ÓBUDAI EGYETEM

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR

Dr. Novothny Ferenc (PhD)

Villamosenergia-ellátás II.

1. kötet
Villamos biztonságtechnika

ÓE KVK 2079/I.
Budapest, 2011.

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Dr. Novothny Ferenc (PhD)

Villamosenergia-ellátás II.

1. kötet
Villamos biztonságtechnika

ÓE KVK 2079/I.
Budapest, 2011.

Szerző:
1. kötet, Villamos biztonságtechnika: Dr. Novothny Ferenc (PhD)

Lektor:
1. kötet, Kálnay Gábor

Felelős kiadó: Dr. Turmezei Péter az ÓE KVK dékánja
Készült az ÓE Nyomdájában
Műszaki vezető: Bélteky István
Jegyzetszám: ÓE KVK 2079/I.
Munkaszám: 1/2011
Példányszám: 100

TARTALOMJEGYZÉK

1.kötet

Villamos biztonságtechnika

TARTALOMJEGYZÉK 3
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 8
1. A BIZTONSÁGTECHNIKA HELYE A VILLAMOS ENERGETIKÁBAN 9
1.1. Műszaki jogszabályozás 10
1.2. Műszaki jogszabályozás az Európai Unióban 12
1.2.1. Az új megközelítés elve ("New Approach") 12
1.2.2. Az európai és a nemzetközi szabványosítás kapcsolata 13
1.2.3. Nemzetközi ill. európai szabványok hazai bevezetése 14
1.3. A villamos biztonságtechnika fejlődése hazánkban 16
1.3.1. A biztonságos munkavégzés feltételei 16
1.4. A villamos balesetek és azok megelőzése, műszaki mentés 19
1.4.1. A villamos áram élettani hatása 19
1.4.2. Áramkörből mentés 21
1.4.2.1. *Áramkörből kiszabadítás* 1000 V-*nál nem nagyobb feszültségű berendezésen* 22
1.4.2.2. *Áramkörből kiszabadítás* 1000 V-*nál nagyobb feszültség esetén* 22
1.4.3. Elsősegélynyújtás, eszköz nélküli újraélesztés 23
1.4.3.1. *Az öntudatánál levő balesetes ellátása* 23
1.4.3.2. *Ájult, öntudatlan, de lélegző áramütött ellátása* 23
1.4.3.3. *Újraélesztés* 23

2. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM 27
2.1. Fogalommeghatározások 30
2.2. Védelem a táplálás önműködő lekapcsolásával (Védővezetős hibavédelmi módszerek) 34
2.2.1. TT-rendszer (Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben) 35
2.2.1.1. *Földelés* 39
2.2.1.2. *Védő egyenpotenciálra hozás, védő egyenpotenciálra hozó hálózat* (EPH) 42
2.2.1.3. *Kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötés* (*helyi* EPH) 48
2.2.1.4. *Áram-védőkapcsoló* (ÁVK) 49
2.2.2. TN-rendszerek (Nullázás) 52
2.2.2.1. *Védővezető kialakítása* 62
2.2.3. IT-rendszer (Védőföldelés közvetve földelt rendszerekben) 64
2.2.3.1. *Szigetelés-ellenőrző készülék* (ÁSZE) 70
2.3. Védővezető nélküli védelmi módok 71
2.3.1. Védelmi mód: SELV-, PELV-törpefeszültség 71
2.3.1.1. *Feszültségáthatolás megakadályozása* 71
2.3.1.2. SELV-*áramkörök további kialakítási követelményei* 73
2.3.1.3. PELV-*áramkörök további kialakítási követelményei* 73
2.3.2. Védelem az állandósult érintési áram és a kisütési energia korlátozásával /**MSZ HD 60364-4-41 szabvány nem tárgyalja**/ 74
2.3.3. Védelmi mód: kettős vagy megerősített szigetelés 74
2.3.3.1. *Gyártmányok érintésvédelmi osztályokba sorolása* 75
2.3.3.2. *Védelem II. év. osztályú gyártmányokkal* 75
2.3.4. Védelmi mód: a környezet elszigetelése 77

2.3.5. Védelem villamos elválasztással 79
2.3.6. Védelem földeletlen helyi egyenpotenciálú összekötéssel 81

3. ALAPVÉDELEM 83
3.1. A kisfeszültségű létesítés általános előírásai 88
3.2. Együttes védelem alapvédelemre és hibavédelemre 91
3.3. Védelem az aktív részek elszigetelésével 91
3.4. Védelem védőfedéssel vagy védőburkolattal 91
3.4.1. Az áramütés elleni védelem módja 92
3.4.2. Az áramütés elleni védelem kialakítása 92
3.5. Védelem védőakadállyal 92
3.6. Védelem a kézzel elérhető tartományon kívüli elhelyezéssel 93
3.7. Kiegészítő védelemként áram-védőkapcsoló alkalmazása 93
3.8. Tartalék világítás 93
3.8.1. A biztonsági világítás általános előírásai 94
3.8.1.1. *Kijárati utak biztonsági világítása* 95
3.8.1.2. *Pánik elleni világítás* 95
3.8.1.3. *Különösen veszélyes munkaterületek világítása* 95
3.8.2. Helyettesítő világítás 96
3.8.3. Biztonsági jelzések 96

4. EGYÉB HATÁSOK ELLENI VÉDELEM 97
4.1. Hőhatások elleni védelem 97
4.1.1. Tűzvédelem 97
4.1.2. Égési sérülés elleni védelem 98
4.1.3. Túlmelegedés elleni védelem 98
4.2. Túláramvédelem 98
4.3. Túlfeszültség-védelem 99
4.3.1. A kisfeszültségű villamos berendezések védelme a nagyfeszültségű rendszerek földzárlata esetén fellépő potenciálemelkedéstől 99
4.3.1.1. TN-*rendszerek* 102
4.3.1.2. TT-*rendszerek* 102
4.3.1.3. IT-*rendszerek* 105
4.3.2. Légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek elleni védelem 108
4.3.2.1. *Lökőfeszültség-állósági osztályok (túlfeszültségi osztályok)* 108
4.3.2.2. *Másodlagos túlfeszültség-védelem szükségessége* 109
4.4. Feszültségcsökkenés-védelem 110
4.5. Védelmi célú leválasztás és kapcsolás elhelyezése 112
4.5.1. Leválasztás 112
4.5.2. Tiltókapcsolás alkalmazása mechanikai karbantartáshoz 113
4.5.3. Vészüzemeltetés 113
4.5.4. Üzemszerű kapcsolás (vezérlés) biztonságos kialakítása 114
4.5.5. Vezérlő áramkörök (segédáramkörök) biztonságos kialakítása 115
4.5.5.1. *Motorvezérlés biztonsági szempontú többletkövetelményei* 115
4.6. Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények 116
4.7. Gyártmányok védettsége 118

5. VILLAMOS BERENDEZÉS ELLENŐRZÉSE 123
5.1. Első ellenőrzés 123
5.2. Időszakos ellenőrzés 125
5.2.1. A szerelői ellenőrzés 126
5.2.2. A szabványossági felülvizsgálat 128

6. NAGYFESZÜLTSÉGŰ BERENDEZÉSEK KÖZVETETT ÉRINTÉS ELLENI VÉDELME 131
6.1. Nem közvetlenül földelt hálózatok érintésvédelme 131
6.1.1. Az érintésvédelem kialakítása és méretezése 132
6.1.2. Szabadvezetéki oszlopok 133
6.1.3. A védőföldelés kialakítása 134
6.1.4. A védővezető és a földelővezető kiviteli előírásai 134
6.1.5. Kiegészítő érintésvédelmi módok kialakítása 135
6.1.6. Ellenőrzés 135
6.2. Közvetlenül földelt hálózatok berendezéseinek érintésvédelme 136
6.2.1. Az érintésvédelem kialakítása és méretezése 136
6.2.2. Erőmű, transzformátor és kapcsolóállomás (ETK) érintésvédelme 137
6.2.3. Szabadvezetékek érintésvédelme 138
6.2.4. Távvezetéket keresztező, megközelítő nyomvonalas létesítmények védelme a nagyfeszültség áthatolása ellen 139
6.2.4.1. *A feszültségáthatolás esetei* 139
6.2.4.2. *Közvetlen érintkezés elleni védelem* 140
6.2.4.3. *Konduktív áthatolás elleni védelem* 140
6.2.4.4. *Induktív áthatolás elleni védelem* 141
6.2.5. Földelővezetők és földelések 143
6.2.6. A felülvizsgálat és nyilvántartása 143
6.3. Kis zárlati áramú berendezések érintésvédelme 144
6.3.1. Kis zárlati áramú berendezés táphálózata 144
6.3.2. Érintésvédelem módja 144
6.3.3. Kis zárlati áramú nullázás szabványos kialakítása 144

7. LÉTESÍTÉS BIZTONSÁGTECHNIKÁJA U > 1000 V 147
7.1. Általános előírások és száraz helyiségre vonatkozó előírások 147
7.2. Villamos kezelőterekre és laboratóriumokra vonatkozó előírások 150

8. VILLAMOS BERENDEZÉSEK ÜZEMELTETÉSE 157
8.1. Biztonságos üzemeltetés alapelvei 157
8.1.1. Műveletek előtti tevékenység 158
8.1.2. Műveleteket végző személyzet csoportba sorolása és az általuk végezhető munkák 158
8.1.3. A munka szervezési kérdései 161
8.1.4. Információátadás 161
8.1.5. A munkavégzés helye, szerszámai 162
8.2. Munkavégzési módszerek 163
8.2.1. Feszültségmentes munkavégzés 166
8.2.1.1. *Teljes körű leválasztás* 167
8.2.1.2. *Visszakapcsolás elleni biztosítás* 168
8.2.1.3. *A villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése* 169
8.2.1.4. *Földelés és rövidre zárás* 171
8.2.1.5. *A közeli aktív részek elleni védelem* 172
8.2.2. Feszültség alatti munkavégzés 173
8.2.3. Feszültséghez közeli munkavégzés 175
8.2.3.1. *Védelem védőrács, védőfedés, burkolat vagy szigetelőboritás alkalmazásával* 176
8.2.3.2. *Védelem védőtávolság betartásával és felügyelet biztosításával* 176
8.2.3.3. *Építési és más nem villamos munkák* 176

