

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki Kar
Főiskolai Szintű Villamosmérnöki Szak

Villamos biztonságtechnika
c. tantárgy előadás anyaga.
Oktatási segédlet

dr. Dálnoki Antal
főisk. docens

1999

A villamos áram élettani hatása.

A villamosenergia termelése, szállítása és felhasználása baleseti veszéllyel jár. A villamosenergia növekvő felhasználásával ez a veszély fokozódik. A villamos baleset tulajdonképpen **áramütés**, amely akkor következik be, ha az ember valamilyen módon egy áramkörbe kapcsolódik. Hazánkban az összes villamos balesetek 3-4 %-a halálos kimenetelű. Az iparban és a háztartásokban körülbelül ugyanannyi halálos villamos baleset történik. Többéves statisztikai adatok alapján a **villamos balésetek okai:**

A balesetes hibája	42 %;
Más személy hibája	17 %;
Szabálytalan berendezés	23 %;
Szerkezeti vagy anyaghiba	15 %;
Egyéb ok	3 %.

(A villámcsapás is villamos baleset, hiszen ez tk. villamos kisülés.)
Az előbbi adatokból kitűnik, hogy a balesetek kb. 80 %-a közvetlenül vagy közvetve személyi felelőségre vezethető vissza, ami azt is jelenti, hogy kellő odafigyeléssel sok villamos baleset elkerülhető lenne.

Az áramütés hatásai:

- fizikai (erő-, hő-, fény- és hanghatás);
- kémiai (vérbontás, vörösvértest kiegész);
- biológiai (sokk, izomgörcsök).

Az áramütés hatását befolyásoló tényezők:

- 1.) Az emberen átfolyó **áram erőssége**.
- 2.) A behatás **időtartama**.
- 3.) Az emberi test ellenállása.
- 4.) Az áram útja a szervezetben.
- 5.) Az áram neme; ha váltakozó, frekvenciája.
- 6.) Az egyén testi, lelki állapota.

Az első kettő a legfontosabb, ezért ezeket elsődleges tényezőknek nevezzük, a többi másodlagos, ami nem jelenti azt, hogy sokkal kevésbé lenne veszélytelen.

Az áram és az idő szorzata: töltésmennyiség, tehát a villamos baleset súlyosságát elsősorban az emberi szervezetbe jutó töltésmennyiség szabja meg. Nem közömbös a megérintett feszültség nagysága sem, amelyet tk. az első és harmadik pont együttesen tartalmaz. (Mégsem feszültségütésnek nevezzük, mert a problémákat az emberi testben folyó áram okozza.)

ad. 1.) és ad. 2.)

Váltakozóáram (50 Hz) [mA]	Egyenáram [mA]	Hatás
1-1,5	5-6	Érzetküszöb, rázásérzet
2-3	10	Mozgást nem gátoló rázás
15	70-80	Elengedési határ (izomgörcs)
25	90-100	Légzőizomgörcs, fájdalom
80	300	Szívkamra remegés (0,1 s- 0,3 s időtartam után halál)
100 felett	500 felett	Szívbénulás, azonnali halál

A táblázat értékei egészséges férfiakra vonatkoznak, a nőkre vonatkozó értékek kb. 30 %-kal kisebbek biológiai és fiziológiai felépítésük miatt. A gyermekekre vonatkozó értékek pedig kb. 50 %-kal kisebbek.

ad. 3.)

Az emberi test ellenállását a bőr hámrétegének állapota szabja meg, mert ez az egyetlen villamosan szigetelő anyag az emberi szervezetben. Ez az ellenállás tk. átmeneti ellenállás és így függ a nyomástól is. Nem mindegy tehát, hogy a feszültség alatt álló részt megérintjük vagy megfogjuk, esetleg az izomgörcs miatt szorítjuk is. Az emberi test felületi ellenállása kb. 20-80 k Ω /cm².

ad. 4.)

Az emberen belül rendkívül sokféle áramút lehetséges. Az áram mindig a legkisebb ellenállású úton folyik a két különböző potenciálú (érintési) pont között. A legveszélyesebbek azok az áramutak, amelyekben a szív vagy/és a nyúltagy (a fej tarkó része) benne van.

ad. 5.)

A áramütés összes hatását figyelembe véve a váltakozóáram veszélyesebb, mint az egyenáram (lásd előbbi táblázat). Kivételt képez az áramütés kémiai hatásai közül a vérbontás. Ebből a szempontból az egyenáram veszélyesebb.

Váltakozó áram esetén a frekvenciának is szerepe van. Legveszélyesebb tartomány: 50-200 Hz. A kisebb frekvenciájú áramütés azért veszélytelenebb, mert közelít az egyenáramhoz, a nagyobb pedig a szkinhatás miatt. Nagyfrekvenciás áram nem folyik az emberi test belsejében, ezért a szíven és a nyúltagyon sem folyhat keresztül.

ad 6.)

Az emberi test állapota is jelentősen befolyásolhatja az áramütés hatását, mert pl., ha a bőr hámrétege sérült, akkor az ember ellenállása is lecsökken. Betegség után az ember érzékenyebb az áramütésre vagy akkor is, ha idegállapota nincs teljesen rendben. Kisebb a hatás akkor is, ha az ember tudatában van, hogy áramütés érheti.

Elsősegélynyújtás villamos baleset esetén.

Nagyon fontos az elsősegélynyújtás **sorrendje**:

- 1.) Az áramütött kiszabadítása az áramkörből anélkül, hogy mi magunk veszélybe kerülnénk.
- 2.) Tényleges elsősegélynyújtás.
- 3.) Orvos ill. mentő értesítése, kihívása.
- 4.) Az áramszolgáltató értesítése a villamos balesetről. Szükség esetén a tűzoltók értesítése.

ad 1.)

Az áramütött kiszabadítása általában a vészgomb megnyomásával vagy a főkapcsoló kikapcsolásával történik. Vészhelyzetben ezt a műveletet bárki végezheti, rendszerint az, aki a vészgombhoz vagy a főkapcsolóhoz a legközelebb áll. Ha ezek távolabb vannak, akkor az áramkörből való kiszabadítás valamilyen szigetelt megfogással (szigetelt vezetékkel, száraz ruhájánál fogva) is elvégezhető.

ad 2.)

Az áramütöttet mindenképpen nyugalomba kell helyezni. Meg kell róla győződni, hogy lélegzik-e és van-e pulzusa. A további elsősegélynyújtást ennek megfelelően kell folytatni: Mesterséges lélegeztetéssel, vagy szívmasszázsral és mesterséges lélegeztetéssel váltakozva. Ha a szíve fibrillál, akkor a szegycsontjára mért ütéssel a szívet meg kell állítani, mert csak álló szívet lehet sikeresen újraindítani. A mesterséges lélegeztetést és a szívmasszázszt az orvos ill. a mentők megérkezéséig kell végezni.

ad 3.)

Ha az áramütöttnek látszólag semmi baja nincs, akkor is orvoshoz kell kísérni (nem küldeni!). Ha eszméletlen, azonnal értesíteni kell az orvost ill. a mentőket. A mentő kihívásakor közölni kell, hogy villamos balesethez kéri a segítséget. (Kisebb mentőkben nincs defibrillátor.)

ad 4.)

A villamos balesetről és az esetleges lekapcsolásról értesíteni kell az áramszolgáltatót ! Vészhelyzetben akárki lekapcsolhat, de a visszakapcsolást csak az áramszolgáltató végezheti el. Másrészt minden villamos balesetet a Biztonságtechnikai Felügyeletnek jelenteni kell, és ezt is az áramszolgáltató végzi. Tűz esetén a tűzoltókat is értesíteni kell !

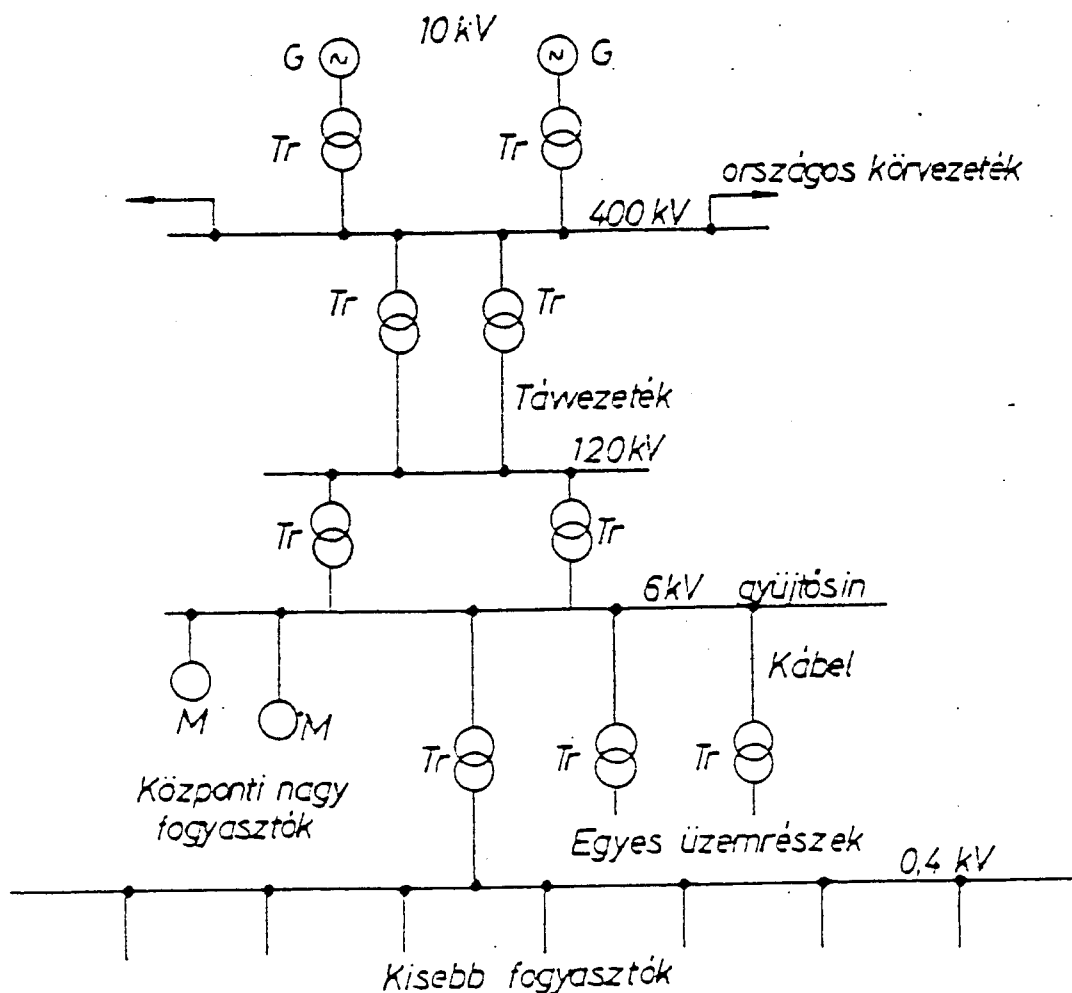
Üzemek villamosenergia-ellátása.

Az erősáramú technikában különböző feszültség szinteket különböztetünk meg:

1. Nagyfeszültség a 100 kV-nál nagyobb feszültség.
2. Középfeszültség 1-100 kV közötti feszültség.
3. Kisfeszültség az 1000 V alatti feszültség.

Magyarországon a nagy- és kisfeszültségű rendszerek közvetlen földeltek, amíg a középfeszültségű rendszer szigetelt vagy a földzárlat jelzés céljából nagy impedancián keresztül (ellenállás vagy reaktancia) földelt.

A villamosenergiát erőművekben termelik szinkron generátorokkal, általában 10 kV-os névleges feszültségen. Ezt a feszültséget feltranszformálják 120 kV-os vagy 400 kV-os feszültség szintre és távvezetéseken szállítják a fogyasztási hely közelébe.

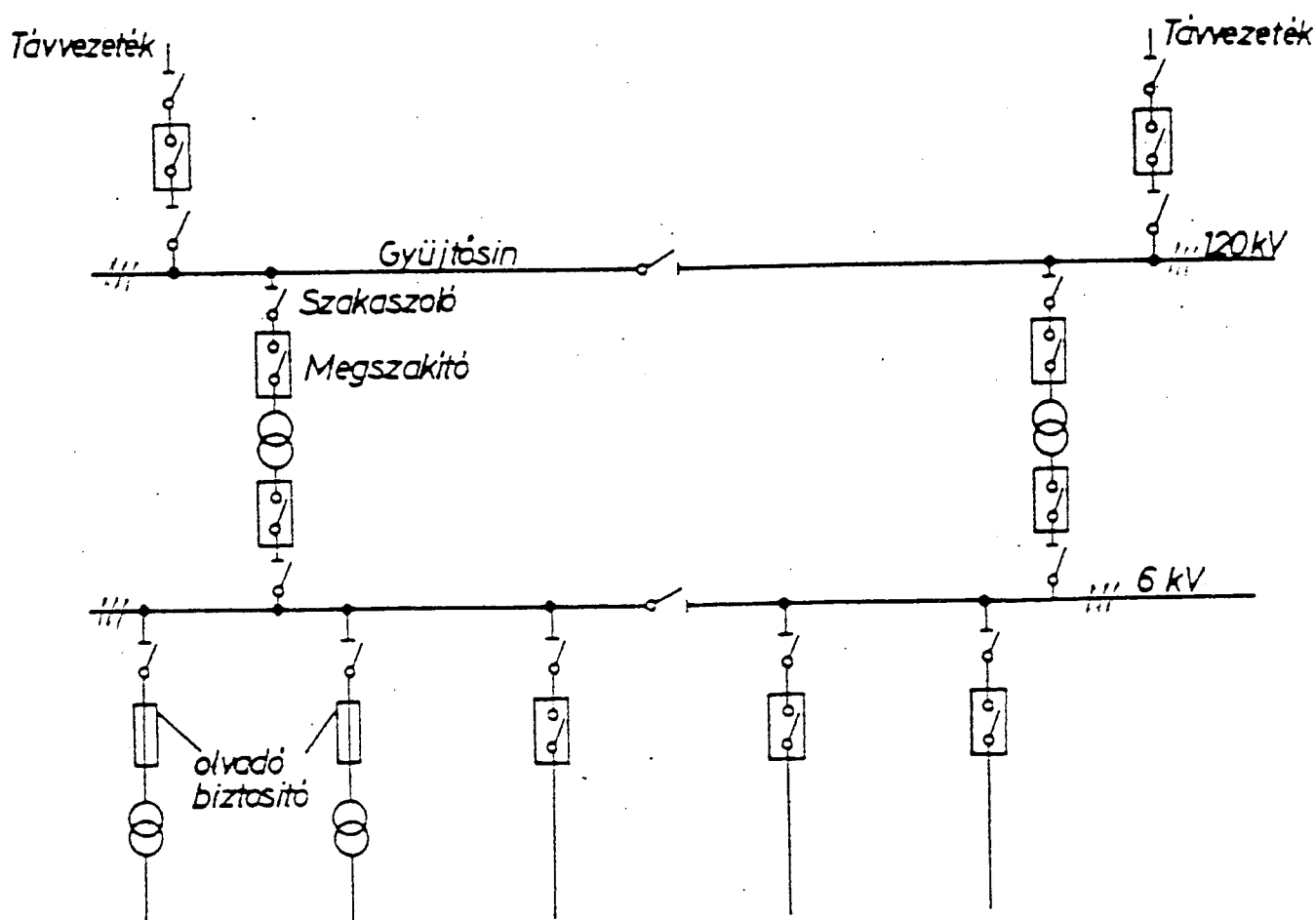


1. ábra. Villamosenergia-ellátórendszer egyszerűsített kapcsolási rajza.

A hálózati veszteségek csökkentése érdekében a villamosenergiát nagyfeszültségen kell szállítani, hogy az áramerősség kicsi legyen. Így nagy teljesítmény vihető át viszonylag kis veszteséggel. Az ipari fogyasztóknál telepített alállomásokban ezt a feszültséget letranszformálják közép- ill. kisfeszültségre a fogyasztói igényeknek megfelelően. Erre mutat példát az 1. sz. ábra.

