

X. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia

**Villamos szigetelések vizsgálata,
transzformátorok és villamos forgógépek
villamos diagnosztikája,
megszakítók, védelmi relék tesztelése.
„alállomási mérések”
/Földelés mérések (Béla Viktor)/**

Németh Gábor – C+D Automatika Kft.

Esztergom, 2010. 10. 20-22.

Ellenállás?

Ohm törvénye szerint:

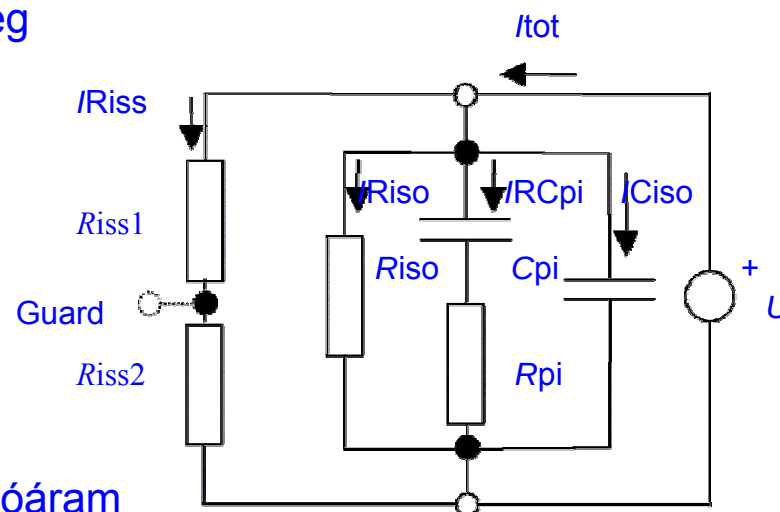
$$I = \frac{U}{R}$$

Az áram nem függ az időtől!

De mi a szigetelési ellenállás?

Az áram igenis függ az időtől!

U	Alkalmazott mérőfeszültség
R_{iss1} és R_{iss2}	felületi ellenállás
R_{iso}	Szigetelési ellenállás
C_{iso}	Szigetelés kapacitása
R_{pi}	Polarizációs ellenállás
C_{pi}	Polarizációs kapacitás
I_{tot}	Teljes áram
I_{Riss}	Felületi szivárgóáram
I_{Riso}	Szigetelésen folyó szivárgóáram
I_{RCpi}	Polarizációs abszorpció áram
I_{Ciso}	Kondenzátor töltőáram



A felületi szivárgó áram a szigetelés felszínén folyik a mérőfeszültség két csatlakozási pontja között. Ez az áram hibát okoz a szigetelési ellenállás mérésében, de megszüntethető, ha egy védőfelületet (Guard) használunk. Mint ahogy az ábrán is látható, ez az áram az R_{iss1} és az R_{iss2} ellenállásokon folyik keresztül.

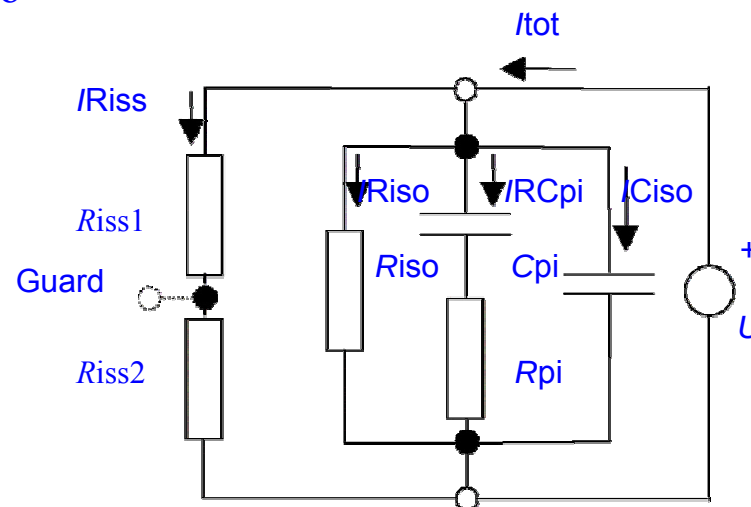
A szivárgó áram nem függ az időtől.

$$I_{Riss} = \frac{U}{R_{iss1} + R_{iss2}}$$

I_{Riso} áram a szigetelésen folyik keresztül. A szigetelés az R_{iso} ellenállásnak megfelelő mértékben áll ellen az áramnak

A szigetelésen átfolyó áram nem függ az időtől.

$$I_{Riso} = \frac{U}{R_{iso}}$$



A kondenzátor töltőáram (I_{Ciso}) a C_{iso} kondenzátort tölti. Ez a kondenzátor reprezentálja a mérőműszer bemenetei közötti kapacitást, amelyeket a tesztelni kívánt szigetelés választ el.

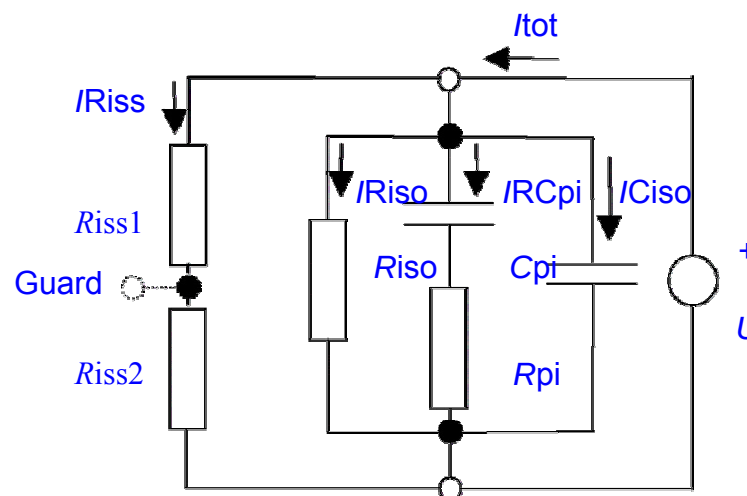
I_{Ciso} –t csak a mérőeszköz belső ellenállása korlátozza.