8.3. FAM 178
8.3.1. KiF-FAM Érintéssel végzett munka 179
8.3.2. KöF-FAM A távolból végzett munka 180
8.3.2.1. *A munkatevékenység biztonsági feltételei* 181
8.3.2.2. *Hálózati feltételek* 181
8.3.2.3. *Munkaeszközzel szembeni követelmények* 182
8.3.2.4. *Személyi feltételek* 182
8.3.2.5. *A FAM bevezetésének előnyei középfeszültségen* 183
8.3.3. NaF-FAM A potenciálon végzett munka 183
8.3.4. A FAM munkabiztonsági kérdései 184
8.3.5. FAM alkalmazási példák 184

9. A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER STABILITÁSI VISZONYAI 185
9.1. A stabilitás problémája 185
9.2. Végtelen hálózatra dolgozó blokk-kapcsolású szinkron generátor statikus stabilitása 188
9.2.1. Természetes statikus stabilitás 189
9.2.2. Mesterséges statikus stabilitás 192
9.3. Tranziens stabilitás 193
9.3.1. Szinkrongépek lengései, az egyenlő területek szabálya 193
9.3.2. A különböző sönthibák hatása a tranziens stabilitásra 196
9.3.3. A különböző soros hibák hatása a tranziens stabilitásra 199
9.3.4. A tranziens stabilitás mentése gyorsrágerjesztéssel 200

10. ÉPÍTMÉNYEK VILLÁMVÉDELME 203
10.1. A villám 203
10.1.1. A villám keletkezése 203
10.1.2. A villámcsapás káros hatásai 206
10.2. Villámvédelem kialakítása az MSZ 274 szabvány szerint 207
10.2.1. Villámhárítók szerkezeti kialakítása 208
10.2.2. A várható veszély nagyságának figyelembe vétele 209
10.2.3. A villámhárító fokozatkialakítási rendszere 212
10.2.4. A villámvédelem fokozatának megállapítása 218
10.2.5. Villámvédelem egyes létesítési előírásai 220
10.3. Villámvédelem kialakítása az MSZ EN 62305 szabvány szerint 221
10.3.1. Villám és villámvédelmi alapismeretek 221
10.3.1.1. *A villámvédelem célja* 221
10.3.1.2. *A villámok keletkezése és fizikai jellemzőik* 221
10.3.1.3. *A villám hatásai* 221
10.3.2. A villámvédelmi kockázatelemzés 222
10.3.2.1. *A kockázatelemzés alapvető összefüggései* 223
10.3.2.2. *Kockázati összetevők* 223
10.3.2.3. *Építmények övezetekre bontása* 225
10.3.2.4. *A kockázatelemzés folyamata és eredménye* 226
10.3.3. A villámvédelmi rendszer (LPS) 227
10.3.3.1. *A felfogó* 228
10.3.3.2. *A levezető* 229
10.3.3.3. *A földelő* 232
10.3.3.4. *Mérési hely* 234
10.3.3.5. *Másodlagos kisülések elleni védekezés* 236
10.3.3.6. *Érintési- és lépésfeszültség elleni védekezés* 237
..... 240

10.3.3.7. *A korrózió hatása a villámvédelmi rendszerrészeire* 241
10.3.4. A túlfeszültség-védelmi rendszer (LPMS) 243
10.3.4.1. *Villámvédelmi zónakoncepció* 243
10.3.4.2. *A földelő* 244
10.3.4.3. *Potenciálkiegyenlítés* 244
10.3.4.4. Túlfeszültség-védelmi eszközök (*SPD*) 245
10.3.4.5. *Mágneses árnyékolás* 248
10.3.4.6. *Nyomvonalkialakítás* 248
10.3.5. Felülvizsgálat 248
IRODALOMJEGYZÉK 249

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezennel köszönetet szeretnék mondani Szekér Károly kollégámnak, Fontányi Viktor és Szekér Péter villamosmérnököknek (volt hallgatóimnak), akik az ábrák számítógépes elkészítésében és szerkesztésében segítségemre voltak. Köszönöm Kruppa Attilának a villámvédelem fejezet megírásában, és dr. Fodor Istvánnak a villámvédelem fejezet lektorálásában nyújtott segítségét.

1. A BIZTONSÁGTECHNIKA HELYE, SZEREPE A VILLAMOS ENERGETIKÁBAN

A villamos energetika feladata a villamos energia iránti igény gazdaságos, üzembiztos és a **kezelőre, felhasználóra nézve veszélytelen** kielégítése.

Ezt a feladatot végrehajtani csak munkafolyamatban lehet, azaz a villamos műveket (benne készülékeket, gépeket, vezetékeket, berendezéseket, létesítményeket) meg kell *tervezni*, le kell **gyártani**, *üzemvitelét*, *üzemirányítását*, *karbantartását* meg kell szervezni. Ezek a munkafolyamatok nem nélkülözhetik az ember szoros jelenlétét, azaz eszközökkel, tárgyakkal, munkatársakkal együtt oldhatók csak meg e feladatok.

A villamos energia termelése, elosztása és felhasználása során a munkát végző ember biztonságát **veszélyforrások** fenyegetik. A veszélyforrások sokfélék és igen jelentősek. A legjelentősebb veszélyforrás maga a **feszültség**, amely az emberi szervezetre ártalmas nagyságú áramot hajt át az áramkörbe bekapcsolódott emberi testen. Az egyes áramerősség értékek emberi életfolyamatokra gyakorolt hatását mutatja az 1.-1. táblázat.

1.-1. táblázat

Az emberre élettanilag veszélyes áramerősség

Váltakozó áram	Egyen-áram	Hatása az emberre
Áramerősség legfeljebb mA		
1...1,5	5...6	gyenge rázás (érzetküszöb)
2...3	10	mozgást nem gátló rázásérzet
15	70...80	fájdalmas izomgörcs a végtagokban (elengedési áramerősség)
25	80...100	légzőizmok görcse, erős fájdalom
80	300	szívkamraremegés, 0,1-0,3 s után halálveszély
100 felett	500	szívbénulás, azonnali halál

A munkafolyamatok további veszélyforrásai:

- forgó és haladó mozgás (pl. forgácsolás, közlekedés)
- nagy nyomás (gőz, pneumatika)
- magas hőmérséklet (kazán, öntés, hegesztés)
- tűz- és robbanásveszély (festőműhely, bánya)
- sav ill. savgőzök (akkumulátorhelyiség, galvanizáló)
- röntgen, nukleáris sugárzás (gyógyászat, reaktor tartály).

Sajnos a tapasztalat azt bizonyítja, hogy minden emberi és műszaki igyekezet ellenére számos sérülés, haláleset fordul elő, azaz nem sikerül száz százalékosan megakadályozni a veszélyforrások érvényesülését. A villamos áram okozta halálos balesetek alakulását országos szinten — tájékoztató jelleggel — az 1.-2. táblázat mutatja.

A leghatékonyabb tevékenység a sérülések, halálesetek (összefoglalóan balesetek) elkerülésére ill. minimális szinten tartására a megelőzés!
Ennek érdekében az idők folyamán számos előírás született, amelyeket jogszabályokba foglaltak (1.1. Műszaki jogszabályozás).

Ha a megelőzés eredménytelen volt, és a baleset bekövetkezett, tudnunk kell a súlyos következményeket elhárítani (műszaki mentés, elsősegélynyújtás). Mind a megelőzés, mind az elhárítás a villamos biztonságtechnika feladatköre!

1.-2. táblázat

Villamos balesetek, halálesetek

Éves összes munkabaleset a villamosenergia-iparban	kb. 200
ebből áramütés	kb. 20
égés, villamos ív	kb. 10
A villamos áram okozta halálos balesetek országos szinten	évente 60...80
háztartási baleset	kb. 60 %
munkahelyi baleset	kb. 40 %
villamos szakembert ér	20 %
egyéb személyt ér	80 %
férfi balesetes	90 %
női balesetes	10 %

A villamos biztonságtechnika azokat a
- műszaki eljárásokat,
- módszereket,
- segédeszközöket

foglalja magába, amelyek *elsődleges célja* a
- személyi balesetek,
- súlyos anyagi károk (tűzesetek, robbanás),
- katasztrófák

megelőzése ill. elhárítása, *másodlagos célja* pedig a berendezések megbízható működésének biztosítása (üzemzavarok elkerülése).
Az elmondottakból következően a személyek illetve a vagyon védelmére vonatkozóan nagy felelősség hárul mind a tervezőkre, mind a kivitelezőkre, mind az üzemeltetőkre.

1.1. Műszaki jogszabályozás

A műszaki jogszabályok körébe a **törvények, rendeletek, szabályzatok** és a **szabványok** tartoznak, amelyeknek ismerete és alkalmazása a mindennapi életben elengedhetetlen.

A **törvényekbe** foglalt előírások az állampolgárokra vagy több tárcára vonatkozó, általános magatartási szabályokat, elveket rögzítenek. A törvényeket az országgyűlés hagyja jóvá. (pl. Az 1995. évi XXVIII. törvény a *nemzeti szabványosításról* /rövidítve: Sztv./, amelynek módosítására a 2001.december 18-ai országgyűlésen került sor; vagy A villamos energia termeléséről, szállításáról szóló 1994. évi XLVIII. törvény és a 2001. évi CX. törvény a villamos energiáról: /rövidítve VET/)

A **rendeleteket** — amelyek azonos vonatkozásúak, mint a törvények — a kormány ill. az illetékes minisztériumok dolgozzák ki és hagyják jóvá. (A fontosabb rendeletek közül kettő, amivel e tantárgy keretében foglalkozunk:
- A Kormány 180/2002.(VIII. 23.) Korm. rendelete a villamos energiáról szóló 2001. évi CX. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról;

– Az Önkormányzati és Területfejlesztési miniszter 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelete a tűzvédelem és a polgári védelem műszaki követelményeinek megállapításáról, amellyel annak mellékletében található Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) is hatályossá vált.

