Mérések épületek kisfeszültségű Villamos hálózatán

Version 1.0, Code no. 20 751 954

METREL®

Forrás: Leitfaden zum Prüfen und Überprüfen von Niederspannungsanlagen Version 1.0, Nr. 20751 368

Fordították: Ambrus Katalin
Oláh Csaba

Lektorálták: Hermann Zoltán
Horváth László

A könyv magyar nyelvű változatának kiadója köszöni a Dr. Novothny Ferenc tanár úr által nyújtott szakmai támogatást.

Kiadó: a METREL d.d. cég hozzájárulásával
Ljubljanska cesta 77
1354 Horjul
Szlovénia

C+D Automatika Kft.
1191 Budapest, Földvári u. 2.
www.meter.hu

Minden jog fenntartva.
A könyvben megjelent oldalak utánközlése csak a kiadó hozzájárulásával történhet!

Budapest, 2010

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés ... 4
1.1 Alkalmazási terület ... 4
2 A villamos berendezésekről általánosságban ... 5
2.1 Épületek villamos berendezéseinek típusai a feszültség fajtája szerint ... 5
2.2 Villamos berendezés típusok a földelési rendszer szerint ... 7
2.2.1 TT-rendszer ... 7
2.2.2 TN-rendszer ... 8
2.2.2.1 TN-S-rendszer ... 8
2.2.2.2 TN-C-rendszer ... 9
2.2.2.3 TN-C-S-rendszer ... 9
2.2.3 IT-rendszer ... 10
2.2.4 RLV-hálózat ... 11
2.3 Villamos berendezés típusok a fázisok száma szerint ... 11
2.4 Villamos berendezések alkotó elemei ... 13
2.5 A villamos berendezések alkotóelemeinek jelölése ... 18
3 Előírások és szabványok ... 20
3.1 Direktívák, előírások ... 20
3.2 Szabványok ... 20
3.2.1 Kisfeszültségű villamos berendezések ... 21
3.2.2 Alkotóelemek villamos berendezésekben ... 22
3.2.3 Villamos berendezések biztonságának vizsgálata és megfigyelése ... 22
4 Villamos berendezések biztonsága ... 23
4.1 Villamos berendezések helyettesítő kapcsolási rajzai ... 23
4.2 Veszélyek ... 25
4.2.1 Veszélyes testáramok ... 25
4.2.1.1 Védelmi eszközök lekapcsolási követelményei különböző berendezésekben ... 26
4.2.2 Egyéb veszélyek ... 29
4.2.2.1 Hibafeszültség, érintési feszültség, hibaáram, testáram ... 29
4.2.2.2 Túlmelegedés ... 31
4.2.2.3 Villámcsapás ... 31
4.2.2.4 Villamos berendezés hibái - Összefoglalás ... 33
4.3 Mérőkészülékek villamos berendezésekhez ... 34
4.3.1 A direktívák és szabványok betartása ... 34
4.3.2 A készülékek jelölései és specifikációi ... 35
4.3.3 A műszer pontossága, kalibrálás, új kalibrálás ... 35
4.3.4 Túlfeszültség kategória ... 36
4.3.5 Szennyezettségi fokozat ... 40
4.3.6 A tokozat védelme ... 41
5 Villamos berendezések biztonságának kezelése ... 43
5.1 A tervezés ellenőrzése ... 44
5.2 A szerelés utáni ellenőrzés (első ellenőrzés) ... 44
5.3 Karbantartás ellenőrzése (módosítások, bővítések, változtatások, üzembehelyezés) ... 44
5.4 Időszakos (ismétlődő) ellenőrzés ... 44
5.4.1 A következő ellenőrzés időpontjai ... 45
6 Szemrevételezések és mérések ... 46
6.1 Szemrevételezés ... 46
6.1.1 A szemrevételezés szükséges mértéke – MSZ EN 60364 ... 46
6.2 Mérések ... 48

6.2.1 Szigetelési ellenállás ... 48
6.2.1.1 A teljes hálózat szigetelése ... 49
6.2.1.2 Egyes áramkörök / létesítményrészek szigetelési ellenállása ... 50
6.2.2 Védővezetők és egyenpotenciálú összekötések folytonosságvizsgálata ... 53
6.2.2.1 Szabványos folytonosságvizsgálat ... 54
6.2.2.2 Folytonosságmérés TN-hálózatokban – N-PE hurokmérés ... 55
6.2.2.3 Az egyenpotenciálú összekötések vizsgálata ... 56
6.2.3 Földelési ellenállás ... 59
6.2.3.1 Földelési ellenállás kétvezetékes mérése, belső generátorral, szondák nélkül ... 62
6.2.3.2 Földhurokvizsgálat, külső tápforrással, elektróda nélkül ... 63
6.2.3.3 A földelési ellenállás három-/négyvezetékes mérése, belső generátorral, két szondával ... 63
6.2.3.4 Földelési ellenállás mérése lakatfogóval és két szondával ... 65
6.2.3.5 Földelési ellenállás mérése két lakatfogóval ... 66
6.2.4 Hurokimpedancia ... 74
6.2.4.1 Szabványos hurokmérés ... 78
6.2.4.2 Z_{SCHL} mérése RCD-védett TN-hálózatokban ... 78
6.2.5 Vonalimpedancia ... 84
6.2.5.1 Vonalimpedancia mérése ... 86
6.2.6 RCD-vizsgálat ... 90
6.2.6.1 Kioldás nélküli vizsgálat, érintési feszültség és hiba-hurokellenállás vizsgálatai ... 92
6.2.6.2 A kioldási idő vizsgálata ... 93
6.2.6.3 A kioldási áram vizsgálata ... 94
6.2.7 Fázissorrend ... 96

7 Hálózatok ellenőrzésének korszerű munkamódszerei ... 98
7.1 Munkafázisok ... 100
7.1.1 Előkészítési fázis ... 100
7.1.2 Munkák a létesítményen ... 102
7.1.3 Befejezés ... 104
7.2 Hálózatstruktúra ... 107
7.3 Autosequence ... 109

Villamos berendezések biztonsági vizsgálati eljárásainak összehasonlítása ... 110

8 METREL érintésvédelmi műszerek ... 113

9 „A” függelék – RCD-k (működés, kiválasztás, beépítés) ... 114
9.1 RCD választék érzékenység szerint ... 114
9.2 RCD-k megkülönböztetésének elve ... 115
9.3 RCD típusok ... 116

10. „B” függelék – Egyeres rézvezetékek ... 117

11 „C” függelék – Vezetékek méretei ... 119

12 „D” függelék: Egyéb villamos mérések ... 122
12.1 Szigetelő vagy vezetőképes termek szigetelési ellenállásának mérései ... 122
12.1.1 Szigetelő falak és padlók ellenállásának mérései ... 122
12.1.2. Vezetőképes padlók ellenállásmérése ... 123
12.2 Fajlagos talajellenállás MSZ EN 61557-5 szerint ... 125
12.3 Túlfeszültségvédő eszközök ... 127

1 Bevezetés

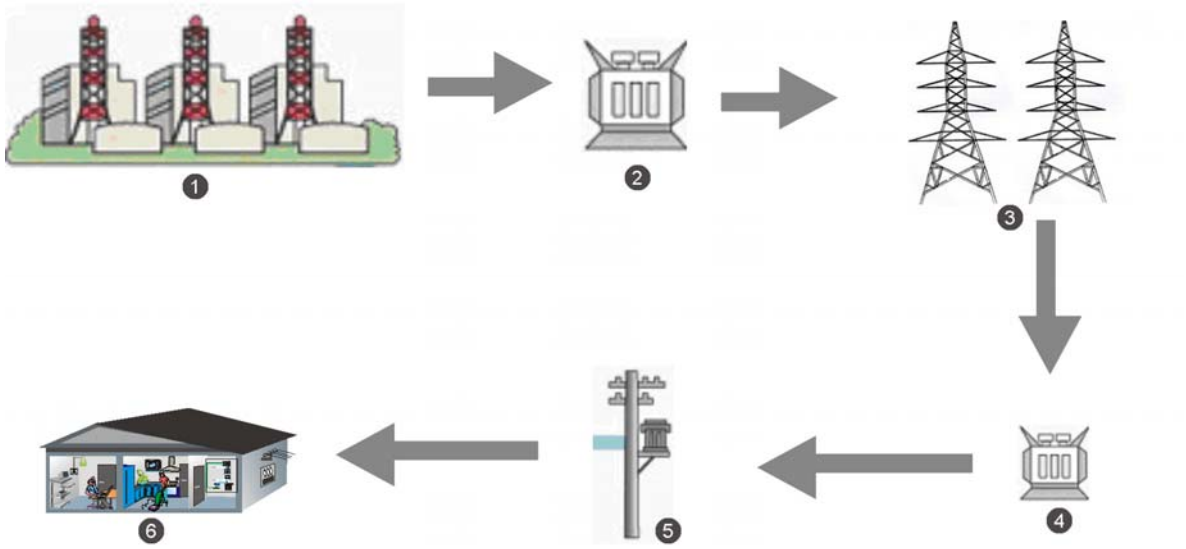
1.1 Alkalmazási terület

Ez a segédlet azon villanyszerelők számára készült, akik épületek kisfeszültségű villamos hálózatának mérésével foglalkoznak.
A kiadvány fő célja:

- Annak kihangsúlyozása, milyen fontos az épületek villamos berendezéseinek biztonsági vizsgálata, potenciális veszélyek és az alkalmazható biztonsági intézkedések leírása.
- Vizsgálati módszerek leírása. A különböző jellegű (kezdeti, karbantartási, időszakos, szemrevételezéses, méréses) vizsgálattípusok bemutatása.
- Új vizsgálati technikák (előkészítés, az eredmények korrekt dokumentálása) megismertetése. Új fejlesztésű mérőműszerek előnyei.
- A segédlet hivatkozik az MSZ EN 60364 és MSZ EN 61557 (mindkettő 2007-es kiadású) műszaki szabványok legújabb kiadásaira.

2 A villamos berendezésekről általánosságban

Ez a segédlet főként kisfeszültségű villamos berendezésekkel foglalkozik, és az elosztóhálózat célállomásaival (6. és 5. rajz az alábbi ábrán).



1. ábra: *Villamosenergia rendszer*

A teljes villamosenergia rendszer az alábbiakból áll:

1. Erőmű (ahol a villamos energiát előállítják);
2. Nagyfeszültségű transzformátor alállomás (a feszültség feltranszformálása átvitelhez);
3. Átviteli vezetékek (a villamosenergia elosztása azon területekre, ahol szükség van rá);
4. Középfeszültségű transzformátor alállomás (a nagyfeszültséget középfeszültségre transzformálja);
5. Elosztói transzformátor (a középfeszültséget kisfeszültségre transzformálja, jellemzően 400 V, 600 V), szabadvezetékek (elosztják a villamos energiát a háztartásokba, gyárakba, stb.);
6. Épületek (villamosenergia fogyasztók).

2.1 Épületek villamos berendezéseinek típusai a feszültség fajtája szerint

A villamos berendezéseket a feszültség fajtája szerint a következőképpen lehet osztályozni:

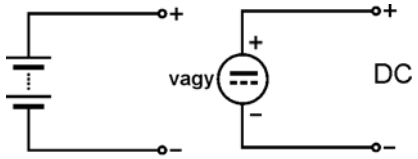
- Váltakozó feszültségű villamos berendezések és
- Egyenfeszültségű villamos berendezések

Általában az elosztói villamos berendezések AC vagy DC feszültségű energiát tudnak szállítani:

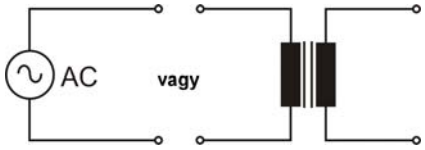
A táplálás fajtája	**Megjegyzés**
Váltakozó feszültség (AC)	A váltakozó feszültség egyszerűbb feszültségtranszformálást és többfázisú hálózatokban a forgómezők létrejöttét teszi lehetővé.

Egyenfeszültség (DC)	Gyakran alkalmazzák helyi villamos berendezésekben. Például egyenfeszültség forrással rendelkező villamos berendezések (napelem cellák, akkumulátorok). Ritkán használják nagyobb hálózatokban.

Szimbólumok:



2. ábra: *Egyenfeszültségű áramforrás*



3. ábra: *Váltakozó feszültségű áramforrás*

2.2 Villamos berendezés típusok a földelési rendszer szerint

Valamennyi villamos berendezésnek megfelelő védőintézkedéssel kell rendelkeznie egy hiba esetén fellépő túl nagy szivárgó áramokkal és érintési feszültségekkel szemben. Minden védővezetős hibavédelmi módnak az összefoglaló elnevezése a védőföldelés.

Az MSZ EN 60364-1 szabvány a földelés típusa alapján definiálja és írja le a rendszereket.
A rendszerek megnevezésének a jelentése:
Az <u>első betű</u> jelenti a tápláló rendszer földelésének módját:

T A tápláló rendszernek közvetlenül földelt üzemi vezetője van. (latinul: terra = föld)

I A tápláló rendszernek nincs közvetlenül földelt pontja, a rendszer a földtől el van szigetelve, vagy egy impedancián keresztül van a földelve.

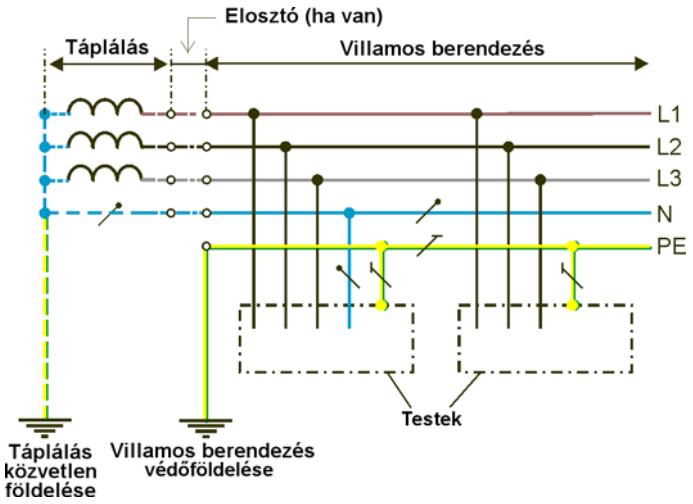
A <u>második betű</u> jelenti a villamos berendezés testeinek a földelési módját.

T A villamos szerkezetek testére a tápláló rendszerrel fémesen össze nem kötött földelés van kötve.

N A testek össze vannak kötve (PE- vagy PEN-vezetővel) a tápláló rendszer üzemi földelésével.

2.2.1 TT-rendszer

A TT-rendszerben a tápláló rendszer közvetlenül van földelve. A testek helyileg vannak földelve (pl. a villamos szerkezet betápjánál).



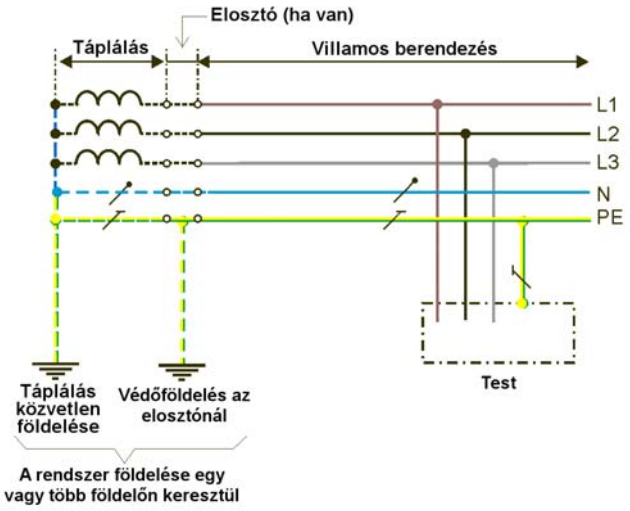
4. ábra: *TT-rendszer*

Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. A hálózat tartalmazhat kiegészítő RCD védelmet. Ha nincs RCD beépítve, a földelési ellenállásnak elég kicsinek kell lenni, hogy hiba esetén a biztosító kioldjon. A földelési ellenállás a majdnem 0 Ω-tól több száz Ω-ig változhat, függ a védőföld minőségétől és a villamos berendezés hibavédelmi módjától.

2.2.2 TN-rendszer

A TN-rendszer a tápforrásnál és/vagy az elosztói betápnál földelt. A testek PE- vagy PEN-vezetőn keresztül össze vannak kötve (földeltek). A PEN-vezető egyidejűleg táp- és védővezetőként is funkcionál. Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett.

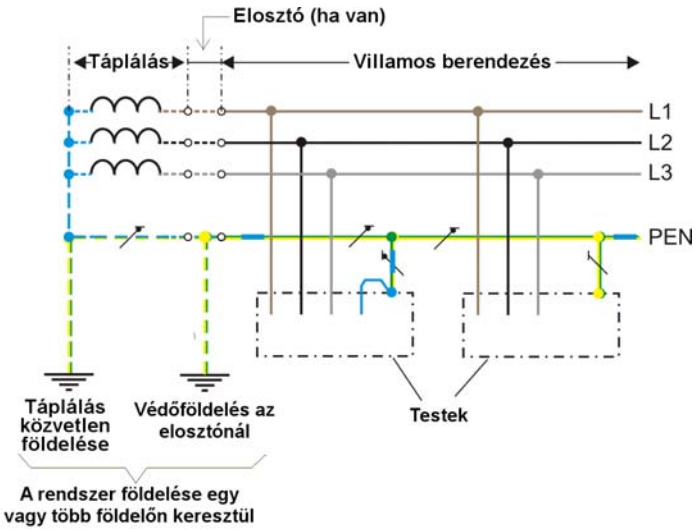
2.2.2.1 TN-S-rendszer



5. ábra: *TN-S-rendszer*

TN-S-rendszerekben (S = szeparált) a PE- és az N-vezető (ha van) egymástól el vannak választva. A PE-vezető csak védelmi célokat szolgál.
Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. A hálózat kiegészítő RCD-védelmet tartalmazhat. A földelési ellenállás normál esetben elég kicsi a védővezeték (PE) kis ellenállása és a tápforráson és az elosztói betápoknál levő jó földelésnek köszönhetően.

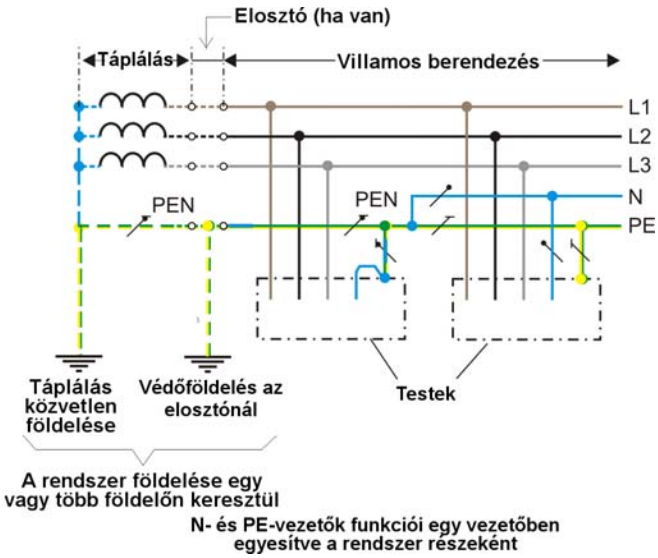
2.2.2.2 TN-C-rendszer



6. ábra: *TN-C-rendszer*

A TN-C-rendszer (C = common – együttes) egy közös PEN-vezetőt tartalmaz a teljes áramellátó hálózatban. A PEN-vezető védelmi célokat is szolgál és terhelőáramokat is vezet. Áram-védőkapcsoló nem alkalmazható.
Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. RCD nem alkalmazható.
A földelési ellenállás normál esetben elég kicsi a PEN-vezető kis ellenállása és a tápforráson és az elosztói betápoknál levő jó földelésnek köszönhetően. Kiegészítő RCD-védelem alkalmazása nem lehetséges.

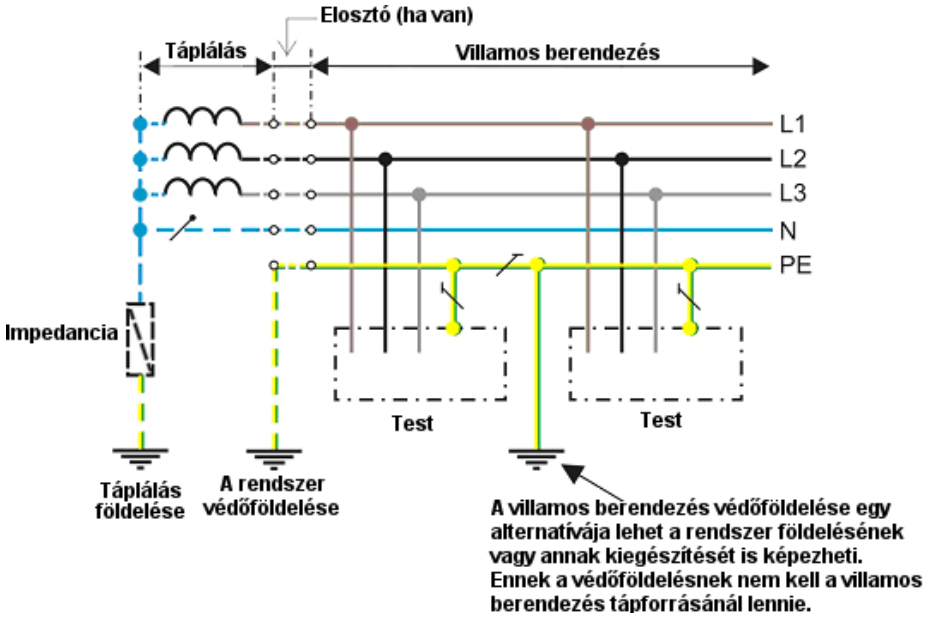
2.2.2.3 TN-C-S-rendszer



7. ábra: *TN-C-S-rendszer*

TN-C-S-rendszerekben a testek a PE-vezetővel és részben a PEN-vezetővel vannak összekötve.
Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. Kiegészítő RCD-védelmet ott lehet alkalmazni, ahol az N- és PE-vezető egymástól el van választva.
A földelési ellenállás normál esetben elég kicsi a PEN- és PE-vezetők kis ellenállása és a tápforráson és az elosztói betápoknál levő jó földelésnek köszönhetően.

2.2.3 IT-rendszer

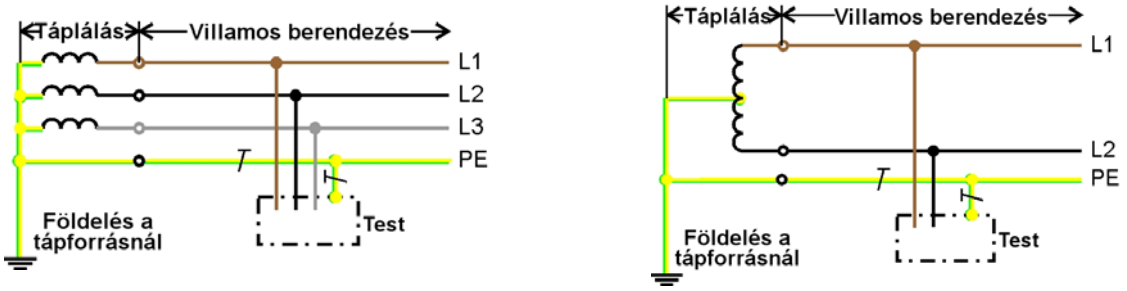


8. ábra: *IT-rendszer*

IT-rendszernél az energiaforrás a földtől le van választva vagy egy kellően nagy impedancián keresztül van földelve. A testek külön földeltek vagy a PE-vezetővel vannak összekötve és helyileg a villamos szerkezet betápjánál földeltek.
Az IT-rendszert gyakran orvosi helyiségekben, a vegyiparban, robbanásveszélyes területeken stb. használják. Fő előnye, hogy a hálózat komoly hiba esetén (a fázis és a föld közötti zárlat esetén) is biztonságosan működik.
Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. IT-rendszerekben gyakran szigetelésfigyelést (IMD) és kioldóáramfigyelést (RCM) építenek be, hogy felismerjék a szigetelési hibákat és ebben az esetben riasztás történjen, mielőtt még a táplálást le kellene kapcsolni. RCD-k csak részben alkalmazhatók.

További inforációkat találnak az IT-hálózatokról a Metrel „Measurements on IT power installation“ (Mérések IT-rendszerű táphálózatokon) c. kézikönyvében.

2.2.4 RLV-hálózat

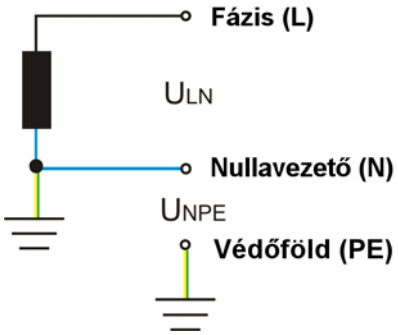


9. ábra: *3-fázisú és 2-fázisú RLV-hálózat*

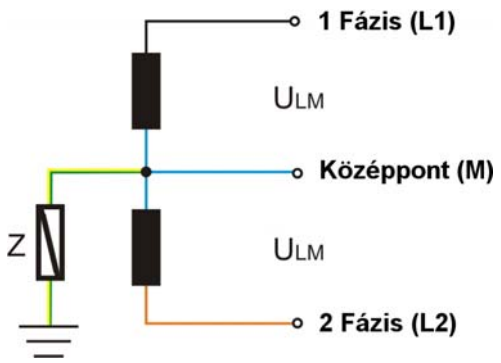
RLV-hálózatban (reduced low voltage – redukált kisfeszültség – BS 4363) a védővezetőt a tápforrás középpontjába kötik. Ez okozza, hogy egy 110 V-os RLV-hálózatban bármelyik L – PE feszültség értéke az érintési feszültség biztonsági határának közelében van (3-fázisú hálózatban 63,5 V és 2-fázisú hálózatban 55 V). Általánosságban az RLV-hálózat nagyon biztonságosnak tekinthető.
Valamennyi fázisvezető biztosítóval védett. Az RLV-hálózat tartalmazhat kiegészítő RCD-védelmet.

2.3 Villamos berendezés típusok a fázisok száma szerint

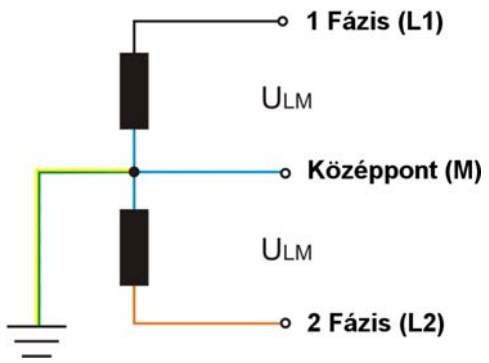
A villamos berendezéseknek általában 1,2 vagy 3 fázisvezetőjük van.
Az 1-fázisú hálózat egyszerűbb és kevésbé anyag- és alkatrészigényes.
A 3-fázisú váltakozó feszültségű hálózat (háromfázisú váltakozó áram) a legkényelmesebb rendszer a nagyteljesítményű forgógépek és nagy terhelések táplálására. (A teljesítmény több vezetékre osztódik, forgómező keletkezik).
A következő ábrák néhány, a leggyakrabban alkalmazott 1-, 2- és 3-fázisú hálózatot mutatnak be.



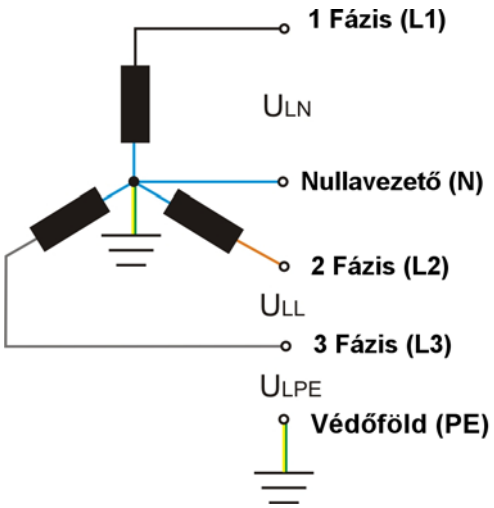
10. ábra: *Szabványos 1-fázisú váltakozó feszültségű rendszer*



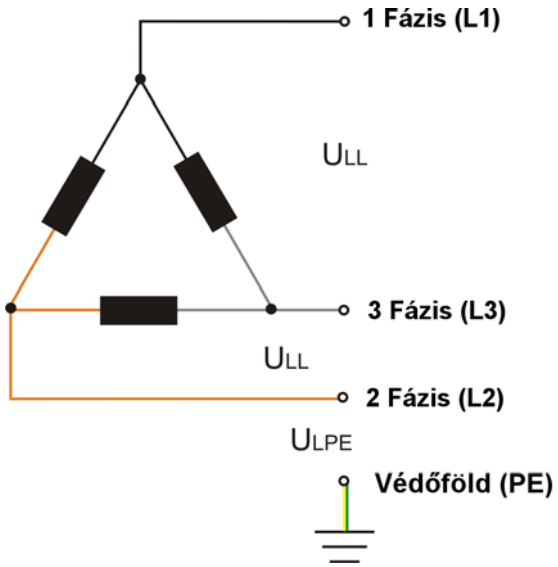
11. ábra: *2-fázisú váltakozó feszültségű rendszer (IT-rendszer)*



12. ábra: *2-fázisú váltakozó feszültségű rendszer (RLV-rendszer)*



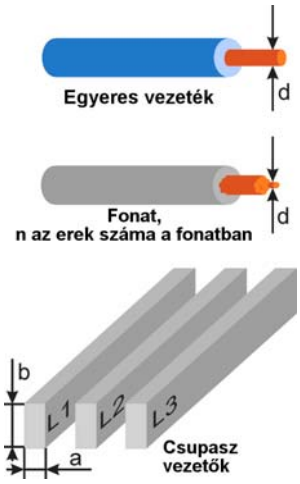
13. ábra: *3-fázisú csillagpont rendszer*

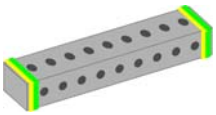
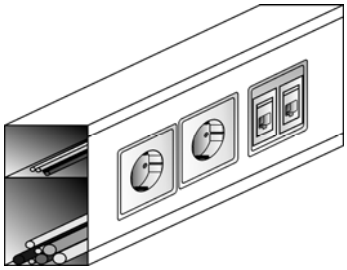


14. ábra: *3-fázisú delta kapcsolás*

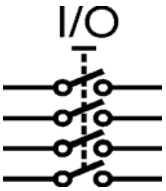
2.4 Villamos berendezések alkotó elemei

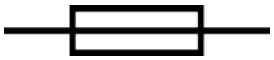
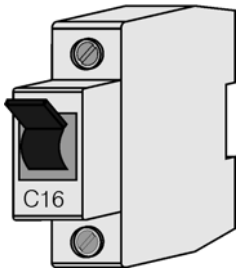
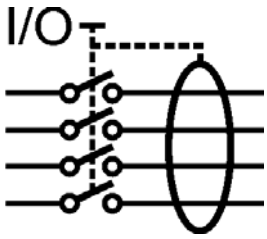
Szerelési alkatrészek

<table>
<tr>
<td>Vezetékek
 
</td>
<td>A vezetékek általában rézből vannak csekély fajlagos ellenállásuk miatt.
A vezeték fő paramétere a névleges áram. Ez a vezeték méretétől és az alkalmazástól függ.
A rézvezeték maximális áramsűrűsége 10 A/mm$^{2.}$ Ha egy vezetéknek nincs helye a hüléshez vagy az áramok ≥100 A értékűek, akkor egy csökkentett 1 A/mm^2 sűrűséget kell figyelembe venni. Általában a védővezetőnek ugyanazt az áramot kell kibírnia, mint az áramot vezető vezetéknek.
Tipikus vezetékformák keresztmetszete:
<table>
<tr><td>Egyeres vezeték</td><td>Fonat</td><td>Csupasz</td></tr>
<tr><td>$d^2\Pi/$□</td><td>$nd^2\Pi/4$</td><td>ab</td></tr>
</table>
n....A fonatban az erek száma

Lásd C függeléket, ami további információkat tartalmaz a névleges áram és a keresztmetszet összefüggésében a PVC szigetelésű egyeres vezetékről.</td>
</tr>
<tr>
<td>Védővezető gyűjtősín
  </td>
<td>A védővezető gyűjtősín védővezetők (PE) csatlakoztatására való. Zöld/sárga jelzéssel rendelkezik.</td>
</tr>
<tr>
<td>Nullavezető gyűjtősín
 </td>
<td>A nullavezető sín nullavezetők csatlakoztatására való. Kék jelzéssel rendelkezik.</td>
</tr>
<tr>
<td>Kábelcsatorna
  </td>
<td>A hálózati vezetékek tartására és védelmére szolgálnak. Műanyagból vagy fémből készülhetnek. A fémcsatornákat csatlakoztatni kell a védőföldhöz. A jel-, vezérlő- vagy kommunikációs vezetékeket külön csatornában kell elhelyezni, a tápvezetékekből származó zajok elkerülése érdekében.</td>
</tr>
</table>

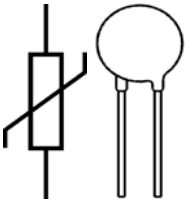
Kapcsoló elemek

<table>
<tr>
<td>Leválasztó kapcsoló (kapcsoló)
 
</td>
<td>Az alkatrész a teljes hálózat vagy egy részének a táplálásról történő lekapcsolására szolgál. Általában valamennyi fázis- és nullavezetőt leválasztja. A leválasztó kapcsolót jól láthatóan kell jelölni és könnyen hozzáférhető kell legyen.
Paraméterek:
- Névleges kapcsolási feszültség: A leválasztó kapcsoló maximális munkafeszültsége.
- Névleges kapcsolási áram: A leválasztó kapcsoló maximális árama.</td>
</tr>
</table>

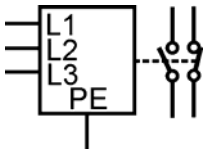
Biztosítók  Olvadóbiztosítók Kismegszakítók 	Egy alkatrész, amely a hálózat túláramvédelmére készült. A védelmi eszközök vagy olvadóbiztosítók vagy kismegszakítók. Fontos biztosító paraméterek: - *Névleges üzemi áram I_N*: az a maximális áram, amely tartósan folyhat anélkül, hogy a biztosító kioldana. - *Névleges üzemi feszültség U_N*: az a maximális feszültség, amelyet a biztosító kibír. Amennyiben a névleges feszültség kisebb, mint az üzemi feszültség, a biztosító egy feszültségátütés következtében leválasztást követően is tovább vezet. - *Lekapcsolási áram I_A*: az a minámális áram, amely a biztosító kioldásához kell egy szükséges időn belül. - *Kapcsolási képesség:* az a maximális áram, amelynél a biztosító működik. Ha a biztosítón átfolyó áram nagyobb ennél, lehet, hogy a biztosító a lekapcsolás után tovább vezet, mert ívet húz, különösen induktív terhelőáramoknál. Fontos, hogy a megfelelő biztosítót válasszuk és szereljük a védett áramkörbe. Alulméretezett biztosítók a normál üzem folyamán gyakori megszakításokhoz vezethetnek. Túlméretezett biztosítók a táplálást hiba esetén valószínűleg nem megfelelően szakítanák meg. Ez súlyos következményekhez vezethet.
RCD 	Az áram-védőkapcsoló (RCD) akkor old le, ha az átfolyó áramok különbsége meghaladja az $I_{\Delta N}$ –t. Egy különbségi áram figyelő vezérli a leválasztó kapcsolót. Fő paraméterek: - *Névleges különbözeti áram ($I_{\Delta N}$)*: az a névleges áramkülönbség, amely a beépített leválasztó kapcsolót kioldja, hogy a védett áramkört lekapcsolja. Az RCD kiold, ha a különbözeti áram $I_{\Delta N}/2$ és $I_{\Delta N}$ között van. - *A különbözeti áram görbéje:* a különbözeti áram formája, amelyre az RCD érzékeny. Típusai: AC, A és B. - *Időkésleltetés (szelektiv)*: a normál RCD-k késleltetés nélküliek. Az időkésleltetett (szelektiv) típusok kioldásához a különbözeti

	áramnak hosszabb ideig kell az RCD-n keresztül folynia. Ezért lehet érzékenyebb RCD-ket a hálózat rész áramköreibe (pl. fürdőszoba) telepíteni anélkül, hogy zavarnák egymást. - *Névleges kapcsolási feszültség:* az a maximális üzemi feszültség, amelyet az RCD-re szabad adni. - *Névleges kapcsolási áram:* maximális áram az RCD-n keresztül (valamennyi vezetéken) Megjegyzés: További információkat az RCD-ről és hasonló alkatrészekről az A Függelékben találnak.

Egyéb védelmi eszközök

Túlfeszültség védelmi eszközök Varisztor  Gázkisülésű cső, túlfeszültség korlátozó 	A túlfeszültség védelmi alkatrészek rövid túlfeszültségek (induktív terhelések kikapcsolása, villámlás) energiáját nyelhetik el. A hálózat valamint az elektronikus készülékek védelméről gondoskodnak. Fő paraméterek: - *Névleges feszültség:* Az a maximális tartós feszültség, amelyet a túlfeszültség védelmi alkatrész tartani tud anélkül, hogy vezetne. A legtöbb gyártó ezeket az alkatrészeket az effektív értékkel jelöli, de néhányan a vizsgáló egyenfeszültséggel jelölik. Az egyenfeszültség értéke és az effektív érték közötti összefüggés: $U_{eff} = U_{DC} / 1{,}6$. - *Névleges energia felvétel vagy maximális áram:* Az energia legnagyobb értéke egy túlfeszültségcsúcs idején, amelyet az alkatrész még ritka ismétlések esetén is el tud nyelni. Az alkatrész károsodik, ha egy túlfeszültségcsúcs idején, pl. villámcsapás, az áram vagy az elnyelt energia nagyobb, mint a megadott névleges érték. Az alkatrész csak megfelelő vonali impedancia és hurokimpedancia esetén hatásos. Kis vonali impedancia és hurokimpedancia esetén nagyobb energia felvételű vagy nagyobb áramú alkatrészeket kell választani.
RCM (szivárgó áram figyelő) 	A szivárgó áram figyelés a maradék áramokat figyeli. Egy differenciáláram megfigyelésből (hasonló, mint egy RCD-ben) és vészjelzésből áll. A vészjelzés akkor következik be, ha a maradék áram az előre beállított küszöböt átlépi. Fő paraméterek: - *Küszöb hibaáram (I_{Δ}):* az az áramkülönbség, amely a beépített vészjelzést kiváltja. Általában beállítható ($I_{\Delta N}$ –érték, késleltetés) - *Névleges áram és feszültség:* mint az RCD-nél

IMD (szigetelésfigyelő)

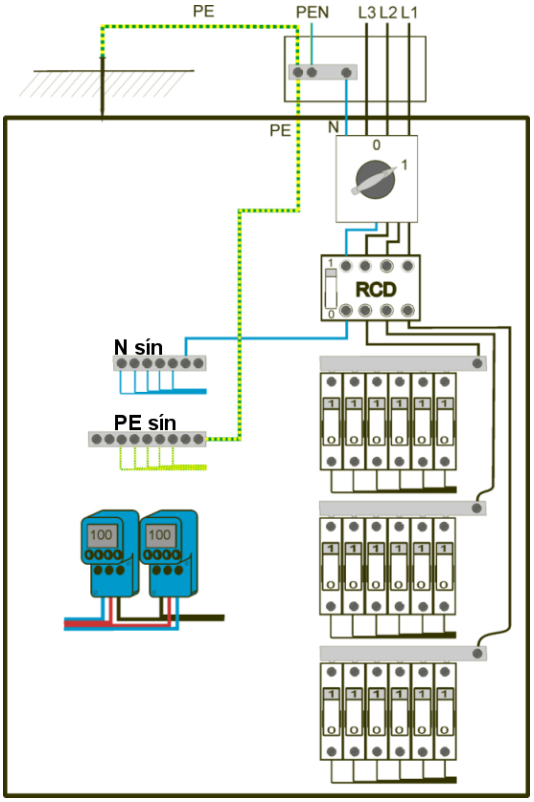


A szigetelésfigyelő a szigetelési ellenállást figyeli a tápvezetékek és a védőföld között. Szigetelést mérő eszközből és vészjelzőből áll. A vészjelzés akkor következik be, ha a szigetelési ellenállás az előre beállított küszöbnél kisebb lesz.

Fő paraméterek:

- *Küszöb szigetelési ellenállás:* az a minimális szigetelési ellenállás (impedancia), amely a beépített vészjelzést működésbe hozza. Ez általában beállítható.
- *Névleges feszültség:* az a maximális üzemi feszültség, amelyet az IMD-re lehet alkalmazni.

Kapcsolótáblák, kapcsoló berendezések

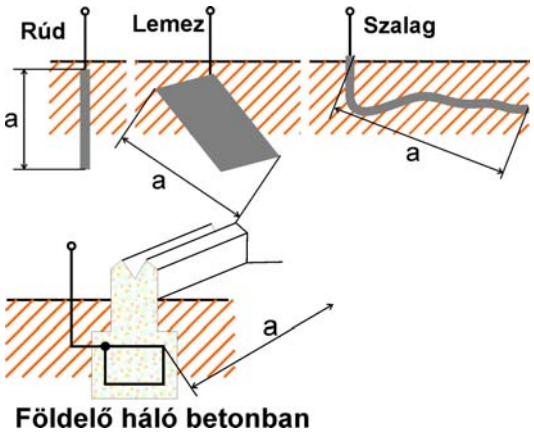


Elosztótábla
Olyan tábla, amelyen a beérkező tápáramkör az épületszakaszokon keresztül elosztásra kerül. Kijelzőket, leválasztó kapcsolókat, RCD-ket, biztosítókat stb. tartalmaz.

Biztosítótábla
Olyan tábla, amely főleg biztosítókat tartalmaz a rész áramkörök szelektív védelméhez.

Kapcsolótábla, kapcsoló berendezés
Hasonló, mint az elosztótábla; vezérlési- és mérőeszközöket is tartalmaz.

Földelők

Földelők  	Talajba helyezett fémek, mint pl. lemez, rúd vagy szalag, feszültségforrások, elosztók, villamos berendezés vagy testek földelésére. Földelők fő földelések, villámvédelmi rendszerek létrahozásához. Az „a“ paraméter ábrázolja a földelő maximális méretét, amit számításokhoz és mérésekhez használnak.

Egyéb

Fogyasztásmérő 	Készülék a felhasznált villamos energia méréséhez és regisztrálásához. A fogyasztás méréséhez valamennyi fázisvezetőt csatlakoztatni kell. A mérő rendelkezhet kiegészítő bemenetekkel vezérlő készülékek csatlakoztatásához.

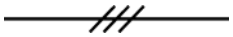
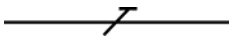
2.5 A villamos berendezések alkotóelemeinek jelölése

Vezetékek jelölése
Az 1, 2, 3 és 4 táblázat olyan vezetékjelöléseket valamint rövidítéseket tartalmaz, amelyeket az IEC-szabványokban rögzítettek.

A jelölt vezeték	**A készüléken lévő csatlakozók jelölése**	**Grafikus szimbólumokkal történő jelölés a készüléken [b]**
Váltakozó feszültségű vezeték		
1 fázis (L1)	U	
2 fázis (L2)	V [a]	
3 fázis (L3)	W [a]	
Középponti vezeték (M)	M	
Nullavezető (N)	N	
Egyenfeszültségű vezeték		
Pozitív (L+)	+	
Negatív (L-)	-	
Védővezető (PE)	PE	
PEN-vezető (PEN)	PEN	
PEL-vezető (PEL)	PEL	
PEM-vezető (PEM)	PEM	
Védő egyenpotenciálra hozó vezető (PB)[C]	PB	
Földelt (PBE)	PBE	
Földeletlen (PBU)	PBU	
Üzemi földelővezető (FE)[d]	FE	
Üzemi potenciálkiegyenlítő vezető (FB)	FB	

Megjegyzések:
a Csak olyan hálózatoknál szükséges, ahol több mint egy fázis van.
b A mutatott grafikus szimbólumok megfelelnek az MSZ EN 60417-ben lévő szimbólumoknak.
c Egy védő egyenpotenciálra hozó vezető a legtöbb esetben egy földelt védő egyenpotenciálra hozó vezető. Ebben az esetben nem szükséges ezeket PBE-vel jelölni. Ahol földelt védő egyenpotenciálra hozó vezető is és földeletlen védő egyenpotenciálra hozó vezető is van, egyértelműen meg kell tudni különböztetni őket, előnyös ha PBE és PBU jelöléssel látjuk el őket.
d Sem az FE jelölést sem a grafikus 5018 szimbólumot (az IEC 60417-ből) nem szabad vezetékek vagy csatlakozók jelölésére alkalmazni, mivel ezeknek védőfunkcióik vannak.

1. táblázat: *Vezetékek és eszközök jelölése (MSZ EN 60445)*

	Fázisvezetők csoportja (L1..L3)
	Nullavezető (N), középponti vezető (M)
	Védővezető (PE)
	Kombinált védő- és nullavezető (PEN)

2. táblázat: *Vezetők jelölése a hálózati terveken*

Háromfázisú vezetők jelöléseit az idő múlásával módosították. A következő táblázat mutatja a régi jelöléseket összehasonlítva az új jelölésekkel:

Tápvezetékek	
Aktuális	Régi
L1	R
L2	S
L3	T

Készülékek csatlakozói			
Szimpla háromfázisú csatlakozások		Több háromfázisú csatlakozás	
Aktuális	Régi	Aktuális	Régi
U	U	U1	U
V	V	V1	V
W	W	W1	W
		U2	X
		V2	Y
		W2	Z

3. táblázat: *Háromfázisú vezetékek (régi és új jelölések)*

Vezetéktípus	Jelölés	Szín
1 fázis	L1	Fekete vagy barna vagy szürke
2 fázis	L2	
3 fázis	L3	
Nullavezető	N	Kék
Középponti vezető	M	
Védővezető	**PE**	**Zöld/sárga**
Védő- és nullavezető	PEN	Zöld/sárga kék jelölésekkel a csatlakozókon vagy kék zöld/sárga jelölésekkel a csatlakozókon.
(+)-vezeték	L+	A szabvány nem helyez előtérbe semmilyen színt, de gyakran használ piros L+ és kék vagy fekete L- jelölést.
(-)-vezeték	L-	

4. táblázat: *Vezetékszinek (MSZ EN 60445)*

Megjegyzés:
A zöld-sárga szín csak a védővezetőhöz van rendelve és más célra nem szabad használni.

3 Előírások és szabványok

3.1 Direktívák, előírások

Általában a villamos berendezések előírásokkal jól lefedettek (tervezés, vizsgálat, biztonság stb.). A legtöbb országban valamennyi villamos eszköz alapos és megfelelően dokumentált vizsgálata a teljes élettartama alatt törvényileg szabályozott.
A legfontosabb előírások, amelyek a villamos berendezések területét szabályozzák, a következők:

- EU-irányelvek; ezek az EU teljes területén kötelezőek.
- Nemzeti törvények, rendeletek, szabályzatok, szakmai ajánlások (pl. munkavédelmi törvények, eljárások, szabályzatok)
- Műszaki szabványok, (IEC, IEEE, EN, MSZ)

A nemzeti előírások részletes leírásait jelen segédletben nem tudjuk szerepeltetni.

3.2 Szabványok

A szabványok olyan műszaki dokumentumok, amelyek speciális műszaki területeket vagy termékeket fednek le (pl. tervezéssel, karbantartással, vizsgálattal és ellenőrzéssel kapcsolatban). Ezek nagyon fontosak, mivel

- világszerte egységes és összehasonlítható rendszert alkotnak,
- a technika elismert állapotát tükrözik vissza.

Ebben a fejezetben azokat a legfontosabb szabványokat soroljuk fel, amelyek a villamos berendezések biztonságára és vizsgálatára vonatkoznak.

A szabványokat világszerte különböző szabványokkal foglalkozó szervezetek készítik, pl.: IEC, IEEE, CENELEC, CEN, ISO, IEE, ETSI, DIN, VDE, JST, BSI, AST, ANSI stb.
Az IEC (International Electrotechnical Committee) a legnagyobb nemzetközi szabvánnyal foglalkozó szervezet az elektrotechnika területén. Ennek műszaki bizottságai és munkacsoportjai folyamatosan meghatározott műszaki területekkel foglalkoznak és új (IEC-) szabványokat és kiadásokat dolgoznak ki.
A nemzetközi szabványokkal foglalkozó szervezetek mellett léteznek nemzeti szabványokkal foglalkozó szervezetek vagy intézmények. Ezek átveszik a nemzetközi szabványokat a nemzeti szintekre. Néha saját szabványokat is létrehoznak, ha a nemzetközi szabványokat nem tartják kielégítőnek.
A CENELEC az a szervezet, amely az EU-országok elektrotechnikai szabványait egymással harmonizálja. Miután egy IEC-szabványt európai szintre harmonizáltak, EN-szabványként kerül kiadásra, ugyanazzal a számozással.

Az 5. táblázat tartalmazza azokat a legfontosabb szabványokat, amelyek a villamos berendezésekre vonatkoznak.

Megjegyzés:
A helyi szabványok leggyakrabban IEC-szabványokon alapulnak; ezért jelöljük a szabványokat ebben az iránymutatóban IEC szabványként.

