

d) A védő egyenpotenciálú összekötés védőösszekötő-vezetőinek vizsgálata

A védő egyenpotenciálú összekötés védőösszekötő-vezetőinek vizsgálatát az **MSZ HD 60364-6:2017** szabvány 6.4.3.2. szakasza írja elő. Régebbi létesítményekben ott, ahol az egyenpotenciálú összekötés kiépítése kötelező volt, mindig el kell végezni annak ellenőrzését. Minden olyan helyen, ahol az egyenpotenciálú hálózatba kötelezően bekötendő idegen fémszerkezet segédeszköz nélkül elérhető fémes felülete egyidejűleg érinthető távolságon belül van egy védővezetős érintésvédelemmel ellátott testtől vagy védőcsatlakozótól, akkor az **MSZ 4851-1** szerinti folytonosságvizsgálattal, vagy a védővezető és az egyenpotenciálra hozó hálózatba kötendő fémszerkezet közé beiktatott, elemlámpás folytonosság-ellenőrzéssel kell ellenőrizni, hogy fennáll-e a fémes érintkezés. A lámpa fényéből lehet következtetni a kis ellenállású összekötésre. A vizsgálat más törpefeszültségű áramforrással is elvégezhető.

A kiegészítő és a védőösszekötő-vezetékek, vagy más vezetőszakasz (pl. kis zárlati áramú berendezés védelme) előírt mérési vizsgálata külön áramforrással, volt-ámpér mérési módszerrel végezhető (**MSZ 4851-1** szabvány 4. fejezete). A váltakozó mérőfeszültség legfeljebb 15 V, egyenfeszültségnél legfeljebb 60 V, a mérőáram 10...15 A közötti lehet. A mérőfeszültség értékét a mérendő ellenállás várható értéke szerint kell megválasztani (pl. 0,5 Ω alatti értéknél legfeljebb 6, illetve 15 V mérőfeszültség használható).

e) Az MSZ 4851-1:1988 szabvány szerinti műszer és mérési jellemzők összefoglalása

A védővezető folytonossági vizsgálatakor a mérőáram legfeljebb 250V~ esetén 20...60 mA, (legfeljebb 50V~ esetén lehet >60 mA is). Terheléses feszültségméréskor a voltmérővel párhuzamosan kell kötni egy 3700 és 11000 Ω közötti, kb. 10 W terhelhetőségű ellenállást (230 V~ fázisfeszültség esetén).

Belső áramforrású ohmmérő használata esetén a mutatós műszer legkisebb leolvasható skálaértéke legalább 0,1 Ω , végkitérése legfeljebb 5 Ω , digitális műszer esetén 1 digit, értéke: legfeljebb 0,1 Ω legyen. Egy voltmérős módszer esetén a sönt 3700...11000 Ω között legyen.

Próbalámpa használatakor: 2 darab sorba kötött 230V, 15...25W-os izzót kell alkalmazni.

12.3.2. A földelési ellenállás mérése

MSZ 4851-2:1990Érintésvédelmi vizsgálati módszerek.

A földelési ellenállás és a fajlagos talajellenállás mérése

a) Általános előírások

A földelési ellenállás és a fajlagos talajellenállás mérésére vonatkozó előírásokat az **MSZ 4851-2:1990** szabvány tartalmazza. A földelési ellenállás a földelővezető ellenállásának és a földelő szétterjedési ellenállásának összege, vagyis a földelt test és a végtelen távoli földpotenciálú hely közötti ellenállás, amely a földelésen folyó áram hatására keletkező potenciálkülönbség, és az azt létrehozó áram hányadosa.

Általában nem szükséges a fajlagos talajellenállás mérését elvégezni az érintésvédelmi felülvizsgálatok elvégzéséhez. Villámvédelmi földelésekhez vagy más célú földelések tervezéséhez, telepítéséhez, kivitelezéséhez célszerű lehet, vagy valamely előírás, megállapodás kötelezően előírhatja. Megjegyezzük, hogy a fajlagos talajellenállás mérése csak be nem épített érintetlen területeken végezhető, a talajban lévő fémszerkezetek, fém- csővezetékek környezetében gyakorlatilag nem valósítható meg!

A földelési ellenállást mindig váltakozó árammal kell mérni. Egyenáramú mérés azért nem alkalmazható, mert a földelőkön elkerülhetetlenül fellépő galvánfeszültség a mérést megha-

misítaná. Gyengeáramú az a földelési ellenállás-mérési módszer, amelynél a műszer kapcsainak fémes rövidzárása esetén sem léphet fel 250 mA-nél nagyobb áramerősség. Erősáramú mérésnél a mérőáram legalább 1 A legyen, lehetőleg azonban ennél nagyobb, kb. 5 A kívánatos. Általában az erős- és gyengeáramú mérési módszerek egyaránt alkalmazhatók. Mindenképpen erősáramú mérést kell alkalmazni, ha a vizsgált kiefeszültségű földelés megengedett földelési ellenállás értéke $1\ \Omega$ -nál kisebb. Nagyfeszültségű távvezetékek védőföldeléseit viszont célszerűen gyengeáramú módszerrel mérik, hiszen ezeken a helyeken általában nem áll rendelkezésre kiefeszültségű hálózati feszültség. Az MSZ 172-3 hatálya alá tartozó földelőháló földelési ellenállás mérésére, csak a szabványban meghatározott feltételek között, nagy áramerősségű (30...100 A feletti) erősáramú módszert kell használni. Ez utóbbi eset kivételével a mérőrendszer táplálására legfeljebb 250 V feszültségű váltakozó áramot kell használni. A váltakozó feszültség frekvenciája 10...100 Hz közé essen. Gyengeáramú mérésnél, ha a műszert csak a beépített generátorával működtethetjük, a váltakozó feszültség nem szinuszos is lehet.

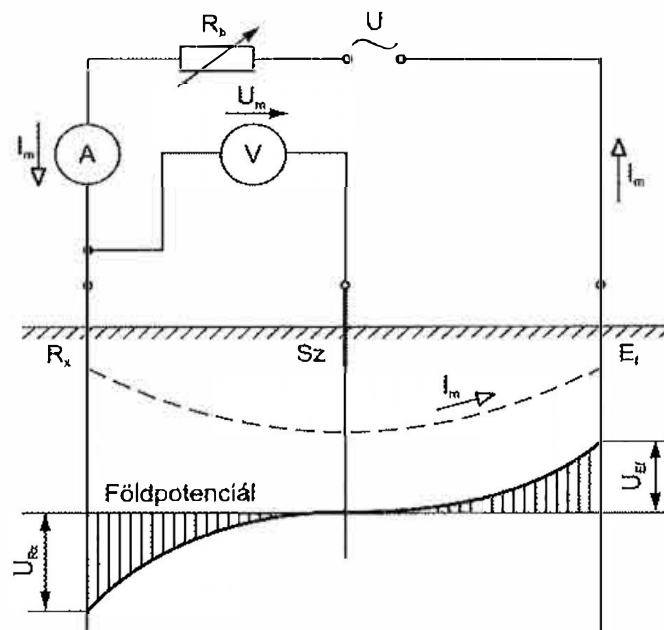
b) A földelési ellenállás-mérés elve

A mérési elv kapcsolási vázlatát az 12.10. ábra szemlélteti.

Még a mérőáram (I_m) bekapcsolása előtt meg kell mérni a mérendő földelés (R_x) és a telepített szonda (Sz) közötti feszültséget (U_0). Ha ez az érték nem nulla, akkor a szonda áttelepítésével megfelelő nullapotenciálú helyet ($U_0 = 0$) kell keresni.

A betűk jelentése:

- U – váltakozó áramú áramforrás feszültsége,
- R_b – a mérőáramot szabályozó ellenállás,
- I_m – a mérőáram (A),
- U_m – a mérendő földelés és a szonda közötti feszültségesés a mérőáram hatására (V),
- U_{Ef} – az ellenföldelő és a szonda közötti feszültségesés a mérőáram hatására (V),
- R_x – a mérendő földelés (Ω),
- Sz: – szonda,
- E_f : – az ellenföldelés.