Fontos tudni, hogy a rendeletektől, törvényektől nincs módunkban eltérni, azaz előírásaik kötelezőek. A törvényeket, rendeleteket ill. azok hatálybalépési időpontját közlönyökben teszik közzé.

A **szabályzatok** az arra illetékes hatóságok (ma már szinte csak a minisztériumok) által kiadott rendelkezések, amelyek egy-egy meghatározott szakmai területre vonatkozó, kötelező rendelkezéseket tartalmaznak. Korábban ezek műszaki követelményeket is megszabtak, a dereguláció (szabályok felülvizsgálata) befejezése után csak eljárási és kötelezettségi szabályokat adhatnak. Ezek mondják meg, mihez milyen engedély szükséges, ki adhatja azt meg, mik az engedélyek kiadásának és az üzemeltetésnek adminisztratív ill. személyi feltételei, kinek mi a kötelezettsége, milyen határidőket kell betartani, stb. (Hasonlóak a különböző üzemi szabályzatok, de azokat nem a hatóság, hanem az üzem vezetősége adja ki, s ennek megfelelően az üzem alkalmazottain kívül másokra csak abban az esetben lehetnek érvényesek, ha azt valamely hatóság jóváhagyja, vagy külön szerződésben ezt a kívülálló fél magára nézve kötelezőnek elismeri.) Ma még sok, korábban kiadott szabályzat is tartalmaz műszaki követelményeket, ezeket azonban fokozatosan szabványokba kell áthelyezni. A szabványokból viszont a szabályzatokba kell áttenni a személyi feltételeket, kötelezettségeket és határidőket. (Példaként álljon itt a gazdasági miniszter 8/2001. (III.30.) GM rendeletével hatályba léptetett és annak mellékleteként megjelentetett Villamosmű Műszaki-Biztonsági Követelményei Szabályzat.)
A **szabványok** műszaki követelményeket és ezek ellenőrzési módszereit fogalmazzák meg. Az országos, nemzeti szabványt a Magyar Szabványügyi Testület (MSzT) MSZ jelzettel bocsátja ki. Erről a nemzeti szabványosításról szóló XXVIII/1995-ös törvény rendelkezik.

A szabványok legtöbbje különböző gyártmányokra (termék- és termékcsoport szabványok) vonatkozik, míg a villamos biztonságtechnika körébe többek között

- a kisfeszültségű villamos berendezések létesítésére és áramütés elleni védelmére (MSZ 2364; MSZ HD 60364; MSZ 1600),
- a nagyfeszültségű villamos berendezések létesítésére (MSZ 1610),
- a nagyfeszültségű villamos berendezések érintésvédelmére (MSZ 172/2;3;4),
- a villamos berendezések üzemeltetésére (MSZ EN 50 110; MSZ 1585),
- a villámvédelemre (MSZ IEC1312; MSZ EN 62305; MSZ 2364; MSZ 274)

vonatkozó szabványok tartoznak.

Fontos tudni, hogy a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról szóló 2001. évi CXII. törvény 2002. január elsejei hatálybalépése óta

„a nemzeti szabvány alkalmazása önkéntes".

Az önkéntes szabványalkalmazás nem jelent azonban önkényességet. A direktívák, törvények, rendeletek meghatározzák a feladatok megoldásának színvonalát is, és a szabályzatok utalhatnak — az ezen előírásoknak megfelelő — részletes műszaki előírásokat tartalmazó **szabványokra.** Aki a hivatkozott — ún. harmonizált — szabványokat betartja, automatikusan eleget tesz törvényi kötelezettségeinek.
Természetesen alkalmazhatunk nem szabványos, de az előírásoknak megfelelő, vagy azt meghaladó műszaki megoldást. Ekkor a szabványban megkövetelt biztonsági szint betartását

megfelelőképpen igazolni kell, erről felelősségteljesen nyilatkozni kell. Mindig szemünk előtt lebegjen, hogy vitás esetekben a bíróság fog dönteni.

1.2. Műszaki jogszabályozás az Európai Unióban

Az Európai Unió egyik fő alapelve az áruk szabad mozgása, amelyet az alapdokumentum, az 1957. március 25-i *Római Szerződés* rögzít. A szabad mozgásról szóló előírások azt a célt szolgálják, hogy a tagállamok között megteremtsék az egységes belső piacot, amely mindenféle belső kereskedelmi korlátozástól mentes. Az alapszerződés szolgáltatja a keretet a tagállamok szabályozási tevékenységéhez, ezért "keretegyezménynek" illetve "**elsődleges" jogszabálynak** nevezik.

Az Európai Unióban a jogalkotóknak ún. **másodlagos jogszabály** alkotásához van joga. A másodlagos jogszabályoknak három fajtája létezik:

- **direktíva**, *más néven* **irányelv** (directive),
- **rendelet** (regulation),
- **határozat** (decision).

Direktíva: (a Római Szerződés 189. cikkelye szerint), „kötelező minden egyes tagállamra nézve az elérendő eredményt tekintve, de az illető ország hatóságaira kell bízni a forma és a módszerek megválasztását."

Rendelet: „alkalmazása általános, egészében kötelező és közvetlenül alkalmazható minden tagállamban."

Határozat: „egészében kötelező azokra nézve, akiknek szól."

A direktíva tehát kötelező jellegű minden tagország számára, de a hatálybalépés formáját és módszerét tekintve a döntést a nemzeti jogalkotók hatáskörébe utalja. A direktívának a nemzeti jogrendszerbe való bevezetésére adott határidő áll rendelkezésre. A direktíva csak az adott ország hatályosító intézkedése folytán lép életbe. A határidőt túllépve azonban a direktíva közvetlenül is hatályba léphet, amennyiben megfelelően pontos és világos, azaz kizárja a félreértelmezés lehetőségét.

Az EU direktívák bevezetése hazánkban

A bevezetésre törvényt kell alkotni, vagy rendeletben kell közzétenni.
Az utóbbira jó példa az EU kisfeszültségű direktíva hazai bevezetésére kiboesátott 79/1997.(XII.31.) IKIM rendelete az egyes termékek biztonsági követelményeiről és azoknak megfelelőség-értékeléséről. (Ezen rendelet melléklete rendelkezik pl. a stilizált „CE" megfelelőségi jelölés alkalmazásáról.)

1.2.1. Az új megközelítés elve ("New Approach")

Az Európai Unió tagállamaiban, hogy az országonként különböző követelmények ne képezhessék gátját a termékek szabad áramlásának, az Európai Unió mindenütt érvényes követelményrendszereket tartalmazó ún. **direktívákat** vezetett be, ezek kidolgozása azonban igen hosszadalmas folyamatnak bizonyult.
E folyamat felgyorsítása érdekében hozta meg az EU Tanácsa a műszaki tartalmú jogszabályok harmonizációja és szabványok kérdésének **új megközelítéséről** szóló határozatát 1985 májusában.

Az "új megközelítésű" direktívák olyan általános, alapvető követelményeket fogalmaznak meg, amelyek feltételét képezik az adott termékek EU-beli forgalmazásának.

Alapvető követelmény például az egészségvédelem, a higiénia, a tűzvédelem, az üzembiztonság, a környezetvédelem, a fogyasztóvédelem.

Az új megközelítésű direktívák egyik egyeztetett, általánosan elfogadott értelmezésének és alkalmazásának részletes módját hivatottak meghatározni az ún. **harmonizált** (a direktívával harmonizált) **EU-szabványok.** Minden esetben a direktívában előírt szintű védelem, a biztonság garantálása a lényeges.

Ez tehát azt jelenti, hogy az EU-szabványok még akkor sem kötelezőek, ha direktíva hivatkozik rájuk.

1.2.2. Az európai és a nemzetközi szabványosítás kapcsolata

A nemzetközi szabványügyi szervezetek:

ISO (**I**nternational **O**rganization for **S**tandardization) Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (1947.)
IEC (**I**nternational **E**lectrotechnical **C**ommission) Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (1906.)

Mindkét szervezet hatásköre az egész világra kiterjed. Az IEC témakörei az elektrotechnikára, elektronikára korlátozódnak, míg az ISO az összes többi téma szabványosítását felöleli. A két szervezet közös székhelyű, és szoros együttműködés jellemzi munkájukat. Kiadványa az angol és francia nyelven megjelenő ISO/IEC Publication, amelyet e szervezetek műszaki bizottságai (Technical Comite) dolgoznak ki.

Magyarország is átvesz, illetve közzétesz ISO/IEC publikációkat szó szerinti fordítással, így azok teljesen megegyeznek az eredetivel. Ilyen volt például az IEC 529 (1989) magyar kiadása: MSZ IEC 529: 1990 jelzettelés számmal, amely a villamos gyártmányok védettségi fokozataival foglalkozott.

Az Európai Unió szabványügyi szervezetei:

CEN (**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation) Európai Szabványügyi Bizottság (1961)
(European Comittee for Standardization)
CENELEC (**C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation **Elec**trotechnique)
(European Comittee for Electrotechnical Standardization)
Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (1960)

E szervezetek hasonló témaköri felosztással dolgoznak, mint az ISO/IEC azaz az IEC ill. a CENELEC bocsátja ki az elektrotechnika ill. elektronika szakterület szabványait. A CEN/CENELEC szervezetek kiadványait, és jellemzőit az 1.-3. táblázat foglalja össze.