3.2.1 Kisfeszültségű villamos berendezések

Általános IEC-szabványok

MSZ EN 60364-1	Kisfeszültségű villamos berendezések. 1. rész: Alapelvek, általános jellemzők elemzése, fogalommeghatározások
MSZ EN 60364-4 sorozat	Kisfeszültségű villamos berendezések. 4. rész: Biztonság
	4-41. rész: Áramütés elleni védelem
	42. kötet: Hőhatások elleni védelem
	43. kötet: Túláramvédelem
	44. kötet: Túlfeszültség védelem
MSZ EN 60364-5 sorozat	Kisfeszültségű villamos berendezések. 5. rész: Villamos Szerkezetek kiválasztása és szerelése
	51. kötet: Általános előírások
	52. kötet: Kábel- és vezetékrendszerek
	53. kötet: Kapcsoló- és vezérlőkészülékek
	54. kötet: Földelőberendezések, védővezetők és védő egyenpotenciálra hozó vezetők
	55. kötet: Egyéb szerkezetek
	56. kötet: Biztonsági berendezések táplálása
MSZ EN 60364-7 sorozat	Kisfeszültségű villamos berendezések. – 7 rész: Különleges berendezésekre vagy helyiségekre (helyekre) vonatkozó követelmények
MSZ EN 62305 sorozat	Villámvédelem
IEC 61201	Az érintési feszültség küszöbértékei villamos áramütés elleni védelemhez

5. táblázat: *Kisfeszültségű villamos berendezések általános IEC-szabványai*

Általános EU- és nemzeti szabványok

HD 384 sorozat	Harmonizálással kapcsolatos dokumentumok egyes MSZ EN 60364 sorozatú szabványok alkalmazására vonatkozóan.
DIN/VDE 0100 sorozat	Az MSZ EN 60364 sorozatú szabvánnyal harmonizáló német szabványok a villamos berendezésekre vonatkozóan.
BS 7671 sorozat	Az MSZ EN 60364 sorozatú szabvánnyal harmonizáló brit szabványok a villamos berendezésekre vonatkozóan.
AS/NZS 3018	Ausztrál / újzélandi szabványok a villamos berendezésekre vonatkozóan – lakóház berendezései.
IEEE-szabvány 80	IEEE-iránymutatás az alállomások földelésének biztonságára vonatkozóan (USA)
IEEE-szabvány 142	IEEE által javasolt eljárási szabályok ipari és lakossági hálózatok földelésére vonatkozóan (USA)
MSZ EN 50110-1	Villamos berendezések üzemeltetése.
MSZ EN 50110-2	Villamos berendezések üzemeltetése (nemzeti mellékletek)

6. táblázat: *Villamos berendezések általános szabványai*

3.2.2 Alkotóelemek villamos berendezésekben

IEC-szabványok

IEC/TR 60755	Hibaárammal üzemeltetett védőkészülékek általános követelményei.
MSZ EN 61008 sorozat	Áram-védőkapcsolók, beépített túláramvédelem nélkül, háztartási és hasonló alkalmazásokra (RCCB-k).
MSZ EN 61009 sorozat	Áram-védőkapcsolók, beépített túláramvédelemmel, háztartási és hasonló használatra (RCBO-védőkapcsolók).
MSZ EN 60269 sorozat	Kisfeszültségű biztosítók.
MSZ EN 60445	Az ember-gép kapcsolat, a megjelölés és az azonosítás alapvető és biztonsági elvei. A villamos gyártmánykapcsok és a hozzájuk csatlakozó vezetékvégek azonosítása.
MSZ EN 60446	Az ember-gép kapcsolat, a megjelölés és az azonosítás alapvető és biztonsági elvei. A vezetők azonosítása színnel vagy alfanumerikus jellel.
IEC/TR 61818	Iránymutatás kisfeszültségű biztosítók alkalmazásához

7. táblázat: *IEC-szabványok villamos berendezésekben alkalmazott készülékekre*

3.2.3 Villamos berendezések biztonságának vizsgálata és megfigyelése

IEC-szabvány

MSZ EN 60364-6	Kisfeszültségű villamos berendezések. – 6. rész: Ellenörzés

8.táblázat: *IEC-szabvány villamos berendezések vizsgálatára, ellenőrzésére és megfigyelésére*

EU- és nemzeti szabványok

AS/NZS 3017	Ausztrál / újzélandi szabvány: Villamos berendezés – Iránymutatás vizsgálat és szemle vonatkozásában
ES 59009	Villamos berendezések szemléje és vizsgálata lakásokban (CENELEC)
IEEE-szabvány 81	IEEE-iránymutatás fajlagos talajellenállás, villamos berendezés földelésének és a föld felületi feszültségeinek mérésekhez – 1. rész: Normál mérések

9.táblázat: *Szabványok villamos berendezések vizsgálatához, megfigyeléséhez és ellenőrzéséhez*

Vizsgáló- és mérőműszerek

MSZ EN 61557 sorozat	Legfeljebb 1000 V váltakozó és 1500 V egyenfeszültségű kisfeszültségű elosztórendszerek villamos biztonsága. A védelmi intézkedések vizsgálatára, mérésére vagy megfigyelésére szolgáló berendezések.

10. táblázat: *Vizsgáló- és mérőműszerek*

A 4.3.1 fejezetben további információkat találnak az IEC 61557 sorozatú szabványokról.

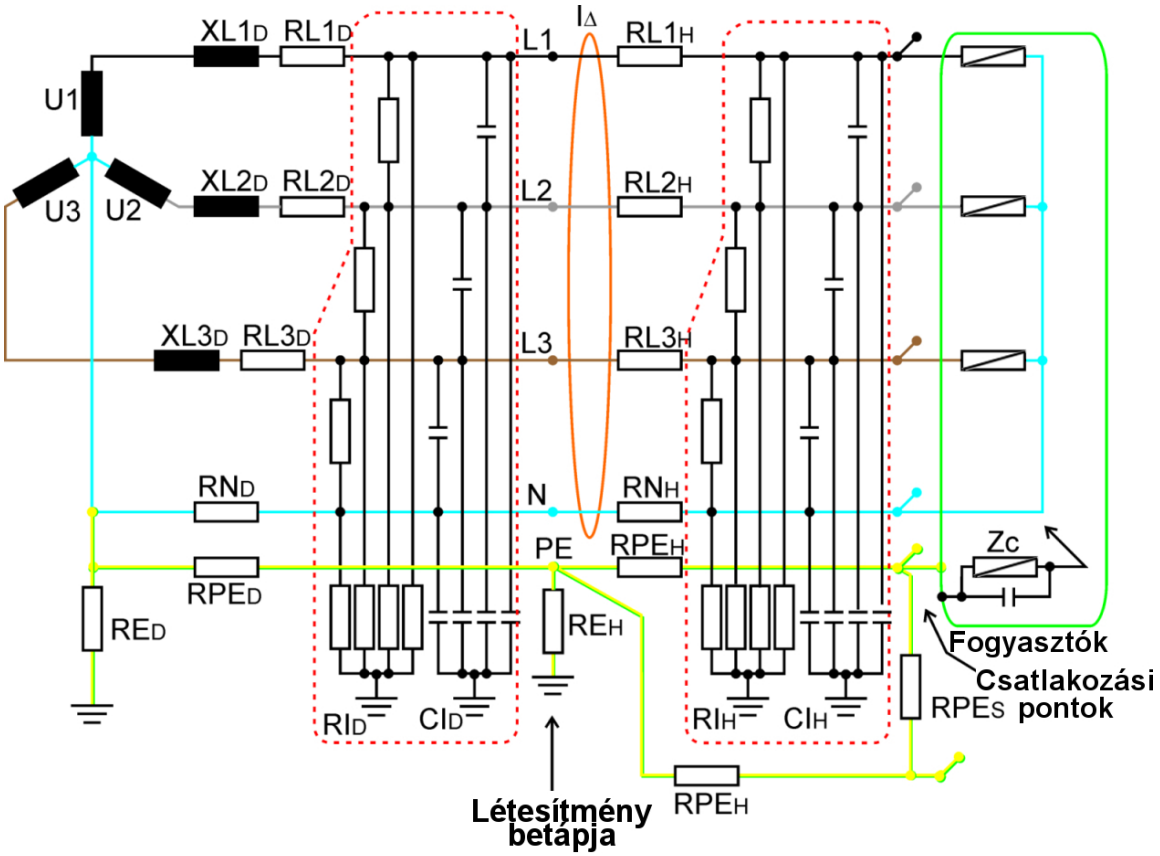
4 Villamos berendezések biztonsága

4.1 Villamos berendezések helyettesítő kapcsolási rajzai

A 15. ábra egy villamos berendezés részletes kapcsolási rajzát tartalmazza.
Az alkatrészek (ellenállások, kondenzátorok) a következőket ábrázolják:

- A hálózat fontos, a biztonsággal kapcsolatos paramétereit.
- Azokat a paramétereket, amelyeket a biztonsági ellenőrzéskor mérnek.

Az alkatrészek jelentését a 11. táblázat tartalmazza.



15. ábra: Kisfeszültségű villamos berendezés kapcsolási rajza

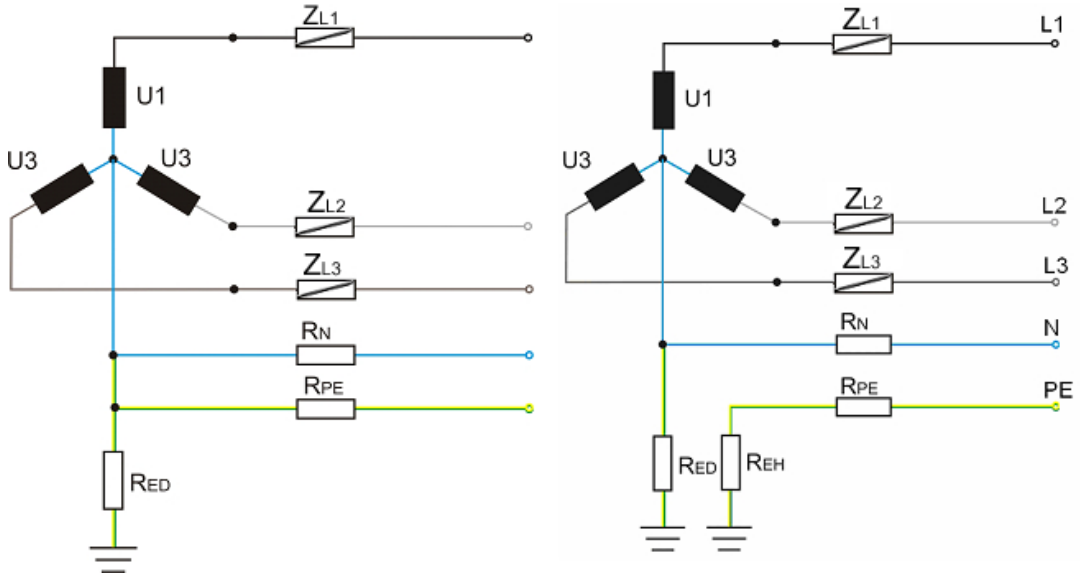
Táprész (elosztórész)	
U1, U2, U3	Hálózati feszültség (tápforrás)
XL1D, XL2D, XL3D RL1D, RL2D, RL3D	A villamos berendezés impedanciája a bemeneten (betáp) Az impedanciák a következőkből állnak: - az elosztókábelezés ellenállásai; - a tápforrás ellenállásai (az elosztó transzformátor impedanciája, a teljes hálózat transzformált impedanciái)
RND	Az elosztó hálózat nullavezetőjének ellenállása.
RPED	Az elosztó hálózat védővezető ellenállása.
RED	Az elosztó hálózat földelési ellenállása.

R_{ID}, C_{ID}	A csatlakoztatott készülék impedanciája két-két vezeték között és az összes vezeték impedanciája a föld felé az elosztói oldalon.
Berendezés rész (fogyasztó rész)	
$RL1_H$, $RL2_H$, $RL3_H$	A villamos berendezés fázisvezetőinek ellenállásai.
RN_H	A villamos berendezés nullavezetőjének ellenállása.
RPE_H	A villamos berendezés védővezetőjének ellenállása.
RE_H	A villamos berendezés földelési ellenállása
RPE_S	A kiegészítő egyenpotenciálú összekötések ellenállása.
R_{IH}, C_{IH}	Szigetelési ellenállások és kapacitások a létesítmény hálózatának két-két vezetéke között és minden vezetéktől a földhöz beleértve a reaktív energiakompenzációs rendszerek kapacitásait.
I_Δ	Különbségi szivárgó áram a létesítmény belépési pontján.
R1L, R2L, R3L	Terhelő ellenállások.
Zc	Szigetelési impedanciák a fogyasztókban, beleértve a szigetelési ellenálllásokat és kapacitásokat, EMC-alkatrészeket, stb.
Csatlakozási pontok	Általában ezek fali dugaszoló aljzatok és más csatlakozók.

11. táblázat: *Alkatrészek listája*

A 16. ábra villamos berendezések azon egyszerűsített TN- és TT-kapcsolási rajzait mutatja, amelyeket gyakrabban alkalmaznak :

- XL_D, RL_D, RL_H összevonva: ZL
- RN_D, RN_H összevonva: RN
- RPE_D, RPE_H összevonva: RPE
- R_{ID}, C_{ID}, R_{IH}, C_{IH}: nincsenek ábrázolva.



TN-hálózat *TT-hálózat*

16. ábra: *Szabványos kapcsolási rajz – kisfeszültségű villamos berendezések (TN/TT)*

Az ebben a fejezetben megadott leírások és jelölések a későbbiek folyamán ezen dokumentumban felhasználásra kerülnek.

4.2 Veszélyek

A villamos berendezés sok veszély forrása lehet. A két leggyakrabban előforduló veszély a következő:

- Túlmelegedés a hálózat elemeinek nagy hőleadása, vagy villamos készülékek szigetelési hibája miatt.
- Túl nagy érintési feszültség a megérinthető vezető részeken melynek következtében veszélyes áramok folyhatnak az emberi testen.

Mindkét problémának halálos következményei lehetnek! Még mindig naponta történnek balesetek!
A 12. táblázat a Németországban történt villamos balesetek haláleseteinek számát mutatja. Ez a szám még mindig nagy, jóllehet Németország egyike azon országoknak, amely a legszigorúbb biztonsági előírásokkal rendelkezik és az utóbbi évtizedekben jelentős fejlődést ért el. Sajnos más olyan országokban, ahol az előírások kevésbé szigorúak vagy nem tartják be azokat, nem ilyen pozitívak a tendenciák. Azoknak a baleseteknek és károknak a költségei és következményei, amelyeket hibás villamos berendezések okoznak, a legmesszebbmenően felülmúlják azoknak a beruházásoknak a költségeit, amelyeket a korrekt tervezésre, karbantartásra és vizsgálatra fordítanak.

	1950. év	**1975. év**	**2000. év**
Népesség	10 M	60 M	80 M
Fogyasztás	50 TWh	300 TWh	500 TWh
Halálesetek száma villamos balesetek következtében Németországban	270	215	100

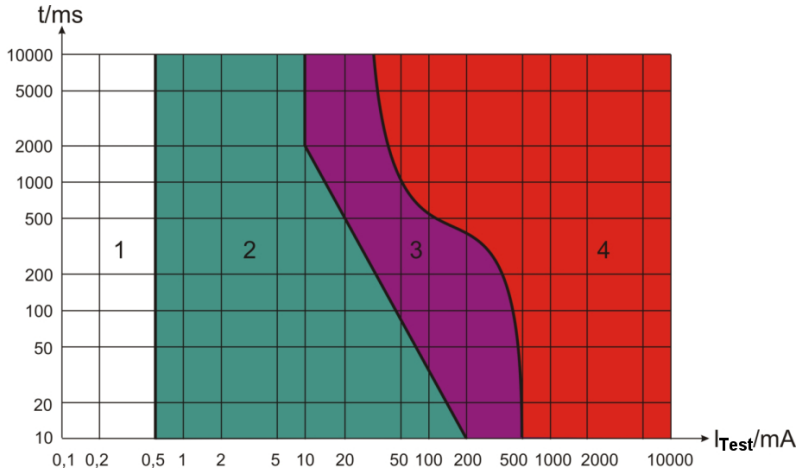
12. táblázat: *Halálesetek villamos áramütés következtében Németországban*

(Forrás: VDEW Frankfurt)

4.2.1 Veszélyes testáramok

Ebben a fejezetben taglaljuk a hibafeszültség veszélyeit és az általa okozott, az emberi testen átfolyó áramokat. Még a relatív kis áramok (milliamper tartományban) is veszélyesek lehetnek! Az is fontos, hogy mennyi ideig folyik a hibaáram a testen keresztül.

A 17. ábra grafikája mutatja az áram/idő összefüggést és annak befolyását az emberi testre.
Mező 1: semmi probléma, csak észlelés
Mező 2: erős reakció, izomösszehúzódás, fájdalom, „elengedési“ küszöb
Mező 3 (halálos lehet): légzési probléma, szivritmuszavar, szívbénulás
Mező 4 (valószinüleg halálos): szervek égési sérülése, szívbénulás.



17. ábra: *Testáram / időtartam veszély összefüggései*

Az MSZ EN 61140 szabvány az alábbiakban határozza meg a megengedett időtartamot az érintési feszültség függvényében:

Maximális hatóidő	Feszültség
>5 s-tól ∞ -ig	$U_C \leq 50\ V_{AC}$ vagy $\leq 120\ V_{DC}$
< 0,4 s	$U_C \leq 115\ V_{AC}$ vagy $\leq 180\ V_{DC}$
< 0,2 s	$U_C \leq 200\ V_{AC}$
< 0,04 s	$U_C \leq 250\ V_{AC}$

13. táblázat: *Hibafeszültség / maximális időtartam*

Látható, hogy a 13. táblázatban lévő időhatárértékek szoros összefüggésben vannak a túláramvédő és a hibaáram-védő eszközök lekapcsolási időhatáraival.

4.2.1.1 Védelmi eszközök lekapcsolási követelményei különböző berendezésekben

A hibafeszültség időben történő lekapcsolása elsődleges védőintézkedés a villamos berendezésekben. Az ebben a fejezetben szereplő képletek határozzák meg a biztonsági berendezések (biztosítók, RCD-k) lekapcsolási feltételeit egy tipikus villamos berendezésben.

Fázishurok (rövidzár) (TN, TT, IT, RLV)
Z_{L1-N}, Z_{L2-N}, Z_{L3-N}, Z_{L1-L2}, Z_{L1-L3}, Z_{L2-L3})

Túláramvédelem:

$$Z_{LN} \cdot I_a \leq U_0 \qquad U_0 = U_{LN} \qquad \text{1. képlet}$$

$$Z_{LxLy} \cdot I_a \leq U_0 \qquad U_0 = U_{LL} \qquad \text{2. képlet}$$

I_a ..... Az az áram, amelynek hatására a lekapcsoló eszköz az előírt időn belül önműködően működésbe lép.
U_0.....hálózati feszültség U_{LN} vagy U_{LL}.
Z_{LN} .....vonalimpedancia Z_{LN}
Z_{xx}.....vonalimpedancia Z_{L1L2} vagy Z_{L1L3} vagy Z_{L2L3}.

Hiba-hurokimpedancia (TT-, RLV-rendszerek)

Túláramvédelmi eszköz alkalmazása esetén a következő feltételnek kell teljesülnie:

$$Z_{LPE} \cdot I_a \leq U_0$$ *3. képlet*

Áram-védőkapcsoló használata esetén következő feltételnek kell teljesülnie:

$$R_A \cdot I_{\Delta N} \leq U_{BL}$$ *4. képlet*

I_Δ ..... Az az áram, amelynek hatására a lekapcsoló eszköz az előírt időn belül önműködően működésbe lép.
$I_{\Delta N}$ ..... Az áram-védőkapcsoló névleges kioldóárama.
*U_0……A névleges fázisfeszültség vagy névleges egyenfeszültség a földhöz képest.**
Z_{LPE} ……A hibahely hurokimpedanciája, ahol a hurok tartalmazza a tápforrást, a fázisvezetőt a hiba helyéig, a testek védővezetőjét, a földelővezetőt, a berendezés földelőjét és a tápforrás földelőjét.
U_{BL} ..... Érintési feszültség határa a testeken.
R_A ..... Földelési ellenállás $R_A = R_E + R_{PE}$ (a földelő és a testek védővezetője ellenállásának összege). Ha R_A értéke nem ismert Z_{LPE}-vel lehet helyettesíteni.
**110 V-os RLV-hálózatokban U_{LPE} =55 V vagy 63,5 V.*

Hiba-hurokimpedancia (TN-rendszerek)

A védelmi eszközök jellemzői és az áramköri impedanciák teljesítsék a következő követelményt:

$$Z_{LPE} \cdot I_a \leq U_0$$ *5. képlet*

I_a ..... Az az áram, amelynek hatására a lekapcsoló eszköz az előírt időn belül önműködően működésbe lép. RCD használata esetén ez az áram a 14. táblázat szerint előírt időn belül lekapcsolást biztosító kioldóárammal egyenlő. A 14. táblázat szerint előírt lekapcsolási idők a ténylegesen várható hibaáramra vonatkoznak, amelyek lényegesen nagyobbak az áram-védőkapcsoló névleges kioldóáramánál (jellemzően 5 $I_{\Delta N}$)
U_0..... A névleges váltakozó feszültség vagy névleges egyenfeszültség a földhöz képest.
Z_{LPE}…….A hibahely hurokimpedanciája, ahol a hurok tartalmazza a tápforrást, a fázisvezetőt a hiba helyéig, és a védővezetőt a hiba helyétől a tápforrásig.

TN-C-rendszerekben nem szabad áram-védőkapcsolókat (RCD-ket) alkalmazni.
Olyan TN-C-S rendszerekben, amelyekben áram-védőkapcsoló használatos, ott ennek a fogyasztói oldalán nem szabad PEN-vezetőt alkalmazni. A védővezetőt az RCD tápoldalán kell a PEN-vezetőhöz kötni.

Hiba-hurokimpedancia (IT-rendszerek)

A testeket egyenként, csoportokban vagy együttesen földelni kell.
A következő feltételeknek kell teljesülni:

$$R_A \cdot I_d \leq U_{CL}$$ *6. képlet*

I_d ..... *A fázisvezető és a test közötti, elhanyagolható impedanciájú első hiba hibaárama. Az I_d értékét befolyásolják a szivárgóáramok és a villamos berendezés teljes földelési impedanciája.*

R_A ..... *Földelési ellenállás* $R_A = R_E + R_{PE}$ *(a testek földelője ellenállása és védővezetője ellenállásának összege)*

U_{CL} ..... *Érintési feszültség határa a testeken. Váltakozó áramú rendszerekben 50 V, egyenáramú rendszerekben 120 V*

A 14. táblázat tartalmazza a végáramkörök leghosszabb lekapcsolási idejeit.

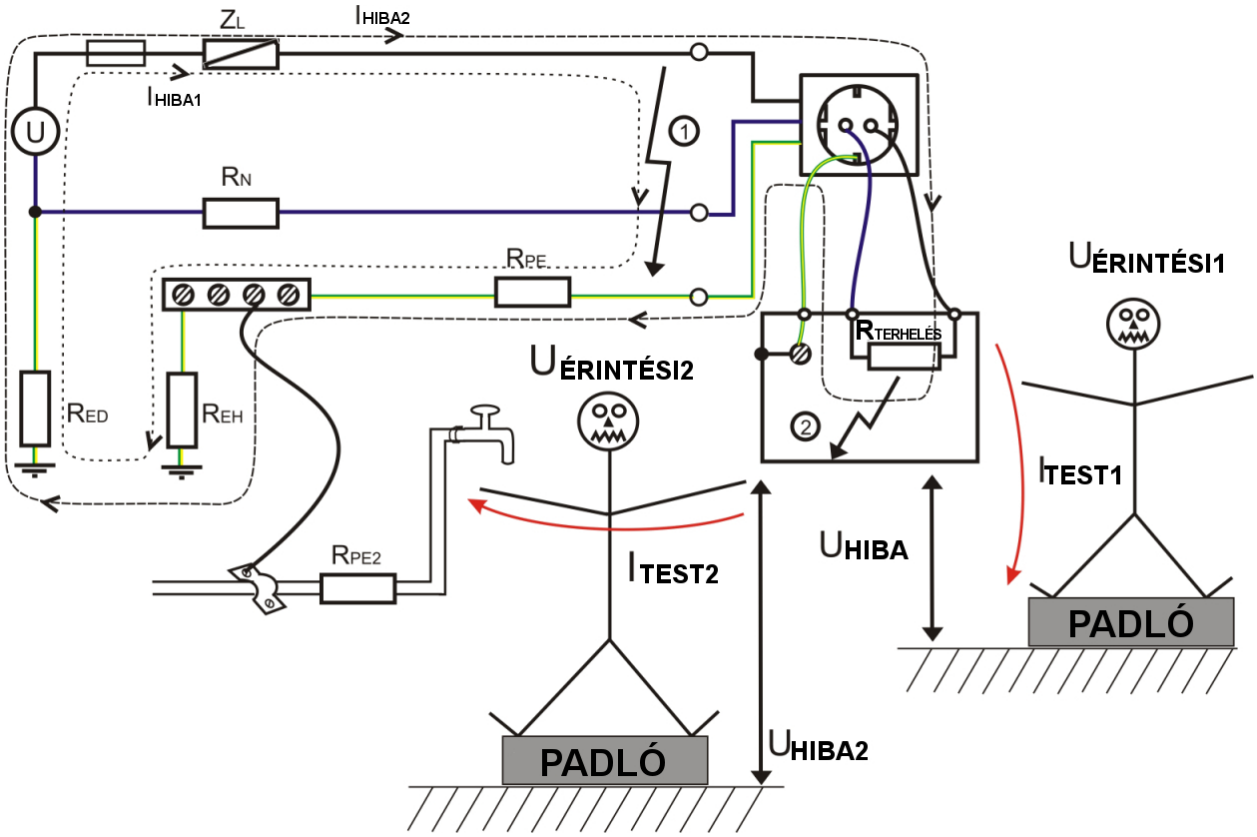
	Névleges feszültségek						
	50 V < U_0 ≤ 120 V	120 V < **U_0 ≤ 230 V**		230 V < U_0 ≤ 400 V		U_0 > 400 V	
	AC	**AC**	DC	AC	DC	AC	DC
Rendszer	Lekapcsolási idők [s]-ban						
TN, IT	0,8	**0,4**	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT, IT	0,3	**0,2**	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

14. táblázat: *Lekapcsolási idők MSZ EN 60364-4-41 szerint*

4.2.2 Egyéb veszélyek

Ebben a fejezetben a villamos berendezések leggyakoribb veszélyei szerepelnek

4.2.2.1 Hibafeszültség, érintési feszültség, hibaáram, testáram



18. ábra: *Hibafeszültségek és –áramok okai*

A 18. ábra azt mutatja, hogyan keletkeznek a veszélyes hibafeszültségek:

- Valahol a berendezésben szigetelési hiba keletkezik, pl.:
  - a fázis- és védővezető között ①,
  - a csatlakoztatott villamos készüléken belül ②.
- A hiba miatt hibaáram kezd el folyni.
- Ha a villamos berendezés földelési ellenállása túl nagy (hibás védővezető, elégtelen földelés, stb.)
  ÉS/VAGY
  ha a védőkészülékek nem hatásosak (hibás típus, hibás méret, stb.),
  akkor a hibafeszültség a testeken (fémtok, vízvezetékek, stb.) a biztonságos szintet túllépheti (a feszültség nagyságát és időtartamát figyelembe kell venni).
- Ha a hibafeszültségen lévő részt megérintjük, a hibaáram egy része keresztülfolyik a testünkön. A testáram nagysága a következő ellenállásoktól függ: hibaellenállás, testellenállás, érintési ellenállás, padló ellenállása, földelési ellenállások, stb.

Összefüggések:

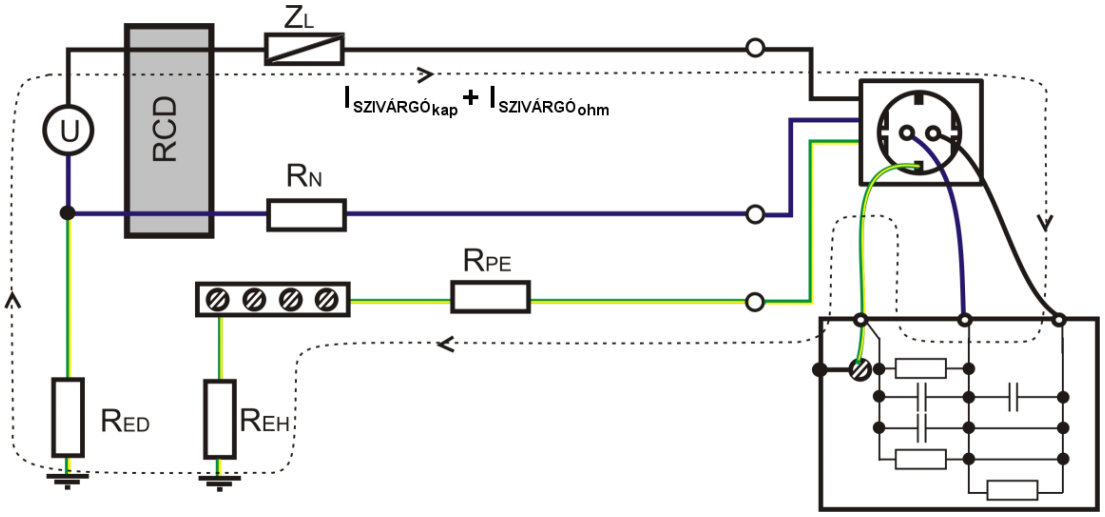
$$U_{HIBA} = I_{HIBA} \cdot (R_{PE} + R_{EH}),$$ *50 V (25 V) alatt kell lennie* *7. képlet*

$$U_{ÉRINTÉSI1} = U_{HIBA} \cdot \left(\frac{R_{TEST}}{R_{TEST} + R_{TALAJ} + R_{ÉRINTÉSI}} \right)$$ *8. képlet*

$$U_{ÉRINTÉSI2} = U_{HIBA} \cdot \left(\frac{R_{TEST}}{R_{TEST} + R_{PE2} + R_{ÉRINTÉSI}} \right)$$ *9. képlet*

U_{HIBA} ..... Feszültség a szabadon lévő fémrészen a földhöz képest.
$U_{ÉRINTÉSI}$.... A hibafeszültség azon része, amelynek az emberi test ki van téve.
I_{HIBA}..... A hibahurokban folyó áram; egy része átfolyhat az emberi testen.
I_{TEST} ..... Az emberi testen átfolyó áram.
R_{TEST}..... Az emberi test ellenállása.
R_{TALAJ}..... A padló (szigetelési-) ellenállása.
$R_{ÉRINTÉSI}$.... Cipők, kesztyűk, stb. (szigetelési-) ellenállása.

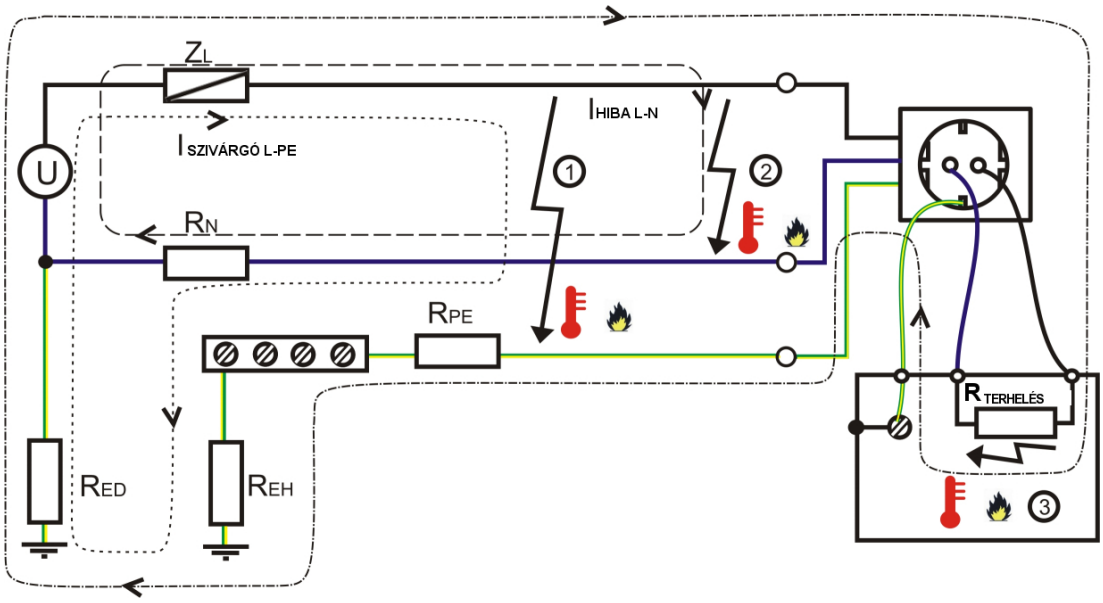
Megjegyzés:
A hiba-/szivárgó áramok nem feltétlenül a hálózat hibájának az eredménye. Szivárgó áramokat az elektronikai készülékek EMC-szűrői is okozhatnak. Természetesen az előre megadott biztonsági szint alatt kell maradniuk; különben az RCD-k kioldásához és más zavarokhoz vezethetnek.



19. ábra: *Szivárgó áramok okai*

4.2.2.2 Túlmelegedés

A 20. ábrán látható, hogyan keletkezik egy helyi túlmelegedés:

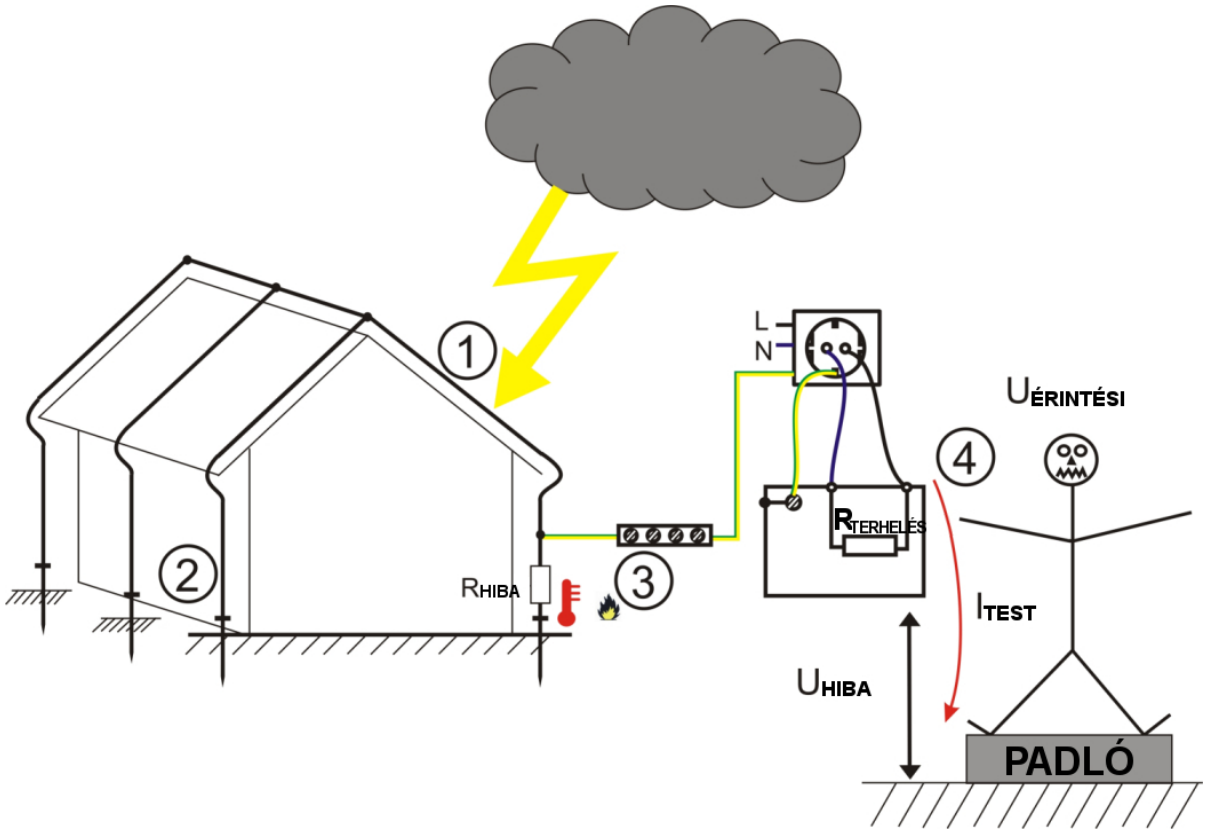


20. ábra: *Túlmelegedés oka*

- Valahol a berendezésben hiba keletkezik,pl.:
  - Szigetelési hiba a fázis és a védővezető (1) , vagy a fázis és nullavezető (2) között.
  - Hiba egy villamos készülékben (3) (rövidzár, szakadás, hibafunkció, stb.).
- Ennek eredményeként hibaáram kezd el folyni. Ha a hálózat vagy a villamos készülék részei nincsenek ekkora hibaáramra tervezve, akkor túlmelegedhetnek. Ez tüzet okozhat.

4.2.2.3 Villámcsapás

A villámcsapás a Föld számos pontján komoly veszélyt jelent a villamos berendezések és a csatlakoztatott villamos készülékek számára.
A következő ábrán példát mutatunk arra, hogyan tud villámcsapás (a nem kielégítő villámvédelmi berendezés miatt) tüzet okozni és a villamos berendezésben mindenhol hibafeszültségeket gerjeszteni.



21. ábra: *Veszélyforrások villámcsapásnál*

- A ház villámvédelmi rendszerét villámcsapás (1) érte.
- Tökéletes villámvédelmi rendszerben a felszabaduló energia által okozott töltés többletet a földelő korrekt módon levezeti (2). A föld és a földelősín közötti impulzus feszültség relatívan kicsi marad.
- Hibás villámvédelmi rendszerben (pl. hibás földelőrudak) azonban a szabadon lévő megérinthető vezető részeken (védővezető, egyenpotenciálra hozó vezetők) (3) nagy energiájú ellenőrizhetetlen impulzus túlfeszültségek keletkezhetnek. A nagy energiájú impulzusok a vezetékeken keresztül belépnek a villamos berendezésbe; túlmelegedés és veszélyes hibafeszültségek keletkezhetnek az egész hálózatban (4), nem csak a becsapódás helyén.

Megjegyzés:

- A nem közvetlen becsapódásnak hasonló következményei lehetnek. A nagy túlfeszültségcsúcsok nagy távolságokról villamos vezetékeken keresztül és valamennyi vezetéken keresztül (L, N vagy PE) is beléphetnek a hálózatba.

4.2.2.4 Villamos berendezés hibái - Összefoglalás

A 15. táblázat a villamos berendezés jellemzői hibáit foglalja össze.

Hiba	Gyakori hibaokok	Lehetséges veszélyek	Jellemző védőintézkedések	Mérés
Szigetelési hiba	- Szigetelőanyag romlása, régi anyagok; - Nedvesség, piszok; - A hálózat alkatrészeinek hanyag szerelése (fényforrások, készülékek; - Károsodott szigetelő rétegek.	- Szikraképződés, helyi túlmelegedés és tűz (elég energiánál) - Hibaáramok, ha PE érintve van - Feszültség szabadon lévő, megérinthető fémrészeken	- IMD-k (szigetelés figyelők) - Vezetékek szigetelése - Megfelelő távolságok és kúszóáram utak, védőelválasztások	SZIGETELÉS MSZ EN 61557-2
Hibaáram (1) **Szivárgó áram** **Érintési feszültség**	- Szigetelési hiba, PE vagy testek is érintve vannak - Szűrőkondenzátorok és –ellenállások a csatlakoztatott készülékekben	- Áramütés (lásd hibaáram (1)) nagy testáram miatt, ha szabadon lévő fémrészt érintenek meg. Testáramok folyhatnak a föld felé vagy két szabadon lévő fémrész között. Különösen veszélyes, ha a földelés érintve van.	- RCD-k, RMD-k - Kis földelési ellenállás	RCD-vizsgálat + UC MSZ EN 61557-6 Lakatfogós szivárgóáram mérés MSZ EN 61557-13 kis Ω (folytonosság) MSZ EN 61557-2 földelési ellenállás MSZ EN 61557-3,5
Hibaáram (2)	- Kis ellenállású nyomvonal (hiba) fázis és PE között - Hibás szerelés, villamos készülék hibája	- Áramütés (lásd hibaáram(1)) ÉS - Azok a hibaáramok, amelyek sokkal nagyobbak mint a kábelezés- és hálózat-/készülék alkatrészeinek névleges terhelhetősége (rövidzárak, átütések stb.), túlmelegedést és tüzet okozhatnak. - Különösen veszélyes, ha nem kiegészítő védőkészülékek kerültek beépítésre.	- Biztosítók, RCD-k - Megfelelően kicsi földelési ellenállás	Hurokimpedancia/ hibaáram IPFC MSZ EN 61557-3
Rövidzárási áram	- Kis ellenállású nyomvonal (hiba) fázis és PE között vagy fázis és nullavezető között - Hibás szerelés, villamos készülék hibája	- Azok a hibaáramok, amelyek sokkal nagyobbak mint a kábelezés- és hálózat-/készülék alkatrészeinek névleges terhelhetősége (rövidzárak, átütések stb.), túlhevülést és tüzet okozhatnak. - Különösen veszélyes, ha nem kielégítő védőkészülékek kerültek beépítésre.	- Biztosítók	Vonalimpedancia/ hibaáram IPSC MSZ EN 61557-3
* Szabvány előkészületben				

15. táblázat: *Villamos berendezések veszélyeinek összefoglalása*

4.3 Mérőkészülékek villamos berendezésekhez

Villamos berendezések vizsgálatához csak speciális vizsgáló készülékeket, érintésvédelmi műszereket érdemes használni.
Az érintésvédelmi műszerek biztonságának szintje sokkal nagyobb, mint más villamos készülékeknek.

- A mérőkészülékek a mindennapi használatban a feszültség alatt lévő villamos berendezésekben gyakran nem védett kapcsolótáblák, dugaszoló aljzatok, kapcsolók vagy más nehéz körülmények között kénytelenek dolgozni.
- Néhány vizsgálatot magas feszültséggel és árammal kell elvégezni. Ezek a feszültségek és áramok semmi körülmény között sem okozhatnak veszélyt a hálózatban.
- A mérőkészülékeknek nagy zavarállósággal kell rendelkezniük a táphálózat elektromágneses és más zavaraival szemben.
- A műszerek használójának a gyártó által megadott biztonsági intézkedéseket ismernie kell és figyelembe kell azt vennie.

Ez a fejezet a villamos berendezések mérőkészülékeiről tartalmaz általános információkat.

4.3.1 A direktívák és szabványok betartása

A villamos berendezések mérőkészülékeinek a 16. táblázatban felsorolt szabványok követelményeinek kell megfelelniük.
Az európai LVD (kisfeszültségű) és EMC irányelveken (elektromágneses összeférhetőség) alapulnak a harmonizált szabványok, az MSZ EN 61010 és MSZ EN 61326 sorozatok. Ezen szabványok betartása előírás és az importör vagy gyártó ennek betartását a CE-jelöléssel igazolja.
Az MSZ EN 61557 sorozat kiegészítő biztonsági szempontokat valamint az érintésvédelmi műszer mérési pontosságát állapítja meg.

Biztonság és elektromágneses összeférhetőség

MSZ EN 61010-1	Villamos mérő-, szabályozó- és laboratóriumi készülékek biztonsági előírásai. 1. rész: Általános előírások
MSZ EN 61010-31	Villamos mérő-, szabályozó- és laboratóriumi készülékek biztonsági előírásai. 031. rész: Villamos mérési és vizsgálati célú kézi mérőszondák biztonsági előírásai
MSZ EN 61326 sorozat	Méréstechnikai, irányítástechnikai és laboratóriumi villamos berendezések. EMC-követelmények. 1. rész: Általános követelmények

Kiegészítő biztonsági követelmények, pontosság és működtetés

MSZ EN 61557 sorozat	Legfeljebb 1000 V váltakozó és 1500 V egyenfeszültségű kisfeszültségű elosztórendszerek villamos biztonsága. A védelmi intézkedések vizsgálatára, mérésére vagy megfigyelésére szolgáló berendezések.
MSZ EN 61557-1	Általános követelmények
MSZ EN 61557-2	Szigetelési ellenállás
MSZ EN 61557-3	Hurokimpedancia
MSZ EN 61557-4	Földelő-, védő- és potenciálkiegyenlítő vezetők ellenállása

MSZ EN 61557-5	Földelési ellenállás
MSZ EN 61557-6	Áram-védőkészülékek (RCD) hatékonysága TT-, TN- és IT-rendszerekben
MSZ EN 61557-7	Fázissorrend
MSZ EN 61557-8	Szigetelésfigyelő eszközök IT-rendszerekhez
MSZ EN 61557-9	Berendezések IT-rendszerekben való szigetelésihiba-kereséshez
MSZ EN 61557-10	A védelmi intézkedések vizsgálatára, mérésére vagy megfigyelésére szolgáló kombinált mérőberendezés
MSZ EN 61557-11	A és B típusú maradékáram-monitorok (RCM-ek) hatékonysága TT-, TN- és IT- rendszerekben
MSZ EN 61557-12	A működési jellemzők mérő- és megfigyelőeszközei

16. táblázat: *Érintésvédelmi műszerek és megfigyelő eszközök szabványai*

4.3.2 A készülékek jelölései és specifikációi

A 17. táblázat a mérőkészülékek biztonságra vonatkozó jelöléseit tartalmazza.
A jelölések tájékoztatást adnak azokról a feltételekről, amelyek mellett a műszer használható.

Jelölés	Leírás
	Vigyázat, lásd útmutatót! (normál esetben a használati kézikönyv) Ez a szimbólum vonatkozhat az egész mérőkészülékre vagy csak egy részére.
	Vigyázat, áramütés veszélye! A készülék veszélyes feszültségeket termelhet.
	Kettős szigeteléssel védett A kettős szigetelés az érintésvédelmi műszerekre jellemző.
600 V CAT III	Túlfeszültség kategória. Megadja a védelmi szintet a lökőfeszültségek ellen.
Szennyezettségi fokozat 2	Szennyeződés veszélye. Befolyásolja a túlfeszültség elleni védelem szintjét.
IP 42	Tokozat védettsége. Védelmet ad a környezeti hatások ellen.

17. táblázat: *Jelölések az érintésvédelmi műszereken*

4.3.3 A műszer pontossága, kalibrálás, új kalibrálás

A vizsgálati célokra a mérő készülékek bizonyított pontosságára és állóképességére van szükség a készülék teljes élettartama során. Ebben a fejezetben azok az intézkedések szerepelnek, amelyek ezt biztosítani tudják.

Pontosság

- A műszereket az MSZ EN 61557 szabványok szerint kell fejleszteni és forgalomba hozni.

A műszer érvényes kalibrálása

- A műszereknek rendelkezniük kell érvényes kalibrálási bizonyítvánnyal.

Rendszeres kalibrálás

- A következő kalibrálás dátumát meg kell határozni.
- A következő kalibrálásra a gyártó által javasolt dátumot a készülék használatának mértékétől függően be kell tartani.
- Napi használat esetén vagy ha a műszert kedvezőtlen feltételek mellett használják (a normálisnál gyakoribb használat, nedvesség és nagy hőmérséklet), a kalibrálásoknak gyakoribbaknak kell lenniük.
- A kalibrálások gyakoriságának meghatározásakor figyelembe kell venni a nemzeti és más előírásokat.

Időszakos pontossági ellenőrzések

A kalibrálások közötti időre néhány ésszerű gyakorlat létezik, hogy a készülék megbízhatóságát megőrizzük.

- Napi (heti) összehasonlító vizsgálat más műszerekkel.
- Napi (heti) összehasonlító mérés ismert referenciapontokon, ismert értékekkel.
- Egyszerű kalibrátorok használata (pl. a METREL gyártotta Eurocheck MI 2099).

4.3.4 Túlfeszültség kategória

Különösen nagy teljesítményű berendezéseknél (transzformátor állomások, ipari létesítmények) nagy károkat okozhatnak a túlfeszültség csúcsok (gyors tranziensek és lökőfeszültségek) és a nagy (áram-) energialetörések.

A túlfeszültség csúcsok és ennek következtében a meghibásodások okai az alábbiak lehetnek:

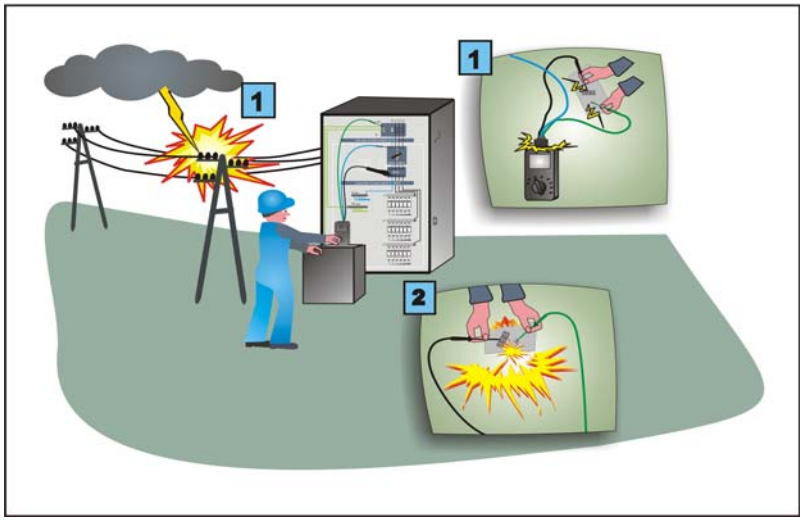
- Közvetlen vagy közvetett villámcsapás.
- Gyors áramváltozások/-szakadások az energiahálózatban (motorok be-/kikapcsolása, transzformátorok, nagy terhelések, hibák, védőberendezések beindulása) .

A túlfeszültségek az elosztó-/épületi hálózat kábelezésén keresztül terjedhetnek tovább. Ezért egy távoli helyen keletkező hiba is okozhat problémát. Ha a villamos készülék a túlfeszültséget nem bírja ki, akkor a tranziens feszültség meghibásodás okozója lehet. A következmények a hiba-hurokimpedanciától függenek.

Háztartási környezetben a hibák általában a védőkészülékek kioldását eredményezik, anélkül, hogy komolyabb problémákat okoznának. A hálózat bemenetén lévő hibáknak komolyabb következményei is lehetnek, mivel a hiba-hurokimpedanciák kisebbek. Égéseket és komoly károkat okozhat a hiba helyének környékén.

Mind meghibásodások mind túlfeszültségek is keletkeznek valószínűleg az alábbi helyeken:

- Olyan hálózatokban, amelyek nagyobb teljesítményt osztanak szét (általában a belépési pont közelében),
- Szabadvezetőkben, amelyek fogékonyabbak az elektromágneses zavarokra.

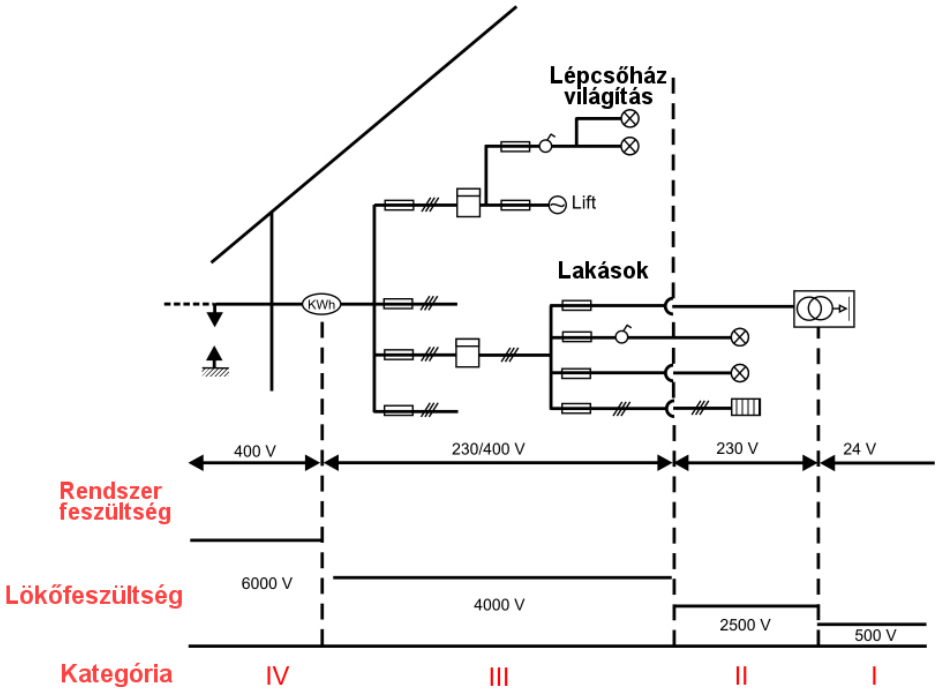


22. ábra: *Meghibásodás okai és következményei*

23. ábra: *Meghibásodás egy mérőkészüléken*

Túlfeszültség kategóriák a hálózatokban

Az MSZ EN 60364-4 szabvány tartalmazza a túlfeszültség kategóriák definicióját (4-44. rész: Feszültségzavarok és elektromágneses zavarok elleni védelem). Ezeket a hálózati impedancia alapján határozzák meg, a hálózat bemenetéhez viszonyított közelség és a telepített védőeszközök függvényében. Valamennyi meghatározott kategóriának/feszültségnek definiálva vannak a mérés közben (a villamos berendezésen, a készülékeken, stb.) várható lökőfeszültségek maximális értékei, lásd 24. ábra.