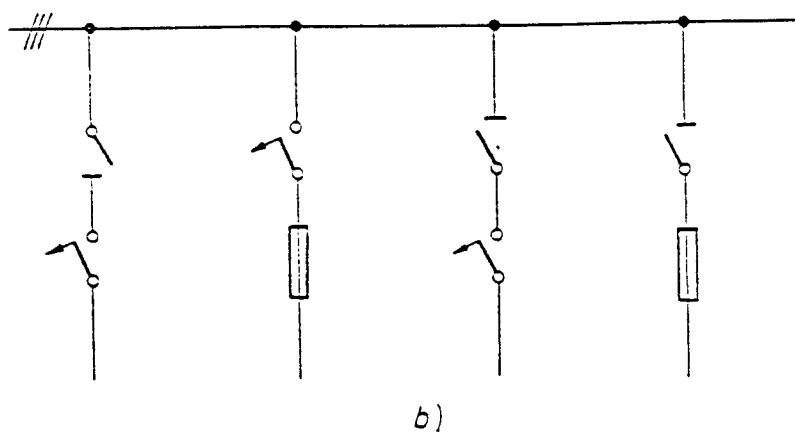
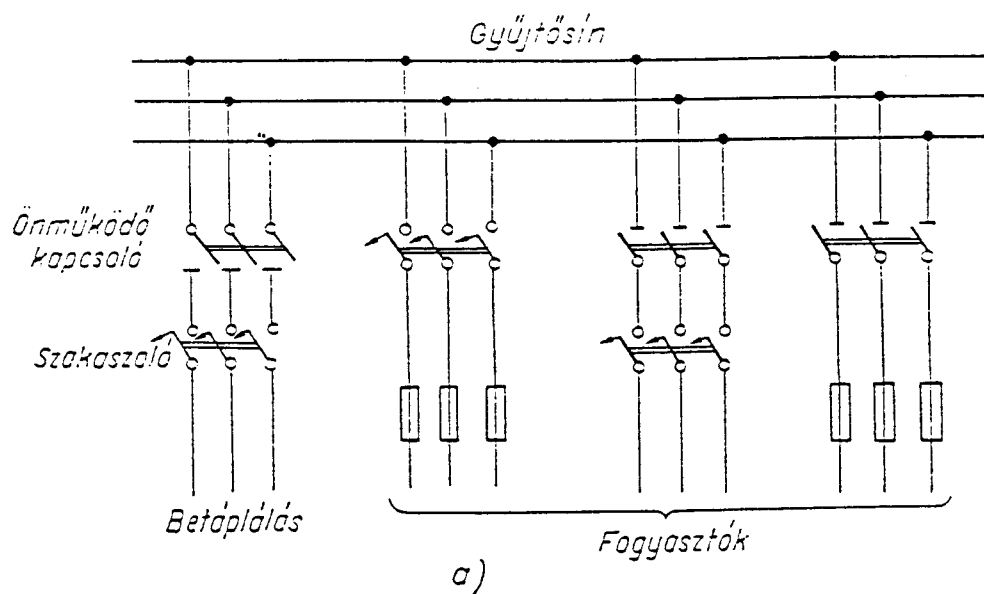
Az energiaellátás készülékei.

A 2. ábrán látható egy ipari nagyüzem villamosenergia fogadóállomásának egyvonalas kapcsolási rajza a fontosabb kapcsolóelemek feltüntetésével.



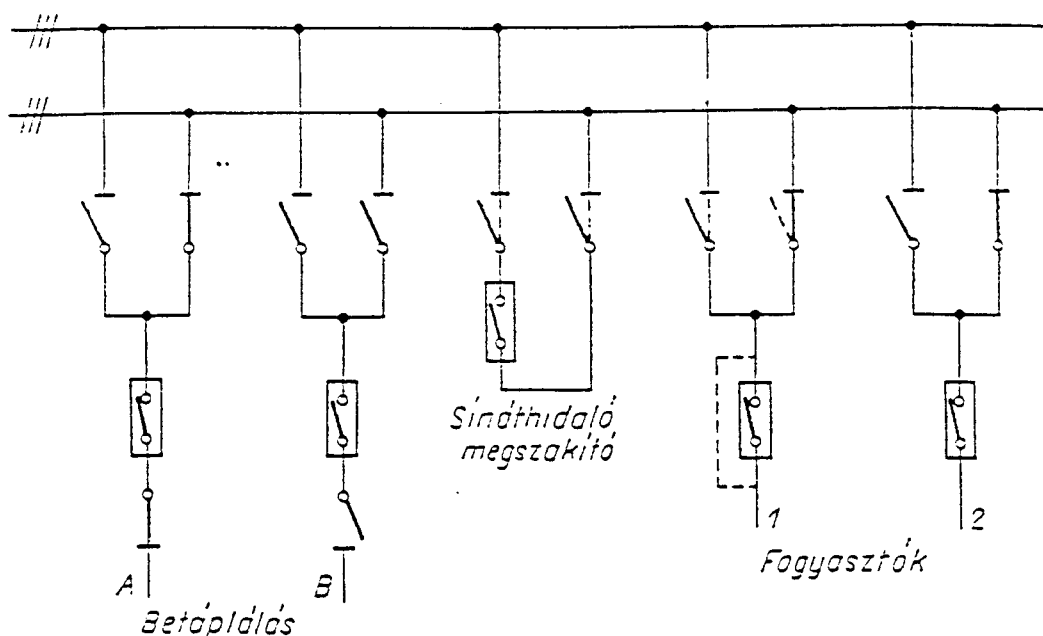
2. ábra. Ipari nagyüzem villamos alállomásának egyvonalas kapcsolási rajza, osztott egyes gyűjtősínes megoldással.

Osztatlan egyes gyűjtősínes a) háromvonalas és b) egyvonalas kapcsolási rajz látható a 3. ábrán.



3. ábra. Osztatlan egyes gyűjtősín a) háromvonalas, b) egyvonalas rajza.

A **gyűjtősínek** több áramkör közös vezetékszakaszai, amelyek a betápláló és leágazó (fogyasztó) vezetékeket kötik össze. A gyűjtősínek általában szigetetlen réz vagy alumínium rudak, amelyek keresztmetszete kör, négyszög, L vagy U alakú. Szabadtéri berendezéseknél réz vagy aludur sodronyokat alkalmaznak. Az energiaellátás biztonsága miatt gyakran osztott kivitelben (lásd 2. ábra) készítik. Folyamatosan üzemelő fogyasztók esetén kettős gyűjtősíneket alakítanak ki, mint az a 4. ábrán látható. Ily módon biztosítható, hogy az egyik rendszer hibája esetén is folyamatos legyen a villamosenergia-ellátás. A sínáthidaló segítségével számos kapcsolási lehetőség biztosítható. Pl. egy meghibásodott megszakító is helyettesíthető (lásd a 4. ábrán az 1. sz. fogyasztó) vagy a fogyasztók betáplálásának egyes gyűjtősínszakaszokra való bontása.



4. ábra. Kettős gyűjtősín egyvonalas kapcsolási rajza.

A **szakaszoló** olyan kapcsolókészülék, amelyet terhelés alatt (ha rajta áram folyik) működtetni nem szabad, mert nincs ellátva ívoldó berendezéssel. Feladata az áram útjának kijelölése és az egyes vezetőszakaszoknak, leágazásoknak, készülékeknek vagy gépeknek a hálózatról való szemmel látható leválasztása (feszültségmentesítés).

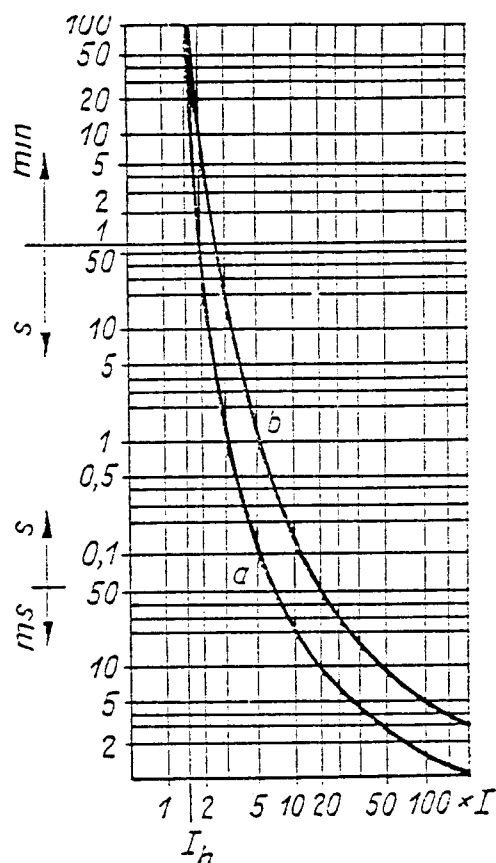
A **megszakító** vagy **teljesítménykapcsoló** olyan kapcsolókészülék, amely el van látva ívoldó berendezéssel, ezért még zárlati áram megszakítására is alkalmas. Ez tulajdonképpen az egyes villamos berendezések főkapcsolója. A kiépített védelmi rendszer is ezt a kapcsolót működteti.

A **kontaktorok** vagy egyszerűen csak **kapcsolók** olyan kapcsolókészülékek, amelyek üzemszerű terhelés ki- és bekapcsolására alkalmasak, de zárlati áramot nem képesek megszakítani.

Az **olvadóbiztosítók** az áramkör olyan könnyen cserélhető vezető részei, amelyek túláram okozta hő hatására kiolvadnak és megszakítják az áramkört. Az olvadóbiztosítónak három fő alkatrésze van: Az olvadószál, amely ezüst, réz, ólom, wolfram vagy ezek ötvözetéből készül; a burkolat, amely az olvadószálat veszi körül és üres vagy olyan töltetet tartalmaz, amely az ív kioltását elősegíti; az aljzat, amely az áramkörrel létesít fémes kapcsolatot és biztosítja a könnyű cserélhetőséget. A biztosítókat névleges áramuk, határáramuk, kiolvadási jelleggörbájük és megszakítóképeségük jellemzi. Lehetnek normál (D típusú) és lomha (NOL típusú) kiolvadásúak. Működési önidejük kb. 0,3-0,5 s, a lomha biztosítóké kb. 1 s. Vannak gyors és szupergyors biztosítók is, ezeket

félvezetők és hálózatok védelmére használják. Működési önidejük kisebb, mint 0,2 s. A biztosító kiolvadási jelleggörbét mutatja az 5. ábra.

A biztosító névleges árama az az áram, amelyre a biztosító készül és amely üzemszerűen, tartósan átfolyhat rajta. Határáram az az áram, amellyel a biztosító még terhelhető anélkül, hogy hosszabb idő alatt kiolvadna. Ez a névleges áram kb 1,1-1,5 szöröse. A megszakítóképesség az a kA-ben kifejezett áram, amelyet a biztosító névleges feszültségen még képes megszakítani anélkül, hogy szétrobbanna. A biztosítók kisfeszültségre (500 V-ig) és közép feszültségre (35 kV-ig) készülnek.

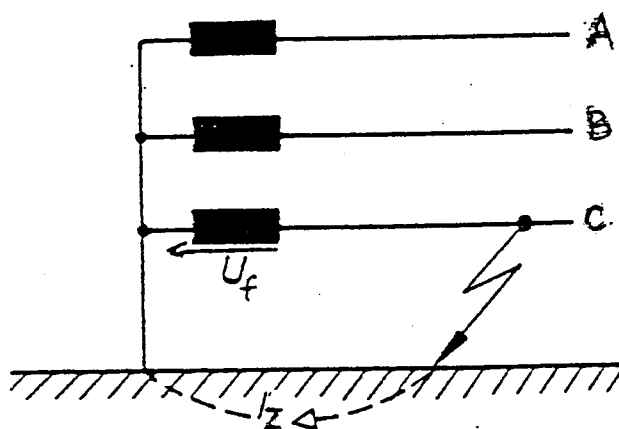


5. ábra. Gyors a) és lomha b) kiolvadású biztosító jelleggörbéje.

Ipari berendezések nagyteljesítményű helyein késev érintkezős, négyszög keresztmetszetű (NOL) típusú biztosítókat alkalmaznak 500 V feszültségig és 600 A áramerősségig. Kisteljesítményű fogyasztóknál és a háztartásokban normál (D) biztosítókat használnak 500 V feszültségig és 2-200 A áramerősségig becsavarható kivitelben. A közép feszültségű biztosítók zárt, hengeres kivitelűek és gyakran a szakaszolókkal összeépítve kerülnek megvalósításra,

Hálózatok üzemi földelése.

Magyarországon a legnagyobb (750 kV) névleges feszültségű távvezeték Ukrajna és az albertirsai 750/400 kV-os állomás között van. A közcélú, országos **alaphálózat** névleges feszültsége 400 kV. A közcélú, országos villamos **elosztóhálózat** névleges feszültsége 120 kV. Ezek a hálózatok közvetlenül földeltek, ami az jelenti, hogy a transzformátor szekunder oldalának csillagpontja a potenciál rögzítése céljából le van földelve. Ilyen megoldású a **kisfeszültségű 400/230 V** névleges feszültségű **elosztóhálózat** is. Ha az egyik fázis földzárlatba kerül (lásd a 6. sz. ábrán a C fázis), akkor a fázisfeszültség a földön keresztül a csillagpont felé zárlati áramot (I_z) hajt, amelynek hatása igen romboló lehet, ezért olyan védelmet kell kialakítani, amely gyorsan lekapcsol.

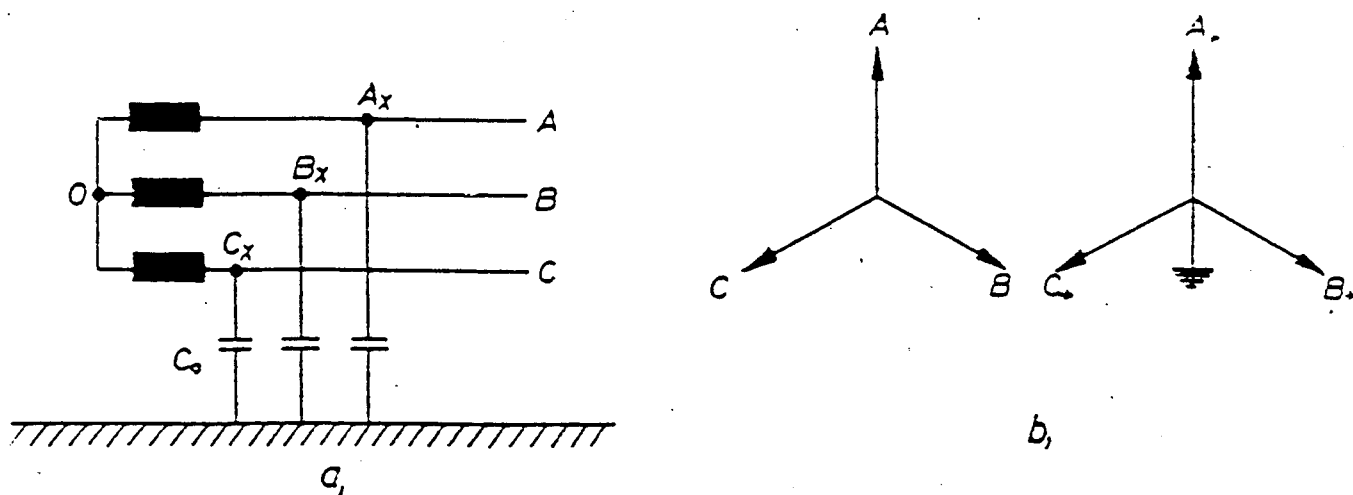


6. ábra. Közvetlen földelt háromfázisú rendszer földzárlata.