Kezdetben a kondenzátor nincs töltve, és nagy áram folyik.

Ezt követően az áram leesik, miközben a kondenzátor töltődni kezd.

$$I_{Ciso} = \frac{U}{R_{int}} e^{-\frac{t}{R_{int} C_{iso}}}$$

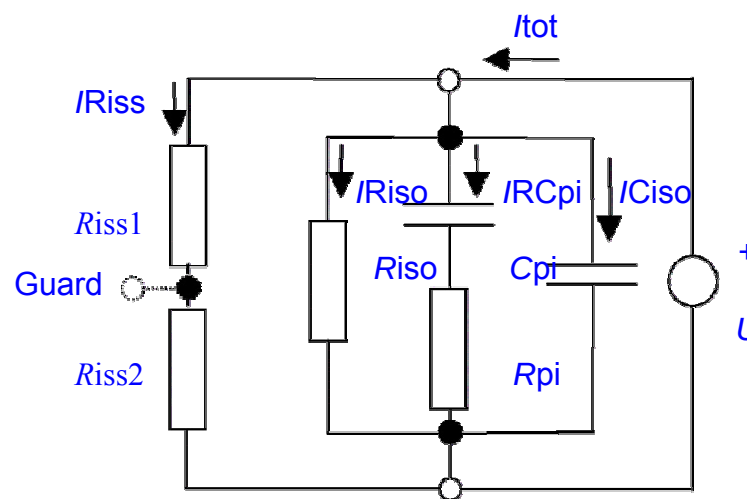
Időfüggő!



I_{RCpi} polarizációs áram alacsonyabb értékről indul, mint a kondenzátor töltőáram, azonban nagyobb időállandóval rendelkezik (akár néhány percig is érzékelhető). Ennek oka a szigetelésben található ionok és dipólusok egyesülése. Ha villamos teret kapcsolunk a szigetelésre, bizonyos ionok elkezdnek mozogni, melyeket egyes dipólusok megkötnek a téren belül. Ezek a folyamatok lassan visszaalakulnak, ha lekapcsoljuk a rendszerről a feszültséget, mivel a részecskék visszaállnak a természetes véletlenszerű állapotukba. A modell szerint ezt a jelenséget az $R_{pi} - C_{pi}$ elemkombináció képviseli, mely párhuzamos az R_{iso} ellenállással. Az I_{RCpi} áram a C_{pi} kapacitást tölti. Kezdetben a kondenzátor nem töltött, mivel nincs polarizált rész a szigetelésben, és így az áram kezdetben az U/R_{pi} képletnek megfelelően folyik. A kondenzátor elkezdi töltődni, és ennek következtében az áram értéke csökken. Végül a kondenzátor teljes mértékben feltöltődik, vagyis teljesen polarizálttá válik, és az áram nem folyik többé.

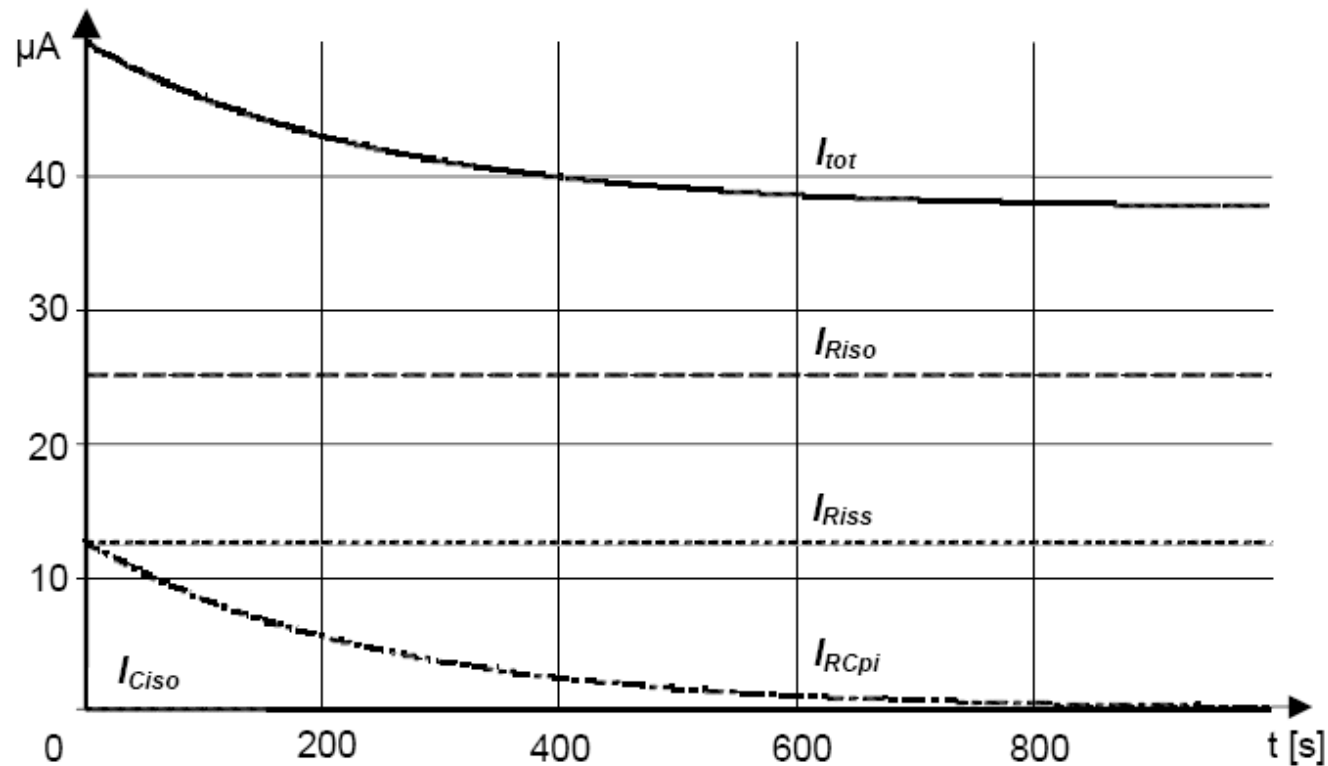
A polarizációs abszorpciós áram függ az időtől.