24. ábra: *Négy túlfeszültség kategória az MSZ EN 60364 szerint*

A CAT IV kategória környezete
A hálózat bemenetét, transzformátorokat, valamennyi külső vezetéket, energiamérőket, védőberendezéseket a primer oldalon és a hálózatmérő műszereket, mint környezetet a CAT IV-be sorolják.

A CAT III kategória környezete
Az elosztótáblákat, gépeket, a kapcsolókészülékek közelében lévő főkapcsoló készülékeket, ipari berendezéseket és az elosztótáblák közelében lévő nagyáramú áramköröket/-dugaszoló aljzatokat, mint környezetet a CAT III-ba sorolják.

A CAT II kategória környezete
Az épületekben lévő dugaszoló aljzatokat, világítás kapcsolókat és csatlakozásokat, és azokat a dugaszoló aljzatokat, amelyek több mint 10 m távolságra vannak a CAT III forrástól, mint környezetet a CAT II-be sorolják.

A CAT I kategória környezete
Az ellátó transzformátorok szekunder oldali elektronikáját, hálózati leválasztással és kisfeszültségű kimenetekkel rendelkező villamos készülékeket, mint környezetet a CAT I-be sorolják.

Érintésvédelmi műszerek túlfeszültség kategóriái
Mivel az érintésvédelmi műszereket gyakran a hálózat energiaforrásán és a berendezés bemenetén használják, fontos a túlfeszültség elleni védelem.

Az MSZ EN 61010-1 szabvány is foglalkozik a túlfeszültségekkel. Ebben határozzák meg valamennyi hálózati túlfeszültség kategória mérőműszereinek minimális védelmi előírásait. A mérőműszereknek biztonságosnak kell maradniuk, ha kiteszik őket a hálózatban maximálisan várható túlfeszültség csúcsoknak. A legtöbb érintésvédelmi műszert úgy fejlesztik, hogy kibírják a CAT III környezetben várható lökőfeszültségeket.

Csak kevés modellt fejlesztettek olyan megnövelt biztonsági áramkörökkel, amelyek a CAT IV környezetet is elviselik. Mivel ezek kiegészítő túlfeszültség védelmi intézkedéseket tartalmaznak, csak nagyobb lökőfeszültségek okoznak meghibásodást.

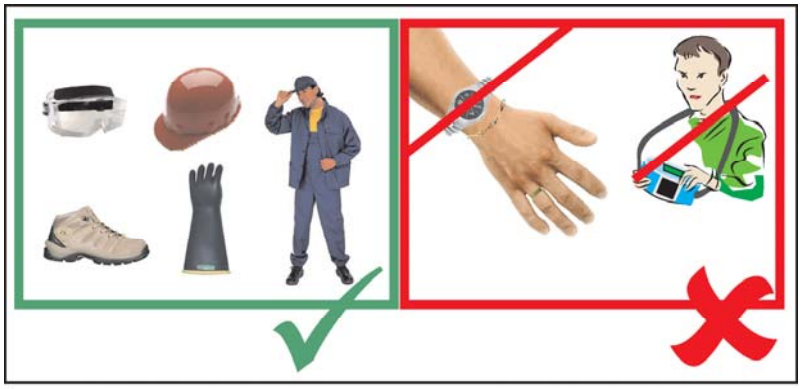
A korszerű érintésvédelmi műszereknek minimum CAT IV; 300 V szintnek kellene megfelelni!

Túlfeszültség kategóriák az MSZ EN 60664-1 és MSZ EN 61010-1 szabványban a fázis-föld között	**Lökőfeszültség**
CAT II 600 V	4000 V
CAT III 300 V	
CAT III 600 V	6000 V
CAT IV 300 V	
CAT III 1000 V	8000 V
CAT IV 600 V	

18. táblázat: *Túlfeszültség kategóriák*

További védőintézkedések nagyfeszültségű környezetekben
Nagy védelmi osztályú mérőműszer használatakor a használónak a tartozékokra is ügyelnie kell (mérővezetékek, mérőcsúcsok, krokodilcsipeszek, lakatfogók), különösen akkor, ha CAT IV környezetben végzik a vizsgálatokat. A tartozékoknak minimum ugyanolyan kategóriájúnak kell lenniük, mint amilyen a készülék.
Mivel a tartozékok kopnak, károsodnak, stb. ésszerű, ha a tartozékok nagyobb védelmi osztállyal rendelkeznek, mint a készülék.
Még akkor is, ha valamennyi biztonsági intézkedésre ügyelünk, a mérőkészülék tönkremehet (átütések lökőfeszültség miatt, stb.).
Ezért a felhasználónak a következőkre kell figyelnie:

- Viseljen szigetelt kesztyűt, biztonsági szemüveget, tűzálló ruházatot,
- Viseljen szigetelt csizmát és álljon szigetelő padlón,
- Ne viseljen fém ékszert vagy órát,
- Ha lehet ne akassza a készüléket a nyakába vagy ne tartsa kézben,
- Ha kétségei vannak, mindig abból induljon ki, hogy az áramkör feszültség alatt van
- stb.



25. ábra: *További védelmi intézkedések a CAT IV környezetében végzett munkálatokhoz*

4.3.5 Szennyezettségi fokozat

Por és más szennyeződések keletkezhetnek a készülék külső felületén, de a készülékben is összegyűlhetnek a készüléken lévő nyílásokon keresztül. A por ha nedvesség éri egy olyan réteget képezhet, amely a szigetelőképességet csökkenti. Három szennyezettségi fokozatot különböztetünk meg:

1. szennyezettségi fokozat	Nincs szennyeződés vagy csak száraz, nem vezető formában. A szennyeződésnek nincs hatása.
2. szennyezettségi fokozat	Normál esetben csak nem vezető szennyeződés van jelen. Alkalmanként azonban a nedvesség kondenzációja miatt átmeneti vezetőképesség várható.
3. szennyezettségi fokozat	Vezető szennyeződés keletkezik, vagy olyan száraz, nem vezető szennyeződés, amelytől várható, hogy a nedvesség kondenzációja miatt vezetni fog.

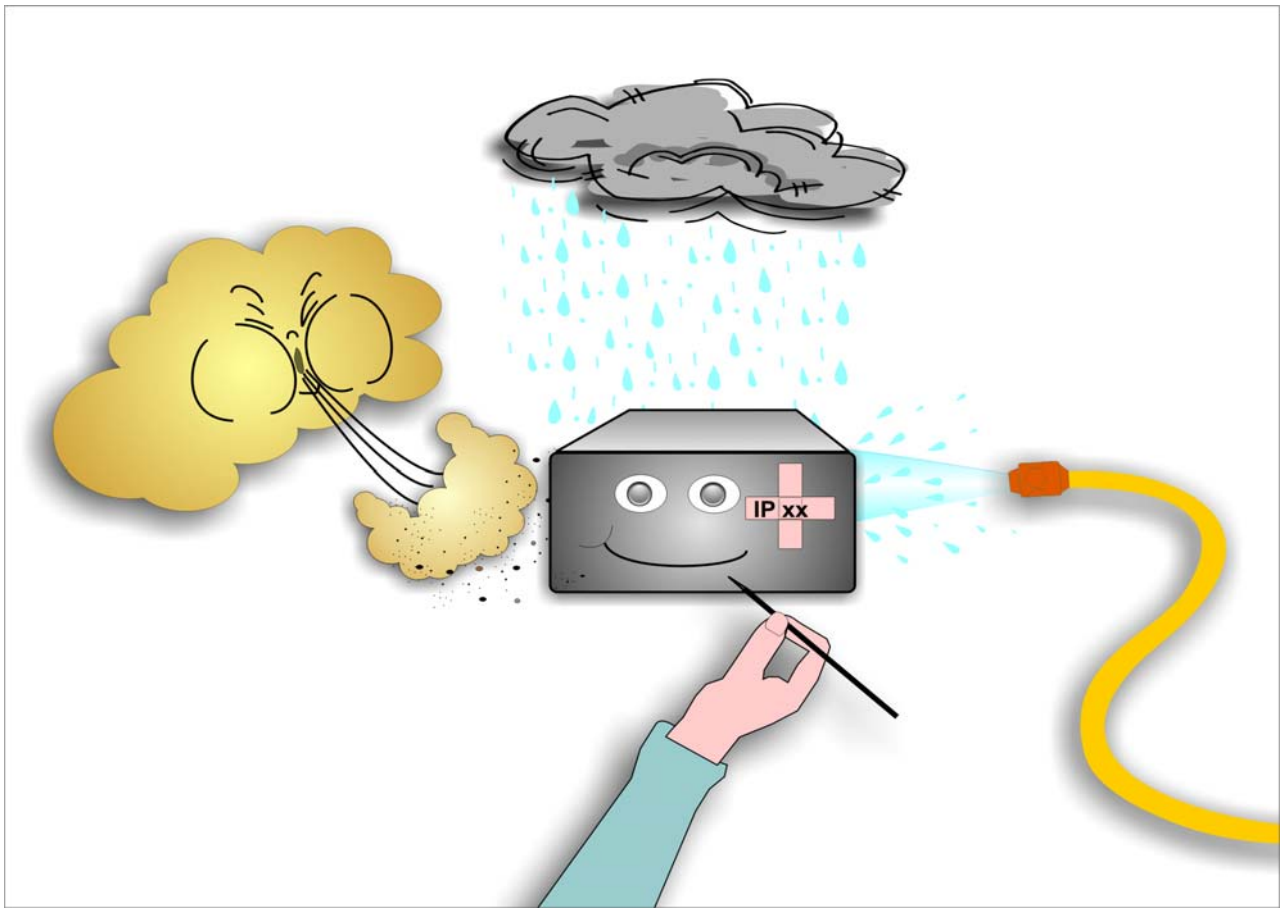
19. táblázat: *Szennyezettségi fokozat MSZ EN 60664 szabvány szerint.*

Az érintésvédelmi műszereknél szabvány alapján a 2-es szennyezettségi fokozatot alkalmazzák.

4.3.6 A tokozat védelme

Az IP-védettség meghatározása a következő:

- Személy védelme a készüléken belüli veszélyes feszültségek ellen,
- Szilárd testek behatolása elleni védelem (homok, por)
- Víz behatolása elleni védelem.



26. ábra: *IP-védettség – A tokozat védelme*

Az első és második IP-szám jelentését a 20. táblázat írja le (MSZ EN 60529 szerint)

Szilárd idegen testek elleni védelem

IP-kód	Leírás
IP **0**x	Nem védett
IP **1**x	50 mm-es és nagyobb átmérőjű idegen szilárd testek ellen védett.
IP **2**x	12,5 mm és nagyobb átmérőjű idegen szilárd testek ellen védett.
IP **3**x	2,5 mm és nagyobb átmérőjű idegen szilárd testek ellen védett.
IP **4**x	1 mm és nagyobb átmérőjű idegen szilárd testek ellen védett.
IP **5**x	Porvédett, nem károsító mértékig behatolás megengedett.
IP **6**x	Teljes mértékben védett por ellen.

Víz behatolása elleni védelem

IP-kód	Leírás
IP x**0**	Nem védett.
IP x**1**	Függőlegesen leeső vízcseppek elleni védelem.
IP x**2**	Függőlegesen leeső vízcseppek elleni védelem, a készülék 15°-kal történő megdöntése esetén.
IP x**3**	Porlasztott víz elleni védelem.
IP x**4**	Freccsenő víz elleni védelem.
IP x**5**	Vízsugár elleni védelem.
IP x**6**	Erős vízsugár elleni védelem.
IP x**7**	Átmeneti vízbe merülés hatásai elleni védelem.
IP x**8**	Tartós vízbe merülés hatásai elleni védelem.

20. táblázat: *IP-védettség MSZ EN 60529 szabvány szerint*

Az érintésvédelmi műszerek esetén minimális követelmény az IP 40 védettség. Ez normál esetben elegendő, ha a készüléket nem a szabadban használják. A szabványos IP-védettség érintésvédelmi műszerek esetében IP 41.

5 Villamos berendezések biztonságának kezelése

A „Villamos berendezések biztonságának kezelése“ fogalom valamennyi olyan szükséges intézkedést összefoglal, amelyet meg kell ahhoz tenni, hogy garantálni lehessen a villamos berendezések biztonságát teljes élettartamuk alatt. A villamos berendezéseket biztonságos és kiváló működésük érdekében korrektül kell megtervezni, összeállítani, üzembehelyezni és karbantartani. Ezeket a lépéseket ellenőrizni, jóváhagyni és dokumentálni kell.
A 27. ábra foglalja össze a biztonságos és jól működő villamos berendezésekkel kapcsolatos tevékenységeket.

27. ábra: A biztonság kezelése

A verifikálás igazolja, hogy a műszaki szakember (villanyszerelő, üzembehelyező) megfelel a vonatkozó követelményeknek.
A validálás jóváhagyja egy hivatalos személy (felülvizsgáló) jogosultságát.

A villamos berendezést az összes alábbi fázisban ellenőrizni és jóváhagyni kell:

- Tervezés után,
- Szerelés és építés után,
- Módosítás után,
- Időszakonként ismétlődve.

A szerelés és módosítás utáni ellenőrzéseket valamint az időszakos ellenőrzéseket szemrevételezéssel és mérésekkel kell alátámasztani.

5.1 A tervezés ellenőrzése

A tervezés ellenőrzésekor meg kell vizsgálni, hogy egy új hálózat terve vagy egy módosítás megfelel-e a tervdokumentációknak. Az ellenőrzésnek igazolnia kell, hogy figyelembe vettek-e valamennyi biztonsági intézkedést és más követelményeket.

5.2 A szerelés utáni ellenőrzés (első ellenőrzés)

Az első vizsgálatnak azt kell bizonyítania, hogy a hálózat szerelése korrekt módon és a tervdokumentációknak megfelelően történt.
A teljes hálózatot alaposan és valamennyi részletében ellenőrizni kell. Az ellenőrzés szemrevételezésből és mérésekből áll. Mindkét lépést megfelelően dokumentálni kell. Az ellenőrzési jegyzőkönyv felvétele kötelező.

5.3 Karbantartás ellenőrzése (módosítások, bővítések, változtatások, üzembehelyezés)

Karbantartást jelent valamennyi az üzemben lévő hálózaton végzett módosítás vagy csere. Jellemző karbantartási munkálatok a hálózatok alkatrészeinek cseréje, új csatlakozási pontok hozzáadása, új áramkörök hozzáadása, a meglévő áramkörök és csatlakozási pontok módosítása, stb. Az ellenőrzés általában a hálózat módosított részeinek alapos vizsgálatát jelenti (hasonlóan az első ellenőrzéshez) és a már meglévő (nem módosított) részek gyors vizsgálatát, szemléjét.
A karbantartás utáni ellenőrzésnek vizsgálnia kell az elvégzett munkákat és bizonyítania kell, hogy a hálózat működőképessége, teljesítménye a megadott határértéken belül marad. Valamenyi ellenőrző lépést dokumentálni kell. Vizsgálati jegyzőkönyvet (egyszerűsitett formában) kell készíteni.

5.4 Időszakos (ismétlődő) ellenőrzés

Meghatározott időközönként időszakos méréseket kell végezni, hogy meg lehessen állapítani a berendezés kielégítő állapotát.
Az időszakos ellenőrzésnek szemrevételezből és mérésekből kell állnia, amennyiben ez megfelelően elvégezhető. Mivel ezt a vizsgálatot gyakran kell végezni anélkül, hogy a hálózat szabályos üzemét zavarnánk, vagy mivel egyes részek nem hozzáférhetőek, ezért ez a vizsgálat nem olyan szigorú, mint a többi vizsgálat. Ezért fontos,

- hogy a vizsgálat kiterjedését a megbízott és a megbízó egyeztesse,
- hogy a vizsgálat korlátozásait világosan leírják és dokumentálják,
- hogy szükségtelen korlátozások ne legyenek.

5.4.1 A következő ellenőrzés időpontjai

A következő időszakos ellenőrzés időpontját szakembernek kell meghatároznia. Az MSZ EN 60364-6 szabvány a következő időközöket javasolja az időszakos ellenőrzésre.

Időközök	***Berendezések***
Hosszabb idő múlva (pl. 10 év múlva)	- Lakások Fontos: A villamos berendezéseket ellenőrizni kell, ha változik a lakás tulajdonosa.
4 év	Jellemző időköz a legtöbb berendezéscsoport számára.
Rövidebb	- Munkahelyek, vagy olyan helyek, melyek biztonságának rosszabbodása áramütés, tűz vagy robbanás veszélyéhez vezethet. - Munkahelyek, vagy olyan helyek ahol nagyfeszültségű és kisfeszültségű berendezések is találhatóak. - Közösségi szolgáltatások. - Építkezések. - Biztonsági berendezések.

21. táblázat: *Időszakos ellenőrzésekhez javasolt időközök*

Megjegyzések:

- A javasolt időközök a maximálisan alkalmazható időközök. Akkor kell alkalmazni, ha a berendezést normál körülmények között, normál üzemben használják.
- Speciális körülmények esetén rövidebb időközöket is meg lehet állapítani. Ebben az esetben ennek okát meg kell nevezni.
- A nemzeti előírásokat is be kell tartani. Azok ugyanis más időközöket is javasolhatnak.

6 Szemrevételezések és mérések

6.1 Szemrevételezés

A szemrevételezés a hálózatok ellenőrzésének fontos és hatásos része. A szemrevételezéssel sok olyan hibát lehet felfedni, amelyet a műszeres vizsgálattal nem lehetett volna megtalálni.
A szemrevételezést mindig a műszeres vizsgálat előtt kell megejteni.

A szemrevételezés mértéke:
A szemrevételezéskor ellenőrizni kell,

- hogy a berendezés összetevői megegyeznek-e a létesítmény dokumentációjával (méret, működési mód),
- hogy az összetevők megfelelőek-e és hogy gondosan vannak-e telepítve,
- hogy az összetevők a vonatkozó készülékszabványok biztonsági követelményeivel megegyezőek-e (jelölés, bizonylat, gyártói adatok),
- hogy a biztonsági intézkedések a létesítmény dokumentációjával megegyezőek-e,
- hogy nincsenek olyan látható károsodások, amelyek veszélyeztethetnék a biztonságot.

Vonatkozó dokumentumok:
A szemrevételezés mértékének minimális követelményei az alábbi szabványokban találhatók:

- MSZ EN 60364-6 (61.2 fejezet),
- ES 59009 (CENELEC országok).

6.1.1 A szemrevételezés szükséges mértéke – MSZ EN 60364

A szemrevételezésnek legalább a következőket kell ellenőrizni, ahol alkalmazhatók:

a) Áramütés elleni védelmi módot (4-41. rész).
b) Tűzgátló szerkezetek és a tűz továbbterjedésének megakadályozására szolgáló más óvintézkedések, valamint a hőhatások elleni védelem (4-42. rész és az 5-52. rész 527. bekezdése) meglétét.
c) Vezetők megfelelő megválasztását a megengedett áram és a feszültségesés szempontjából (4-43. rész valamint az 5-52. rész 523. és 525. bekezdései).
d) A védelmi eszközök és a folyamatosan ellenőrző készülékek kiválasztását és beállítását (5-53. rész).
e) Megfelelő leválasztó- és kapcsolóeszközök meglétét és alkalmas elhelyezését (5-53. rész 536. bekezdés).
f) A villamos szerkezetek és a védelmi módok külső hatásoknak megfelelő kiválasztását (4-42. rész 422., 5-51. rész 512.2. bekezdése és az 5-52. rész 522. bekezdése).
g) A nulla- és a védővezető megjelölését (5-51. rész 514.3 bekezdése).
h) Egypólusú kapcsolóeszközök fázisvezetőre történő csatlakoztatását (5-53. rész 536. bekezdés).
i) Kapcsolási rajzok, figyelmeztető feliratok vagy más hasonló információk meglétét (5-51. rész 514.5 bekezdés).

j) Áramkörök, túláramvédelmi eszközök, kapcsolók, csatlakozókapcsok stb. megjelölését (5-51. rész 514. bekezdés).
k) A vezetők csatlakozásainak megfelelőségét (5-52. rész 526. bekezdés).
l) Védővezetők meglétét és megfelelőségét, beleértve a fő- és kiegészítő egyenpotenciálú összekötéseket (5-54. rész).
m) A könnyű kezeléshez, azonosításhoz és a karbantartáshoz szükséges megközelíthetőséget (5-51. rész 513. és 514. bekezdései).

A szemrevételezésnek magában kell foglalnia speciális hálózatok vagy helyek valamennyi különleges követelményeire vonatkozó megfelelést.

A vizsgálat menete:
A vizsgálatot / szemrevételezést minden mérés előtt kell végezni. A vizsgálatot a következő sorrendben kell elvégezni:

- A hálózat bemenetének szemrevételezése,
- Az elosztótábla szemrevételezése,
- A végáramkörök szemrevételezése.

<u>Első ellenőrzés</u>
A teljes hálózat valamennyi pontját meg kell tekinteni. A mechanikus rögzítéseket is ellenőrizni kell. A teljes hálózatot a szemle alatt a táplálásról le kell választani.
<u>Módosítás vagy javítás utáni ellenőrzés</u>
A hálózat azon részeit, amelyeket javítottak vagy módosítottak ugyanolyan alaposan meg kell nézni, mint az első szemrevételezés során. A hálózat vizsgált részeit a táplálásról le kell választani.
<u>Időszakos és karbantartó ellenőrzés</u>
A hálózat karbantartott részeit is időszakosan ellenőrizni kell, meg kell vizsgálni. Ebben az esetben a hálózatot nem szokták a táplálásról leválasztani.

Eredmények:
Az MSZ EN 60364-6 szabvány részletes ellenőrző listát javasol a vizsgálatokhoz. Valamennyi pontot a jegyzőkönyvben jelölni kell. Valamennyi ellenőrzött pontnak meg kell felelnie; minden nem megfelelő létesítményrészt meg kell javítani, amíg meg nem felel az ellenőrzésnek. Az eredményeket a következőképpen lehet jelölni:

JÓ	Ellenőrzött és az eredmény kielégítő.
HIBÁS	Ellenőrzött és az eredmény nem megfelelő.
KORLÁTOZOTT	A vizsgálatot korlátozottan végezték el. A korlátozás mértékét le kell írni.
NEM ALKALMAZHATÓ	A részleges vizsgálatban nem alkalmazható.

6.2 Mérések

6.2.1 Szigetelési ellenállás

A vizsgálat mértéke
Ez a vizsgálat olyan szigetelési hibákat fed fel, amelyeket szennyeződés, nedvesség, a szigetelési anyag rosszabbodása stb. okoznak.

Vonatkozó dokumentumok:
Határértékek, eljárási módok: MSZ EN 60364-6 (61.3.3 fejezet, 6A táblázat)
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-2

Mérési elvek / határértékek:
A szigetelési ellenállást az alábbiak között kell mérni:
- fázisvezetők
- fázis- és védővezető
- fázis- és nullavezető
- nulla- és védővezető.

A 22. táblázat mutatja a villamos berendezésekre vonatkozó határértékeket az MSZ EN 60364-6 szerint.

Az áramkör névleges feszültsége	Vizsgálati egyenfeszültség: V	Szigetelési ellenállás MΩ
SELV és PELV	250	≥ 0,5
Legfeljebb 500 V (beleértve a FELV-et) az előző esetek kivételével	500	≥ 1,0
500 V fölött	1000	≥ 1,0

22. táblázat: *Szigetelési ellenállás – legkisebb értékek*

Megjegyzések:
- A hálózatban lévő kapacitások (kábel, csatlakoztatott készülékek) kapacitív szivárgó áramokat okozhatnak. Ezeket a 15. ábrán lévő kiegészítő kapcsolási rajzon CI_H-ként ábrázoljuk. Az impedancia kapacitív része a szigetelésvizsgálatkor nem játszik szerepet, mivel a vizsgálatot egyenfeszültséggel végzik.
- Normál esetben a szigetelési ellenállás sokkal nagyobb, mint a megadott határérték, különösen új hálózatok esetében. Ha az eredmény a szükséges minimális szigetelési ellenállás közelében vagy alatta van:
  - Ismételje meg a mérést hosszabb mérési idővel vagy végezzen több vizsgálatot.
  - Ellenőrizze, hogy a terehelések/fogyasztók le vannak-e választva és/vagy ki vannak-e kapcsolva, a túlfeszültségvédő készülékek el vannak-e távolítva és hogy a lámpák ki vannak-e kapcsolva.
  - Ha por és nedvesség jeleit észleli, tisztítsa és szárítsa meg a kritikus részeket.
- Ha a túlfeszültségvédő készülékeket nem lehet eltávolítani, a mérőfeszültség 250 V_{DC}-re csökkenthető. Ebben az esetben a szigetelési ellenállás határértéke 1 MΩ (MSZ EN 60364-6).
- Vizsgálja meg egyeként a részáramköröket, hogy megtalálja a problémás helyet (kapcsolja ki a leválasztó kapcsolókat, távolítsa el a biztosítókat, stb.).

6.2.1.1 A teljes hálózat szigetelése

A következő feltételek mellet lehet a teljes hálózat szigetelési ellenállásának vizsgálatát elvégezni:

- A hálózatot a szigetelésvizsgálat alatt le kell választani a táplálásról; Főkapcsoló = KI.
- Ez valamennyi részáramkörre vonatkozik; a többi kapcsoló/biztosító/RCD be van kapcsolva.
- Valamennyi terhelést (motorok, villamos készülékek, lámpák) fizikailag le kell választani.

Ha a hálózat teljes kábelezését bevonták a vizsgálatba és az eredmény JÓ, csak akkor lehet kijelenteni, hogy valamennyi létesítményrész (egyenkénti áramkörök, kapcsolótáblák) ugyancsak megfelelt.
Ezt a vizsgálatot szokás szerint a kapcsolótáblán végzik, jóllehet valamennyi olyan csatlakozópontból kiindulva el lehetne végezni, ahol az L (L1, L2, L3), N és PE vezetékek hozzáférhetőek.
Hiba esetén az egyes áramköröket külön kell megvizsgálni.

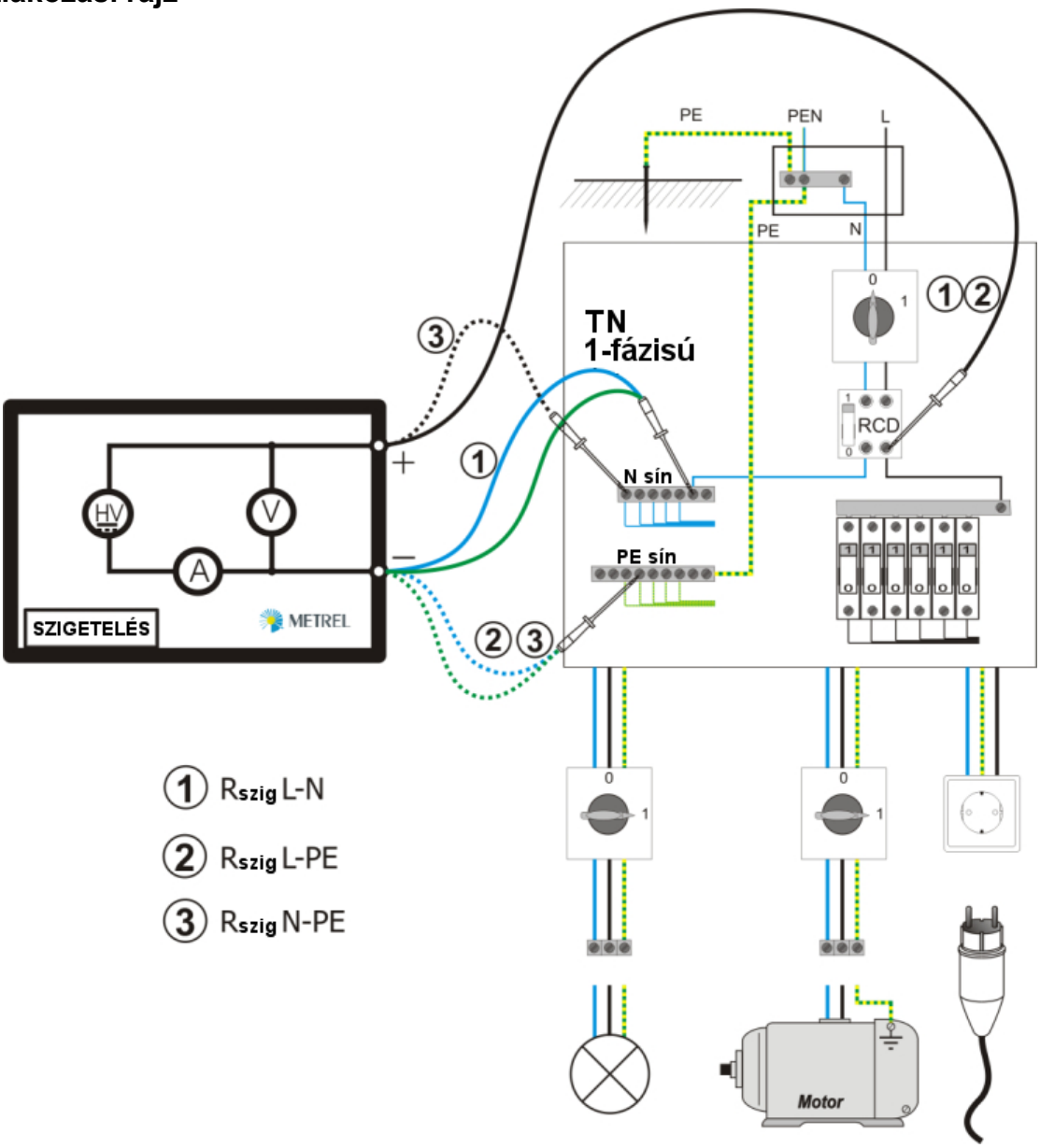
Megjegyzések:

- Egyes nemzeti előírások nem tartják ezt a vizsgálatot kielégítőnek. Ebben az esetben a szigetelési ellenállást a végáramkör valamennyi csatlakozási pontján vizsgálni kell.
- A rendszeres vizsgálatkor néha lehetetlen valamennyi L és N közötti terhelést lekapcsolni. Amennyiben megengedett, az L-N közötti mérést ebben az esetben el lehet hagyni.

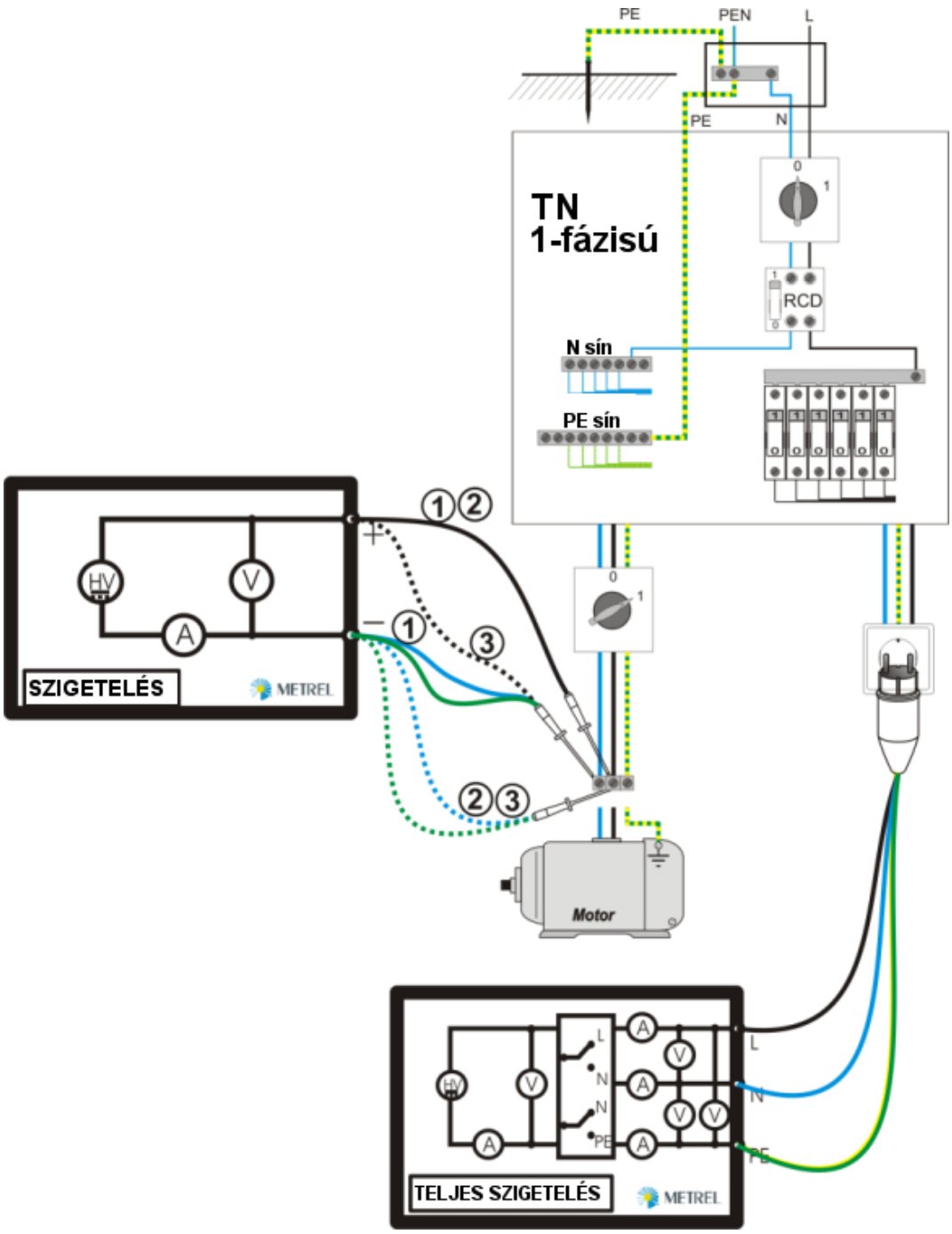
6.2.1.2 Egyes áramkörök / létesítményrészek szigetelési ellenállása

Különösen zavarkereséskor vizsgálják a hálózat egyes részeinek szigetelési ellenállását. Ebben az esetben a megfelelő biztosítókat / kapcsolókat ki kell kapcsolni, hogy a hálózat megvizsgálandó részét le lehessen választani.

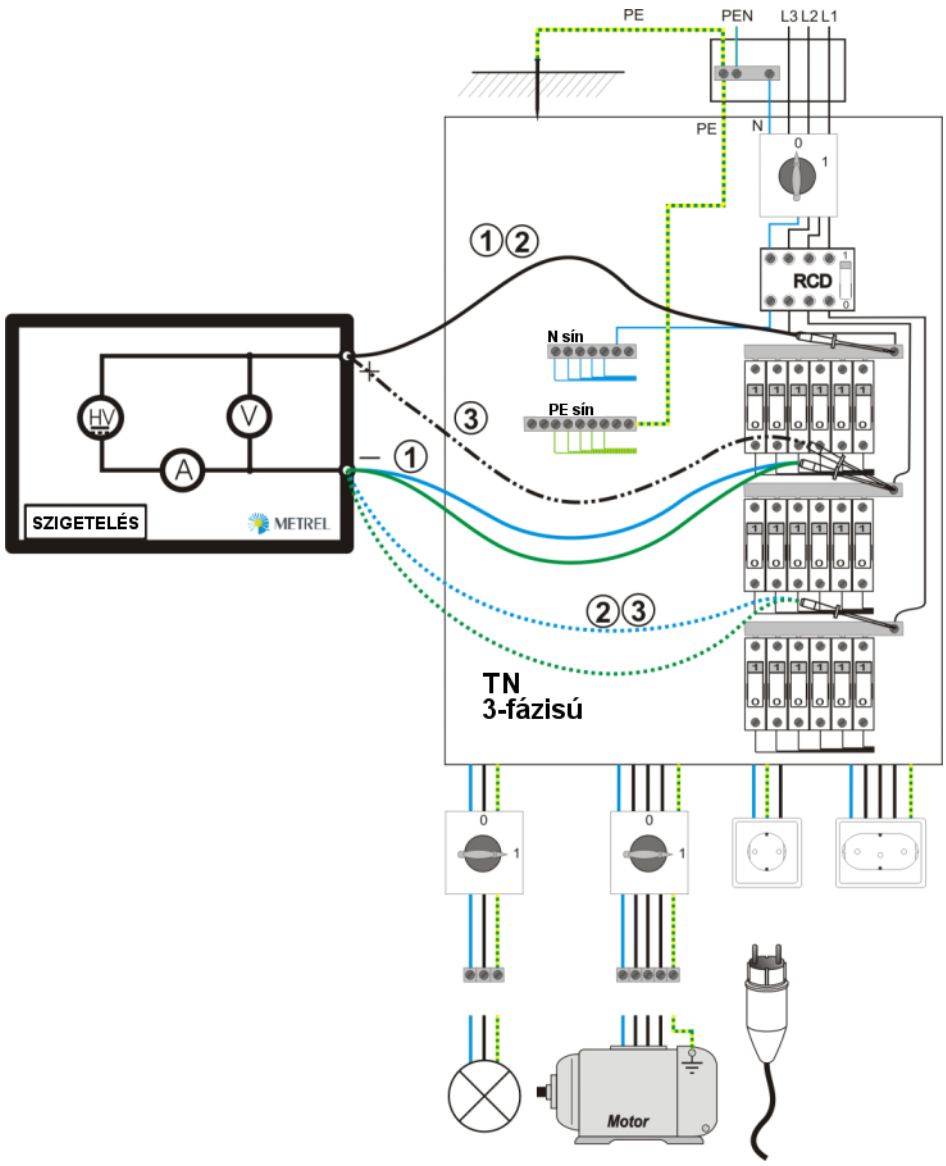
Csatlakozási rajz



28. ábra: *A kapcsolótáblán végzett teljes körű szigetelésvizsgálat*



29. ábra: *A csatlakozási ponton végzett teljes körű szigetelésvizsgálat; a dugaszoló aljzaton („teljes szigetelés“ funkció)*



30. ábra: *A kapcsolótáblán végzett teljes körű szigetelésvizsgálat fázis-fázis között*

Fontos utalás a METREL-től:

- A METREL érintésvédelmi műszerei az EUROTEST AT, XA rendelkeznek a beépített "Insulation ALL" (teljes szigetelés) funkcióval. Ezzel a funkcióval egy lépésben lehet elvégezni a szigetelésvizsgálatot három bemeneten keresztül (L-N, L-PE, N-PE vagy L1-L2, L1-L3, L2-L3). Ez egy nagyon időtakarékos funkciójellemző, különösen, ha a szigetelést dugaszoló aljzatokon mérjük (lásd 29. ábra).
- A METREL érintésvédelmi műszerei az Eurotest AT, XA, tartalmazzák a „Type of insulation test" (a szigetelésvizsgálat módja) paramétert. Az opciók a következők:
  - L-N, L-PE, N-PE, L-PE N-PE (akkor javasolt, ha a terhelések az L és N között nem leválaszthatók),
  - L-N, L-PE (akkor javasolt, ha az N-PE csatlakozást nem lehet megszakítani),
  - ALL (valamennyi).

Ezeknek a paramétereknek a beállításával egyszerűbb a vizsgálati jegyzőkönyvek elkészítése.

6.2.2 Védővezetők és egyenpotenciálú összekötések folytonosságvizsgálata

A vizsgálat hatálya

A fő védővezető folytonossága
A védővezetők kötik össze a testeket a földelőberendezésekkel. Egy alkalmas PE-vezető biztonságos kapcsolatot biztosít a testek és a földelőberendezések között. A fő védőföldelés vezetékezése az alábbiakból áll:

- Védővezetők, amelyek a PE-csatlakozókat (dugaszoló aljzatok, fix csatlakozási pontok, villamos készülékek) a PE fő földelő sínnel kötik össze,
- Védővezetők, amelyek külső vezető részeket (vizes hálózatok, antennák, fűtőrendszerek stb.) kötnek össze a PE sínekkel.

A folytonosságvizsgálat igazolja, hogy a PE-csatlakozások és a kiegészítő egyenpotenciálú összekötések működnek. A PE-vezetőket a 15. ábra kapcsolási rajza R_{PEd}, R_{PEh} és R_{PES} paraméterekként ábrázolja.

Egyenpotenciálú összekötések
Az egyenpotenciálú összekötések kis potenciál különbséget biztosítanak két olyan fém rész között, amelyeket egyidőben meg lehet érinteni.
Az egyenpotenciálú összekötéseket a következő helyeken kell alkalmazni:

- Olyan testek között, amelyek különböző védővezető csatlakozásokon keresztül vannak a földdel összekötve,
- Ha 2,5 m-nél kisebb távolságra egy másik megérinthető vezető rész található,
- ha $R_{PEfő}$ túl nagy (lásd 13. képlet),
- szabvány szerint kötelező fürdőszobákban, zuhanyzókban, uszodákban és hasonló helyeken az egyenpotenciálú összekötések alkalmazása (MSZ EN 60364-701).

Kiegészítő egyenpotenciálú összekötéseket ábrázol a 15. ábra kapcsolási rajza az R_{PES} paraméterekkel.

Vonatkozó dokumentumok:
Eljárási módok: MSZ EN 60364-6 (61.3.2 fejezet, 6A táblázat)
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-4

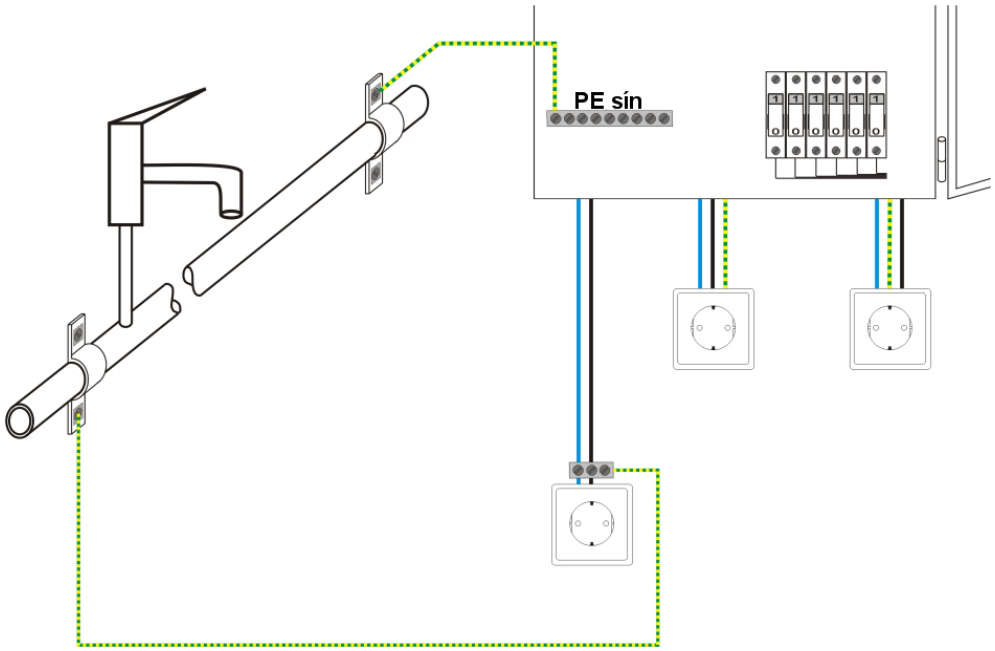
Mérési elvek / határértékek:

Párhuzamos nem szabványos összeköttetések problémája
A folytonosságvizsgálat elvégzése előtt ellenőrizni kell, hogy a vizsgálat helye és a PE-sínek között nincsenek-e további párhuzamos összeköttetések. Amennyiben ilyenek lennének, azokat nem szabad a PE-potenciálkiegyenlítő rendszer részeként használni.
Az ilyen eszközök vagy megoldások nagyon problematikusak tudnak lenni, különösen, ha nem képezik tervezett részét az villamos rendszernek.

- Miattuk a tényleges PE-csatlakozást nem lehet korrekten ellenőrizni.
- Módosíthatják az ellenállást, sőt figyelmeztetés nélkül el is lehet őket távolítani!

<u>Példa</u>
Jellemző példa, ami sok problémát okoz, olyan régi hálózatokban, amelyekben a csőrendszer ellenőrizetlenül a védővezetővel van öszekötve. Ha a csöveket műanyag részek beépítésével megszakítják és a tényleges védővezető nem folytonos, komoly

biztonsági hibához vezethet. Általában legalább az első ellenőrzéskor nagyon alaposan szemrevételezéssel és méréssel ellenőrizni kell a védővezető meglétét és komplettségét.
Ha az ilyen ismeretlen nem megengedett eszközök, nem szabványos megoldások problémát okoznak, a legjobb megoldás az, ha a mérés ideje alatt a mért csatlakozásokat bontjuk a PE-síneken.



31. ábra: *Példa nem megengedett párhuzamos összeköttetésre*

Megjegyzés:
A nem megengedett párhuzamos összeköttetések problémáját a különböző országokban különbözőképpen kezelik. Például Nagy-Britanniában a védővezetőt a vizsgálat alatt a berendezésről le kell választani. Az első ellenőrzéseknél alternatív mérési módszerek egyáltalán nem megengedettek.

6.2.2.1 Szabványos folytonosságvizsgálat

A szabványos folytonosságmérés a PE fő földelő sín és a szabadon lévő fém részek (védővezető érintkezők a dugaszoló aljzatokon, kapcsolók, fix csatlakozások, védővezető csatlakozások vízes hálózatokon, közösségi antenna, villámvédelem csatlakozása, külső antenna stb.) között történik.
Általában az ellenállásnak a lehető legkisebbnek kell lennie a vezeték hosszának és keresztmetszetének megfelelően.

$$R_{VEZETÉK} = \rho \frac{l}{A} [\Omega] \qquad \textit{10. képlet}$$

$R_{VEZETÉK}$.... vezeték ellenállása
ρ..... a vezeték anyagának fajlagos ellenállása (Cu-nál: 0,0172 $\Omega mm^2/m$)
l..... a vezeték hossza [m]
A ..... a vezeték keresztmetszete [mm^2].

A B függelék 33. táblázata a különböző hosszúság és keresztmetszet jellemző vezetékellenállásait tartalmazza.
Mivel a vezetékellenállás pontos kiszámítása elég nehéz az 1,0 Ω, 2,0 Ω vagy hasonló értékeket tekintik gyakran határértékeknek.
Megjegyzések:

- Ha az ellenállás nagyobb, mint ahogy az a vezeték keresztmetszete és hossza alapján várható, ez komoly csatlakozási probléma eredménye lehet és ellenőrizni kell!
- Ha az ellenállás kisebb, mint ahogy az a vezeték keresztmetszete és hossza alapján várható, ez ismeretlen nem megengedett párhuzamos összeköttetés eredménye lehet és ellenőrizni kell!
- Szabványos mérésekhez (néha nagyon hosszú) mérővezeték hosszabbításokat használnak. Ebben az esetben a mérővezetékek ellenállását az eredményből le kell vonni (Ezt általában az érintésvédelmi műszerek tudják.)
- *Ügyelni kell a nem megengedett párhuzamos összeköttetések problémájára..*

6.2.2.2 Folytonosságmérés TN-hálózatokban – N-PE hurokmérés

TN-hálózatokban az N- és PE-vezetők a PEN-sínekre a hálózat bemenetén (TN-C, TN-C-S) vagy az energiaforrásra (TN-S) vannak csatlakoztatva.
Az ellenállások mérése az N- és PE- csatlakozások között (gyakran N-PE-hurokellenállásként jelölve) a vizsgálat helyén leegyszerűsítheti a folytonosságvizsgálatot.
A következő eredményeket kapjuk:

TN-C-S- és TN-C-hálózatokban

$$R_{NPE} = R_{Nh} + R_{PEh}\,[\Omega] \qquad \textit{11. képlet}$$

TN-S-hálózatban:

$$R_{NPE} = R_{Nh} + R_{PEh} + R_{Nd} + R_{PEd}\,[\Omega] \qquad \textit{12. képlet}$$

R_{NPE} ..... N-PE-hurokellenállás
R_{NH}, R_{ND}, R_{PEH}, R_{PED}.... N-PE-hurokellenállás részei (lásd 15. ábra)

Várt eredmények:

- Ha az N- és PE-vezetők keresztmetszetei azonosak, a várt eredmény kb. kétszer olyan nagy, mint a 11. képlet szerinti eredmény.
- Ha a PE-vezető keresztmetszete kisebb, mint az N-vezetőé, a várt eredmény valamivel nagyobb, mint a 12. képlet szerinti eredmény.

Ez a módszer egyszerűbb, mint a szabványos módszer, mivel nincs szükség a PE-fősíntől a vizsgált csatlakozási pontokig a hosszú védővezető hosszabbításokra (lásd 32. ábra).

Ennek a módszernek a hátrányai:

- Nem megengedett párhuzamos összeköttetések esetén az eredmények hibásak.
- A berendezés N- és PE-vezetői közötti kiegészítő csatlakozások ugyancsak befolyásolják az eredményt.

- A nemzeti előírásokat ellenőrizni kell abban a tekintetben, hogy ez a mérés megengedett/javasolt-e.

Fontos utalás a METREL-től:
METREL érintésvédelmi műszerei, Eurotest AT, XA, el tudják végezni az N-PE hurokvizsgálatot a műszer N és PE mérőcsatlakozásai között. A dugaszoló aljzatokon a dugvillás mérővezetékkel végezhető el ez a mérés.