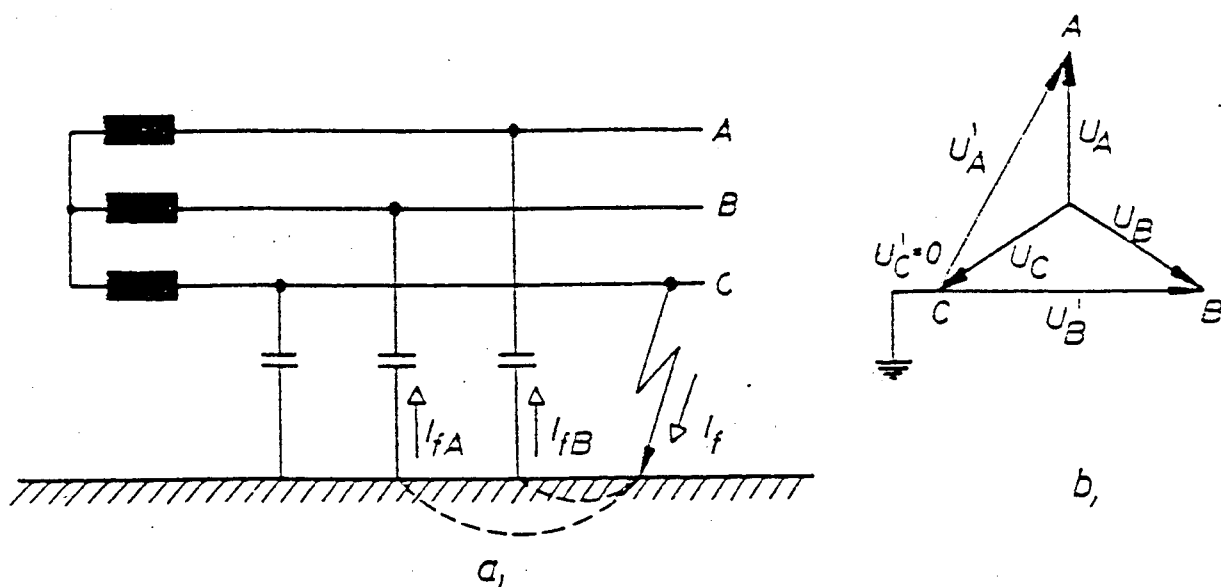
Földeletlen (szigetelt) rendszert ábrázol a 7. sz. ábra. Nálunk a középfeszültségű hálózatok (35, 20, 10, 6 és 3 kV) ilyenek. A fázisvezető és a föld kondenzátort képez, amely egy C_0 kapacitással jellemezhető. Hibátlan esetben a rendszer és a kondenzátorok feszültsége szimmetrikus (7. b) ábra). Földzárlat esetén (8. ábra) a C fázis feszültsége a hibahelyen 0 V, a másik két fázis feszültsége vonali értékre emelkedik és I_f hibaáram alakul ki, amely az ép fázisok földkapacitásán keresztül záródik. Az áram nagysága a következő képlettel számítható:

$$I_f = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \omega \cdot C_0 \quad [\text{A}]$$

- ahol - U_f [V] a fázisfeszültség értéke,
- ω [s^{-1}] a hálózati körfrekvencia,
- C_0 [F] az ép fázisok földkapacitása.

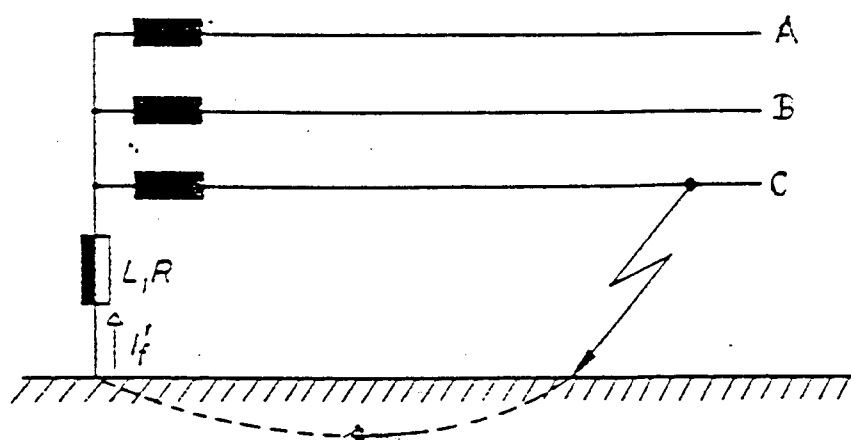


7. ábra. Földeletlen (szigetelt) rendszer hibátlan esetben.



8. ábra. Földeletlen (szigetelt) rendszer földzárlat esetén.

A 9. ábra egy nagyértékű impedancián (ellenállás vagy induktivitás) keresztül földelt (közvetve földelt) rendszert ábrázol. A közvetett földelés célja éppen a földzárlat jelzésére szolgál. A hibaáram ezen az impedancián feszültségesést hoz létre, amely a földzárlat jelzésére felhasználható. Az induktivitást (Petersen-tekerceszt) szabadvezetékek esetén alkalmazzák a távvezeték kapacitív áramának kompenzálása céljából. Ilyenkor a kialakuló hibaáram nagyobb lesz.



9. ábra. Közvetve földelt hálózat földzáriata.

Földelések.

A **földelés** egy berendezésnek, egy áramkör valamilyen részének vagy egy vezetőanyagú tárgynak a földdel való közvetlen vagy közvetett villamos vezetői összeköttetése. A földelés magában foglalja a földelőt és a földelővezetőt. A földelés rendeltetés szerint lehet: üzemi földelés, védőföldelés, segéd földelés, túlfeszültséglevezető földelése, villámhárító földelése, potenciálrögzítő földelés.

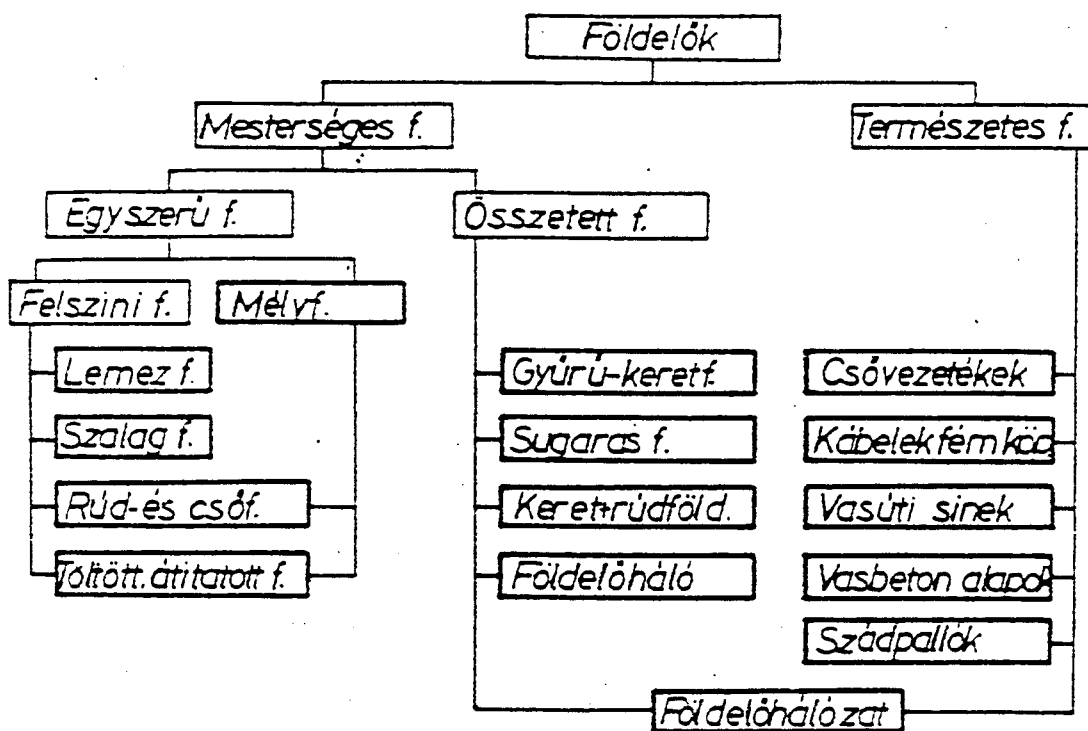
Az **üzemi földelés** a villamos hálózat üzemszerűen feszültség alatt álló pontjait köti össze a földdel. Célja legtöbbször a potenciál rögzítése.

A **védőföldelés**, kizárólag érintésvédelmi célból létesített földelés, amely az üzemszerűen feszültség alatt nem álló, az áramforrással fémes kapcsolatban nem lévő testhez van kötve.

A **segéd földelés** vagy **szonda**, mérés céljára készített földelés, amely áramvisszavezetésre vagy potenciálérzékelésre szolgál.

A **földelési ellenállás** a földelővezető, a földelő, a földelő és a talaj átmeneti ellenállásából, valamint a földelő szétterjedési ellenállásából tevődik össze. A **földelők** csoportosítása a 10. ábrán látható.

A földelési ellenállás gyakorlatilag a földelő szétterjedési ellenállásával egyezik meg, mert a földelővezető és a földelő fémből készül és fajlagos ellenállása a talaj fajlagos ellenállásától több nagyságrenddel kisebb, és az átmeneti ellenállás is kis érték. Az egyes anyagok fajlagos ellenállásának nagyságrendje az I.sz. táblázatban látható.



10. ábra. A földelők osztályozása.

Megnevezés	ρ [Ω m]
Jólvezető fémek	10^{-8}
Vas, ólom	10^{-7}
Nikkel-, krómötvözetek	10^{-6}
Igen jól vezető érc	10^{-5}
Grafit	10^{-4}
Vezető érc, savas elektrolitek	10^{-2}
Tengervíz	1
Nedves, kovás agyag, márga, humusz	10^2
Szárazabb márga, humusz, nedves homok	10^2
Tó- és folyóvíz	10^2
Szárazabb kavicsos homok	10^3
Sziklás talaj	10^4
Beton	10^5
Márvány	10^6
Desztillált víz	$10^6 \dots 10^7$
Csillám	$10^{12} \dots 10^{15}$
Parafin	$10^{16} \dots 10^{21}$

I. táblázat. Az anyagok fajlagos ellenállásainak nagyságrendje.

A földelési ill. szétterjedési ellenállás számítása.

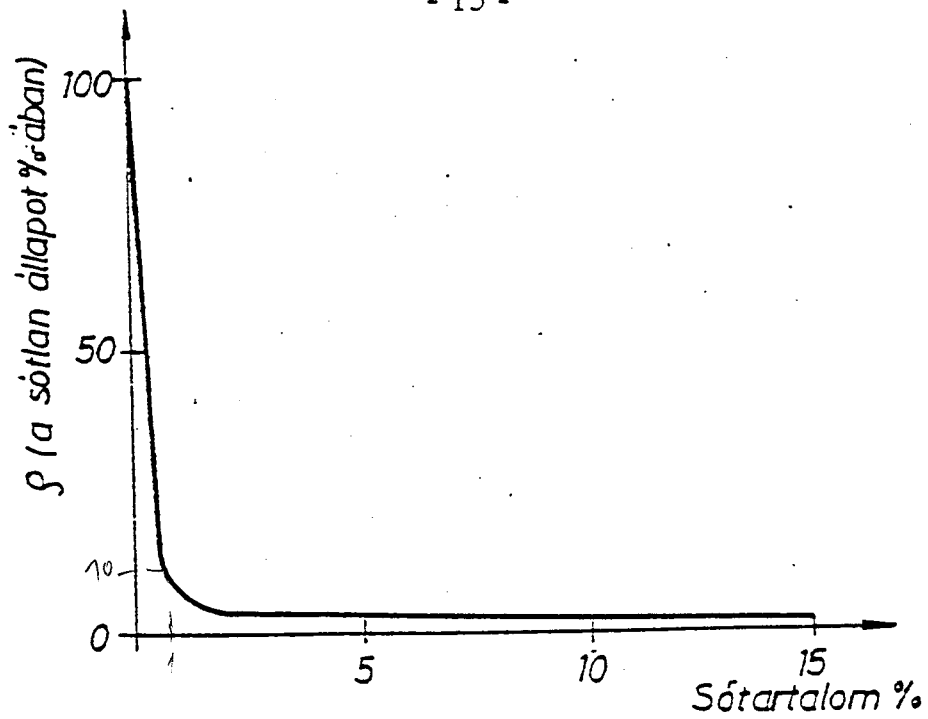
A talaj két fő alkotóeleme szilícium- (SiO_2) és alumíniumoxid (Al_2O_3), amelyek kitűnő szigetelők. A talaj vezetőképességét a beágyazott sóknak és a nedvességnek köszönheti, ezért fajlagos ellenállása a fémekénél 8-10 nagyságrenddel nagyobb (lásd I. sz. táblázat). Ahhoz, hogy a földelési ellenállást ki tudjuk számítani, ismernünk kell a talaj fajlagos ellenállását, valamint a földelő alakját és geometriai méreteit.

Az egyes talajfajták fajlagos ellenállásait a II. sz. táblázat foglalja össze. A **talaj fajlagos ellenállása** az egy méter élhosszúságú talajkocka két szemben lévő lapja közötti ellenállás.

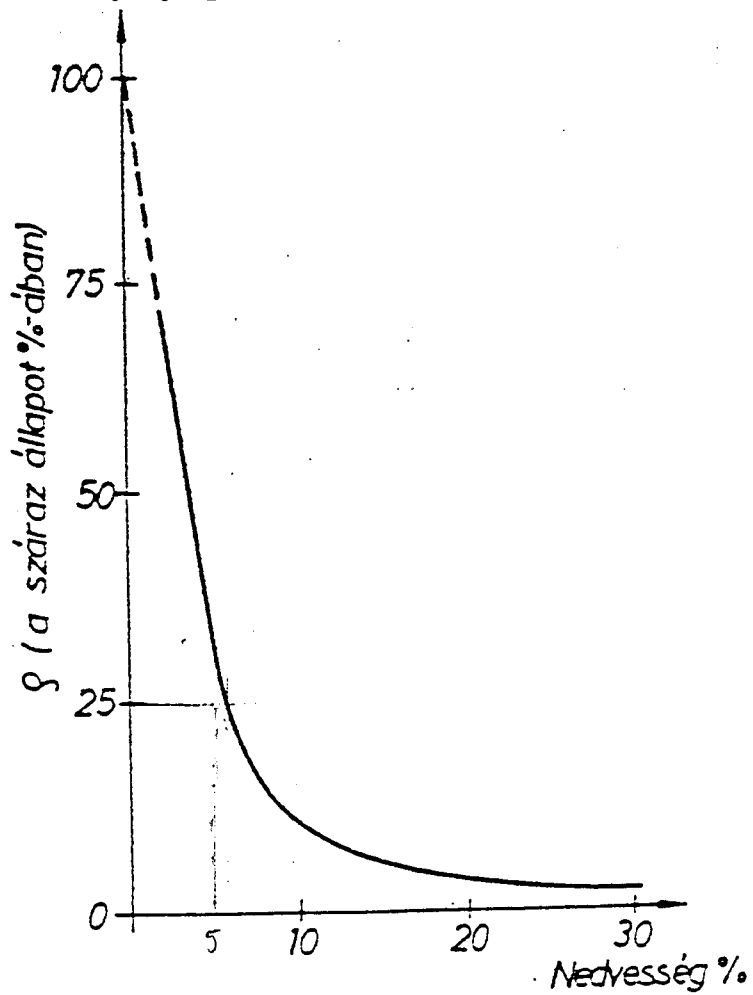
Talajfajta	Fajlagos ellenállás [Ω m]
Tőzeges talaj	10 - 50
Termőföld	20 - 40
Talajviz	20 - 35
Agyag	30 - 50
Nedves, homokos talaj	60 - 200
Kavicsos agyagos talaj	200 - 300
Nedves, kavicsos talaj	130 - 300
Mészke	200 - 650
Száraz, homokos talaj	500 - 1000
Száraz, kavicsos talaj	1000 - 4000
Sziklás talajok	6000 - 10000

II. táblázat. Talajfajták fajlagos ellenállása.

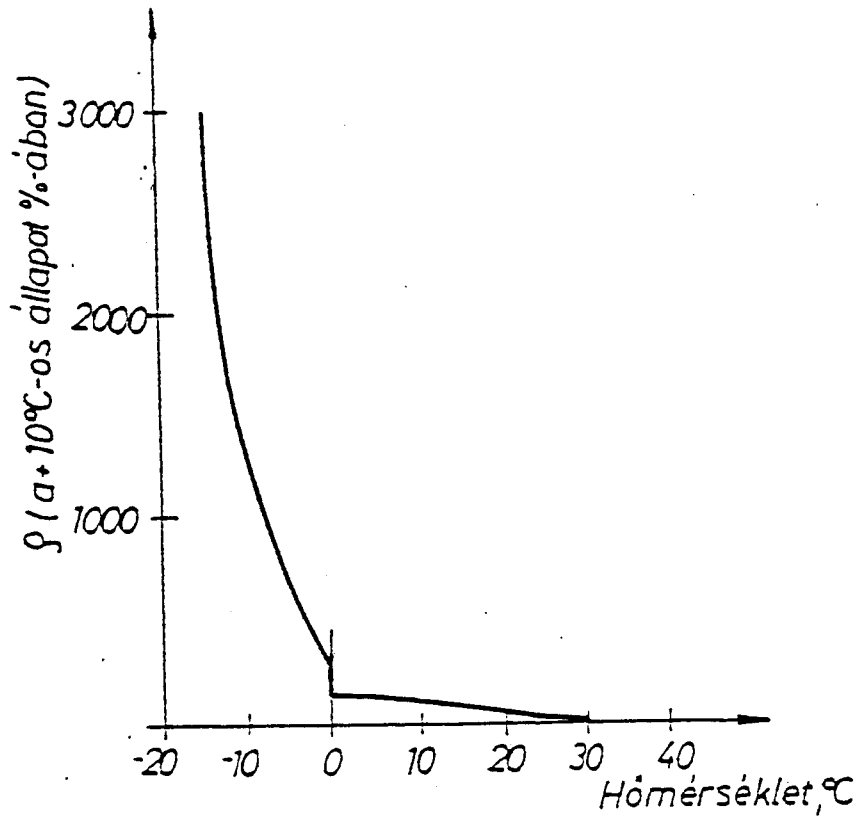
Mivel a talaj alkotóelemei villamosan szigetelők, a talaj áramvezetése elektrolitos jellegű, a vezetésben a földben lévő sóoldatok vesznek részt. Ezért a talaj fajlagos ellenállása erősen függ a sótartalomtól (11. ábra), nedvességtartalomtól (12. ábra) és a hőmérséklettől (13. ábra).



