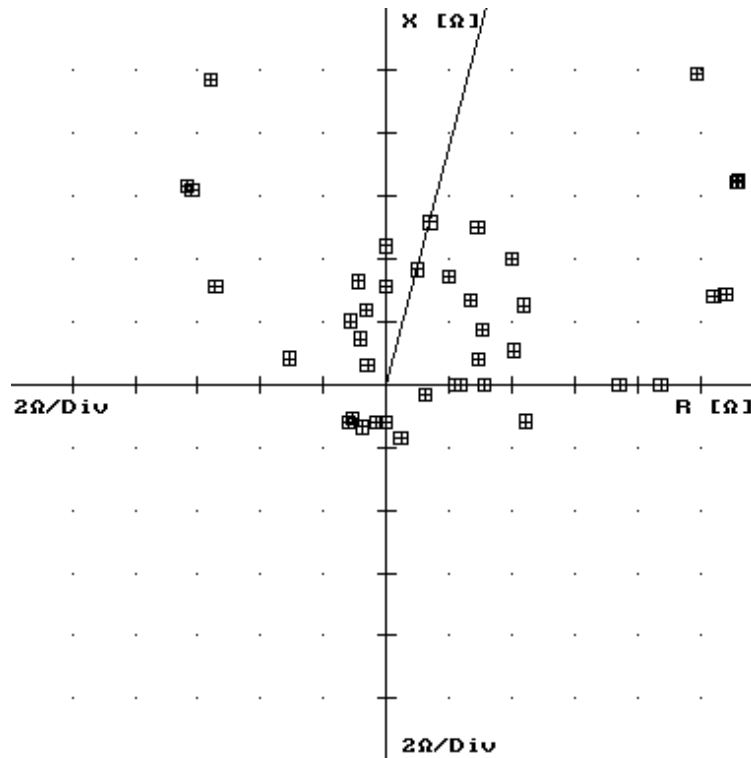
A 8. ábrán látható, vastag vonal mentén a relévizsgáló a 9. ábrán feltüntetett karakterisztika határokat érzékelt. A  $Z=0$  pont jelenti a védelem felszerelési helyét, a pozitív előjelű impedanciák az előre, míg a negatív előjelűek a visszafelé néző tartományba esnek (a vízszintes tengelyen az impedanciák, míg a függőlegesen a kioldási idők találhatók). Ugyanez látszik a lépcsők számából is, hiszen a karakterisztika szerint 4 fokozat néz előre (3 előrenéző fokozat plusz az előre néző ébredés a végidős kioldással) és egy hátra (hátranéző ébredés és végidős kioldás). A diagramból kiolvashatók az egyes fokozatok késleltetései, az első fokozat szándékolt késleltetés nélkül (önidővel) kezdeményez kioldást (közeli zárlat), a második 1, a harmadik pedig 1.2 sec késleltetéssel (az ábrán látható valódi kioldási idők a beállított késleltetés és a megszólalási önidő összegeként adódik).



9. ábra: Impedancia-Kioldási idő diagram

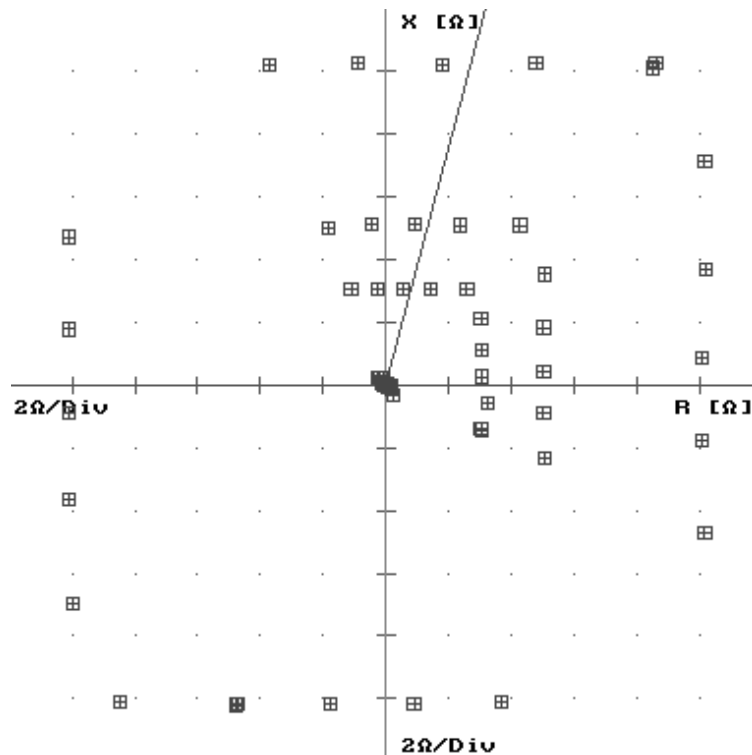
### 6.1.2. Az ETV típusú elektronikus védelem karakterisztikája