6.2.2.3 Az egyenpotenciálú összekötések vizsgálata

Egyenpotenciálú összekötést kell alkalmazni, ha:

$$R_{PEfő} \cdot I_a > U_{É\lim}$$ *13. képlet*

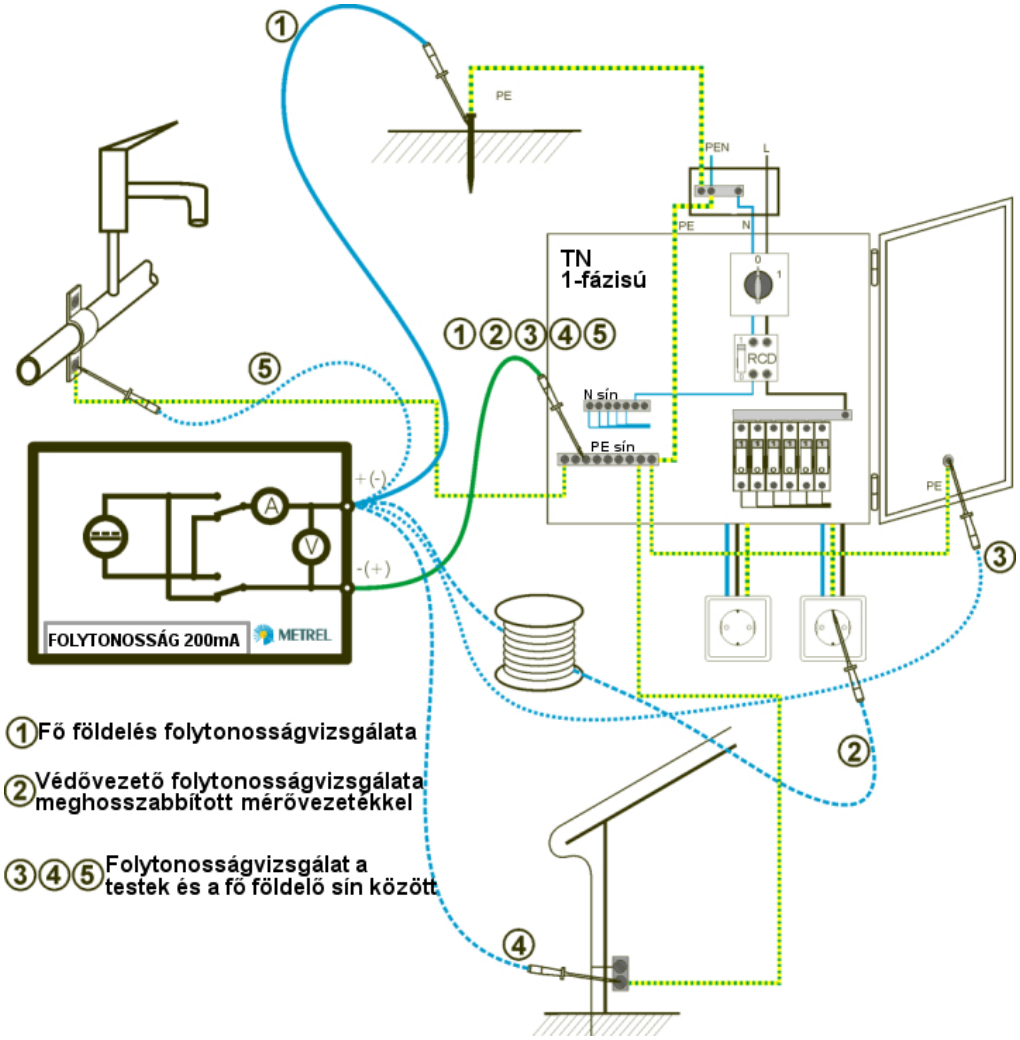
$R_{PEfő}$ ..... A PE- fő egyenpotenciálú összekötés folytonossági ellenállása
$U_{Élim}$ ..... Az érintési feszültség határértéke (általában 50 V)
I_a ..... Az az áram, amely a tápellátás lekapcsolását okozza a névleges időn belül. Ha RCD van a hálózat bemenetén, akkor $I_a = I_{\Delta N}$

A mérés két szabadon lévő fém rész között történik 2,5 m-nél kisebb távolságra. A következő feltételnek kell megfelelni:

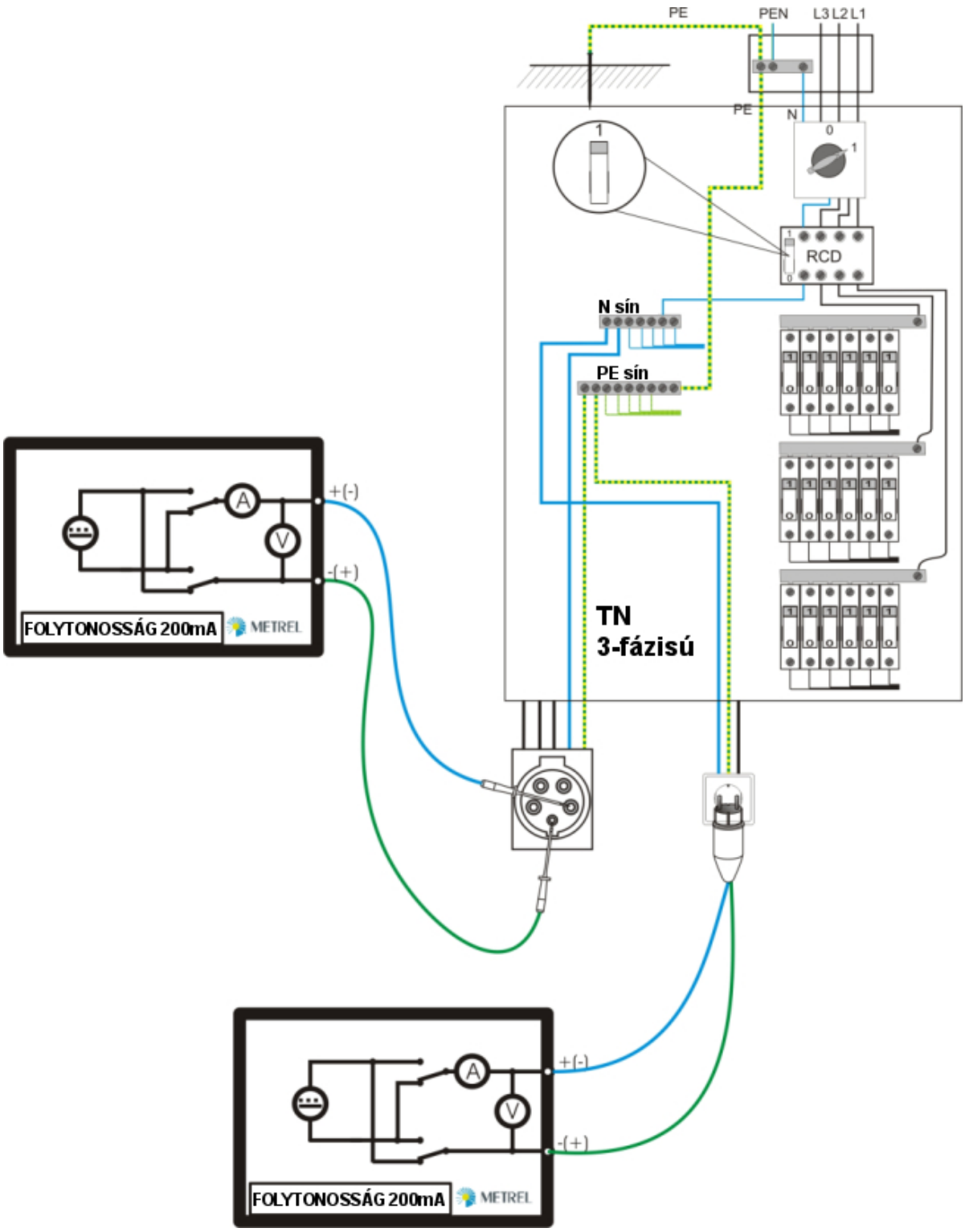
$$R_{EÉ} < \frac{U_{É\lim}}{I_a}$$ *14. képlet*

$R_{EÉ}$..... Ellenállás egyenpotenciálú vezető részek között

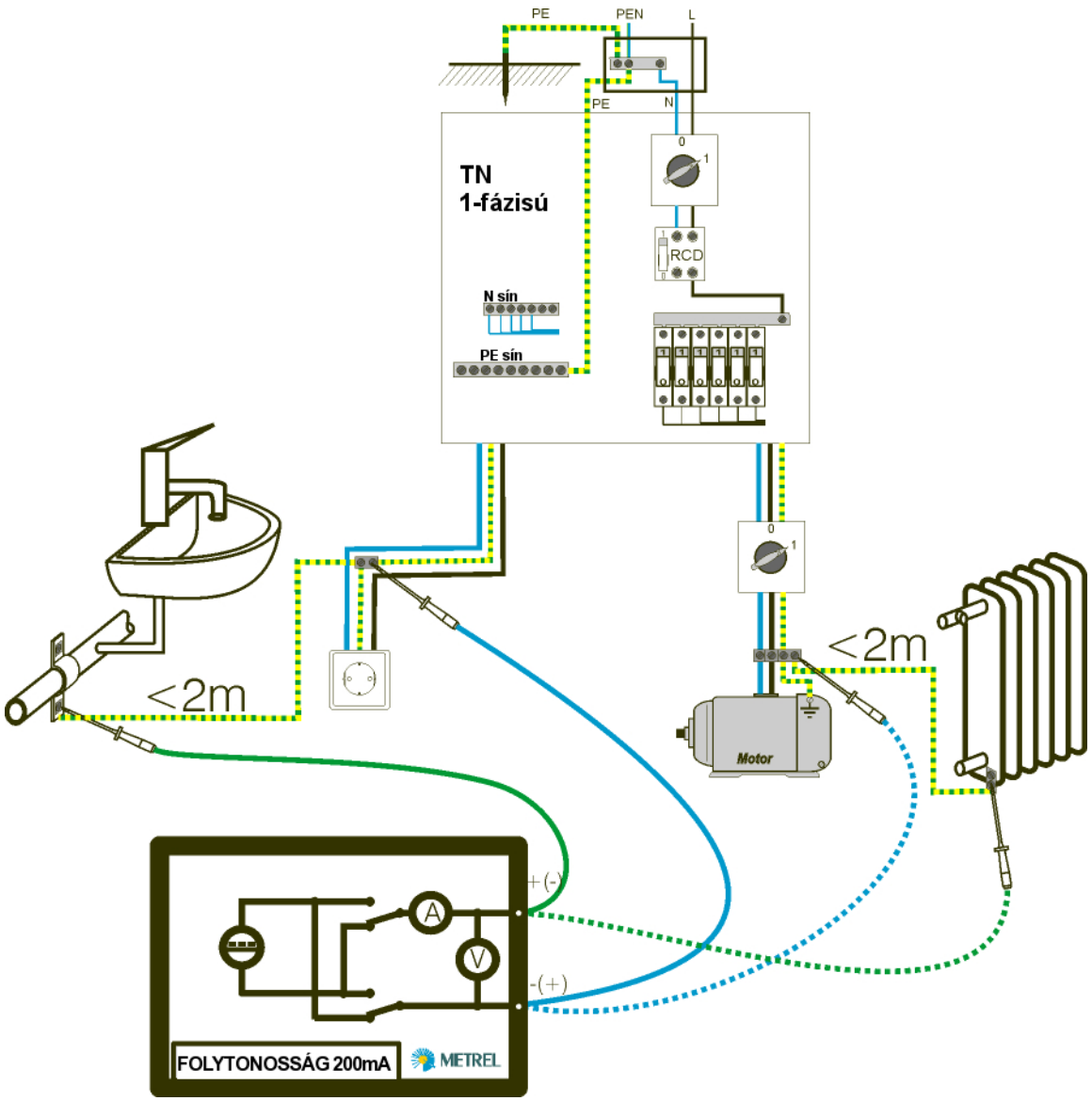
Csatlakozások kapcsolási rajzai



32. ábra: *Szabványos folytonosságvizsgálat*



33. ábra: *N-PE összekötések folytonosságvizsgálata*



34. ábra: *Kiegészítő gyenpotenciálú összekötések vizsgálata*

6.2.3 Földelési ellenállás

A vizsgálat hatálya

A testek földelése biztosítja, hogy a rajtuk lévő feszültségek hiba esetén veszélytelenek legyenek. A 15. ábra kapcsolási rajza R_{EH} und R_{ED} a földelési ellenállásokat ábrázolja.

Fő földelés

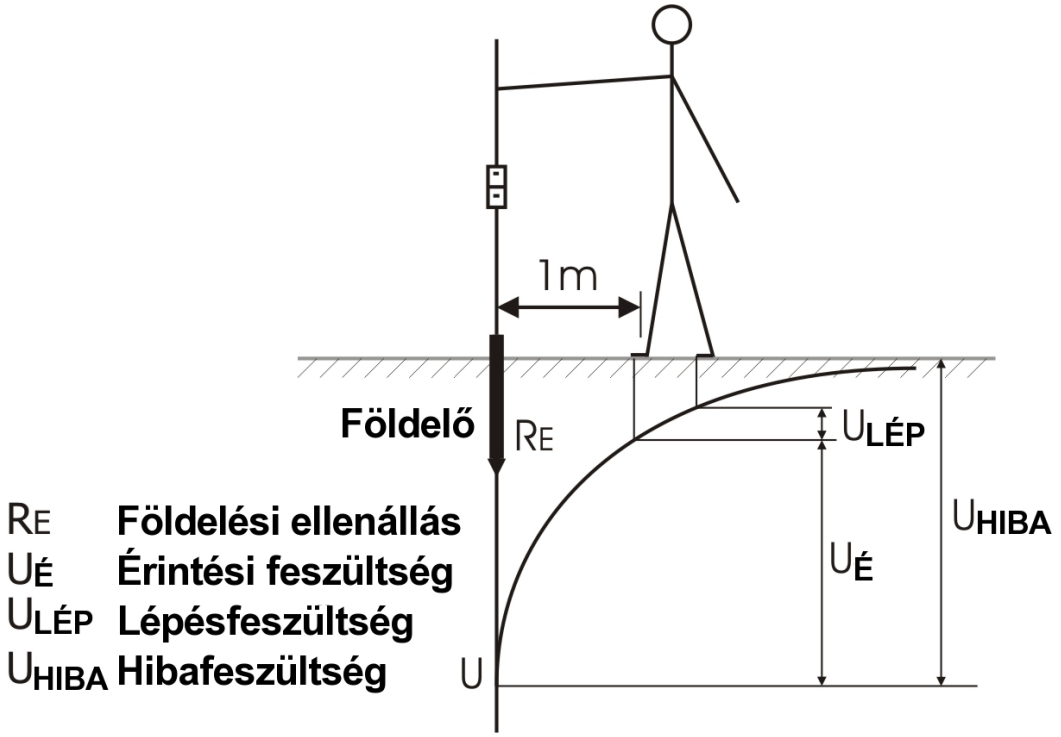
A hálózat / az elosztópontok / az energiaforrás az úgynevezett fő földelésen keresztül kerülnek földelésre. A földelés olyan fémelektródákkal történik, amelyeket a földbe süllyesztenek. A földelőberendezés nagysága és komplexitása a felhasználástól függ (a létesítmény nagysága, a talaj fajlagos ellenállása, a maximálisan megengedett földelési ellenállás stb.).

TN-hálózatokban a földelés az áramforráson és/vagy az elosztópontokon történik. A földelők ellenállása általában nagyon kicsi (1 Ω alatti).

TT-hálózatoknak saját fő földelésük van. Az ellenállások általában nagyobbak, mint a TN-hálózatokban (néhány Ω-tól több száz Ω-ig). Ezért viszonylag kis hibaáramoknál is veszélyes hibafeszültségek és testáramok léphetnek fel. Ebből az okból a TT-hálózatoknak általában kiegészítő RCD-védelmük van.

Villámvédelmi rendszerek
A földelés egyik további alkalmazási lehetősége a villámvédelmi rendszerek. A villámvédelmi rendszer földelőinek viszonylag kis ellenállással kell rendelkezniük (1 Ω és 10 Ω között), hogy a hálózatot / épületet megvédjék a közvetlen villámcsapástól. A villámvédelmi rendszerek nagyon nagyok is lehetnek.

Mi a földelési ellenállás?
Egy a földbe süllyesztett földelőnek meghatározott ellenállása van, amely a földelő nagyságától és a felület sajátosságától (oxidáció a fémfelületen) és a körülötte lévő fajlagos talajellenállástól függ. A földelési ellenállás nem egy pontban koncentrált, hanem a földelő körül elosztott.
Ha hibaáram folyik a földelőn, egy tipikus feszültségeloszlás lép fel az elektróda körül („potenciálvölgy“). Látható, hogy a feszültségesés nagyobb része közvetlenül a földelő körül koncentrálódik (lásd 35. ábra).
A 18. ábra mutatja hogyan lépnek fel hiba-, lépés- és érintési feszültségek mint olyan hibaáramok eredményei, amelyek a földelőn keresztül a földbe folynak.
A hiba- és érintési feszültségek a 4.2.2.1 fejezetben vannak leírva.
A földelők közelében vagy a földben lévő nagy hibaáramok esetén a lépésfeszültséget is figyelembe kell venni.



35. ábra: *Hiba-, érintési- és lépésfeszültségek a földelőn*

Vonatkozó dokumentumok:
Határértékek, eljárási módok: MSZ EN 60364-6 (61.3.6.2 fejezet),
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-5

Mérési elvek / határértékek:
A földelési ellenállás mérése nagyon komplex feladat. A földelő rendszerek nagyok lehetnek; sok helyi rendszer lehet a föld alatt vagy felett stb. egymás alatt összekötve. Ezért nagyon fontos, hogy megfelelő vizsgálati módszert és alkalmas mérőkészüléket válasszunk. A legfontosabb mérési módszerek ebben a fejezetben később találhatók.

Határellenállás
A fő földeléshez a következő követelménynek kell teljesülni:

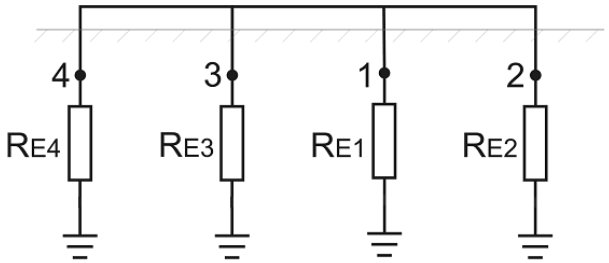
$$R_{EH} < \frac{U_{É\lim}}{I_a}$$ *15. képlet*

R_{EH}..... fő földelési ellenállás
$U_{Élim}$ ..... érintési feszültség határértéke (általában 50 V)
I_a ..... az az áram, amely a táplálásról történő leválasztást a névleges időn belül okozza. Ha a hálózat bemenetén RCD van telepítve, akkor $I_a = I_{\Delta N}$.

A villámvédelmi rendszer egyes rúdjainak viszonylag kis ellenállással kell rendelkezniük (1 Ω és 10 Ω között).

Az eredő földelési ellenállás mérése valamint szelektív földelési ellenállások
Nagy földelő rendszereknek és villámvédelmi berendezéseknek több mint egy földelő pontjuk van. Ebben az esetben az egyes földelési pontokat kell vizsgálni.
Több földelési ponttal rendelkező földelő rendszer modelljét párhuzamosan kapcsolt ellenállások egyszerű összeköttetésével lehet ábrázolni. Minden ellenállás egy földelő pont földelési ellenállását reprezentálja. Ezen modell szerint

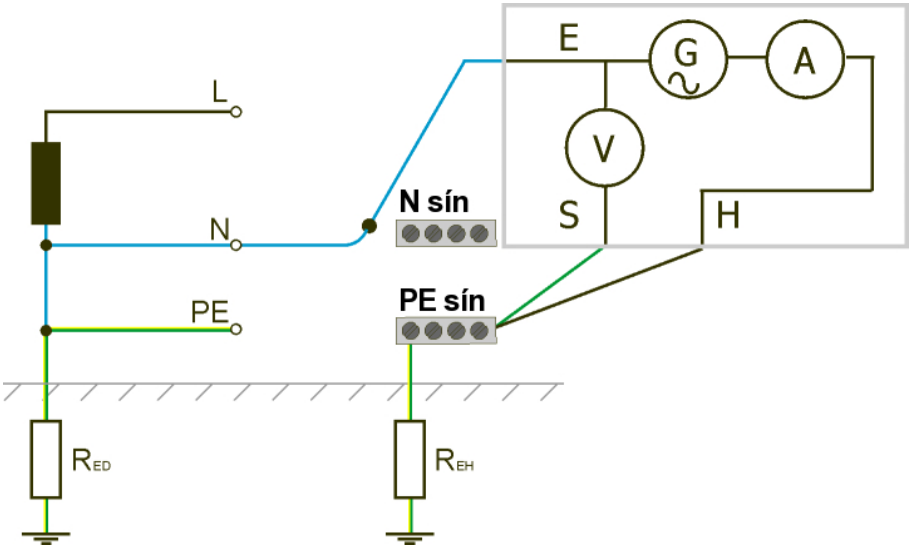
- az eredő (teljes, rendszer) földelési ellenállás az (R_{E1}, R_{E2}, R_{E3}, R_{E4} stb.) párhuzamos kapcsolása,
- az egyes földelési ellenállások (rész, szelektív) R_{E1}, R_{E2}, R_{E3}, R_{E4} stb.



36. ábra: *Több földelési ponttal rendelkező földelő rendszer kapcsolási rajza*

6.2.3.1 Földelési ellenállás kétvezetékes mérése, belső generátorral, szondák nélkül

A kétvezetékes mérést akkor lehet alkalmazni, ha rendelkezésre áll egy jól földelt segédcsatlakozás (pl. tápforrások-/elosztó földelések a nullavezetőn keresztül). Ennek a módszernek a fő előnye, hogy a vizsgálathoz nincs szükség mérőszondákra. A módszer gyors és viszonylag megbízható.



37. ábra: *Eredő földelésmérés – kétvezetékes mérés*

A 37. ábrán lévő példában a következő ellenállás mérése történik:

$$R_{FÖLD_2D} = R_{Nd} + R_{Eh} + R_{Ed}\ [\Omega]$$ *16. képlet*

$R_{FÖLD_2D}$ *.....a földelési ellenállás kétvezetékes vizsgálatának eredménye*

Általában az R_{Ed} és R_{Nd} ellenállások sokkal kisebbek, mint az R_{Eh}. Ebben az esetben az eredmény $\approx R_{Eh}$.

Megjegyzések:

- TT-hálózatoknál akkor alkalmazható, ha a berendezés mért földelési ellenállása nagyobb mint a (jól földelt) segédcsatlakozásé.
- TN- és IT-hálózatoknál nem alkalmazható!
- Városi környezetben akkor alkalmazható, ha a mérőszondák elhelyezése nem megoldható.
- Olyan területeken alkalmazható, ahol különböző helyi és fő földelések egymással össze vannak kötve és ezáltal a földelő rendszer nagyon nagy lesz.
- Ahol nem szükséges mérőszondákat használni.

6.2.3.2 Földhurokvizsgálat, külső tápforrással, elektróda nélkül

TT-hálózatokban, MSZ EN 61557-3 szerinti hurokellenállás vizsgálattal, a következő hurokellenállás mérése történik:

$$R_{HUROK} = R_{Lh} + R_{Eh} + R_{Ed} + R_T \, [\Omega]$$ *17. képlet*

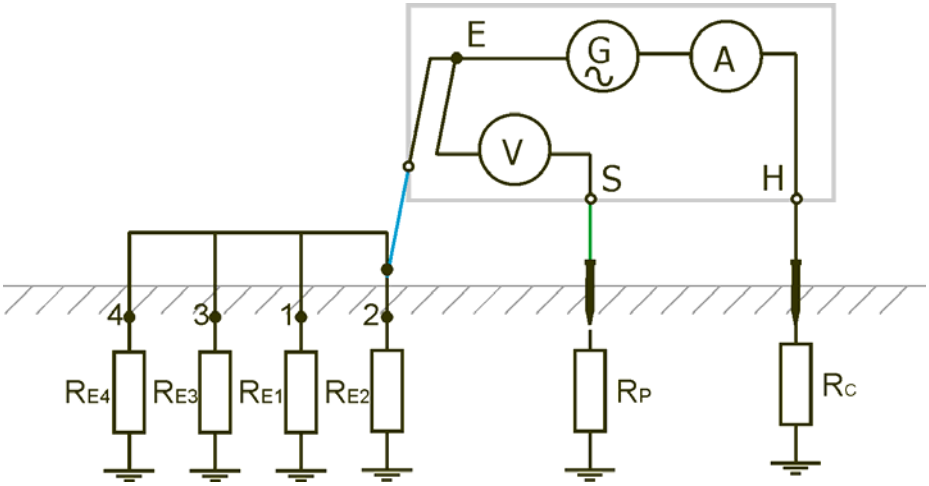
Ha az R_{EH} eredő ellenállás nagyobb, mint az R_{ED} ellenállás és a maradék hurok (az L-vezető ellenállása, a teljesítménytranszformátor szekunder tekercse), az eredmény ≈ R_{EH}.
További információkat a hibahurok vizsgálatról a 6.2.4 fejezetben találnak.

Megjegyzések:

- TT-hálózatoknál akkor alkalmazható, ha a berendezés mért földelési ellenállása nagyobb mint a (jól földelt) segédcsatlakozásé.
- TN- és IT-hálózatoknál nem alkalmazható!
- Városi környezetben akkor alkalmazható, ha a mérőszondák elhelyezése nem megoldható.
- Olyan területeken alkalmazható, ahol különböző helyi és fő földelések egymással össze vannak kötve és ezáltal a földelő rendszer nagyon nagy.
- Ahol nem szükséges mérőszondákat használni.

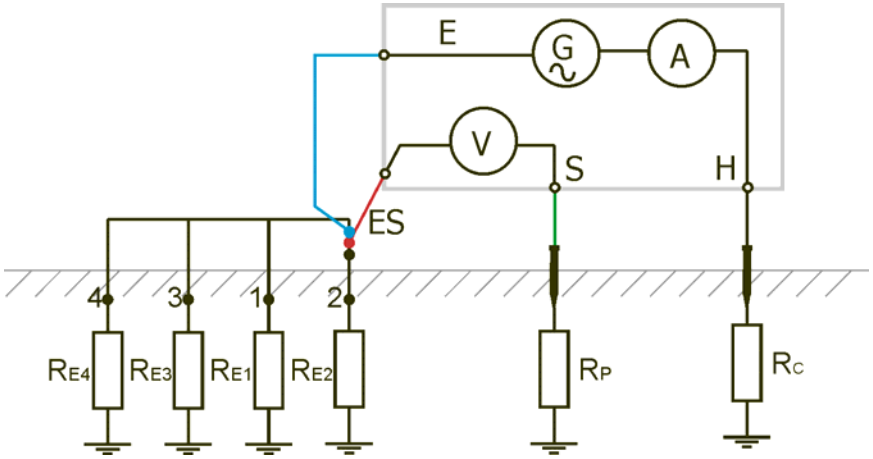
6.2.3.3 A földelési ellenállás három-/négyvezetékes mérése, belső generátorral, két szondával

A háromvezetékes vizsgálat a földelési ellenállás mérésének szabványos módszere. Ez az egyetlen választási lehetőség, ha nem áll rendelkezésre jól földelt segédcsatlakozás. A mérést két mérőszondával végzik.
A három vezeték alkalmazásának hátránya, hogy az E csatlakozó érintkezési ellenállása hozzáadódik az eredményhez.



38. ábra: *Eredő földelésmérés (3-vezetékes) – Szabványos módszer*

A négyvezetékes módszer alkalmazásának előnye, hogy az E mérőcsatlakozás és a vizsgált tárgy közötti vezeték- és érintkezési ellenállások a mérést nem befolyásolják.



39. ábra: *Eredő földelésmérés (4-vezetékes) – Szabványos módszer*

A 39. ábrán lévő példán a következő ellenállás mérése történik:

$$R_{EH} = U_V / I_{gen}$$ *18. képlet*

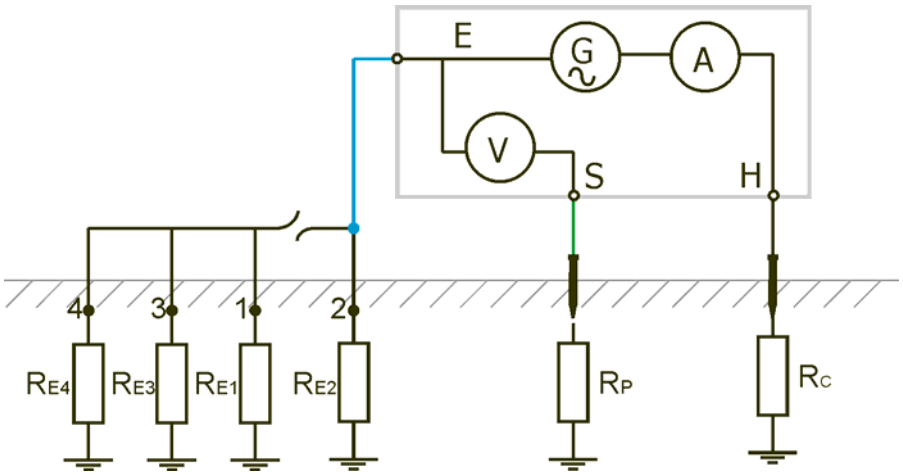
$$I_{gen} = I_{RE1} + I_{RE2} + I_{RE3} + I_{RE4}$$ *19. képlet*

U_V ..... Feszültségesés a földelési ellenálláson, az S és ES között mérve
I_{gen}..... A mérőműszer mérőárama

Megjegyzések:

- A módszer pontosabb eredményeket tesz lehetővé 0 Ω-tól több 1000 Ω-ig.
- A módszer nagyon nagy vagy egymással összekapcsolt földelő rendszereknél nem alkalmazható, mivel a mérőszondákat ilyen esetben a mérendő létesítménytől nagyon nagy távolságokra kell elhelyezni.
- A mérőszondák elhelyezéséről ebben a fejezetben később még beszélünk.

- Egyedi (szelektív) földelési ellenállások mérésekor a mért rudat (földelési pontot) a rendszerről le kell választani.
- TN-hálózatoknál a bekötött PE- ill. PEN-vezetőket le kell választani.



40. ábra: *Szelektív földelésmérés – Szabványos módszer*

$$I_{gen} = I_{RE2}$$ *20. képlet*

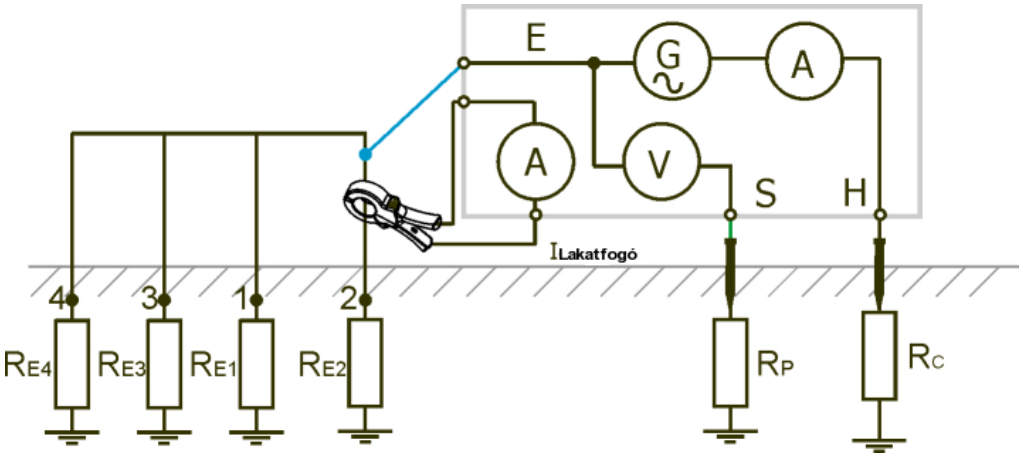
A 20. képlet szerint a mérőáram csak az R_{E2} részellenálláson keresztül folyik, ebben az esetben az R_{E2} mérése történik.

Megjegyzések:

- Pontos eredmények 0 Ω,tól, nincs korlátozva a pontok száma miatt.
- A módszer nagyon nagy vagy egymással összekapcsolt földelő rendszerekhez nem alkalmazható, mivel a mérőszondákat ilyen esetben a mérendő létesítménytől nagyon nagy távolságokra kell elhelyezni.
- A leválasztás viszonylag komplikált; A lakatfogóval végzett mérési módszerek egyszerűbbek.
- A mérőszondák elhelyezéséről ebben a fejezetben később még beszélünk.

6.2.3.4 Földelési ellenállás mérése lakatfogóval és két szondával

Ez a mérés alkalmazható földelő rendszerben egyedi földelési pontok földelési ellenállásának méréséhez. A földelő rudakat a mérés alatt nem kell leválasztani.



41. ábra: *Szelektív földelésmérés – egy lakatfogós módszer*

A 41. ábrán lévő példában a következő ellenállás mérése történik:

$$R_{E2} = \frac{U_V}{(I_{Lakatfogó} \cdot N)} = \frac{U_V}{I_{RE2}}$$ *21. képlet*

$$I_{Lakatfogó} = \frac{\left(R_{E1} \| R_{E2} \| R_{E3} \| R_{E4} \ldots\right)}{R_{E2}} \cdot I_{gen}$$ *22. képlet*

$I_{Lakatfogó}$ ... A lakatfogóval mért áram
N..... Lakatfogó áttétel
I_{gen}..... A mérőműszer mérőárama

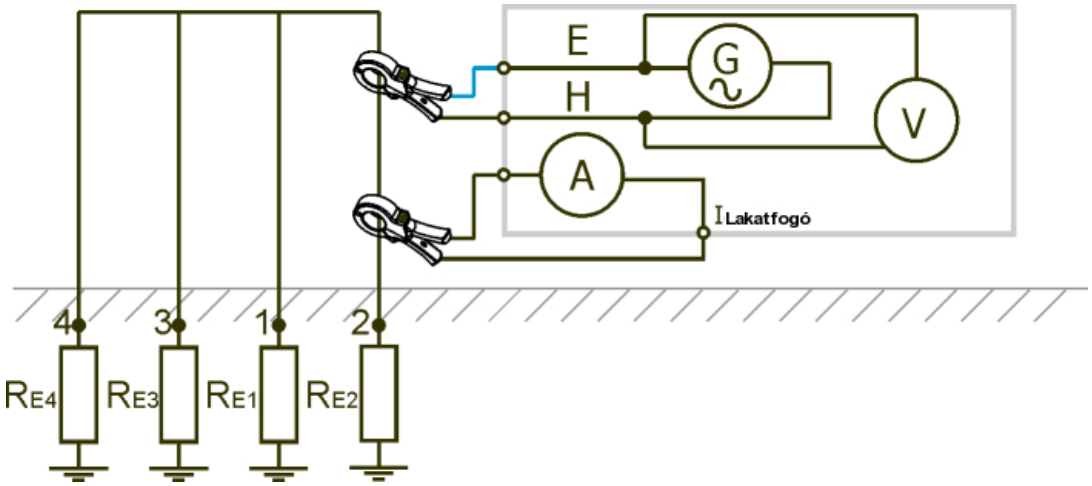
Az I_{RE2} részáram mérése (lásd 41. ábra) lakatfogóval történik.

Megjegyzések:

- A módszer nagyon nagy vagy egymással összekapcsolt földelő rendszerekhez nem alkalmazható, mivel a mérőszondákat ilyen esetben a mérendő létesítménytől nagyon nagy távolságokra kell elhelyezni.
- Nagy rendszerekben a mért részáram az I_{gen} mérőáramnak csak egy kis része. Ügyelni kell a kis áramok mérési pontosságára és a zavaráramokkal szembeni érzéketlenségre! A METREL érintésvédelmi műszerei ebben az esetben figyelmeztetnek a problémára.
- Több mint 10 rúddal rendelkező rendszereknél ez a módszer nem javasolt.
- A módszernek nincs igazi előnye a két lakatfogós vizsgálórendszerrel szemben.
- A mérőszondák elhelyezéséről ebben a fejezetben később még beszélünk.

6.2.3.5 Földelési ellenállás mérése két lakatfogóval

Ezt a mérési módszert földelő rudak, kábelek, földbe helyezett csatlakozások, stb. földelési ellenállásának mérésére használják. Ehhez a mérési módszerhez zárt hurok szükséges a mérőáram generálásához.



42. ábra: *Egyedi földelési ellenállás mérése két lakatfogóval*

A gerjesztő lakatfogó feszültséget indukál a földelési rendszerben. Az indukált feszültség a hurokban mérőáramot generál.
A 42. ábrán lévő példa szerint egyedi földelési ellenállás mérése történik:

$$R_{E2} + \left(R_{E1} \| R_{E3} \| R_{E4} \ldots\right) = \frac{U_{\text{Generátor}} \frac{1}{N}}{I_{Lakatfogó}}$$ *23. képlet*

$U_{Generátor}$ .. a mérőkészülék belső feszültségforrása, gerjesztő feszültség a gerjesztő lakatfogó részére
$I_{Lakatfogó}$ .... A lakatfogóval mért áram
N..... A gerjesztő lakatfogó áttétele

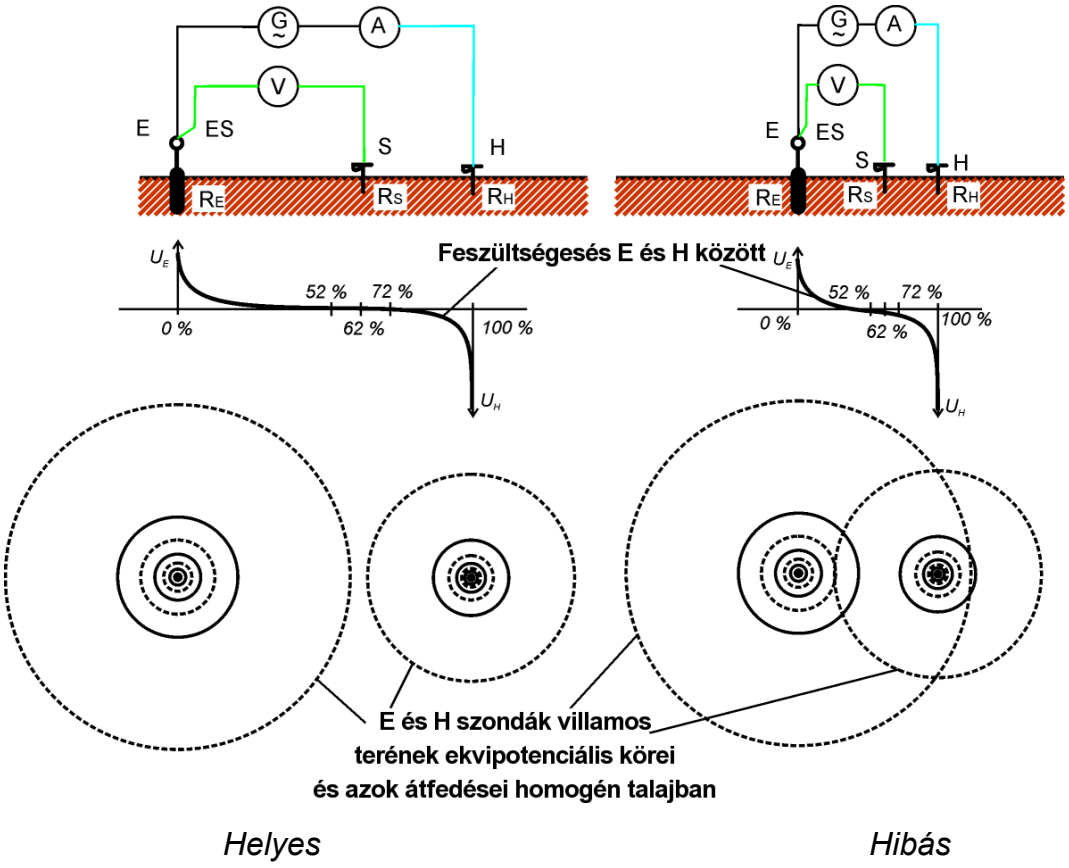
Ha a párhuzamosan kapcsolt földelők eredő földelési ellenállása R_{E1}, R_{E3} és R_{E4} sokkal kisebb, mint a vizsgált földelő ellenállása R_{E2}, az eredmény $\approx R_{E2}$.
Más egyedi ellenállások mérése a többi földelő lakatfogóval történő mérésével történik.

Megjegyzések:

- Alkalmazható számos párhuzamos földelővel rendelkező komplex földelési rendszerekben.
- Alkalmazható földelési ellenállás mérésére transzformátorállomásokban.
- Különösen alkalmas városi környezetben.
- A mért földelőket nem kell leválasztani.
- Alkalmazható szelektív és fő földelési ellenállások mérésére.
- Nagyon gyors mérés; nem szükséges mérőszondákat elhelyezni és a mért földelőket leválasztani.
- Nagyon pontos 10 Ω alatti ellenállásoknál. A méréstartomány néhány 10 Ω-ra korlátozott. Nagyobb értékeknél a mérőáram néhány mA-re csökken. Ügyelni kell a kis áramok mérési pontosságára és a zavaráramokkal szembeni érzéketlenségre! A METREL érintésvédelmi műszerei ebben az esetben figyelmeztetnek a problémára.
- A gerjesztő és a mérő lakatfogó közötti minimális távolság legalább 30 cm (ha nincsenek leárnyékolva).

A mérőszondák használata és elhelyezése

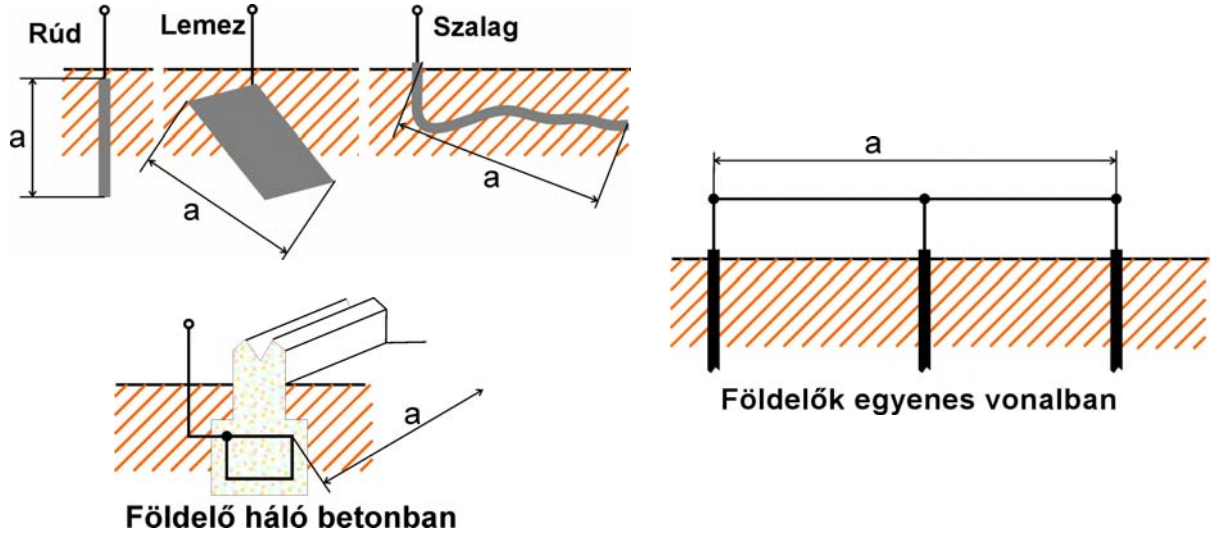
Szabványos földelési ellenálláshoz két mérőszondát (feszültség és áram) használnak. A feszültségvölgy miatt fontos, hogy a mérőelektródákat helyesen helyezzék el. További információkat erről a következő kézikönyvben találnak: *Grounding, bonding, and shielding for electronic equipments and facilities* (Az villamos készülékek és berendezések földelése, potenciálkiegyenlítése és árnyékolása).



43. ábra: *Szondák elhelyezése*

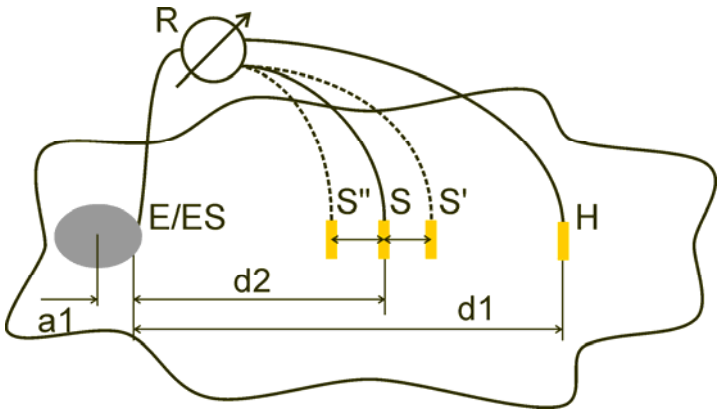
Az E elektróda a földelővel (rúd) van összekötve.

A H elektróda arra szolgál, hogy a mérőhurkot zárja. Az S és E elektróda közötti feszültség a mért ellenállás feszültségesése. A szondák helyes elhelyezése nagyon fontos. Ha az S szondát túl közel helyezik el a földelő rendszerhez, akkor túl kis ellenállást mérnek. (A feszültségvölgynek csak egy részét érzékelik)
Ha az S szondát túl közel helyezik el a H szondához, zavarná a H elektróda feszültségvölgyének földelési ellenállása az eredményt.
A mérőszondák helyes elhelyezéséhez fontos ismerni a földelési rendszer nagyságát.
Az „a“ paraméter ábrázolja a földelő maximális méretét (vagy földelő berendezés) és a 44. ábra szerint definiálható.



44. ábra: *Az „a“ paraméter definiciója*

Elhelyezés egyenes vonalban



45. ábra: *Elhelyezés egyenes vonalban*

Miután megállapították egy földelő rendszer maximális „a“ méretét, a méréseket el lehet végezni a mérőszondák helyes elhelyezésével. Az S mérőelektróda háromféle elhelyezésével történő méréssel (S'', S, S') kell ellenőrizni, hogy a kiválasztott d1 távolság elég nagy-e.

- A vizsgált E/ES földelő elektróda rendszer távolságának a H áramszondához képest az alábbinak kell lennie:
  $d1 \geq 5a$.

- A vizsgált E/ES földelő elektróda rendszer távolságának az S potenciálszondához képest a következőnek kell lennie:

$$d_2 = 0{,}62 d_1 - 0{,}38 a_1 [\Omega]$$ *24. képlet*

a1..... távolság a földelőrendszer csatlakozási pontjai és a középpontja között.

1. mérés
- Az E/ES földelőszondának az S feszültségszondához képest lévő távolságának a következőnek kell lennie: d2.

2. mérés
- Az E/ES földelőszondának az S feszültségszondához képest lévő távolságának a következőnek kell lennie: $d_2 = 0{,}52 d_1 - 0{,}38 a_1$ (S'').

3. mérés
- Az E/ES földelőszondának az S feszültségszondához képest lévő távolságának a következőnek kell lennie: $d_2 = 0{,}72 d_1 - 0{,}38 a_1$ (S').

Helyesen megválasztott d1 esetében a 2. és 3. mérés eredményei szimmetrikusan helyezkednek el az 1. mérés eredménye körül. A különbségeknek (2. mérés – 1. mérés, 3. mérés – 2. mérés) 10 % alatt kell lenniük. Nagyobb különbségek vagy aszimmetrikus eredmények azt jelentik, hogy a feszültségvölgyek a mérést befolyásolják, és hogy d1-et növelni kell.

Megjegyzések:

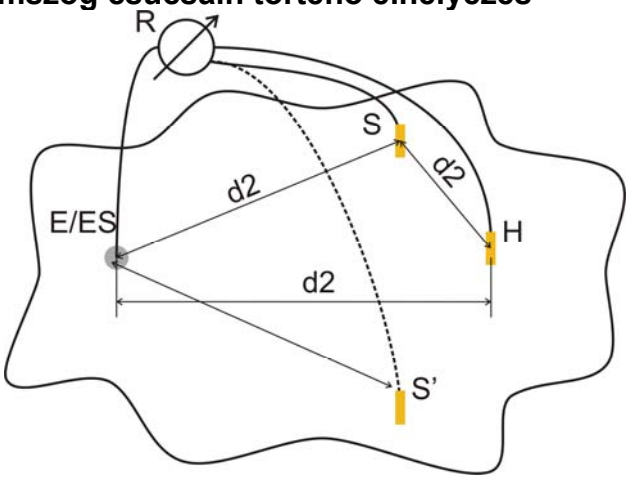
- A mért ellenállás kezdeti pontossága a földhöz viszonyítva a d1 elektródák közötti távolságtól és az „a" földelő elektródák nagyságától függ. Ezt a 23. táblázatban is látni lehet.

d1/a	Hiba [%]
5	10
10	5
50	1

23. táblázat: *A d1/a arányának befolyása a kezdeti pontosságra*

- Tanácsos a mérést a mérőszondák különböző elhelyezésével megismételni.
- A mérőszondákat a vizsgált földelő ellenkező irányába is el kell helyezni (180° vagy legalább 90°). Az eredmény két vagy több részeredmény átlaga.
- Az MSZ EN 60364-6 szerint az S'-S (2. mérés) és S''-S távolságnak (3. mérés) 6 m-nek kell lennie.

Egyenlő oldalú háromszög csúcsain történő elhelyezés



46. ábra: *Egyenlő oldalú háromszög csúcsain történő elhelyezés*

1. mérés

A vizsgált földelő távolságának a H áramszondához és az S feszültségszondához képest legalább a következőnek kell lennie: d2= 5·a

2. mérés

A földelő távolságának az S (S') feszültségszondához képest a következőnek kell lennie: d2, ellentétes oldal a H-hoz képest.