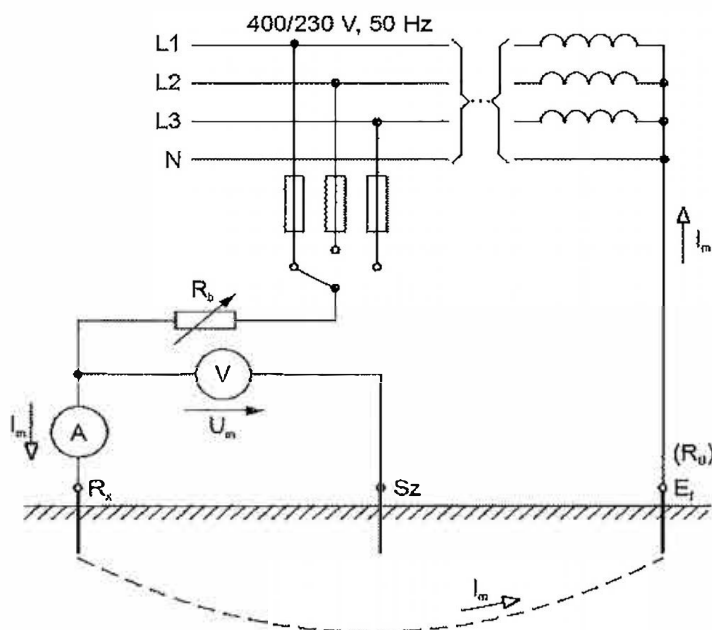
12.10. ábra: A földelési ellenállás mérés elve

A földelési ellenállás mérésekor a mérendő (R_x) földelésen keresztül az ellenföldelés segítségével (E_f) az R_b szabályozó ellenállással megfelelő értékre beállított mérőáramot (I_m) kell átvezetni. Közben meg kell mérni, hogy a mérőáram hatására mekkora feszültségesés lép fel a mérendő földelés és a gyakorlatilag nullapotenciálú talaj között (U_{Rx}). A szondán csak kis áram folyhat, ezért a feszültségmérő kör belső ellenállása legalább 200 Ω /Volt legyen (kivételesen hídkapcsolások feszültségkörei). Az MSZ 172-3 tárgykörébe alá tartozó létesítmények földelőhálóinak földelési mérésekor a feszültségmérésre olyan elektronikus voltmérőt kell használni, amelynek belső ellenállása legalább 20.000 Ω /Volt. Az elvi ábra alapján feltüntettük a földpotenciál alakulását is. A földelési ellenállás az egy időben leolvasott műszerek alapján az Ohm-törvénnyel számítható ki:

$$R_x = \frac{U_m}{I_m}$$

A szonda legalább 30 cm-re leemélyített egyedi földelő legyen. Lehet más célú, vagy természetes földelő is. A szondának a mért és az ellenföldelőtől, valamint más földelőtől, továbbá ezekkel kapcsolatban lévő fémből készült tárgyaktól való legkisebb távolsága legalább 20 m legyen. Miért pont 20 m ez a távolság? Ez adott esetben akár több vagy kevesebb is lehet. Ugyanis itt a lényeg az, hogy a szonda 12.10. ábra szerinti nullapotenciálú helyen legyen, amit kritikus esetben több különböző helyen való elhelyezéssel, s ezek mellett végzett mérési eredmények egyezősége alapján lehetne biztosan megállapítani, de általában az ilyen időt rabló vizsgálatok helyett megelégszenek a mért és ellenföldelőtől való legalább 20 m-es távolsággal.

A méréshez használt műszerek osztálypontossága legalább 2,5 legyen. A teljes mérési elrendezés hibája – a megadott mérési tartományban – nem lehet nagyobb 30%-nál, a szabványban meghatározott feltételek esetén. A kisfeszültségű közvetlenül földelt rendszerek védőföldelésének földelési ellenállásának mérését erősáramú kisfeszültségű módszerrel, hálózati táplálással végezzük. Ez esetben ellenföldelőnek mindig a rendszer üzemi földelését kell használni, ugyanis ez képezi le legjobban a testzárlat esetén fellépő valóságos helyzetet. A mérési elv kapcsolását a 12.11. ábra mutatja be.



12.11. ábra: Földelési ellenállás-mérés kisfeszültségű közvetlenül földelt hálózat esetén

A mérőrendszer táplálása ebben az esetben a vizsgált földeléshez tartozó hálózat fázisvezetőjéről történik. A mérőáramtól idegen, zavaró áramok hatását a mérés 180 fokos fázisfordításával (azaz polaritás cserével), vagy – mint az ábra mutatja – a mérésnek felcserélt fázissal való megismétlése útján lehet kiküszöbölni.

Az R_x mért földelési ellenállás értéke üzemi frekvenciával végzett mérésakor az első (egyfázisú mérés) esetében:

$$R_x = \frac{1}{I_m} \times \sqrt{\frac{U_1^2}{2} + \frac{U_2^2}{2} - U_0^2} \quad (\Omega),$$

ahol

R_x – a helyes mérési eredmény (Ω),

I_m – a mérőáram (A),

U_1 , illetve U_2 – az eredeti, illetve a felcserélt polaritással mért feszültség (V),

U_0 – a mérőáram bekapcsolása nélkül – a mért földelő és a mérőszonda között – mért feszültség (V).

A második (háromfázisú mérés) üzemi frekvenciával végzett mérés esetében:

$$R_x = \frac{1}{I_m} \times \sqrt{\frac{U_1^2}{3} + \frac{U_2^2}{3} + \frac{U_3^2}{3} - U_0^2} \quad (\Omega),$$

ahol

R_x – a helyes mérési eredmény (Ω),

I_m – a mérőáram (A),

U_1 , U_2 és U_3 – a felcserélt fázisoknál mért feszültség (V),

U_0 – a mérőáram bekapcsolása nélkül – a mért földelő és a mérőszonda között – mért feszültség (V).

Ha a zavaró feszültség (U_0) kisebb, mint az U_m 10%-a, ez a mérésnél elhanyagolható, ha nagyobb mint 100%-a, a mérés a fenti képletekkel sem vehető figyelembe. Ha a mérés alatt a feszültségmérő műszer 100%-os eltéréseken belül két állandó helyzet között ingadozik, akkor a számtani középértéket kell figyelembe venni.

c) Az MSZ 4851-2:1990 szabvány szerinti műszerjellemzők

A következőkben összefoglaljuk az MSZ 4851-2:1990 szabvány földelési ellenállás és fajlagos talajellenállás mérésére szolgáló műszerekre vonatkozó követelményeit.

– *Gyengeáramú mérés:* legfeljebb 250 mA-rel kell végezni.

– *Erősáramú mérés:* a mérőáram lehetőleg ne legyen kisebb 5 A-nél, de legalább 1 A legyen. Erősáramú mérés esetén a feszültség legfeljebb 250 V legyen, a váltakozó áram frekvenciája 10 és 100 Hz közé essék. A mérések céljára alkalmazott volt- és ampermérők pontossági osztálya legalább 2,5 legyen. A teljes mérési elrendezés hibája legfeljebb $\pm 30\%$ legyen.

– *Földelésmérések:* A feszültségmérők belső ellenállása legalább 200 Ω/V legyen (a hídkapcsolások kivételével).

– *Az MSZ 172-3 szabvány tárgykörébe tartozó mérések:* A voltmérő belső ellenállása legalább 20000 Ω/V legyen.

– *Fajlagos talajellenállás mérés:* A feszültségkör belső ellenállása 40000 Ω/V legyen (a hídkapcsolások kivételével).

d) A földelési ellenállásmérése a gyakorlatban

A következőkben jelenleg a kereskedelemben is kapható korszerű földelési ellenállásmérő célműszerek, illetve a földelési ellenállás mérésére is alkalmas többcélú, az áramütés elleni védelem ellenőrzésére szolgáló műszerek mérési elvét és alkalmazási lehetőségeit mutatjuk be. Ezek mindegyike elektronikus felépítésű, gyengeáramú mérési módszert alkalmazó műszer, és kielégítik az **MSZ EN 61557-5** szabvány biztonsági és műszaki követelményeit. A műszerek elemes vagy telepes táplálásúak, hordozható kivitelűek, és kialakításuknál figyelembe vették az ergonómiai követelményeket, amelyek: könnyűek, jól kezelhetőek, masszív felépítésűek, védettek a környezeti hatásokkal szemben (IP-védettség, EMC, mechanikai igénybevételek: ütés, rázás stb.). Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy – bár a korszerű műszereket a biztonsági követelmények figyelembevételével gyártják – az üzemelő villamos berendezések földelési ellenállás mérését, még üzemben kívül is, az **MSZ 1585** szerinti feszültség alatt végzett munkának kell tekinteni! A műszerek a következő mérési módszereket alkalmazhatják:

– *Külső mérőfeszültség használatán alapuló, ellenföldelő és feszültségsonda nélküli módszer.* Ezt a módszert rendszerint TT-rendszereknél végzett földelési ellenállás mérésre használják, ahol a földelési ellenállás értéke – a fázis és a védővezető között mérve – sokkal nagyobb, mint a hurok más összetevőié. E módszer előnye, hogy nem szükséges hozzá mérősonda, aminek a használata városi környezetben általában akadályokba ütközik, sőt, gyakran megoldhatatlan.