A 10. ábrán megkülönböztethető a védelem első és második fokozata (két kisebb kör) az első ténnyed irányába eltolva, illetve az ébredési karakterisztika (nagyobb kör). Az ETV védelem fokozataihoz tartozó kioldási késleltetések leolvashatók lennének a 9. ábrához hasonló Impedancia-Kioldási Idő karakterisztikából.



10. ábra: Az ETV típusú védelem kimért MHO karakterisztikája

### 6.1.3. A DTVA típusú mikroprocesszoros védelem karakterisztikája



11. ábra: A DTVA típusú védelem kimért poligon karakterisztikája

A 11. ábrán látható a védelem három előrenéző és egy hátranéző fokozatának karakterisztikája. Szintén meghatározhatóak lennének a védelem fokozataihoz tartozó kioldási késleltetések a 9. ábrához hasonló Impedancia-Kioldási Idő karakterisztikából.

## 6.2. Tranziens jelekkel történő vizsgálat

A vizsgálati jelek a magyar-ukrán 750 kV-os távvezeték számítógépes modellének felhasználásával készültek az EMTP (ElectroMagnetic Transient Program) szoftver segítségével. Az említett távvezeték magyar végétől 84.6 km-re bekövetkező AN földzárata esetén kiadódó feszültség- és áram jelalakokat számoltattuk ki és megfelelően skálázva lejátszottuk a DTVA védelem kapcsaira.

A primer hálózatra jellemző amplitúdóval rendelkező jeleket COMTRADE formátumra konvertálva át lehetett adni a relévizsgáló szoftverének. Ahhoz, hogy a feszültség- és áramértékek a vizsgálóműszer generátorainak tartományába essenek, a feszültségeket 5500-al, az áramértékeket 600-al kellett leosztani.

|                |                         |               |               |                         |               |
|----------------|-------------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|
| <b>U</b>       | <b>COMTRADE channel</b> | <b>Transf</b> | <b>I</b>      | <b>COMTRADE channel</b> | <b>Transf</b> |
| UA             | 1: SENDA                | U 5500        | IA            | 4: SENDA LN1A I-b       | 600.0         |
| UB             | 2: SENDB                | U 5500        | IB            | 5: SENDB LN1B I-b       | 600.0         |
| UC             | 3: SENDC                | U 5500        | IC            | 6: SENDC LN1C I-b       | 600.0         |
| <b>Bin.ref</b> | <b>COMTRADE channel</b> | <b>normal</b> | <b>Binary</b> | <b>COMTRADE channel</b> | <b>normal</b> |
|                | Trip Empty              |               |               | Out1 Empty              |               |
|                | ARC Empty               |               |               | Out2 Empty              |               |

12. ábra: A bemeneti csatornák és leosztásuk

A 12. ábra alsó felében található bináris jelek (Trip: kioldás, ARC: visszakapcsolás) csatornái eredetileg üresek, ezeket a jeleket a relévizsgáló a védelem kimenetei alapján fogja megjeleníteni. (A védelem kikapcsoló illetve visszakapcsoló kimenő köre vissza van kötve a relévizsgáló bináris bemeneteire, a vizsgálat során a védelem visszakapcsoló automatikája bénítva volt, ezért a visszakapcsoló jel nem jelent meg.)

