

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Villamosművek Tanszék

Transzformátor-differenciálvédelmek vizsgálata
korszerű módszerekkel

Készítették:

Danyek Miklós

Gazdag Ferenc

Handl Péter

diplomatervező egyetemi hallgatók

2000. június 20.

Tartalomjegyzék

1. ÖSSZEFOGLALÁS	3
2. A DIFFERENCIÁLVÉDELEMRŐL ÁLTALÁBAN	3
2.1. A DIFFERENCIÁLVÉDELEM ELVE	3
2.2. A VÉDELEM KARAKTERISZTIKÁJA	4
2.2.1. <i>A karakterisztika elve</i>	4
2.2.2. <i>A karakterisztika felépítése és működése</i>	4
3. A VIZSGÁLT VÉDELMEK	5
3.1. EAW M-RA	5
3.2. VEIKI TD-2	5
3.3. ABB RET 316	6
4. VIZSGÁLAT A KORSZERŰ MÉRÉSI MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL	6
4.1. KÜLSŐ ZÁRLATOK, KIOLDÁSI ÖNIDŐK	7
4.2. A DIFFERENCIÁLVÉDELMI KARAKTERISZTIKA ELLENŐRZÉSE	10
4.2.1. <i>Az elektromechanikus védelem</i>	10
4.2.2. <i>Az elektronikus védelem</i>	11
4.2.3. <i>A mikroprocesszoros védelem vizsgálata</i>	12
4.3. TRANSZFORMÁTOR BEKAPCSOLÁSI ÁRAMLÖKÉSÉVEL SZEMBENI RETESZELÉS	14
4.3.1. <i>Az elektromechanikus védelem</i>	15
4.3.2. <i>Az elektronikus védelem</i>	16
4.3.3. <i>A mikroprocesszoros védelem</i>	16
5. A KORSZERŰBB MÓDSZER NYÚJTOTTA ELŐNYÖK	18
6. IRODALOMJEGYZÉK	19

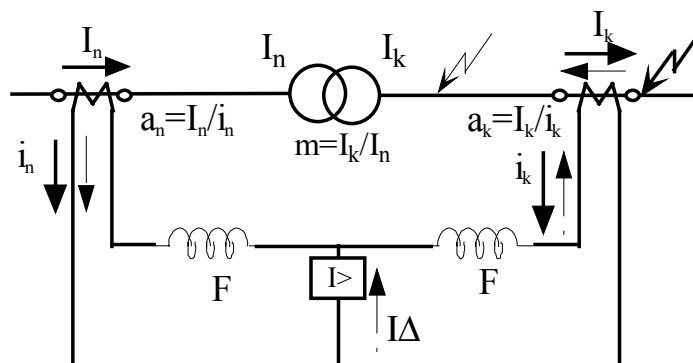
1. Összefoglalás

A cikk kettős céllal készült, egyrészt bemutatja három – különböző generációhoz tartozó – transzformátor-differenciálvédelem összehasonlításán keresztül a védelmek generációi közötti különbségeket, másrészt a címben említett módszerről egy általános képet ad. A korszerű vizsgálati módszer megnevezés alatt általában számítógéppel összekapcsolt védelemvizsgáló berendezés használatát értjük, amellyel a valós áramköri helyzeteknek megfelelő mennyiségeket kapcsolhatunk a védelemre, miközben a berendezés az általa előállított jeleken kívül a vizsgált eszköz kimeneteit is ellenőrzi. Ez a módszer egyszerűbb és gyorsabb a toroidokat, mesterséges rövidzárat vagy az adott típusú védelemhez készített mérőbőröndöt alkalmazó hagyományos vizsgálatnál.

2. A differenciálvédelemről általában

2.1. A differenciálvédelem elve

A differenciálvédelmek áramok, áram-, valamint teljesítményirányok összehasonlítására épülnek, ezért a felhasznált villamos mennyiségtől függően a kialakításuk némileg eltérő lehet. A differenciálvédelmeken belül külön csoportot alkotnak a transzformátor-differenciálvédelmek, mivel alkalmazkodniuk kell a transzformátorok egyedi működési viszonyaihoz (áramváltók áttételének, transzformátor szögforgatásának kiegyenlítése; bekapcsolási áramlökéssel szembeni reteszelés). Működési elvüket tekintve a transzformátor tekercseiben folyó áramok nagyságát és szöghelyzetét hasonlítják össze. A klasszikus működési vázlatot az 1. ábra mutatja.



1. ábra A klasszikus differenciálvédelem elve

Külső zárlat (folytonos vonalú zárlatjel) esetén a védelem nem old ki, a I_{Δ} differenciáram értéke elvileg nulla ($i_n - i_k = 0$). Belső zárlat (szaggatott vonalú zárlatjel) esetén a védelem önidővel old ki, a differenciálágban a két áram összege folyik ($i_n + i_k = I_{\Delta}$).

Az F -el jelölt fékezőtekerccsek a védelem külső zárlattal szembeni stabilitását biztosítják.

2.2. A védelem karakterisztikája

2.2.1. A karakterisztika elve

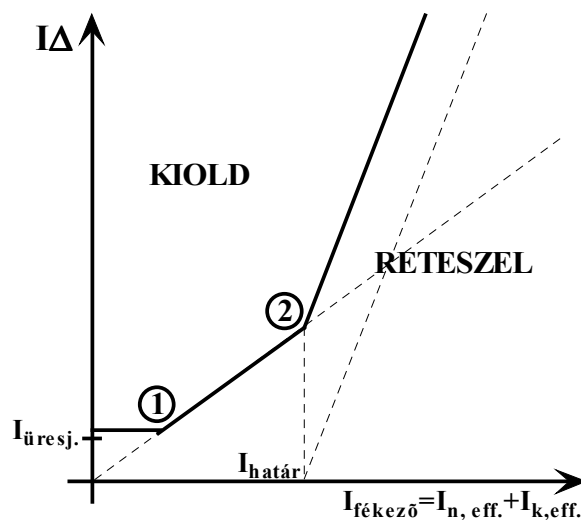
A transzformátor-differenciálvédelmek karakterisztikája azon differenciaáram-értékek pontsora, amelyek egy biztonsági tényezővel nagyobbak, mint a

- a transzformátor üresjárási árama,
- az áramváltók, ill. a teljes védelmi kör kiegyenlítetlensége és
- az áramváltók jelleggörbéjének különbözősége

által okozott differenciálági áram, a fékező áram függvényében ábrázolva. A fékező áram (nyomaték) elnevezés az elektromechanikus védelmek idejéből származik, amikor a védelmek működése a mért áramok által a védelmekben lévő tekerccsen létrehozott erőhatásokon alapult. Ennek az áramnak az a feladata, hogy a védelem téves kioldását külső zárlat esetén, ill. a fentebb felsorolt reteszeléndő helyzetekben megakadályozza, azaz biztosítsa a működés stabilitását.