– *Külső mérőfeszültség, ellenföldelő és feszültségsonda használatán alapuló módszer.* Ennek a mérésfajtának az az előnye, hogy nagyon pontos eredményt ad TN-rendszereknél, ahol a fázis és a védővezető között mért hurok ellenállásának értéke meglehetősen kicsi.

– *Belső generátor, ellenföldelő és feszültségsonda használatán és egy lakatfogón alapuló módszer.* Ezen módszer előnye, hogy nem kell a többi, a mért földelővel párhuzamos földelő csatlakozását mechanikailag megbontani.

– *Ellenföldelő és feszültségsonda nélküli mérés, két lakatfogó használatával.*

Nagyobb kiterjedésű földelő rendszerek (nagyobb számú párhuzamos földelő) vizsgálatára, vagy kis ellenállású másodlagos földelési rendszer létezése mellett használható mérésfajta. Előnye, hogy szondára nincs szükség és a mért földelőket nem kell megszakítani, ami például egy villámvédelmi levezető esetén komoly fizikai munka megtakarítását jelentheti.

A mérések során figyelembe kell venni azt is, hogy a mérendő földelési rendszereken erős zavarjelek lehetnek jelen! A zavarjelek kiküszöbölésére alkalmaznak ezek a műszerek a szinusztól eltérő alakú és az ipari frekvenciától eltérő frekvenciájú mérőfeszültséget. Gondolni kell erre az iparban, különösen nagy teljesítményű transzformátorok környezetében, ahol nagy áramok folyhatnak a földbe. Ugyancsak nagy kúszóáramok folyhatnak nagyfeszültségű elosztók, vasúti hajtások közelében. A korszerű műszerek ilyen körülmények között is jól használhatók és megbízhatóan mérnek, az újonnan kidolgozott, szabadalmaztatott mérési módszereknek köszönhetően.

A szondát használó földelési ellenállásméréseknél fontos tudni, hogy az ellenföldelő és a feszültségsonda ellenállása nem túl nagy. Éppen ezért ezek a műszerek mindkettőt megméri a mérés megkezdése előtt. Ezért nem kell a felhasználónak egy mérés után felcserélni az ellenföldelőt (C2) és feszültségsondát (P2) majd megismételni a mérést, amint ez szükséges azoknál a műszereknél, ahol csak az egyik ellenállás mérése történik meg, s ahol emiatt szükséges P2-t és C2-t átcserélni és utána újra mérni.

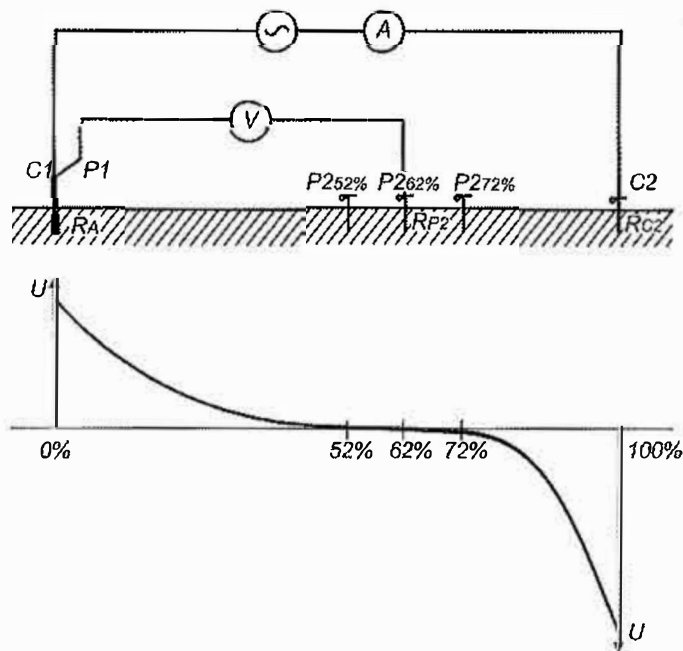
Az R_x földelési ellenállás megengedhető legnagyobb értéke esetről esetre más és más. Ugyanaz viszont az alapvető szempont, és egyben cél, hogy a földelő rendszer – a többi beépített biztonsági elemmel (áram-védőkapcsoló, túláramvédelem stb.) együtt – a megadott határértéknél magasabb érintési feszültség keletkezését meggátolja.

A földelési ellenállás „alpmérése” a belső generátorral és szondával (feszültségsszondával és ellenföldelővel) végzett mérés, amelyen a mérési gyakorlatban az úgynevezett 62%-os módszer alapul (12.12. ábra). E mérési módszer alkalmazásánál a P2 szondát nem a mérendő földelő és az ellenföldelő közötti távolság felénél, hanem az ellenföldelőhöz közelebb helyezzük el, így sokkal pontosabb a mérés eredménye – ezt elméleti kutatások és ellenőrző mérések igazolták. Ennek a mérésnek fontos feltétele, hogy a mért földelő el legyen választva más, párhuzamos földelőktől, pl. földben lévő fémszerkezetektől is. Arra is ügyelni kell, hogy veszélyes helyzet állhat elő akkor, ha hibaáram, vagy szivárgó áram folyik a földbe, amikor a vezetőt leválasztjuk a földelőről!

Az ellenföldelő és szonda szükséges távolságának kiszámítása egyszerű rúd, illetve és egyszerű szalagföldelő alkalmazása esetén: a számítás alapja a rúd behatolási mélysége, illetve a szalag hossza. Ha a szalag nem egyenesen van kiterítve, hanem valamilyen görbe alakban, akkor a szalag kezdőpontja és végpontja közötti „ d ” távolságot „légvonalban” kell figyelembe venni. Ennek alapján:

A C1/P1 mérendő földelőtől való távolságok:

- a C2 ellenföldelő távolsága: $5 \cdot d$ (d : mélység vagy távolság),
- a P2 feszültségsszonda távolsága alapesetben: a C1- C2 távolság 62%-a,
- a P2 feszültségsszonda távolsága második esetben: a C1- C2 távolság 52%-a,
- a P2 feszültségsszonda távolsága harmadik esetben: a C1- C2 távolság 72%-a.



12.12. ábra: 62%-os mérési módszer: mérési elv és a mérőfeszültség eloszlása.

12.1. Példa:

A 60%-os mérési módszer bemutatása

C1 - C2 távolság: $5 \cdot 4 \text{ m} = 20 \text{ m}$,

P2 feszültségsszonda távolsága (62%): $20 \text{ m} \cdot 0,62 = 12,4 \text{ m}$,

P2 feszültségsszonda távolsága (52%): $20 \text{ m} \cdot 0,52 = 10,4 \text{ m}$,

P2 feszültségsszonda távolsága (72%): $20 \text{ m} \cdot 0,72 = 14,4 \text{ m}$.

Az előbbieket alapján a következő méréseket kell végrehajtani: Az első mérést a feszültségsszonda $0,62 \times C2$ távolságra történő elhelyezésével kell végrehajtani, ezután a szondát $0,52 \times C2$, majd $0,72 \times C2$ távolságra helyezve kell egy-egy mérést végezni. Ha ez utóbbi

mérések eredménye nem különbözik 10%-nál többel az első mérés eredményétől, akkor az első mérés eredményét helyesnek elfogadhatjuk. Amennyiben bármelyik, vagy mindkét mérés nagyobb különbséggel eltér, akkor a C2 és P2 távolságot növelni kell és újra meg kell ismételni az előbbi mérési sorozatot. Ezt a mérési eljárást egyébként érdemes megismételni, eltérő elrendezést alkalmazva, azaz a szondákat más irányban (legalább 90°-ra, de még inkább 180°-ra az előző iránytól) levetni az előzőleg már kitapasztalt távolságon. Két vagy több mérés esetén a mérések átlagát kell végeredménynek tekinteni.

A földelési rendszerek nagyon összetettek lehetnek. Akár több rendszer is össze lehet kötve, akár föld felett, akár föld alatt. A rendszerek fizikai mérete is igen nagy lehet, s a rendszer kiterjedése sem mindig ellenőrizhető pusztán szemrevételezéssel. Emiatt a földelési ellenállásmérés az egyik legigényesebb mérés, mind a mérés végzőjét, mind a mérőműszert tekintve. A mérés elvégzése előtt meg kell állapítani a mérendő földelő rendszer felépítését, jellegét. Azután kell kiválasztani az annak megfelelő mérési elvet, módszert. A választott módszertől függetlenül nem szabad megfedkezni a mért eredmények szükség szerinti korrigálásáról, mielőtt egybe vetjük azokat a megengedett értékekkel. A következőkben gyakorlati földelési ellenállás mérési példákat mutatunk be.