$$I_{RCpi} = \frac{U}{R_{pi}} e^{-\frac{t}{R_{pi}C_{pi}}}$$

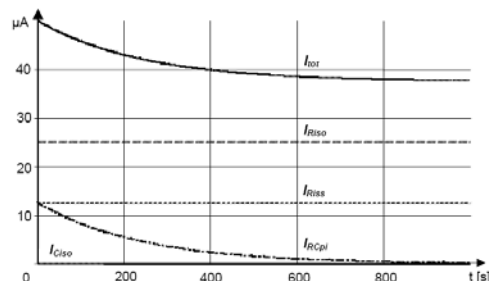


Az összes felsorolt áram összege a teljes áram:

$$I_{tot} = I_{Riss} + I_{Riso} + I_{RCpi} + I_{Ciso}$$

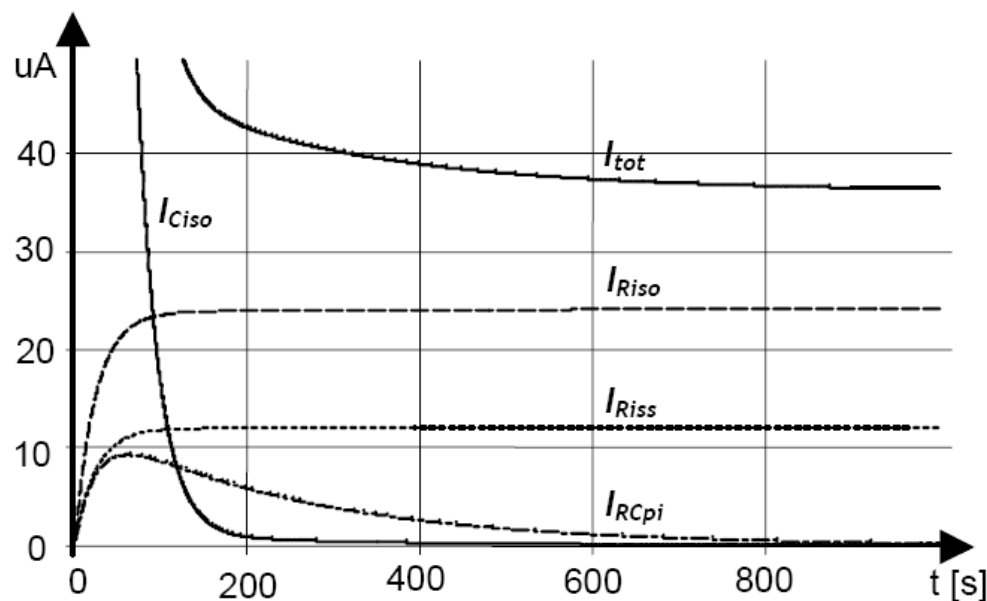


Áram diagram ideálisnak feltételezett feszültségforrás esetén



Az elérhető teljesítmény limitálva van. Ennek következtében az áram/idő diagram ettől eltér.

Kezdetben minden felhasználható teljesítmény a C_{iso} kondenzátor töltésére használódik egy rövid ideig. Ennek következtében a mérőpontok közötti feszültség leesik. Ezek a jelenségek megváltoztatják az ideális eset görbéjét,



Tipikus áram/idő grafikon valós feszültségforrás esetén

Összefoglalva

Amikor egyenfeszültségű szigetelésmérőt használunk, és a mérőfeszültséget hirtelen a vizsgált szigetelésre kapcsoljuk, a mérőáram kezdetben nagyon nagy értékeket mutat, majd idővel fokozatosan lecsökken, majd végül egy meghatározott értéken stabilizálódik.

A kezdeti alacsony szigetelési ellenállásnak a nagy szigetelési kapacitás jelenléte lehet az oka. Ez a kapacitív áram gyorsan csökken egy jelentéktelenül alacsony értékre miközben a szigetelés töltődik (nagyjából 15 másodperc).

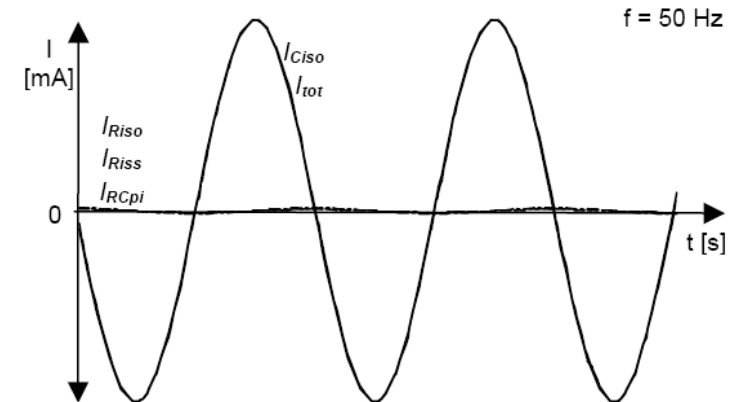
A kezdeti alacsony szigetelési ellenállásnak szintén lehet okozója a magas polarizációs abszorpciós áram. Ez az áram az idő múlásával szintén lecsökken fokozatosabban ugyan, mint a töltőáram, nagyjából tíz perc és néhány óra közötti időtartam alatt egy jelentéktelenül alacsony értékre, azonban ha a célunk épp a dielektromos abszorpciós áram mérése, akkor erre 10 perc elteltével már nincs lehetőségünk (elhanyagolhatóan kicsivé válik). A szivárgó áram nem változik az időben, és ez a szigetelésvizsgálat egyik fő paramétere.