Az európai és nemzetközi szabványosítás párhuzamos tevékenységének kiküszöbölése érdekében a nemzetközi és az európai szabványügyi szervezetek (az ISO és a CEN, illetve az IEC és a CENELEC) együttműködési megállapodást kötöttek. A megállapodások célja, hogy munkájukat összehangolják, és egymás eredményeit átvegyék. A törekvés az, hogy a nemzetközi szabványokat lehetőleg változtatás nélkül európai szabványként átvegyék, és fordítva, ami előbb készült el európai szabványként, abból lehetőleg nemzetközi szabvány legyen. A munka összehangolása már a témafelvétel fázisában kezdődik.

1.-3. táblázat

Az Európai Unió szabványosítási szervezetei, kiadványai

Jele	Neve	Jellemzője
EN*	Európai szabvány	Teljes egyeztetettség. Nemzeti szinten be kell vezetni, és minden olyan szabványt hatálytalanítani kell, amely az adott EN-el összeegyeztethetetlen előírást tartalmaz.
HD*	Harmonizációs Dokumentum	Megenged olyan nemzeti sajátosságokat, amelyek megváltoztatása csak a nemzeti szabvány kompetenciája. Legalább a HD számának és címeinek meghirdetésével kell nemzeti szinten bevezetni, és az össze nem egyeztethető követelményeket tartalmazó szabványokat ugyanúgy hatálytalanítani kell.
ENV*	Európai Előzetes Szabvány	Gyorsan fejlődő területek — pl. mikroelektronika — részére készülnek, nemzeti bevezetésük nem kötelező, de hozzáférhetővé kell tenni őket az érdekeltek számára, és az ellentmondó szabványokat nem kell hatálytalanítani, 3 évig érvényes és még 2 évig meghosszabbítható.

*EN: EuroNorm; HD: Harmonization Document; ENV: Europien prestandards

1.2.3. Nemzetközi ill. európai szabványok hazai bevezetése

Hazánk az Európai Unióhoz való csatlakozik, így a szabványok honosításának az a rendje, hogyha egy témakörben van európai szabvány, akkor azt vesszük át. Ha a témakörnek nincs európai szabványa, csak nemzetközi, akkor azt honosíthatjuk.

Itt hívnám fel a figyelmet arra, hogy a bevezetésre vállalunk kötelezettséget, ez természetesen nem azt jelenti, hogy az alkalmazása kötelező!

Az európai szabványok honosítására háromféle eljárást alkalmaz az MSZT:

- az európai szabvány teljes szövegének szöveghű lefordítása és kiadása magyar nyelven,
- címoldalas jóváhagyó közleménnyel való kiadás: ekkor csak a címoldal van magyarul, amely a szabvánnyal kapcsolatos tudnivalókat tartalmazza (cím, tárgy, alkalmazási feltételek, stb.), majd a címoldal után jön az eredeti, angol nyelvű szöveg,
- jegyzékes jóváhagyó közleménnyel való bevezetési rendszer: ekkor az MSZT a Szabványügyi Közlönyben meghirdetett jegyzékben teszi közzé a honosítandó szabványok listáját, amit csak eredeti angol nyelven lehet beszerezni az MSZT-nél.

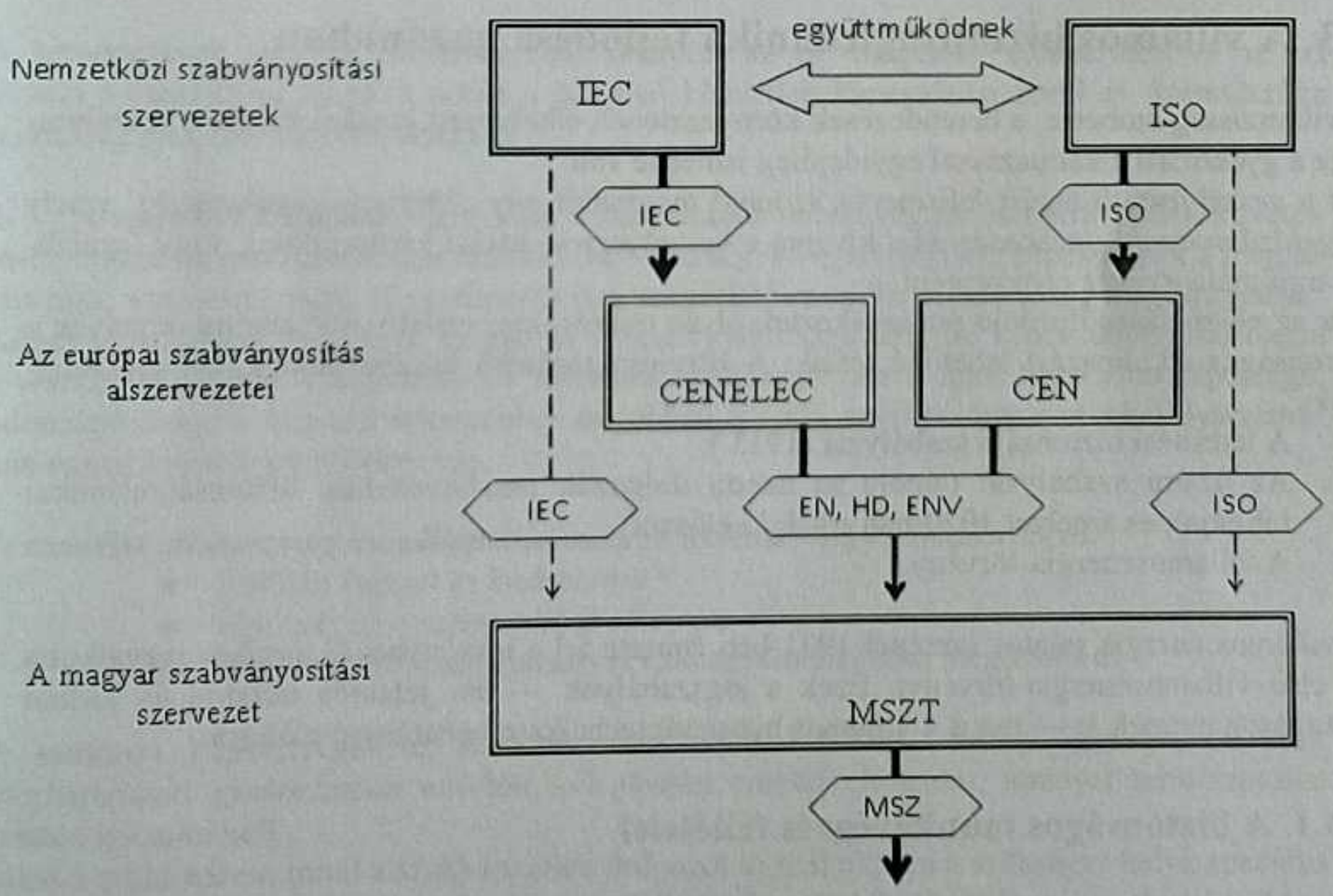
Ez utóbbi két, jóváhagyó közleményes eljárással bevezetett szabványokról csak akkor készül magyar fordítás, ha komoly igény van rá és van, aki viseli a költségeket (ez persze jelentős időt is igényel).

A honosításra kerülő villamos szabványokat általában a CENELEC-től vesszük át, változatlan szöveggel, szerkezettel és jelzőszámmal, csupán MSZ előjelzéssel kiegészítve (pl.: MSZ EN 60204-1: 2010) de az évszáma nem az eredeti (CENELEC) kiadás, hanem az MSZ honosítás évszáma! A CENELEC azonban egyes szabványokat nem EN, hanem HD („harmonizált dokumentum") kibocsátói jellel ad ki, ezek bevezetésénél ugyanis minden ország a saját hagyományainak megfelelően türelmi időt, kiegészítéseket és magyarázatokat is alkalmazhat.

Mi ezeket is szó szerint kívánjuk átvenni, ezek hivatkozási száma azonban nem mindig illeszkedik a CENELEC hivatkozási számához (pl. a HD 384 magyar megfelelője az MSZ 2364), de van MSZ HD jelű kiadás is, pl.: MSZ HD 440SI: 1998. (1998-tól a HD forrású szabványok magyar kiadásának kibocsátói jele: MSZ HD)

Azokat az IEC szabványokat, amelyek nem jelennek meg (legalábbis az átvételünk időpontjában) EN szabványként, továbbra is MSZ IEC kibocsátói jellel vesszük át, az eredeti IEC azonosító szám megtartásával. Az IEC szabványok nagy részét azonban a CENELEC is átveszi, ilyenkor megtartja az eredeti IEC azonosító számot, de úgy egészíti ki, hogy hatvanezres szám keletkezzék belőle (pl. IEC 204-1=EN 60204-1) ezt mi az EN-ből vesszük át, az ő azonosító jelzetét megtartva (MSZ EN 60204-1). Vannak olyan EN villamos szabványok is, amelyeket a CENELEC saját maga alkot, ezek ötvenezres azonosító számot kapnak. (Ebből következik, hogy az EN szabványok közül csak az ötvenezres és a hatvanezres jelzőszámúak a villamos szabványok.) A szabványok kibocsátásának útját mutatja be az 1.2.-1. ábra.

Az Európai Unió országaiban a nemzetközi és európai jogszabályok bevezetésére kötelezettséget vállalnak. Fennmarad a kérdés, hogyan viszonyulnak a nemzeti előírásokhoz?



1.2.-1. ábra
A szabványok hazai kibocsátása (hatszögben a szabványjelzet látható)

Nagyon fontos állásfoglalás, hogy az európai előírásokon túlmenő nemzeti előírások import árukra nem érvényesíthetők, így ezen az úton nem lehet a szabad kereskedelmet akadályozni. Az elmondottakat összefoglalóan az 1.-4. táblázat taglalja.