Természetesen a védelem karakterisztikáit az áram- és feszültség transzformáció függvényében kellett beállítani (mintha a leosztások valóságos mérőtranszformátorok lennének):

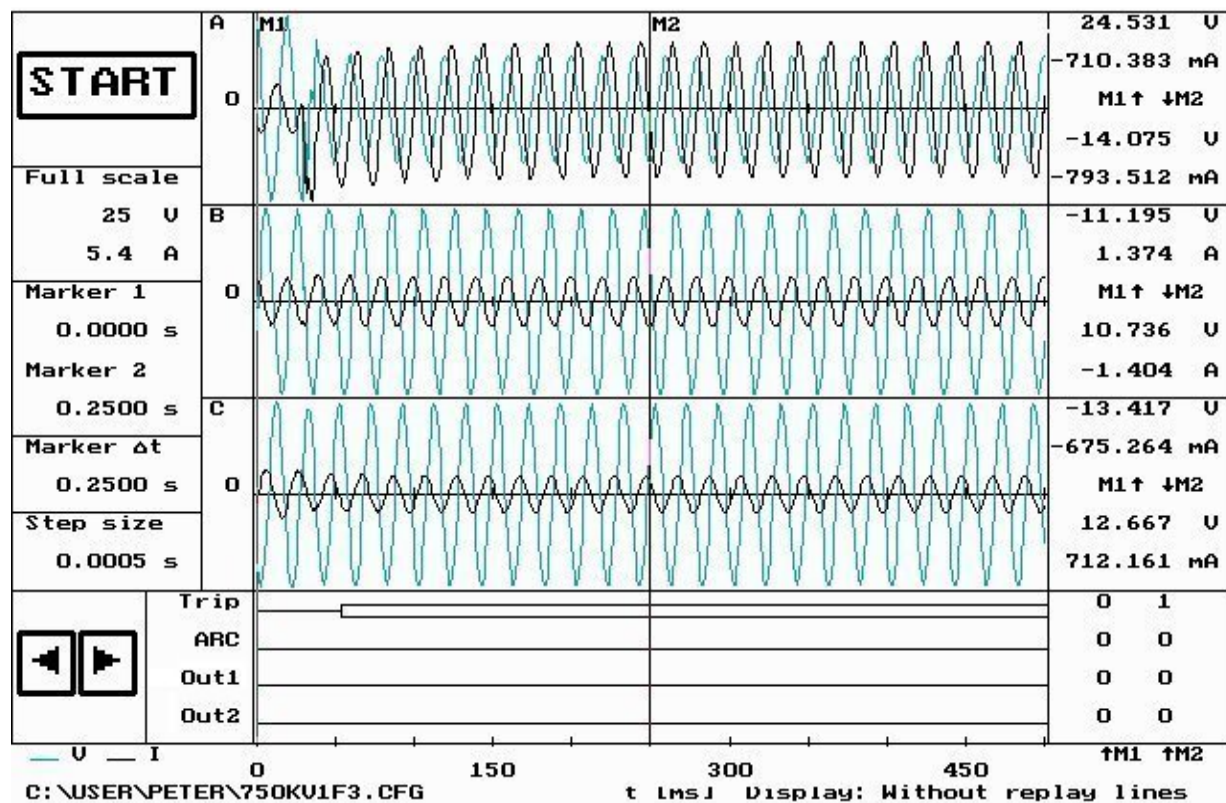
$$Z_{védelem} = Z_{primer\_hálózat} \cdot \frac{I_{transzf}}{U_{transzf}} = Z_{primer\_hálózat} \cdot \frac{600}{5500}$$

A védelmet a távvezeték paramétereit és a leosztások figyelembevételével úgy állítottuk be, hogy annak első fokozata a távvezeték 85%-át védje szándékolt késleltetés nélkül (önidővel).

A 13. ábrán a teljes jelsorozat látható, amit 'lejátszottunk' a védelemnek (a világosabb a feszültség-, a sötétebb az áramjelalak). Az ábra a vizsgálat utáni állapotot mutatja, alul a

védelem Trip jel látható (a kísérlet előtt ez nem látható, mert az adott bináris csatorna eredetileg üres volt).