– Egyszerű rúd- és szalagföldelő mérése (12.13. ábra).

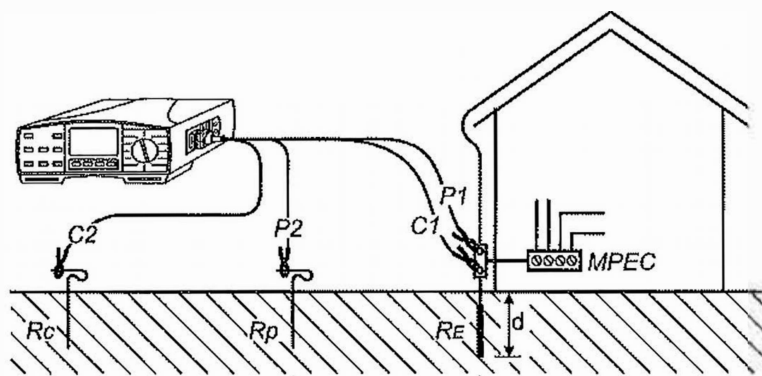
A mérés eredménye:

$$R_E = \frac{U}{I},$$

ahol:

U – a műszer belső feszültségmérője által mért P1 és P2 közötti feszültség,

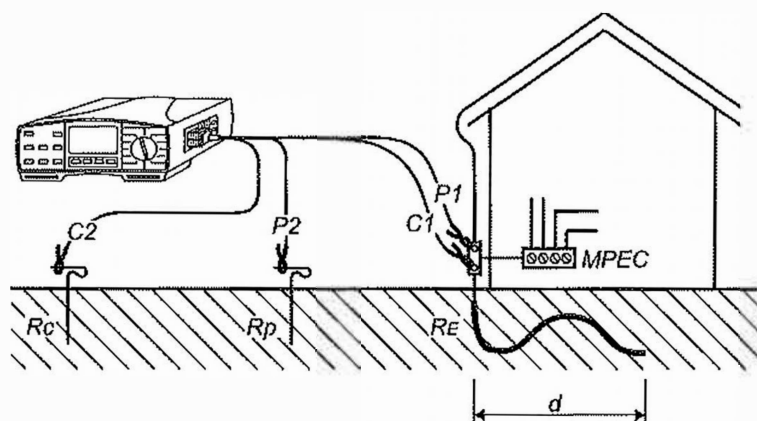
I – a körbe injektált, C1-en és C2-n átfolyó áram értéke.



12.13. ábra: Egyszerű rúd földelő földelési ellenállásának négyvezetékes mérése (MPEC: Fő földelőkapocs)

A mérés eléggé egyszerű annak köszönhetően, hogy a földelő egy egyponthoz földelő és nincs más földelőhöz villamosan kötve. A távolságok pedig – az előbb leírtak szerint – a földelő elektród effektív (talajban lévő) méretétől függenek. A méréshez a szondákat egyvonalban (mint a képen), vagy egyenlő oldalú háromszög alakban célszerű levetni.

A korszerű célműszerek által biztosított négyvezetékes mérés pontosabb, mint a háromvezetékes. Ugyanis a négyvezetékes mérésnél nem kell foglalkozni a mérőcsipesz és az általában igen oxidált vagy korrodált felületű földelő csatlakozásának átmeneti ellenállásával.



12.14. ábra: Egyszerű szalagföldelő földelési ellenállásának négyvezetékes mérése (MPEC: Fő földelőkapocs)

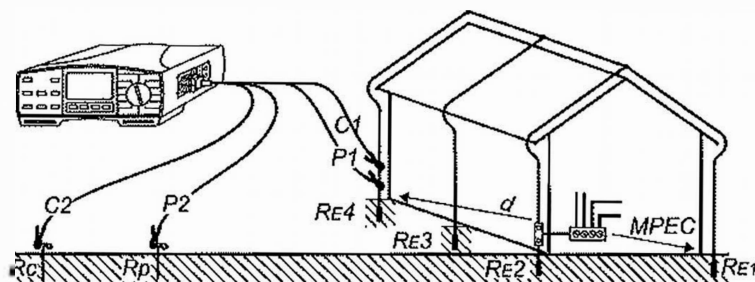
A 12.14. ábrán bemutatott mérés kapcsolása és az eredménye hasonló a 12.13. ábrán látható méréshez, kivéve azt, hogy az R_E földelő elektród nem „egyponthos” kivitel, – így nem a földelő elektród „ d ” mélységét, hanem a szalag „ d ” hosszát, illetve ahogy a 12.14. ábrán látható, a kezdő és végpont közötti egyenes vonalú távolságot (átlót) kell számításba venni, a mérőszondák elhelyezési távolságát ki kell számolni és a kapott értékeket betartani. A méréshez a szondákat egyvonalban (mint az ábrán), vagy egyenlő oldalú háromszög alakban kell elhelyezni.

e) Több párhuzamos földelővel rendelkező földelő rendszer mérése.

Ezek a földelési rendszerek jellemzően a villámvédelem megoldási módjai.

Az ilyen típusú rendszer $R_{E_{tot}}$ közös ellenállása az egyes párhuzamos földelők ellenállásainak a párhuzamos eredője. Amennyiben ez az eredő földelési ellenállás kicsi, akkor várhatóan elegendő védelmet nyújt a fogyasztó hibája esetén keletkező áramütési veszély ellen.

– Eredő földelési ellenállás mérése, négyvezetékes módszerrel (12.15. ábra)



12.15. ábra: Komplex földelő rendszer eredő földelési ellenállásának mérése a klasszikus négyvezetékes módszerrel (MPEC: Fő földelőkapocs)

A feszültségsonda és az ellenföldelő elegendően messze vannak leveve ahhoz, hogy a mérendő rendszert pontszerűnek tekintsük. Az C2 ellenföldelő legkisebb távolsága a C1/P1-től a párhuzamos földelések között mérhető legnagyobb távolság ötszöröse legyen. A feszültségsonda távolságát viszont itt is a korábban leírtak szerint határozhatjuk meg. A leírt módszer előnye, hogy pontos és megbízható vizsgálati eredményt ad. Hátránya viszont, hogy viszonylag nagy területet igényel a mérési elrendezés, és ez problémát okozhat, különösen városi környezetben.

A mérés eredménye: $R_{E_{\text{tot}}} = \frac{U}{I}$, azaz az R_{E1} , R_{E2} , R_{E3} , R_{E4} , ... párhuzamos ellenállások eredője, ahol:

U – a műszer belső feszültségmérője által mért P1 és P2 közötti feszültség,

I – a körbe injektált, C1-en és C2-n átfolyó áram értéke,

$R_{E1} \dots R_{E4}$ – az egyes földelők földelési ellenállása,

$R_{E_{\text{tot}}} \dots$ – a vizsgált földelőrendszer eredő földelési ellenállása.

– Részegységenkénti földelési ellenállásmérés

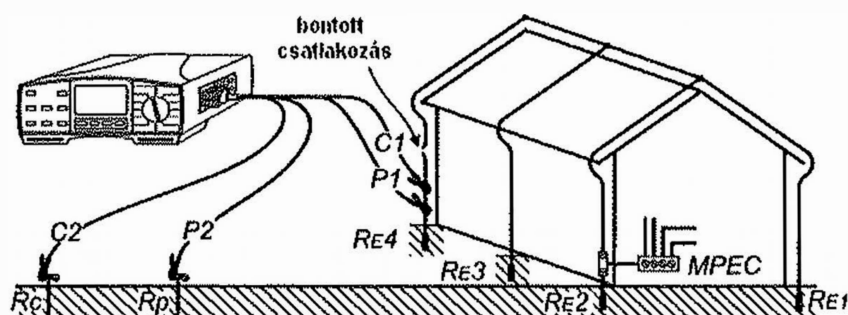
Több módszer is van a földelők ellenállásának egyenként történő megmérésére. Ezekből mindig azt kell használni, ami az adott földelési rendszernek legjobban megfelel és persze a rendelkezésre álló műszerrel is megvalósítható. A földelő csatlakozásának mechanikai bontásával történő, négyvezetékű módszerrel végzett mérést mutat be a 12.16. ábra. Megjegyezzük, hogy üzemelő villamos berendezés mérésekor a földelő hálózatból egyszerre csak egy földelőt szabad leválasztani.