1.-4. táblázat

Jogszabályok és alkalmazásuk az Európai Unióban

Európai szint	Nemzeti szint	Tartalma	Jellege
Direktíva	Jogszabály	Leglényegesebb általános követelmények a biztonság, az egészségvédelem, a környezetvédelem és a fogyasztóvédelem területén.	Kötelező
Európai Szabvány	Nemzeti Szabvány	Biztonság stb. részletes műszaki követelményei és minden más egységesítés	Önkéntes
Európai szintű előírás nincs	Eltérő nemzeti előírás	Bármi	Import árura nem érvényes

1.3. A villamos biztonságtechnika fejlődése hazánkban

A villamosság emberre, a berendezések környezetében elhelyezett javakra kifejtett veszélyessége a gyakorlati alkalmazással egyidejűleg ismertté vált.
Ezt a veszélyeztető hatást felismerve azonnal megindult egy céltudatos tevékenység, amely *megelőző műszaki intézkedésekkel* kívánta e veszélyeztető hatást kiküszöbölni, vagy legalábbis minimális szintre csökkenteni.
Már az előző századforduló óta igyekeztek olyan előírásokat, szabályokat alkotni, amelyek a biztonságos alkalmazást lehetővé teszik. A biztonságtechnika körébe kidolgozott jogszabályok:

- A létesítési biztonsági szabályzat (1913.);
- Az üzemi szabályzat (amely az üzemi dolgozók munkavédelmi, biztonságtechnikai bibliája), és amelyet 1920-ban adtak ki először;
- A villamosenergia-törvény.

A villamos energia sajátos szerepét 1931-ben ismerte fel a törvényhozás, amikor megalkotta az első villamosenergia-törvényt. Ezek a jogszabályok — bár jelentős tartalmi és formai változáson mentek át — ma is a villamos biztonságtechnika meghatározó előírásai.

1.3.1. A biztonságos munkavégzés feltételei

Mint láttuk, a veszélyforrásokkal együtt kell élnünk, dolgoznunk. Így a munkafolyamat kialakításának kell olyannak lennie, hogy az ott dolgozóra a veszélyforrások ne jelentsenek tényleges veszélyt. Ennek érdekében fogalmazódtak meg a biztonságos munkavégzés feltételei, amelyek három csoportba foglalhatók:

1. Tárgyi-műszaki feltételek,
2. Személyi feltételek,
3. Szervezési feltételek.

1. A tárgyi-műszaki feltételek biztosítása azt jelenti, hogy számbavesszük a veszélyforrásokat, majd megvizsgáljuk azok emberre gyakorolt hatását, és olyan megengedhető

küszöbértékeket állapítunk meg az egyes hatásokra, amelyek nem károsítják, illetve nincsenek kimutatható hatással az ember egészségére.

Ezt követően olyan technikai megoldásokat (gépeket, készülékeket, eszközöket, berendezéseket) fejlesztünk, alakítunk ki, amelyek a *veszélyeztetést elfogadható mértékűre csökkentik*, azaz a dolgozót és környezetét vagy egyáltalán nem éri behatás, vagy az küszöbérték alatti értékű.

Szolgáljon az elmondottak illusztrálására egy gyakorlati példa. A villamos berendezésekkel dolgozók a feszültség (mint veszélyforrás) jelenlétét nem kerülhetik el. Ha a személy áramkörbe kerül, áramütés érheti. 50 V-ban állapították meg a váltakozó feszültség azon legnagyobb értékét, amely még nem okoz káros hatást. Tehát olyan műszaki megoldásokat kell kifejleszteni, amely — hiba esetén — biztosítja, hogy maximum 50 V kerül az emberre, vagy ha mégis 50 V-nál nagyobb kerülne, akkor a veszélyforrást azonnal megszünteti (kikapcsol). Az elmondott megoldások a közvetett érintés elleni védelem témakörébe tartoznak.

A megvalósított tárgyi-műszaki feltételek, azaz a biztonságtechnika gyakorlati műszaki megoldásai *védőhatásukat a műszaki megelőzés szempontjából tekintve* négy fokozatba sorolhatók 1.-5. táblázat.

A berendezések javítása, karbantartása, valamint az ezt megelőző előkészületi és az ezt követő visszaállítási munkák során a dolgozó közvetlen kapcsolatba kerül az üzemszerüen feszültség alatt álló berendezésekkel!

2. A **személyi feltételek** biztosítása a biztonságos munkavégzés elengedhetetlen követelménye, azaz az adott munkakör betöltéséhez szükséges végzettségnek, képességnek a meghatározása, azaz a biztonság követelményeinek megfelelő ***személyi alkalmasság megállapítása***. Könnyen belátható, hogy csak megfelelő személyi adottságú dolgozó képes időben felismerni a *veszélyhelyzetet* és a *megelőzés ill. elhárítás lehetőségét*. Az is igaz, hogy jobb képességű, adottságú dolgozó mindezt könnyebben és jobban is teszi, ezért bizonyos munkafolyamatokban ennek kiemelt jelentősége van.

A ***személyi alkalmasság megállapítása*** aszerint történik, hogy a munkavégző:

- Kellően *képzett* és *kioktatott*-e?
- *Egészségügyi szempontból alkalmas-e?*
- *Magatartása*, embertársaival való *együttműködése* megfelelő-e?

A **szakmai képzettséget** az illetékes szerv által kiállított *okmány* igazolja, de csak meghatározott *gyakorlatban eltöltött idő* alapján szabad elfogadni, amelyet természetesen szintén igazolni kell.
Mind a szakképzett, mind a szakképzetlen dolgozót ki kell oktatni a szükséges helyi, speciális **szakmai és biztonsági ismeretekre**, azaz:

- a gondjaira bízott berendezés kezelésére és használatára,
- a kezelés közben előforduló veszélyekre,
- a veszély elhárításának módjára.

A dolgozók szakmai és biztonságtechnikai ismereteit rendszeresen megszervezett ismeretfenntartó tanfolyamokkal kell megfelelő szinten tartani!

1.-5. táblázat

A biztonságtechnikai műszaki megoldások védőhatás szerinti fokozatai

I. fokozat

A munkavégző:	Kialakított védelem:	Példák:
• a veszélyzónán kívül dolgozik, • a munkavégzés során a veszélyzónába nem is kell bemennie.	A munkavégzés során a munkavégző a berendezés csak azon részeivel érintkezhet, amelyek nincsenek feszültség alatt.	Távvezérléssel működtetett berendezés, a veszélyes berendezés elszigetelése, a környezet elszigetelése.

II. fokozat

A munkavégző:	Kialakított védelem:	Példák:
• a veszélyzónában tartózkodik, • időnként oda bemegy.	• megakadályozza a veszélyforrás érvényesülését, • a dolgozó magatartásától függetlenül működik.	Olyan védelmi kapcsolás, amely veszély esetén kikapcsolja a berendezést vagy megakadályozza a veszélyforrás érvényesülését (ÁVK, retesz).

III. fokozat

A dolgozó a munkáját:	Kialakított védelem:	Példa:
• részben, vagy • egészben a veszély-zónában végzi.	• a veszélyforrás érvénye-sülésének elkerülésére segédeszköz alkalmazása, • a dolgozó magatartásától függő a használata.	kikapcsolt vezetékeken elhelyezett földelő rövidre záró.

IV. fokozat

A dolgozó a munkáját:	Kialakított védelem:	Példa:
• a veszélyzónában végzi	munkavégzéshez a dolgozó • védőeszközöket, • védőfelszerelést használ. A védelem használata a dolgozó magatartásától és az ellenőrzéstől függ.	védősisak, mentőöv, fesz. kémlelő, kisütő, stb. (FAM)

Az **egészségügyi alkalmasságot** orvosi vizsgálat dönti el, vagyis azt, hogy a dolgozó

- egészséges-e (nem beteg),
- fogyatékos-e (miben rejlik fogyatékossága: szédül, vak, süket, epilepsziás, színvak),
- fizikailag alkalmas-e a munkakör betöltésére.

A dolgozó **magatartásbeli** és személyi képességeinek messzemenő figyelembevétele olyan munkakörökben kiemelt jelentőségű, ahol:

- egy-egy emberi képesség fokozott jelentőségű (pl. gyors helyzetfelismerés, áttekintőkészség, döntéskészség),
- az emberek fokozottan egymásra utaltak, (pl. villanyszerelést végzők, min. 2 ember) ilyen helyen a magatartásbeli tulajdonságok, a többiekkel való együttműködési készség jelentős.

3. A **szervezési feltételek** biztosítása azt jelenti, hogy a munkabiztonsági tevékenységet szervesen beillesztjük a munkavégzés folyamatába, vagyis:

- a személyi és tárgyi feltételek alkalmazási módját szabályozzuk,
- a tevékenységért felelős személyeket kijelöljük,
- a balesetmegelőző munkákat összehangoljuk térben, időben, sorrendben.

A szervező tevékenység fontosságát jól igazolja a súlyos és halálos balesetek elemzése. A tapasztalatok szerint alapvető okként gyakrabban jelenik meg az **összehangolt tevékenység** hiánya, mint a személyek hiányos ismerete vagy a tárgyi feltételek hiánya.

Ha még egyszer áttekintjük a műszaki megelőzés négy fokozatát, (műszaki feltétel) láthatjuk, hogy a fokozatok számának növekedésével a megelőzés egyre jobban függ az emberi tényezőtől, automatikus hatásossága csökken. Ezt a tényt a III., de főleg a IV. fokozatban a személyi és szervezési feltételek magasabb szintjének megkövetelésével kell úgy alakítani, hogy a biztonság szintje változatlan maradjon.

1.4. A villamos balesetek és azok megelőzése, műszaki mentés

A villamos biztonságtechnika feladata elsősorban a villamos balesetek megelőzése, de ha mégis bekövetkezik valamilyen baleset, tudnunk kell, mi a teendő, mit tehetünk, azaz az áramkörből mentés és az eszköz nélküli újraélesztés feladatait is ismerni kell.

1.4.1. A villamos áram élettani hatása

A villamos áram vagy közvetlenül az emberi testen áthaladva okozhat balesetet:

- áramütés;

vagy a villamos áram másodlagos hatásai:

- hőhatás, ívhatás, ijedtség okozta sokk következtében mozgás, stb. okoznak balesetet.