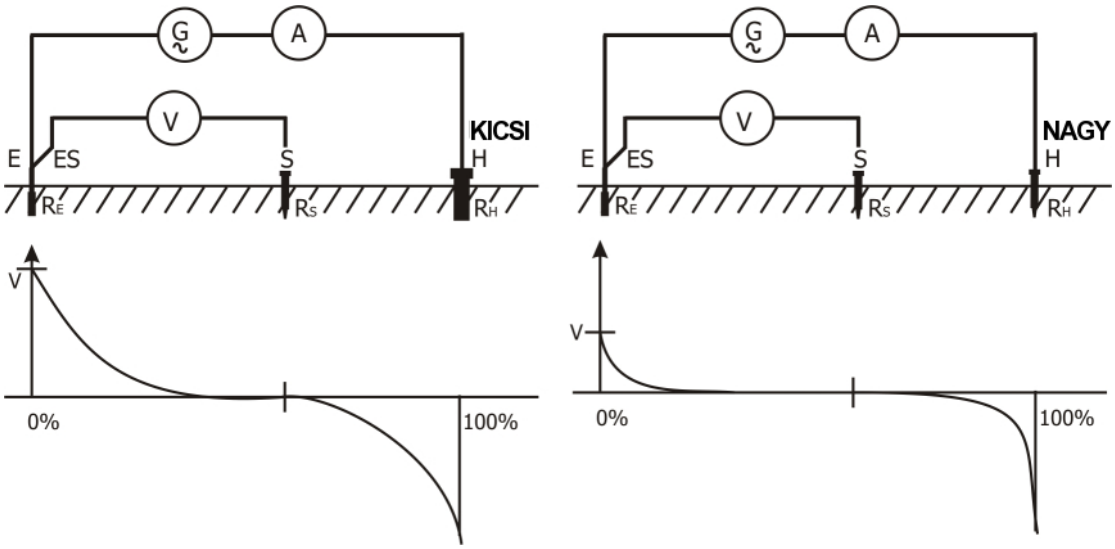
Az első mérést a d2 távolságra lévő S és H szondákon kell elvégezni. Az E csatlakozásoknak és a H és S szondáknak egyenlő oldalú háromszöget kell alkotniuk.
A második méréshez az S szondát ugyanolyan d2 távolságra a H-val szemben lévő oldalra kell helyezni. Az E csatlakozásoknak és a H és S szondáknak ismét egy egyenlő oldalú háromszöget kell alkotniuk. A két mérés közötti különbség nem lépheti túl a 10 %-ot. Ha 10 %-nál nagyobb lenne a különbség, a d2 távolságot arányosan meg kell növelni és a méréseket meg kell ismételni. Egy egyszerű megoldás csak az S és H mérőszondákat megcserélni (a műszeren is megtehetjük ezt). Az eredmény két vagy több részeredmény átlaga.
Tanácsos a mérést a mérőszondák különböző elhelyezésével megismételni.
A mérőszondákat a vizsgált földelő ellenkező irányába is el kell helyezni (180° vagy legalább 90°).

A mérőelektróda ellenállása

Általában a mérőelektródáknak a földdel szemben kisebb ellenállással kell rendelkezniük. Ha az ellenállás nagy (általában ha száraz a földterület), akkor az S és H elektródák nagymértékben befolyásolhatják a mérési eredményt. A H elektróda nagy ellenállása azt jelenti, hogy a feszültségesés nagyobb része az áram elektródára koncentrálódik és a vizsgált földelő mért feszültségesése kicsi. Az S elektróda nagy ellenállása a mérőkészülék belső impedanciájával feszültségosztót képezhet, ami túl kicsi mérési eredményhez vezet. A mérőelektróda ellenállását az alábbiak szerint lehet csökkenteni:

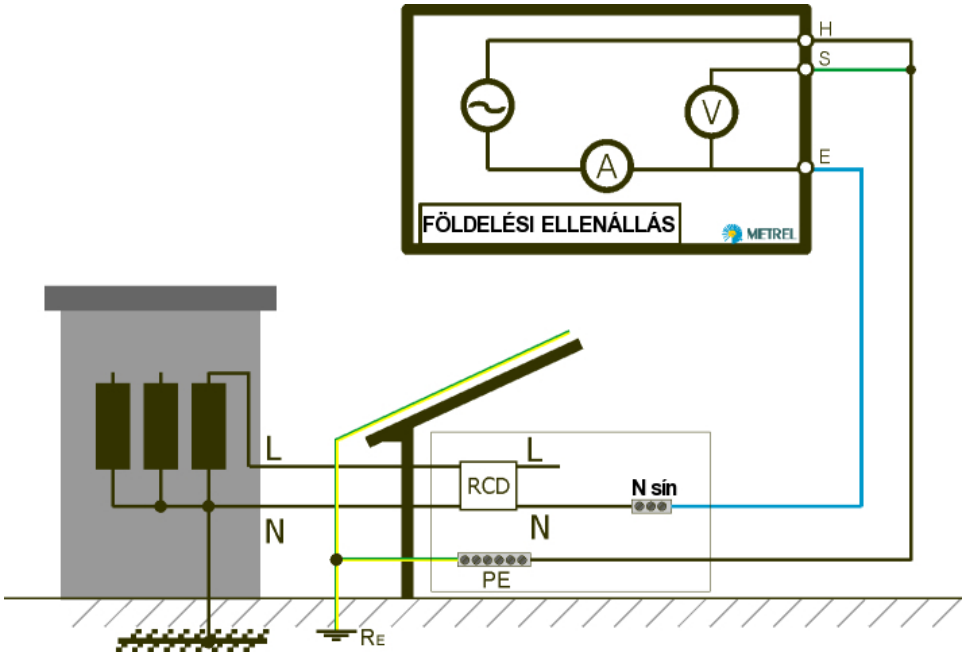
- Az elektródák közelében a talajt normál vagy sós vízzel be kell vizezni,
- Az elektródákat a megszáradt felület alá süllyesztik,
- A mérőelektródák nagyságát növelik vagy az elektródákat párhuzamosan kötik.

A METREL mérőműszerein ebben az esetben a megfelelő figyelmeztető jelzések jelennek meg az MSZ EN 61557-5 szerint. A METREL valamennyi földelésmérő műszere az elektródaellenállások pontos mérésével az MSZ EN 61557-5 szabványban meghatározott határértékek felett áll.

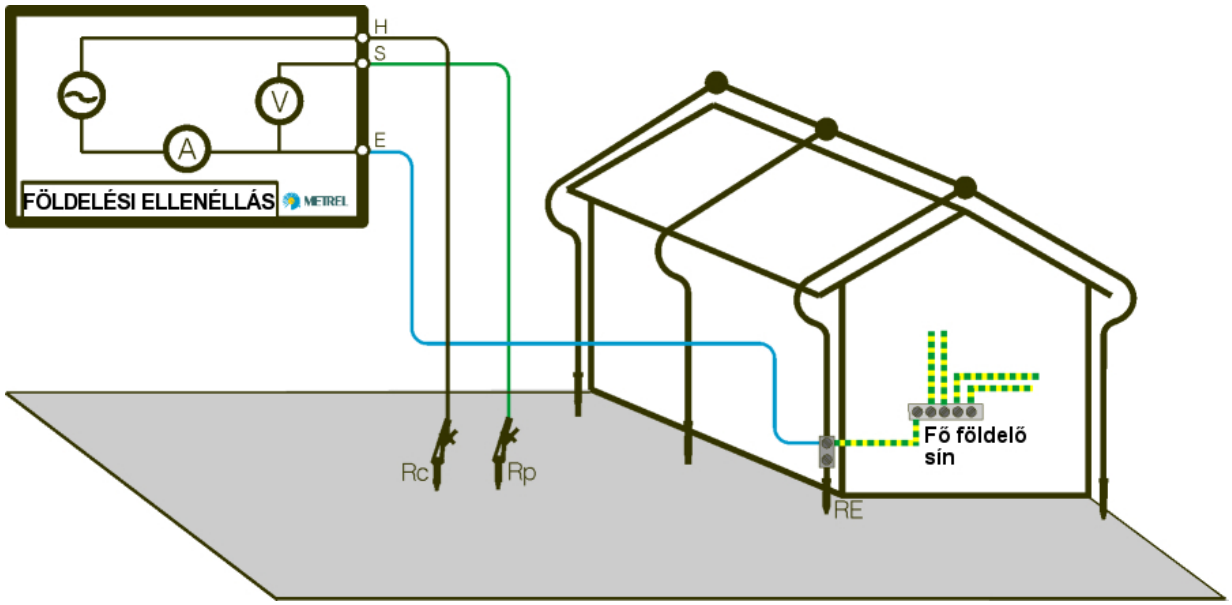


47. ábra: *Különböző kicsi és nagy elektródaellenállásnál mért feszültségesések*

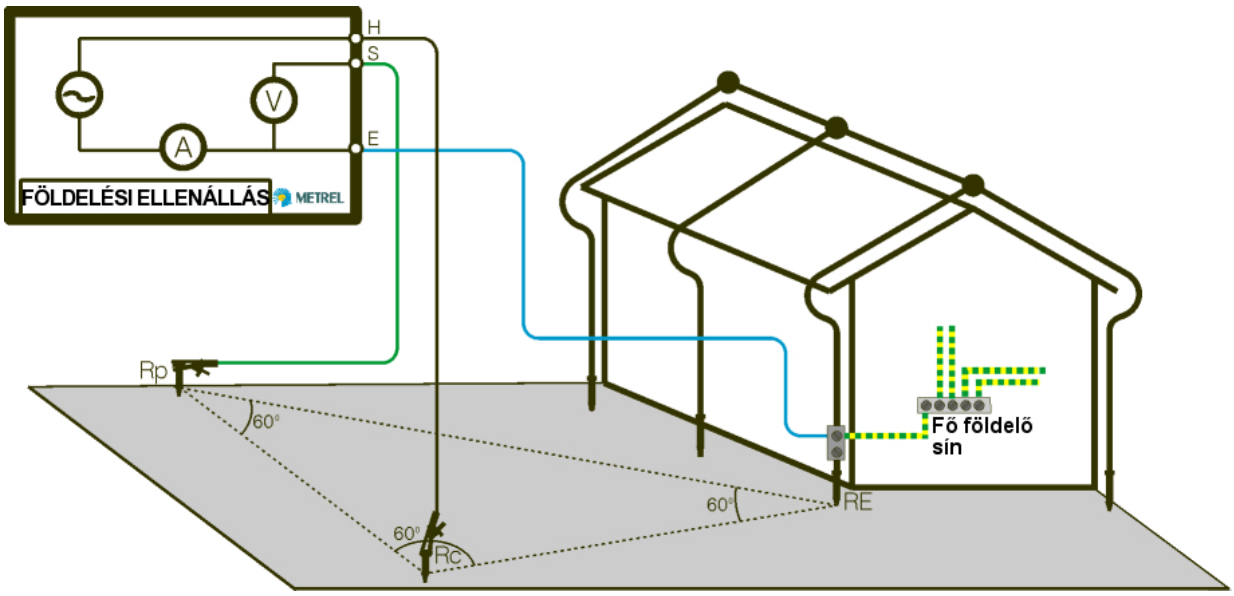
Csatlakozás kapcsolási rajza



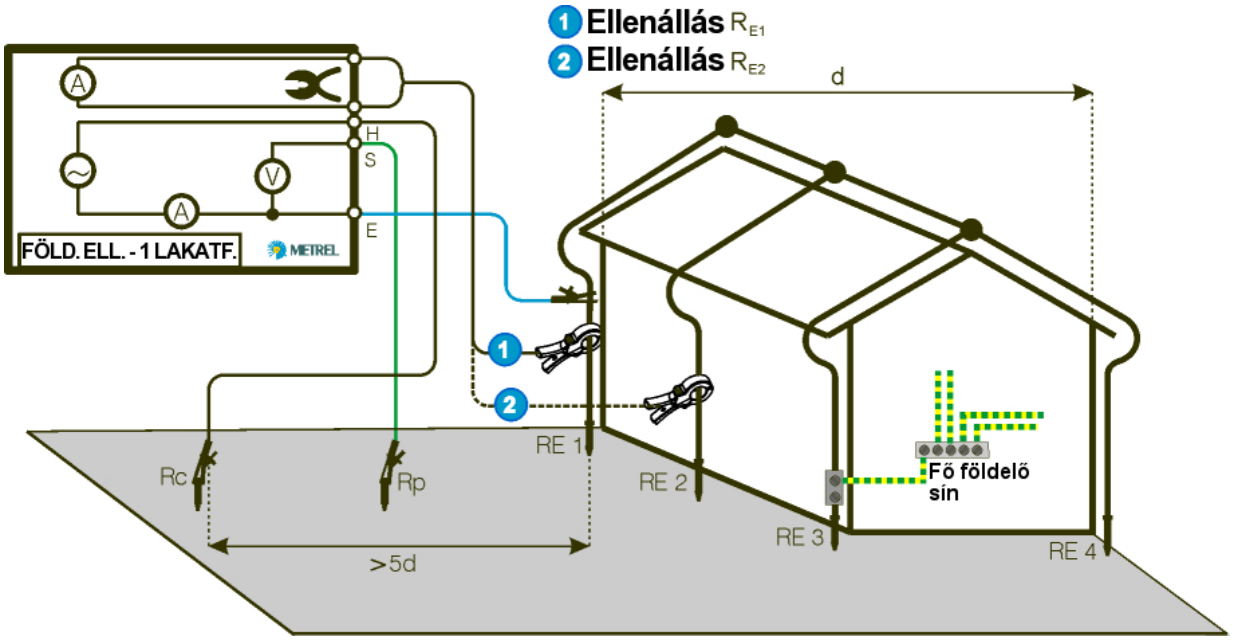
48. ábra: *Kétvezetékes mérés (csak TT-hálózatoknál), szondák nélkül*



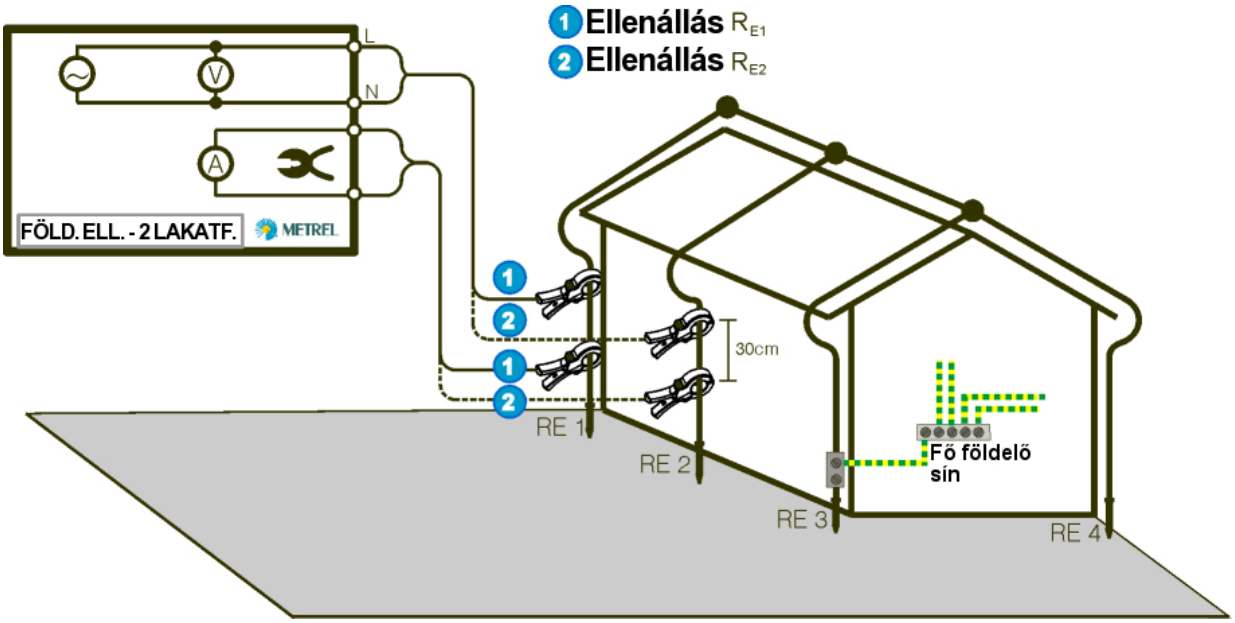
49. ábra: *Háromvezetékes mérés, két elektródával, a szondák elhelyezése egyenes vonalban*



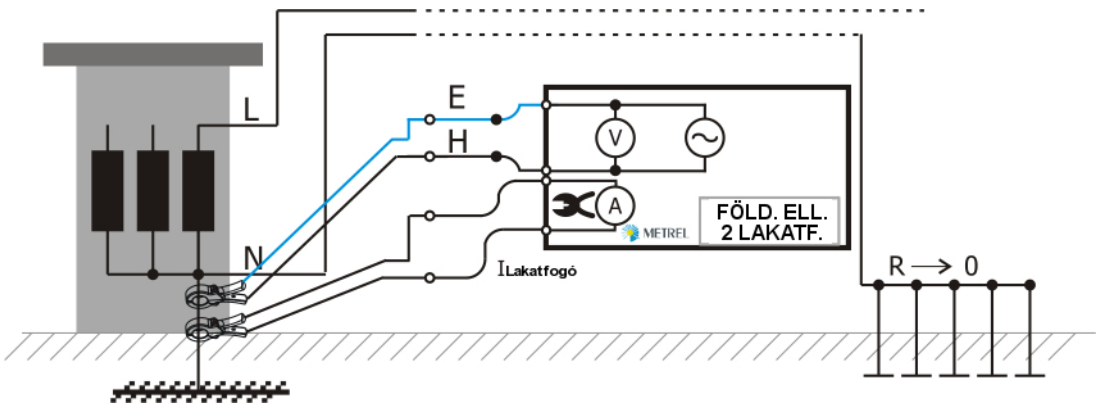
50. ábra: *Háromvezetékes mérés, két elektróda, a szondák egyenlő oldalú háromszög csúcsain történő elhelyezése*



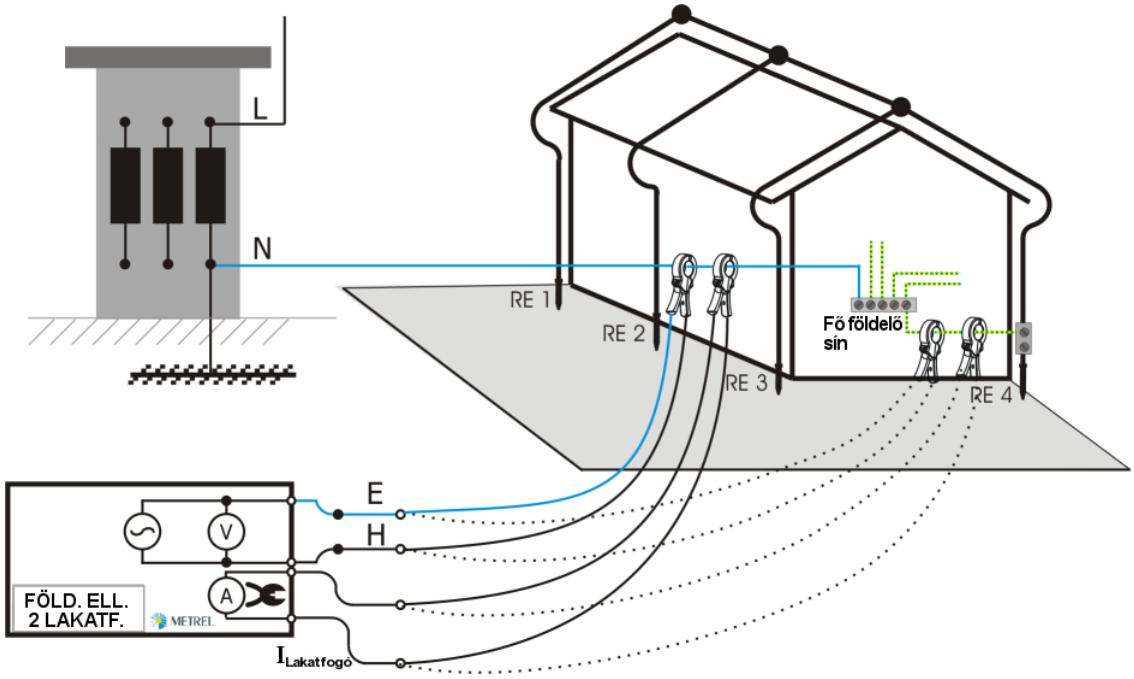
51. ábra: *Mérőrendszer lakatfogóval és két szondával*



52. ábra: *Mérőrendszer (egyedi földelő rudak) két lakatfogóval*



53. ábra: *Transzformátor földelési ellenállásának mérése két lakatfogóval*



54. ábra: *Létesítmény földelési ellenállásának mérése két lakatfogóval TN-hálózatban*

6.2.4 Hurokimpedancia

A vizsgálat hatálya

A vizsgálatnak a következőket kell elvégeznie:

- *Beépített túláram- és/vagy hibaáram lekapcsoló készülékek hatásosságának ellenőrzése,*
- *Hiba-hurokimpedanciák és várható rövidzárási áramok és hibafeszültségértékek ellenőrzése.*

Hiba-hurokimpedancia és várható rövidzárási áram TN-hálózatokban

TN-hálózatokban a Z_{LPE} hiba-hurokimpedancia a következőkből áll:

- Z_T (a teljesítménytranszformátor szekunder impedanciája)
- Z_L (fázisvezetők impedanciája a tápforrástól a hibáig)
- R_{PE} (PE-/ PEN-vezetők ellenállása a hibától a tápforrásig)

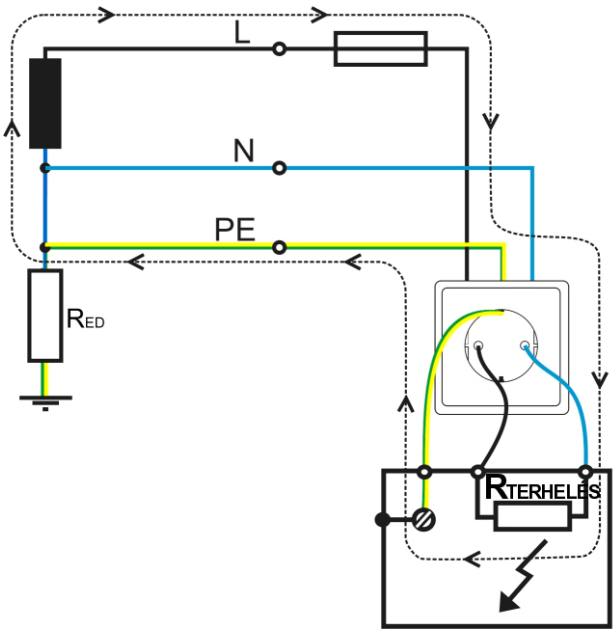
A hiba-hurokimpedancia azon impedanciák és ellenállások összege, amelyekből a hibahurok áll.

$$Z_{LPE} = Z_L + R_{PE} + Z_T$$ *25. képlet*

Az I_{PFC} várható rövidzárási áramot a következőképpen definiáljuk:

$$I_{PFC} = \frac{U_{LPE}}{Z_{LPE}} > I_a$$ *26. képlet*

U_{LPE} a tápforrás névleges feszültsége. I_{PFC}-nek I_a –nél (névleges lekapcsolási ideig folyó áram) nagyobbnak kell lennie.
A hiba-hurokimpedanciának elég kicsinek kell lennie, azaz a várható rövidzárási áramnak elég nagynak kell lennie, hogy a beépített védelmi berendezés a hibahurkot az előírt időtartamon belül leválassza. Az I_{PFC} és Z_{LPE} határértékei a kiválasztott biztosító tipusától és nagyságától valamint a szükséges kioldási időtől függenek.



55. ábra: *Hibahurok TN-hálózatban*

Hiba-hurokimpedancia és várható rövidzárási áram TT-hálózatban
TT-hálózatokban a hiba-hurokimpedancia a következőkből áll:

- Z_T (a teljesítménytranszformátor szekunder impedanciája),
- Z_L (a fázisvezető impedanciája a tápforrástól a hibáig),
- $R_{Eh}+R_{PEh}$ (a PE-vezetőkkel ellátott hálózat földelési ellenállása a hibától a földelési pontig),
- R_{Ed} (a tápforrás/elosztópont földelési ellenállása).

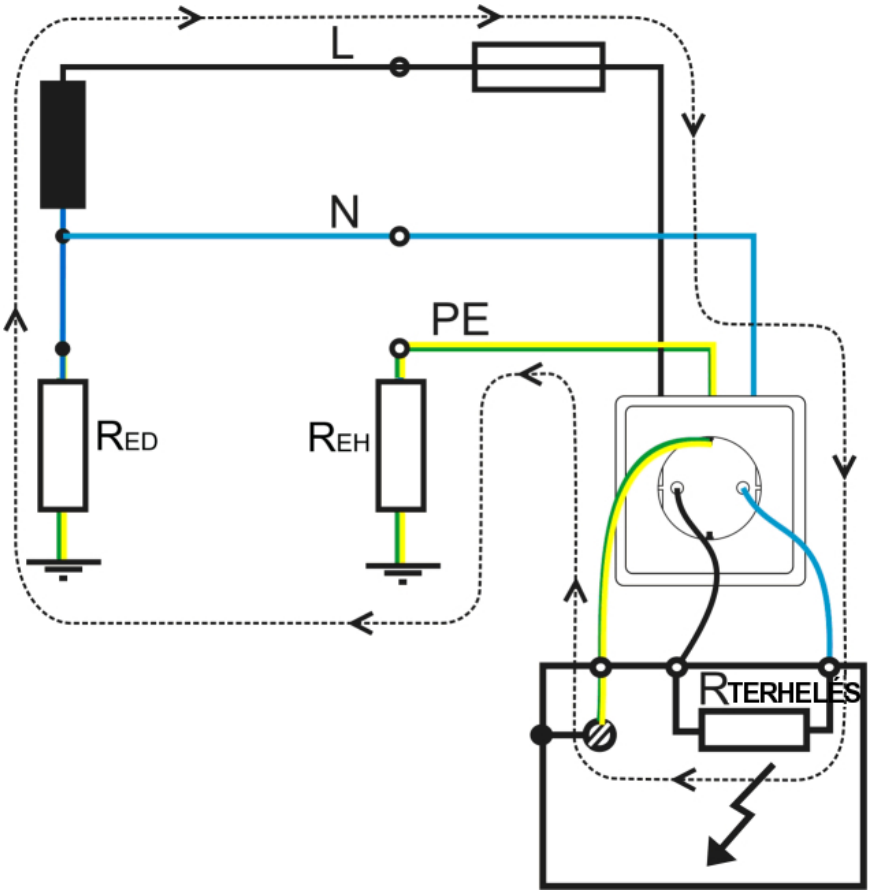
A hiba-hurokimpedancia azon impedanciák és ellenállások összege, amelyekből a hibahurok áll.

$$Z_{LPE} = Z_L + R_{Eh} + R_{Ed} + Z_T$$ *27. képlet*

TT-rendszerekben védelmi eszközként általában RCD-ket használnak. Rövidzár vagy a fázis- és védővezető közötti nagy szivárgóáram esetén veszélyes érintési feszültség lép fel a megérinthető fémrészeken. Ha ez a feszültség meghaladja az 50 V-ot, az RCD-nek le kell oldania.

$$Z_{HUROK} < \frac{50V}{I_{\Delta N}} = \frac{U_B}{I_{\Delta N}}$$ *28. képlet*

$U_{ÉRINTÉSI}$.. A megengedett érintési feszültség
Z_{HUROK}..... Hurokimpedancia
$I_{\Delta N}$ ..... Az RCD névleges kioldási árama



56. ábra: *Hibahurok TT-hálózatban*

Vonatkozó dokumentumok:
Határértékek, eljárási módok: MSZ EN 60364-4 (61.3.6.3 fejezet)
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-3

Mérési elvek / határértékek:

Hurokimpedancia / Hurokellenállás

A hiba-hurokimpedancia tartalmazza a hibahurok rezisztív és induktív részét. Az induktivitás a teljesítménytranszformátorból származik.
A nagyobb ellenállásrész a hurokban lévő rézvezetékek ellenállásából (vezetők, tranformátortekercs) és a földelési ellenállásokból adódik (TT-hálózatokban).
Általában az induktív rész elhanyagolható, ha a hurokimpedancia értéke > 0,4 Ω.

Olyan alkalmazásoknál, amelyekben a mérés a teljesítménytranszformától közvetlen közelében (< 50 m) történik, az reaktanciának hasonló értéke lehet, mint az ellenállásrésznek. Ebben az esetben nagyon fontos figyelembe venni az impedancia eredményét, mivel a hibahurokellenállás eredménye kisebb és ez hibás következtetéshez vezethet.

Példa:
TN-elosztóhálózat belső ellenállásának (R_L+ R_{PE}) értéke 0,25 Ω,
az elosztótranszformátor L induktivitásának értéke 0,4 mH (0,13 Ω 50 Hz-nél),
a hálózat hurokimpedanciája pedig 0,28 Ω.
I_{PFC} az ellenállásmérés alapján: 828 A (207 V-nál).
I_{PFC} az impedanciamérés alapján: 739 A
Felismerhető, hogy az ellenállás egyedüli mérése a beépített biztosító hibás kiválasztásához vagy ellenőrzéséhez vezet!

A várható rövidzárási áram skálafaktora
Az $I_{PFC} > I_a$ .feltételnek kedvezőtlen körülmények között is teljesülnie kell (legnagyobb vezetőhőmérséklet, legkisebb tápfeszültség).
Ezt figyelembe veendő az I_{PFC} mért értéket egy alkalmas tényezővel meg kell növelni.

$$I_{PFCkiszámított} = I_{PFCmért} / (Skálafaktor) \qquad 29.\ képlet$$

$I_{PFCmért}$ ..... a műszerrel mért eredmény
$I_{PFCkiszámított}$ ..... az a kiszámított eredményt, amely figyelembe veszi a kedvezőtlen körülményeket

A kedvezőtlen eset körülményeit a határértékek korrigálásával is figyelembe lehet venni. Ebben az esetben a mérési eredményeket nem kell korrigálni.

$$I_{PFC_határ} = I_a / (Skálafaktor) \qquad 30.\ képlet$$

I_a ..... az az áram, amely a táplálás lekapcsolását okozza a névleges időn belül
$I_{PFC_határ}$ ..... az a kiszámított határérték, amely a kedvezőtlen feltételeket figyelembe veszi

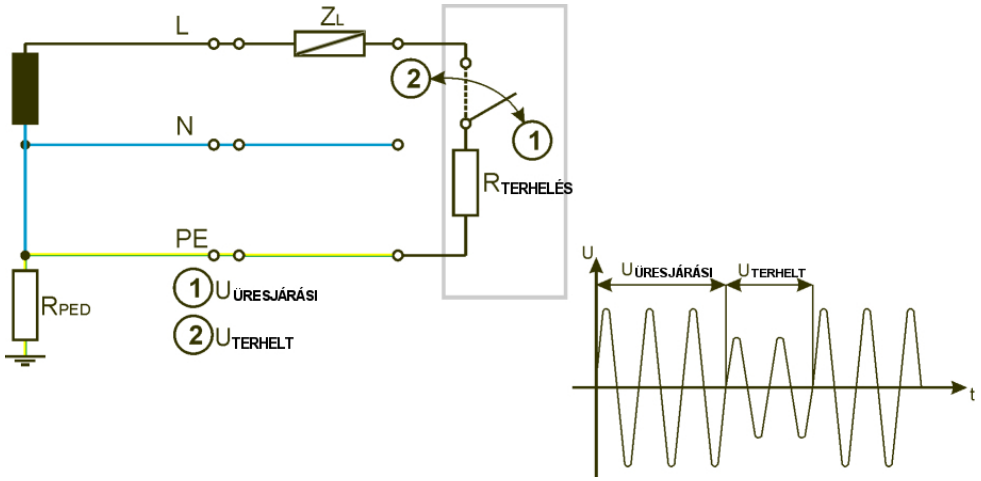
Megjegyzések:
- A skálafaktor helyes értékéhez figyelembe kell venni a nemzeti előírásokat.
- Jellemző skálafaktor a 0,64 (0,8 a tápfeszültség következtében és 0,8 a vezető hőmérséklet következtében).

6.2.4.1 Szabványos hurokmérés

A mérőműszert a hálózati feszültségre csatlakoztatják (a fázis- és védővezető közé) és az rövid ideig erősen megterheli a hálózatot. A mérőáram által okozott feszültségesést voltmérővel mérik. A mérőáram és hálózati feszültség közötti fáziskésleltetést ugyancsak mérik. A mérési eredmények alapján a mérőműszer kiszámítja a Z_{LPE}. hiba-hurokimpedanciát.

$$Z_{LPE} = \frac{U_{ÜRESJÁRÁSI} - U_{TERHELT}}{U_{TERHELT} / R_{TERHELÉS}} = \frac{\Delta U}{I_{test}}$$ *31. képlet*

ΔU..... mért feszültségesés
I_{test}..... mérőáram



57. ábra: *Hiba-hurokimpedancia mérés – szabványos módszer*

6.2.4.2 Z_{SCHL} mérése RCD-védett TN-hálózatokban

Túláramvédelemmel és RCD-védelemmel rendelkező TN-hálózatokban a következő probléma lép fel:
Mivel az $I_{PFC}>I_a$ feltételnek meg kell felelni, a mért impedanciák kicsik (jellemzően <1,5 Ω). A mérőáramnak kicsinek kell lennie, hogy elkerülhető legyen az RCD kioldása. 30 mA-es RCD-nél a mérőáram értéke < 15 mA.
A kis mérőáram által okozott mért feszültségesés nagyon kicsi; ezért már a kis feszültségingadozások is komolyan befolyásolhatják az eredményeket. A feszültségingadozásokat főként a terhelésváltozások és a kapcsolási folyamatok okozhatják.
Ennek a problémának a megoldására olyan összetettebb technikákat kell alkalmazni, amelyek ezen vizsgálat hatályán túlmutatnak.

<u>Példa:</u>
Egy Z_{LPE}=1,00 Ω-os TN-berendezést 30 mA-es RCD védi.
Tegyük fel, hogy a 230 V-os tápfeszültség a mérés alatt 0,5 %-kal ingadozik. A mérés 15 mA-es mérőárammal történik, hogy az RCD ne oldjon le.
A 31. képlet szerint a mért feszültségesés $I_{test} \cdot Z_{LPE}$ = 15 mV.
230 V 0,5 %-a 1,15 V-ot jelent.
A példa azt mutatja, hogy az ingadozás okozta feszültségesés a mérőjel 77-szerese!

Megjegyzések:

- Az összetettebb hurokvizsgálatot gyakran a szabványos vizsgálat mellett ajánlják (R_S, „TripLock“ megnevezéssel, 15 mA-hurok stb.).
- Az úgynevezett „kioldás nélküli vizsgálat“ mérési elve, pontossága és stabilitása jelentősen különbözik a különféle érintésvédelmi műszerek között. A mérést végző használónak ellenőriznie kell ezen vizsgálat tényleges pontosságát mielőtt egy új érintésvédelmi műszert beszerezne, mivel ez a funkciójellemző egyre fontosabb lesz.
- A METREL érintésvédelmi műszerei a piacon található megoldások egyik legjobbját kínálják. METREL állandóan ennek a vizsgálatnak a továbbfejlesztésén dolgozik.

Határértékek – védelem túláramvédő készülékekkel

Ha a hálózat túláramvédő készülékkel védett, a következő feltételeknek kell teljesülniük:

$$I_{PFC} > I_a \qquad \textit{32. képlet}$$

I_{PFC}..... Aktuális várható rövidzárási áram

I_a ..... A túláramvédő készülék névleges lekapcsolási idejéig folyó áram.

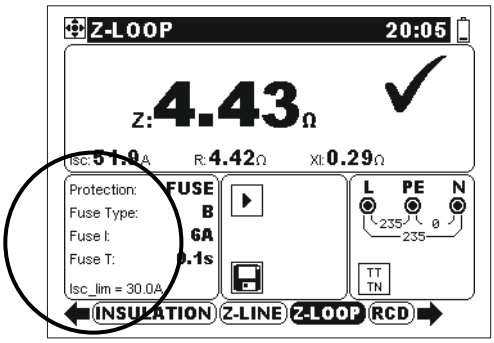
Opcionálisan egy alkalmas skálafaktort kell figyelembe venni (lásd 30. képlet).

Megjegyzés:

- A szabványos biztosító típusok I_a értékeit (NV, gG, B, C, K, D) a METREL-érintésvédelmi műszereinek használati útmutatóiban meg lehet találni.

Biztosítótípus	A biztosító kioldási ideje	A biztosító névleges árama	Min. várható rövidzárási áram (A)
B	200 ms	6 A	30
B	200 ms	10 A	50
B	200 ms	16 A	80
B	200 ms	20 A	100

24. táblázat: *Biztosítótáblázat részlet (Forrás: az Eurotest XA használati útmutatója)*



58. ábra: *Határértékek/Paraméterek/JÓ/HIBÁS az Eurotest érintésvédelmi műszerben*

METREL-ajánlás

- A METREL legtöbb érintésvédelmi műszerénél a biztosító paraméterei és a skálafaktor beállíthatók. Ezáltal helyben megállapíthatók a Z_{LOOP} és I_{PFC} határértékei.

Határértékek – Védelem hibaáramvédő készülékekkel

Ha a hálózat RCD-vel védett, a következő feltételeknek kell teljesülniük:

$$Z_{LPE} < \frac{U_{BL}}{I_{\Delta N}}$$ *33. képlet*

U_{BL} ..... érintési feszültség
Z_{LPE} ..... hurokimpedancia
$I_{\Delta N}$ ..... RCD névleges kioldóárama

A következő táblázat felsorolja a hurokellenállás (földelési ellenállások) kiszámított maximálisan megengedett értékeit a különböző RCD-hez:

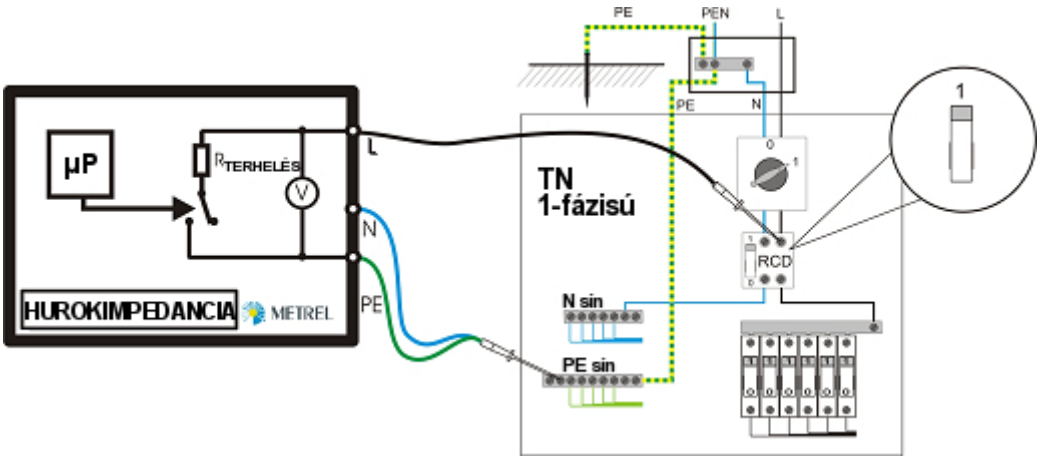
Max. megengedett földelési ellenállás érték (Ω)	Névleges differenciáláram $I_{\Delta N}$ (A)					
Határérték érintési feszültség U_{BL} (V)	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1
50	5000	1666	500	166	100	50
25	2500	833	250	83	50	25

25. táblázat: *Z_{LPE} határértékei RCD-vel védett berendezésekben*

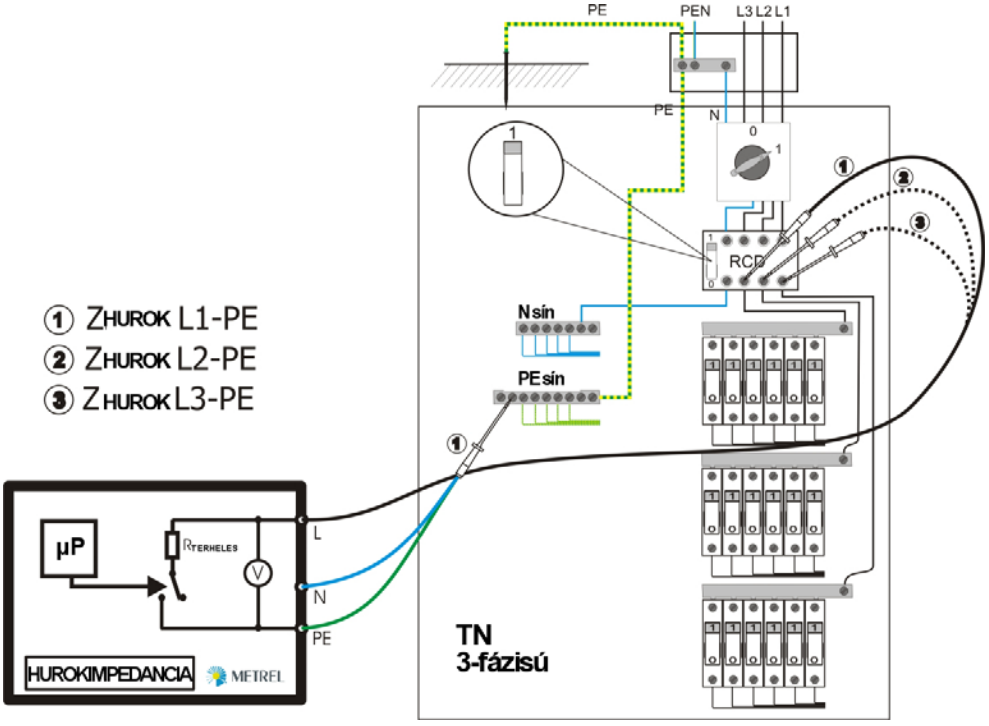
Megjegyzések:

- TT-hálózatokban az R_{EH} földelési ellenállás adja a hurokimpedancia fő részét. Ennek alapján alkalmas a hurokvizsgálat a létesítmények, rendszerek, stb. földelési ellenállásának mérésére.
- A 25. táblázatban lévő határértékek egyidejüleg a TT-hálózatokban a földelési ellenállás határértékei is.
- Ha az RCD-t utólag építik be, akkor a hálózat, a kábelezés és részei nem védettek; ebben az esetben figyelembe kell venni a túláramvédelem határértékét. Jellemző példa erre egy dugaszoló aljzat beépített RCD-vel.

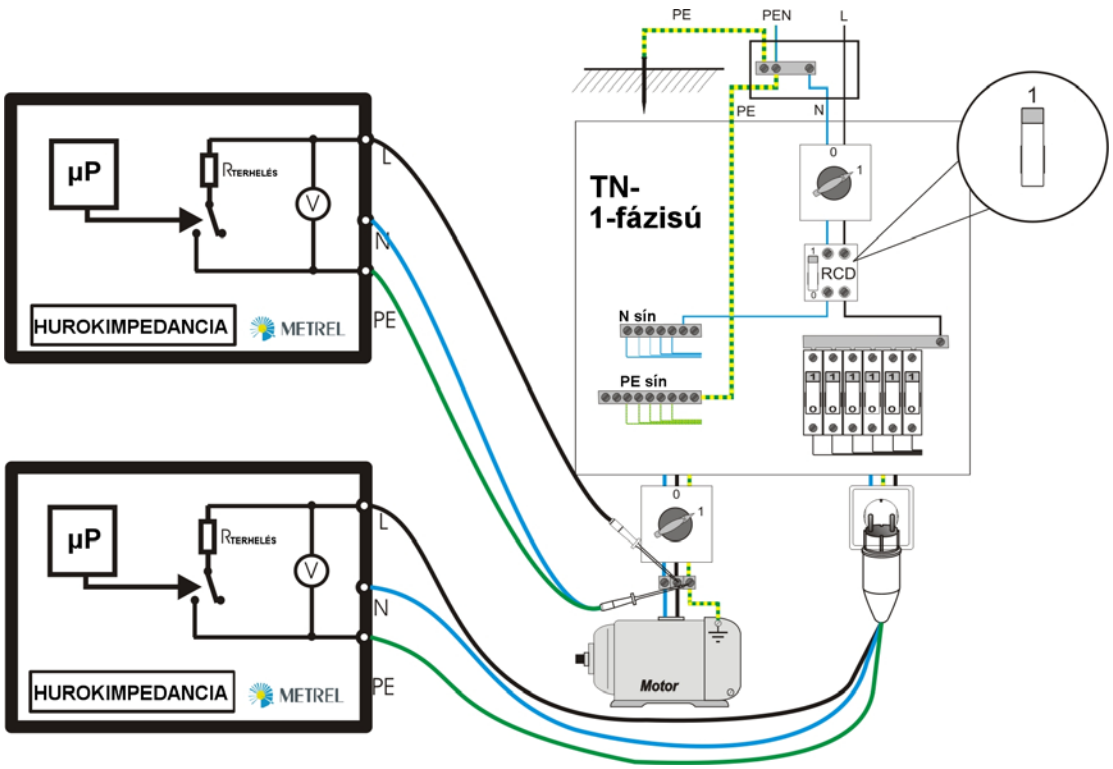
Csatlakozás kapcsolási rajza



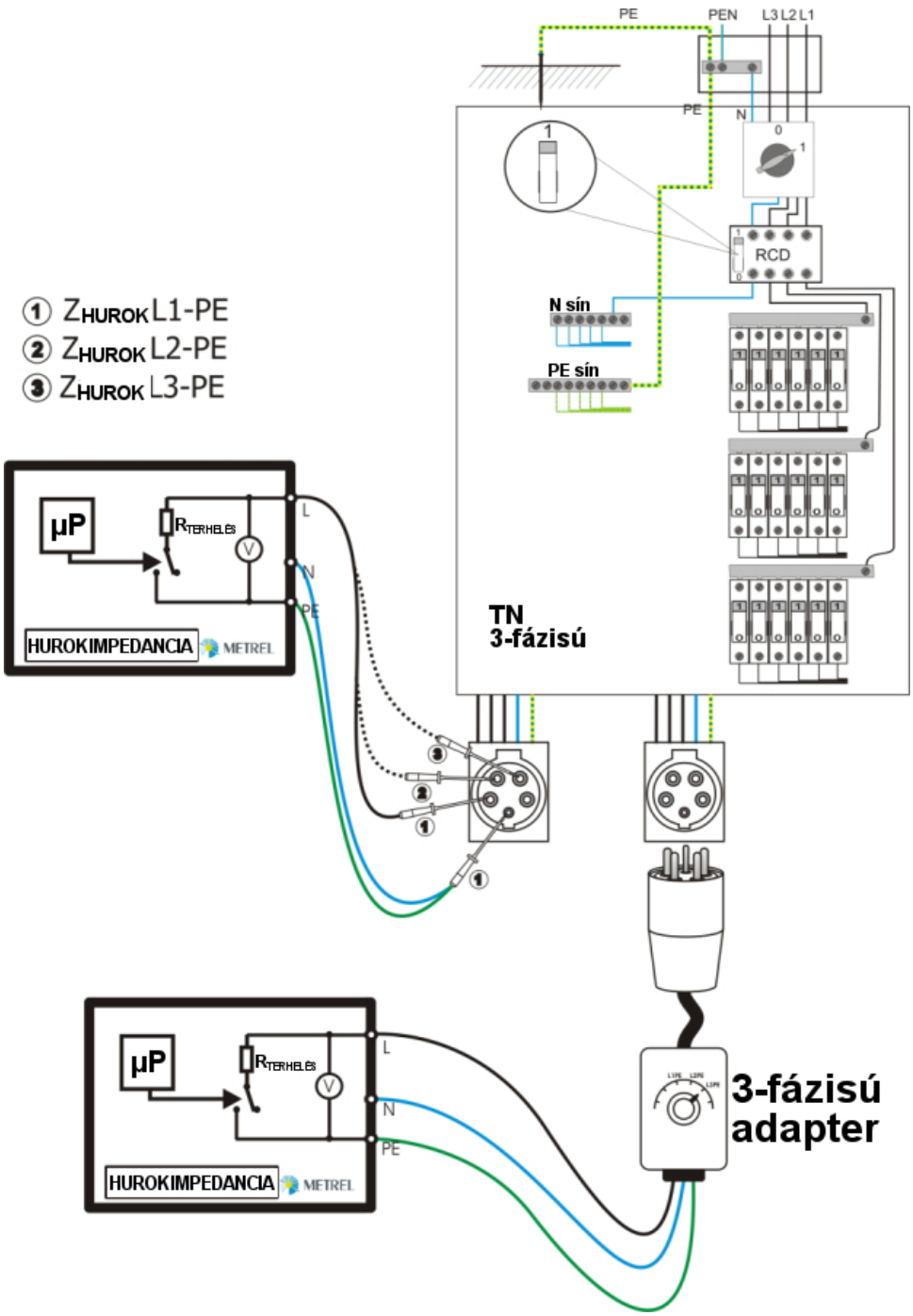
59. ábra: *Hurokimpedancia egyfázisú hálózat bemenetén*



60. ábra: *Hurokimpedancia háromfázisú hálózat bemenetén*



61. ábra: *Hurokimpedancia egyfázisú dugaszoló aljzaton és egy csatlakozási ponton*



62. ábra: *Hurokimpedanciamérés háromfázisú váltakozó áramú dugaszoló aljzaton*

6.2.5 Vonalimpedancia

A vizsgálat hatálya

A vizsgálat az alábbiakra terjed ki:

- A beépített túláramvédő készülék hatásosságának ellenőrzése,
- A tápcélokra szolgáló belső impedancia ellenőrzése (Feszültségesés / MSZ EN 60364-6, 61.3.11 fejezet).

Fázis – nullavezető rövidzárimpadancia és várható rövidzáráram

A fázis – nullavezető rövidzárhurok az alábbiakból áll:

- Z_T (A teljesítménytranszformátor szekunder oldalra redukált impedanciája)
- Z_L (Fáziskábelezés a tápforrástól a hibáig)
- Z_N (Nullavezetőkábelezés a tápforrástól a hibáig)

A fázis – nullavezető impedancia az impedanciák és ellenállások azon összege, amelyekből a hurok fázis – nullavezető áll. Háromfázisú rendszerekben három fázis – nullavezető impedancia van (Z_{L1-N}, Z_{L2-N}, Z_{L3-N}).

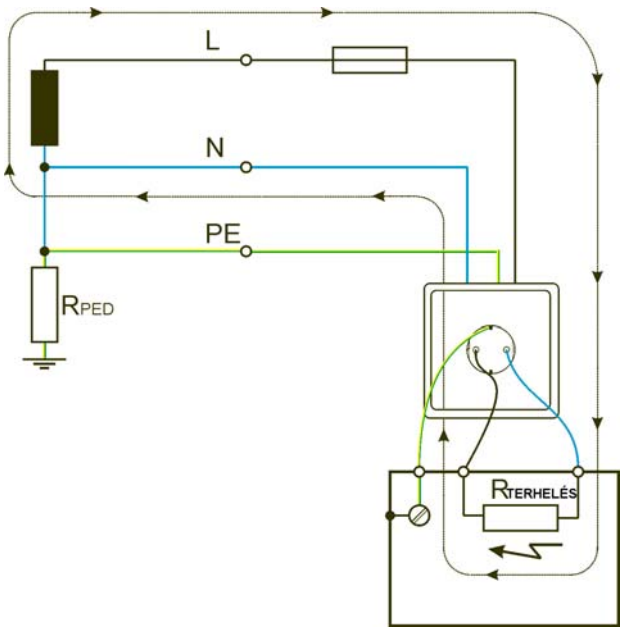
$$Z_{LN} = Z_L + Z_N + Z_{TLN}$$ *34. képlet*

A várható rövidzáráram I_{PSC} a következőképpen határozható meg:

$$I_{PSC} = \frac{U_{LN}}{Z_{LN}}$$ *35. képlet*

I_{PSC} –nek nagyobbnak kell lennie, mint a túláramvédő berendezés I_a –ja (névleges lekapcsolási idejéig folyó áram).