2.2.2. A karakterisztika felépítése és működése

A karakterisztika a 2. ábrán látható.



2. ábra A differenciálvédelmi karakterisztika

A karakterisztika ① és ② töréspontja közötti tartomány az áramváltó körök nem tökéletes kiegyenlítéséből adódó hibaáramokat ellensúlyozzák (elv: $i_n/i_k=1$). A ② törés feletti áramtartományra a csatoló áramváltók telítődési karakterisztikájának különbségéből adódó hibaáram kizárása miatt van szükség. Az így kialakított fékezési karakterisztika nemlineáris jellegű. Az $I_{határ}$ áram az áramváltók telítődési pontjára, az $I_{üresj.}$ áram a transzformátor üresjárási áramára jellemző. Az $I_{fékező}$ áram kiszámításának több más módszere is van, erre mutat példát a vizsgálat tárgyát képező mikroprocesszoros védelem.

A reteszelési tartományban – a fentieket is figyelembe véve - a védelem által érzékelt differenciaáram (I_{Δ}) nem okoz kioldást. Ez a gyakorlatban az az eset, amikor a transzformátor egyik tekercsoldalán az áram befelé, a másikon kifelé folyik, azaz külső zárlat van. A kioldási tartományba kerülő munkapont esetén a transzformátorban belső zárlat alakult ki a lezáró áramváltókban belül. A táplálás jellegétől függően két eset lehetséges: - ha kétirányú táplálás van, mindkét áram befelé folyik, - egyirányú táplálásnál csak a táplálási oldalon folyik befelé az áram.

3. A vizsgált védelmek

3.1. EAW M-Ra

A vizsgált védelmek közül a legrégebbi, teljesen elektromechanikus felépítésű transzformátor-differenciálvédelem (továbbiakban *elektromechanikus védelem*) [6].

Működési elvét tekintve áramirány összehasonlító stabilizált védelem, amely közös tengelyre dolgozó elektromágneses és indukciós relével rendelkezik. Néhány tulajdonsága alapján nem csak a működési elve miatt nevezhető korszerűtlennek:

- nincs bekapcsolási áramlökés ellen reteszelve,
- a differenciálági áramreléje nem állítható,
- nagyáramú külső zárlat lekapcsolásakor a fékezőnyomaték hirtelen megszűnése téves kioldást okozhat.
- $I_{névl.} = 5 \text{ A}$.

3.2. VEIKI TD-2

A védelem fázisonkénti érzékelésű, több töréspontú, nemlineáris karakterisztikájú elektronikus transzformátor-differenciálvédelem (továbbiakban *elektronikus védelem*) [6], amely bekapcsolási áramlökéssel szemben érzéketlenítve van. Felépítését tekintve integrált áramkörös kivitelű, fiókos elrendezésű. Két paramétere állítható, az üresjárási különbségi áramhatárt jelentő I_{Δ} és a fékező áramot jelképező A_{Σ} .

$I_{névl.} = 5 \text{ A}$.

3.3. ABB RET 316

A védelem egy korszerű, teljesen numerikus működésű, komplex transzformátor- és motordifferenciálvédelem (továbbiakban *mikroprocesszoros védelem*) [2].

Fontosabb jellemzői:

- kiviteltől függően két- és háromtekerceses transzformátorok védelmére alkalmas,
- nem igényel közbenső áramváltót,
- készüléken belüli áramkompenzáció szögforgatás és amplitúdó tekintetében is,
- programozható kioldó és jelző körök,
- tranziens és egyenáramú komponensek elnyomása.

Az alap differenciálvédelmen kívül, számos más funkciót is el tud látni, azonban a vizsgálat során csak a fő védelmi funkcióját használtuk ki. A védelem összes funkcióját az 1. táblázat [9] tartalmazza.

A függvény neve	Az ellátott védelmi funkció
Check U3ph	3 fázisú feszültség hihetőségvizsgálat
Chech I3ph	3 fázisú áram hihetőségvizsgálat
U-f Inv	Fluxustelítődés elleni védelem
Current Inv	Függő késleltetésű túláramvédelem
Current DT	Áramtól független késleltetésű védelem
Current Inst	Pillanatértékű áramvédelem
Voltage DT	Feszültségtől független késleltetésű védelem
Voltage Inst	Pillanatértékű feszültségvédelem
Diff Traff	Transzformátor-differenciálvédelem
UifPQ	U, I, f, P,Q mérés

1. táblázat [9] Az ABB RET 316 védelmi funkciói

$I_{névl.} = 1 \text{ A.}$

A vizsgált védelem kétekerceses transzformátor védelmére volt alkalmas, minden funkcióját a hozzá szabványos soros kábelen keresztül kapcsolt számítógépre telepített vezérlőszoftverből lehetett paraméterezni.

4. Vizsgálat a korszerű mérési módszer alkalmazásával

A konkrét esetben elvégzett vizsgálatok a következők voltak:

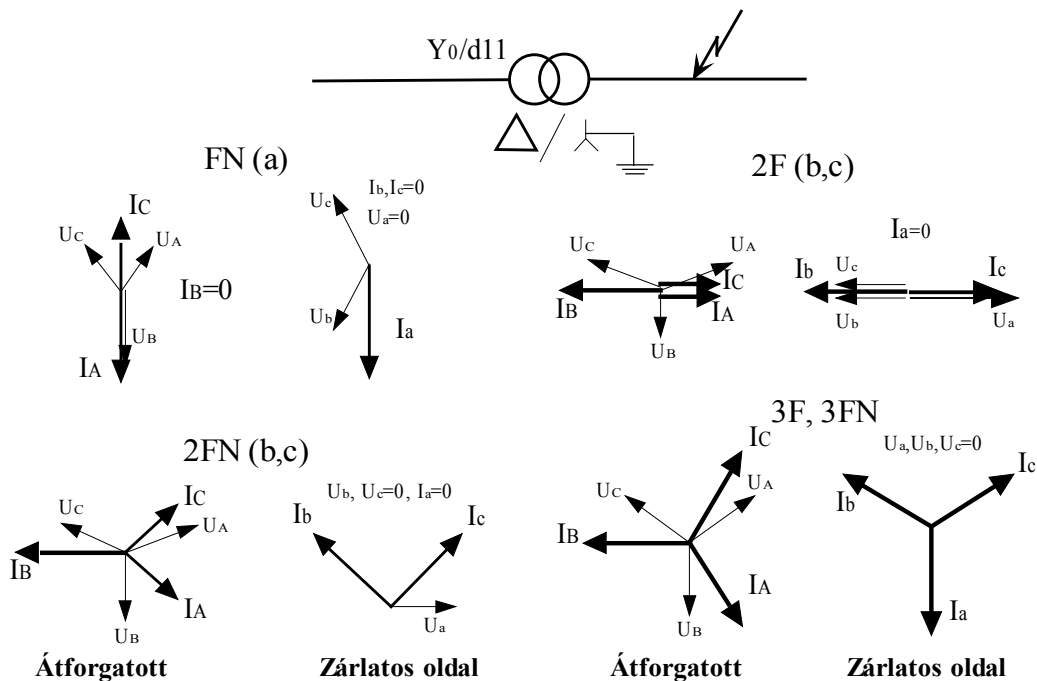
- *külső zárlatokkal szembeni stabilitás, kioldási önidők,*

- *differenciálvédelmi karakterisztika,*
- *bekapcsolási áramlökésekkel szembeni reteszelés ellenőrzése.*

4.1. Külső zárlatok, kioldási önidők

A transzformátor differenciálvédelmek egyik legkritikusabb kérdése a külső zárlatokkal szembeni stabilitás. Az erre való érzéketlenségi vizsgálatot a hálózaton előforduló zárlatok által létrehozott vektorábrákból kiindulva lehet ellenőrizni.

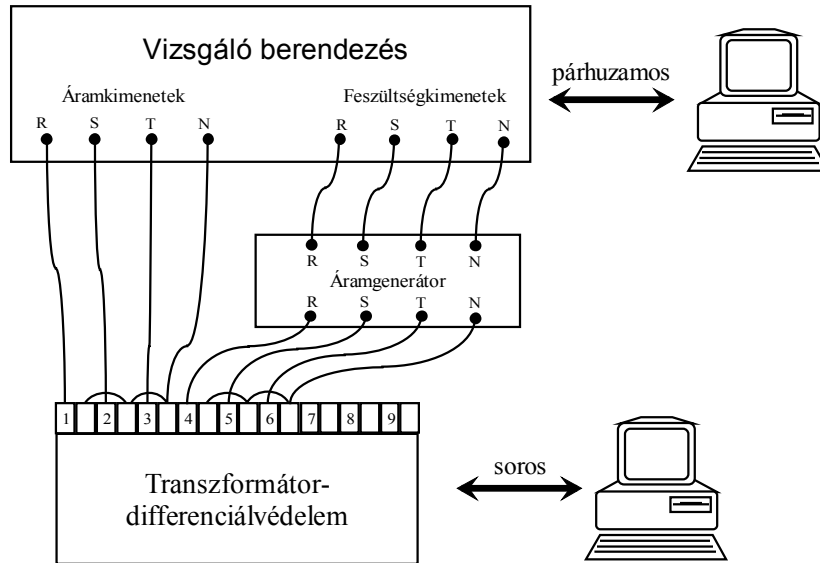
A vizsgálat során feltételezett $Y_0/d11$ kapcsolású blokktranszformátor Y oldalán keletkező külső zárlati áramok vektorai a d oldalra átforgatva a 3. ábrán látható módon változnak meg.



3. ábra $Y_0/d11$ kapcsolású blokktranszformátor külső zárlati áramai

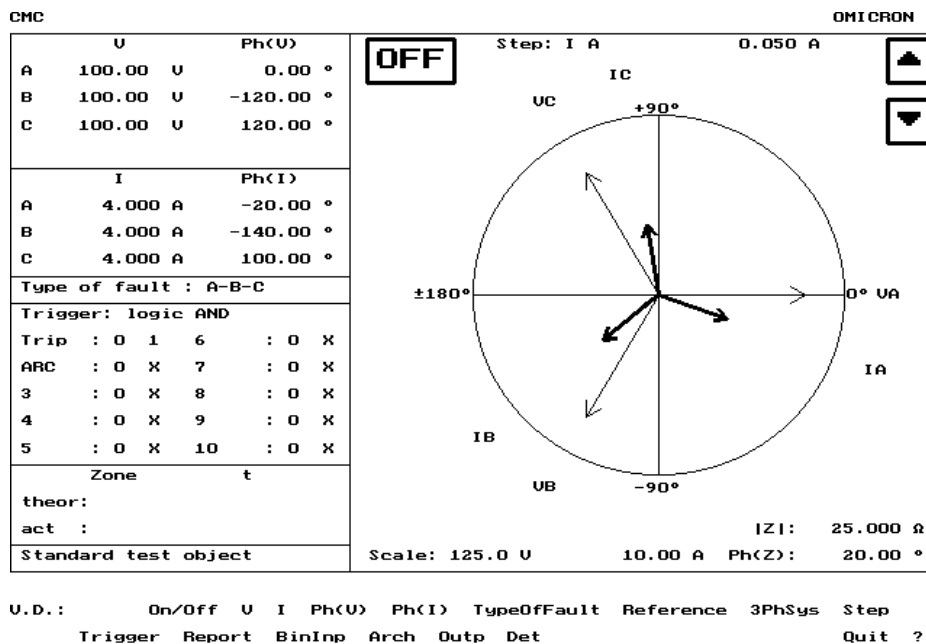
A berendezés „alapképzése” esetén csak $\sim 3 \cdot 10$ A, illetve $\sim 3 \cdot 125$ V függetlenül állítható áram és feszültség áll rendelkezésre. A 3. ábrán feltüntetett zárlatok közül az FN és a 2F zárlatokat lehet megvizsgálni az alapképzéssel. FN zárlat esetén csak 3 áramra van szükség, 2F zárlatnál pedig a *zárlatos oldal* I_b árama megegyezik az *átforgatott oldal* I_B áramával illetve a *zárlatos oldal* I_c áramának -1 -szeresével. Ha az áramokat ennek megfelelően kialakított kapcsolással adjuk a védelemre, akkor azt külső 2F zárlatnak fogja érezni.