A mérés eredménye: $R_{E4} = \frac{U}{I}$, ahol:

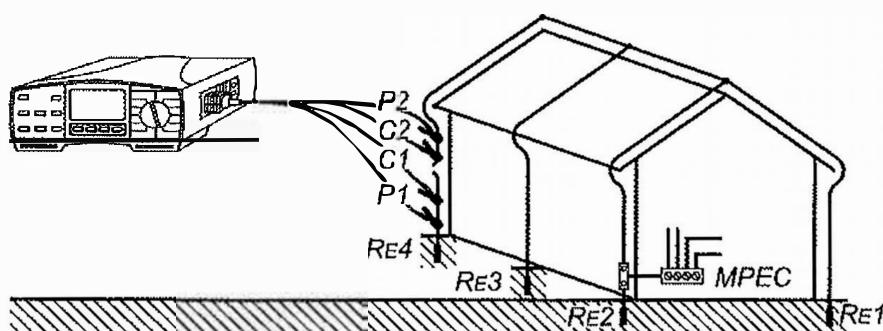
ahol:

U – a műszer belső feszültségmérője által mért P1 és P2 közötti feszültség,

I – a körbe injektált, C1-en és C2-n átfolyó áram értéke.



12.16. ábra: Földelési ellenállás mérése külön egyetlen levezetőn, a csatlakozás megbontásával (MPEC: Fő földelőkapocs)



12.17. ábra: Egyszerűsített, mérőszonda nélküli mérés (MPEC: Fő földelőkapocs)

A mért földelő, az ellenföldelő és potenciálszonda közötti távolságot ugyanúgy kell számítani, mint a korábbiakban a földelőrúd, ill. a földelőszalag mérésének leírásánál láttuk. A földelő kialakítását tehát itt is ugyanúgy kell figyelembe venni. E módszer hátránya, hogy a

mérés előtt az általában rozsdás, „összegyógyult” kötésen komolyabb mechanikai munkát kell végezni a földelő leválasztása érdekében. Előny viszont a *nagy pontosság*, a kapott *eredmény megbízhatósága*.

– *Mérés a földelő csatlakozásának mechanikai bontásával, négyvezetékes, 2-pontos módszerrel*

Ha a földelők száma elég nagy, akkor egy egyszerűbb, mérőszonda nélküli módszert is lehet használni (lásd a 12.17. ábrát). A mérendő földelőt itt is először le kell választani. Az összes többi földelő fogja az ellenföldelő szerepét játszani. Normál körülmények között az ellenföldelő rendszer eredő földelési ellenállása (párhuzamos eredőjük) sokkal kisebb, mint a mért földelőé egyedül.

A mérés eredménye: $R_{\text{Etot}} = R_{\text{E4}} + (R_{\text{E1}}, R_{\text{E2}} \text{ és } R_{\text{E3}} \text{ párhuzamos ellenállások eredője})$.

Ha a második tag (a párhuzamos eredő) sokkal kisebb, mint R_{E4} , akkor mondhatjuk, hogy a mérés eredménye: $R_{\text{Etot}} \approx R_{\text{E4}}$ (R_{Etot} : a vizsgált földelőrendszer eredő földelési ellenállása).

f) Földelési ellenállásmérés lakatfogós módszerrel

A közelmúltban a műszergyártó cégek egy új mérési módszert fejlesztettek ki a földelési ellenállás mérésére. A földelő szonda használata nélküli gyors földelési ellenállásmérő műszerek új generációja a speciális lakatfogó műszerek családja.

E műszerek egyszerűen elvégezhető méréseket tesznek lehetővé ott, ahol a földelés hurkot alkot pl. villámvédelmek, távvezetékek, transzformátor-állomások, Faraday kalickával épült épületek, telekommunikációs vonalak stb. esetében. A mérési módszer szabványban először az *MSZ HD 60364-6:2007* szabvány C mellékletében jelent meg tájékoztatásként, mint C3-as módszer: a földelési kör ellenállásának mérése lakatfogós módszerrel.

A mérés elve: A földelési hurok magában foglalja a mérendő R_x földelőszonda ellenállását, amelyhez csatlakozik az R_z segédföldelő ellenállása (amely sokkal kisebb a mérendő szondáénál: $R_z \ll R_x$) és a hurok a földön keresztül zárul (12.18. ábra).

A földelési ellenállást két lakatfogóval mérjük, az egyik a jeladó feszültséggenerátor, a másik érzékeli a hurokban folyó áramot, amelyet elektronikusan felerősít. A jeladó feszültséggenerátor a speciális lakatfogón keresztül, – mint egy transzformátor – mérőfeszültséget bocsát a földelési hurokra.

A feszültség nagysága:
$$E = \frac{e}{N_g},$$

ahol:

E – a mérőfeszültség,

e – a generátor belső feszültsége,

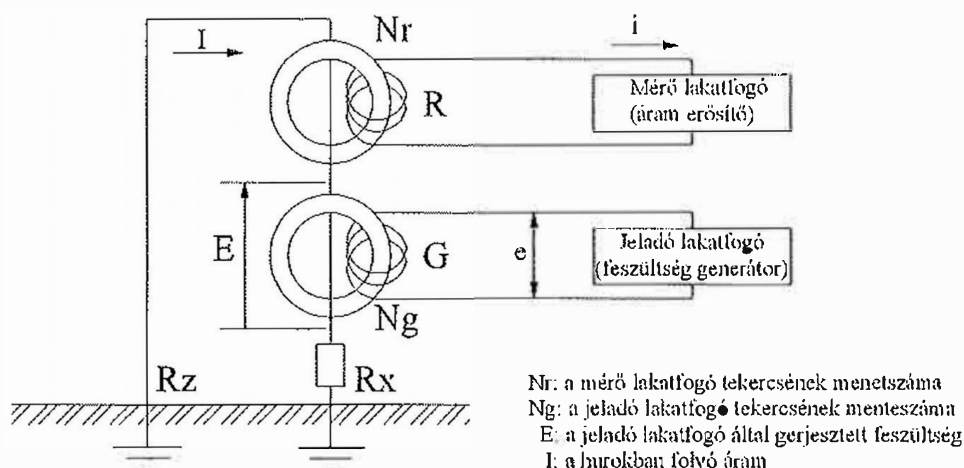
N_g – a jeladó lakatfogó tekercsének menetszáma.

Ez az E feszültség hozza létre az I áramot a hurokban:

$$I = \frac{E}{R_g} \quad (\text{az } R_z \text{ nagysága elhanyagolható az } R_x \text{-hez képest}).$$

Az I áramot érzékeli a második lakatfogó, amelynek tekercse mintegy áramváltó működik.

$I = i \times N_r$, ahol: I – a hurokban folyó áram,
 i – a jelfogó lakatfogó szekunderárama, ezt erősítik fel,
 N_r – a jelfogó lakatfogó tekercsének menetszáma.



12.18. ábra: Szonda nélküli, két lakatfogós földelési ellenállásmérés elve

Ismerve az e generátor feszültséget és a mért i áramot, az ismertetett képleteket egy kissé átalakítva a következő műszakilag hasznosítható képletet kapjuk:

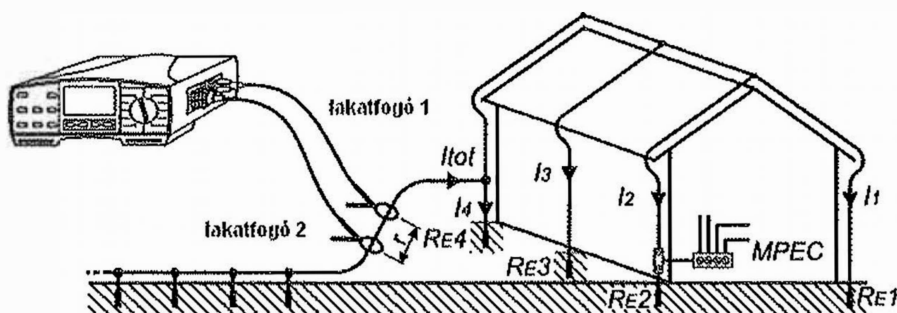
$$R_x = \frac{e}{i} \cdot k, \text{ ahol } k \text{ egy műszerállandó.}$$

A műszerek természetesen közvetlenül a mért ellenállást mutatják. Ezen az elven működő műszerekkel általában többféle mérést is lehet végezni. Ezek részletes leírását és a mérési feltételeket tartalmazza az adott műszer gépkönyve, amit gondosan kell tanulmányoznunk mérés előtt. A következőkben lakatfogós földelési ellenállásmérésére mutatunk be példákat.