Szigetelésvizsgálat mérési módszerei:

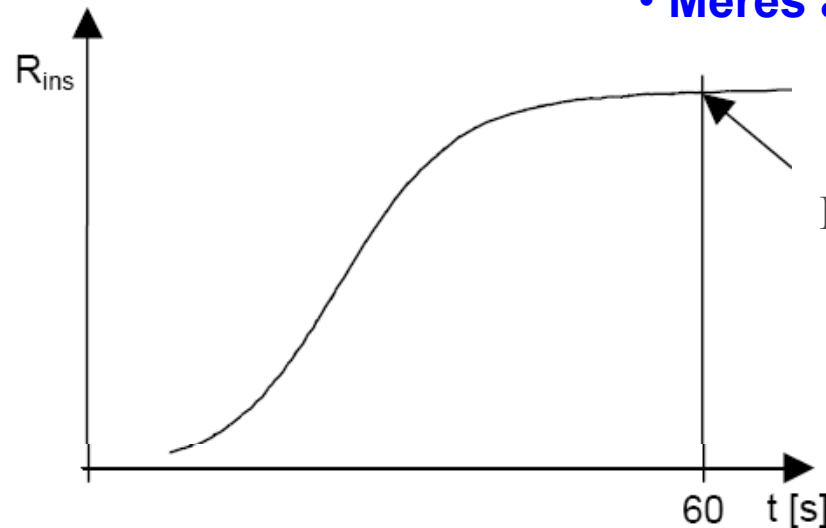
- Egyenáramú (DC)
- Váltakozó áramú (AC) mérés

AC mérés hátránya:

Az ismétlődő töltődések és kisülések nagy mértékben befolyásolják a polarizációs abszorpciós áram, így az össz-áram értékét, mely a fontos információt hordozná.



- Mérés a pillanatnyi mért érték leolvasása alapján



Pillanatnyi érték

Hőmérséklet függés!

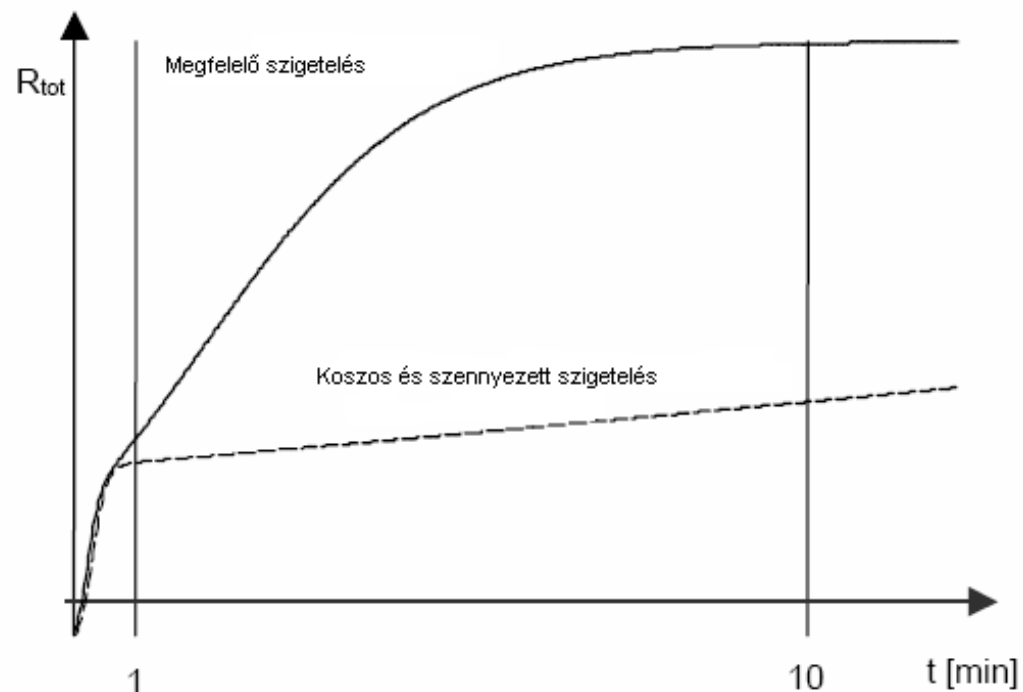
Idődomb-módszer / polarizációs index / dielektromos abszorpció



Nem megfelelő szigetelés esetében az R_{iso} értéke alacsony, a szigetelési szivárgóáram értéke (I_{Riso}) viszonylag nagy. A jelentős szigetelési szivárgó áram elfedheti előlünk az abszorpciós áramot.

A szigetelési szivárgó áram nagyjából konstans értékű. A szigetelés attól még megfelelő, ha egy bizonyos ideig az ellenállás mért értékének növekedése folytonos. E növekedés oka az abszorpció, melyet ekkor lehet tisztán látni. Az abszorpciós effektusok jóval tovább eltarthatnak, mint a szigetelés kondenzátorának töltődése.

Ezt az eljárást néha azonosítják az **abszorpciós teszt**tel.



A **Polarizációs index (PI)** definíció szerint két különböző időpontban mért ellenállás aránya. Általában ez a két időpont a 10. percben mért érték és az első percben mért érték hányadosa, folyamatos szigetelési ellenállás mérés mellett. Ez azonban nem szabály, csak egy szokásos gyakorlat.

$$PI = \frac{R_{tot}(10 \text{ min})}{R_{tot}(1 \text{ min})}$$

A jó szigetelésnek kicsi szivárgó árama van, és a teljes árama gyorsan csökken. Ennek következtében a jó szigetelés polarizációs indexe nagy. A szennyezett vagy roncsolódott szigetelésnek a polarizációs indexe alacsony a nagy és állandó szivárgó áram miatt.

PI érték	Vizsgált anyag állapota
1 és 1,5 között	Nem elfogadható (öregebb szigeteléseknél)
2 és 4 között (tipikusan 3)	Elfogadható jó szigetelésnek (öregebb szigeteléseknél)
4 (nagyon nagy szigetelési ellenállás)	Új szigetelések megfelelőek

A PI teszt nagyon hasznos például régi szigetelések vizsgálatára, mint például az olajos papír, ahol az egy perc után leolvasott ellenállás értéke relatíve kicsi. A PI teszt eredményét figyelmen kívül lehet hagyni, amennyiben az egy perc után leolvasott ellenállásérték $> 5000 \text{ M}\Omega$ (azaz $5 \text{ G}\Omega$).