11. ábra. A talaj fajlagos ellenállásának függése a sóttartalomtól.

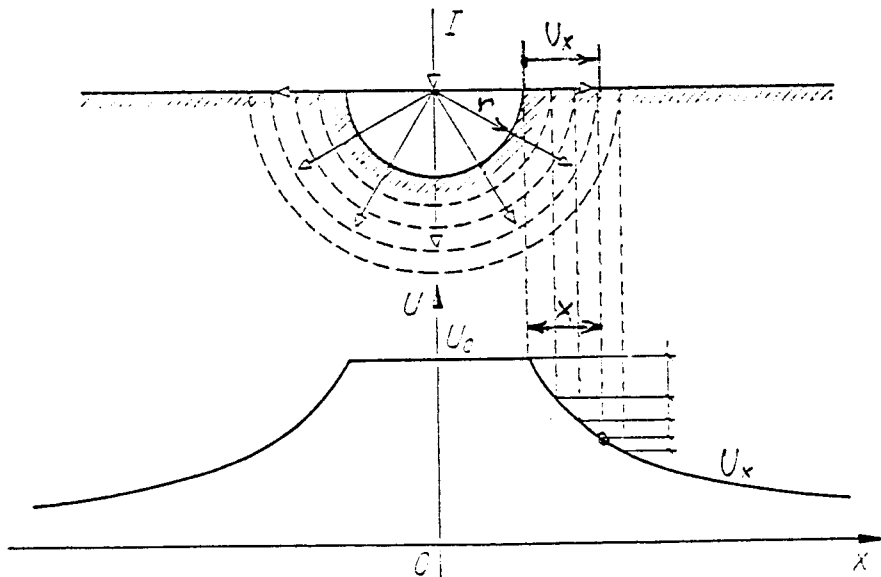


12. ábra. A talaj fajlagos ellenállásának függése a nedvességtartalomtól.



13. ábra. A talaj fajlagos ellenállásának függése a hőmérséklettől.

A számításnál a talaj fajlagos ellenállását homogénnek tételezzük fel. A számítást **felszíni félgömb-földelő** estére végezzük el. a 14. ábra alapján.



14. ábra. Felszíni félgömb-földelő a szétterjedési ellenállás számításához.

Az ábrán látható, hogy a földben a potenciáeloszlás hiperbolikus.

A földelő felszínétől x távolságra az áramsűrűség:

$$i_x = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot x^2} \quad [\text{A/m}^2]$$

A potenciálgradiens értéke:

$$u_x = \rho \cdot i_x = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot x^2} \quad [\text{V/m}]$$

A feszültség x távolságra:

$$U_x = \int_r^x u_x \cdot dx = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \int_r^x \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x} \right) \quad [\text{V}]$$

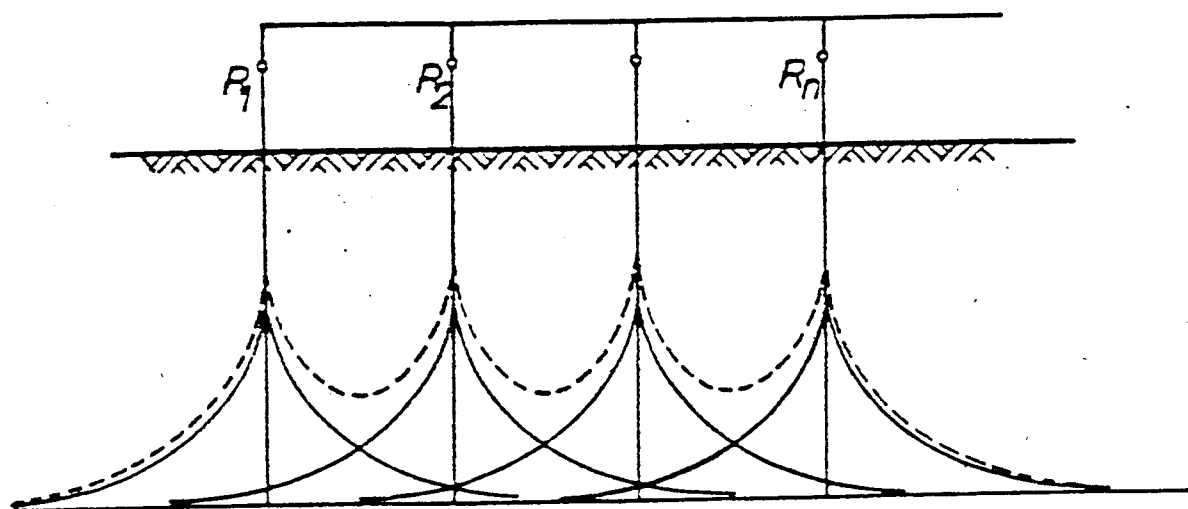
$$U_{x \rightarrow \infty} = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad [\text{V}]$$

A szétterjedési ellenállás értéke:


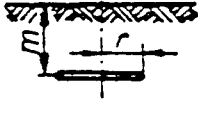
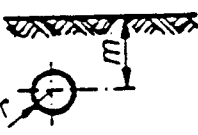
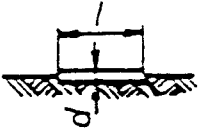
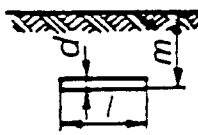
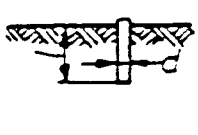

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad [\Omega]$$

Néhány egyszerű földelő szétterjedési ellenállása látható a III. táblázatban.

A földelési ellenállást méretezni kell. A talaj fajlagos ellenállása viszonylag nagy érték a vezetők fajlagos ellenállásához képest (II. sz. táblázat), ezért az egyes földeléseket párhuzamosan kapcsolják az eredő ellenállás csökkentése érdekében (15. ábra).



15. ábra. Párhuzamosan kapcsolt földelők eredő potenciálterének alakulása.

	Elhelyezési mód	Képlet	Megjegyzés
Lemezfeldelők		$R = \frac{\rho}{4r}$	
		$R = \frac{\rho}{8r} \left(1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{r}{\sqrt{4m^2 + r^2}} \right)$	
		$R = \frac{\rho}{8r} \left(1 + \frac{r}{\pi m} \right)$	$m > r$
Szalagfeldelők		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l \gg d$
		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2m} \right)$ (gyors számításához: $R \approx \frac{2\rho}{l}$)	$m \gg d$ és $l \gg m$
Rúdfeldelők		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$ (gyors számításához: $R \approx \frac{\rho}{l}$)	$l \gg d$
Mélyföldelők		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4m+l}{m-l} \right)$	$l \gg d$ és $m \gg \frac{l}{2}$

III. táblázat. Néhány földelő szétterjedési ellenállásának számítása.

A 15. ábrán látható, hogy az egyes földelések potenciáaltere átfedi egymást. Emiatt az eredő ellenállás nagyobb, mint akkor lenne, ha a potenciáalterek függetlenek lennének egymástól (gyakorlatilag kb. 20-30 m). Ezt egy jósági tényezővel vesszük figyelembe. Az eredő földelési ellenállás értéke végtelen távol lévő, párhuzamosan kapcsolt földelések esetén:

$$\frac{1}{R_{e\infty}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

A jósági tényező értéke:

$$\gamma = \frac{R_{e\infty}}{R_e} \leq 1$$

Az eredő földelési ellenállás n darab egyforma földelő esetén:

$$R_e = \frac{R_1}{n \cdot \gamma}$$

Földelési ellenállás mérése.

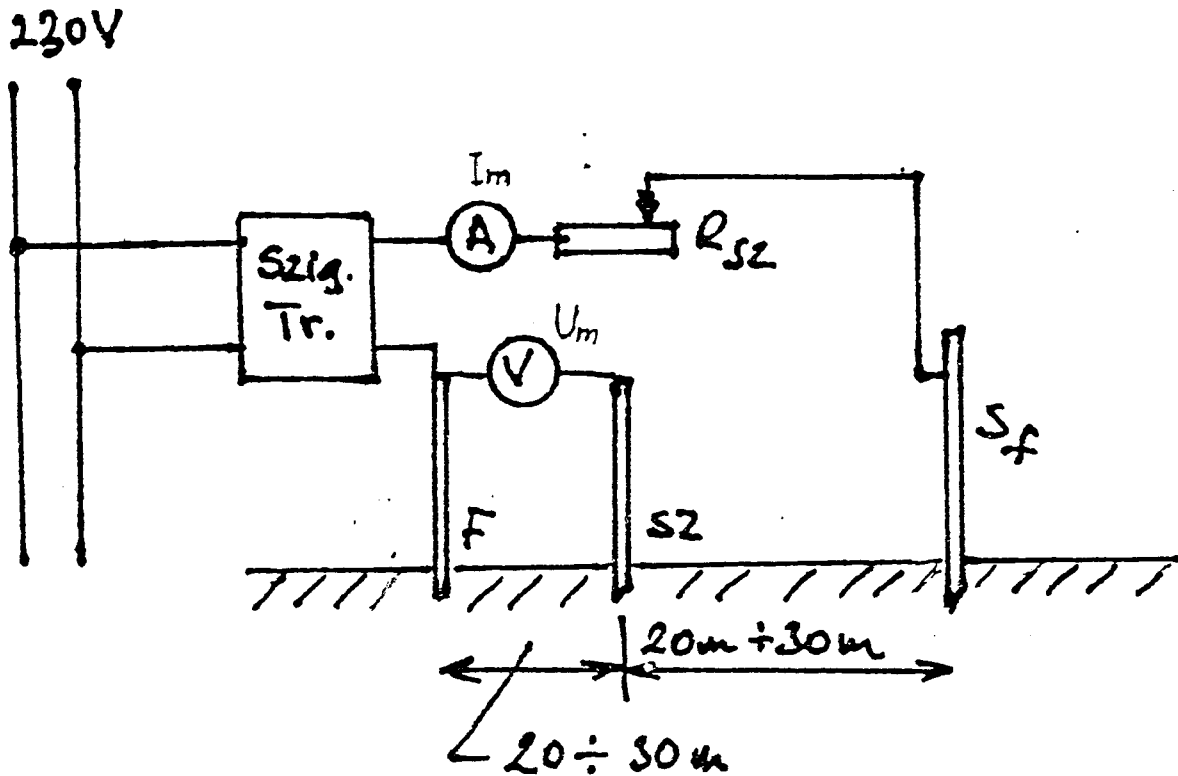
A földelési ellenállást ill. szétterjedési ellenállást számítani csupán néhány esetben lehet (lásd III. táblázat). A számítás összetett földelések esetén különösen bonyolult, ezért leggyakrabban megméri. A mérést mindig váltakozó árammal kell végezni.

Erősáramú módszer:

A mérés kapcsolási rajza a 16. ábrán látható. A mérendő földelésen és egy külön a mérés céljára létesített segéd földelésen (ellen földelésen) át néhány amper nagyságú váltakozó áramot vezetnek a földön keresztül egy 1:1 áttételű szigetelő transzformátor közbeiktatásával. Mérik az áramerősséget, és ugyanakkor egy - szintén a földelés mérés céljára levett - szonda és a mérendő földelés közötti feszültséget. Az áram által átjárt földelések közvetlen környezetében a föld potenciálja erősen változik, ezért a szondát és a segéd földelést a mérendő földeléstől olyan messzire kell elhelyezni, hogy közöttük számottevő olyan talajrész legyen ahol a potenciál gyakorlatilag már azonos (17/b. ábra U görbéjének vízszintes szakasza). Egyszerű rúd földelők esetében ez a távolság kb. 20-30 m. A földelési ellenállás a mért adatokkal a következőképpen számítható:

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

A mérés ideje alatt a földelések közelében nem szabad mozogni, mert számottevő lépéshőfeszültség léphet fel, amely veszélyes lehet.



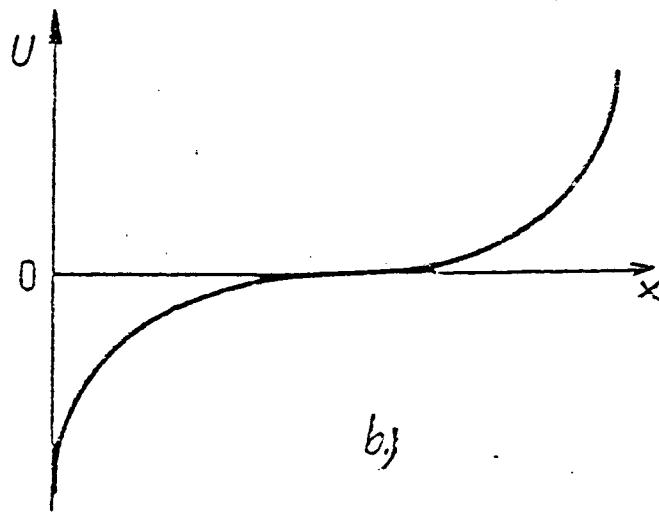
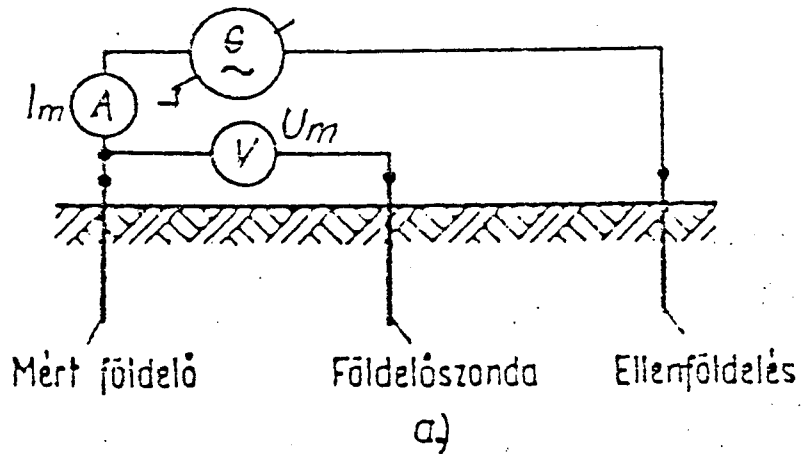
16. ábra. Földelési ellenállás mérése erősáramú módszerrel.

