

## 26. sz. laboratóriumi gyakorlat

### Földelési ellenállás mérése

#### 1. Elméleti alapok

1.1. Földelésnek nevezzük valamely vezetőnek a földdel való összekötését.

A földelés szerkezeti részei:

- a) a földelő vezető, amely a földelő és a földelendő berendezés között létesít fémes összeköttetést;
- b) a földelő, amely a talajba ágyazva jó áramátmenetet biztosít;
- c) a bontási hely a földelési ellenállás mérése céljából.

Célja szerint a földelés kétféle lehet:

- a) Védőföldelés: üzemszerűen feszültség alatt nem álló fém-alkatrészek földelése, amelyek hibák következtében feszültség alá kerülnek (motortest, burkolat, munkagép stb.). A védőföldelés életvédelmi, üzembiztonsági célokat szolgál, ugyanis ha nem kívánatos helyen potenciál emelkedés lép fel, akkor a töltések a földeléseken keresztül a földbe jutnak és a potenciál emelkedés mértéke lecsökkenthető.
- b) Üzemi földelés: üzemszerűen feszültség alatt álló vezető rendszer valamely erre alkalmas pontját köti össze a földdel. (háromfázisú rendszer csillagpontja, mérőváltók szekunder tekercselésének egy pontja). Feladata a vezetékrendszer egy pontjának földpotenciálon (nulla potenciálon) való rögzítése.

1.2. Segédföldelés a mérés céljára ideiglenesen telepített vagy ideiglenesen használt földelés.

1.2.1. Ellenföldelés az a földelés, amelyet a mérendő földelésén keresztül a földbe vezetett mérőáramnak a földből való visszavezetésére használnak.

1.2.2. Szonda az a földelés, amely a mérés során kizárólag a feszültségmérőkör potenciáljának rögzítésére szolgál.

#### 1.3 A földelési szétterjedési ellenállás fogalma

A feszültségre került, földelt berendezési tárgyról a földelőn keresztül áram folyik a földbe, ahol szétoszlik. Ahhoz, hogy a földelő potenciálját meg tudjuk mérni, keresni kell egy vonatkozási alapot, amihez mint nullapotenciálhoz a feszültségemelkedést mérhetjük. Általánosságban elfogadott nullapotenciális hely a föld. Ha a földbe áram folyik, akkor a belépési helyen megszűnik a nullapotenciál. A földelő környezete potenciál alá kerül. A potenciál megmérése

csak úgy lehetséges, ha a földelőtől olyan nagy távolságra megyünk el, ahol a földelés áramának potenciálemelő hatása már jelentéktelen. A gyakorlatban ez a távolság egyes földelőknél 15-20 m, de nagy kiterjedésű földeléseknél (erőművek, állomások földelő hálói) több km is lehet. A földelőn folyó áramerősséget közvetlenül mérhetjük. Ezzel már két mérhető mennyiség áll rendelkezésünkre:

- 1./ a földelő potenciálja a gyakorlatilag végtelen távoli ponthoz,
- 2./ a földelő áramerőssége,

E két mennyiség hányadosa ellenállás dimenziójú és ezt nevezzük földelési szétterjedési ellenállásnak.