A **Dielektromos abszorpciós arány (DAR)** nagyon hasonlít a polarizációs indexes módszerhez, vagyis időben vizsgálja a szigetelés értékét. Az egyetlen különbség a vizsgált időintervallumban van. Ilyenkor ugyanis a vizsgált periódus rövidebb, az első mérés 30 másodperc elteltével történik, míg a második egy perc elteltével.

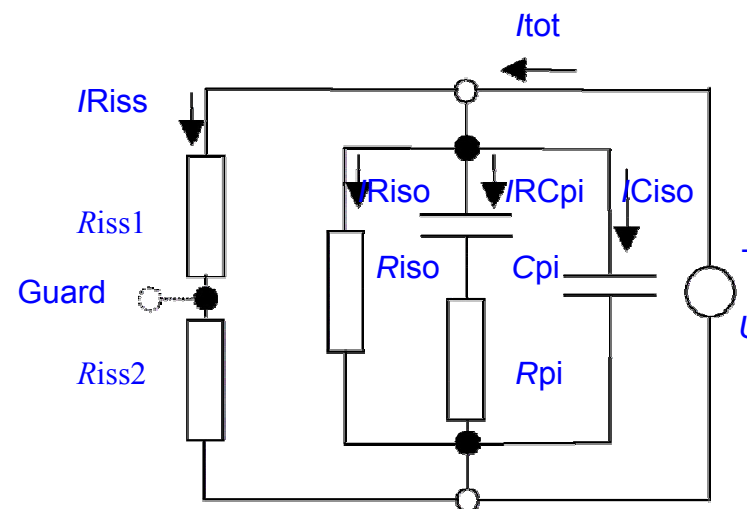
$$DAR = \frac{R_{tot}(1 \text{ min})}{R_{tot}(30 \text{ sec})}$$

<i>DAR érték</i>	<i>Vizsgált anyag állapota</i>
< 1	Rossz szigetelés
$1 \leq DAR \leq 1,25$	Elfogadható szigetelés
> 1,4	Nagyon jó szigetelés

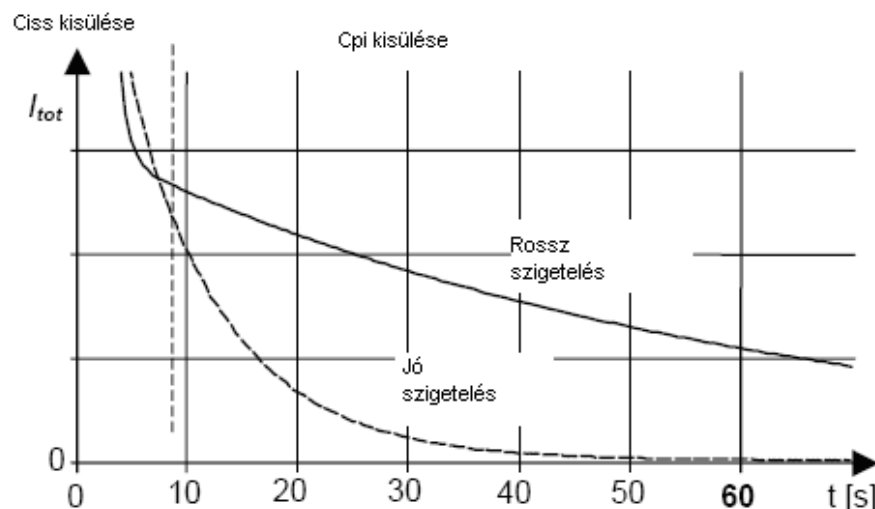
Amennyiben a kiválasztott szigetelés polarizációs indexe 2 vagy annál alacsonyabb, akkor a dielektromos abszorpció vizsgálati módszerét érdemes használni új anyagok esetén is. A minimális DAR értéknek 1,25-nek kell lennie, mivel ez felel meg nagyjából a 2-es PI értéknek.

Amikor mérőfeszültséget kapcsolunk a tesztelni kívánt eszközre, különböző áramok folynak keresztül a szigetelésen (felületi szivárgási áram (I_{Riss}), szigetelési szivárgóáram (I_{Riso}), polarizációs abszorpció áram (I_{RCpi}), kondenzátor töltőáram (I_{Ciso}). Amennyiben a I_{RCpi} áram kicsi a többihez képest, nehéz a polarizációs index értékét meghatározni.

Ezért ahelyett hogy a polarizációs áramot mérnénk a szigetelésvizsgálat során, ebben az esetben a **Dielektromos kisülés (DD)** mérését érdemes végrehajtanunk. A vizsgált eszköz a mérés során legyen teljesen feltöltve, hogy biztosak lehessünk benne, hogy a polarizáció már befejeződött. Ekkor az egyetlen megmaradt áramkomponensünk a szigetelési szivárgó áram, és az ellenállás leolvasott értéke stabil.



A nagy vissza-abszorbeálódó áram azt jelzi, hogy a szigetelésünk szennyezett.



$$DD = \frac{I_{dis}(1 \text{ min})}{U \cdot C_{iso}}$$

DD értéke	Vizsgált anyag állapota
> 4	Rossz
2 – 4	Határeset
< 2	Jó

A dielektromos **kisülés mérés** főképp a **többrétegű szigetelő rendszerek vizsgálata esetén hasznos**. Ezzel a módszerrel azonosíthatjuk azokat a kisülési áramokat, melyek akkor keletkeznek, ha a többrétegű szigetelő rendszer egyik rétegében valamilyen sérülés vagy szennyezés található. Ilyet a pillanatnyi érték leolvasásának módszerével vagy a polarizációs index mérésével nem tudnánk felfedezni.