Gyengeáramú módszer:

Ha a földben folyó idegen áramok a mérést zavarják, vagy ha olyan földelési ellenállást kell megmérni, amelynek értéke 1Ω -nál nagyobb és nem áll rendelkezésre a közelben hálózati feszültség, akkor az ún. gyengeáramú módszer is elfogadható. A mérés kapcsolása a 17. ábrán látható. A mérés lényege az, hogy egy kis kézi hajtású generátorral max. 250 mA nagyságú váltakozó áramot hajtanak át a mérendő földelés és az ellenföldelés között. A mért földelési ellenállás értéke a fenti képlettel számítható Ohm törvénye alapján.

Gyengeáramú kompenzációs módszer:

A mérés kapcsolási vázлата a 18. ábrán látható. Ebben az esetben is egy kis kézi hajtású generátort és egy 1:1 áttételű transzformátort használnak. A mérés lényege, hogy a mérőárammal azonos nagyságú áramot hajtanak át egy műszerbe épített hiteles ellenálláson keresztül. A csúszzóérintkező és a szonda közé kapcsolt galvanométerrel kikeresik az ellenállásnak azt a helyét, amely a szondával azonos potenciálon van.



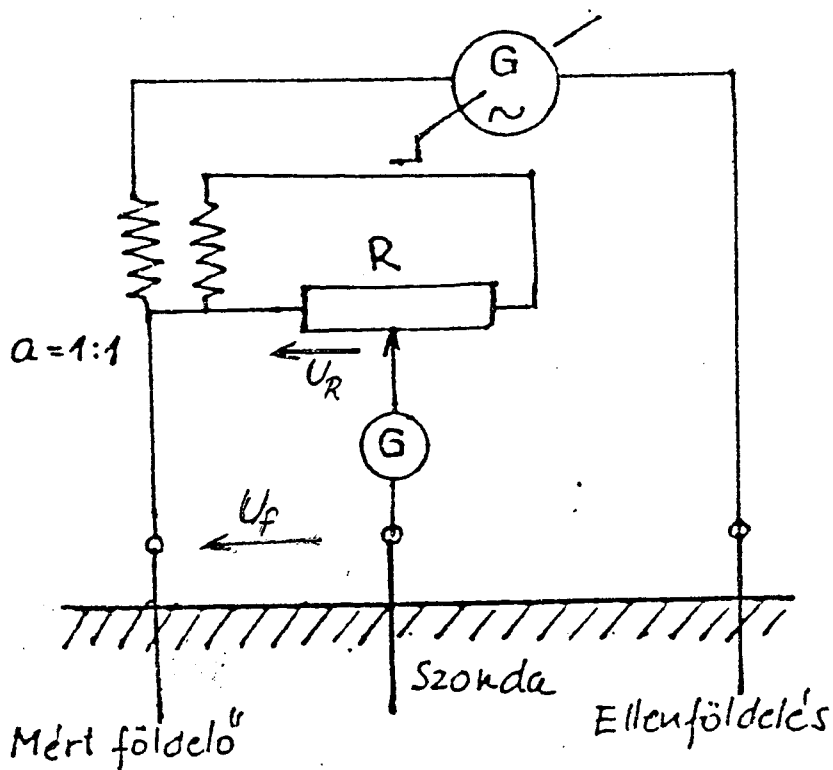
17. ábra. Földelési ellenállás mérése gyengeáramú módszerrel.
a) Kapcsolási rajz; b) Potenciáeloszlás.

Ez akkor következik be, ha a galvanométer nullát mutat. Mivel ugyanolyan nagyságú áram folyik át a vizsgált földelőn (földben), mint az ellenálláson, a feszültségesések csak akkor lehetnek azonosak ($U_f = U_R$), ha ellenállásuk is egyforma. Ez az ellenállásérték a műszerbe épített ellenállás skáláján közvetlenül leolvasható.

A talaj fajlagos ellenállása nagymértékben függ az időjárástól. ezért a különböző időben végzett mérések eredményei eltérhetnek egymástól. Mivel a földelési ellenállásnak a legkedvezőtlenebb körülmények között is megfelelőnek kell lennie, ezért a mérés eredményét egy reális, legrosszabb állapotra (hideg, száraz talaj) kívánatos átszámítani a következő képlet alapján:

$$R_f = k \cdot R_m$$

Ahol: R_f - a szükséges földelési ellenállás értéke [Ω],
 R_m - a mért földelési ellenállás értéke [Ω],
 k - korrekciós tényező a IV. táblázatból.



18. ábra. Földelési ellenállás mérése gyengeáramú kompenzációs módszerrel.

Hurokellenállás mérése:

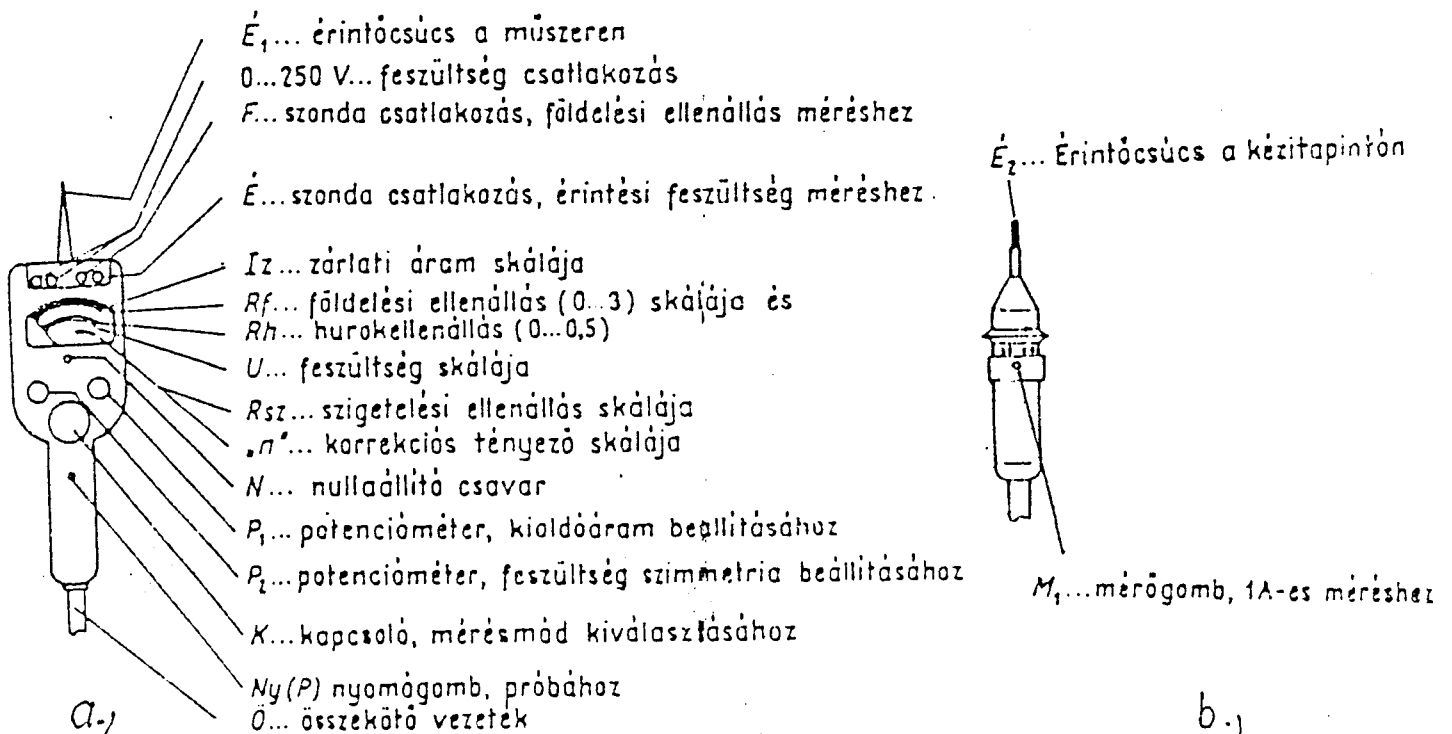
A későbbiekben látni fogjuk, hogy a "Nullázás" megvalósításakor a kialakuló zárlati hurok ellenállását mértezní kell. A hurokellenállás mérésére külön műszereket fejlesztettek ki. Ezek közül az ÉVÉ-AUT II. típusú kombinált érintésvédelmi ellenőrző műszert ismertetjük. A műszerrel alapvetően 0,5 ohm-nál nagyobb hurokellenállások mérhetőek meg. Egy kiegészítőegység alkalmazásával kisebb értékű hurokellenállás, földelési ellenállás és más az érintésvédelmi szabványban elő nem írt mennyiségek mérésére is alkalmas. A műszer előlnézeti rajza a 19. ábrán látható.

A műszer mutatóját a mérés megkezdése előtt a nullaállító csavarral mechanikusan nullára kell állítani. A műszeren lévő érintkezőcsúcsot a fázisvezetőhöz, a kézitapintón lévő a vizsgált testhez kell érinteni. Ha a mérismódválasztó k kapcsoló $U-Rsz$ (egyes műszereken $V-m\Omega$) állásban áll, akkor a műszernek közelítőleg a fázisfeszültséget kell mutatnia. Ha egyáltalán nem, vagy kis értéket mutat, akkor vagy a védővezető szakadt,

vagy nincs hálózati feszültség, vagy rossz valamelyik érintkezés.

A mérés		
hónapja	nedves	száraz
	időben történt	
Január	1,30	1,00
Február	1,30	1,00
Március	1,35	1,05
Április	1,50	1,10
Május	1,60	1,20
Junius	1,80	1,25
Julius	2,00	1,40
Augusztus	2,05	1,40
Szeptember	1,90	1,35
Október	1,75	1,30
November	1,60	1,15
December	1,45	1,10

IV. táblázat. A "k" korrekciós tényező értékei.



19. ábra. ÉVÉ-AUT II. érintésvédelmi műszer előlnézeti képe.

Ha a műszer a fázisfeszültséget mutatja, akkor a k kapcsolót R_h állásba kapcsoljuk át, és ugyanezeket a pontokat érintjük. Ha a műszer nem mutat nullát, akkor a baloldali P_2 potencióméterrel villamosan is nullára állítjuk. Ezután a műszeren lévő nyomógomb megnyomásával próbaterhelést adunk az áramkörre. Ha ennek hatására a műszer nem tér ki, vagy csak a műszerskálán lévő piros P pontnál kisebb mértékben tér ki, akkor a védővezető ép, a mérés elvégezhető. Ha a műszer ennél jobban tér ki, akkor a védővezetőben érintkezési hiba van, a mérés lefolytatása a berendezést érintőkre életveszélyt jelent. Ha a védővezető ép, akkor a próbagombot elengedve, a kézítapintón lévő (1 A-es terhelést jelentő) nyomógombot nyomjuk meg és a műszer P_n (0-0,5 beosztású) skáláján leolvasott értéket 10-zel szorozva kapjuk meg a hurokellenállás értékét.

Az így leolvasott érték csak abban az esetben lesz pontos, ha a méréskor a hálózati feszültség 230 V volt. Ennek megállapítására ill. a korrekciós tényező meghatározására a k kapcsolót átkapcsoljuk az n állásba és minden nyomógomb megnyomás nélkül a fázis- és nullavezető között végzünk mérést ! Ilyenkor a műszer a többi skálánál lényegesen rövidebb n skálán mutatja a korrekciós tényező értékét. A mérés pontos eredménye tehát:

$$R_n = 10 \cdot \alpha \cdot n$$

- Ahol : α - a P_n skálán leolvasott érték,
n - a korrekciós tényező értéke.

Villamos berendezések biztonságos létesítése.

A villamosenergia termelése, szállítása és felhasználása baleseti veszéllyel jár. A villamosenergia-ellátás biztonsága nem csupán gazdasági, de életvédelmi szempontból is igen fontos. Az élet-, vagyon- és üzembiztonság minimális szintjét szabványok írják elő, ezért a szabványok betartása mindenki számára kötelező ! A szabványok betűjelből és az azt követő számcsoporthoz állnak.

Szabványfajták csoportosítása:

1. Nemzetközi (világméretű) szint: ISO ...; IEC ...
2. Nemzetközi (európai) szint: EN ...
3. Nemzeti szint: MSZ ...

A nemzetközi szabványoknak megfelelő (szószerinti fordítás) magyar szabványok jelölése: MSZ ISO ...; MSZ IEC ...; MSZ EN ... Ha szabvány teljes egészében megegyezik a nemzetközi szabvánnyal, de nem szószerinti fordításban adják ki, akkor csak MSZ ... jelölést alkalmaz a Magyar Szabványügyi Testület. A szabvány tartalmazza a (IEC, EN) hivatkozást.

Szabványok típusai:

1. Alapszabvány; (Általános irányelveket tartalmaz.)
2. Általános szabvány; (Részletezi az alapszabványt általános esetre.)
3. Termékcsalád szabvány; (Berendezésekre, rendszerekre vonatkozó előírásokat tartalmaz.)
4. Termékszabvány. (Egyes gyártmányok speciális előírásait tartalmazza.)

Az EU országokban gyártott minden terméken fel kell tüntetni az "európai szabványnak megfelelő" CE jelet. A magyar termékeken jelenleg csak abban az esetben, ha azt EU tagországba exportálják.

A villamosenergia is termék. Minőségét a feszültséggel jellemzik. A feszültség minőségi jellemzőit az MSZ EN 50 160 szabvány írja elő.

Villamos berendezések létesítési szempontjai:

1. A létesítendő üzem (vállalat, cég) technológiai folyamatainak és azok összefüggéseinek megismerése.
2. A villamosenergia-ellátás biztonsága szempontjából az egyes villamos berendezések besorolása. (Milyen időtartamú energiekiesést viselnek el: I.:0,5-5 s; II.:5-15 min; III.:1-2 h; IV.;max 8 h.)
3. A helyiségek veszélyességi osztályba sorolása. (A, B, C, D, E)
4. Környezeti tényezők figyelembevétele. (IP ..; EVO ...)
5. Teljesítményigény, egyidejűségi tényező, teljesítménytényező figyelembevétele.
6. Egyes berendezések kiválasztása, belső elosztóhálózat és a közcélú energiahálózathoz való csatlakozás megtervezése.

Villamos gyártmányok védettsége (IP ..):

Jelenleg az MSZ 806 szabvány a villamos gyártmányokat a szilárd testek és a víz behatolásával szemben védettségi osztályba sorolja. Jele: IP .. és ezt egy kétjegyű szám követi, amelyek közül az első a szilárd idegen testek behatolása elleni védelemre, a második a víz behatolása elleni védelemre utal.

IP 00	IP 01	-							
IP 10	IP 11	IP 12	IP 13	-					
IP 20	IP 21	IP 22	IP 23	-					
IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34	-				
IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	-				
IP 50	-	-	-	IP 54	IP 55	IP 56	-		
IP 60	-	-	-	-	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68	

V. táblázat. Védettségi fokozatok választéka.

Az idegen szilárd testek behatolásával szembeni védelem egyben a személyzet védelemét is jelenti a gyártmány üzemszerűen feszültség alatt álló belső részeivel ill. belső mozgó részeivel való érintkezéssel szemben.