1.4. Fajlagos talajellenállás az 1 m élhosszúságú kockát kitevő talajtömb ellenállása a két szemben fekvő lapja között.

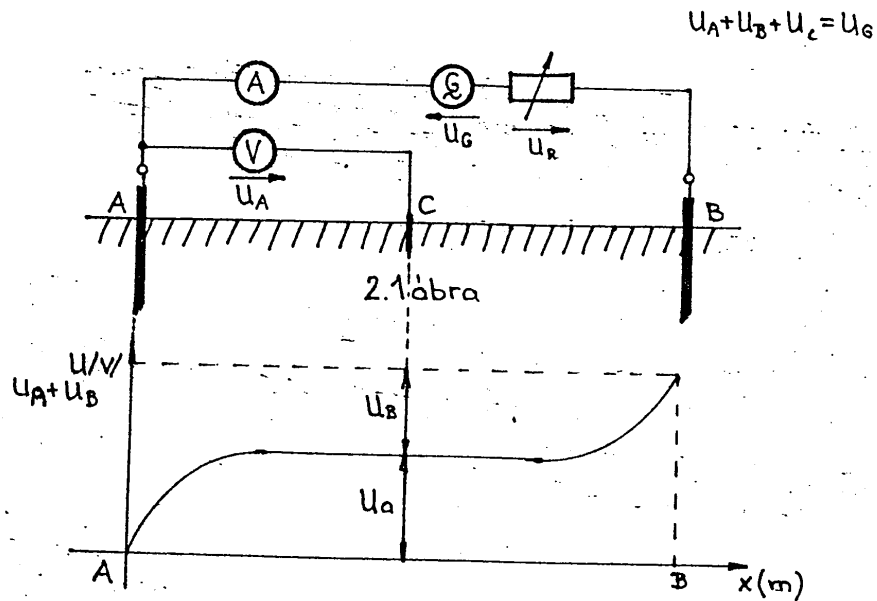
## 2. Mérési feladatok:

1. potenciál eloszlás felvétele két földelő között;
2. meghatározandó a lépésfeszültség legnagyobb értéke;
3. egy adott földelő földelési ellenállás értékének meghatározása a 3.3.1 és a 3.3.2 pontok alatt ismertett módszerekkel;
4. a mért földelési ellenállás értékének célműszerrel történő ellenőrzése;
5. párhuzamosan kapcsolt földelési ellenállás eredőjének megmérése egymástól adott távolságban levő két földelő-rúd esetében;
6. a fajlagos talajellenállás értékének meghatározása.

## 3. A mérés kapcsolása és menete

### 3.2.1. A potenciáloszlás felvétele

A feszültségviszonyokat két földelő között a 1. ábrán látható elrendezés szerint vizsgálhatjuk. Az A-B földelőre  $U$  nagyságú váltakozó feszültséget kapcsolunk. A voltmérő egyik kapcsát az A földelőhöz, a másikat a C szondához csatlakoztatjuk. A szondával pontról-pontra végighaladva az A-B távolságon a 2. ábrán látható feszültség-eloszlási képet kapjuk. A feszültség-eloszlás jellegéből látható, hogy a változás a földelők közelében a legnagyobb és a földelők között a feszültség alig változik. Ennek oka, hogy az áramsűrűség és vele a feszültségesezés a földelők körül lesz a legnagyobb. Jelöljük be a feszültségeloszlása görbében a földelők felezőpontját. Itt leolvasható, hogy az A földelőre  $U_A$  és a B földelőre  $U_B$  feszültség jut. Látható, hogy ez a görbe kis változású szakaszára esik, tehát a pontosságot nem befolyásolja az, hogy nem pontosan választjuk a felezőpontot.



2. ábra

A földelőkre jutó feszültség és az átfolyó áram ismeretében a földelési ellenállások értéke:

$$R_A = \frac{U_A}{I}, \text{ ill. } R_B = \frac{U_B}{I}$$

### 3.2 Lépésfeszültség

A 2. ábra potenciál eloszlásán látható, hogy a földelés közelében a talaj potenciálváltozása nagy. Előfordulhat, hogy 50-60 cm távolságra - egy ember lépéstávolságára - jutó feszültségkülönbség veszélyessé válhat. Ezért a nagy áramú földelések környezetét körülkerítéssel vagy a felszín alatt elhelyezett potenciálvezérlő fémrudak segítségével teszik biztonságossá.

### 3.3 A földelési ellenállás mérése

A földelési ellenállás, tekintettel a talajban lévő nedvesség és vegyi anyagok okozta polarizációs jelenségekre, megbízható módon csak váltakozó-árammal mérhető.

Legmegfelelőbb az esetek túlnyomó részében rendelkezésre álló 50 periódusú feszültség.