A másodlagos hatások okozta balesetek igen sokfélék, ezek következményei és az ezekkel kapcsolatos mentési munkák általában nem különböznek a nem villamos balesetekkel kapcsolatos eljárásoktól, ezért külön nem ismertetjük.

Kiemelendő azonban a villamos ív hatására bekövetkező égési sérülés. Általában a nagy áramerősségek megszakítása (pl. késes biztosító áram alatti kiemelése, vezetékszakadás), továbbá a nagyteljesítményű áramkörök zárlatai olyan nagy (intenzív) ívet húznak, amely a közelben tartózkodóknak súlyos égési sérüléseket okoz.

Az áramütéses balesetek súlyosságát, kimenetelét több külső és belső tényező együttesen határozza meg.

Külső tényezők (ezek a balesetestől független villamos jellemzők):

1.) **az áram erőssége**, és
2.) **az árambehatás időtartama**.

Ez a két legfontosabb tényező, nagyságuktól függ a baleset súlyossága.

A 1.-6. táblázat tájékoztatást ad az 50 Hz-es váltakozó áram áramütéskor okozott élettani hatásairól egy speciális áramút esetére (két kéz közötti áramút esete).

1.-6. táblázat

A váltakozó áram és behatási idő élettani hatása (két kéz közötti áramút esete)

Áramerősség mA	Az áramütés időtartama	Élettani hatás
0...1	bármilyen	Nem érzékelhető
1...10	bármilyen	Az elengedési határáram alatti sáv (érezhető, de az érintett rész elengedhető)
10...40	másodpercektől percekig	A vállakban és a karokban erős görcs
40...400	0,2 s-nál rövidebb	Sokkhatás erős izomgörccsel. Múló szívműködési rendellenességek.
	0,2 s-nál hosszabb	Sokkhatás erős izomgörccsel. Az áramerősséggel és a behatás időtartamával egyenes arányban súlyosbodó szívműködési rendellenesség, légzési nehézségek, szívkamraremegés. Ájulás.
400 fölött	0,2 s-nál rövidebb	Szívkamraremegés. Ájulás. Égések.
	0,2 s-nál hosszabb	Szívhalál. Szívkamraremegés. Ájulás. Égések.

3.) **Az áramváltozás gyorsasága** (frekvencia, áramnem). Az előző kettőnél kevésbé jelentékeny tényező. Sajnálatos, hogy élettanilag legveszélyesebb az erősáramú gyakorlatban leginkább elterjedt 50-60 Hz-es ipari frekvenciájú áram. Kevésbé veszélyesek a 10 Hz alatti váltakozó áramok, egyenáram, valamint az 1000 Hz-nél nagyobb frekvenciájú áramok. 10 000 Hz fölötti frekvenciájú áramok gyakorlatilag veszélytelenek az élő szervezetre (szkinhatás).

4.) **A feszültség nagysága**. Maga a feszültség — a potenciál — csak akkor veszélyes, ha áramkörbe is kerülhet a balesetes. (A távvezetéken ülő madarak kapacitív töltőárama életüket nem befolyásoló tényező.) Az emberi test normál állapotú (nem vizes, izzadt) ellenállását állandónak feltételezve a feszültség életveszélyessége a törpefeszültség felső határánál kezdődik. Hogy ez mennyire bizonytalan megállapítás, az kiderül abból, hogy tudunk 20 V alatti feszültség okozta halálos balesetről (fürdőkádban), és 35 kV-os feszültségen történt, nem halálos kimenetelű balesetről is.

Belső tényezők (A balesetes testének állapota a baleset pillanatában, ill. a test villamos jellemzői):

1.) **A test ellenállása**. Az (általában külső körülményektől függő) érintési feszültség mellett a kialakuló áramerősség meghatározója az ellenállás. Értéke egyénenként függően is változó. Számottevő ellenállásértékkel rendelkezik a bőr felhámrétege. Az ép bőrfelület 20-100 $k\Omega/cm^2$ ellenállású, ezt jelentősen csökkenthetik sérülések, ill. nedvesedés. A test belseje folyadékban gazdag, elektrolitosan vezet, ellenállása

néhány száz ohm, valójában elhanyagolható. Nagy jelentősége van az érintési felület átmeneti ellenállásának, amely a felületi nyomástól és nedvességtől függ;

2.) **Az áram útja a testben**. Legveszélyesebbek a szíven és az agyon áthaladó áramutak. Kevésbé veszélyes, ha az áram nem érint létfontosságú szervet.

3.) **A test fizikai állapota**. Súlyosbítja a baleset kimenetelét a fáradtság, a kimerültség, betegségek, ittasság és egyéb stimulált állapot, pl. mérgezés, terhesség. A nők és gyermekek érzékenyebbek az áramütésre.

4.) **A balesetes lelkiállapota**. Növeli a veszélyt a lehangoltság, a depresszió, a szétszórtság, az idegesség, a harag. Javítja a túlélés esélyeit, ha a balesetes a veszély tudatában, az esetleges áramütésre felkészülve végzi munkáját. (Szakmabeliek mind ismerik tapasztalatból is az áramütés érzését. Aki egyszer átélte, nem felejti el.)

Magyarországon hetente kb. tíz-tizenöt balesetet (közöttük egy-két halálosat) jelentenek be.

Megtörtént balesetek tanúsítják, hogy ha a balesetes egyedül van, ez a körülmény nagyon lerontja a túlélés esélyeit. Az áramütött önmaga csak enyhe áramütésből tud szabadulni. Súlyosabb esetekben a baleset legtöbbször halállal végződik, mivel az áramütés folyamata önerősítő (az izomgörcs következtében nő a testen átfolyó áram erőssége, ez viszont fokozza az izomgörcsöt). Ha a balesetes közelében segélynyújtó tartózkodik, lélekjelenléte és jó helyzetfelismerő képessége a balesetes állapotára meghatározó. Alapvetően két, egymás utáni műveletcsoportot kell jól végrehajtania:

1.) az áramkörből mentést,
2.) az elsősegélynyújtást.

A műszaki mentés fogalmába tartozik minden olyan művelet, amely az elsősegélynyújtás (újraélesztés) megkezdéséig történik, azt előkészíti.

1.4.2. Áramkörből mentés

Az áramütéses baleset felismerése után (egyidejűleg azzal, hogy hívással, kiabálással további segítségnyújtókat kell hívni, és értesíteni kell a mentőket) haladéktalanul meg kell kezdeni az áramhatás megszüntetését, az áramütött kiszabadítását az áramkörből. (A mentésnek e fázisa a segélynyújtóra nézve is *fokozott veszélyhelyzetet* jelent.) A segélynyújtó elsődleges szempontja kell, hogy legyen, hogy ő maga semmiképp se kerüljön áramkörbe, hiszen ezáltal nemcsak segítségnyújtásra lesz képtelen, hanem mindkettőjük túlélési esélye romlik. Az áramkörből kiszabadítás módszerei a feszültség nagyságától függően eltérőek.

1.4.2.1. Áramkörből kiszabadítás 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű berendezésen

Legbiztonságosabb a mentést az áramkör megszakításával, azaz a megszakító vagy a berendezés főkapcsolójának kikapcsolásával, a biztosító betéteinek kicsavarásával, esetleg a hálózati csatlakozó kihúzásával lehet elvégezni. A kikapcsolás tényéről kétséget kizáróan meg kell győződni! (A kikapcsoló szerv helyzetéből vagy feliratozásából ez egyértelműen kiderül.)

Ha ez nem valósítható meg késedelem nélkül, **akkor a vezeték elvágásával vagy szándékos rövidzárlat előidézésével semmiképpen nem szabad az áramhatást megszüntetni**. E módszereknek hátrányai:

- rövidzárlat előidézésekor (amely a vezeték elvágásakor is előfordulhat) a nagy áramerősség másodlagos hatásaival (ív, hő, fémolvasztás, stb.) kell számolni,
- az elvágott vezetékvég feszültség alatt marad, előfordulhat, hogy a földre vagy más vezetőanyagú tárgyra esik: a jelenlévőkre és a mentés folyamán később a helyszínre érkezőkre újabb áramütések veszélyét hordozza,

- több hasonló vezeték esetén előfordulhat, hogy a segélynyújtó nem a megfelelőt csípi el, így a berendezés továbbra is feszültség alatt marad (a felsorolt veszélyek megtörtént balesetek leírásaiban szerepelnek).

Különleges esetnek számít, amikor a balesetes olyan helyzetben marad fogva az áramkörben (pl. létra tetején, állványon, asztal vagy szekrény tetején végezte munkáját), hogy az áramhatás megszűnését követő izomelernyedéskor leesve zúzódásokat, töréseket szenved. Ekkor a kiszabadítást *megelőzheti* néhány egyszerű intézkedés: a balesetes megtámasztása fagerendával, falétrával vagy a leesés helyén textil leterítése, pokróc, ponyva kifeszítése. Ha a leesés várható helyén magas hőmérsékletű vagy éles, hegyes tárgy, maró anyag van, azt előzőleg el kell távolítani.

Veszélyesebb a balesetes kiszabadítása szigetelőanyag segítségével, azaz az áramütött testének eltávolítása (eltolása, elhúzása) a feszültség alatt levő résztől. Ezt általában az áramütött ruhájánál fogva, esetleg a segélynyújtó kezére borított textil illetve műanyag darabbal, kivételesen szigetelt vagy fanyelű szerszámmal, illetve más kéznél lévő szigetelt tárggyal kell megpróbálni. Ha a helyiség padlója nem szigetelő, akkor a segélynyújtó biztonságát fokozhatja a segélynyújtó lába alá tett deszka, műanyag vagy vastag textília, ami a talpponti ellenállást jelentősen megnöveli.