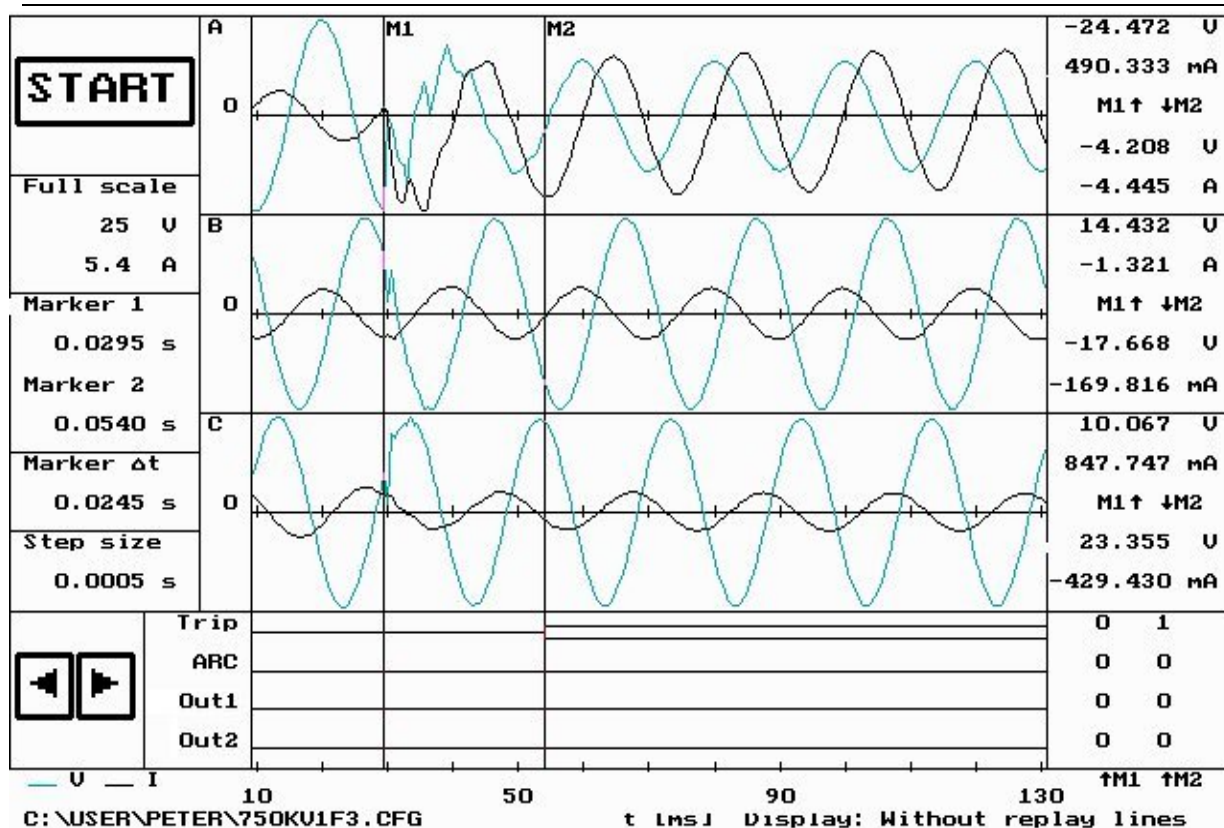
(Megjegyzendő, hogy az általunk használt vizsgálóműszernél a tranziens tartománybeli vizsgálatok esetén a védelem kioldási parancsa hatására nem kapcsolja le a 'zárlatot', hanem lefuttatja a teljes jelsorozatot.)



13. ábra: A teljes tranziens jelsorozat

A zárlat bekövetkezésének és a védelmi működésnek a tartományát nagyítja ki a 14. ábra.





14. ábra: A zárlat kialakulása

A 13. ábrán a zárlat hatására kialakuló, exponenciálisan lecsengő áramkomponenst, míg a 14 ábrán a kialakuló elektromágneses tranziens folyamatot lehet megfigyelni.