**3.3.1** A mérést a 1. ábrán látható kapcsolás segítségével, a leírt módon végezzük el. Ezt a módszert egy szondás (C) földelési ellenállás mérésnek nevezik. A mérés elvégzéséhez a mérendő földelésen (A) kívül még egy segéd földelésre (B) is szükség van. Ha a hálózati feszültség rendelkezésre áll, és a hálózat közvetlenül földelt csillagpontú, akkor ellenföldelőként a hálózat üzemi földelése is szolgálhat.

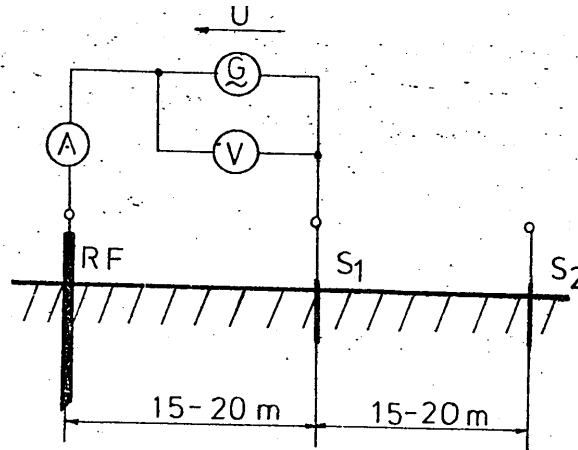
A feszültségméréshez használt voltmérőnek nagy belső ellenállásúnak kell lenni ( $R_b > 40 \text{ k}\Omega$ ).

3.3.2 Ha nem áll rendelkezésünkre olyan segéd földelő, amelynek szétterjedési ellenállásértéke a mérendő földelési szétterjedési ellenállás értékének egységrendjéhez tartozik, akkor az ún. kétszondás földelési ellenállás mérési módszert kell alkalmazni. A kapcsolási vázlatot a 3. ábra tünteti fel. Az ábrán látható kapcsolás szerint először a mérendő földelés ( $R_1$ ) és az egyik szonda ( $S_1$ ) közé kapcsoljuk a feszültségforrást. A mért feszültség és áram hányadosa a földelés és az első szonda földelési ellenállásértékének összegét adja.

$$R_A = \frac{U_A}{I_A} = R_F + R_1$$

A feszültségforrást ezután a földelés ( $R_F$ ) és a második szonda ( $S_2$ ) közé kapcsoljuk. Az így mért ellenállás

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} = R_F + R_2$$



3.ábra

Végül a feszültségforrást a két szonda közé kapcsoljuk és a kapott ellenállás:

$$R_C = \frac{U_C}{I_C} = R_1 + R_2$$

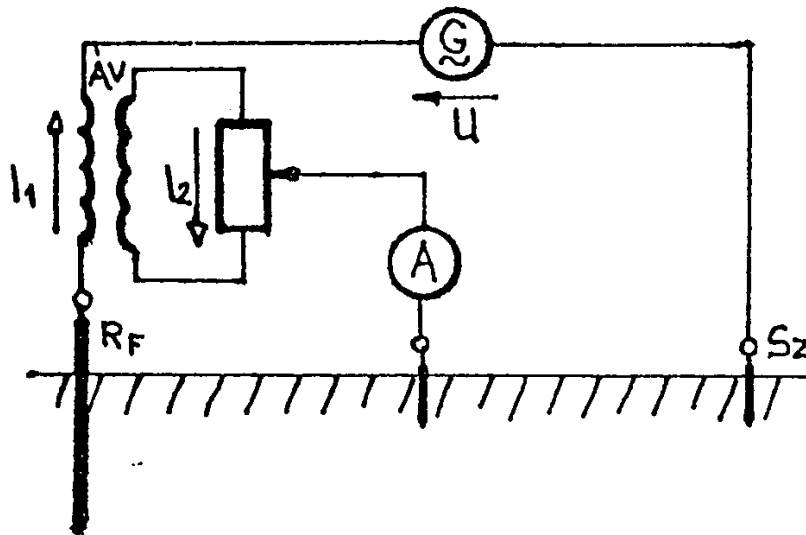
A három mérésből a keresett földelési ellenállás kiszámítható:

$$R_F = \frac{R_A + R_B - R_C}{2}$$

összefüggés segítségével.