• Szigetelési ellenállás mérés feszültségléptetéssel

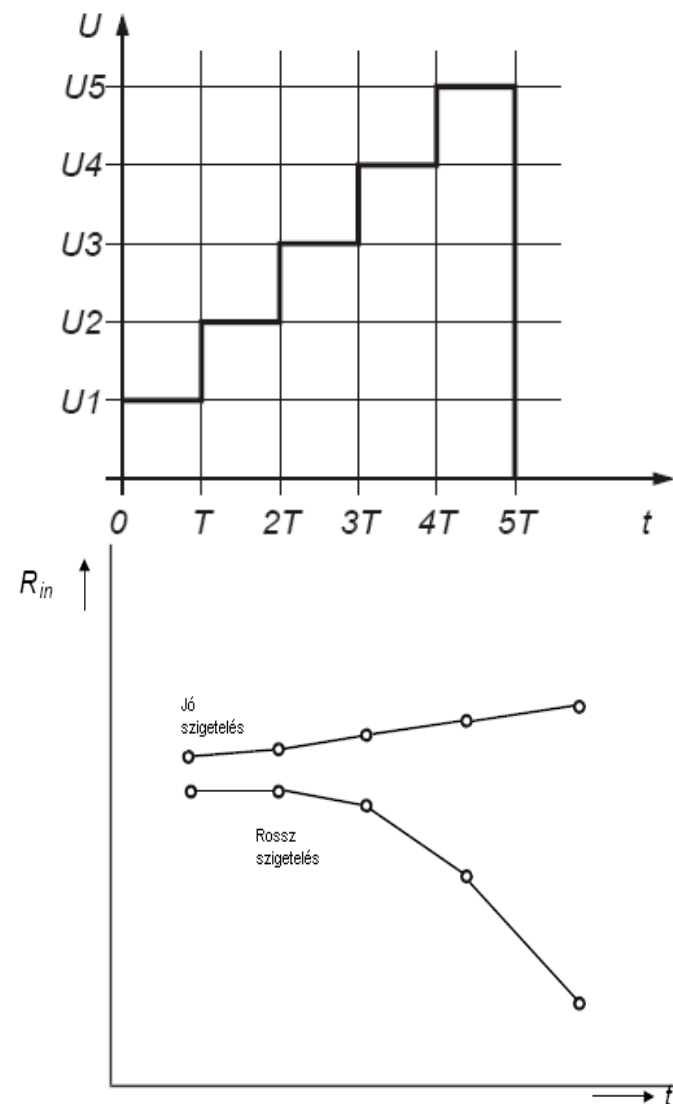


A szigetelési ellenállás (R_{iso}) értéke elvileg nem függ a mérőfeszültségtől. Ám a gyakorlatban ez nem teljesen van így. Az alacsony feszültségekkel történő mérésekre a koszos vagy szennyezett szigetelés már „reagál”, de pl. az öregedés hatásai, vagy mechanikus sérülések jelei nem feltétlenül **mutatkoznak meg kisebb igénybevételre.**

A feszültségléptető módszer akkor is hasznos lehet, amikor olyan eszközzel vizsgálódunk, melynek mérőfeszültsége alacsonyabb, mint a vizsgált eszköz feszültsége. Másképp szólva, a feszültségléptető módszer **akkor is** hasznos eredményeket szolgáltat számunkra, amikor **az eszköz a méréskor valamiért nem terhelhető a névleges feszültségével.**

A görbe alakja a szigetelés milyenségére enged következtetni:

- A sérült szigetelés ellenállása gyorsan csökken.
- A jó szigetelésnek megközelítőleg állandó az ellenállása.



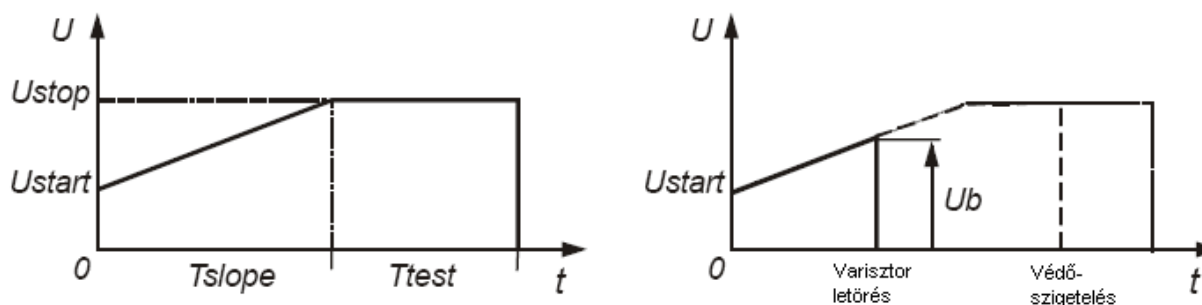
Hőmérsékletfüggő mérés

• Feszültségállósági vizsgálat

A feszültségállósági vizsgálat a szigetelésvizsgálat egyik alapvető mérési módszere. Az eljárás egyszerű: állandó, vagy idő szerint előre meghatározott módon változó feszültség terheli a vizsgálandó rendszert a mérés során mindaddig, amíg a mérési idő le nem telik, vagy a szigetelés letörése be nem következik.

A mérőfeszültség, annak esetleges emelkedési sebessége és maximális értéke, valamint a maximális mérőfeszültség eléréséig eltelő idő, mind nagyon fontos paraméterek. Értékük a vizsgált eszköz fajtájától függ, és a megfelelő termékszabványokban megtalálható.

A letörés előjele, ha a szigetelésen átfolyó áram az előre meghatározott határértéken (gyakori érték: 1 mA) túl növekszik.