Első szám	Személyzet védelem a belső feszültség alatt lévő- ill. mozgó részek érintésével szemben	Szilárd idegen testek behatolása elleni védelem
0	Nincs védelem	Nincs védelem
1	Az emberi test nagyobb felületének (pl. tenyér) véletlen érintése ellen védett	Nagy méretű testek behatolásával szemben védett
2	Az ujjak érintésével szemben védett	Közepes nagyságú testek behatolása ellen védett
3	Szerszámok behatolásával szemben védett	Kisméretű, 2,5 mm-nél vastagabb tárgyakkal szemben védett
4	Kisátmérőjű (1 mm) eszközökkel szemben védett	Kisméretű, 1 mm-nél vastagabb tárgyakkal szemben védett
5	Teljes védelem	Káros porlerakódás ellen védett
6	Teljes védelem	Por behatolása ellen védett

VI. táblázat. A személyzet érintése és a szilárd testek behatolása elleni védelemi fokozatok.

Második szám	Víz behatolása elleni védelem
0	Nincs védelem
1	Csepegő víz ellen védett
2	A függőlegestől bármely irányban max. 15°-kal leeső vízcsepp ellen védett
3	Esővel (a függőlegestől bármely irányban max. 60°-kal eső vízzel) szemben védett
4	Fröccsenő (bármely irányból) víz ellen védett
5	Víz sugárral (bármely irányból) szemben védett
6	Hajófedélzeti körülményekkel szemben védett
7	Rövid idejű vízbemerítéssel szemben védett
8	Tartós vízbemerítéssel szemben védett (víz alatt üzemeltethető)

VII. táblázat. A víz behatolása elleni védelemi fokozatok.

Villamos berendezések érintésvédelmi osztályai (EVO.):

Minden villamos berendezést érintésvédelmi osztályba kell sorolni. Az egyes érintésvédelmi osztályokat a VIII. táblázat tartalmazza.

Érintésvédelmi osztály	Megnevezés	Jele
0	Nem nyújt érintésvédelmet (Normál üzemi szigetelése van)	-
I	Védővezetőhöz való csatlakozó kapcsa van	Egy körbe rajzolt földelés jel
II	Kettős vagy megerősített szigeteléssel készült	Két egymásba rajzolt négyzet
III	Törpefeszültségre készült	Csúcsára állított négyzetben egy III

VIII. táblázat. Villamos berendezések érintésvédelmi osztályai.

A villamos berendezések védettségi fokozatát és érintésvédelmi osztályát a kapocstáblán a névleges adatokkal együtt mindig meg kell adni !

Villamos érintésvédelem.

A villamos biztonságtechnika két nagy fejezetre osztható:

I. Közvetlen érintés elleni védelem: amelynek lényege, hogy üzemszerűen feszültség alatt álló szerkezeti részek véletlen vagy szándékos megérintése elleni védelemmel foglalkozik.

II. Közvetett érintés elleni védelem (Érintésvédelem): amelynek lényege, hogy üzemszerűen feszültség alatt nem álló, de meghibásodás következtében feszültség alá kerülő szerkezeti részek megérintése elleni védelemmel foglalkozik.

A közvetlen érintés elleni védelemmel az MSZ 1600 sz. "Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára." szabvány, és az MSZ 1610 sz. "Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára." szabvány, közvetett érintés elleni védelemmel az MSZ 172 sz. "Érintésvédelmi szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára." szabvány foglalkozik. A fenti három szabvány hamarosan összevonásra kerül az MSZ 1585 szabvánnyal és a nemzetközi (IEC 364) szabvánnyal teljesen harmonizáló új szabványsorozat fog életbe lépni MSZ 2364-... számon. Érintésvédelem szó használata esetén a közvetett érintés elleni védelmet értjük.

Az **érintésvédelem**, a testzáratok következtében esetleg fellépő érintési- és/vagy lépésfeszültség által okozott élettani veszélyek megelőzésére ill. csökkentésére szolgáló műszaki intézkedések összessége (MSZ 172).

A szabvány előírása szerint érintésvédelemmel kell ellátni minden villamos szerkezetet. **Villamos szerkezetnek** nevezünk minden olyan gyártmányt, amely **villamos berendezést** tartalmaz. Pl. villamos szerkezet a fogaskerék hajtómű, amelyet tengelykapcsoló köt össze egy villamos motorral. Az új szabvány előírása szerint a fogaskerék hajtóművet is el kell látni érintésvédelemmel. Nem kell érintésvédelemmel ellátni azokat a szerkezeti részeket, amelyeket a szabvány kivételként felsorol.

Érintésvédelemi alapfogalmak:

Hibafeszültség (U_h), - a meghibásodás folytán feszültség alá került test és a végtelen távoli földpotenciálú (0 V) hely közötti feszültség.

Érintési feszültség (U_E), két egyidejűleg érinthető, üzemszerűen feszültség alatt nem álló vezető anyag között szigetelési hiba következtében fellépő feszültség.

Megengedett érintési feszültség (U_L), az érintési feszültségnek az a legnagyobb értéke, amely adott körülmények között a szabvány szerint előírt ideig fennállhat.

Váltakozó áramú berendezés esetén: $U_L = 50 \text{ V}$ (effektív),

egyenáramú berendezés esetén: $U_L = 120 \text{ V}$.

Az előírt lekepcsolási idő: $t_{le} \hat{=} 5 \text{ s}$ (általános esetben), hordozható készülék esetén azonnal, de $t_{le} \hat{=} 0,2 \text{ s}$ -en belül.

Kikapcsolási áram (I_a), az az áramerősség, amelynek hatására a védelmi szerv a szabvány szerint előírt időn belül lekapcsol:

$$I_a = \alpha \cdot I_N$$

Ahol: α - a kioldási tényező,

I_N - a kioldó szerv névleges árama.

Lépésfeszültség (U_l), lépés közben a talajt érintő lábak között a talajban folyó földzárlati áram által okozott feszültségesség.

Törpéfeszültség (U_t), váltakozó áramú készülék esetén a legfeljebb **50 V** (effektív), egyenáramú készülék esetén a legfeljebb **120 V** névleges feszültségű készülék.

Érintésvédelmi módok.

Az érintésvédelmi módok két nagy csoportra oszthatók:

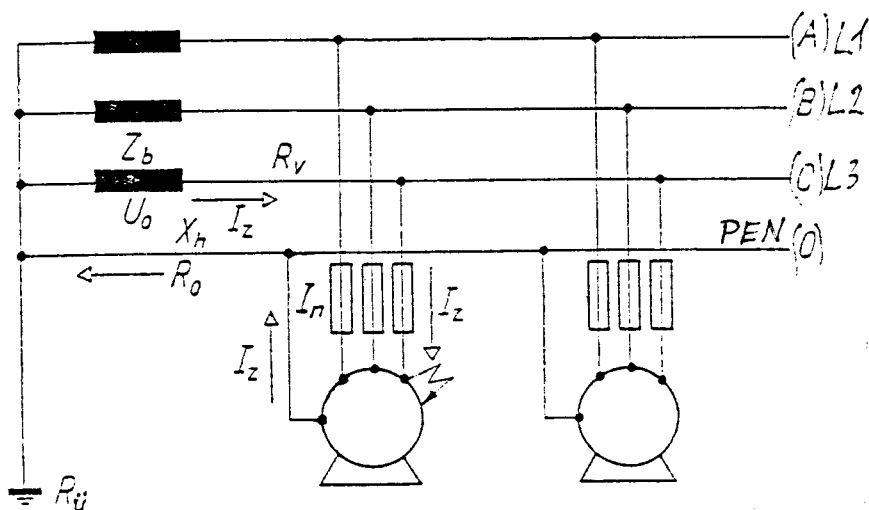
I. Védővezetős érintésvédelmi módok.

Ilyen módon az EVO: I. érintésvédelmi osztályú készülékek védhetők. A védővezető szabványos jele: "PE".

II. Védővezető nélküli érintésvédelmi módok.

I/1. TN-rendszer: Nullázás alkalmazása közvetlen földelt rendszerben.

Az első betű a rendszer állapotát jelzi: T [terra] - a rendszert tápláló transzformátor csillagpontja közvetlen földelt, a második betű pedig a védendő berendezés állapotát N [neutral] - a berendezés védővezetőhöz való csatlakozó kapcsát a nullavezetőhöz kell kötni. Ilyenkor a nullavezető egyúttal védővezető is (PEN). A készülék testét a nullavezetővel összekötő vezeték neve "nullázóvezető". A nullázás megvalósítása a 20. ábrán látható.



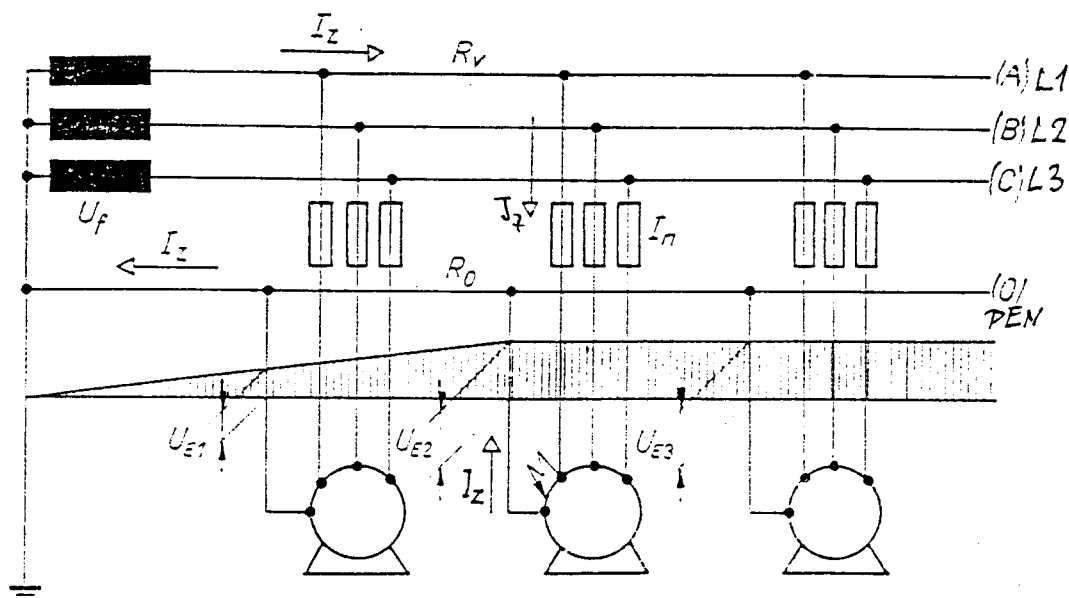
20. ábra. Nullázás alkalmazása közvetlen földelt rendszerben.

A villamos berendezés testzárlata esetén a transzformátor fázisfeszültsége zárlati áramot hajt a fázisvezetőn, a kioldószerben, a testen, a nullavezetőn keresztül. Az így kialakult zárlati hurok impedanciáját méretezni kell oly módon, hogy a zárlati áram azzal a kikapcsolási árammal legyen egyenlő, amely a szabványban előírt időn belül kikapcsolja legalább a hibás fázist, de jobb megoldás, ha a berendezést lekapcsolja a hálózatról. A szükséges hurokimpedancia értéke a következő képlettel számítható:

$$Z_h \leq \frac{U_f}{I_a}$$

A hurokimpedancia nagyságát alapvetően a fázisvezető-, a hibahelyi- és a nullavezető ellenállásának összege szabja meg, mert a transzformátor saját impedanciája és a zárlati hurok reaktanciája kis érték. A gyakorlatban elegendő tehát a hurokellenállás számítása ill. mérése. A nullázás alkalmazása több problémát vet fel:

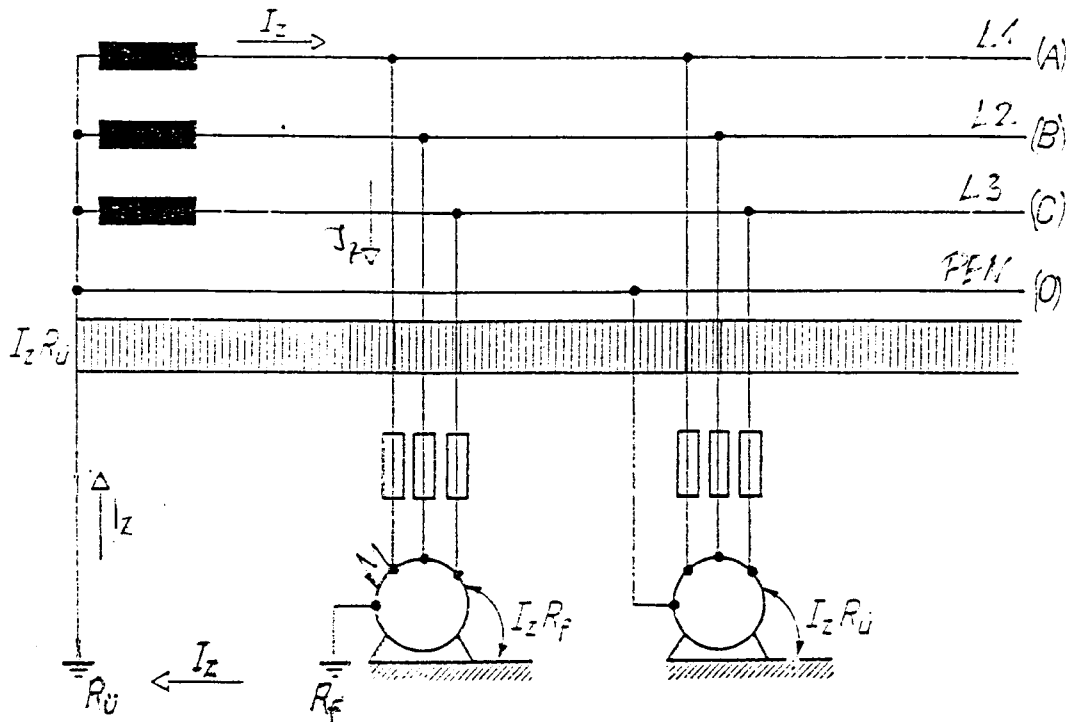
1.) A nullavezető a hibás berendezésről az érintési feszültséget a hibátlanokra is átviszi a 21. ábra szerint.



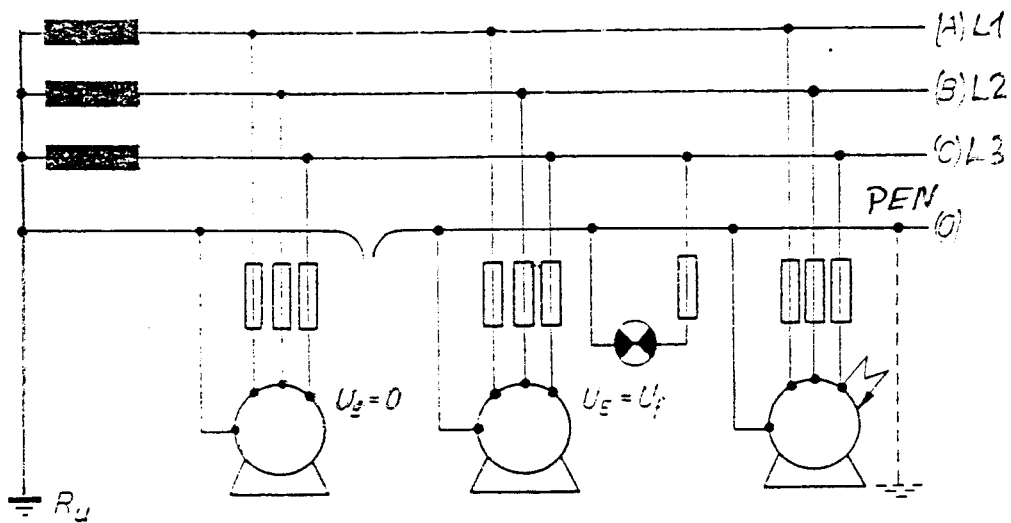
21. ábra. A nullavezető potenciáljának alakulása testzárlat esetén, ha a nullavezető csak a transzformátor csillagpontjánál földelt.

2.) Nullázott rendszerben védőföldeléssel ellátott, de nem nullázott berendezés testzárlata a nullavezető potenciálját veszélyes mértékben megnövelheti. Erre mutat példát a 22. ábra. Alapszabályként kijelenthető, hogy egy elosztóhálózaton csak egyféle védővezetős érintésvédelmi mód alkalmazható !