A mérések megbízhatóságát különböző idegen eredetű (kóbor) áramok is befolyásolhatják. Erről úgy győződhetünk meg, hogy a nagy belső ellenállású voltmérővel a földelő és a szondák között megmérjük bekapcsolás nélkül a feszültséget. Ha a mért feszültség sokkal kisebb, mint a mérésnél alkalmazott feszültség, akkor nem befolyásolja a mérési eredményünket, de, ha ez a feszültség nem hanyagolható el, akkor új helyet kell a szondák részére keresni, ahol ez a hatás nem mutatkozik.

3.3.3 Ha a mérendő földelés közelében nem áll rendelkezésre hálózati feszültség, akkor a mérést kompenzációs elven működő, hordozható mérőberendezéssel lehet elvégezni. A kompenzációs mérés kapcsolási vázlatát a 4. ábra tünteti fel.



4. ábra

Az áramforrás legtöbb esetben kézi működtetésű induktor, de lehet zseblámpa elem is, amelynek feszültségét egy vibrátor váltakozó feszültséggé alakítja a polarizációs jelenségek elkerülésére.

A méréshez két egymástól 15-20 m távolságra elhelyezett szonda szükséges, az áramforrást az áramváltó primer tekercsén keresztül a mérendő földelésre és az  $S_2$  szondára csatlakoztatjuk. Az áramváltó szekunder tekercsére pedig skálával ellátott ellenálláshuzalt csatlakoztatunk. Az ellenálláshuzal csuszkája és az  $S_1$  szonda közé pedig egy váltakozó áramú nullázó műszert, rendszerint fejhallgatót. A váltakozó áramú hidat a csuszka helyzetével lehet kiegyenlíteni. Ekkor  $I_1 R_F = I_2 R_0$  egyenlőségéből a földelési ellenállás meghatározható. Ha az áramváltó áttétele 1:1, akkor a csuszkán leolvasott ellenállás közvetlenül a földelési ellenállás értékét adja. Az áramváltó áttételének megváltoztatásával a mérés határ változtatható. Ha a nullázó műszer áramát egyen-irányítjuk, akkor Deprez rendszerű műszer is használható.

### 3.3.4 A földelési ellenállás mérése ÉVÉ-UNIVERSAL műszerrel

#### a) A műszer rendeltetése

A készülék 220 V névleges feszültségű 50 Hz-es periódusú váltakozó áramú hálózatok ellenőrzésére és vizsgálatára alkalmazható.

Az alábbi mérések végezhetők el vele:

1. Hálózati feszültség mérése ( $U_h$ )
2. Szigetelési ellenállás mérése ( $R_{sz}$ )

3. A védővezető folyamatosságának ellenőrzése
4. Hurok ellenállás mérése ( $R_h$ )
5. Zárlati áram mérése ( $I_z$ )
6. Földelési ellenállás méress ( $R_f$ )
7. Érintési hiba feszültség mérése ( $U_\epsilon$ )
8. Feszültségvédő kapcsolók ellenőrzése (F'VK)
9. Áramvédő kapcsolók ellenőrzése (ÁVK)

b) Általános tudnivalók a műszer használatához

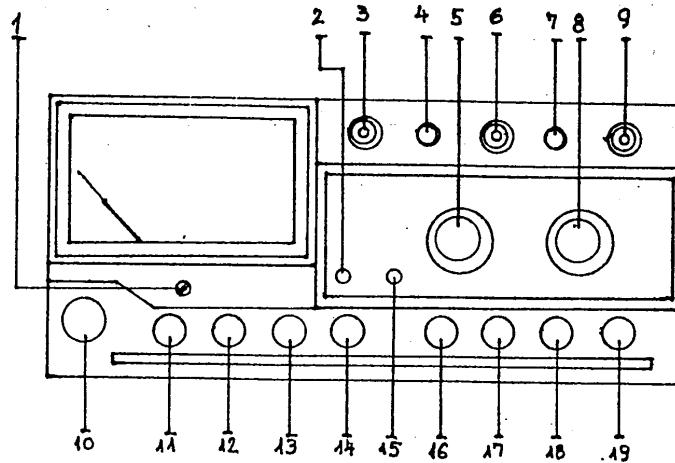
A készülékkel méréseket csak a megfelelő szakképzettséggel rendelkező személy végezhet (MSZ 4851/1 lap).