A feszültségállósági vizsgálat két különböző tesztet foglal magában:

- ✓ A DC feszültségállósági vizsgálatnál a mérőfeszültséget állandó értékre állítjuk. Ügyelnünk kell arra, hogy a vizsgált eszközre a mérés során végig ez a feszültség essen anélkül, hogy letörés következne be. Ennek értelmében ügyelnünk kell arra, hogy a beállított mérőfeszültség értéke a kapacitás teljes feltöltődése után is alacsonyabb legyen, mint a letörési érték. A mérési idő általában 1 perc egy tipikus tesztnél, és 2 vagy 10 másodperc rutinszerű ellenőrzéskor. A vizsgált szigetelést megfelelőnek minősítjük, ha sem meghibásodás, sem átütés nem következik be.
- ✓ Az átütési feszültség mérése bizonyos eszközön, például tranziens elnyelő eszközök esetén. Ez a módszer nagyon hasonló a DC feszültségállósági vizsgálatához, azzal a különbséggel, hogy a mérőfeszültséget lassan növeljük mindaddig, amíg az le nem törik. A tranziens jelenségek bekövetkezésének feszültsége általában az 1 mA-es küszöbáram túllépésekor regisztrált feszültségérték.

Ajánlott METREL műszerek:



TeraOhm 5 kV

Mérőképességek:

- Szigetelési ellenállás (DC)
- Feszültség léptetési vizsgálat
- Feszültségállósági vizsgálat
- Diagnosztika (PI, DD, DAR)
- Feszültség, frekvencia
- Kapacitás



TeraOhm 5 kV Plus



TeraOhm 10 kV



Biztonságos
kiegészítők

Erősáramú hálózatok egyes elemeinek diagnosztikája:

Transzformátorok

Forgógépek

Megszakítók (kismegszakítók) (~21 kA)

Relék, (DC védelmi relék /pl. vasúti/) (~250 A)

Szigetelések

Földelés, lépésfeszültség, érintési feszültség

Kontaktusok átmeneti ellenállása

Kézi műszerek

(fázisszögmérő, idő- és frekvenciamérő)

Szoftveres támogatás



www.eurosmc.com



www.meter.hu

Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása

ETP és EDA III rendszerek

Rendszerjellemzők:

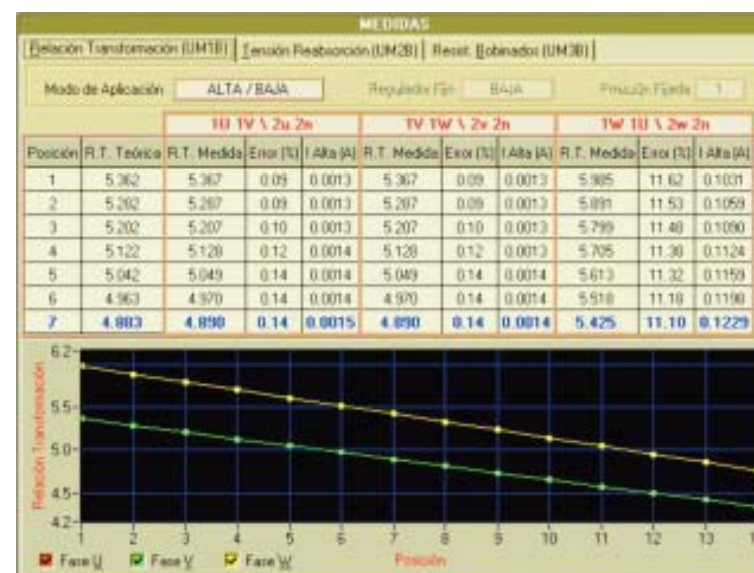
- közös kezelőfelület
- saját, könnyen kezelhető szoftver mindegyik alkalmazáshoz
- a mérési eredmények automatikus mentése, adatkezelés, numerikus és grafikus megjelenítés
- tendencia analízis
- külső befolyásoló környezeti adatok (pl. hőmérséklet) integrálhatósága
- moduláris rendszer (könnyebben szállítható, feladathoz összeállítható), utólagosan is fejleszthető
- gyors vizsgálat, gyors értékelés, gyors jelentés készítés (3f változtatható áttételű transzformátor esetén is!)

Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása

1.

Transzformátor áttétel vizsgálat – ETP-1

- leágazások közötti mérőpont váltást a PC vezényli
- minden pozícióban automatikus háromfázisú mérés (<10 s alatt)
- a terhelés nélküli áram jelalakja a képernyőn megjelenik (vasmag probléma észlelésének lehetősége)
- méréshatár: **1:1 – 3000:1**

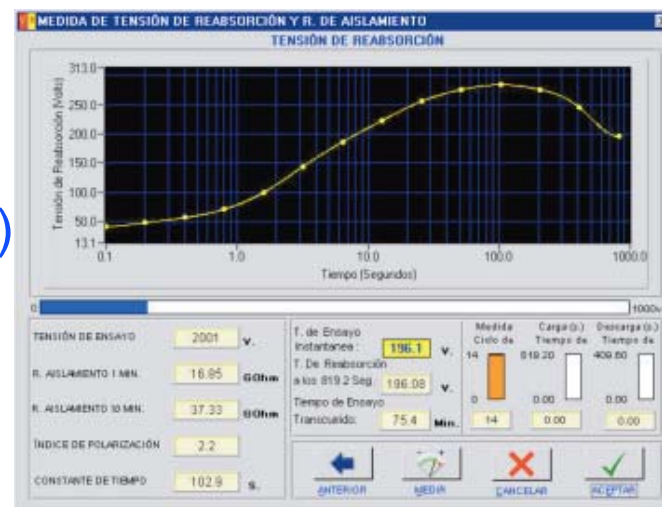


Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása

2.

Regenerációs feszültség, és szigetelés vizsgálat – ETP-2

- teljesen automatikus regenerációs feszültség mérés
- automatikus teljes kisütés
- a mérési pontok automatikus kirajzolása a képernyőn
- eredmények automatikus korrekciója egy referencia hőmérséklethez → összehasonlítható adatok képzése
- mért és ábrázolt paraméterek:
 - * regenerációs feszültség
 - * kapacitás töltési ideje
 - * szigetelési ellenállás (több kombináció: HV+LV--GND; HV--LV+Tercier+GND; stb.)
 - * időállandó
 - * polarizációs index (PI)



Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása

3.