A 4. ábrán olyan mérési elrendezés látható, amely esetben a vizsgáló berendezés feszültségkimenetei egy feszültséggel vezérelhető áramgenerátort hajtanak meg. Így lehetővé válik a 2*3 függetlenül állítható áramú táplálás és mód nyílik a védelmeknek az összes zárlattípussal szembeni viselkedésének vizsgálatára.



4. ábra Vizsgálati elrendezés feszültséggel vezérelt áramgenerátor alkalmazásával

A vizsgáló berendezés Vectordiagram menüpontját használtuk fel a vizsgálatához, amelyet az 5. ábrán látható grafikus képernyőn keresztül lehet kezelni.



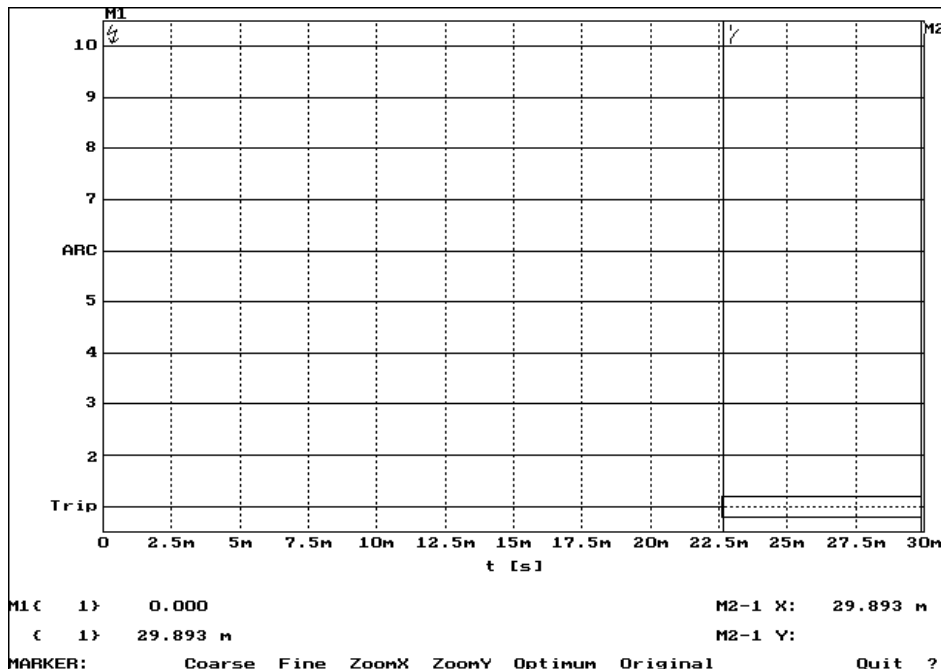
5. ábra A vizsgálat során felhasznált Vectordiagram menüpont

A vizsgálat egyszerű elvégezhetőségét mutatja, hogy a tesztelés összes lépése ennek a képernyőnek a segítségével végrehajtható.

Az ábrán a háromfázisú áramrendszert a vastag nyilak, a feszültségrendszert a vékony nyilak jelentik. Mindegyik vektormennyiségnek tetszőleges szög és amplitúdó értéket lehet megadni, így hozva létre a kívánt típusú zárlatot. A védelmek működésének ellenőrzésére a vizsgáló készüléken 10 bináris bemenet áll rendelkezésre.

A vizsgálat során - figyelembe véve a védelmek névleges jellemzőit (5 és 1 A) -, a 3. ábrának megfelelő áramokat állítottunk be. A védelmek a vizsgálat során egyik külső zárlatra sem oldottak ki, belső zárlatokra pedig a vektorábra alakjától függetlenül mindig kikapcsoltak. Azaz a külső zárlattal szembeni stabilitás követelményét a vizsgált esetekben egyértelműen bizonyították.

A védelmek kioldási önidéjének meghatározását a vizsgáló berendezés *BinImp* menüpontjával végeztük. A 6.ábrán látható grafikus képernyőn lehetséges a 10 bináris bemenet időfüggvényének megjelenítése, egyszerre.



6. ábra A VEIKI TD-2 kioldási önidéje a *BinImp* menüben

A zárlati áramok rákapcsolása után mért kioldási önidőket a 2. táblázat mutatja.

	Önidő (ms)
M-Ra	56
TD-2	22,5
RET 316	37

2. táblázat Kioldási önidők

Az elektronikus védelem önidejének rövidegét a félvezetők sebességéből adódó gyorsaság magyarázza, a mikroprocesszoros védelem a működés során felhasznált algoritmusok számítási időigénye miatt lassabb. Azonban a két korszerűbb védelem gyorsabb, mint a hagyományos elektromechanikus készülék.

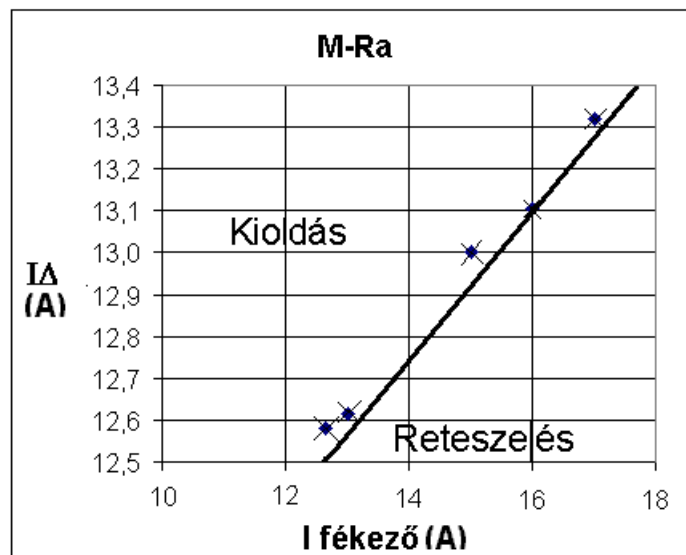
4.2. A differenciálvédelmi karakterisztika ellenőrzése

A karakterisztika ellenőrzéséhez $Y_{0}Y_{0}$ kapcsolású védendő transzformátor használatát feltételeztük. A vizsgálati elrendezés és a vizsgáló berendezés menüpontja megegyeztek a külső zárlatokkal szembeni reteszelési vizsgálatnál alkalmazottal.