Figyelembe kell venni a vonatkozó szabványok (elsősorban az MSZ 172 és az MSZ 4851) előírásait, valamint a biztonságtechnikai előírásokat. Tekintettel arra, hogy a műszer kezelése során feszültség alatt álló részeket lehet megérinteni, a csatlakozónak telepítését fokozott gonddal kell eszközölni. (Először a  $O'$  és  $O$  kapcsolót kell fixen bekötni és csak utána szabad a fázisvezetőre csatlakoztatni.)

A mérés eredményét befolyásolja a hálózati feszültség nagysága, ezért a névleges értéktől (220 V) eltérő hálózati feszültség esetén a skáláról leolvasott értéket egy korrekciós tényezővel meg kell szorozni. A korrekciós tényező megállapításának módja a 3.3.4. fejezet „a” pontban található. Minden mérésnél ellenőrizzük a hálózat feszültségét, és megállapítjuk a korrekciós tényező értékét.

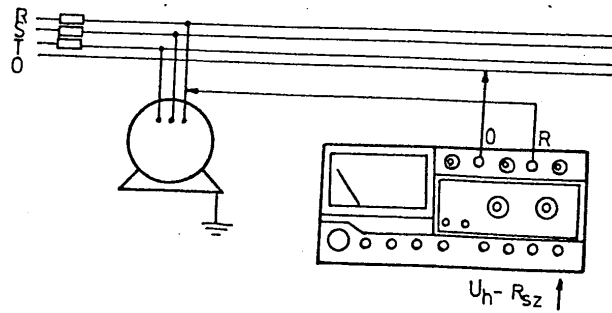
c) A műszer kezelőszervei és csatlakozási pontjai

1. N            alaplámpa nullázó
2. P            próba nyomógomb
3.  $O'$         csatlakozó
4. O            csatlakozó
5.  $I_z$         potenciométer
6.  $R'$         fáziscsatlakozó
7. R            fáziscsatlakozó
8.  $I_k$         potenciométer
9. SZ        szondacsatlakozó
10. „0”        elektromos nullázó potenciométer
11.  $R_h$         hurokellenállás kapcsoló
12.  $R_f$         földelési ellenállás kapcsoló
13.  $U_\epsilon$       érintési feszültség kapcsoló
14. Ávk-Fvk    kapcsoló
15. terhelés    nyomógomb
16. 50 ohm     méréshatár kapcsoló
17. 5 ohm      méréshatár kapcsoló
18. 0,5 ohm    méréshatár kapcsoló
19.  $U_h$ - $R_{sz}$     kapcsoló



5. ábra

d) Hálózati feszültség mérése a korrekciós tényező megállapítása  
 A mérési összeállítást a 6. ábra szemlélteti.