1.4.2.2. Áramkörből kiszabadítás 1000 V-nál nagyobb feszültség esetén

A nagyfeszültség *megközelítése is életveszélyes!* Ezért a kiszabadítás lehetősége itt jóval korlátozottabb. Az áramütött közelébe kerülni, őt megérinteni veszélyes. A kikapcsolást csak arra jogosult, helyismerettel rendelkező szakember végezheti el. Ezért a balesetet okozó villamos berendezés üzembentartóját a lehető leggyorsabban értesíteni kell a balesetről.

Ha a baleset villamos műben (erőműben, transzformátorállomásban, kapcsoló-állomásban) történik, és a balesetet okozó berendezés nem kapcsolható ki, akkor a sérült kiszabadítását a nagyfeszültségű berendezés névleges feszültségének megfelelően szigetelt életmentő rúd (korábbi, közkeletű elnevezéssel: *kapcsolórúd)* segítségével megkísérelheti erre külön kioktatott személy. Egyéb segédeszköz nagyfeszültségen nem alkalmazható, ezért életmentő rúd hiányában a kikapcsolásig az áramütött kiszabadítását nem lehet megkezdeni!

1.4.3. Elsősegélynyújtás, eszköz nélküli újraélesztés

A baleset külső behatás okozta váratlan egészségkárosodás.

Az elsősegélynyújtás azon egészségügyi beavatkozások összessége, amelyeket bárki a végleges szakellátás megkezdése előtt, annak érdekében végez, hogy a baleset (vagy egyéb hirtelen egészségkárosodás) okozta életveszélyt elhárítsa, ill. a további állapotromlást legalább mérsékelje.

Az elsősegélynyújtás **gyakorlati tevékenység**, melyet nem elég egyszerűen megismerni, hanem a leendő elsősegélynyújtónak a készség szintjére kell emelnie, rendszeres elméleti és gyakorlati képzést kell kapnia. Az áramütött balesetes ellátása során végrehajtandó teendők attól függenek, hogy

- az áramütött öntudatánál van,
- eszméletlen állapotban van, de lélegzik (ájult),
- eszméletlen, nem lélegzik (klinikai halott).

1.4.3.1. Az öntudatánál levő balesetes ellátása

Bármilyen jelentéktelennek látszó áramütés esetén is a legfontosabb az orvosi segély gyors biztosítása, egyidejűleg pedig a balesetes teljes nyugalomba helyezése. Miután állapota órák múltán is újból kritikussá válhat, azért mindaddig a balesetes mellett kell maradni, amíg ellátását orvos át nem vette. Természetesen a nem kifejezetten áramütés okozta egyéb sérüléseket — az elsősegélynyújtás általános szabályai szerint — el kell látni.

1.4.3.2. Ájult, öntudatlan, de lélegző áramütött ellátása

Eszméletlen, légző balesetes számára legfontosabb az elegendő mennyiségű levegő, és az átjárható légutak biztosítása. A gége bejáratának szabadnak kell lennie, ezért a hátracsúszott nyelvet előre kell húzni, hányadékot, műfogsort — gézzel — el kell távolítani. (A légutak elzáródására az áramütött hörgő légzése és szederjes arca figyelmeztet bennünket.)

A megfelelő mennyiségű és minőségű levegő biztosítása, a légutak szabaddá tétele után az áramütött ruházatát is azonnal meg kell lazítani.

Eszméletlen, de lélegző sérültet — amennyiben tisztázott, hogy a baleseti mechanizmus, magasból esés, gázolás, járműből kiesés gerinctörést vagy egyéb, a beteg mozgatását korlátozó sérülést nem okozhatott — legcélszerűbb stabil oldalfekvő helyzetbe hozni. (Ezzel lehet az idegen anyagoknak, váladékoknak a légutakba jutását elkerülni.) A stabil oldalfekvés úgy biztosítható, hogy a sérültet a jobb oldalára fordítjuk. Jobb karját a háta mögé, közvetlenül a test mellé húzzuk, bal karját könyökben behajtjuk és kézfejét (vagy tenyerét) az arca alá helyezzük. Az alul lévő jobb lábát derékszögig felhúzzuk, és térdben behajtjuk, így a talajra támaszkodik, míg a felül lévő kinyújtott bal láb ezt súlyával rögzíti.

1.4.3.3. Újraélesztés

A következőkben röviden összefoglalt, nagymértékben egyszerűsített alapismeretek csupán arra szorítkoznak, ami az újraélesztés megértéséhez nélkülözhetetlen.

Az egész szervezet számára a légzés biztosítja az oxigén felvételét és a szén-dioxid leadását. A vérkeringés juttatja el az oxigént a sejtekhez, és onnan a keletkezett széndioxidot elszállítja a tüdőbe. Látható, hogy míg számos életműködésünk (emésztés, kiválasztás, szaporodás stb.) hosszabb-rövidebb ideig szünetelhet anélkül, hogy ennek a szervezet egésze kárát látná, addig a légzés és a keringés átmeneti szünetelése is megszakítja az energiatermelés folytonosságát, vagyis a szervezetnek környezetével fenntartott egyensúlyát veszélyezteti. Légzés és keringés nélkül az élet átmenetileg sem folytatható. Ezért *a légzést és a keringést alapvető életműködéseknek nevezzük.* Mindkettő fenntartásához nélkülözhetetlen az idegrendszer szabályozó működése.

A légzéshez a mellkas fújtatószerű mozgására, a légutak átjárhatóságára, és a légzőfelület épségére van szükség. A keringéshez kellő mennyiségű vér, a vért továbbító szívműködés, valamint az erek tónusa szükséges.

Az alapvető életműködések megszüntével a sejtek oxigénellátás nélkül maradnak, egyszersmind felhalmozódnak bennük az összeomló energiatermelés elszállítatlan bomlástermékei, melyek a sejteket károsítják. (Az alapvető életműködések bármelyike szűnik meg elsődlegesen, ezt legkésőbb egy-két percen belül követi a másik megállása.)

Az életműködések hiánya az élet megszüntét, vagyis a halált jelenti. Ez a korábbi elterjedt elképzelésekkel szemben legtöbbször nem pillanatos esemény, hanem folyamat, mely az alapvető életműködések megszüntével kezdődik, és a sejtek felbomlásával fejeződik be. A halál folyamata tehát károsodási folyamat, mely szövetenként változó gyorsasággal

halad előre: az élénk anyagcseréjű szövetekben gyorsabban, a lassú anyagcseréjűekben lassabban.

A leggyorsabban a központi idegrendszer, ezen belül is az agykéreg sejtjei károsodnak. Itt az elváltozások (normális testhőmérsékleten) már 3-4 perc után maradandók. Mivel emberi sajátosságaink jelentős részének az agykéreg a hordozója, ez azt jelenti, hogy a légzés és keringés 3-4 perces hiánya után a szervezet emberi egészként megszűnik létezni.

A leírtak értelmében a halál folyamatának első 3-4 percében tehát még nem alakultak ki visszafordíthatatlan elváltozások. Ezt az első szakaszt **klinikai halálnak** nevezzük (azért, mert ún. klinikai vizsgálattal: megtekintéssel, tapintással a szervezet halottnak tűnik, hiszen életjelenségeket nem mutat). Ha három percen belül hatásosan pótoljuk az alapvető életműködéseket (mesterségesen), esélyt adunk az életben maradásra. Három-négy perc után — beavatkozás nélkül — a folyamat átmegy a **biológiai halál** szakaszába.

Az alapvető életműködések mesterséges pótlását, ill. helyreállítását újraélesztésnek nevezzük. Az újraélesztésnek különös jelentőséget ad — az élet megmentésének lehetőségén túl — az a tény, hogy kellő tudás birtokában eszköz nélkül, azonnal megkezdhető.

Az újraélesztés lehetőségére elvi alapot ad az, hogyha saját kilélegzett levegőnket a beteg orrába fújjuk, ez a levegőnk „elhasználtsága" ellenére még mindig annyi oxigént juttat a beteg szervezetébe, amennyi az életben maradáshoz elegendő. Ha a hanyatt, kemény alapon fekvő beteg mellkasát ritmikusan összenyomjuk, a mellüregi szervekből szakaszosan továbbíthatjuk a vért, azaz mesterséges keringést hozhatunk létre. Ez ugyan csupán körülbelül negyede lesz az egészséges ember nyugalmi vérkeringésének, arra mégis alkalmas, hogy a maradandó agyi károsodás bekövetkezését 3-4 percről 15-20 percre tolja ki. Ennyi idő alatt a megfelelő technikai eszközökkel rendelkező orvosi segítség a helyszínre érkezhet. Előfordulhat az is, hogy az eszköz nélküli újraélesztés önmagában képes helyreállítani a spontán légzést és keringést. Amint korábban már említettük, az alapvető életműködések egyike áll meg elsőként, és ezt rövid időn belül követi a másik megszűnése.

A klinikai halál bekövetkeztét átmeneti zavarnak tekinthetjük. Ennek elhárításakor (vagyis az újraélesztés során) bizonyos eljárási sorrendet kell betartanunk. Ezt segíti elő az újraélesztés ABC-je azáltal, hogy az ABC betűihez sorrendben a teendőkre utaló, megfelelő kezdőbetűjű szavakat rendel hozzá, a következőképp:

A átjárható légutak biztosítása;

B belégzés pótlása;

C cirkuláció (vérkeringés) helyreállítása;

Az újraélesztési ABC jelentősége az, hogy emlékeztet a teendők célszerű, és szigorúan betartandó sorrendjére.

Első feladat az áramütött életfunkcióinak megállapítása.

A beteget hangosan meg kell kérdezni állapotáról, karját meg kell szorítani, és ha nem reagál, kemény alapra hanyatt fektetni. A nyakát szorító ruházatot meg kell lazítani, a hasát ill. mellkasát borító ruházatát fel kell húzni, szabaddá kell tenni, hogy a mellkas-has mozgását oldalról, a szegycsont magasságában lehajtott fejjel meg lehessen figyelni. Ha lélegzik, akkor a mellkas mozog.