– Kiegészítő földeléssel végzett mérés

Lakatfogós mérési módszerrel a földelési ellenállás mérése egyszerűsíthető: ellenföldelő és potenciálszonda nélkül is elvégezhető, ha kiegészítő földelő, vagy egy kis értékű eredő földelési ellenállással rendelkező másik földelő rendszer áll rendelkezésre a közelben. Beépített területeken lehet ilyen körülményekkel találkozni, ahol más kisellenállású földelő rendszerek vannak a közelben, pl. a földkábel mentén elhelyezett fémszalag (12.19. ábra).

$$R_{E1} \dots R_{E4} R_{E5} R_{E6} R_{E7} R_{E8} R_{E9} \text{ (MPEC: Fő földelőkapocs)}$$



12.19. ábra. Lakatfogós eredő földelési ellenállás mérése kiegészítő földeléssel

Az ábra jelöléseinek magyarázata:

$R_{E1} \dots R_{E4}$ – a vizsgált földelő rendszer egyes összetevőinek saját földelési ellenállása,
 $R_{E5} \dots R_{E9}$ – a kis földelési ellenállású segédföldelési rendszer összetevőinek saját földelési ellenállása,

$I_1 \dots I_4$ – az egyes földelő ágakban folyó áram,
 I_{tot} – mérőáram

r – a lakatfogók közötti távolság, amely legalább 30 cm, nehogy a generátor jelét becsatoló gerjesztő lakatfogó közvetlenül adjon jelet a mérő lakatfogóra.

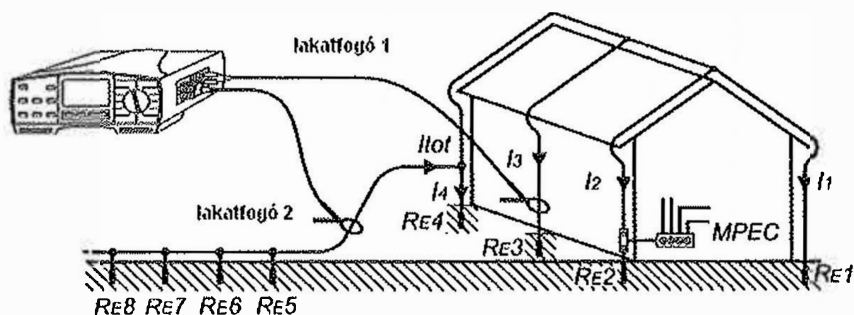
A mérés eredménye: $R_{\text{Etot}} = (R_{\text{E1}} \dots R_{\text{E4}} \text{ földelők eredő földelési ellenállása}) +$
 $+ (R_{\text{E5}} \dots R_{\text{En}} \text{ segédföldelők eredő földelési ellenállása})$
 $(R_{\text{Etot}}: \text{a vizsgált földelőrendszer eredő földelési ellenállása}).$

Ha feltételezhető, hogy a segédföldelők ($R_{\text{E5}} \dots R_{\text{En}}$) eredő földelési ellenállása sokkal kisebb, mint a mérendő földelők eredő földelési ellenállása, akkor a mérés eredménye:

$R_{\text{Etot}} \approx R_{\text{E1}} \dots R_{\text{E4}}$ földelők eredő földelési ellenállása

Ha ez az eredmény kisebb, mint a megengedett érték, akkor minden rendben, hiszen a valós érték még kisebb, tehát a biztonság még nagyobb.

A 12.20. ábra bemutatja, hogy az 1 jelű lakatfogó áthelyezésével tudjuk az egyes szondákhoz tartozó földelési ellenállás értékét megmérni. A lakatfogót földelőről földelőre áttéve mindig a mért földelő áramát fogja csak mérni. Ezen áram, valamint a teljes áram (amit a műszer belső árammérője mér) és a feszültség (amit a belső feszültségmérő mér) ismeretében a műszer az ellenőrzött földelő földelési ellenállásának az értékét mutatja. Itt is figyelmeztetünk: Az elfogadható mérési eredményekhez *egyetlen szigorú feltétel teljesülése szükséges*: hogy az $R_{\text{E5}} \dots R_{\text{En}}$ földelők eredő ellenállása elhanyagolható legyen a mérendő $R_{\text{E1}} \dots R_{\text{E4}}$ ellenállásokhoz képest.



12.20. ábra: A 12.19. ábrán látható mérés folytatása (MPEC: Fő földelőkapocs)

Amennyiben az $R_{\text{E5}} \dots R_{\text{En}}$ segédföldelők ellenállásának eredője sokkal kisebb, mint $R_{\text{E1}} \dots R_{\text{E4}}$ ellenállások eredője, akkor a mérés eredménye $\approx R_{\text{E3}}$. A többi földelő mérése a lakatfogó egyszerű áthelyezésével folytatható.

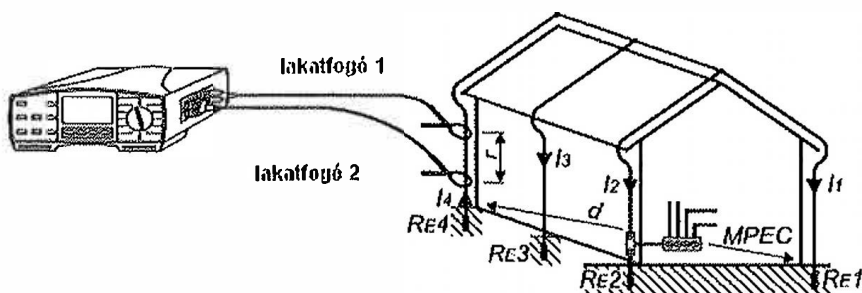
Megjegyezzük:

1) Ez a módszer akkor alkalmazható, ha az egyes földelők elég közel vannak egymáshoz ahhoz, hogy az 1-es lakatfogóval elérjük őket. A generátor lakatfogónak ugyanott kell maradni, bármelyik ágot is mérjük.

2) Ha a vizsgált földelő rendszerben túl sok földelő van, előfordulhat, hogy a lakatfogó túl kis áramot fog mérni. Ilyen esetben a mérőkészülék jelzi a kedvezőtlen körülményt.

– *Ellenföldelő és feszültségsonda nélküli mérés két lakatfogóval*

Párhuzamos földelőket tartalmazó földelő rendszerekkel vagy az egymással összekötött földelő rendszerekkel gyakran lehet találkozni. Beépített területeken szintén problémás vagy éppen lehetetlen a szondák használata. Ilyenkor (ha a mérőkészülék ezt lehetővé teszi) célszerű az ellen- földelő és feszültségsonda nélküli mérést végezni. A korszerű műszerek el tudják végezni ezt a mérést, még magas zajszint mellett is, mert különleges, szabadalmaztatott mérési megoldást használnak (4.21. ábra).



12.21. ábra: Földelési ellenállás mérése a két lakatfogóval, ellenföldelő és feszültségsonda nélkül (MPEC: Fő földelőkapocs)

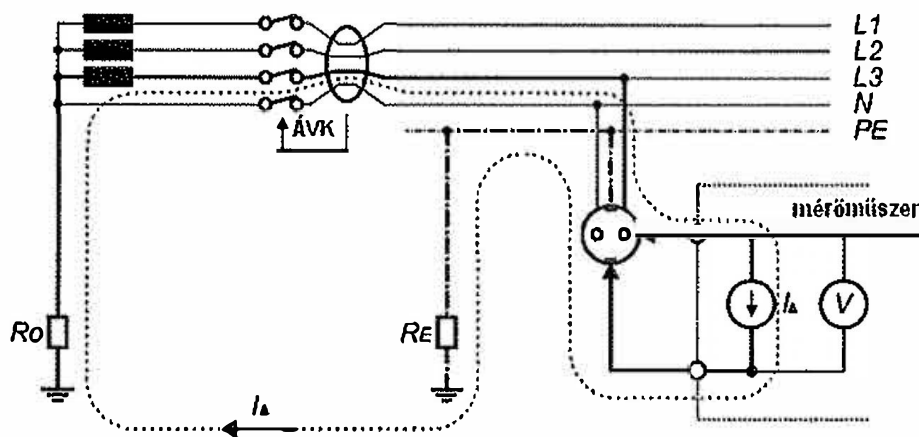
Nagyon fontos, hogy a két lakatfogó legalább 30 cm-re legyen egymástól, hogy elkerüljük közöttük a közvetlen elektromágneses csatolást, mely elrontaná a mérési eredményeket. A mérés eredménye, azaz a vizsgált földelőrendszer eredő földelési ellenállása:

$$R_{\text{Etot}} = R_{\text{E4}} + (R_{\text{E3}}, R_{\text{E2}} \text{ és } R_{\text{E1}} \text{ párhuzamos ellenállások eredője}).$$

Ha a második tag (a párhuzamos eredő) sokkal kisebb, mint R_{E4} (azaz az éppen mért földelő ellenállása), akkor a mérés eredménye: $\approx R_{\text{E4}}$. A többi egyedi ellenállás is egyenként megmérhető a lakatfogók áthelyezésével.

g) Földelési ellenállás mérése áram-védőkapcsoló alkalmazásakor

Az **MSZ HD 60364-4-41** szabvány előírása szerint a TT-rendszerekben a hibavédelemre (közvetett érintés elleni védelemre) általánosságban áram-védőkapcsolót kell alkalmazni. (Alternatívaként túláramvédelmi eszköz is használható hibavédelemre, ekkor a földhurok-ellenálláson keresztüli 5 s-os [$\alpha = 3$] kioldásra kell méretezni a rendszert.)