4.2.1. Az elektromechanikus védelem

A vizsgáló berendezésnek az alapkivitele állt rendelkezésre, amely csak $\sim 3 \cdot 10 \text{ A}$ maximális kiadható árammal rendelkezett, ugyanis elsősorban a korszerűbb $I_{\text{névl.}} = 1 \text{ A}$ áramú berendezésekhez fejlesztették ki. Ebből következően az $I_{\Delta} = 12 \text{ A}$ megszóllási áramú elektromechanikus védelem vizsgálatára csak korlátozottan volt alkalmas, így a karakterisztikának csak egy részét lehetett vele kimérni. Kiegészítő berendezésekkel a kiadható vizsgálati áram értéke a többszörösére növelhető és a teljes karakterisztika letapogatása elvégezhető.

Az M-Ra típusú védelemnél a kimért karakterisztika a 7. ábrán látható módon alakult.



7. ábra Az EAW M-RA differenciálvédelmi karakterisztikája

A karakterisztikán látható munkapontokhoz (sötét négyszögek) tartozó áramokat a 3. táblázat tartalmazza.

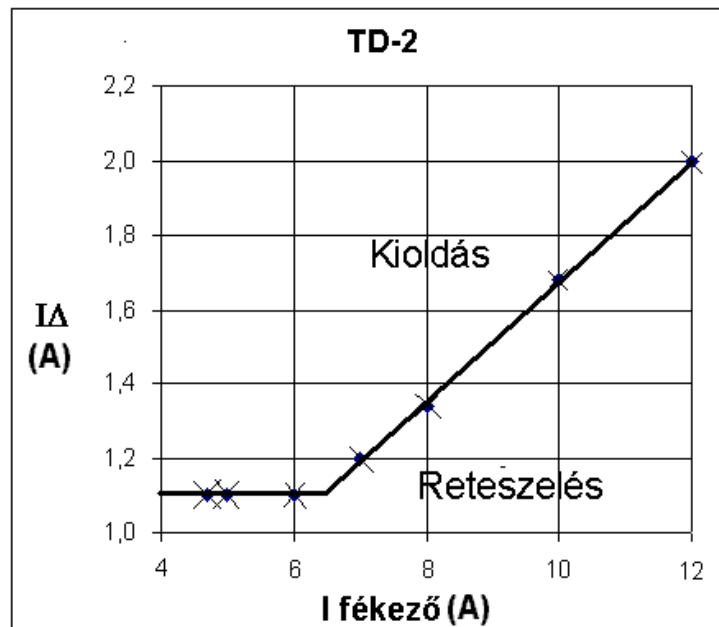
I_{Δ} (A)	$I_{\text{fékező}}$ (A)
12,581	12,650
12,616	13,000
13,000	15,000
13,106	16,000
13,319	17,000

3. táblázat Az EAW M-Ra mérési pontjai

A védelem a felsorolt áramok mindegyikére megszólalt, olyan áramértékeket – az elmondottak miatt – nem lehetett beállítani, amelyekre a munkapont a retészelési tartományban került volna.

4.2.2. Az elektronikus védelem

Az elektronikus védelemnél az I_{Δ} értékét 0.2-nek, a fékezést pedig 30%-nak állítottuk be. Az ezeknek megfelelően kimért karakterisztika – amelyet a folyamatos vastag vonal jelöl - és a mérési pontok a 8. ábrán láthatóak.



8. ábra A VEIKI TD-2 differenciálvédelmi karakterisztikája

A karakterisztikán látható munkapontokhoz tartozó beállítási áramokat a 4. táblázat mutatja.

I_{Δ} (A)	$I_{\text{fékező}}$ (A)
1,100	4,700
1,100	5,000
1,100	6,000
1,200	7,000
1,340	8,000
1,680	10,000
2,000	12,000

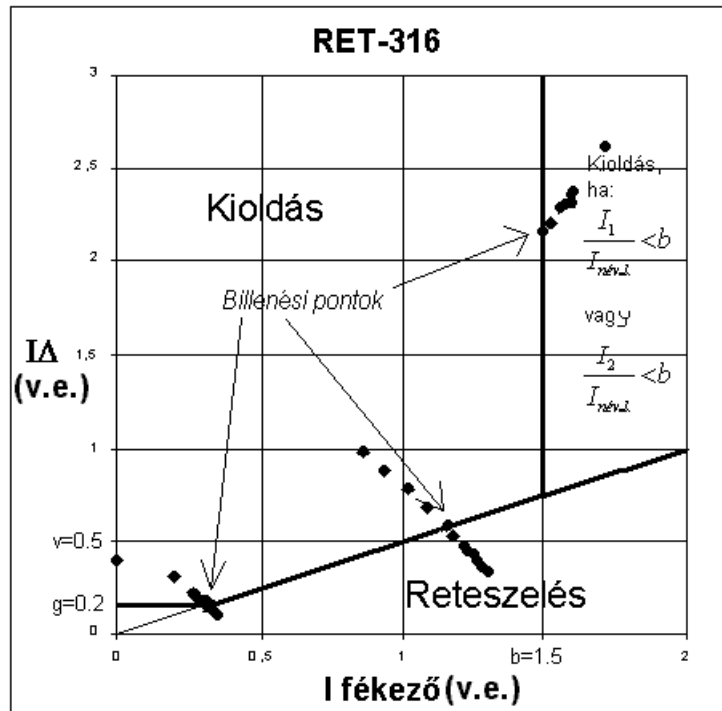
4. táblázat VEIKI TD-2 mérési pontjai

A 8. ábrán látható munkapontok esetén a védelem csak jelentős bizonytalansági idővel oldott ki (~100-500ms), ami a billenési határ közeli vizsgálattal magyarázható. A védelem kimért karakterisztikáját a billenési pontokra fektetett egyenesek jelentik (billenési hely = a kioldási és a reteszelési tartomány közötti határátmenet). Az elvi és a kimért karakterisztika közötti eltérés elhanyagolható, a védelem működésének helyességét nem befolyásolja.

A ~3*10A maximális áramkorlát ennél a védelemnél is korlátozta a mérési pontok megválasztását.

4.2.3. A mikroprocesszoros védelem vizsgálata

A digitális védelem karakterisztikája és az ellenőrzés lépései a 9. ábrán [9] láthatók.