3.) A nullavezető szakadása súlyos villamos balesetet idézhet elő akkor, ha a szakadás után egyfázisú fogyasztó vagy testzárlatos háromfázisú fogyasztó van a hálózaton. Mivel áram nem folyik, a nullavezető szakadás utáni része fázisfeszültségre emelkedik. Ez látható a 23. ábrán. Ennek elkerülése érdekében a nullavezetőt igen gondosan kell szerelni, olvadóbiztosítót, kapcsolót beépíteni tilos és feddővédelemként több helyen (a hálózat elején és végén feltétlen) le kell földelni.

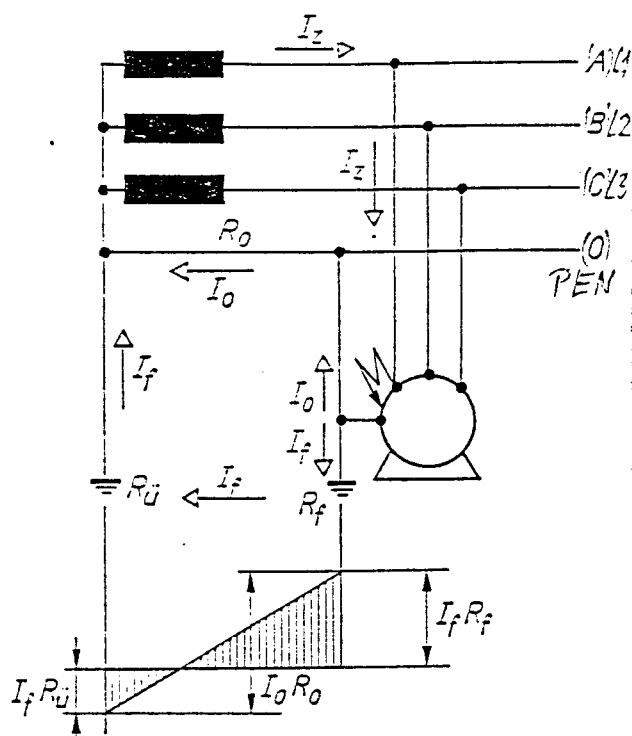


22. ábra. A nullvezető potenciáljának alakulása földelt, de nem nullázott berendezés testzárlata esetén.



23. ábra. A nullvezető potenciáljának alakulása a vezető szakadása esetén.

4.) Nullázás és védőföldelés együttes alkalmazása esetén a nullvezető potenciálja veszélyes mértékben megnövekedhet, amely a hibátlan berendezésekre is rákerül. Ez látható a 24. ábrán. Nem szabad az egyes érintésvédelmi módokat vegyesen alkalmazni !



24. ábra. A potenciálviszonyok alakulása egyszerre nullázott és földelt berendezés esetén,

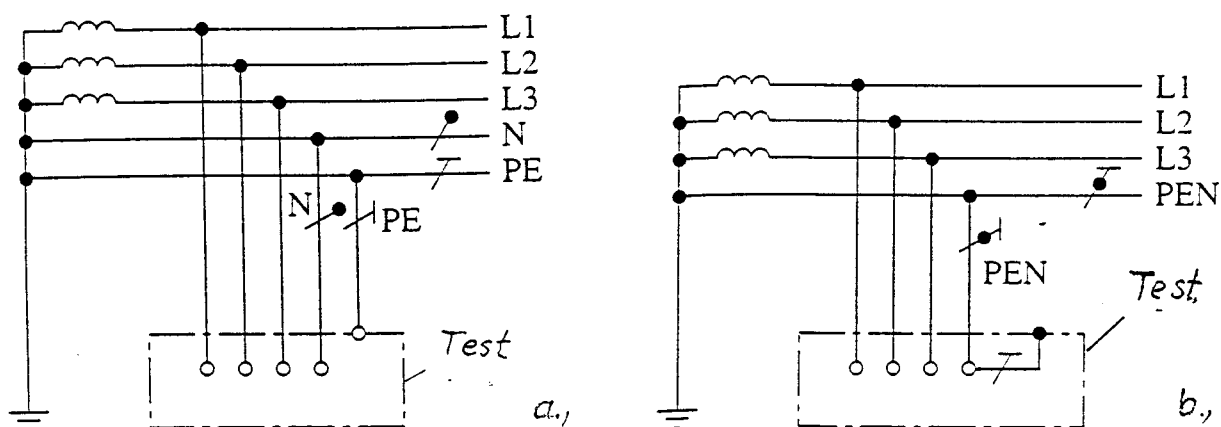
Egyfázisú berendezések esetében a test nem köthető össze a nullavezetővel, mert ezen is áram folyik és feszültség alatt van. Ebben az esetben feltétlen szükség van külön védővezetőre (PE). Ez a vezető is földelt a betápláló transzformátor csillagpontjánál a nullavezetővel együtt. Ilyenkor **ötvezetékes elosztóhálózatot** valósítanak meg. Ebben az esetben a háromfázisú fogyasztók testét is a védővezetővel kell összekötni és nem a nullavezetővel. A védővezető tulajdonképpen egyenpotenciálra hozó vezető (**földelt EPH**) szerepét tölti be. Ezáltal a védelem hatásossága is megnő. Az EPH-vezetővel nem csak a villamos berendezések testét, hanem minden más üzemszerűen feszültség alatt nem álló fémet (fogaskerék-hajtómű, vasoszlop, csővezeték, stb.) is rá kell kötni. Az üzemszerűen feszültség alatt nem álló részek ily módon párhuzamosan kapcsolódnak és eredőellenállásuk a legkisebb értékénél is kisebb lesz. Ezáltal kis érintési feszültség és ennek ellenére a hibahelyen nagyobb zárlati áram alakul ki. A védelmi szerv gyorsabban működik, mint ahogy az földelt EPH-vezető nélkül működne.

A nullázás tehát többféle képpen valósítható meg:

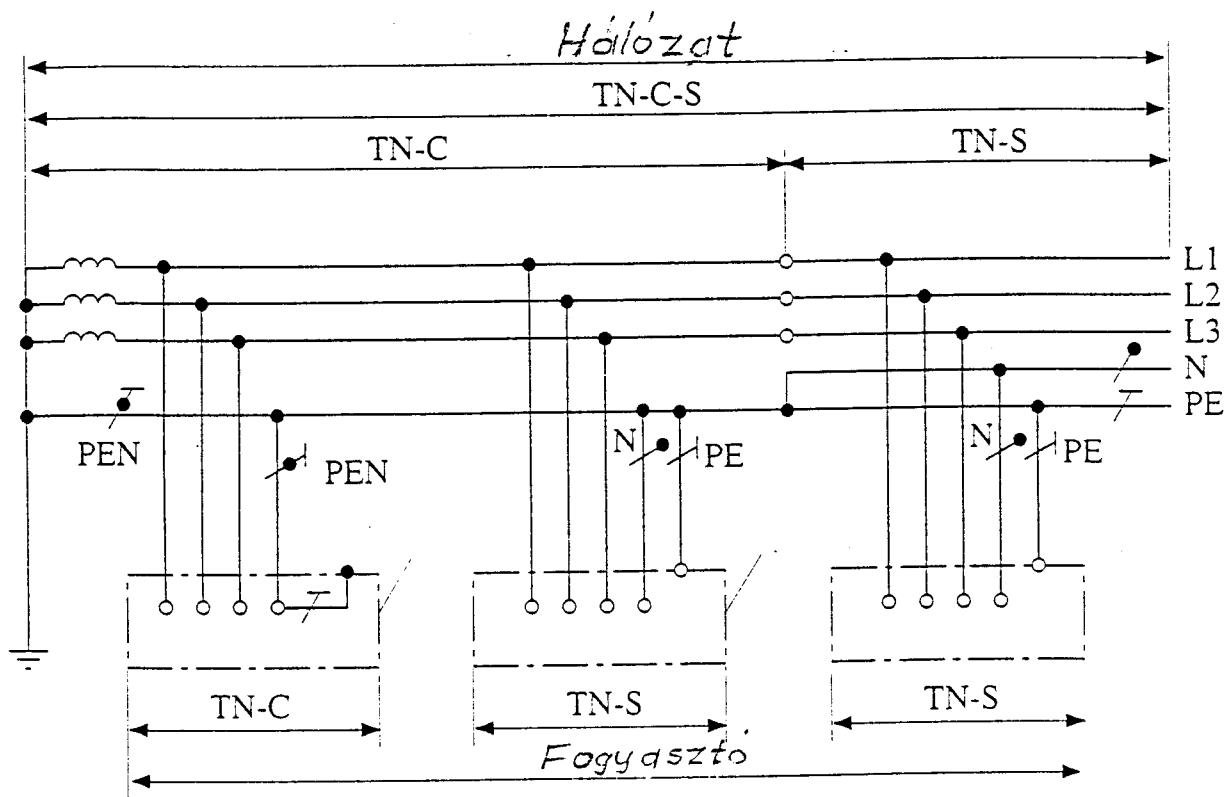
1. **TN-S-rendszer:** A berendezés teste külön védővezetőhöz csatlakozik (25.a) ábra).
2. **TN-C-rendszer:** A berendezés teste a nullavezetőhöz csatlakozik (25.b) ábra).

3. **TN-C-S-rendszer:** A berendezések teste részben közvetlenül a nullavezetőhöz (PEN), részben a védővezetőhöz (PE) csatlakozik (26. ábra).

A három féle megoldás **elektromágneses összeférhetőség (EMC = Electromagnetic Compatibility)** szempontjából nem egyenértékű. Az EMC szempontjából csupán a TN-S-rendszer felel meg.



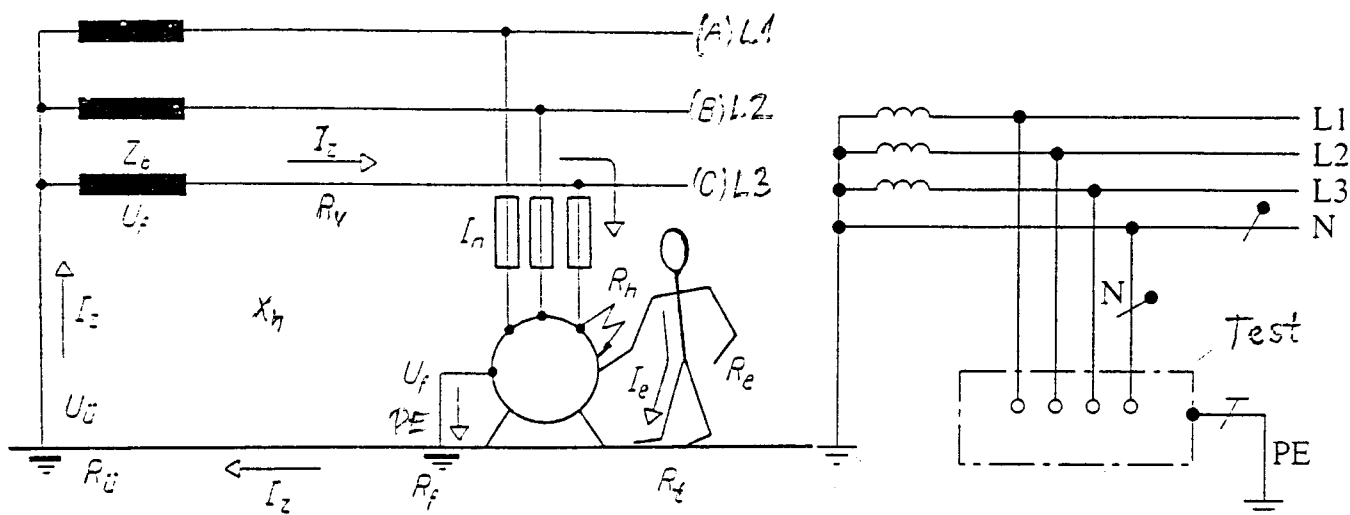
25. ábra. Nullázás megvalósítása. a) TN-S-; b) TN-C-rendszerben.



26. ábra. Nullázás megvalósítása TN-C-S-rendszerben.

I/2. TT-rendszer: Védőföldelés alkalmazása közvetlen földelt rendszerben.

Ennél az érintésvédelmi módnál a berendezés védővezetőhöz való csatlakozó kapcsát egy "földelővezető"-vel külön erre a célra létesített földeléshez kell csatlakoztatni. A TT-rendszer megvalósítása a 27. ábrán látható.



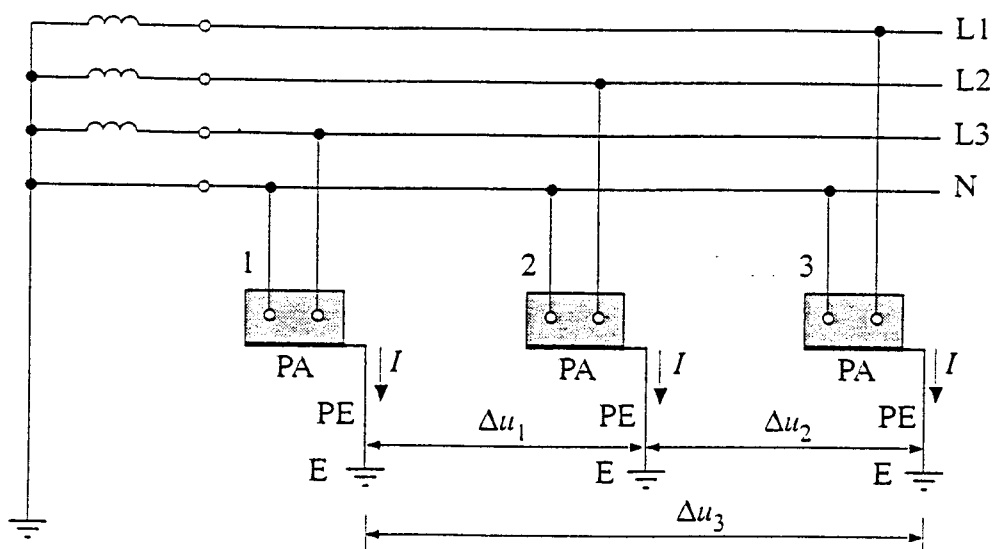
27. ábra. Védőföldelés alkalmazása közvetlen földelt rendszerben.

A villamos berendezés testzárlata esetén a transzformátor fázisfeszültsége zárlati áramot hajt a fázisvezetőn, a kioldószerven, a testen, a földelőn, a földön és az üzemi földelésen keresztül. A földelést méretezni kell oly módon, hogy a villamos berendezés testén ne lépjen fel nagyobb feszültség, mint a szabványban előírt érték (U_L):

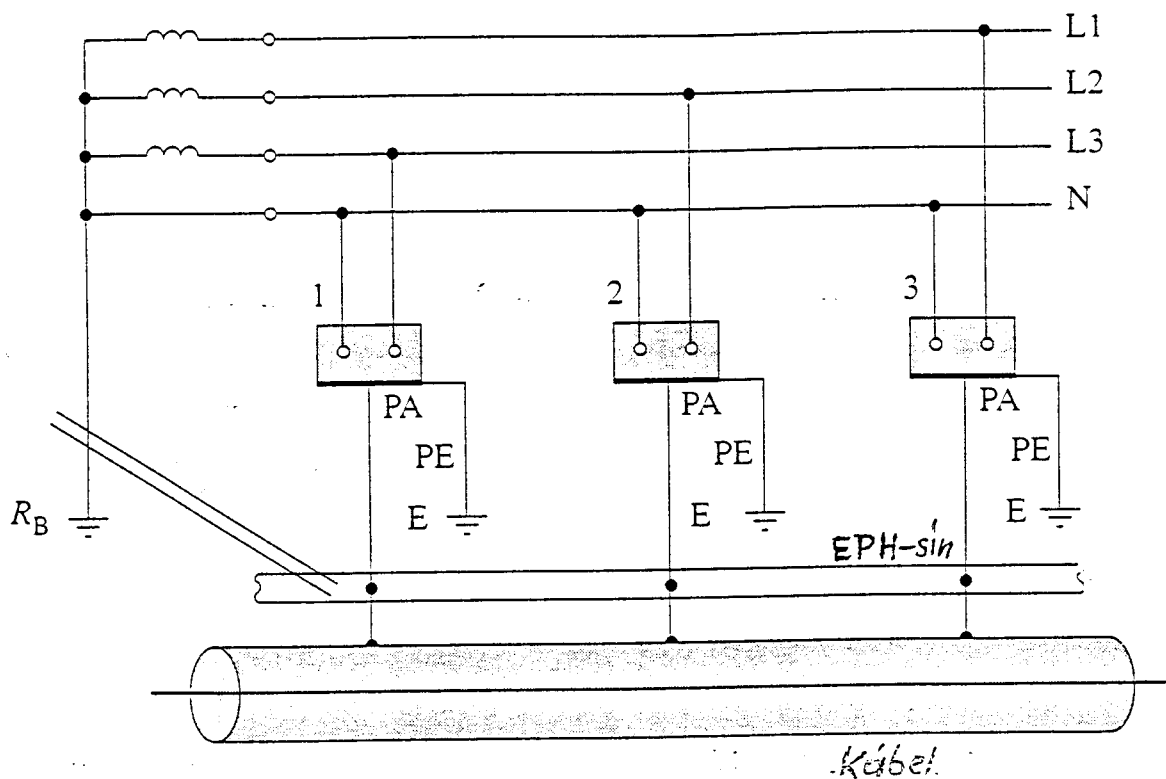
$$R_f \leq \frac{U_L}{I_a}$$

Megfelelő értékű földelési ellenállás megvalósítása nem egyszerű feladat, figyelembe véve az egyes talajfajták fajlagos ellenállásának értékeit (II. sz. táblázat). A kialakult testzárlati áram hatására a védelmi szerv a hibás fázist, de jobb, ha a berendezést lekapcsolja a hálózatról.