12.22. ábra: Földelési hurokellenállás és érintési feszültség mérésének elve TT-rendszerben, segédsonda nélkül

Ha áram-védőkapcsolót használnak az áramütés elleni védelem kioldó eszközének, akkor is létfontosságú szerepe van a védőföldelésnek, illetve a földelési ellenállás nagyságának. Ha a földelési ellenállás túl nagy, akkor – hiba esetén – elfogadhatatlanul nagy érintési feszültség jelenhet meg a testeken, és ez életveszéllyel jár. Ezért az áram-védőkapcsoló alkalmazásakor is mérni kell a földelési ellenállást.

A korszerű, áramütés elleni védelem ellenőrzésére szolgáló többcélú műszerek alkalmasak az áram-védőkapcsoló teljes körű működési ellenőrzésére az **MSZ EN 61008**, és az **MSZ EN 61009** szabványsorozatok szerint (kioldási idők, kioldási áram). Ezen kívül természetesen földelési ellenállás, illetve hurokellenállás mérésre is alkalmasak az áram-védőkapcsolón keresztül is, köszönhetően az alacsony értékű vizsgáló áramnak ($<0,5 \cdot I_{\Delta n}$), amely nem oldja le az áram-védőkapcsolót. Ugyanakkor megjelenítik a várható érintési feszültség és a mért földelési ellenállás értékét is.

E műszerekkel a földelési ellenállást mind a segédsondás, mind a segédsonda nélküli módszerrel meg lehet mérni. Fontos tudni, hogy az igazi, valós földelési ellenállást csak a segédsondás eljárással tudjuk mérni. Ha a segédsonda nélküli mérést végezzük, akkor a mért kör (hibahurok) teljes ellenállását fogjuk mérni, ami – TT-rendszerben – közel megegyezik a földelési ellenállással.

– Földelési ellenállás mérése segédsonda nélkül

A módszer jobbára a TT-rendszerekben használatos. A mérőáramkör és a mérőkészülék csatlakoztatása ugyanaz, mint az érintési feszültség mérésénél. A mérés elve a 12.22. ábrán látható.

A mérés végeredménye matematikailag kifejezve a következő:

$$R_{\text{Etot}} = \frac{U_{\Delta}}{I_{\Delta}} = \frac{(U_0 - U_T)}{I_{\Delta}} = R_{\text{sec}} + R_L + R_E + R_E + R_G + R_O$$

ahol:

- I_{Δ} – vizsgálóáram (legtöbb esetben értéke az áram-védőkapcsoló névleges áramának fele vagy harmada), ami még nem fogja kioldani az eszközt,
- U_0 – a mérés legelső lépéseként megmért (azaz még terheletlen) hálózati fázisfeszültség,
- U_T – a mérés második lépésében mért (azaz már a mérőárammal terhelt) hálózati fázisfeszültség,
- R_{sec} – a transzformátor szekunder tekercsének ellenállása,
- R_L – fázisvezető ellenállása a transzformátortól a vizsgált csatlakozóig,
- R_{PE} – védővezető ellenállása a vizsgált csatlakozótól a védőföldelőig,
- R_E – a védőföldelő földelési ellenállása,
- R_G – a talaj ellenállása a védőföldelőtől a transzformátorig,
- R_O – a táptranszformátor üzemi földelési ellenállása,
- R_{Etot} – a vizsgált földelőrendszer eredő földelési ellenállása.

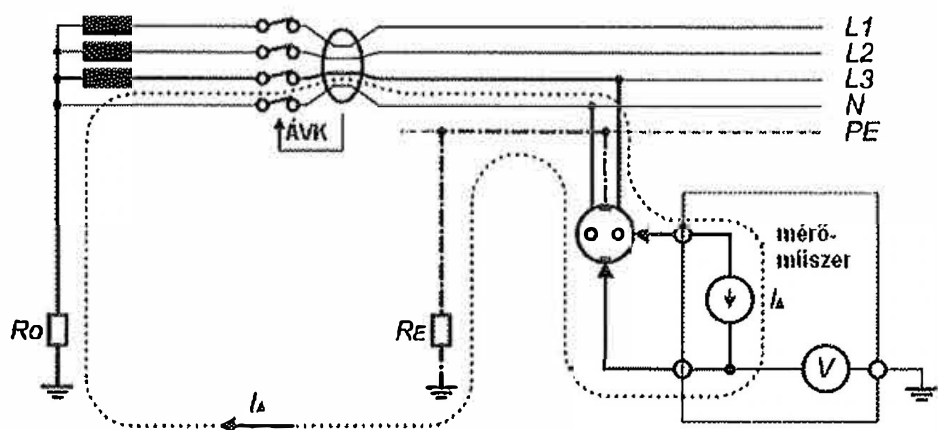
Ha feltételezhető, hogy az R_E földelési ellenállás sokkal nagyobb, mint a körben lévő többi ellenállás összege – ami TT-rendszer esetében valóban igaz –, akkor a mérés eredménye: $R_{\text{Etot}} \approx R_E$.

– Földelési ellenállás mérése segédsonda felhasználásával A leírt módszer használható mind a TT-, mind a TN-rendszerben. A mérés áramköre és a mérőkészülék bekötése a 12.23. ábrán látható.

$$\text{A mérés eredménye: } R_E = \frac{U_c}{I}$$

ahol:

- U_c – érintési feszültség, amit a feszültségmérő mér a segédsondához képest, megegyezik azzal a feszültséggel, ami a védőföldelő földelési ellenállásán esik,
- I – a földelési ellenálláson átfolyó vizsgálóáram, melyet az árammérő mér,
- R_E – a védőföldelő földelési ellenállása.



12.23. ábra: Földelési ellenállás és érintési feszültség mérésének elve TT-rendszerben, segéd-szonda használatával

– A földelési ellenállás megengedett értékei

TT-rendszerekben a következő feltételnek kell teljesülni:

▪ áram-védőkapcsoló alkalmazásakor:

▪ túláramvédelmi eszköz alkalmazásakor:

$$R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{I_{\Delta n}},$$

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a},$$

ahol:

R_A – a földelő és a testek védővezetője, ellenállásának összege (Ω),

$I_{\Delta n}$ – az áram-védőkapcsoló névleges kioldóárama (A),
(az $I_{\Delta n}$ szabványos értékei: 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5; 1 A),

Z_s – a hibahely hurokimpedanciája (a hurok összetevői: tápforrás, fázisvezető a hibahelyig, a testek védővezetője, földelővezető, a berendezés földelője és a tápforrás földelője) (Ω),

I_a – a túláramvédelmi eszközt működtető áram, ($I_a = \alpha \times I_n$) (A),

U_0 – névleges fázisfeszültség vagy névleges egyenfeszültség (V).

Néhány különleges hely esetében, pl. a fürdőszobák 1-es sávjában, vezető anyagú szűk helyeken vagy más vizes, veszélyes környezetben szigorúbb feltételeket kell teljesíteni: 50 V helyett 25 V-tal kell számolni.