9. ábra Az ABB RET 316 differenciálvédelmi karakterisztikája

A mikroprocesszoros védelem algoritmusá által használt összefüggések (viszonylagos értékben (v.e.) számolva, $I_{n\acute{e}v.1}=1$ A-re vonatkoztatva):

$$I_{\Delta} = |I_1 + I_2|$$

$$I_{\text{fékező}} = \begin{cases} \sqrt{I_1 * I_2 * \cos \alpha} \leftarrow \cos \alpha \geq 0 \\ 0 \leftarrow \cos \alpha < 0 \end{cases}$$

$$\alpha = \angle(I_1, -I_2)$$

feltételes kikapcsolás esetén

$$\text{Ha } \frac{I_1}{I_{n\acute{e}v.1}} < b \text{ vagy } \frac{I_2}{I_{n\acute{e}v.2}} < b$$

ahol: I_1, I_2 az n és k tekercsoldalak fázisonként összetartozó áramai.

A védelem karakterisztikáját - amit 9. ábrán a folytonos vastag vonalak mutatnak - három paraméter határozza meg: a $g=0.2$ a transzformátor üresjárású áramára, a $v=0.5$ a védelmi kör kiegyenlítettenségre, a $b=1.5$ az áramváltók eltérő telítésére jellemző paraméterek. Az ellenőrzés ezeknek - a kioldási és a reteszelési tartományt elhatároló - egyeneseknek mérési pontokkal való behatárolását jelentette. A billenési helyeket a 9. ábrán a nyilak jelölik, a hozzájuk tartozó értékek az 5. táblázatban láthatók.

	I_{Δ} (v.e.)	lfékező (v.e.)
$g=0.2$	0.19	0.3
kiegyenlítetlenség	0.6	1.22
$b=1.5$	2.19	1.56

5. táblázat Az ABB RET 316 billenési pontjai

Az „elméleti” és a mért értékek közötti eltérés a tűrési határon belül van. Az eltérések a védelem működésének helyességét nem befolyásolják, azaz a védelem karakterisztikája megfelel a paraméterek által (g, v, b) meghatározottnak.

Az eddig ismertett menüpontokon kívül a vizsgáló berendezés más funkcióval is rendelkezik, ahogyan a következőkben látható lesz.

4.3. Transzformátor bekapcsolási áramlökésével szembeni reteszelés

A védelmeknek ezt a tulajdonságát a vizsgáló berendezés *Transient* menüpontjával lehet vizsgálni, amellyel a szinuszos állandósult alaktól eltérő jeleket lehet a berendezés kimenetein kibocsátani. Ezeket korábban rögzített, adott mintavételű és hosszúságú jelalakot tartalmazó fájlból állítja elő a berendezés. A fájl beolvasása során a vizsgálandó védelem névleges értékeihez lehet a jelalakokat igazítani. Ezt a 10. ábrán látható menüvel lehet megtenni, ahol külön-külön minden áram és feszültségcsatornára meg lehet adni a leosztás mértékét (*Transf*), valamint kiegészítő bináris bemeneteket lehet definiálni (*Trip*, *Inrush*).

CMC			OMICRON		
U	COMTRADE channel	Transf	I	COMTRADE channel	Transf
UA	Empty		IA	1: SUPLA H_BUSA I-b	200.0
UB	Empty		IB	2: SUPLB H_BUSB I-b	200.0
UC	Empty		IC	3: SUPLC H_BUSC I-b	200.0
Bin.ref	COMTRADE channel	normal	Binary	COMTRADE channel	normal
Trip	Empty		Out1	Empty	
Inrush	Empty		Out2	Empty	
ARC	Empty				

COMTRADE-IMPORT: Save AssignChannel Transformer/Default Quit ?

10. ábra A *Transient* menüpont importáló ablaka

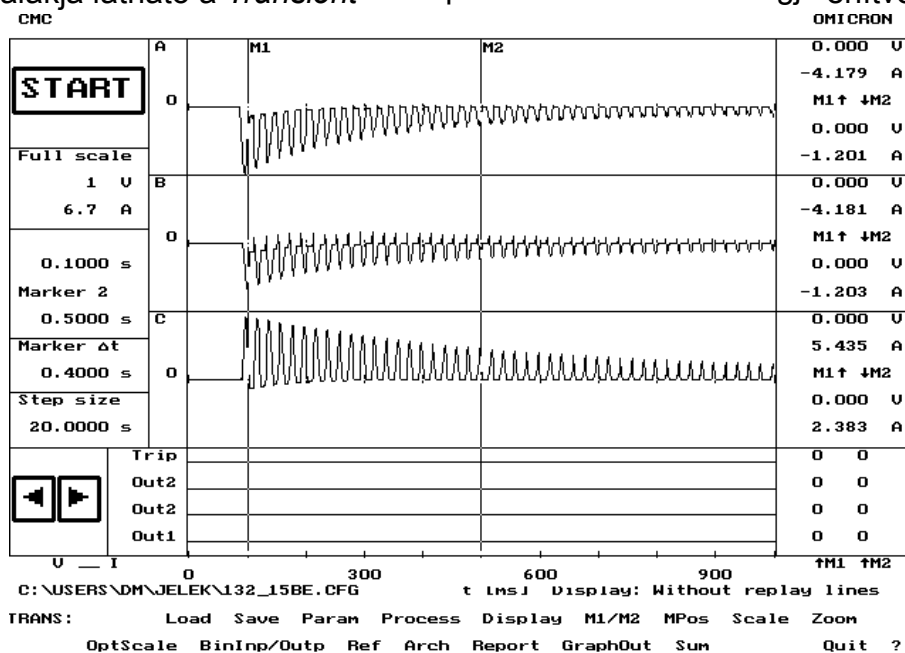
A vizsgálat során mind a három védelemre 19 bekapcsolási áramlökési jelalakot bocsátottunk. Ezek a következők voltak:

- 6 db EMTP-vel modellezett 400/132 kV-os autotranszformátor bekapcsolási áramlökése (EMTP= Electromagnetic Transients Program; nemzetközi viszonylatban elismert, tranziens folyamatok vizsgálatára használt hálózatszámító program) [8],
- 6 db EMTP-vel modellezett 135/12 kV-os autotranszformátor bekapcsolási áramlökése [8],
- 7 db Transanal regisztrálóműszerrel rögzített bekapcsolási áramlökés [8].

A védelmek reakcióit a továbbiakban részletezzük.

4.3.1. Az elektromechanikus védelem

A védelem a leírása szerint nincs bekapcsolási áramlökés ellen reteszelve, azonban egyik esetben sem oldott ki. A 11. ábrán a 132/15 kV-os transzformátor egyik 3 fázisú áramjelalakja látható a *Transient* menüpont kezelőablakán megjelenítve.