Az fázis – nullavezető impedanciájának elég kicsinek kell lennie, azaz a várható rövidzárási áramnak elég nagynak kell lennie, hogy a beépített védőberendezés a rövidzárhurkot az előírt időn belül leválassza. Az áram és impedancia hatáértékei a kiválasztott biztosító típusától és nagyságától valamint a szükséges kioldási időtől függenek.



63. ábra: *Rövidzáráram a fázis és a nullavezető között*

Fázis – fázis rövidzárimpedancia és a várható rövidzáram

A fázis – fázis rövidzárhurok az alábbiakból áll:

- Z_T (A teljesítménytranszformátor szekunderimpedanciája),
- Z_{Lx} (Az első fázis kábelezése a tápforrástól a hibáig),
- Z_{Ly} (A második fázis kábelezése a tápforrástól a hibáig).

A fázis – fázis impedancia az impedanciák és ellenállások azon összege, amelyekből a fázis – fázis hurok áll. Háromfázisú rendszerekben három fázis – fázis impedancia van (Z_{L1-L2}, Z_{L1-L3}, Z_{L2-L3}).

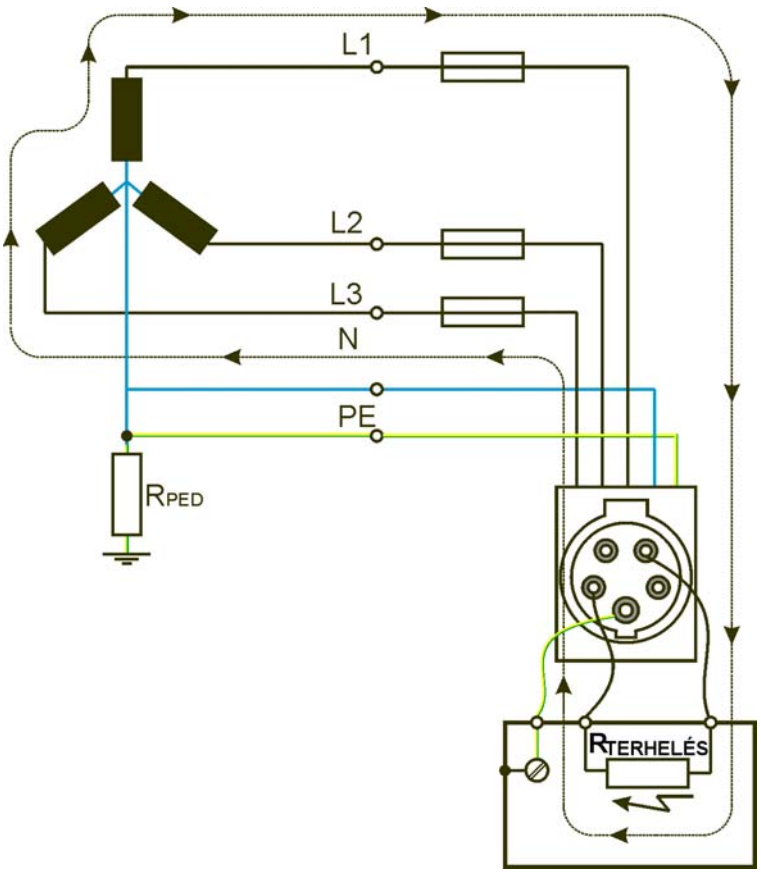
$$Z_{LxLy} = Z_{Lx} + Z_{Ly} + Z_{TLL}$$ *36. képlet*

A várható rövidzáram I_{PSC} a következőképpen határozható meg:

$$I_{PSC} = \frac{U_{LxLy}}{Z_{LxLy}} = \frac{U_{LN} \cdot \sqrt{3}}{Z_{LxLy}}$$ *37. képlet*

I_{PSC} –nek nagyobbnak kell lennie, mint a túláramvédő berendezés I_a –ja (névleges lekapcsolási idejéig folyó áram).

A fázis – fázis impedanciának elég kicsinek kell lennie, azaz a várható rövidzárási áramnak elég nagynak kell lennie, hogy a beépített védőberendezés a rövidzárhurkot az előírt időn belül leválassza. Az áram és impedancia hatáértékei a kiválasztott biztosító típusától és nagyságától valamint a szükséges kioldási időtől függenek.



64. ábra: *Rövidzáram két fázisvezető között*

Vonatkozó dokumentumok:
Határértékek, eljárási módok: MSZ EN 60364-6 (61.3.11 fejezet),
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-3

Mérési elvek / határértékek:

Vonalimpedancia / vonalellenállás
A vonalimpedancia tartalmazza a rövidzárhurok rezisztív és induktív részét. Az induktivítás fő része a teljesítménytranszformátor induktivításából ered. Az ellenállásrész a hurok rézkábelezéséből származik (transzformátor, fázis- és nullavezető)
Általában az induktív rész elhanyagolható, ha a hurokimpedancia > 0,4 Ω.
Olyan alkalmazásoknál, ahol a mérést a teljesítménytranszformátor közvetlen közelében (< 50 m) végzik, a reaktanciának hasonló értéke lehet, mint az ellenállásrésznek. Ebben az esetben nagyon fontos figyelembe venni az impedancia eredményét, mivel a vonalellenállás eredménye kisebb és hibás következtetéshez vezethet.

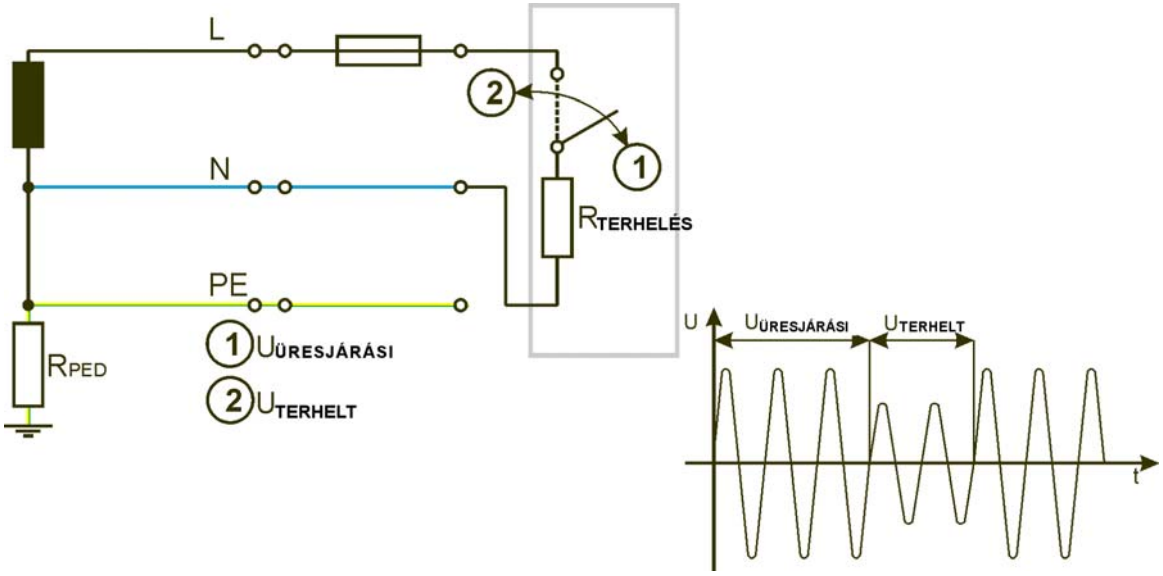
A várható rövidzáram skálafaktora
Ugyanazokat az elveket alkalmazzák, mint a várható hibaáram skálafaktoránál.
További információk a 6.2.4. fejezetben találhatók.

6.2.5.1 Vonalimpedancia mérése

A mérés elve ugyanaz, mint a hurokimpedancia mérésénél (lásd 6.2.4 fejezet), kivéve, hogy a mérést az L, N vagy Lx, Ly csatlakozók között végzik.

$$Z_{VONAL} = \frac{U_{ÜRESJÁRÁSI} - U_{TERHELT}}{U_{TERHELT} / R_{TERHELÉS}}$$ *38. képlet*

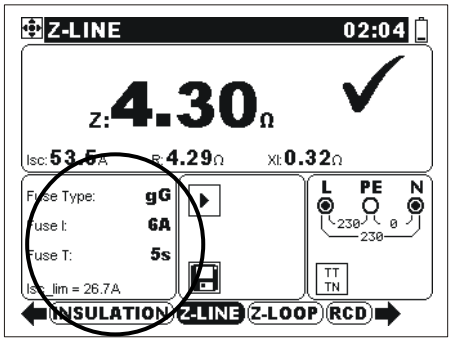
$Z_{VONAL} = Z_{LN}$ *vagy* Z_{LxLy}



65. ábra: *A Z_{LN} vonalimpedancia mérése*

Határértékek:
A következő feltételnek kell teljesülni:
$I_{PSC} > I_a$
I_a a túláramvédő készülék *névleges* lekapcsolási idejéig folyó áram.
Opcionálisan egy megfelelő skálafaktort figyelembe kell venni.

A várható hibaáramok összehasonlításához ugyanazon táblázatok alkalmazhatók (lásd 6.2.4.2 fejezet). A METREL legtöbb érintésvédelmi műszere tartalmazza a paramétereket (mint a hurokimpedanciavizsgálatnál).

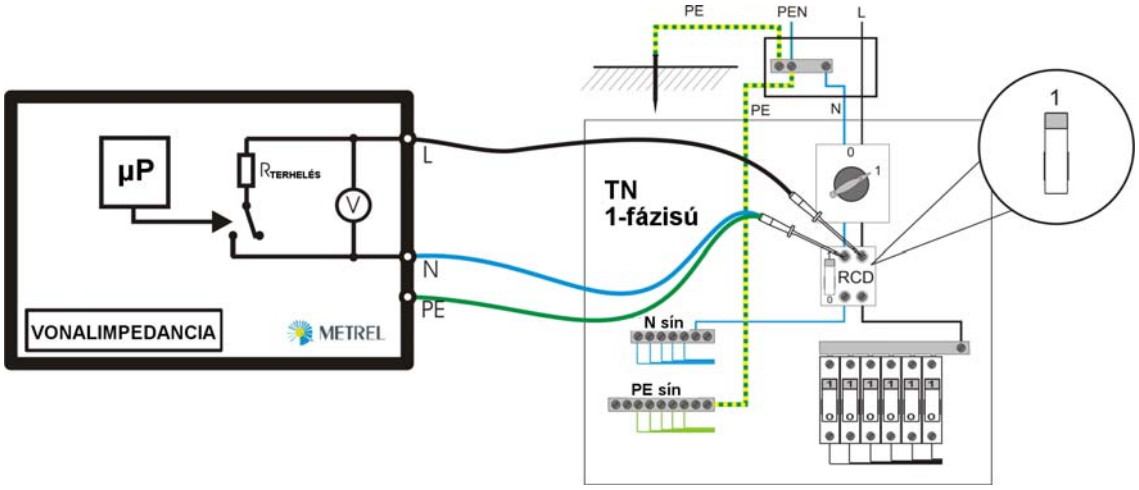


66. ábra: *Határtékek/paraméterek/JÓ/HIBÁS az EurotestAT érintésvédelmi műszerben*

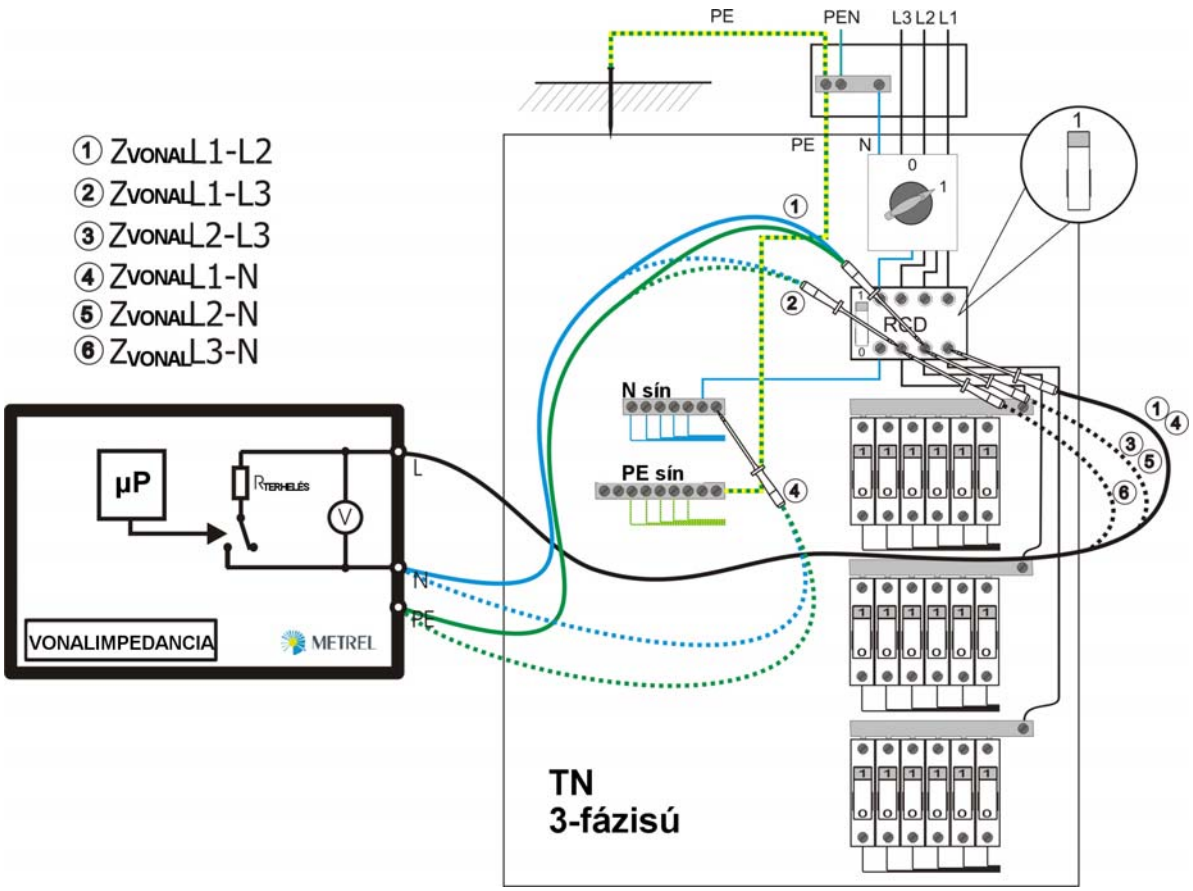
<u>Fontos megjegyzés a METREL-től</u>

- A METREL legtöbb érintésvédelmi műszerében beállíthatók a biztosító paraméterek és a skálafaktor. Ezzel a $Z_{VEZETÉK}$ és I_{PSC} határértékek meghatározhatók.

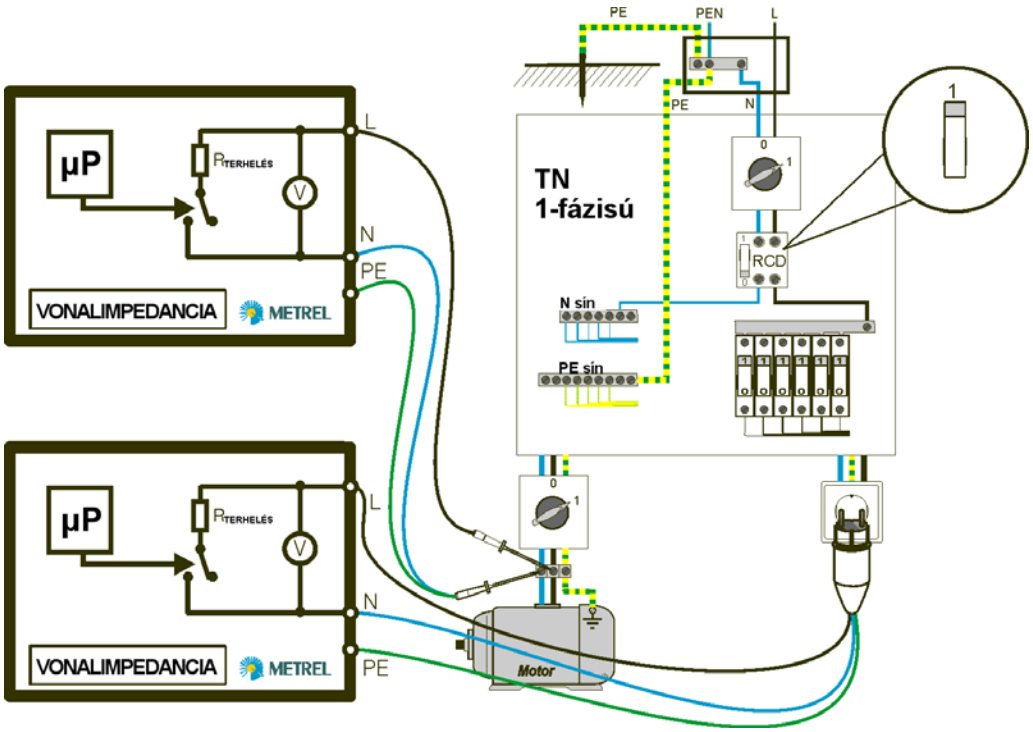
Csatlakozások kapcsolási rajzai



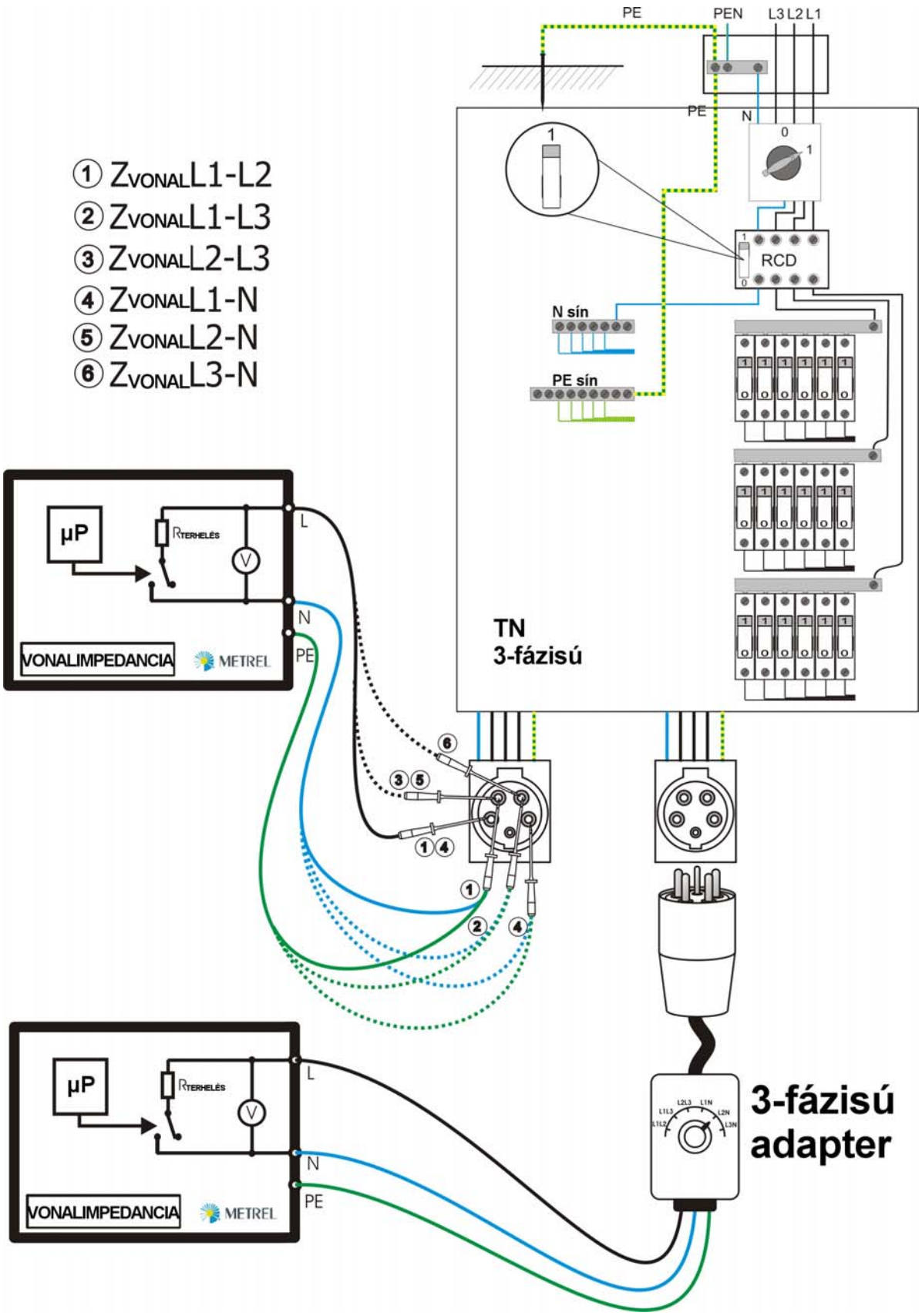
67. ábra: *Vonalimpedancia egyfázisú berendezés bemenetén*



68. ábra: *Vonalimpedancia háromfázisú berendezés bemenetén*



69. ábra: *Vonalimpadancia egyfázisú dugaszoló aljzaton és egyéb csatlakozási ponton*



70. ábra: *Vonalimpedancia háromfázisú váltakozó áramú dugaszoló aljzaton*

6.2.6 RCD-vizsgálat

A vizsgálat hatálya

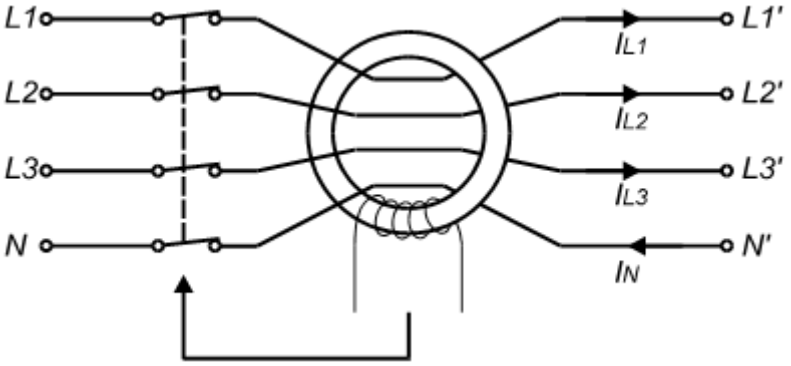
Az RCD–ket veszélyes hibafeszültségek és hibaáramok elleni védelemként alkalmazzák. TT-hálózatokban a fázis- és a védővezető közötti szivárgóáramok (hibaáramok) a szabadon lévő fémrészek veszélyes érintési feszültségéhez vezethetnek.

A vizsgálat kiterjed az alábbiakra:

- A hibaáram lekapcsoló készülék hatásának és tökéletes működésének ellenőrzése,
- Az RCD-k lekapcsolási idejeinek és a kioldóáramainak az ellenőrzése,
- Annak ellenőrzése, hogy a hálózatban ne legyenek, vagy csak korlátozott mértékben legyenek hibaáramok. A mérőműszeren átfolyó meglévő hibaáramok és a mérőáram összege oldja le az RCD-t.

RCD-k – Áram-védőkapcsolók

Az RCD-k a fázisáramok, amelyek a különböző terhelésekben folynak, és a nullavezetőn (opcionális) keresztül folyó viszáram, közötti különbség alapján működnek. Ha a különbség nagyobb, mint a beépített RCD kioldóárama, a készülék kiold, és ezáltal lekapcsolja a hálózati feszültséget. A különbözet szivárgóáramként (a szigetelési vagy a kapacitív csatoláson keresztül) vagy hibaáramként (a hibás szigetelésen vagy részleges/teljes rövidzáron keresztül az aktív vezető és a megérinthető vezető részek között) a föld felé folyik.

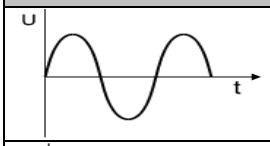
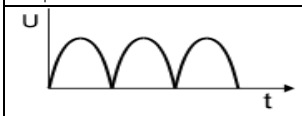
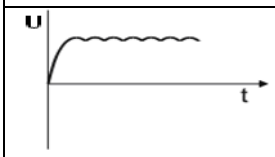


$I_\Delta = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} - I_N$

71. ábra: *Az RCD sematikus ábrázolása*

RCD-típusok

A hibaáram görbéjének formája szerint az RCD-nek három alaptípusa létezik. A 26. táblázat mutatja, hogyan reagálnak a különböző RCD-típusok a különböző differenciáláram-görbealakokra.

	Typ AC	**Typ A**	**Typ B**
	✓	✓	✓
	Nincs reagálás	✓	✓
	Nincs reagálás	Nincs reagálás	✓

26. táblázat: *Különböző RCD-k érzékenysége*

Felismerhető, hogy
- az AC típusú RCD-k csak váltakozó szivárgóáramok ellen védenek,
- az A típusú RCD-k váltakozó és lüktető szivárgóáramok ellen védenek,
- csak a B típusú RCD-k azok, amelyek a villamos berendezésekat valamennyi szivárgóáram fajta ellen megvédik, beleértve a sima egyenáramú szivárgó áramokat is.

Az AC típusú RCD-k a legegyszerűbbek. Mivel azonban sok elektronikus készülék pulzáló vagy tiszta egyenáramú hibaáramokat gerjeszt, az utóbbi időben nő az A és B típusú RCD-k jelentősége. Az A típus sok európai országban szabványos RCD-típussá válik. A B típus a leguniverzálisabb típus, és speciális körülményekre előírás a használata.

Az RCD-védőkészülékek szükséges kioldási idejére vonatkozóan két típus létezik:
- **Standard típus** (azonnali kioldás)
- **Szelektív típus** (késleltetett kioldás), jelölése: S

A szelektív típusú RCD-knek a kioldása késleltetett reakcióval történik (néhány 10 ms). Ha egy hálózatot több RCD-vel védenek, a szelektív RCD-ket általában a hálózat bemeneti oldalára telepítik. A standard típusú RCD-ket a szelektív RCD-k mögé telepítik. Ez az elrendezés csak azoknak a hálózati részeknek a szelektív kioldását engedi, amelyekben a hiba keletkezett.
Az RCD-k típusaival, telepítésével és üzemelésével kapcsolatos további információk az A függelékben találhatók.

Vonatkozó dokumentumok:

Határértékek, eljárási módok: MSZ EN 60364-4 (61.3.6.1 és 61.3.7 fejezetek)
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-6
RCD készülékek – Általános: MSZ EN 61008-1, MSZ EN 61009-1, MSZ EN 62423, IEC/TR 60755

Mérési elvek / határértékek:
A következő paramétereket kell az RCD-vizsgálatnál ellenőrizni:

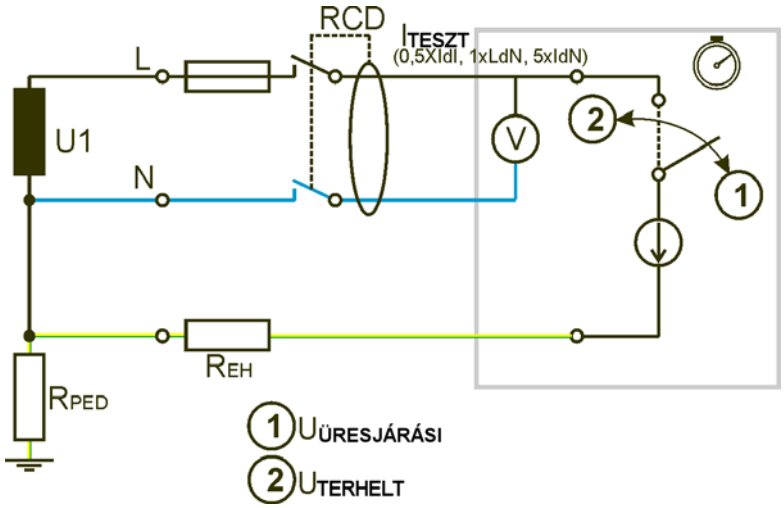
- érintési feszültség $U_{ÉRINTÉSI}$,
- földelési ellenállás $R_{FÖLDELÉSI}$,
- kioldás nélküli vizsgálat,
- a kioldási idő vizsgálata tΔ (általában 1 I·ΔN-nél és 5·IΔN-nél) 0º és 180º fázishelyzetnél,
- kioldási áram IΔ.

Az RCD-k mérésének az elve
A mérőműszert a hálózati feszültségre csatlakoztatják (a fázis- és védővezető közé) és a hálózati feszültséget a kiválasztott IΔ mérőárammal terhelik. Jellemző mérőáram értékek:

- 0,45 IΔN kioldás nélküli vizsgálataihoz,
- 1,05 IΔN és 5,25 IΔN a kioldási idő vizsgálataihoz,
- fokozatosan növelt áram a kioldási áram vizsgálatához (0,2 1,1 IΔN között).

A feszültségesést az érintési feszültség/földelési ellenállás vizsgálatához mérik:

$U_{ÉRINTÉSI}=(U_{ÜRESJÁRÁSI}-U_{TERHELT})$, IΔN-nél *39. képlet*



72. ábra: *RCD-vizsgálatok – mérési elv*

6.2.6.1 Kioldás nélküli vizsgálat, érintési feszültség és hiba-hurokellenállás vizsgálatai

A kioldás nélküli vizsgálattal kapható vizsgálati eredmények:

- hiba-hurokellenállás R_{HUROK},
- érintési feszültség $U_{ÉRINTÉSI}$,
- az RCD korrekt működésének ellenőrzése (nincs kioldás),
- annak igazolása, hogy a berendezésben a méréskor nincs jelen szivárgóáram (nincs kioldás)

<u>Érintési feszültség</u>
Az érintési feszültség nem lépheti túl az 50 V-ot. A következő feltételnek kell teljesülnie: $U_B < 50$ V ($I_{ΔN}$-nél).

Földelési ellenállás
TT-rendszerben a hálózat földelési ellenállása (R_{EH}) általában a hurokimpedancia fő részét képezi. A 40. képlet feltételeinek teljesülniük kell. Az érintési feszültség az RCD kioldásakor nem lépheti túl az 50 V-ot.

$$R_E < \frac{U_{B\,\text{határérték}}}{I_{\Delta N}}$$ *40. képlet*

$U_{É\text{határérték}}$. *Érintési feszültség határértéke (általában 50 V)*
R_E ..... *Eredő földelési ellenállás*
$I_{\Delta N}$ ..... *Az RCD névleges kioldási árama*

A földelési ellenállás határértékeivel kapcsolatban lásd a 25. táblázatot

Kioldás nélküli vizsgálat
A kioldás nélküli vizsgálat akkor teljesül, ha az RCD nem old le.

6.2.6.2 A kioldási idő vizsgálata

A kioldási idő vizsgálatával kapható vizsgálati eredmények:
- Az RCD korrekt működésének ellenőrzése,
  - Sikeres kioldás,
  - A $t_{\Delta N}$ kioldási idő $I_{\Delta N}$ –nél az előre megadott határértékeken belül van.

A fokozatosan növelt áram vizsgálattal elért vizsgálati eredmények:
- Az RCD korrekt működésének ellenőrzése,
  - Sikeres kioldás,
  - Az $I\Delta$ áram és a $t\Delta$ kioldási idő $I\Delta$-nél (az az áram, amelynél az RCD kioldott) az előre megadott határértékeken belül vannak.

RCD-vizsgálati eredmények - határértékek

Kioldási idő 0,5; 1; 2; 5 $I_{\Delta N}$ -nél
A kioldási vizsgálat akkor sikeres, ha az RCD a 27. táblázatban megadott időn belül kiold.

RCD-típus	RCD mérőáram			
	½×$I_{\Delta N}$ *)	$I_{\Delta N}$	2×$I_{\Delta N}$	5×$I_{\Delta N}$
Standard RCD-k (nem késleltetett)	Nincs kioldás	t_Δ < 300 ms	t_Δ < 150 ms	t_Δ < 40 ms
Szelektív RCD-k (időben késleltetett)	Nincs kioldás	130 ms < t_Δ < 500 ms	60 ms < t_Δ < 200 ms	50 ms < t_Δ < 150 ms

27. táblázat: *Kioldási idők az MSZ EN 60364-4-41 szerint*

Megjegyzések:
- A kioldási idők, a kioldások mérési ideje és a mérőáram nagysága egyes más szabványokban kissé eltérnek.
- A METREL EUROTEST érintésvédelmi műszerei lehetővé teszik a különböző, az RCD-vizsgálatokra vonatkozó szabványok kiválasztását. A határértékeket, a vizsgálati időket és az áramerősséget automatikusan a kiválasztott szabványhoz illesztik.

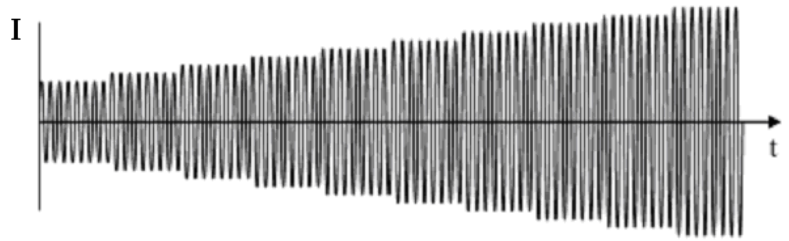
6.2.6.3 A kioldási áram vizsgálata

Kioldási áram I_Δ

Az RCD-k kioldásánál az érzékenységi küszöb vizsgálatát egy állandóan növekvő maradék árammal végzik (lásd 73. ábra). A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha az RCD a 28. táblázat szerinti áramoknál kiold.

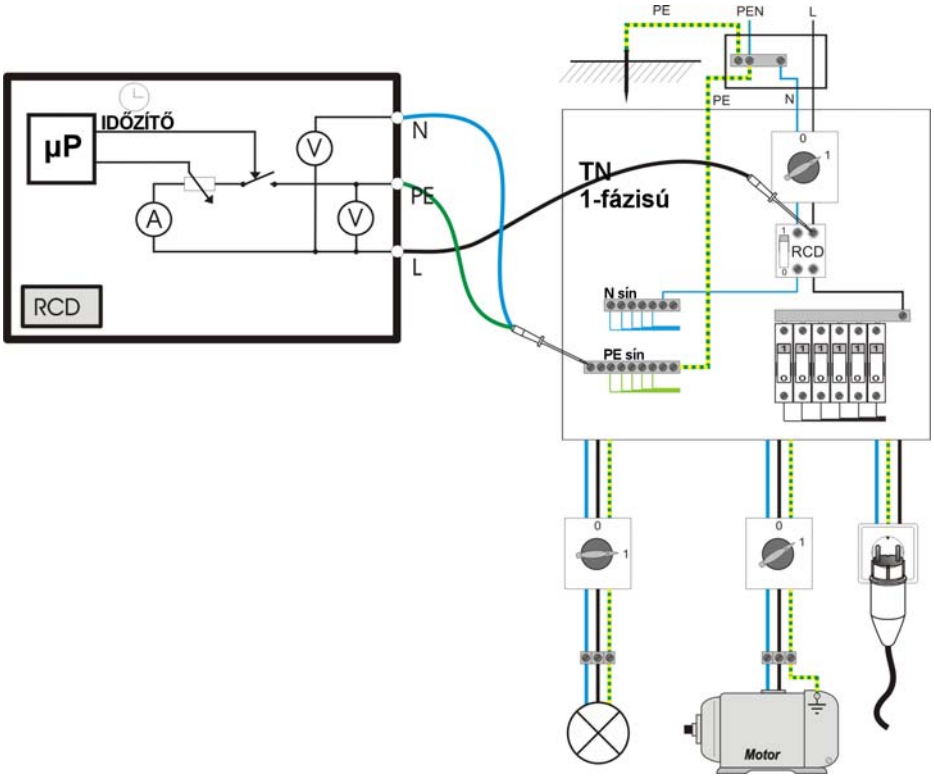
RCD-típus	Növekedési tartomány		Hullámforma
	Induló érték	Végső érték	
AC	$0{,}2\times I_{\Delta N}$	$1{,}0\times I_{\Delta N}$	Szinusz
A ($I_{\Delta N} \geq 30$ mA)	$0{,}35\times I_{\Delta N}$	$1{,}4\times I_{\Delta N}$	Lüktető
B	$0{,}5\times I_{\Delta N}$	$2{,}0\times I_{\Delta N}$	

28. táblázat: *Kioldó áramok IEC/TR 60755 szerint*

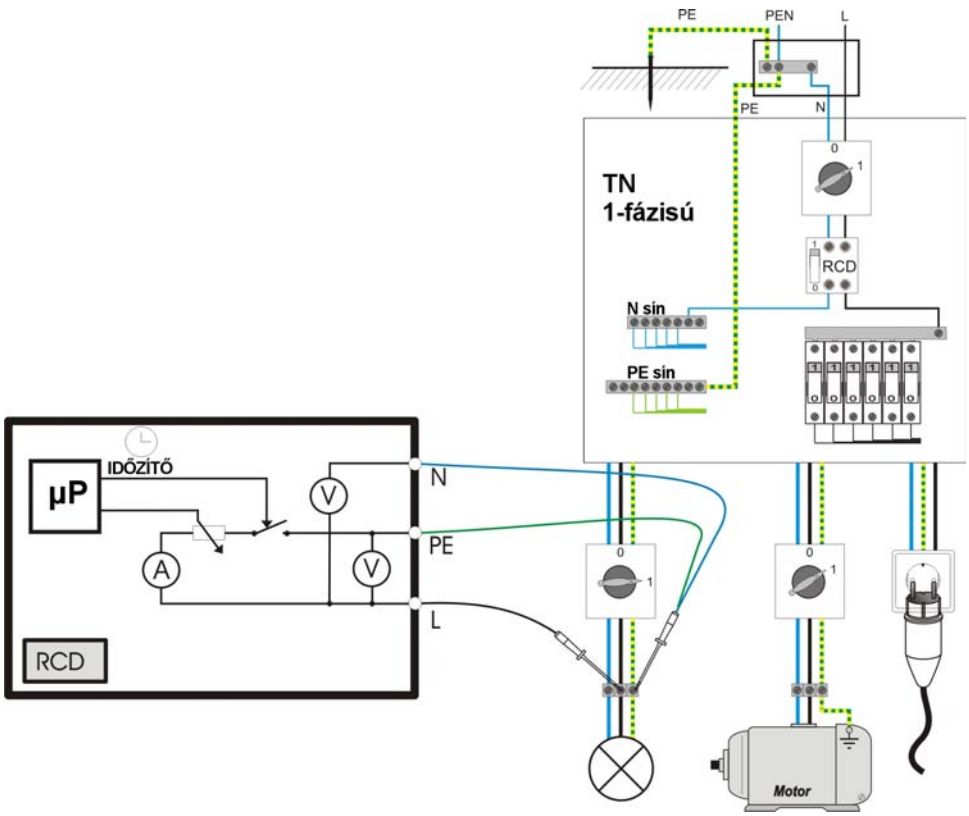


73. ábra: *Áramgörbe formája a kioldási áram méréséhez*

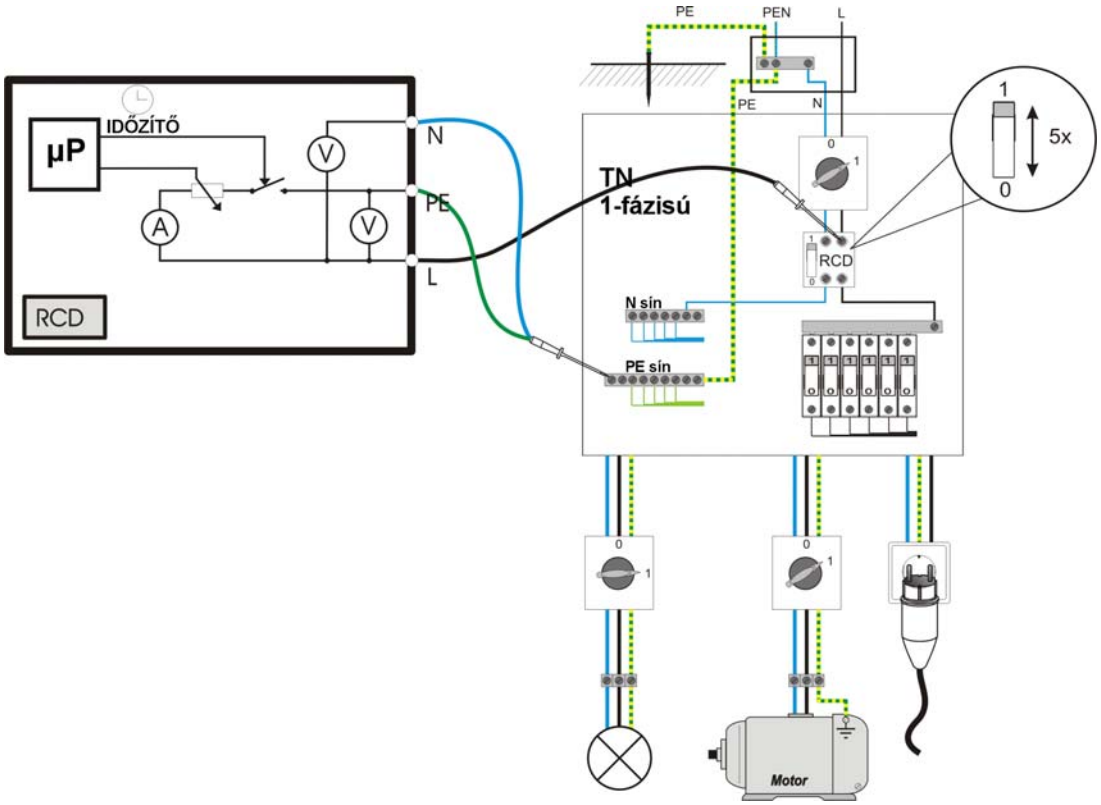
Csatlakozás kapcsolási rajza



74. ábra: *RCD-vizsgálat kapcsolótáblán*



75. ábra: *RCD-vizsgálat dugaszoló aljzaton és csatlakozási ponton*

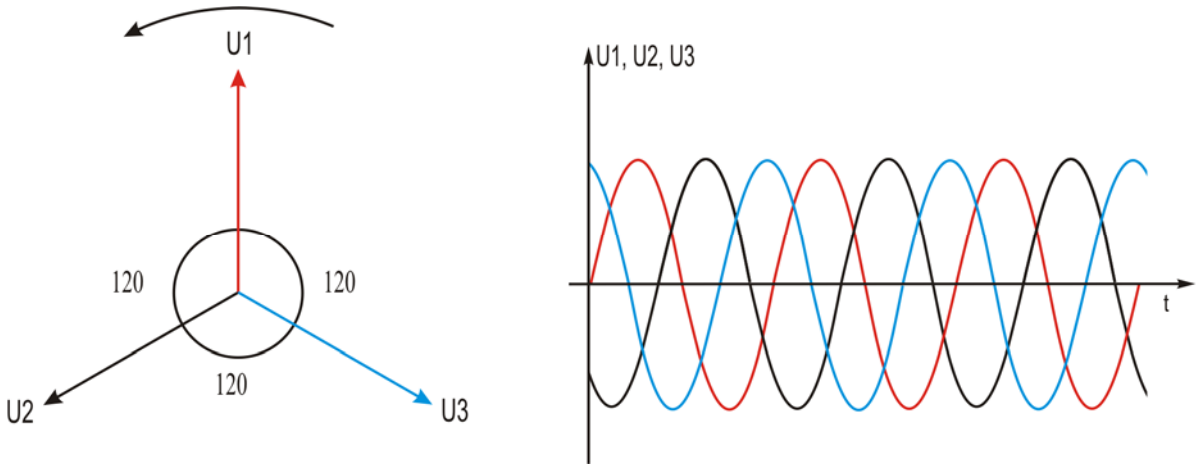


76. ábra: *RCD-vizsgálat kapcsolótáblán (RCD AUTO funkció)*

METREL információ:
A METREL érintésvédelmi műszerei rendelkeznek a beépített „RCD AUTO“ funkcióval. Ezzel a funkcióval valamennyi lényeges vizsgálatot egy lépésben el lehet végezni. Ez egy nagyon egyszerű és időtakarékos megoldás.

6.2.7 Fázissorrend

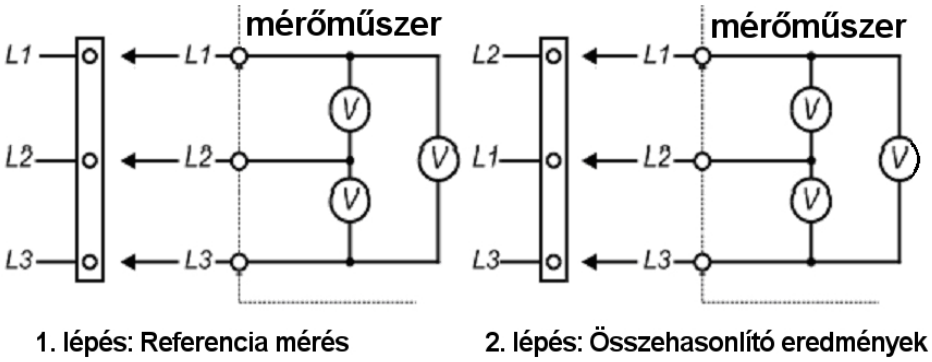
A vizsgálat hatálya
A fázisfeszültségek a többfázisú váltófeszültségű hálózatokban egy előre megadott sorrendben egymáshoz képest késleltetettek. Ez a sorrend határozza meg a motorok és generátorok forgásirányát.
Háromfázisú rendszerekben a fázisfeszültségek 120°-kal el vannak egymáshoz képest tolva; két tetszőleges fázis felcserélése módosítja a forgásirányt.
A gyakorlatban gyakran arról van szó, hogy háromfázisú terheléseket (motorok vagy más elektromechanikus gépek) szükséges csatlakoztatni a háromfázisú hálózatra. Egyes terheléseknek (ventillátorok, szállítószalagok, motorok, elektromechanikus gépek stb.) szükségük van a megfelelő forgásirányra, és egyes készülékek akár károsodhatnak is, ha a forgásirányt megfordítják. Ezért tanácsos csatlakoztatás előtt a forgásirányt ellenőrizni.



77. ábra: *3-fázisú feszültségdiagrammok*

Vonatkozó dokumentumok:
Eljárás módja: MSZ EN 60364-6 (61.3.9 fejezet),
Mérőműszerek: MSZ EN 61557-7

Mérési elvek / határértékek:
A mérőkészülék összehasonlítja mindhárom fázis-fázis feszültséget az amplitúdó és fáziskésleltetés szempontjából. A forgásirány ez alapján kerül meghatározásra. Adott esetben két fázisvezetőt fel kell cserélni, hogy a forgásirányt megfordítsák.
A vizsgálatot egy referencia hálózati dugaszoló aljzatra vonatkozó összehasonlítással kell elvégezni.

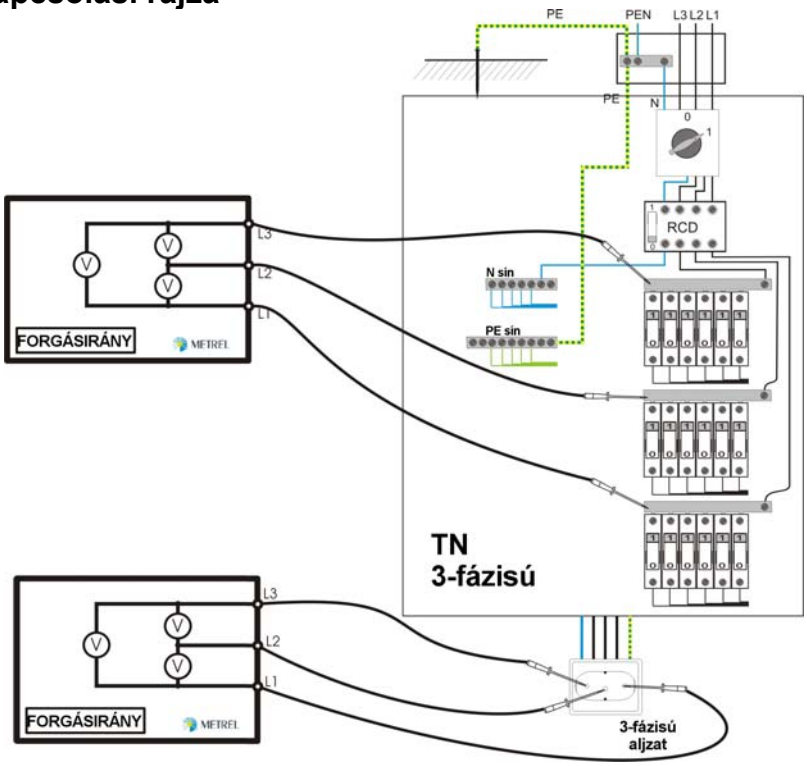


78. ábra: *A forgásirány mérésének elve*

A vizsgálat módja:
Először meg kell mérni a forgásirányt egy olyan referencia hálózati dugaszoló aljzaton, amelyen ismert egy meghatározott gép viselkedése (azaz a fázisforgás iránya). Az irányt fel kell jegyezni.
A mérést az ismeretlen hálózati dugaszoló aljzaton meg kell ismételni és a két eredményt össze kell hasonlítani.

Eredmények:
A „jó“ azt jelenti, hogy a csatlakozón a forgásirány az óramutató járásával megegyező (a METREL érintésvédelmi műszereinek kijelzőjén: 1.2.3). A „hibás“ jelenti az ellenkező irányt (az óramutató járásával ellentétes; a kijelzőn: 2.1.3 vagy 3.2.1). Ebben az esetben két fázisvezetőt fel kell cserélni, hogy a „jó“ állapotot elérjük.