A TT-rendszer EMC szempontból nem ad megfelelő megoldást, mert az egyes egyedi földelések (E) között a szivárgó áramok (I) hatására potenciálkülönbségek (Δu_i) lépnek fel a 28. ábra alapján. Ezek azonban földelt EPH alkalmazásával megszüntethetők, és ez a megoldás már az EMC szempontjából is megfelel. Erre mutat példát a 29. ábra, ahol az EPH-vezetőre a koaxiális kábel árnyékolása is csatlakozik.



28. ábra. Egyfázisú fogyasztók védőföldelésének megvalósítása,

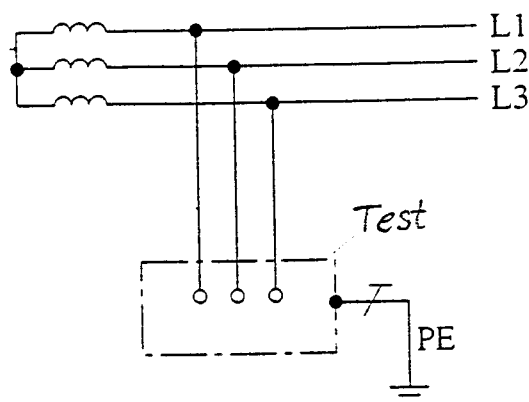


29. ábra. Egyfázisú fogyasztók védőföldelésének megvalósítása EPH-vezetővel.

A 29. ábra megvalósítása tulajdonképpen egyenértékű a TN-S-rendszerrel. A jövőben védőföldelést csak EPH-vezetővel kiegészítve fognak alkalmazni, mert ez az EMC szempontjából is megfelelő.

I/3. IT-rendszer: Védőföldelés alkalmazása földeletlen (szigetelt) vagy közvetve földelt rendszerben.

A rendszer jelölésében az "I" betű a szigetelt (isolated) szóra utal. Az IT-rendszer megvalósításának elvi vázlatja a 30. ábrán látható.



30. ábra. Védőföldelés alkalmazása földeletlen rendszerben.

A villamos berendezés testzárlata esetén nem tud kialakulni zárlati áram, mert nincs zárt áramkör. Ekkor csupán a 8. ábrán szereplő hibaáram lép fel, amelynek értéke sokkal kisebb, mint a névleges áram. A védendő berendezést tehát olyan kikapcsoló szervvel kell ellátni, amely ilyen esetben is működni képes. A védőföldelést jelen esetben is méretezni kell:

$$R_f \leq \frac{U_L}{I_d}$$

Ahol I_d jelenti az előírt hibaáram nagyságát, amelynek kialakulásakor a védelmi szerv működésbe lép.

Az IT-rendszer is csak abban az esetben felel meg az EMC-nek, ha az egyes földeléseket földelt EPH-vezetővel kötik össze.

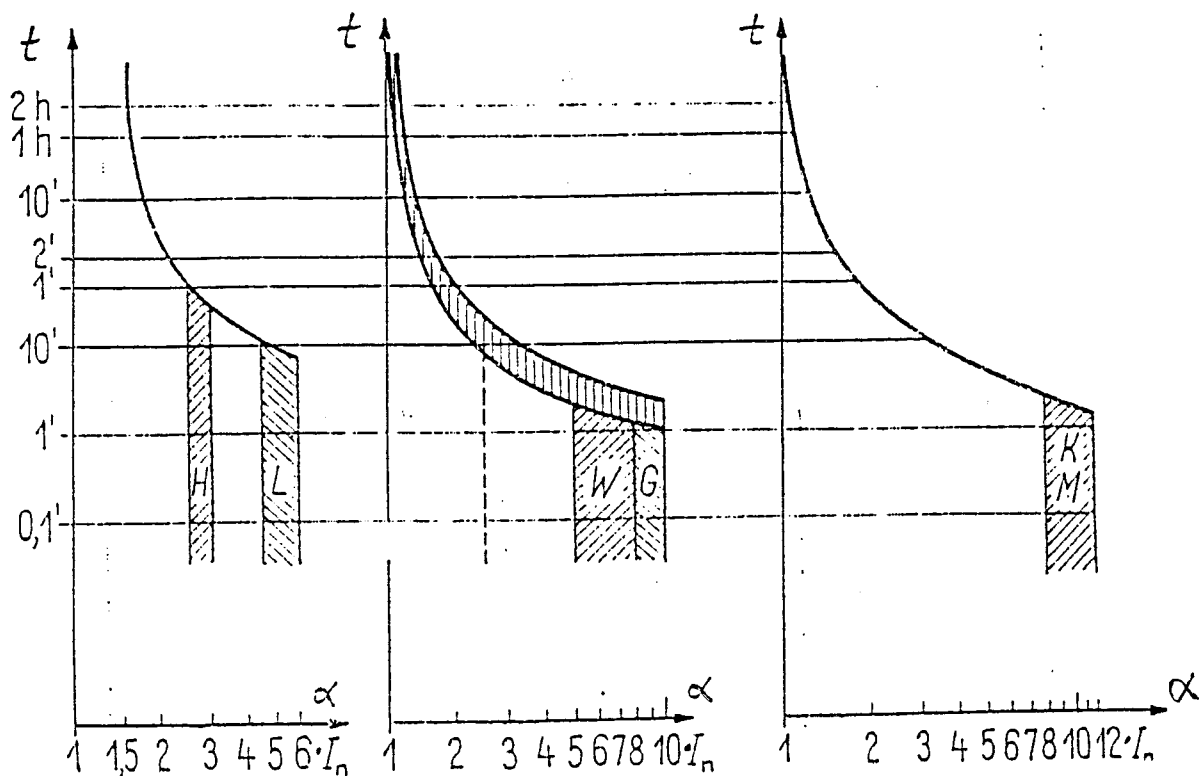
A védővezetős érintésvédelmi módok kikapcsoló szervei.

A villamos berendezések testzárlata esetén fellépő zárlati- vagy hibaáram a szabványban rögzített ideig állhat fenn. A lekapcsolásról az alábbi védőberendezések gondoskodnak:

- 1.) Olvadóbiztosítók;
- 2.) Kisautomaták;
- 3.) Áram-védőkapcsolás.

A biztosító jelleggörbéje az 5. ábrán látható, amelyből megállapítható, hogy hordozható készülék csak gyors kiolvadású biztosítóval védhető, mert csupán ennek működési önideje kisebb, mint 0,2 s.

A kisautomaták jelleggörbéje a biztosítókéra hasonlít azzal az eltéréssel, hogy bizonyos kioldási tényező értéke felett azonnal (0,2 s-on belül) lekapcsol. Ez állapítható meg a 31. ábrából.



31. ábra. Kisautomaták kioldási jelleggörbéi.

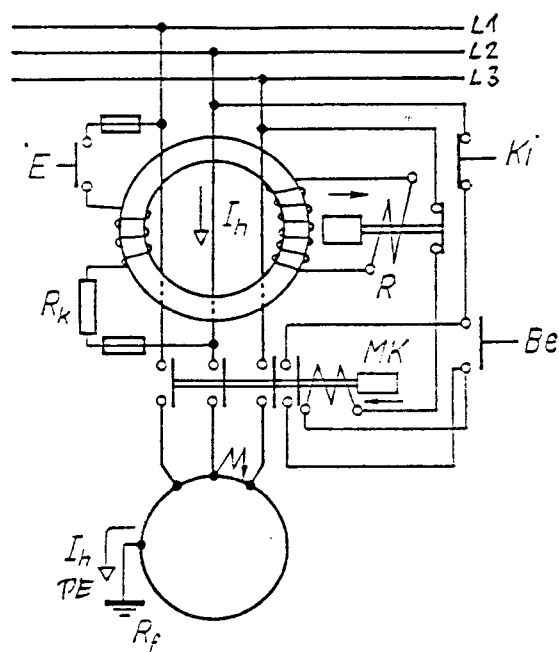
H - háztartási fogyasztók;

L - vezeték védelem;

K, M - motorok, hőmérsékletérzékeny fogyasztók;

G, W - általános rendeltetésű készülékek.

Az áram-védőkapcsolás (hibaáram-relé) működése a 32. ábrán követhető. Egy zárt, lemezelt vasmagon keresztül vezetik a villamos berendezés összes munkavezetékét. Ha van nullavezető, akkor azt is, a védővezetőt azonban soha. Hibátlan esetben a munkavezetékben folyó áramok pillanatértékeinek összege mindig nulla. A vasmag nem kap gerjesztést, benne a mágneses fluxus értéke szintén nulla. Valamelyik fázis testzárlata esetén az áramegyensúly felborul és a vasmagban fluxus keletkezik, amely a vasmagon elhelyezett tekercsben feszültséget indukál. Ez a feszültség áramot hajt át az "R" áramrelén, amely meghúz és érintkezője bontja a berendezés "MK" mágneskapcsolójának működtető áramkörét. A mágneskapcsoló lekapcsolja a motort a hálózatról.



32. ábra. Áram-védőkapcsolás gyűrűs áramváltóval.

A vasmagon elhelyezett másik tekercs a védelem ellenőrzésére szolgál. A motor elindítása után az "E" jelű nyomógombot megnyomva a vasmag gerjesztést kap, benne fluxus keletkezik és az előbbieken leírtak szerint a berendezést az áramrelé lekapcsolja a hálózatról. A szabvány előírása szerint ezt az ellenőrzést évente legalább egyszer el kell végezni. Az áram-védőkapcsolás tipustól függően 30 mA-tól 10 A-ig beállítható, működési önideje 0,2 s. Az ellenőrző áramkörbe kapcsolt ellenállás csupán az áram nagyságának korlátozására szolgál. IT-rendszerben ez alkalmazható kikapcsoló szervként, hiszen hibaáramra sem a biztosító nem olvad ki, sem pedig a kisautomata nem működik.

Különösen bányauzemekben - de másutt is - a szigetelt hálózatok állapotát folyamatos szigetelési szint mérésével ellenőrzik. Ilyenkor a szigetelési szint mérőkörébe iktatott áramrelével is megoldható a berendezés lekapcsolása. Kialakulóban lévő testzárlat (szigetelés romlás) esetén a hibaáram olyan mértékben megnő, hogy képes az áramrelét működtetni még mielőtt a fémes testzárlat bekövetkezne.

Védővezető nélküli érintésvédelmi módok.

Ezeknél az érintésvédelmi módoknál nem alkalmazható védővezető és földpotenciál sem lehet a közelben.

II/1. Érintési törpefeszültség alkalmazása.

Az érintésvédelmi törpefeszültség az előállítás módjában különbözik az üzemi törpefeszültségtől. Az érintésvédelmi törpefeszültséget

megerősített szigetelésű, kétékerces transzformátorral állítják elő, tehát nincs fémes kapcsolat a primer és szekunder oldal között, így a szekunder oldalon bekövetkező földzárlat esetén a primer feszültség nem hathat át a fogyasztói oldalra és nem léphet fel a törpefeszültségnél nagyobb feszültség. Az üzemi törpefeszültség takarékos kapcsolású transzformátorral is előállítható.

II/2. A készülék elszigetelése.

A készüléknek a kezelőtől és a földtől való elszigetelését jelenti. Ennek az érintésvédelmi módnak felel meg pl. a EVO: II. megerősített vagy kettős szigetelésű készülék. Ilyen a háztartási készülékek jelentős része (pl. villanyborotva, kávédaráló, hajszárító, stb.) Ezeknek a készülékeknek a hálózati csatlakozójuk lapos műanyagból készül.

II/3. A környezet elszigetelése.

Ez az érintésvédelmi mód a készüléknek ill. berendezésnek a kezelővel együtt megvalósuló elszigetelését jelenti a földtől. Különleges érintésvédelmi mód, széleskörű alkalmazását a szabvány **nem ajánlja** ! Alkalmazható pl. laboratóriumokban, villamos berendezést javító üzemek próbatermeiben.

II/4. Földeletlen egyenpotenciálra hozás (EPH) alkalmazása.

Ez is egy különleges érintésvédelmi mód. Úgy valósítják meg, hogy minden üzemszerűen feszültség alatt nem álló szerkezeti részt egy egyenpotenciálra hozó vezetővel kötnek össze, de ezt a vezetőt nem földelik le, sőt azt is meg kell akadályozni, hogy az ezeket érintő személy egyidejűleg földpotenciálhoz ne érhesen. Alkalmazható pl. szerelő kosarakban, laboratóriumokban, villamos javítóműhelyben. Alkalmazását a szabvány **nem ajánlja** !

II/5. Védőelválasztás.

A készüléknek, berendezésnek a hálózattól való elválasztását jelenti. Ez egy un. biztonsági transzformátorral valósítható meg, amely jelenleg az MSZ 9229 sz. szabvány szerint készült. Alkalmazásakor a következő szempontokat kell figyelembe venni:

1) A transzformátorra csak egyetlen fogyasztó csatlakoztatható. Két készülék esetén pl. ha mindkettő egyidőben testzárlatos lesz, de különböző fázisban, ez a kezelőkön és a földön keresztül fáziszárlatot jelent és a kezelők veszélyes áramütést kaphatnak.

2) A szekunder feszültség maximális értéke 500 V lehet.

3) A csatlakozó vezeték hossza ne legyen több 20 m-nél.

Ez utóbbi két feltétel azért fontos, mert nagyobb feszültség és hosszabb vezeték esetén a szivárgóáram olyan értéket érhet el, amely testzárlat bekövetkezésekor a kezelőre nézve veszélyes lehet.

II/6. Korlátozott zárlati teljesítményű áramkör alkalmazása.

Ily módon vezérlő és szabályozó készülékek védhetők, ha áramkörükben nagyértékű soros impedancia van, amely a kimenő zárlati

teljesítményt olyan kis értékre korlátozza, hogy annak árama az emberre nem jelent veszélyt. Ilyen pl. a tirisztorok gyújtásvezérlő egysége, a szabályozók nyomtatott áramköri egységei, stb.

Felhasznált irodalom :

1. Dr. Stefán Pál: Érintés- és súlytólégvédelem
Tankönyvkiadó Bp. 1976 J 14-1129
2. Dr. Stefán Pál: Elektrotechnika (Fejezetek a
villamos biztonságtechnikából)
Tankönyvkiadó Bp. 1981 J 14-1399
3. Uray V., Szabó Sz.: Elektrotechnika
Tankönyvkiadó Bp. 1981 44454
4. Kádár Aba: Mi az új az érintésvédelmi előírásokban ?
Műszaki Könyvkiadó (Szabványkiadó) Bp. 1987
5. MSZ 172: 1585; 1600; 1610, 2364 szabványok.