A zárlatot úgy időzítettük, hogy a valóságnak megfelelően az 50 Hz-es feszültség maximuma közelében alakuljon ki. A szigetelés igénybevétele ugyanis ekkor a legnagyobb, ezért az átívelés létrejöttének itt a legnagyobb a valószínűsége. A feszültség a zárlat bekövetkezése után a hibahelytől és a betáplálástól függő kisebb értékre esik le, és csillapodó lengéseket végez a kisebb amplitúdójú stacioner érték körül. Az áram a zárlat kialakulásakor egy nagyobb amplitúdójú szinuszgörcsre ugrik fel (ezen is megfigyelhetők a rezgések). A rezgések az ún. domináns frekvenciával történnek, amely a hálózat impedancia viszonyítól és a zárlat távolságától függ.

A vizsgálat célja az lehet, hogy a tranziens hullámoknak van-e számottevő zavaró, illetve késleltető hatása a távolsági védelmek helyes működésére nézve. A tranziens hullámok ugyanis pont a védelmek döntési időtartamában állnak fenn (A távolsági védelmek első fokozata önidővel parancsol kikapcsolást, ami 15-50 ms késleltetést okoz a védelem felépítésétől függően. A tranziensek csillapodásának időállandója zárlatfajától függően 5-100 ms).

A bemutatott példán ez nem volt számottevő, mert a kioldási parancs a zárlat keletkezése után 24,5 ms-al megjelent (lásd. 14. ábra *Marker  $\Delta t$* ).

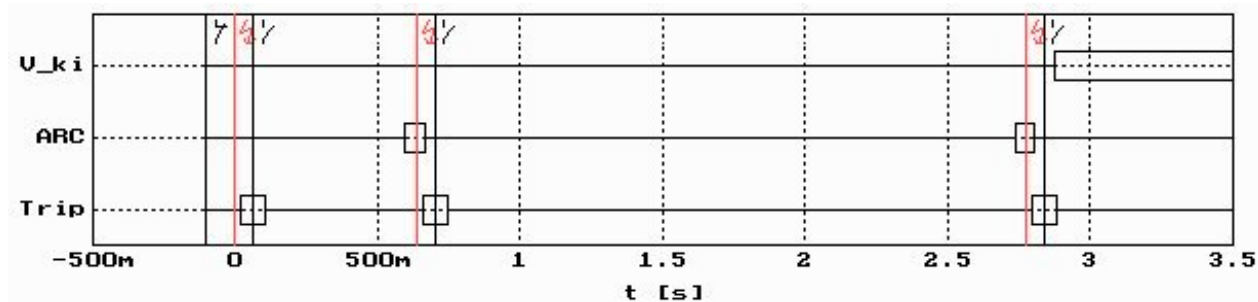
### 6.3. A visszacsatoló automatika vizsgálata

A vizsgálatokat a DTVA típusú mikroprocesszoros védelemmel végeztük, mert a rendelkezésre álló védelmek közül csak ebbe volt integrálva visszacsatoló automatika.

Példaként egy sikertelen és egy sikeres visszakapcsolási ciklus lezajlását mutatjuk be.

Sikertelen (kétlépcsős) visszakapcsolási ciklus:

A 15. ábra a vizsgálóműszer szoftveréből van kimásolva, amely a védelem jelzéseinek időbeli lefolyását mutatja. A függőleges tengelyen a relévizsgáló használatban levő bináris bemeneti csatornáit, míg a vízszintesen az idő látható.



**15. ábra:** Sikertelen visszakapcsolási ciklus

A 'Trip' a védelem-automatika kioldási, míg az 'ARC' a bekapcsolási parancsa a megszakító felé. A 'V\_ki' jelzés a védelem-automatika végleges kioldását jelenti, miszerint a visszakapcsolási próbálkozások eredménytelennek bizonyultak és a vezeték véglegesen ki kell kapcsolni.

Látható, hogy a  $t=0$ -ban fellépő zárlatot a védelem önidővel hártotta, majd egy 0.5 sec-os holtidő (GVA: gyorsvisszakapcsolás) után visszakapcsolást kezdeményezett. A vizsgálóműszer a beállításai szerint (sikertelen visszakapcsolási ciklus) a visszakapcsoló jel hatására 'zárlatot' produkált, amire a védelem újra szándékolt késleltetés nélkül kioldott. A 2 másodperces holtidő elteltével (LVA: lassú visszakapcsolás) azonban megpróbált visszakapcsolni, de mivel a műszer a visszakapcsolási kísérletre megint zárlattal reagált, a védelem kikapcsolást kezdeményezett és nem próbált meg többször visszakapcsolni, mint ahogy azt a *Végleges kikapcsolás (V\_ki)* jel megjelenése is mutatja.