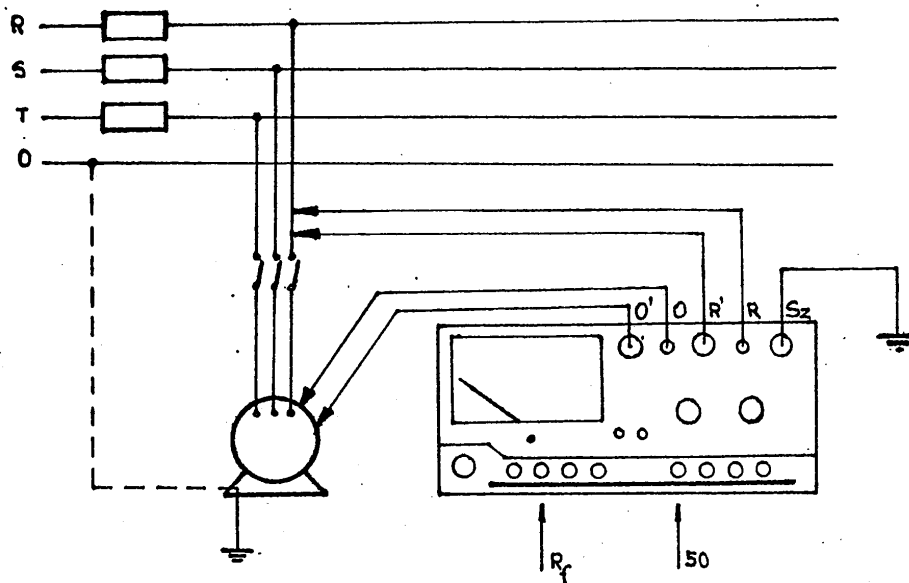


6. ábra

A méréshez az  $U_h$ - $R_{sz}$  gombot kell benyomni. A mért érték az  $U_h$  skáláról olvasható le 0...250 V tartományban. Az  $U_h$  skála alatt található az „∩” skála, amelyen 220 V hálózati feszültséghez 1 (egy) érték tartozik. 220 V alatt a skála növekvő, 220 V felett csökkenő értéket mutat. Amennyiben a hálózati feszültség 220 V-tól eltér, úgy az „∩” skálán leolvasott szám a korrekciós tényező értéke. Az olyan esetben végzett  $R_h$ ,  $R_f$ ,  $U_e$  méréseknél a skáláról leolvasott értéket meg kell szorozni a korrekciós tényezővel és így a kapott szám a valóságos érték.

### e) Földelési ellenállás mérése

A mérési összeállítást a 7. ábra szemlélteti.



7 ábra

A O; O' kapcsokat a vizsgált fogyasztó védő csatlakozására, utána az R; R' kapcsokat pedig az egyik fázisra kötjük. A méréshez az  $R_f$  és az 50 ohm jelű gombokat kell benyomni. A földszonda csatlakoztatása előtt a „O” gombbal a műszert nullára állítjuk.

A földszondát kb. 20 méterre telepítjük, az SZ jelű kapocshoz kötjük. Ha a műszer kitér, azt jelenti, hogy zavaró feszültség van jelen a szondán, ezt a feszültséget az  $U_h$  skáláról leolvassuk, majd lenyomjuk a „T” terhelés nyomógombot és ugyanazon skálán leolvassuk a mérési feszültséget, ha a zavaró feszültség ennek 10 %-a vagy annál kisebb, a mérés elfogadható, a földelési ellenállás értékét a világító diódával jelzett „ $R_f$ ” skálán lehet leolvasni.

Ha a zavaró feszültség értéke 10 %-nál nagyobb, a szondát áthelyezzük. A szonda áthelyezésekor ügyeljünk arra, hogy előbb a fáziscsatlakozást bontsuk meg! A mért érték a világító diódával jelzett  $R_f$  50 ohm skáláról olvasható le. Ha a mutató a skála elején egészen kis értéknél jelez, a mérés-határváltót 5 ohm (vagy 0,5 ohm) állásba kapcsoljuk, a földszondát kihúzva „O” nullázó gombbal történő újabb nullázás után megismételendő a mérés. Értelemszerűen az új méréshatárnak megfelelő skáláról olvassuk le az eredményt. Amennyiben nem lehet a szondával olyan földelést létesíteni, ahol zavaró feszültség kellően kis értékű, a mérést mind a három fázisnál (R, S, T) el kell végezni és a földelési ellenállás értékét az alábbi összefüggés segítségével lehet kiszámítani:

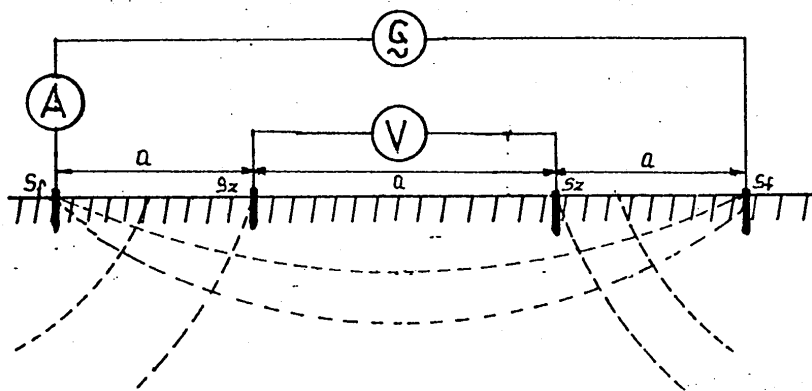
$$R_f = \sqrt{\frac{R_R^2 + R_S^2 + R_T^2}{3} - R_0^2}$$



ahol  $R_R$ ,  $R_S$ ,  $R_T$  rendre az R, S, T fázisokkal mért ellenállás (ohm) értékek,  $R_0$  pedig a szonda csatlakoztatás után, a terhelés nyomógomb lenyomása előtt leolvasható ellenállás (ohm) érték. (A képlet csak egy skálán belül érvényes.) Értelmszerűen az új méréshatárnak megfelelő skáláról olvassuk le az eredményt.

### 3.4 A fajlagos talajellenállás mérése

A fajlagos talajellenállás mérést a Wenner-féle mérési eljárással kell végezni. (8. ábra).



8. ábra

A mérés céljára egy egyenest képező vonalban, egymástól azonos „a” távolságban négy földelőt, (amelyek közül kettő szonda és kettő segédföldelő) kell telepíteni. A földelők leverési mélysége lehetőleg ne legyen nagyobb, mint a köztük lévő „a” távolság 5 %-a. A két szélső segédföldelő között mérőáramot kell átvezetni, s mérni kell, mekkora feszültségkülönbség lép fel a középső két szonda között a mérőáram hatására.

A fajlagos talajellenállás értéke:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot \frac{U}{I} \quad \Omega\text{m};$$

ahol

a (m) a szomszédos segédföldelők közti távolság

U (V) a mért feszültségkülönbség

I (A) a mérőáram áramerőssége.

A mérés eredményét a talajfelszíntől „a” mélységig terjedő talajréteg átlagos fajlagos ellenállásának lehet tekinteni.

### 3.5. Biztonsági szempontok

A mérések során a szondát elhelyezőnek tudatában kell lennie, hogy a talaj ahol tartózkodik, lépésfeszültség-veszélyes, ezért a szondát mindig csak

feszültségmentes, kikapcsolt állapotban foghatja meg. Gondoskodni kell, hogy a mérés idején a veszélyesnek nyilvánított területre illetéktelen ne léphessen be. A mérés biztonságossága érdekében a mérőkört 1:1 áttételű szigetelő transzformátorról fogjuk táplálni.

#### 4 A jegyzőkönyv tartalmazza

- a megvalósított kapcsolás vázlatát,
- a mért földelési ellenállás értékeit,
- a potenciál-eloszlás ábráját,
- a legnagyobb lépésfeszültség értékét,
- a fajlagos talajellenállás értékét.

#### 5. A méréshez szükséges műszerek és eszközök

1 db szigetelő transzformátor  
5 db szonda  
5 db dobra csévélt 30-50 m-es mérőszinór  
2 db voltmérő;  
1 db ampermérő,  
1 db induktoros földelési ellenállásmérő  
1 db ÉVÉ-Universal

#### 6 Ajánlott irodalom:

Török Béla: Villamos erőátvitel és védelme I/2 (49892) főiskolai jegyzet  
MSZ 172 Érintésvédelmi szabályzat  
MSZ 4851 Földelési ellenállás mérése  
Kádár - dr. Benkó: Érintésvédelem c. könyv.