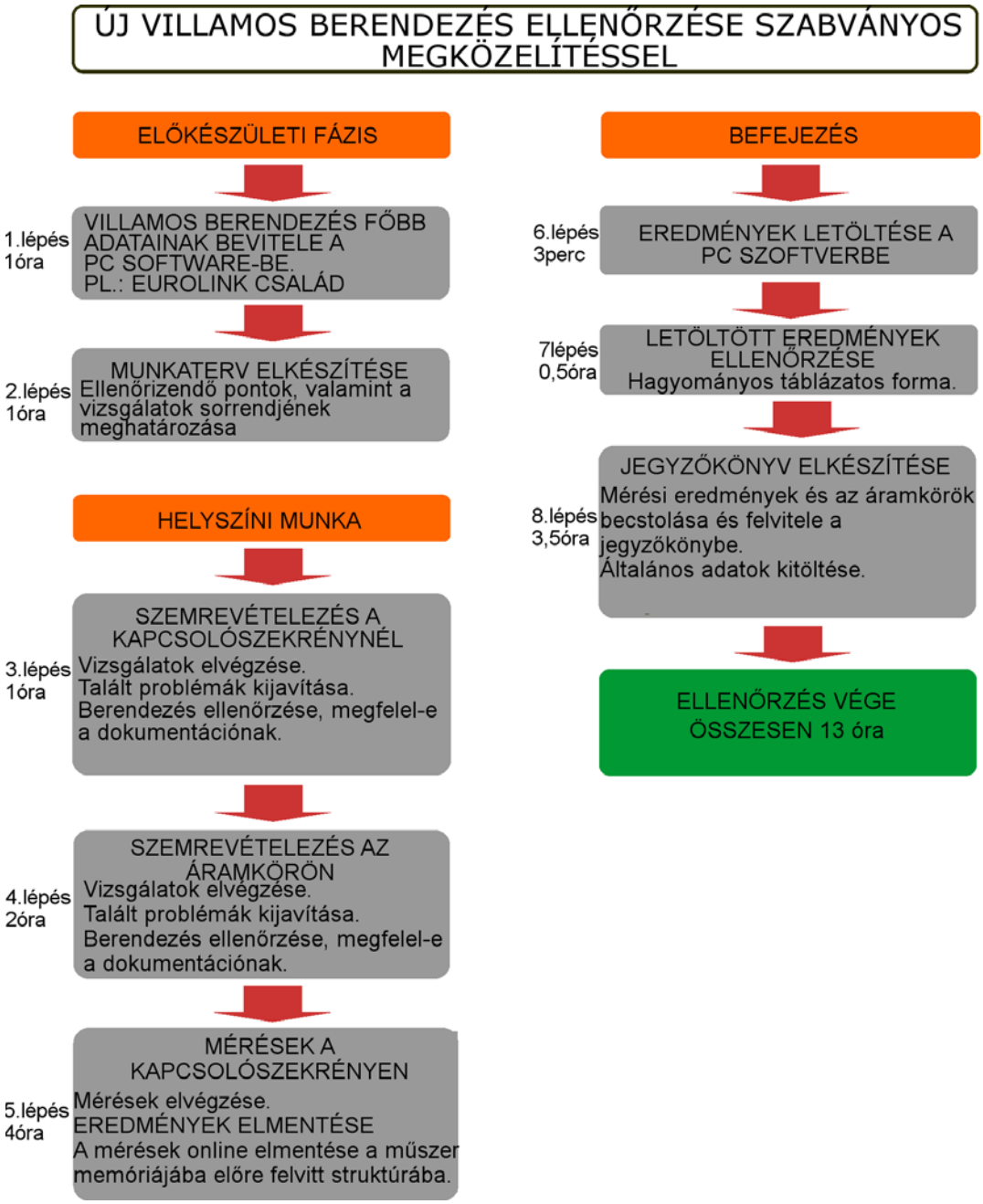
Csatlakozás kapcsolási rajza



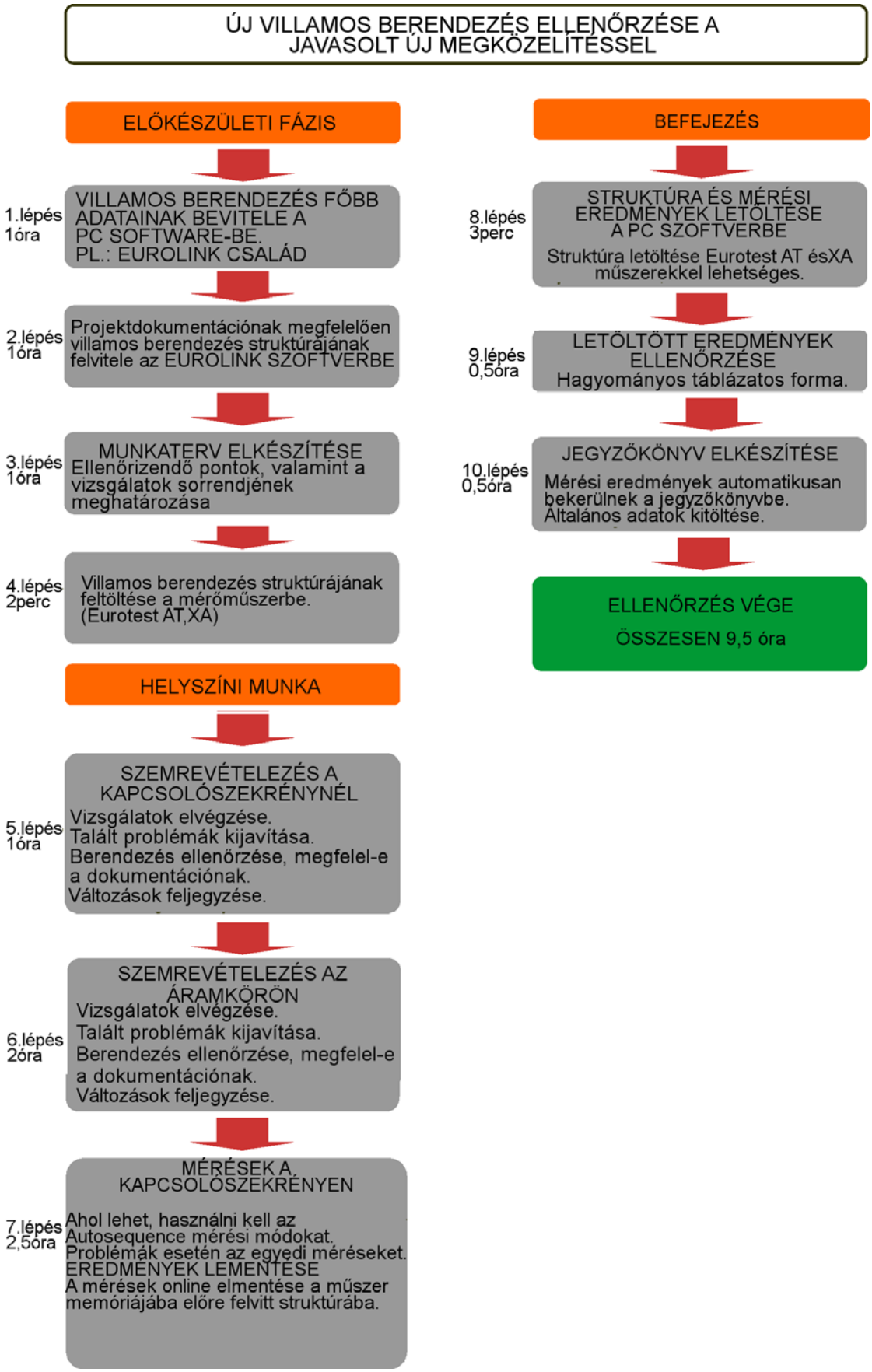
79. ábra: *Forgásirány vizsgálata*

7 Hálózatok ellenőrzésének korszerű munkamódszerei

Egy villamos berendezés teljes körű ellenőrzése sok tevékenységből áll.
A METREL által fejlesztett új, innovatív munkatechnikák lehetővé teszik, hogy a hálózatok ellenőrzését gyorsabban, hatékonyabban és pontosabban lehessen elvégezni, mint a szabványos módszerekkel. Ezek az új technikák és gyakorlatok szerepelnek ebben a fejezetben.
A 80. és 81. ábrákban szereplő folyamatábrák egy közepes méretű háztartás villamos berendezésének ellenőrzési tevékenységét és annak időszükségletét mutatják.
Feltételezzük, hogy jól vezetett projektdokumentációk állnak rendelkezésre és hogy a villanyszerelők a telepítési munkákat nagyobb hibák nélkül végezték.
Érzékelhető, hogy a javasolt technikák és gyakorlatok alkalmazásával rengeteg időt takaríthatunk meg.



80. ábra: *Folyamatábra: ellenőrzés szabványos megközelítéssel*



81. ábra: *Folyamatábra: Ellenőrzés a javasolt új megközelítéssel*

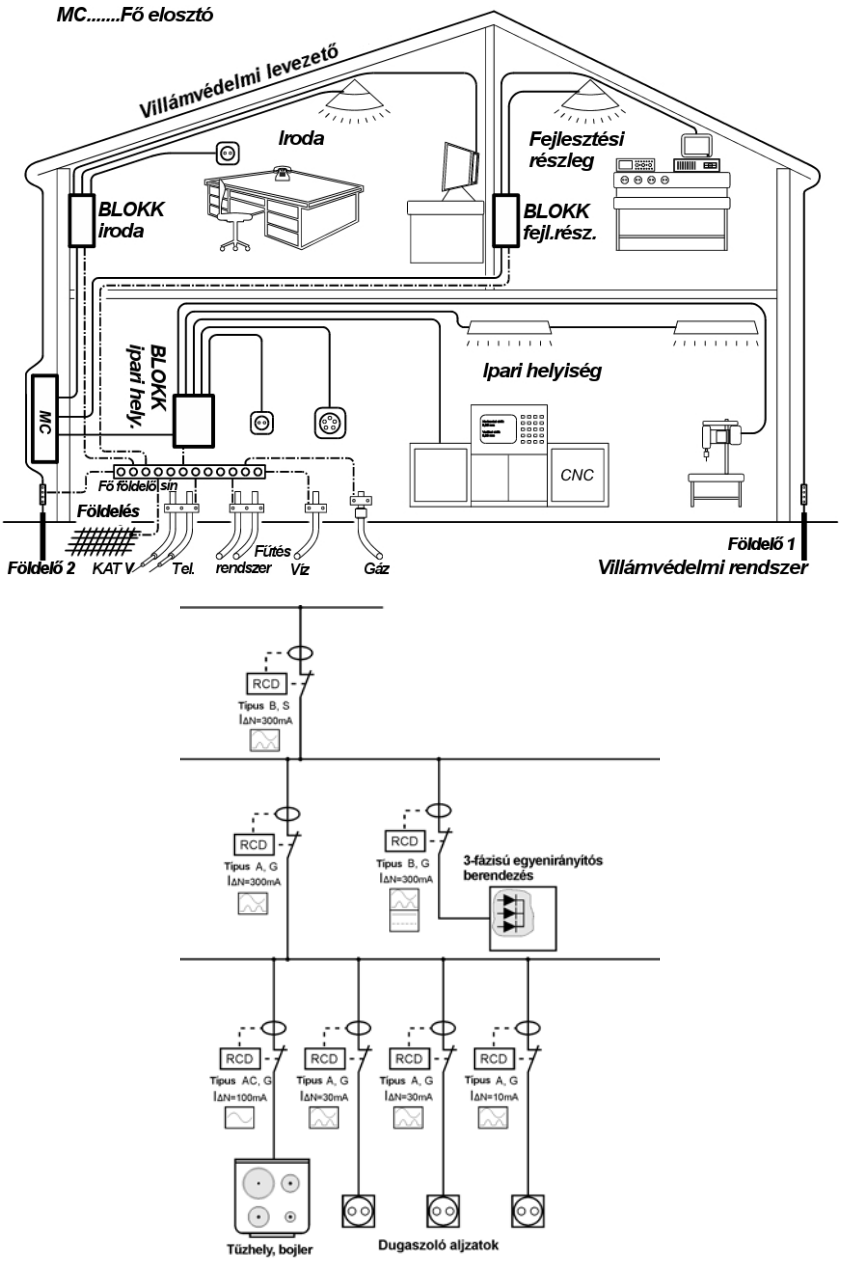
7.1 Munkafázisok

7.1.1 Előkészítési fázis

Az előkészítő fázis átfogja a munka megkezdésétől a mérésig terjedő intézkedéseket.

A projektdokumentáció áttekintése

- A munka mértékének felmérése (a berendezés mérete alapján).
- A dokumentációk áttekintése:
  - Teljes körűek-e?
  - Érthetőek-e?



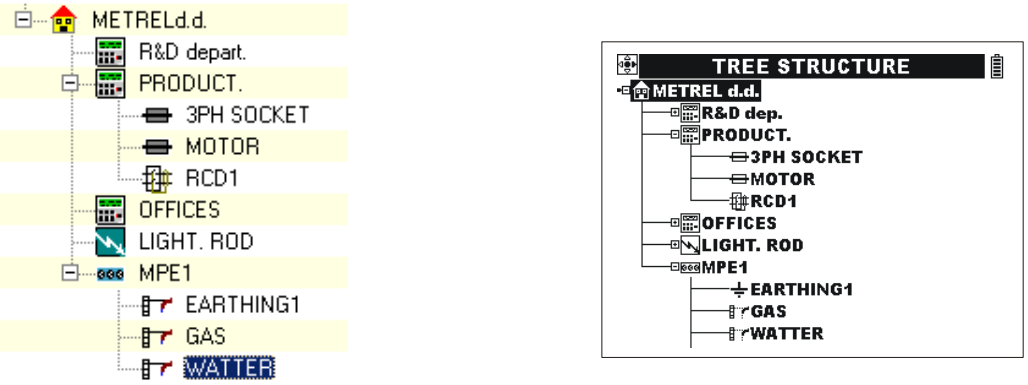
82. ábra: *Kivonat egy projektdokumentációból*

Munkaterv készítése

- Erőforrások meghatározása (mennyi műszerre, anyagra és hány villanyszerelőre lesz szükség) az ellenőrzés kivitelezéséhez,
- A vizsgálatok sorrendjének és mértékének meghatározása (kapcsolótáblák, áramkörök),
- Ellenőrizni kell, hogy szükség lesz-e speciális mérőműszerekre / tartozékokra / gyártmányokra.

Egy új projekt nyitása a PC-szoftverben (EurolinkPRO), a berendezés struktúrájának létrehozása és betöltése egy érintésvédelmi műszerbe (Eurotest AT, XA).

Ugyanazt a hálózatstruktúrát, mint ami a projekt dokumentációban található, a METREL PC-szoftvercsomagjaival létre lehet hozni és fel lehet tölteni a mérőműszerekbe (lásd 83. ábra). Ezáltal a műszer a tárolási struktóráját úgy állítja át, hogy megfeleljen a mért hálózat struktúrájának. A struktúra elemek olyan jelöléseket tartalmaznak, mint kapcsolótábla, áramkör, földcsatlakozás, nevek, stb.



83. ábra: *Példa az Eurolink-PC-szoftverrel létrehozott és az Eurotest AT érintésvédelmi műszerbe feltöltött hálózatstruktúrára*

Ennek a technikának az az előnye, hogy minden mérési eredményhez hozzá rendelődik, hogy hová tartozik, pl: egy kapcsolótáblához, egy áramkörhöz, egy földcsatlakozáshoz. Ez az ellenőrzés további lépéseit jelentősen leegyszerűsíti:

Előnyök a vizsgálat helyén:

- A felhasználónak nem kell azzal törődnie, hogy hová és hogyan tárolja el az eredményeket. Világosan látni lehet, hogy az egyes mérések hová tartoznak a hálózatstruktúrában.
- A mért és tárolt eredmények könnyen hozzáférhetőek és előhívhatók.
- Könnyebben lehet ellenőrizni, hogy valamennyi szükséges mérést elvégeztek-e, vagyis, hogy hiányoznak-e mérések.
- Az érintésvédelmi műszer egyszerűbben kezelhető.

Előnyök a vizsgálati jegyzőkönyv létrehozásánál:

- A vizsgálati jegyzőkönyvek automatikus létrehozása.

A hálózatstruktúrájának korrekt felépítéséről további információk a 7.2 fejezetben találhatók.

7.1.2 Munkák a létesítményen

Általában a munka lefolyása a következő:

Szemrevételezés
Minden mérés előtt elsőként a szemlét/szemrevételezést kell elvégezni.

Mérések

A vizsgálat sorrendje – a szabványos módszer
A szabványos módszer feltételezi, hogy a szemrevételezést követően néhány mérést végeznek mielőtt az áramot lekapcsolnák vagy a szóban forgó hálózatrészeket a táplálásról leválasztanák. A „táplálás nélküli“ vizsgálatokkal lehet a közvetlen érintés elleni alapbiztonságot ellenőrizni.

Mérések lekapcsolt táplálással („feszültségmentes” vizsgálatok)
- Fő- és kiegészítő védővezető csatlakozások
- Szigetelési ellenállások
- Fő földelés
- Csatlakozás- és polaritásvizsgálat (egyes országokban)

A méréseket a hálózat bemenetén kell kezdeni, és a kapcsolótáblán valamint az áramkörök legtávolabbi csatlakozási pontjain folytatni.
Ügyelni kell arra, hogy a vizsgálat során valamennyi kapcsoló, biztosító stb. a célnak megfelelően be- vagy kikapcsolva legyen. A mérési eredményeket tárolni kell.

Ha a táplálás nélküli vizsgálatok megfelelőek, akkor az ellenőrzést folytatni lehet feszültség alatti mérésekkel.

Mérések bekapcsolt táplálással (vizsgálatok „feszültség alatt”):
- RCD-vizsgálatok
- Vonal- és hurokimpedancia (várható hibaáramok)
- Forgásirány vizsgálatok
- Kapcsolóberendezések és egyéb összeállítások funkcióvizsgálata, stb.

A méréseket a hálózat bemenetén kell kezdeni és a kapcsolótáblán valamint az áramkörök legtávolabbi csatlakozási pontjain folytatni.
Ügyelni kell arra, hogy a vizsgálat során valamennyi kapcsoló, biztosító stb. a célnak megfelelően be- vagy kikapcsolva legyenek. A mérési eredményeket tárolni kell.

Alternatív mérési módszerek és sorrendek
Mivel a szabványos módszerek viszonylag időigényesek, sok gyorsabb alternatív mérést és módszert fejlesztettek ki.

Fontos megjegyzések!
- **Nem minden országban tekintik az alternatív mérési eljárásokat szabályosnak!**
- **Az egyes országok előírásaitól és eljárási szabályaitól függ, hogy melyik alternatív mérési eljárás az érvényes.**
- **Ez a segédlet nem taglalja a leírt alternatív módszerek érvényességét az egyes országokban.**

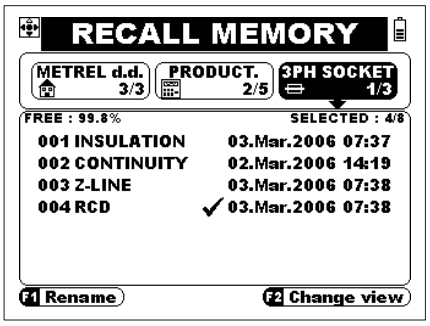
Egyes (alternatív) mérések az össz mérési időt csökkenthetik, amennyiben

- a szigetelési ellenállás vizsgálatát a teljes hálózatnál egy lépésben végzik (további információk a 6.2.1.2 fejezetben),
- a folytonosságvizsgálatot TN-hálózatokban (védővezető folytonosságának ellenőrzése) az N- és PE-csatlakozók között az N-PE hurokvizsgálattal végzik (további információk a a 6.2.2.2 fejezetben)
- az RCD-k funkciójának (kioldásvizsgálat) ellenőrzését a kapcsolótáblán végzik. Csak a kioldás nélküli RCD-vizsgálatokat (U_B stb.) végzik az adott áramkörökön.

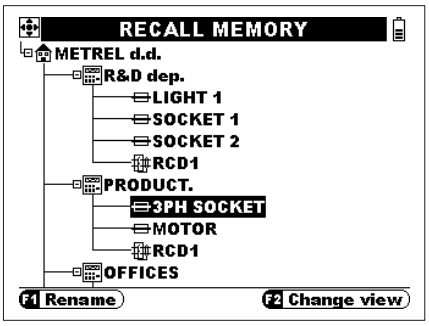
Más megoldások az össz ellenőrzési idő csökkentésére

- A méréseket sokkal gyorsabban lehet elvégezni az ***AUTOSEQUENCE***©-eljárás alkalmazásával. További információk találhatók a 7.3 fejezetben.
- Ha a mérési paraméterek (határértékek, a beépített biztosító paraméterei, stb.) helyesen vannak megállapítva, a JÓ-/HIBÁS-döntéseket a helyszinen meg lehet hozni. Az EUROTEST-műszerek lehetővé teszik valamennyi mérési eredmény helyszini kiértékelését, beleértve az Z_{VONAL}- und Z_{HUROK}-eredményeket is (mivel a biztosító táblázatokat beépítették a műszerekbe); további információk találhatók a 6.2.4 és 6.2.5 fejezetekben.
- Teljes szigetelés vizsgálatok (további információk a 6.2.1.2. fejezetben).
- „RCD AUTO“ vizsgálatok (további információk a 6.2.6.3. fejezetben).

A munkafázisok befejezése után valamennyi mérési eredmény a műszer memóriájában tárolódik. A METREL érintésvédelmi műszereibe – Eurotest AT, XA – a mérési eredmények mellett tárolásra kerülnek a vizsgálati jellemzők és paraméterek is.



Alapnézet



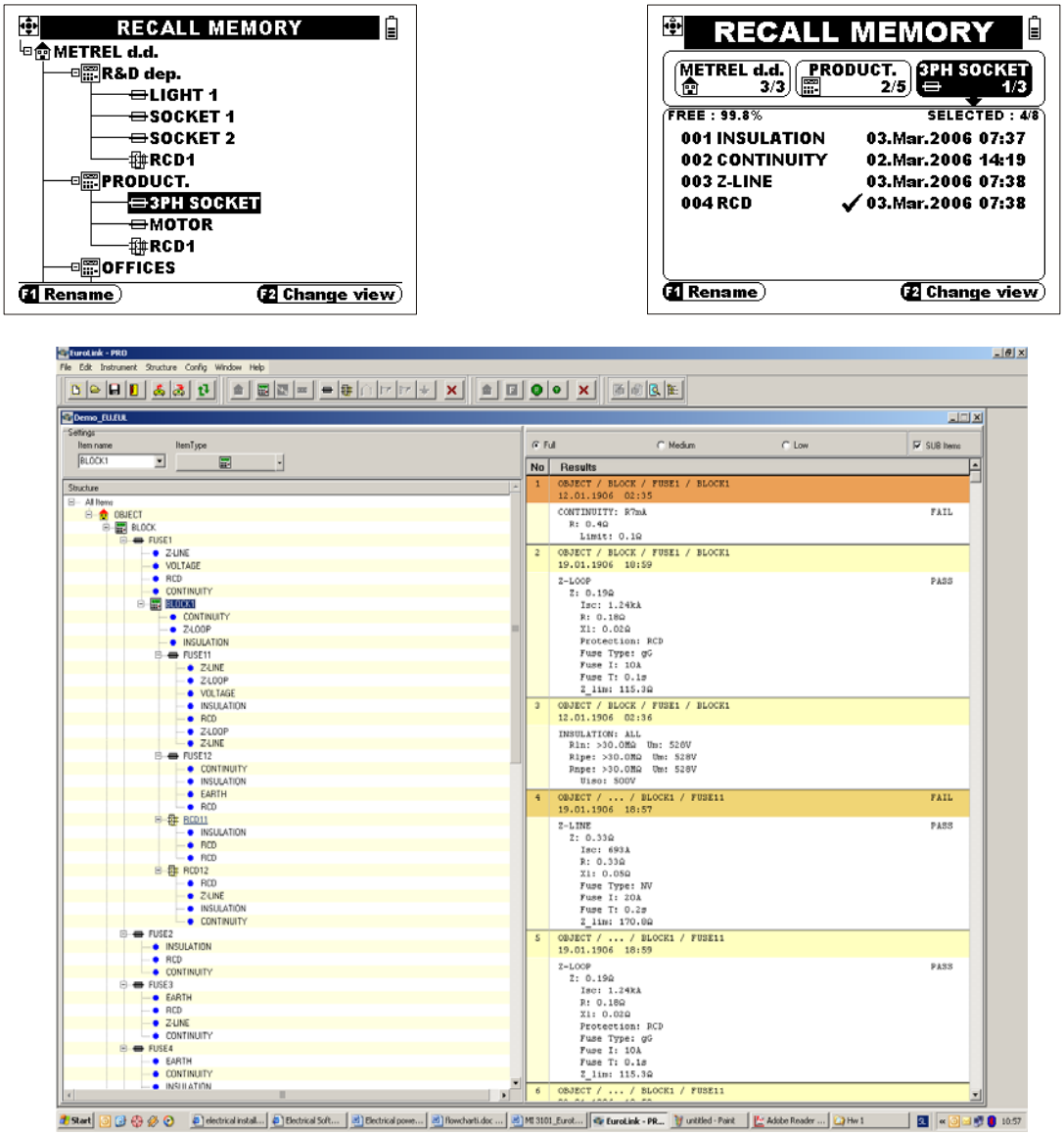
Faszerkezet nézete

84. ábra: *Az Eurotest AT, XA készülékekbe tárolva vannak a mérési eredmények, paraméterek és a hálózat jellemzői*

7.1.3 Befejezés

Mérési eredmények és a hálózatstruktúra letöltése a PC-szoftverbe, valamint ezek ellenőrzése

A mérési eredmények és struktúrák a PC-szoftverre letöltésre kerültek, ezeket először ellenőrizni kell. Az EurolinkPRO szoftver egy egyszerű táblázatos formában jeleníti meg a mérési eredményeket.



85. ábra: *Az EurolinkPRO PC-szoftverbe letöltött tárolt vizsgálati eredények, paraméterek és hálózatjellemzők; az eredmények táblázatos formában*

Vizsgálati jegyzőkönyv létrehozása

A vizsgálati jegyzőkönyvet a projektadatok és a mérési eredmények alapján kell elkészíteni.

Valamennyi mérési eredményhez a vizsgálati jegyzőkönyvnek az alábbi adatokat kell tartalmaznia:

Információk a vizsgálat helyéről
- A hálózatstruktúra pontos elnevezése (háztömb, áramkör, főpotenciál kiegyenlítés, stb.)
- A hely neve

Mérési paraméterek / -határértékek
- Valamennyi a JÓ/HIBÁS-döntéshez szükséges paraméter. HIBÁS-eredményeket nem lehet a vizsgálati jegyzőkönyvbe felvenni.
- A mérés dátuma, pontos idővel (opcionális)

A létrehozás lépései

Az általános hálózat- és projektadatok megadása

A hálózat jellegét, a vevő és a használó adatait, a hálózat származásának adatait stb. dokumentálni kell a vizsgálati jegyzőkönyvben.

Valamennyi eredmény JÓ/HIBÁS-értékelése

A jegyzőkönyvben valamennyi eredménynek JÓ-nak kell lennie. Valamennyi mérési eredményt össze kell hasonlítani az előre megadott határértékekkel.

Az eredmények osztályozása

Több mind egy vizsgálati ponttal rendelkező vizsgálati helyen csak a legrosszabb eredményeket kell dokumentálni. Például egy áramkör sok dugaszoló aljzatból áll. A legnagyobb impedanciát, a leghosszabb RCD-kioldóidőt, a legnagyobb védővezető csatlakozó ellenállást, a legkisebb szigetelési ellenállást stb. kell a jegyzőkönyvbe bevezetni.

Ha csak a mérési eredmények (paraméter nélkül) állnak rendelkezésre és a JÓ/HIBÁS-értékelést manuálisan kell elvégezni, az nagyon komplikált és időrabló munka.
A METREL különböző eszközöket kínál ahhoz, hogy a jegyzőkönyvkészítést egyszerűsítse és meggyorsítsa.

Vizsgálati jegyzőkönyvek automatikus létrehozása METREL-eszközökkel

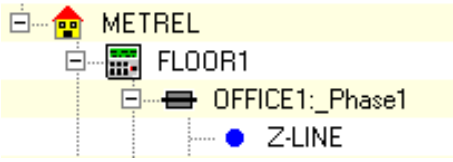
A METREL érintésvédelmi műszerek és az EurolinkPRO PC-szoftver olyan funkciókat tartalmaznak, amelyek támogatják a vizsgálati jegyzőkönyv automatikus létrehozását.

Lényeges adatok hozzárendelése a mérési eredményekhez

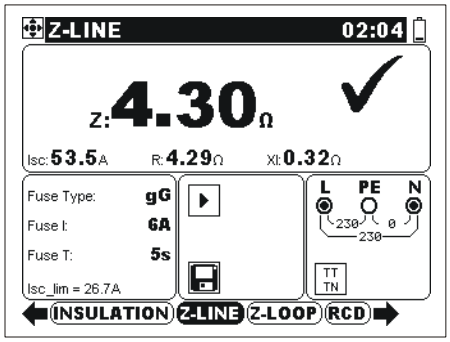
A vizsgálat helyére vonatkozó információk szerkeszthetők az Eurolink PC-szoftverrel már a hálózatstruktúra létrehozásakor (a vizsgálat előtt vagy után).
A mérési paramétereket/-határértékeket a vizsgálat elvégzése előtt be lehet állítani az Eurotest érintésvédelmi műszerekkel.
A JÓ/HIBÁS-értékelés valamennyi mérési eredmény mellett kijelzésre kerül. Ez az eredmények helyszini ellenőrzését teszi lehetővé.

Példa

Az alábbi példa egy meghatározott vonalimpedancia mérés jellemzőit mutatja 4,30 Ω/53,5 A eredménnyel.



Mérőhely: BIZTOSÍTÓ
Név:OFFICE1_Phase1



Biztosítótípus: gG
Biztosító-I_N: 6 A.
Biztosító-t: 5 s
I_{SCLIM}: 26,7 A
Státusz: JÓ

86. ábra: *Példa olyan adatokra vonatkozóan, amelyek egy mérési eredményhez tartoznak*

No	Results	
1	METREL / FLOOR1 / OFFICE1:_Phase1 19.01.1906 18:57	FAIL
	Z-LINE Z: 0.33Ω Isc: 693A R: 0.33Ω X1: 0.05Ω Fuse Type: NV Fuse I: 20A Fuse T: 0.2s Z_lim: 170.8Ω	PASS

87. ábra: *Példa a mérési eredményre az ellenőrzéshez szükséges kapcsolódó jellemzőkkel*

Az eredmények automatikus kiértékelése és rendezése

Ha a vizsgálati eredmények a vizsgálati jegyzőkönyvhöz szükséges valamennyi információt tartalmazzák, akkor a vizsgálati jegyzőkönyv automatikusan létrehozható.
A METREL EurolinkPRO PC-szoftvere tartalmazza a létrehozási szabályokat. Ezzel az eszközzel el lehet hagyni az áramkörök jellemzőinek fáradságos kitöltését.

A METREL-vizsgálati jegyzőkönyveinek leírása a 8. fejezetben található.

A jegyzőkönyvek dokumentálása

A vizsgálati jegyzőkönyv mellett a teljes Eurolink-projektet tárolni kell.

Az Eurolink-fájl *.EUL az alábbiakat tartalmazza:

- Hálózatstruktúrát jellemzőkkel és eredeti nevekkel
- Valamennyi mérési eredményt a hozzátartozó paraméterekkel és a JÓ/HIBÁS-döntésekkel
- Vizsgálati jegyzőkönyvet

A hálózatstruktúrákat a rendszeres ellenőrzésekhez újra fel lehet használni vagy kiindulási pontként szolgálhatnak egy másik projektnél. Így egy változatlan hálózat időszakos újravizsgálatakor az előkészítő fázis legnagyobb része kimarad.

7.2 Hálózatstruktúra

Az EurolinkPRO PC-szoftver a villamos berendezések tetszőleges struktúrájának létrehozásához tartalmaz eszközt. Valamennyi MSZ EN 60364 szerint készült villamos berendezést a rendelkezésre álló elemekkel létre lehet hozni. A villamos berendezés valamennyi elemét át lehet nevezni.
A létrehozott hálózatstruktúrát át- és le lehet tölteni a METREL Eurotest AT és XA érintésvédelmi műszereibe(ből). A struktúrák módosítása a mérőkészülékekkel a helyszínen lehetséges.

A hálózatstruktúra fő elemei

Szimbólum	Megnevezés	Leírás
	OBJEKTUM	Az a hely, ahol a méréseket végzik. Példa: METREL-üzeme
	BLOKK	Elosztótábla, kapcsolótábla Példa: elosztótábla 1
	MPE	Fő potenciálkiegyenlítés Példa: MPE DB 1
	VILLÁMVÉDELEM	A villámvédelmi rendszer földelője Példa: a METREL-üzem villámvédelmi rendszere

A BLOKK elemei

Szimbólum	Megnevezés	Leírás
	BIZTOSÍTO	BIZTOSÍTO (ÁRAMKÖR) Példa: KONYHA fázis 1
	RCD	RCD Példa: Fő-RCD

Egy fő potenciálkiegyenlítés elemei

Szimbólum	Megnevezés	Leírás
	CSATLAKOZÁS EPH	Főcsatlakozás Példa: Közösségi antenna
	FÖLDELÉS	Fő- vagy helyi földelés Példa: fő földelő

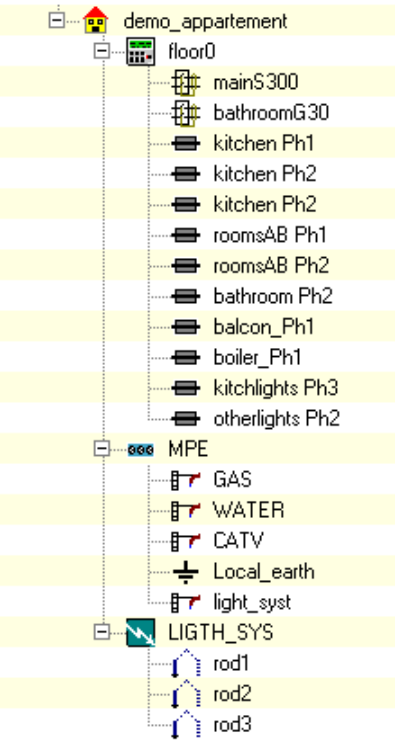
A VILLÁMVÉDELMI RENDSZER elemei

Szimbólum	Megnevezés	Leírás
	FÖLDELŐ	A villámvédelmi rendszer földelője

		Példa: A METREL-üzem 11. számú villámvédelmi földelője
	FÖLDELŐ CSATLAKOZÁSA	A villámvédelmi földelő csatlakozásai Példa: földbe helyezett 11.számú csatlakozás

29. táblázat: *A hálózatstruktúra alkotórészei*

Általában a hálózatstruktúra egy nyitott típusú struktúra. Valamennyi mérést a hálózat valamennyi eleme/valamennyi helye alá le lehet tárolni. A nyitott struktúra rugalmas és a használónak megengedi, hogy a tárolt adatokat saját igényeihez alakítsa.



88. ábra: *Hálózatstruktúra példája, a hálózatstruktúra valamennyi elemével*

A hálózat struktúrája és a mérési eredmények képezik a vizsgálati jegyzőkönyvek létrehozásának alapját. Ha a kezelő néhány egyszerű szabályt betart, a METREL-technikák ennek a lépésnek automatikus elvégzését teszik lehetővé.

<u>A vizsgálati jegyzőkönyv létrehozásának fő szabályai</u>

- Az azonos áramkörben lévő dugaszoló aljzatok, kapcsolók és csatlakozási pontok mérési eredményeit ugyanazon hálózatstruktúra elem alá „BIZTOSÍTO“ kell letárolni. Az $R_{SZIGETELÉSI}$, Z_{VONAL}, Z_{HUROK}, RCD t, U_C és R_{PE} kedvezőtlen eredményeit meg kell keresni és a jegyzőkönyvben tárolni kell. Ha egy másik hálózatstruktúra elemhez tárolnák le ezeket, akkor a „BIZTOSÍTO“ nem kerül importálásra a jegyzőkönyvbe.
- A „BIZTOSÍTO“ hálózatstruktúra elemet ne osszuk fel alelemekre.
- Fontos, hogy az ugyanabban az áramkörben lévő mérési paraméterek ne módosuljanak.
- A vizsgálati jegyzőkönyv számára nem lényeges méréseket ugyanabban a hálózatstruktúra elemben lehet tárolni, mint a lényeges eredményeket. Ezeket meg

lehet jeleníteni, ki lehet nyomtatni, stb., de a jegyzőkönyv létrehozásának lépéseikor nem lesznek figyelembe véve.

- Az RCD hálózatstruktúra elemben az RCD funkciótesztjeinek eredményeit a kapcsolótáblánál kell letárolni. Ugyanazt az RCD-t a dugaszoló aljzatoknál, mint a „BIZTOSÍTO“ hálózat struktúraelem részét lehet letárolni.
- A primer és fő leválasztó készülékek vizsgálati eredményeit a BLOCK vagy OBJEKT hálózatstruktúra elem alá lehet tárolni. A vizsgálati eredményeket azonban manuálisan kell a vizsgálati jegyzőkönyvbe beírni.

Megjegyzések:

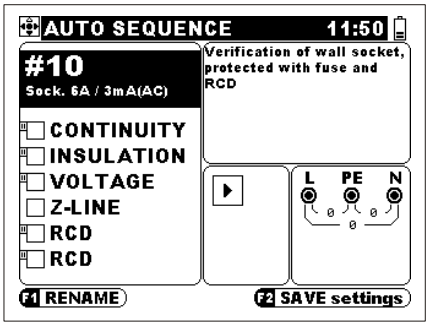
- A fenti szabályok a METREL szabványos vizsgálati jegyzőkönyvére érvényesek, amely esetleg módosulhat.
- Az EurolinkPRO PC-szoftvernek az automatikus jegyzőkönyvlétrehozáshoz ennél sokkal több szabályt kell figyelembe vennie. A pontos szabályok túlmennek ezen segédlet keretein.
- A METREL által a jegyzőkönyv létrehozásához elkészített szabályok, valamint más vizsgálati jegyzőkönyv struktúraelemei jelentősen eltérhetnek egymástól.
- *Vizsgálati jegyzőkönyvek létrehozásához szükséges támogatás ügyében kérjük forduljon a METREL-hez.*

7.3 Autosequence

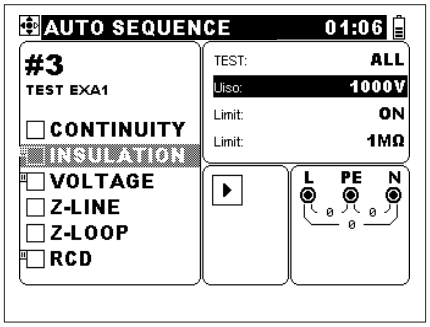
Ebben a fejezetben az új *AUTOSEQUENCE*©-módszerről lesz szó, amely mérések csoportjának elvégzését előre programozott szekvenciákban (sorban egymás után való mérési utasítások végrehajtása) támogatja. Gyorsabb és pontosabb méréseket tesz lehetővé. Ez a módszer különösen olyan helyeken hatásos, ahol nagy számú egyforma vizsgálatot olyan gyorsan kell elvégezni, amilyen gyorsan csak lehetséges.

Az AUTOSEQUENCE©-módszer fő előnyei:

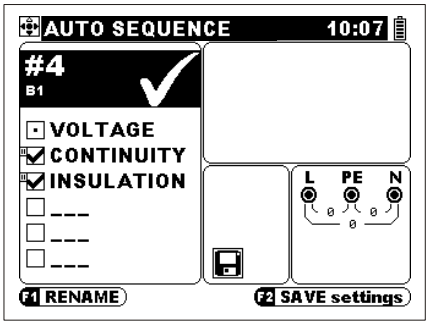
- A méréseket gyorsabban lehet elvégezni, több mérést lehet egymás után elvégezni.
- A mérések egyszerűbbek, biztosabbak és pontosabbak (kevesebb műszerkezelést igényelnek).
- A vizsgálati paraméterek, a JÓ- és HIBÁS-döntések egyszerű beállítása (biztosítótípus/-jellemző/-érték, határértékek, RCD-típus) az egyenkénti és csoportos vizsgálatoknál.
- A könnyen kezelhető, beépített szövegszerkesztő segítségével megjegyzéseket, kommentárokat, stb. lehet hozzáilleszteni.
- Az általában használatos szekvenciák adatbankja a METREL-nél hozzáférhető.



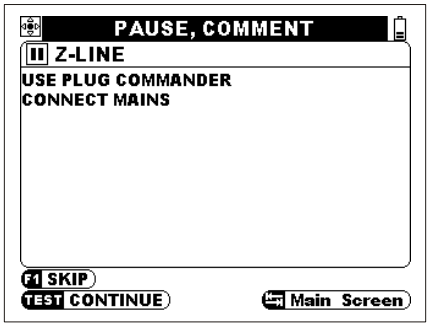
89. ábra: *Előre programozott szekvenciák*



90. ábra: *Egyszerű paraméterbeállítás*



91. ábra: *JÓ-, HIBÁS-értékelések*



92. ábra: *Azonnali figyelmeztetések, megjegyzések*

Hogyan történik a szekvenciális mérés?

Előkészítés:
Valamennyi szekvenciális mérési eljárást előre be lehet programozni.
A legegyszerűbb lehetőség azonban a METREL által kínált előre programozott szekvenciák alkalmazása. Ilyenkor csak a biztosító- és RCD-típusokat kell a menüben kiválasztani.
Mérések elvégzése:
Az egyes méréseket automatikusan szekvenciálisan végezzük. Az érintésvédelmi műszer ellenőrzi folyamatosan a vizsgálandó tárgyra történt helyes csatlakozást és a korrekt mérési- és biztonsági feltételeket (feszültségek, impedanciák, stb.) a hálózatban.
Alkalmazástól függően az eljárásokat közbenső szünetekkel vagy anélkül lehet elvégezni. A szüneteket (pl. a csatlakozók áthelyezéséhez) igény esetén előre be lehet programozni.
Az eredmények ellenőrzése:
A vizsgálat végén

- Kijelzésre kerül minden vizsgálat mérési eredménye, paramétere és JÓ/HIBÁS-döntése,
- Kijelzésre kerül a teljes szekvencia JÓ/HIBÁS eredménye.

Villamos berendezések biztonsági vizsgálati eljárásainak összehasonlítása
Az alábbi példa az AUTO SEQUENCE ® vizsgálati eljárás fő előnyeit mutatja.

A vizsgálat jellege	Automatikus vizsgálati eljárás, a műszer a szabadalmaztatott ***AUTO SEQUENCE*** ® módszerrel dolgozik.	Hagyományos vizsgálati eljárás olyan tetszőleges műszerrel, amelynek használata **Forgókapcsoló, gombok** segítségével történik.

A hálózat első ellenőrzése a műszer beállításaival és **A kapcsolótábla vizsgálata az alábbiak szerint:** • Szemrevételezés • Vonal-/hurokimpedancia • Folytonosság • Földelési ellenállás **és 10 dugaszoló aljzat vizsgálata az alábbiak szerint:** • Az L/N/PE-feszültségpolaritás vizsgálata • Vonal-/hurokimpedancia • Folytonosság • RCD dt, dI, Uc • L-N-PE szigetelés	**A műveletek száma:** • beállítások 2x • mérővezetékek áthelyezése 12x • vizsgálat 11x • ellenőrzés 11x • tárolás 11x **Összes művelet száma: 47.** **Tapasztalt villanyszerelők munkaideje:** • < 5 perc a kapcsolótáblán • < 1 perc minden dugaszoló aljzaton **Összesen kevesebb, mint 15 perc** Tapasztalatlan villanyszerelők munkaideje: • 5 perc a kapcsolótáblán • 1 perc minden dugaszoló aljon **Összesen 15 perc**	**A műveletek száma:** • beállítások 4 + 10x10 • mérővzetékek áthelyezése 4 + 10x10 • vizsgálat 4 + 10x10 • ellenőrzés 4 + 10x10 • tárolás 4 + 10x10 **Összes művelet száma: 520.** **Tapasztalt villanyszerelők munkaideje:** • 5 perc a kapcsolótáblán • 3 perc a dugaszoló aljzatokon **Összesen több, mint 35 perc** Tapasztalatlan villanyszerelők munkaideje: • 10 perc a kapcsolótáblán • 5 perc minden dugaszoló aljon **Összesen több, mint 60 perc**
A hálózat ismételt ellenőrzése a műszer beállításaival és **A kapcsolótábla vizsgálata az alábbiak szerint:** • Szemrevételezés • Vonal-/hurokimpedancia • Folytonosság • Földelési ellenállás • RCD dt, dI, Uc • L-PE/N-PE szigetelés **és :10 dugaszoló aljzat vizsgálata az alábbiak szerint:** • Az L/N/PE-feszültségpolaritás vizsgálata • Vonal-/hurokimpedancia • Folytonosság • RCD U_B	**A műveletek száma:** • beállítások 2x • mérővezetékek áthelyezése 12x • vizsgálat 11x • ellenőrzés 11x • tárolás 11x **Összes művelet száma: 47.** **Tapasztalt villanyszerelők munkaideje:** • < 10 perc a kapcsolótáblán • < ½ perc minden dugaszoló aljzaton **Összesen kevesebb, mint 15 perc** Tapasztalatlan villanyszerelők munkaideje: • 10 perc a kapcsolótáblán • ½ perc minden dugaszoló aljon **Összesen 15 perc**	**A műveletek száma:** • beállítások 6 + 10x7 • mérővezetékek áthelyezése 6 + 10x7 • vizsgálat 6 + 10x7 • ellenőrzés 6 + 10x7 • tárolás 6 + 10x7 **Összes művelet száma: 380** **Tapasztalt villanyszerelők munkaideje:** • 10 perc a kapcsolótáblán • 2 perc a dugaszoló aljzatokon **Összesen több, mint 30 perc** Tapasztalatlan villanyszerelők munkaideje: • 20 perc a kapcsolótáblán • 4 perc minden dugaszoló aljon **Összesen több, mint 60 perc**

Eredmények:

- A feladat elvégzéséhez kevesebb feltétel szükséges (funkciók, paraméterek és határértékek beállítása valamint a mérővezetékek áthelyezésével járó feladatok).
- A mérések gyorsabban befejezhetőek. Az időmegtakarítás a bonyolultabb alkalmazásokkal nő.
- Kevés tapasztalattal rendelkező használók a műszert bonyolultabb alkalmazásokra használhatják (a szekvenciákat egy tapasztalt személy előre beállíthatja). Kisebb a veszély, hogy hibát követnek el.

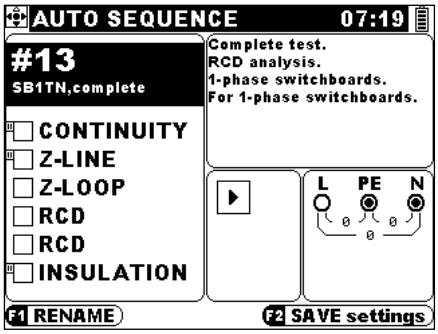
Könnyen belátható, hogy hasonló továbbfejlesztések majdnem valamennyi mérési eljárásnál elérhetőek.

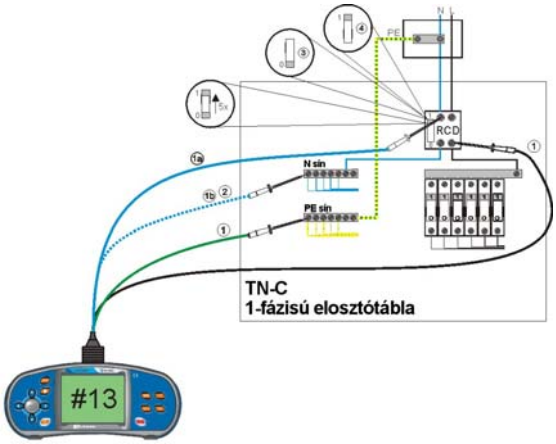
Példák a népszerű Autosequence-ekre

1-fázisú elosztótábla ellenőrzése TN-C(S)-re

Elvégzett vizsgálatok: ZVONAL, IPSC, ZHUROK, IPFC, RCD tΔN 1x IΔ-nál, RCD tΔN 5x IΔ-nál, RCD IΔ, U_B, folytonosság 200mA, RISO

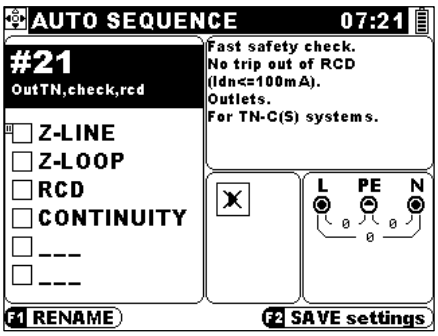
Alkalmazás: Első ellenőrzés, hálózatok rendszeres vizsgálata. Alkalmas TN földelési rendszerekhez.
A szekvencia leírása:
Ezzel a vizsgálattal valamennyi egyfázisú kapcsolótáblán meghatározott biztonsági paraméter ellenőrizhető és összehasonlítható előre megadott határértékekkel – szigetelési ellenállások, az RCD-vel történő védelem funkcionalitása és hatásossága és a biztosítók. TN-C-rendszereknél az N és PE sínek közötti csatlakozás kerül ellenőrzésre.

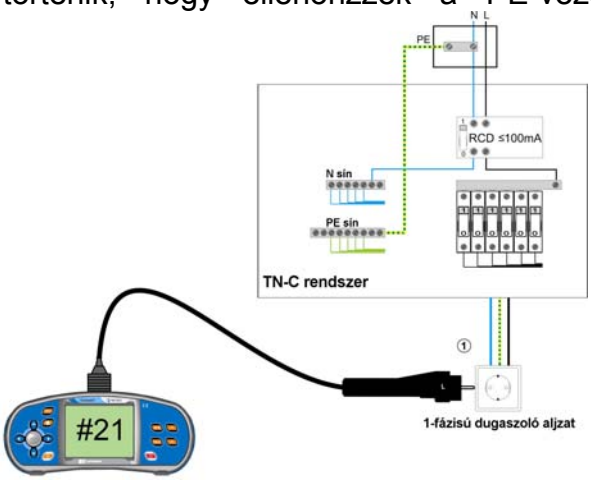




93. ábra: *Az autoszekvencia beállítása és a csatlakozás kapcsolási rajza, 1. példa*

Egyfázisú dugaszoló aljzat biztonsági ellenőrzése
Elvégzett vizsgálatok: Z_{VONAL}, I_{PSC}, Z_{HUROK}, I_{PFC}, folytonosság 7 mA, RCD U_B
Alkalmazás: Dugaszoló aljzat gyors biztonsági ellenőrzése. Alkalmas TN földelési rendszerekhez, nincs RCD-kioldás.
A szekvencia leírása:
Ennél a vizsgálatnák egy beépített túláramvédelmi készülék (biztosító) hatásosságát ellenőrzik.
Ellenőrzésre kerülnek a vonal-/hiba-hurokimpedanciák, a várható rövidzár-/hibaáramok és az érintési feszültség értékei $I_{\Delta N}$-nél. A vizsgálati eredmények összehasonlításra kerülnek a biztosító-adatbank határértékeivel.
Az N-PE hurokellenállásának mérése történik, hogy ellenőrizzék a PE-vezető folytonosságát.





94. ábra: *Az autoszekvencia beállítása és a csatlakozás kapcsolási rajza, 2. példa*

Az autoszekvenciáról további információk a METREL „Guide through Autosequences“ (Segédlet az autoszekvenciákhoz) című kézikönyvében találhatók.