Az időzítések precíz áttekintéséhez meg lehet tekinteni a vizsgáló által készített naplófájlt:  
(részlet a naplófájlból rövid magyarázattal)

Test object: DTVA  
Protecta

**Beállított értékek:**

|                 |         |   |
|-----------------|---------|---|
| Pre-fault time  | 0.100 s | /terhelésmentes állapot a ciklus elején/        |
| Max fault time  | 2.500 s | /a zárlat maximális időtartama/                 |
| Breaker time    | 0.040 s | /a feltételezett megszakító kikapcsolási ideje/ |
| CB closing time | 0.040 s | /a feltételezett megszakító bekapcsolási ideje/ |

**Mért értékek:**

|                     |            |   |
|---------------------|------------|---|
| Tripping time       | : 20.10 ms | /a ciklust indító zárlat esetén a kioldási idő/ |
| Measured dead time: | 490.78 ms  | /a GVA holtideje/                               |
| Tripping time       | : 23.49 ms | /a sikertelen GVA utáni kioldási idő/           |
| Measured dead time: | 1.99 s     | /az LVA holtideje/                              |
| Tripping time       | : 20.70 ms | /a sikertelen LVA utáni kioldási idő/           |

Changes of binary inputs

/a védelemnek a vizsgálóba bekötött kimeneteinek változásai/

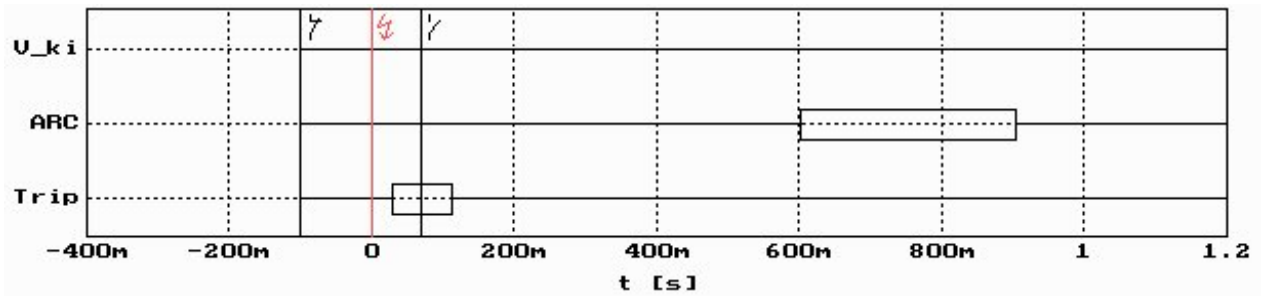
|             |           |  |
|-------------|-----------|--|
| no-load     | -99.98 ms | /terhelésmentes állapot  |
| Fault on    | 0.00 s    | /a zárlat fellépésének pillanata, ehhez viszonyít mindent/   |
| Trip : 0->1 | 20.10 ms  | /a védelem kioldási parancsa/  |
| Fault off   | 60.39 ms  | /a zárlat lekapcsolása, a vizsgálatkor 40 ms működési idejű megszakítót tételeztünk fel és állítottunk be a szoftvernek/   |
| Trip : 1->0 | 106.57 ms | /a zárlat megszűnése után a védelem kioldójele visszaesik/   |
| ARC : 0->1  | 597.36 ms | /védelem visszakapcsoló parancsa a GVA holtidő leteltével/   |
| Fault on    | 638.05 ms | /a visszakapcsoló jel hatására a feltételezett megszakító bekapcsol (szintén 40 ms működési idővel), a sikertelen ciklus miatt a zárlat nem múló jellegű, tehát a feltételezett megszakító 'zárlatra' kapcsol/ |
| Trip : 0->1 | 661.54 ms | /a zárlat hatására a védelem újra kioldást kezdeményez <sup>1</sup> /  |
| ARC : 1->0  | 665.84 ms | /a védelem visszakapcsoló jelzésének visszaesése/  |
| Fault off   | 701.83 ms | /a kikapcsolási jel után a megszakító működési idejének elteltével a zárlat megszűnik/   |
| Trip : 1->0 | 745.52 ms | /a zárlat megszűnése után a védelem kioldójele visszaesik/   |
| ARC : 0->1  | 2.74 s    | /védelem visszakapcsoló parancsa az LVA holtidő leteltével/  |
| Fault on    | 2.78 s    | /a visszakapcsoláskor újra zárlatra kapcsol a 'megszakító'/  |
| Trip : 0->1 | 2.80 s    | /a zárlat hatására a védelem kioldást kezdeményez/   |
| ARC : 1->0  | 2.80 s    | /a védelem visszakapcsoló jelzésének visszaesése/  |
| Fault off   | 2.84 s    | /a kikapcsolási jel után a megszakító működési idejének elteltével a zárlat megszűnik/   |
| V_ki : 0->1 | 2.88 s    | /a második sikertelen visszakapcsolási próbálkozás után megjelenik a 'végleges kikapcsolás' jel/   |
| Trip : 1->0 | 2.89 s    | /a zárlat megszűnése után a védelem kioldójele visszaesik/   |
| V_ki : 1->0 | 7.89 s    | /a végleges kikapcsolás jel visszaesése/   |