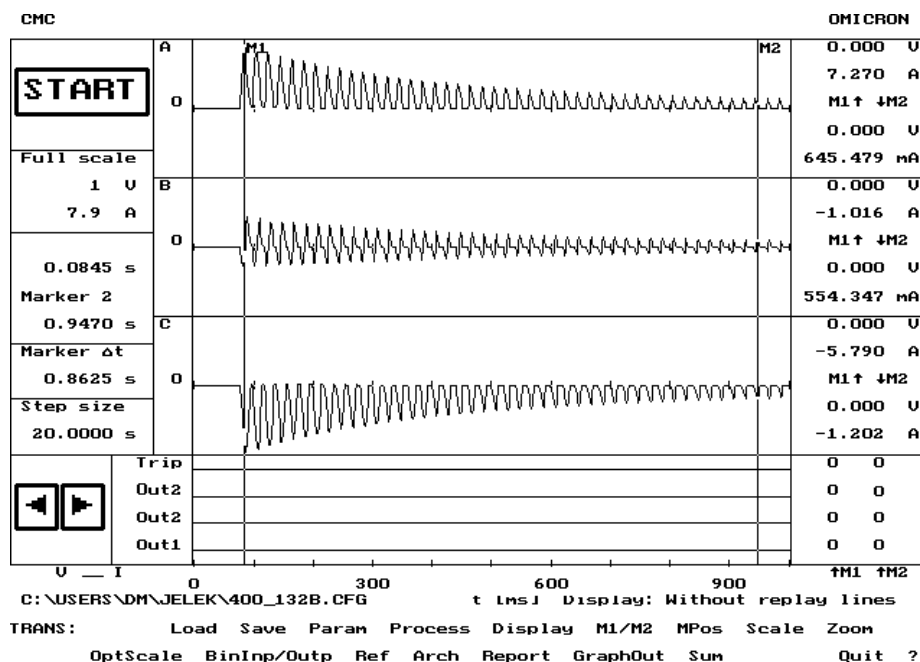
11. ábra A 132/15 kV-os transzformátor egyik jelalakja

Az ábra alján a védelem *Trip* kimenetének időfüggvénye látható, amely mutatja, hogy a védelem nem oldott ki az áramlökés hatására.

Ebben az esetben szintén a vizsgáló berendezés áramkorlátja szabott határt a kiadható maximális áramértéknek.

4.3.2. Az elektronikus védelem

A védelem a rákapcsolt áramlökések hatására egyetlen esetben sem oldott ki. Egy jel esetében több leosztást is kipróbáltunk (lásd. 10. ábra), de egyik esetben sem történt kioldás. A 12. ábrán a 400/132 kV-os autotranszformátor egyik 3 fázisú áramjelalakja látható.

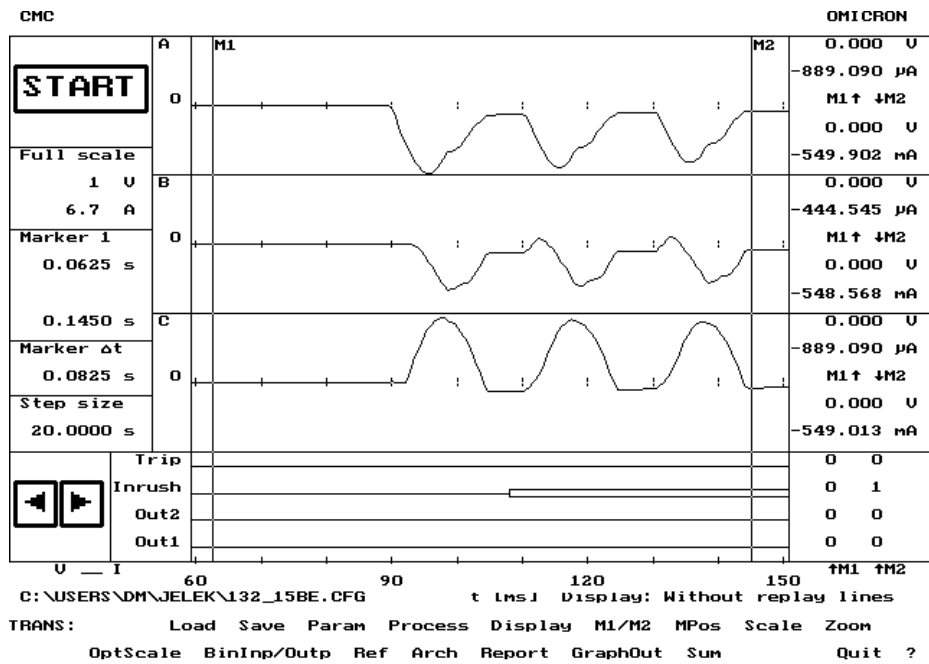


12. ábra A 400/132 kV-os autotranszformátor egyik jelalakja

A 11. ábrához hasonlóan a 12. ábrán is a *Trip* bináris bemenet mutatja, hogy a védelem nem oldott ki, azaz a vizsgált bekapcsolási áramlökésekkel szemben a védelem reteszelt.