8 METREL érintésvédelmi műszerek

EUROTEST multifunkciós érintésvédelmi műszerek

Vizsgálatok		Eurotest XA	Eurotest AT	Eurotest 61557	Eurotest XE	Eurotest XE 2,5 kV	Eurotest EASI	Eurotest LITE	Eurotest Combo
Feszültség monitor TRMS		●/●	●/●		●/●	●/●	●/●	●/●	●/●
Fázissorrend és PE teszt		●	●	●	●	●	●	●	●
Szigetelési ellenállás	Szigetelési ellenállás VDC	50…1000	50…1000	50…1000	100…1000	100…2500	100…1000	100…1000	50…1000
	Automatikus vizsgálat L-N-PE között	●	●						
	Automatikus mérésidő választás a kapacitás függvényében	●	●						
	Szigetelésfigyelő relék vizsgálata IT-rendszerben	●			●				
Folytonosság	Vezetői összeköttetések vizsgálata (200 mA), polaritásváltással	●	●	●	●	●	●	●	●
	Folytonosságvizsgálat kisárammal (7 mA), polaritásváltás	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ellenállásmérés N-PE között dugaszoló aljzatokban	●	●	●					
LINE/LOOP impedancia	I_{PSC}, U_{L-N-PE}, frekvencia	●	●	●	●	●	●	●	●
	Impedancia L-N, L-PE	●	●	●	●	●	●	●	●
	Impedancia L-L	●	●	●	●	●	●	●	●
	R és Xl számolása	●	●	●					
	Nagypontosságú hurokvizsgálat ÁVK kioldása nélkül	●	●	●	●	●	●	●	●
	Vonalellenállás IT-rendszerben	●	●		●	●	●	●	
	Első hiba vizsgálat IT-rendszerben	●			●				
	Túláramvédő eszközök tárolt karakterisztikái	●	●		●	●	●		●
	Eredmény kiértékelése PASS/FAIL	●	●		●	●	●		●
ÁVK	ÁVK típus	A, AC, B	A, AC	A, AC	A, AC	A, AC	A, AC	A, AC	A, AC, B
	ÁVK automatikus vizsgálata	●	●	●	●	●	●		●
	ÁVK kioldási idő t, Uc ($I_{\Delta N}$)	●	●	●	●	●	●	●	●
	ÁVK kioldási áram I_{Δ}	●	●	●	●	●	●	●	●
Földelési ellenállás	Földelési ellenállás 2 vezetékes	●	●		●	●			
	Földelési ellenállás 3 vezetékes/4 vezetékes	●/ -	●/ -	- /●	●/ -	●/ -			●/ -
	Nagy zajfüggetlenség	●	●		●	●			
	Szelektív földelséi ellenállás (2 lakatfogó)	●		●					
	Szelektív földelséi ellenállás (1 lakatfogó)	●		●					
Árammérés	Lakatfogóval	●		●	●	●			
AUTO SEQUENCE Automatikus mérések	Automatikus szigetelésvizsgálat L-N-PE között	●	●						
	Automatikus ÁVK-vizsgálat	●	●						
	AUTO SEQUENCE betápnál	●	●						
	AUTO SEQUENCE leágazásoknál	●	●						
	A biztonság automatikus értékelése	●	●						
	Automatikus jegyzőkönyv készítés	●	●						
	Frappáns parancsok, magyarázatok, szimbólumok, utasítások….	●	●						
Érzékelő	Megvilágítás (Lux)	Opció		Opció	Opció	Opció			
Kiegészítő funkciók	Nyomvonal kereső	Opció	Opció	Opció					
	PE terminál test	●	●	●	●	●	●	●	●
	Frekvencia méréstartomány	15-500 Hz	15-500 Hz	45-65 Hz	45-65 Hz	45-65 Hz	45-65 Hz	45-65 Hz	45-65 Hz
	Feszültség rendszer	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230/110 V	440/230 V
	Kisfeszültségű rendszer	55/65 V	55/65 V		55/65 V	55/65 V	55/65 V	55/65 V	
	Védelmi rendszer	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT/IT	TN/TT
Egyéb	HELP menü	●	●	●	●	●	●		●
	Aktív mérőfej dugaljba (START, MENTÉS)	●	●	●					
	Aktív mérőfej két pólusú (START, MENTÉS)			●	●	●	●	●	
	Aktív mérőfej három pólusú (START, MENTÉS)	Opció	Opció						
	PC-szoftver	●	●	●	●	●		●	●

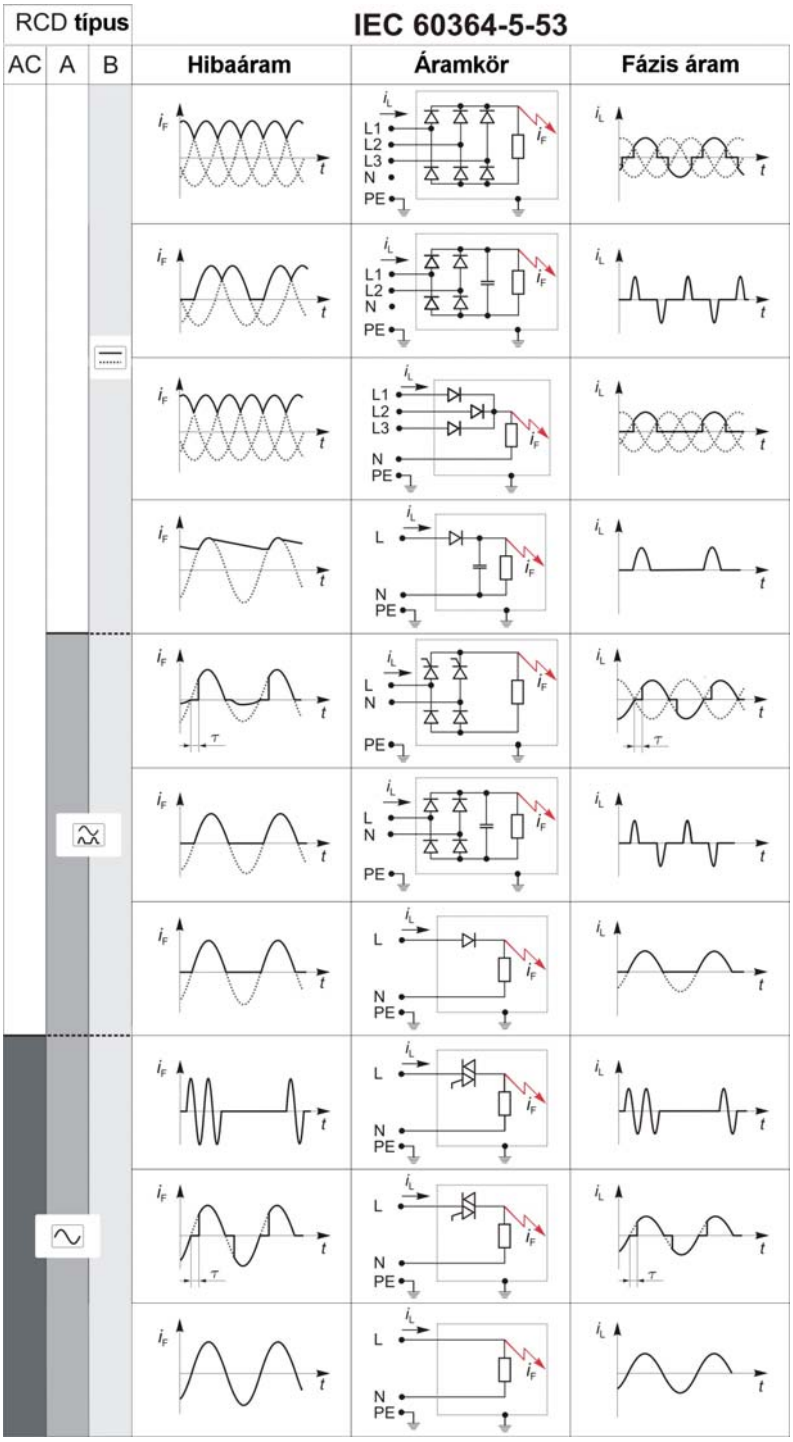
C+D AUTOMATIKA KFT., 1191 Budapest, Földvári u. 2., Telefon: 282-9676, 282-9896, Fax: 282-3125, E-mail: info@meter.hu, Honlap: www.meter.hu

9 „A” függelék – RCD-k (működés, kiválasztás, beépítés)

Ez a függelék további információkat ad a hibaáramvédő készülékekről.

9.1 RCD választék érzékenység szerint

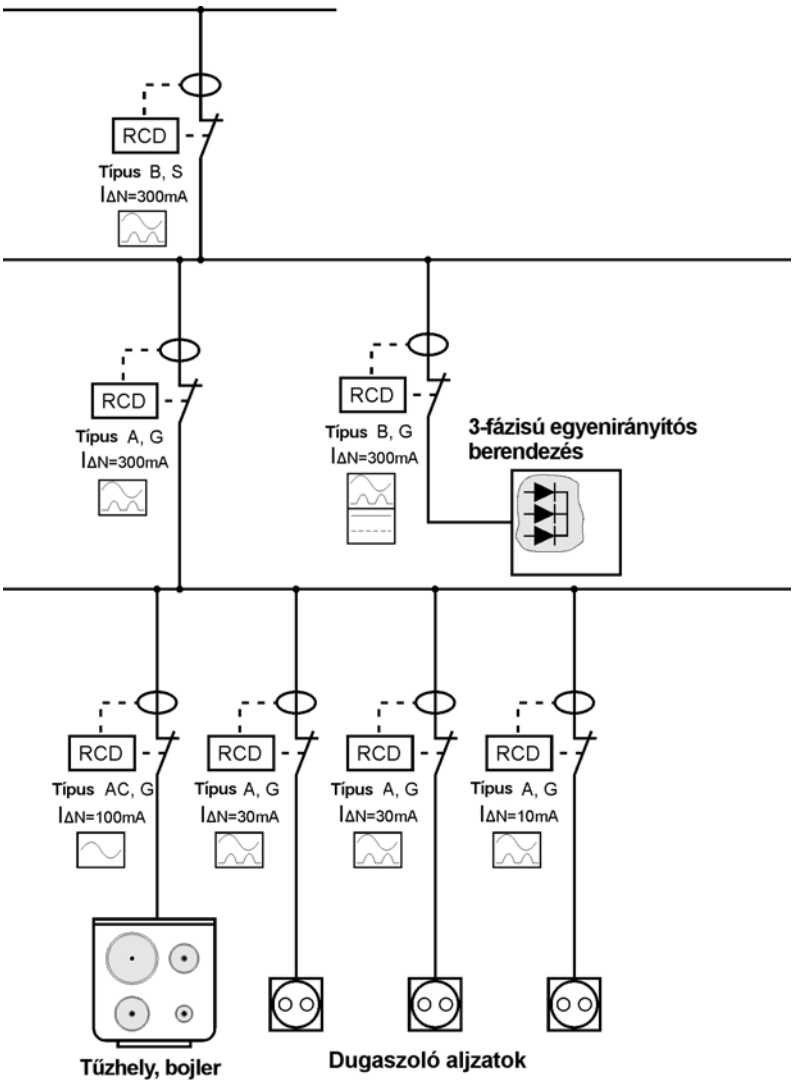
Az 31. táblázat az RCD-k kiválasztására szolgáló táblázat. Különböző RCD-típusok érzékenységét mutatja jellemző hibaáramgörbe formákkal.



31. táblázat: *Különböző RCD típusok érzékenysége*

9.2 RCD-k megkülönböztetésének elve

Ahol a hálózatot több, mint egy RCD-vel védik, ott kerül alkalmazásra az RCD-k megkülönböztetésének elve. Több RCD alkalmazásának az az előnye, hogy ha hiba lép fel, akkor csak a hibához legközelebb lévő RCD old le és így a hiba a hálózat többi részét nem befolyásolja.
Ebben az esetben a fő RCD általában egy késleltetett (szelektív) típus (100 mA vagy 300 mA). Ha a fő RCD után kapcsolt RCD-k 30 mA-es érzékenységgel rendelkeznek, ez gondoskodik a korrekt szétválasztásáról.
A 100. ábra példát mutat egy több RCD-vel rendelkező hálózat korrekt RCD-szétválasztásról.



***100. ábra**: Példa több RCD-re egy hálózatban*

9.3 RCD típusok

Sok különféle elnevezés kapcsolható az RCD-khez:

Fő típusok			
Rövid név	**Típus**	**Leírás**	**Alkalmazás**
RCD	Residual Current Device, *Hibaáramvédőkapcsoló*	Ez a teljes RCD választék általános megnevezése.	Általánosan
RCBO	Hibaárammal üzemeltetett védőkapcsoló beépített túláramvédelemmel.	Ez alapjában véve egy túláramvédő kapcsoló (mint egy MCB) kiegészítő RCD funkcióval. Két funkciója van: védenie kell földhibaáramok valamint túláramok ellen.	Fogyasztóegységek, elosztótáblák
RCCB	Hibaárammal üzemeltetett védőkapcsoló beépített túláramvédelem nélkül.	Ez alapjában véve egy mechanikus kapcsoló kiegészítő RCD funkcóval. Egyetlen funkciója a földhibaáramok elleni védelem.	Fogyasztóegységek, elosztótáblák

Kevésbé ismert típusok			
Rövid név	**Típus**	**Leírás**	**Alkalmazás**
CBR	Leválasztó kapcsoló beépített hibaáramvédelemmel.	Túláramvédő kapcsoló beépített hibaáramvédelemmel.	Elosztótáblák nagy hálózatokban.
SRCD	Dugaszoló aljzat beépített RCD-vel.	Egy dugaszoló aljzat vagy egy biztosított csatlakozás beépített RCD-vel.	Gyakran azért építik be, hogy kiegészítő védelmet nyújtson a szabadban üzemeltetett hordozható készülékeknél a közvetlen érintés ellen.
PRCD	Hordozható hibaáram kapcsoló.	A PRCD egy olyan műszer, amely RCD védelmet kínál tetszőleges dugón és dugaszoló aljzaton keresztül csatlakoztatott műszerek számára. Gyakran túláramvédelmet is tartalmaz.	Meglévő dugaszoló aljzatra történik a csatlakoztatása. A PRCD-k nem képezik a fix hálózat részét.
SRCBO	Dugaszoló aljzat beépített RCBO-val	Egy dugaszoló aljzat vagy egy biztosított csatlakozás beépített RCBO-val.	Gyakran azért építik be, hogy kiegészítő védelmet nyújtson a szabadban üzemeltetett hordozható készülékeknél a közvetlen érintés ellen.

32. táblázat: *RCD típusok*

10. „B” függelék – Egyeres rézvezetékek

Ez a függelék az egyeres rézvezeték ellenállását és jellemző maximum áramát tartalmazza. Thermoplast szigetelésű (70°C, PVC) köpennyel vagy köpeny nélkül.

Keresztmetszet	Maximalis áram		Vezetékellenállás az alábbi hosszúságoknál				
	2-vezetékes egyfázisú	3- vagy 4-vezetékes háromfázisú	1 m	2 m	5 m	10 m	100 m
[mm^2]	[A]	[A]	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]
0,75	10,1	9	22,9	45,9	114,7	229,3	2293,3
1	13,5	12	17,2	34,4	86	172	1720
1,5	17,5	15,5	11,5	22,9	57,3	114,7	1146,7
2,5	24	21	6,9	13,8	34,4	68,8	688
4	32	28	4,3	8,6	21,5	43	430
6	41	36	2,9	5,7	14,3	28,7	286,7
10	57	50	1,7	3,4	8,6	17,2	172
16	76	68	1,1	2,2	5,4	10,8	107,5
25	101	89	0,7	1,4	3,4	6,9	68,8
35	125	110	0,5	1	2,5	4,9	49,1
50	151	134	0,3	0,7	1,7	3,4	34,4
70	192	171	0,2	0,5	1,2	2,5	24,6
95	232	207	0,2	0,4	0,9	1,8	18,1
120	269	239	0,1	0,3	0,7	1,4	14,3
150	300	262	0,1	0,2	0,6	1,1	11,5
185	341	296	0,1	0,2	0,5	0,9	9,3
240	400	346	0,1	0,1	0,4	0,7	7,2
300	458	394	0,1	0,1	0,3	0,6	5,7
400	546	467	<0,1	0,1	0,2	0,4	4,3
500	626	533	<0,1	0,1	0,2	0,3	3,4
630	720	611	<0,1	0,1	0,1	0,3	2,7

33. táblázat: *Maximális áramok, a keresztmetszetre és az áramot vezető vezetékek számára vonatkozóan, valamint különböző hosszúságok jellemző ellenállásai 25 °C-nál*

A maximális áramok határértékének megadása konzervatív. Figyelembe veszik a szigetelőanyag maximális üzemi hőmérsékletét és a felületi hatást.

A réz pozitív hőmérsékleti együtthatója, $\alpha = 0{,}004041/°C$, azt jelenti, hogy a vezeték (fajlagos) ellenállása a hőmérséklettel nő. Az ellenállás függése a T hőmérséklettől $R = R_{ref}(1+\alpha(T-T_{ref}))$ R_{ref} a referenciaellenállás T_{ref}.hőmérsékletnél.

A 34. táblázat 100 m jellemző keresztmetszetű vezeték ellenállásait mutatja különböző hőmérsékleten.

Hőmérséklet	Fajlagos ellenállás	100 m különböző keresztmetszetű rézvezeték ellenállása					
		1 mm^2	1,5 mm^2	2,5 mm^2	4 mm^2	6 mm^2	10 mm^2
[°C]	Ωm	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
0	0,0155	1,55	1,03	0,62	0,39	0,26	0,15
5	0,0158	1,58	1,05	0,63	0,4	0,26	0,16
10	0,0162	1,62	1,08	0,65	0,4	0,27	0,16
15	0,0165	1,65	1,1	0,66	0,41	0,27	0,16
20	0,0168	1,68	1,12	0,67	0,42	0,28	0,17
25	0,0172	1,72	1,15	0,69	0,43	0,29	0,17
30	0,0175	1,75	1,17	0,7	0,44	0,29	0,18
35	0,0179	1,79	1,19	0,71	0,45	0,3	0,18
40	0,0182	1,82	1,21	0,73	0,46	0,3	0,18
45	0,0185	1,85	1,24	0,74	0,46	0,31	0,19
50	0,0180	1,89	1,26	0,76	0,47	0,31	0,19
55	0,0192	1,92	1,28	0,77	0,48	0,32	0,19
60	0,0196	1,96	1,3	0,78	0,49	0,33	0,2
65	0,0199	1,99	1,33	0,8	0,5	0,33	0,2
70	0,0202	2,02	1,35	0,81	0,51	0,34	0,2
75	0,0206	2,06	1,37	0,82	0,51	0,34	0,21
80	0,0209	2,09	1,39	0,84	0,52	0,35	0,21
85	0,0213	2,13	1,42	0,85	0,53	0,35	0,21
90	0,0216	2,16	1,44	0,86	0,54	0,36	0,22
95	0,0219	2,19	1,46	0,88	0,55	0,37	0,22
100	0,0223	2,23	1,49	0,89	0,56	0,37	0,22

34. táblázat: *A réz fajlagos ellenállása valamint 100 m vezeték ellenállása különböző hőmérsékleten*

Az ellenállás növekedése a hőmérséklet emelkedésével fontos a várható rövidzárási áramok és érintési feszültségek megállapításához a névleges üzemi feltételeknél. A méréseket általában szobahőmérsékleten (20 °C) végzik, azonban a névleges terhelés üzemi hőmérséklete nagyobb (pl. 70 °C). Ez azt jelenti, hogy a vezetékek ellenállása $\frac{R_{70°C}}{R_{20°C}} = 1{,}2$ tényezővel nagyobb. A rövidzárási áramok kezelésekor 80 %-ban a 20°C-nál mért értékeket kell figyelembe venni.

11 „C” függelék – Vezetékek méretei

Ez a függelék néhány alapvető információt tartalmaz a villamos berendezésekben lévő vezetékek méretéről általában, és a földelőberendezésekről. A hivatkozott szabványok az MSZ EN 60364-5-52 a vezetékrendszerekről általában és az MSZ EN 60364-5-54 a földelőberendezésekről, védővezetőkről és az egyenpotenciálú összekötésekről rendelkezik.

Minimális vezetékkeresztmetszetek telepített hálózatokban

Vezetéktípus	Az áramkör feladata	Vezeték	
		Anyag	Keresztmetszet [mm^2]
Kábelek és szigetelt vezetékek	Teljesítmény és megvilágítási áramkörök	Réz Aluminium	1,5 2,5
	Szignalizáló- és vezérlőkörök	Réz	0,5
Csupasz vezetékek	Teljesítménykörök	Réz Aluminium	10 16
	Szignalizáló- és vezérlőkörök	Réz	4

35. táblázat: *Minimális vezeték-keresztmetszete*

A nullavezető keresztmetszetét a következőképpen kell értelmezni:

Az áramkör típusa	A nullavezető keresztmetszete
Egyfázisú, kéteres	Mint a fázisvezetőnél
Többfázisú, egyfázisú háromeres $S_{Cu} \leq 16$ mm^2, $S_{Al} \leq 25$ mm^2	
Többfázisú $S_{Cu} \leq 16$ mm^2, $S_{Al} \leq 25$ mm^2	- Csökkentett a várható maximális nullavezető áram szerint beleértve a felharmonikusokat és - védett az MSZ EN 60364-4-43 szabvány 431.2 pontja szerint és - legalább 16 mm^2 (Cu) / 25 mm^2 (Al)

36. táblázat: *A nullavezető keresztmetszete*

A védővezetők minimális keresztmetszetei

A minimális érték a következők szerint van megállapítva:

- IEC 60949 szerint kiválasztva vagy

  a lekapcsolási idő kevesebb, mint 5

  s: $S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$ *41. képlet*

Ahol:

S ..... Keresztmetszet [mm^2]
I..... Várható hibaáram, amely a védőberendezésen keresztül tud folyni [A]
t..... Az önműködő lekapcsoplást végző eszköz kikapcsolási ideje [s]

k..... A védővezető anyagától, a szigeteléstől és a hőmérséklettől függő állandó, lásd 37. táblázatot.

Példák PVC-szigetelt védővezetőre 70 °C-nál

Védővezető típusa	**Vezeték anyaga**		
	Réz	Aluminium	Acél
Szigetelt, nem kábelben vezetett és más kábelekkel nincs összekötve	143	95	52
Csupasz, érintkezve a kábelborítással, más kábelekkel nincs összekötve	159	105	58
Kábelben vezetett mag vagy más kábelekkel vagy szigetelt vezetékekkel összekötve	115	76	42

37. táblázat: *k-tényező a védővezetők minimális keresztmetszetének kiszámításához*

Védővezetők minimális keresztmetszete a fázisvezető függvényében:

A fázisvezető keresztmetszete [mm^2]	A védővezető minimális keresztmetszete [mm^2]	
	Ugyanazon anyagok, mint a fázisvezetőknél	Fázisvezetőtől eltérő más anyagok
S≤16	S	$\frac{k1}{k}S$
16<S≤35	16	$16\frac{k1}{k}$
S>35	$\frac{S}{2}$	$\frac{k1}{k}\frac{S}{2}$

38. táblázat: *Védővezetők minimális keresztmetszete a fázisvezetők függvényében*

Ahol:

k..... Az az érték, amely függ a védővezető anyagától, a szigeteléstől és a hőmérsékletétől és fentebb definiálva van, valamint

k1..... hasonló a k-hoz, de a fázisvezetőre vonatkozik

Példa egy PVD-szigetelt fázisvezetőre:

Vezeték anyaga	**k1**
Réz	115
Aluminium	76

39. táblázat: *k1 tényező a 38. táblázathoz*

Védővezetők kiegészítő követelményei a minimális keresztmetszetre [mm^2]

Védővezető típusa	Vezeték anyaga				
	Réz		Aluminium		Acél
	Védett	Nem védett	Védett	Nem védett	-
Nem része egy kábelnek vagy nincs közös burkolatban a fázisvezetővel	2,5	4	16	16	-
Fő egyenpotenciálra hozó vezető össze van kötve a fő földelő kapoccsal	6		16		50
Védett: Védelem a mechanikus károsodások ellen. Nem védett: Nincs védelem a mechanikus károsodások ellen.					

40. táblázat: *Védővezetők minimális keresztmetszete*

Földbe helyezett földelővezetékek minimális keresztmetszetei [mm^2]

Földelővezető	Mechanikusan védett		Mechanikusan nem védett	
Rozsdásodás ellen védett	Réz	Acél	Réz	Acél
	2,5	10	16	16
Nem védett rozsdásodás ellen	Réz		Acél	
	25		50	

41. táblázat: *Földbe helyezett földelővezetők minimális keresztmetszetei*

PEN-vezető

Csak fix hálózatokban szabad használni. A minimális vezeték keresztmetszetek a következők:

Vezető anyaga	S[mm^2]
Réz	10
Aluminium	16

42. táblázat: *PEN-vezetőek minimális vezeték keresztmetszetei*

- A nullavezető összekapcsolása a hálózat más földelt részeivel nem megengedett (pl. védővezető a PEN-vezető).
- Nem megengedett a PEN-ből több mint egy nullavezetőt és több mint egy védővezetőt képezni.
- A keresztmetszetet úgy lehet csökkenteni, ahogy az a nullavezetőknél meghatározott.

12 „D” függelék: Egyéb villamos mérések

Ez a függelék néhány speciális és kevésbé gyakran használt mérést ismertet.
További információk találhatók a METREL-kézikönyvében: *Electrical installations in theory and practice (Mérések épületek villamos berendezésén - Elvek és gyakorlat).*

12.1 Szigetelő vagy vezetőképes termek szigetelési ellenállásának mérései

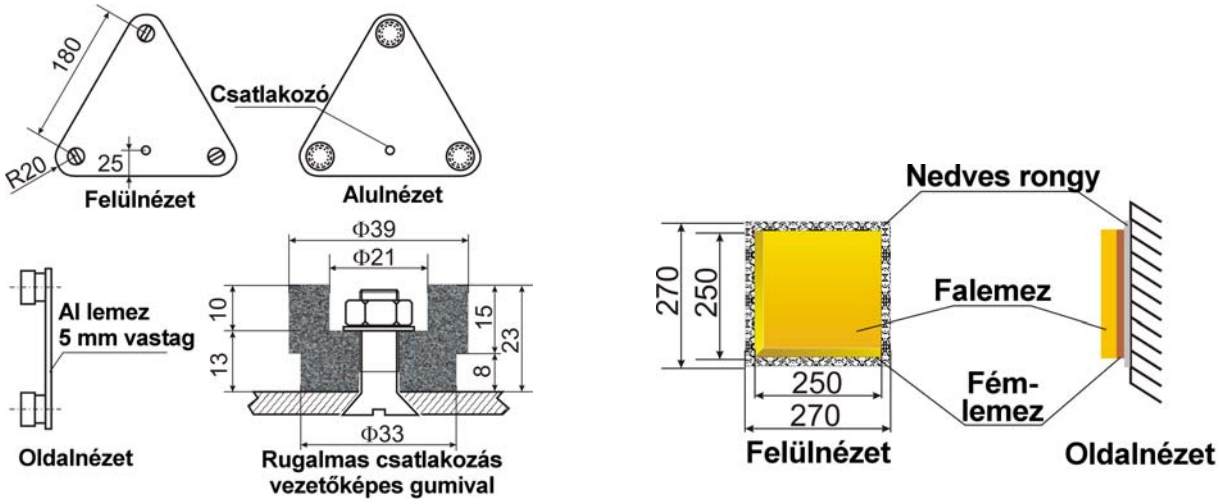
12.1.1 Szigetelő falak és padlók ellenállásának mérései

Vannak bizonyos helyzetek, amikor kivánatos, hogy egy helyiség teljes mértékben szigetelve legyen a védőföldtől (pl. speciális vizsgálatok elvégzése laboratóriumban stb.). Az ilyen helyiségeket tekintik villamosan biztonságos területnek, és a falaknak és padlónak szigetelő anyagból kell készülniük. Ezekben a helyiségekben a villamos műszereket úgy kell elhelyezni, hogy

- ne lehessen egyidejűleg megérinteni valamilyen szigetelési hiba esetén két feszültség alatt lévő, különböző potenciálú vezetéket,
- az aktív és passziv megérinthető vezető részek semmilyen kombinációját ne lehessen egyidejűleg megérinteni.

Szigetelő helyiségekben nem megengedett a PE védővezető, ami a veszélyes hibafeszütséget a földpotenciálra le tudná vezetni. A szigetelő falak és padlók védik a kezelőket szigetelési hiba esetén.

A szigetelő falak és padlók ellenállását az alábbiakban leírt eljárásokkal kell mérni. Az alábbiakban leírt speciális mérőelektródákat kell alkalmazni.



Javasolt *Opcionális*

101. ábra: *Mérőelektróda MSZ EN 60364-6 szerint*

A mérést a mérőelektróda és a PE védővezető között kell elvégezni, amely a vizsgált szigetelő helyiségen kívül hozzáférhető. Hogy jobb villamos érintkezést érjünk el egy nedves rongyot (270 mm x 270 mm) kell a mérőelektróda és a vizsgált felület közé helyezni. Az elektródát a mérés közben 750 N erővel (padlómérés) vagy 250 N erővel (falmérés) kell terhelni.

A mérőfeszültségnek a következőnek kell lennie:

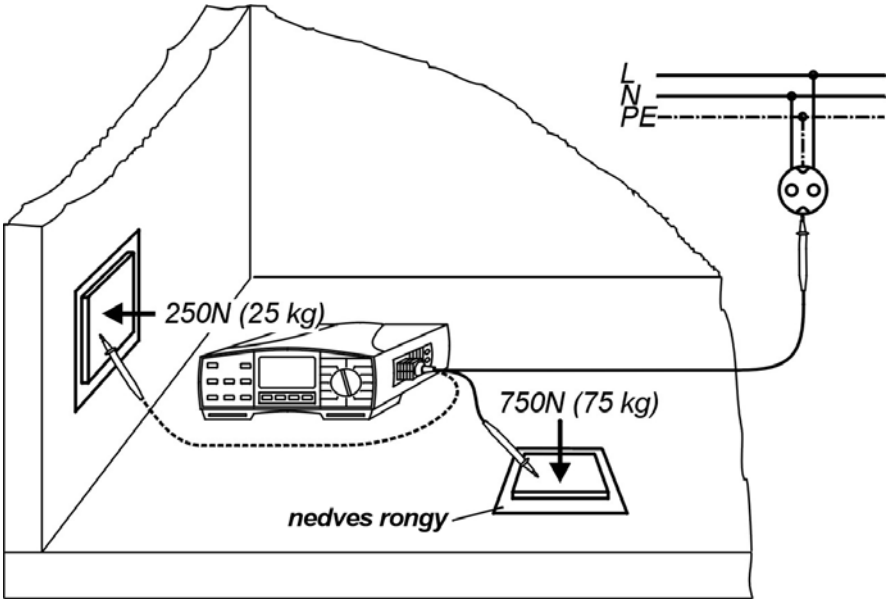
- 500 V ahol a hálózati névleges feszültség a földhöz képest kisebb, mint 500 V
- 1000 V ahol a hálózati névleges feszültség a földhöz képest nagyobb, mint 500 V

A mért és korrigált vizsgálati eredmény értékének nagyobbnak kell lennie, mint:

- 50 kΩ ahol a hálózati névleges feszültség a földhöz képest kisebb, mint 500 V
- 100 kΩ ahol a hálózati névleges feszültség a földhöz képest nagyobb, mint 500 V.

Megjegyzések

- Javasoljuk, hogy a mérést a mérőfeszültség mindkét polaritásával végezzék el (a mérőcsatlakozók megfordításával) és a két eredmény átlagát használják.
- Leolvasás előtt várjanak addig, amíg a mérési eredmény stabilizálódott.

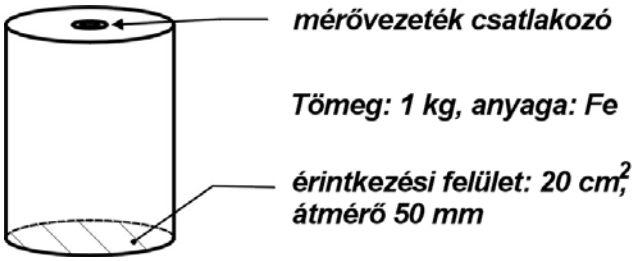


102. ábra: *Falak és padlók ellenállásmérése*

12.1.2. Vezetőképes padlók ellenállásmérése

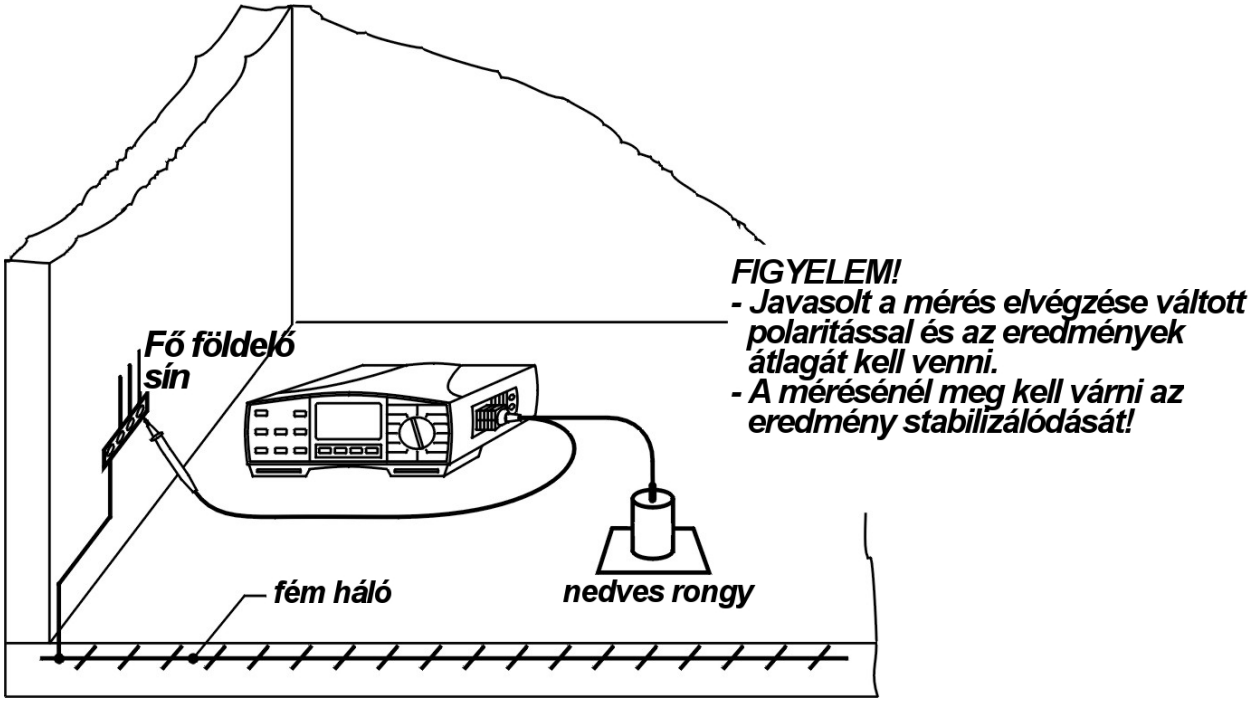
Néhány esetben mint például robbanásbiztos területek, éghető anyagraktárak, lakkozó helyiségek, érzékeny villamos műszerek gyárai, tűzveszélyes területek, stb. esetében szükséges bizonyos vezetőképességgel rendelkező padlófelületek alkalmazása. Ezekben az esetekben a padló megakadályozza statikus elektromosság keletkezését és az esetleges kisenergiájú potenciálokat a föld felé levezeti.

A padló megfelelő ellenállásának eléréséhez gyengén vezető anyagokat kell használni. Az ellenállást szigetelési ellenállásmérővel 100 és 500 V mérőfeszültség között kell mérni.
Előírások által meghatározott speciális mérőelektródát kell használni; lásd a következő ábrát:



103. ábra: *Mérőelektróda*

A mérés elvét a következő ábra ábrázolja. A mérést többször különböző helyeken meg kell ismételni és valamennyi eredmény átlagát kell képezni.

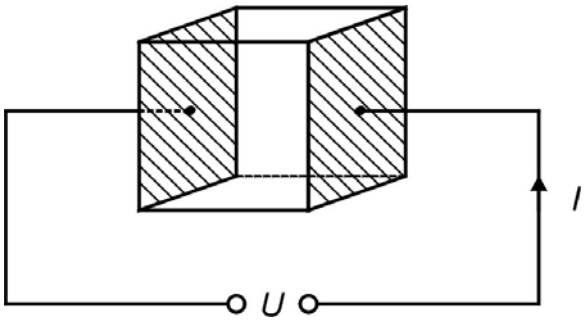


104. ábra: *Vezetőképes padlók szigetelési ellenállásmérése*

A mérést a mérőelektróda és a fémes, általában a PE védővezetővel összekötött hálózat között kell elvégezni, amely a padlóba van beépítve. A felület, ahol a méréseket el kell végezni, legalább 2 x 2 m-es legyen.

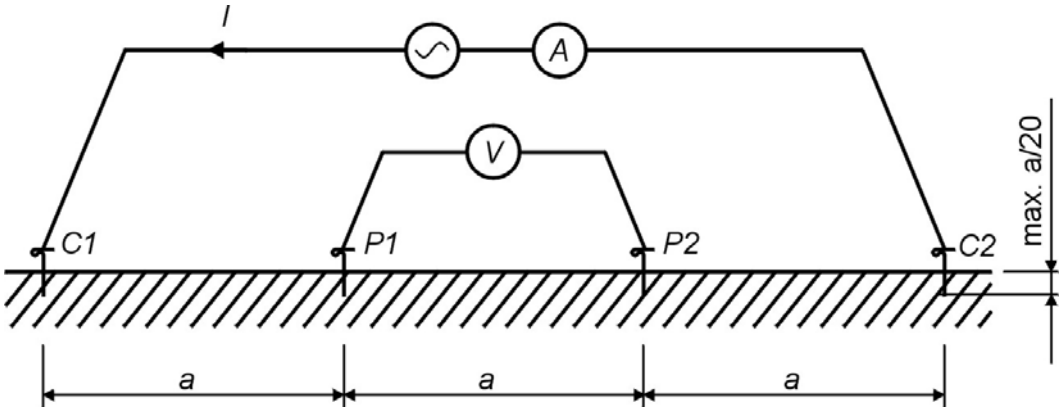
12.2 Fajlagos talajellenállás MSZ EN 61557-5 szerint

Mi is az a fajlagos talajellenállás?
Ez az a 1x1x1 m-es kockává formált talajanyag ellenállása, amelynél a mérőelektródákat a kocka szemben lévő oldalaira kell helyezni, lásd a következő ábrát.



105. ábra: *A fajlagos talajellenállás ábrázolása*

A fajlagos talajellenállás mérése
A mérést azért végzik, hogy biztosítsák a földelési rendszer pontos kiszámítását, pl. nagyfeszültségű távvezeték oszlopoknál, nagy ipari berendezéseknél, villámvédelmi rendszereknél, stb.
Váltakozó mérőfeszültséget kell használni, mert ha egyen mérőfeszültséget használnának, akkor a mért talajanyagban elektrokémiai folyamatok lépnének fel.
A fajlagos talajellenállás értékét Ωm-ban adják meg; abszolút értéke a talajanyag felépítésétől függ.
A mérés elvét a következő ábra ábrázolja.



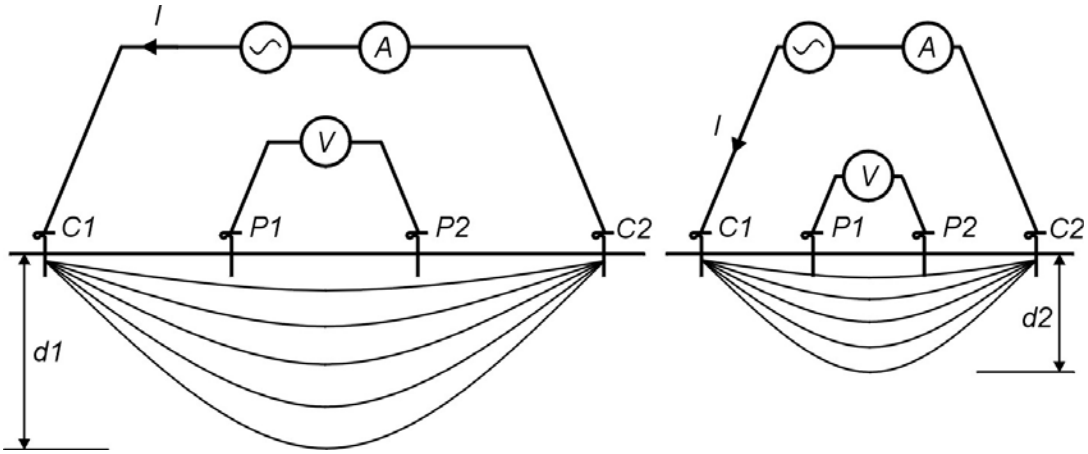
106. ábra: *Mérési elv*

$$\rho = 2\,\pi\,a\,U / I \qquad \textit{46. képlet}$$

a..... A mérőszondák közötti távolság.
U..... A P1 és P2 mérőszondák közötti feszültség, amelyet feszültségmérővel mérnek
I..... Váltakozó áramú generátorral előállított és árammérővel mért mérőáram
ρ..... Fajlagos talajellenállás

A fenti képlet akkor érvényes, ha a mérőszondák legalább a/20 mélységben vannak a földben.

Ahhoz, hogy objektívebb eredményeket kapjunk, javasolt a méréseket különböző irányban (pl. 90° eltéréssel az első méréshez képest) megismételni és átlagértéket képezni.
Ha a mérőszondák között különböző távolságokat választunk, ez azt jelenti, hogy az anyag mérése különböző mélységekben történik. Minél nagyobb a távolság, a talajanyag annál mélyebb rétegeit mérjük.



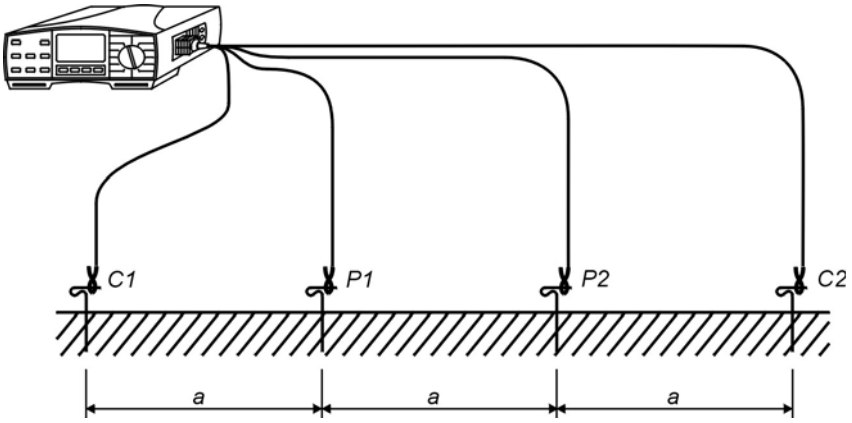
107. ábra: *A távolság hatása a mért mélységre*

d1..... vonatkozó mélység a mérőszondák közötti nagyobb távolság esetén
d2..... vonatkozó mélység a mérőszondák közötti kisebb távolság esetén

A földelőket olyan helyre és olyan mélyen kell elhelyezni, ahol a legkisebb talajellenállást lehet elérni (vagy legalábbis elfogadható kompromisszumra kell törekedni); ezért kell a mérési eredményeket különböző mélységekből beszerezni.
A talajanyag struktúráját is meg lehet durván határozni a fajlagos talajellenállás mérésével.
A következő táblázat a fajlagos talajellenállások tájékoztató értékeit tartalmazza, néhány jellemző talajanyagra vonatkozóan.

Talajanyag fajtája	Fajlagos talajellenállás Ωm-ban
Tengervíz	0,5
Édesvizi tó- vagy folyóvíz	10 – 100
Szántás	90 – 150
Beton	150 – 500
Nedves tégla	200 – 400
Finom, száraz homok	500
Mészkő	500 – 1000
Száraz tégla	1000 – 2000
Köves talaj	100 – 3000

43. táblázat: *Fajlagos talajellenállások tájékoztató értékei, néhány jellemző talajanyagra vonatkozóan*



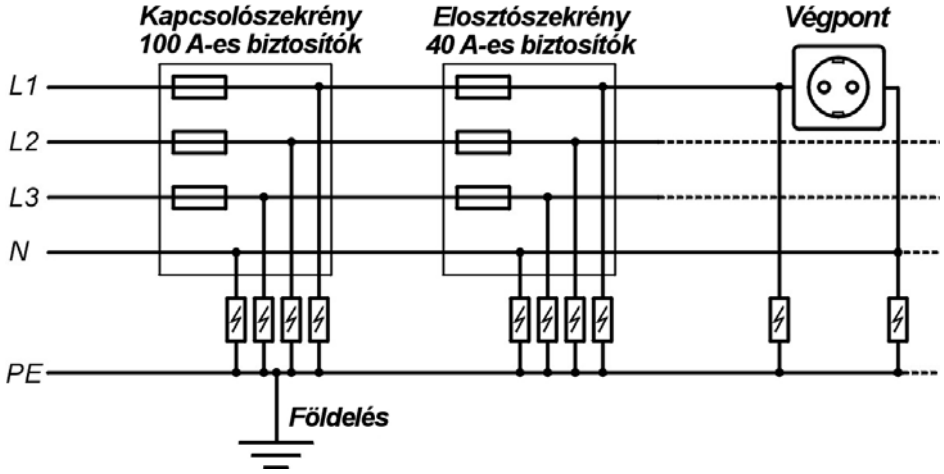
108. ábra: *Fajlagos talajellenállás gyakorlati mérése*

12.3 Túlfeszültségvédő eszközök

Túlfeszültségvédő eszközöket általában azért használnak, hogy védjék a nagyon érzékeny villamos készülékeket a villám hatásaitól. Erre a védelemre legtöbbször olyan területeken van szükség, ahol gyakran lépnek fel atmoszférikus kisülések. Például védendőek a PC-k, nyomtatók, telefonközpontok, stb. A védelmi eszközök vagy fixen vannak a villamos berendezésbe beépítve, vagy a védett eszköz bemeneti táplálása elé van betéve (a hálózati csatlakozó, a hosszabbító vezeték részeként).

A leghatásosabb védelem érdekében az eszközöket általában több lépcsőben telepítik, azaz:

- kapcsolószekrényekben a hálózati feszültség bemenetén (a hálózati túlfeszültségek elterjedésének megakadályozására)
- az egyes hálózati egységek elosztószekrényeiben
- a csatlakoztatott villamos terhelések (készülékek) közelében.



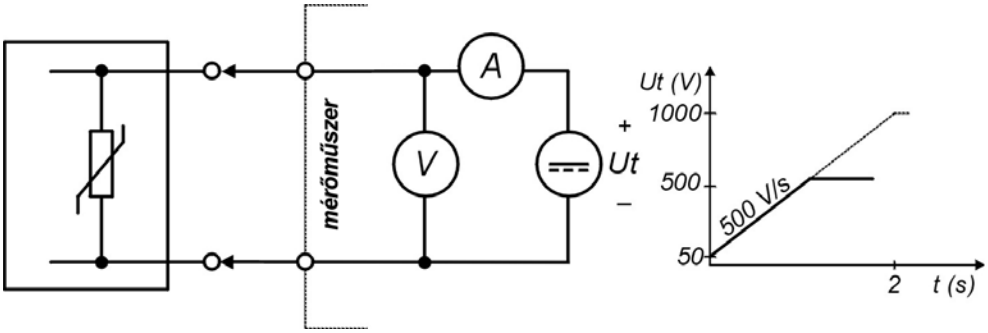
109. ábra: *Többlépcsős védelem kapcsolása*

A védelmi eszközök konstrukciója nagyon különböző. Vagy csak varisztorokból, vagy gyors diódákból, vagy tekercsekből, vagy kondenzátorokból vagy ezek és más védőelemek kombinációjából állhatnak.

Az eszközök a nagyfeszültségű impulzusok felvétele miatt jellemzőiket két módon tudják megváltoztatni:

- Az átütési feszültség csökkenhet. Ezért ezeket a hálózati feszültség tönkreteheti.
- Teljesen megszakadhatnak. Így a védőfunkció teljesen elveszhet.

Az olyan mérőműszerek, mint az EurotestAT vagy az Eurotest XA a varisztoros túlfeszültség levezető alkatrészek rombolásmentes vizsgálatait tudják elvégezni 50 – 1000 V-os mérőfeszültségekkel.
A mérés elvét a következő ábra ábrázolja.



110. ábra: *Mérési elv*

Egy egyenáramú generátor a mérőfeszültséget 500 V/s meredekséggel emeli, mialatt az amperméró az átfolyó áramot méri. Amint az áram eléri az 1 mA értéket (küszöbáram), a generátor befejezi a mérőfeszültség generálását és az utolsó feszültség kerül kijelzésre (letörési feszültség).
A használónak a kijelzett mérőfeszültséget össze kell hasonlítania az alkatrész tokozatán megadott névleges feszültséggel és szükség esetén az alkatrészt ki kell cserélnie.
A védelmi eszközt az alábbi esetekben kell hibásnak tekinteni:

- Ha szakadt (a kijelzett eredmény >1000 V). Már nem rendelkezik védőfunkcióval.
- Ha a kijelzett letörési feszültség túl nagy (a kijelzett érték például a névleges érték duplája). A védelem részben hibás és esetleg túl nagy túlfeszültséget enged meg.
- Ha a kijelzett letörési feszültség túl kicsi (a kijelzett érték a hálózati névleges feszültség közelében van). A hálózati feszültség hamarosan az eszköz teljes tönkremenetelét okozhatja.

Megjegyzések

- A vizsgálatot feszültségmentes védelmi eszközön kell végezni.
- A vizsgált eszközt a vizsgálat előtt ki kell venni a hálózatból, hogy a hálózatra csatlakoztatott terhelések a mérést ne befolyásolhassák.

Hozzáadott érték műszeréhez

Kalibráltassa műszerét a vásárlás helyszínén a C+D Automatika Kft. Kalibráló Laboratóriumában!

A Kalibráló Laboratórium az **MSZ EN ISO/IEC 17025:2005** szabvány szerint végzi

a villamos biztonságtechnikai műszerek és multiméterek kalibrálását.

A Laboratórium tevékenységét a TÜV Rheinland InterCert Kft. (ISO 9001:2000 szerint) és egy független szervezet, a Szenzor-Metrológia, Metrológiai Tanácsadó és Tanúsító Kft. (17025:2005 szerint) ellenőrizte és rendben találta.

A Laboratórium vállalja – a laboratóriumvezetővel történt előzetes egyeztetés esetén –, hogy a beérkezéstől számítva ***48 óra (2 munkanap)*** alatt elvégzi az adott villamos biztonságtechnikai mérőeszköz (érintésvédelmi műszer, készülékvizsgáló), multiméter vagy oszcilloszkóp **teljes körű, a gyártói specifikációnak megfelelő** kalibrálását.

A C+D Automatika Kft-nél vásárolt műszerekre az aktuális kalibrálási díjból minden alkalommal 20% kedvezmény jár.

E-mail: labor@meter.hu **Honlap:** www.meter.hu
Telefon: **+36-1 282 9676, 282 9896** **Fax:** **+36-1 282 3125**