Tekercs ellenállás mérés (autotrafóra is) – **ETP-3**

- egymás után minden fázisra és leágazásra elvégzi a mérést, miközben a mérőcsatlakozásokhoz nem kell nyúlni
- négyvezetékes mérés
- vasmag automatikus felmágnesezése és lemágnesezése
- automatikus méréshatár váltás $1 \text{ m}\Omega$ - $1 \text{ k}\Omega$ ($I_t = 5 \text{ mA} - 20 \text{ A}$)
- zavarállóság
- hőmérséklet korrekció



Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása

4.

Rövidzárási impedancia mérés (trafók, és áramváltók is) – **ETP-4**

- rövidzárási áram mérés az adott mérőfeszültségen
- rövidzárási teljesítmény veszteség
- teljesen automatikus mérés motoros feszültségszabályozóval (zavarérzéketlenség)
- felhasználóbarát szoftver segít a kábelezésben és a rövidzár megfelelő elhelyezésében, valamint, hogy mely leágazásokat érdemes mérni
- vizsgálati áram és feszültség jelalakok megjelenítése → analízis
- a vizsgálattal könnyen felderíthető tipikus hibák:
 - * tekercselés elmozdulása az elektromágneses erők hatására
 - * vasmag problémák
 - * szállítási sérülések
 - * törött, sérült pozícionáló belső szerkezeti elemek



Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása



Σ: ETP1+2+3+4 = ETP System



+ ETP DiagHelp

- összegzi a begyűjtött mérési eredményeket
- összeveti a tudásbázissal
- jelzi a kritikus pontokat

+ ETP Trends

- korábbi adatok nyilvántartása
- vizualizálás – megbízható döntéstámogatás



**Hasznos opció: professzionális
túlfeszültségvédős 4-es tápelosztó**



Teljesítmény transzformátorok és villamos forgógépek megelőző karbantartása



EDA III System



Szigetelés diagnosztika villamos forgógépeken (motor, generátor, stb.)

- állórész tekercselésének diagnosztikája – roncsolás nélkül
- DC mérőfeszültség, több paraméter mérése → szigetelést megvalósító komponensek értékelése
- általános állapotra ill. különféle problémákra (szennyeződés, nedvesség, öregedés, részleges kisülések) vonatkozó diagnosztika

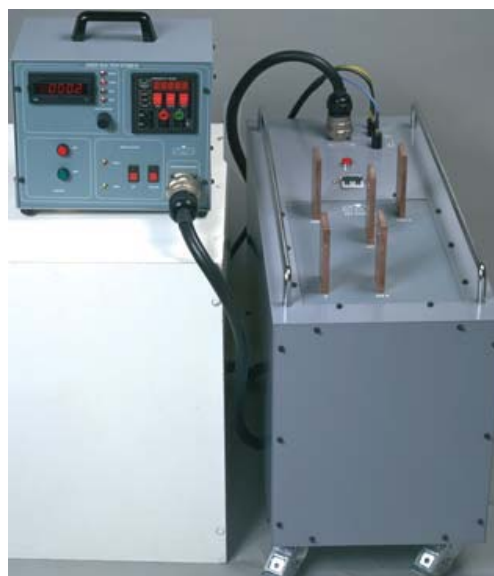
Alkalmazás:

- * átvételi ill. általános minőség-ellenőrzés (KIF/KÖF motorok)
- * rendszeres hibamegelőző mérések
- * korábbi adatok a friss jelentésekben → döntéstámogatás

Védelmek: KIF/KÖF/NAF megszakítók és (védelmi) relék diagnosztikája



- Primer nyomatók (~21 kA-ig)
- Szekunder nyomatók (250 A-ig)
- Kismegszakító (MCB) mérők
- DC relé (pl. vasútnál) vizsgálók



**Védelmek: KIF/KÖF/NAF megszakítók és (védelmi)
relék diagnosztikája**



MENTOR univerzális relévizsgáló



www.meter.hu

MENTOR 12 (max. 6-6 db U és I csatorna)



RELAY TYPES THAT CAN BE TESTED

DEVICE IEEE	RELAY TYPE	PTE-20-FA	PTE-100-C	PTE-50-CE	PTE-100-V	PTE-300-V	PTE-50-CET	PTE-100-V PTE-50-CE	PTE-100-V PTE-100-C	PTE-300-V PTE-50-CE	PTE-300-V PTE-100-C	PTE-50-CET PTE-100-V	TRES	MENTOR
2	Time-Delay Starting Relay	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	Distance 1Ø		Plus / Pro	Pro		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	Distance (open triangle)					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	Distance 3Ø					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	Volts / Hertz		Plus / Pro	Pro	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25	Synchronizing		Plus / Pro	Pro	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	Undervoltage Relay AC/DC		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
32	Directional Power Relay 1Ø		Plus / Pro	Pro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
32	Directional Power Relay 3Ø									□	□	✓	✓	✓
37/76	DC Under/Over Voltage Relay	✓	✓						✓		✓			✓
40	Loss of Field Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
46	Reverse Phase Relay		Plus / Pro	Pro		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
46N	Negative Sequence Overcurrent Relay		Plus / Pro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
47	Reverse Phase Relay-Voltage		Plus / Pro	Pro		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
49	Thermal Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50	Instantaneous Overcurrent Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
51	Overcurrent Relay AC		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
55	Power Factor Relay			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
59	Overvoltage Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	Balance Relay-Voltage		Plus / Pro	Pro		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
64	Ground Detection Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
67	Directional Overcurrent Relay		Plus / Pro	Pro	□	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
67N	Ground Directional Overcurrent Relay		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
78	Phase Angle measuring or Out of Step Protective Relay		Plus / Pro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
79	Reclosing Relays		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
81	Frequency Relay		Plus / Pro	Pro	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
82	DC Reclosing Relay	✓	✓											✓
85	Carrier or Pilot Wire Relay		□	□	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
87	Differential Relay		□	□	□	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
91	Voltage Directional Relay		Plus / Pro	□	□	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
92	Voltage and Power Directional Relay		Plus / Pro	□	□	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
94	Tripping Relay	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Complete, does not need other equipment nor accessories
□ Not all functions

Köszönöm a figyelmet!

gabor.nemeth@meter.hu

www.meter.hu