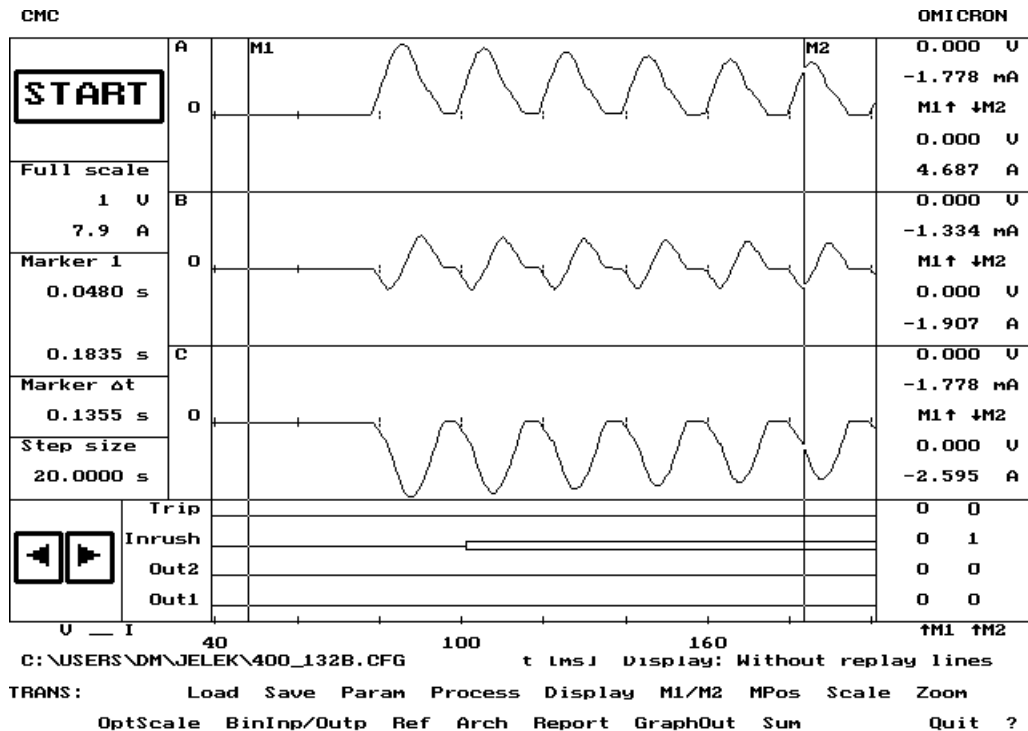
4.3.3. A mikroprocesszoros védelem

A védelem a korszerű mikroprocesszoros készülékekre jellemző egyik módszert alkalmazza a bekapcsolási áramlökéssel szembeni reteszelésre: kiszűri a transzformátor jelalakjában megjelenő 2. felharmonikust és figyeli, hogy meghalad-e egy előre meghatározott szintet, az alapharmonikushoz képest. Ha ez megtörténik, akkor reteszeli a kioldást és jelzést küld a telemechanikai rendszernek. Az ennek megfelelő állapotot a 13. ábra mutatja.



13. ábra A 132/15 kV-os transzformátor jelalakja, kinagyítva

Az ábrán látható, hogy az áramjelalak megjelenése után $\frac{3}{4}$ periódussal megjelent a védelem kimenetén a *bekapcsolási áramlökés érzékelését jelző Inrush*. Ez bénította a kioldást (a *Trip nem jelez*), ugyanis az *M2* marker közelében az A fázis áramának értéke – több perióduson keresztül - nagyobb mint 6 A, ami egyébként kioldást okozna az esetben, ha a jelalak nem bekapcsolási áramlökés lenne és a védelem nem reteszelné.



14. ábra A 400/132 kV-os transzformátor jelalakja, kinagyítva

A 14. ábrán a 400/132 kV-os autotranszformátor egyik 3 fázisú bekapcsolási áramlökésének első néhány periódusa és a védelmi kimenetek láthatóak. Ugyan az érvényes rá mint a 13. ábrára.

A 13. és a 14. ábrákon látható felnagyított jelalakokat a vizsgáló berendezés kezelőszoftverének *Zoom* lehetőségével lehet előállítani, így a jelalakok és a kioldási időzítések pontosabb vizsgálata is elvégezhető.

A vizsgáló berendezés minden olyan jelalakot ki tud adni a kimenetein, amelyek a berendezés áram-, feszültség- és mintavételi korlátain belülre esnek, valamint COMTRADE formátumban rendelkezésre állnak. Ezáltal a védelmeket konkrét mérésekből származó jelekkel laboratóriumi körülmények között lehet tesztelni, mint ahogyan az elvégzett vizsgálat során is történt.

5. A korszerűbb módszer nyújtotta előnyök

A hagyományos módszerek esetében a védelem vizsgálata vagy egy előre elkészített (laboratóriumi) transzformátor-modellen történt, vagy - modell nélkül – toroidok, mesterséges rövidzárok és egyéb más eszközök segítségével képezték le a zárlatokat, illetve az egyéb hálózati körülményeket. Az eredményeket csak szerkesztési eljárással lehetett ábrázolni, így a mérés esetleges hibás volta csak az utólagos számítások során derülhetett ki.

Ezzel szemben a komplex védelemvizsgáló berendezésekkel megvalósítható korszerű vizsgálati eljárások számos előnnyel rendelkeznek. A fontosabbak ezek közül:

- kisebb műszerigény (csak a PC és a védelemvizsgáló berendezés szükséges),
- egy berendezéssel többféle eszköz vizsgálható (védelmek, automatikák, segéd- és egyéb relék),
- a mérendő értékek (monitoron) jól követhető beállítása,
- védelmi visszajelzések időfüggvényének azonnali megjelenítése, a vizsgálat kiértékelése az elvégzéssel egyidőben,
- automatizált mérési funkció,
- önálló karakterisztika felvétel és ellenőrzés beprogramozott szabványos karakterisztikák alapján,
- tranziens időfüggvényekkel való vizsgálat,
- a mért értékek eltárolása utólag könnyen feldolgozható formátumban,
- az előzőekből következően rövidebb vizsgálati idő.

A mérési módszer azonban erőteljesen függ a vizsgált védelem típusától (elektromechanikus, elektronikus, mikroprocesszoros).

A hagyományos védelmek esetében a fizikai mennyiségek általában követhetők, ui. szinte minden egyes belső sorkapocshoz hozzá lehet férti, ezáltal sokkal könnyebb meghatározni az esetleges hibás bekötést vagy mérési hibát.

Az újabb generációs védelmek esetében ez nem oldható meg, mivel az ellenőrzést végző csak egy zárt dobozt lát, LED-ekkel, be- és kimeneti sorkapcsokkal, adatátviteli csatlakozásokkal, ugyanakkor a védelem ún. „belső világáról” viszont nem sokat tudhat. Ezért a hagyományos védelmek vizsgálata átláthatóbb, sokkal jobban követhető, szemben a modern elektronikus és mikroprocesszoros eszközökkel.

6. Irodalomjegyzék

- [1] Dr.Gesztli P. Ottó: Villamosenergia-rendszerek I., II., III.
- [2] Gépkönyv ABB RET 316 típusú védelemhez
- [3] Gépkönyv Omicron CMC 56 típusú védelemvizsgáló készülékhez
- [4] Faludi Andor, Szabó László: Villamosenergia-átvitel, oktatási segédlet
- [5] Póka Gyula: Védelmek és automatikák villamosenergia-rendszerekben
- [6] Magyar Villamos Művek Tröszt: Üzembehelyezési és karbantartási utasítások, V-111., V-219., V-266.
- [7] Dr. Bán Gábor: Villamosenergia-rendszerek elektromágneses tranziensei,
- [8] Mérési jelalakok: EMTP tranziens-analizáló program, Transanal regisztráló-műszerrel rögzített mérési eredmények,
- [9] Danyek Miklós: Mikroprocesszoros védelmek vizsgálata, diplomaterv, 2000 május.