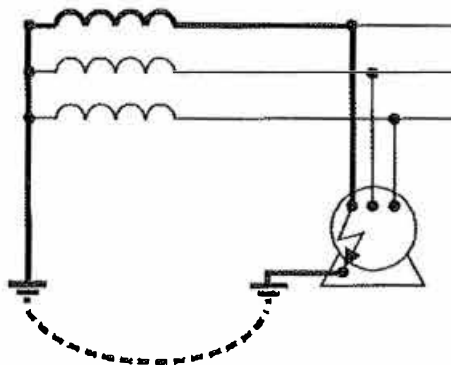
Az áram-védőkapcsoló alkalmazásakor az előbbi képlettel történő számításokkal meglehetősen nagy földelési ellenállás értékek adódnak. A gyakorlati tapasztalatok nem mindig támasztják alá az elméleti számításokat, a nagy értékű ellenállások ($> 30 \Omega$) gyakran bizonytalanok! Ezért célszerű, ha a földelési ellenállás értéke áram-védőkapcsoló alkalmazása esetén sem nagyobb 30 ... 40 Ω -nál! Ha ennél nagyobb a mért érték, további intézkedéseket ajánlatos tenni annak csökkentésére.

Megjegyezzük, hogy a 10 mA névleges kioldó áramú áram-védőkapcsolót általában nem önálló készülék formájában gyártják, hanem legtöbbször csatlakozóaljzattal egybeépítve készítik, így az csak a csatlakozóaljzatot, illetve a hozzá csatlakoztatott készüléket védi.

h) Földelési hurokellenállás-mérése

A közvetlenül földelt rendszerben (TT-rendszer) a védőföldelés szabványossági felülvizsgálata esetén megengedett, hogy – a földelésméréshez szükséges szonda és ellenföldelés elhelye-

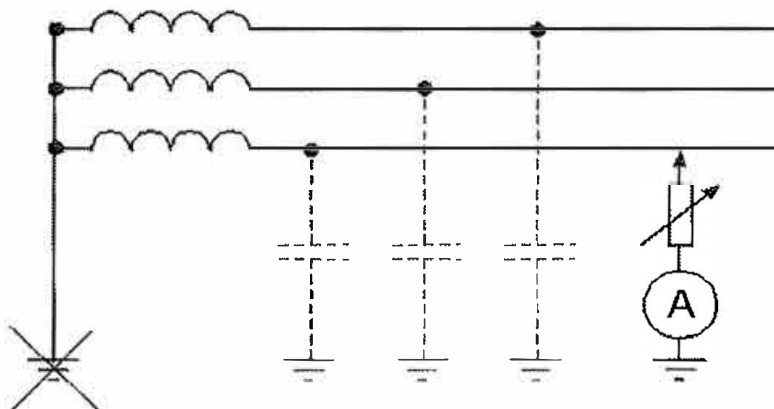
zési nehézségei miatt – a számítás alapjául szolgáló földelési ellenállásmérés helyett a védő- és az üzemi földeléseken át záródó földzárlati áramköri elemek ellenállásának az összegét mérik. A földelési hurokellenállás a fázisvezető, a vizsgált földelés, az ellenföldelés (általában az üzemi földelés) és a talaj sorba kötött szakasza. (A 12.24. ábra mutatja be a földelési hurkot, amelyet az ábrán vastag vonallal jelöltünk.) A földelési hurokellenállása a két földelés ellenállásának összege, mert a talaj és a fázisvezető ellenállása elhanyagolható.



12.24. ábra: Földelési hurok, az ábrán vastag vonallal ábrázolva

i) Földelésmérés IT-rendszerekben

A földeletlen, illetve közvetve földelt rendszerekben (IT-rendszer) a földelésmérést csak különleges megfontolásokkal helyettesítheti a földelési hurokellenállás mérése. Az ilyen rendszereknél minden földeletlen vezetõn (mindhárom fázisvezetõn, illetve az egyenáramú rendszereknél mindkét pólusvezetõn) a mérés céljára ampermérõn keresztül mesterséges földzárlatot kell létrehozni. Az ampermérõvel egy szabályozható ellenállást kell sorba kötni, és azt csak fokozatosan szabad rövidre zárni (12.25. ábra). Ha ugyanis a mérés időpontjában valahol másutt a hálózaton földzárlat lenne, akkor az rövidzárlati áramot hajtana keresztül a műszeren. (Ha ennek a korlátozó ellenállásnak értéke 400 V-os hálózat esetén nem több mint 10...15 Ω , akkor hibátlan szigetelésű hálózat esetén az ampermérő kitérése az ellenállás rövidre zárása során gyakorlatilag nem változik). Tekintettel arra, hogy a földzárlati áram nagysága földeletlen hálózatban csak a hálózat kapacitásától, közvetve földelt hálózatban ezen túlmenően a csillagponti földelésbe kötött ellenállás értékétől függ, a mérést nem befolyásolja az, hogy a hálózat melyik pontján készítjük a mesterséges földzárlatot.



12.25. ábra: Földzárlati áram mérése földeletlen rendszerben

Ha a hálózatba földzárlatjelzés vagy állandó szigetelés-ellenőrzés is be van építve, akkor célszerű a mérést közvetlenül ezek mellett végezni, a műszerrel sorba kötött szabályozható ellenállást több ezer (esetleg több tízezer) ohmosra választani, s azt is feljegyezni, hogy mekkora rezisztenciánál szólalt meg a földzárlatjelzés, illetve az állandó szigetelés-ellenőrző berendezés. Ezt a mérést a szabvány nem írja elő, de az üzemeltetőnek igen jó tájékoztatást adhat, ha ismeri ennek a rezisztenciának az értékét.

A földzárlati áramot egyfázisú berendezés esetén mindkét vezetőben, többfázisú rendszer esetén minden fázisvezetőben külön meg kell mérni. Ennek célja nem az, hogy a mérési eredmények közül a legnagyobbat vegyük figyelembe (hibátlan szigetelési állapotú hálózaton értékük közelítőleg egyezik), hanem az, hogy kimutassuk a hálózat esetleges lappangó földzárlatos állapotát. Ha az egyes vezetők mesterséges földzárlatának értéke egymástól jelentősen eltér, ezt magyarázhatja pl. az, hogy a háromfázisú hálózat egyes fázisaira egymástól eltérő, jelentős testkapacitású egyfázisú fogyasztók vannak kötve. Ha az egyes vezetők földzárlati áramai közül a legnagyobb sem haladja meg a legkisebb érték kétszeresét, akkor a rendszert földzárlatmentesnek lehet tekinteni és a mért legnagyobb földzárlati áramot kell a számításoknál alapul venni. Ellenkező esetben a rendszer földzárlatos, intézkedni kell ennek megszüntetéséről és mérést ezután kell végrehajtani.

j) A földelési ellenállás mérések biztonsági szempontjai

– Az **MSZ 4851-2** szerinti erőáramú földelésmérés esetén a mérőáramot úgy kell megválasztani, hogy lehetőleg ne legyen kisebb 5 A-nál, de legalább 1 A legyen. A mérőszonda és a mért földelés között – az előmérés szerint (**MSZ 4851-1**) – a várható feszültség ne legyen 50 V-nál nagyobb!

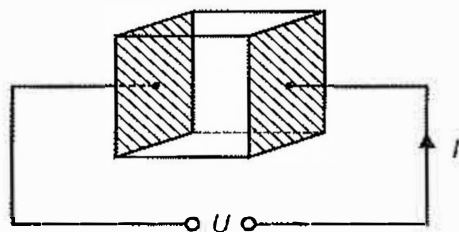
– Szabadvezetékeken zivataros időben nem szabad földelési ellenállást mérni, ha zivatar közeledik, a mérést abba kell hagyni. Ha nem bontották le a mérőcsatlakozásokat a szabadvezeték berendezésről, akkor az egész mérőberendezést feszültség alatt állónak kell tekinteni.

– Robbanásveszélyes tésrégekben végzett földelési ellenállásméréseknél vagy meg kell szüntetni a robbanásveszélyt, vagy gyújtószikramentes műszereket kell alkalmazni és gyújtószikramentes áramkörökre vonatkozó előírásoknak megfelelő áramkörben szabad csak mérést végezni.

k) Fajlagos talajellenállás mérése

– Mi is a fajlagos talajellenállás?

A fajlagos talajellenállás – elméleti értelemben – a talaj anyagából vett 1 m x 1 m x 1 m-es kockának az ellenállása, ha a mérőelektrodok a kocka két szemkötti oldalán helyezkednek el (12.26. ábra).



12.26. ábra: Fajlagos talajellenállás definíciójának bemutatása

– A fajlagos talajellenállás mérése

A mérést azért szokták elvégezni, hogy pontosabban méretezhessék a földelési rendszereket, nagyfeszültségű távvezeték oszlopokat, nagy ipartelepeket, villámvédelmi rend-