Sikeres visszakapcsolási ciklus:

A sikeres visszakapcsolási ciklus annyiban különbözik a sikertelentől, hogy a zárlat a gyorsvisszakapcsolás (GVA) holtideje alatt megszűnik, és az ismételt bekapcsolás után az üzem hiba nélkül megy tovább. Sikeres visszakapcsolási ciklus zajlik le például egy szigetelő átívelés esetén, amikor a kialakult egyfázisú földzárlat hárítása után a GVA holtidőben a zárlati ívcatorna oly mértékben regenerálódik, hogy visszakapcsoláskor a kialakuló visszaszökőfeszültség hatására nem alakul ki újabb átívelés.

A 16. ábrán végigkövethető a fent leírt folyamat lezajlása. A '0' pillanatban kialakuló zárlatot a védelem önidővel hárította, majd a beállított gyorsvisszakapcsolási (GVA) holtidő elteltével visszakapcsolást kezdeményezett. A vizsgálműszer a beállítása (sikeres visszakapcsolás) miatt nem kapcsolta vissza a 'zárlatot', ezért a védelem nem kezdeményezett újabb kikapcsolást.

<sup>1</sup>A valóságban az ARC és a TRIP áramköre egyszerre nem lehet zárva, mivel ellentétes megszakító segédérintkezőkön keresztül vannak kötve (az ARC jelet a megszakító BENT állapota illetve a TRIP jelet a megszakító KINT állapota megszakítja a segédérintkezőkön keresztül). Az elvégzett vizsgálat csak a védelemre vonatkozott, így kismértékű átlapolás megengedhető.



16. ábra: Sikeres visszkapcsolási ciklus

## 7. Értékelés

A számítógéppel vezérelt relévizsgáló készülékek használatában rejülő lehetőségeket a következő vizsgálatokon keresztül mutattuk be:

- a három különböző generációhoz tartozó védelem karakterisztikájának letapogatásával,
- a mikroprocesszoros védelmek csoportjába tartozó készülék tranziens jelekkel szembeni viselkedésének vizsgálatával,
- illetve ugyanazon készülékbe integrált visszkapcsoló automatika tesztelésével.

A cikk során bemutatott grafikus és szöveges mérési eredmények (diagramok, naplófájl) könnyen átláthatóvá és kiértékelhetővé teszik a vizsgálatokat.

## 8. Irodalomjegyzék

- Póka Gyula: Védelmek és automatikák a villamosenergia-rendszerekben
- Póka Gyula: Villamosenergia-rendszer védelme és automatikája I. rész (Védelmek)
- Dr. Geszti P. Ottó: Villamosenergia-rendszerek I.-III.
- Omicron CMC 56 Users Manual
- PROTECTA DTVA típusú védelem gépkönyv
- Póka Gyula: 'Távolsági védelmek' mérési segédlet