A nyaki verőeret a gége (ádámcsutka) magasságában a gége és a fejbiccentő izom közti árokban ki kell tapintani (második-harmadik-negyedik ujjunk egymás mellé helyezett ujjbegyével, könnyedén.)

A légzés- és keringésvizsgálat időtartama (külön-külön) egy normál lélegzetvételünk ideje (kb. 5 másodperc)

A vérkeringés légzésmegállás esetén még néhány percig (mesterséges lélegeztetés esetén tartósan is) spontán működhet. A vérkeringés leállásakor a spontán légzés okvetlenül leáll.

Átjárható légutak biztosítása (A)

A légutak átjárhatóvá tétele és szabadon tartása (1.4.3.2. pont) elengedhetetlen beavatkozás minden olyan sérültön vagy betegen, aki tartósan és mélyen eszméletlen. Ugyanakkor az újraélesztés első teendője is a megfelelő mértékű légút biztosítása. Jól jegyezzük meg, hogy az az ember *eszméletlen,* akinek légzése, keringése megtartott, de a külvilággal való kapcsolata elveszett. **A klinikai halál hirtelen bekövetkezte eszméletvesztéssel jár, és a továbbiakban is eszméletlennek látszik a beteg, azonban tudnunk kell, hogy itt az eszméletlenségnél jóval súlyosabb állapotról van szó.**

A belégzés pótlása (B)

A lélegeztetésre, ill. újraélesztésre szoruló beteget kemény alapra hanyatt kell fektetni. A beteg feje mellett elhelyezkedve, térdeljünk a beteg felső testének jobb oldalához (balkezes segélynyújtó a bal oldalához) egyik kezünket a homlok és a hajas fejbőr határára, a másikat az állcsúcsra téve a szájat zárjuk, majd a fejet hátraszegve megfeszítjük a nyelvet felfüggesztő, és az eszméletlenség miatt tónustalanná vált izmokat. (Így a nyelv eltávolodik a hátsó garatfaltól, és a levegő útja az orron keresztül — a száj zártsága ellenére — szabaddá válik. (Higiéniai szempontból terítsünk egyrétegű, vékony **textíliát** a beteg orrára. Vigyázat, papír zsebkendő nem alkalmas!),

Közepesen mély belégzés után fújjuk saját kilélegzett levegőnket a beteg orrába, majd — miközben a fejet továbbra is hátraszegve tartjuk — a beteg orrától kissé elemelkedünk, s fejünket a mellkasa felé fordítjuk. Így fülünk a balesetes orra elé kerül és halljuk a levegő kiáramlását a beteg tüdejéből, látjuk visszasüllyedni a mellkast, és eközben levegőt veszünk. Ha csak lélegeztetünk, a befújások a normál nyugalmi légzés ütemében (kb. 5 másodpercenként, azaz percenként kb. 12-szer) ismételjük meg. Ha mellkaskompresszióra is szorul a beteg, a befújás üteme más.

A cirkuláció (vérkeringés) pótlása (C)

A keringés újraindítása észlelt, jelenlétünkben bekövetkezett keringésmegállás esetén:

Ha hirtelen keringésmegállást követően fél, legfeljebb egy percen belül a szívet (a mellkasfal közvetítésével) erős mechanikus inger éri, a hatásos szívműködés megindulhat. Ilyen ingert lehet a mellkasra gyakorolt ökölcsapás segítségével létrehozni. Ezért, ha a keringésmegállás bekövetkeztekor jelen vagyunk (azaz az említett beavatkozást fél percen belül megtehetjük), az első teendő ez! Később a szívizomzat a fokozódó oxigénhiány következtében már érzéketlenné válik a mechanikus ingerekkel szemben is; vagyis a mellkasi ökölcsapás ezen idő elteltével hatástalan, és így értelmetlen.

Az ökölcsapás gyakorlati végrehajtása:

- A nyaki verőér tapintásával meggyőződünk a keringés szüneteléséről. **Ha csak gyenge lüktetés is tapintható, az ökölcsapás tilos!**
- Kb. 20-30 cm magasságból zárt ökölle közepesen erős ütést mérünk a balesetes szegycsontjára (a középső és alsó harmad határára oda, ahová mellkas-kompresszióknál a tenyerünket helyezzük);
- Azonnal ellenőrizzük a nyaki verőér lüktetését;

- Ha nincs lüktetés, a beteget hanyatt, kemény alapra fektetve azonnal újraélesztést kezdünk (Mellkaskompresszió).

Újraélesztés korábban bekövetkezett (egy percnél tartósabb) keringésmegállás esetén:

A segélynyújtó egyedül van.

- A balesetest kemény alapon hanyatt fektetjük;
- Az újraélesztés ABC-je szerinti légútbiztosítást, majd **négy befúvást** végzünk;
- Ha a nyaki verőér lüktetése továbbra sem tapintható, egyik tenyerünket a szegycsontra helyezzük pontosan a középvonalba úgy, hogy a kéztő a szegycsont középső-alsó harmadának határára essék, az ujjak pedig a fej felé nézzenek;
- Másik kezünket a szegycsontra helyezett kéz hátára helyezzük, ujjainkkal az alul lévő kezünk csuklóját körbefogjuk;
- A kompressziókat nyújtott könyökkel, felsőtestünk súlyát kihasználva végezzük (másként igen gyorsan elfáradnánk) úgy, hogy a mellkast hirtelen lenyomjuk, lenyomva tartjuk, majd hirtelen felengedjük, de kezünket ekkor sem vesszük el a mellkasfalról. A lenyomva tartás és felengedés ideje azonos, az „egyet-kettőt-hármat-négyet-ötöt" szavak kimondása segít az ütem tartásában. A kompressziók frekvenciája 80/perc körüli. A leírt módon egymás után **tizenöt kompressziót** végzünk;
- A kompressziókat követően **két befújást** végzünk;
- A tizenöt kompresszió, majd két befújás ciklust rendületlenül folytatjuk.

Nyomatékosan fel kell hívni a figyelmet arra, hogy mellkaskompressziót csak akkor szabad végezni, ha bizonyosan nincs keringés (azaz a nyaki verőér nem lüktet). Meglévő keringés mellett végzett mellkaskompresszió életveszélyes, akár halálos ritmuszavart okozhat, akadályozza a spontán keringést, és nem utolsósorban szükségtelenül fenyegeti szövődmény lehetőségeivel a beteget. Az újraélesztés során elkövethető legnagyobb hiba, ha gyengén is de fennálló, és tévesen nem észlelt keringés mellett végzünk mellkaskompressziót. Ezért újraélesztést csak az kísérelhet meg, aki a nyaki verőér tapintását és a segítségnyújtás leírt lépéseit ellenőrzötten begyakorolta.

Vigyázat! A légzés mindaddig mesterségesen pótlandó, ill. segítendő, amíg nincs spontán keringés! Ennek oka az, hogy a mesterségesen fenntartott keringés nem biztosít bőséges mennyiségű oxigént az agynak. A tétel megfordítása nem igaz: a nyaki verőér lüktetésének visszatértekor a melkaskompressziókat azonnal abba kell hagyni!

A keringés helyreállása — miként megszűnése is — egyedül a nyaki verőér tapintása útján észlelhető. Az érlökést kb. egy perces újraélesztés után, majd a továbbiakban kb. 1-2 percenként kell keresnünk.

A sikerrel újraélesztett beteget pillanatokra sem szabad magára hagyni, mert az alapvető életműködések akármikor ismét megszűnhetnek. Ha a légzés és keringés kielégítővé vált, de az eszmélet nem tért vissza, a beteget óvatosan stabil oldalfekvésbe fordítva folyamatosan figyelni kell. Előfordul, hogy az eszméletlenség múltával a magához térő beteg zavarttá, nyugtalanná válik, ami mielőbb orvosi ellátást sürget.

Abba kell hagyni az újraélesztést, ha visszatér a légzés és keringés, vagy ha legalább félórán át hatásosan végzett újraélesztésnek átmenetileg sincs eredménye.

2. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM

Váltakozó áram esetén 1000 V-nál, egyenáram esetén 1500 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű erősáramú villamos berendezés áramütés elleni védelme.

Villamos baleset, áramütés kétféle módon jöhet létre:

- közvetlenül az üzemszerűen feszültség alatt álló berendezésrész (aktív rész) érintése által (**közvetlen érintés**),
- vagy a villamos berendezés üzemszerűen feszültség alatt nem álló, de meghibásodás miatt feszültség alá kerülő fém vagy vezető anyagú részének (test) érintése által (**közvetett érintés**). A feszültségre kerülés oka többnyire a szigetelés meghibásodása, testzárlat.

Megjegyzés: A vezető anyagú rész megnevezés arra hívja fel a figyelmet, hogy félvezető anyagot (pl. grafitszálat) tartalmazó műanyag nem tekinthető szigetelő anyagnak (vezetőképes!). (Okulásul álljon itt annak a halálos balesetet szenvedett horgásznak az esete, aki grafitszállal erősített horgászbotjával a 20 kV-os távvezeték alatt dobta be a horgot.)

Az áramütés elleni védelem mindkét áramütéses baleset elkerülésére tett intézkedéseket magában foglalja. A közvetlen érintés elleni védelem megoldásait ALPAPVÉDELEMNEK, míg a közvetett érintés elleni védelem megoldásait HIBAVÉDELEMNEK nevezik. Az utóbbi eset korábbi elnevezése **érintésvédelem** volt, és nagyfeszültségen ma is az.

Az MSZ HD 60364-4-41 szabvány az áramütés elleni védelmi módok tárgyalásánál mind az alapvédelemre, mind a hibavédelemre vonatkozó előírásokat külön-külön megadja.

Ezek az áramütés elleni védelmi módok:

- a táplálás önműködő lekapcsolása,
- kettős vagy megerősített szigetelés,
- villamos elválasztás,
- SELV és PELV törpefeszültség;

és a csak szakképzett vagy kioktatott személyek által ellenőrzött vagy felügyelt berendezésekben alkalmazható védelmi módok:

- védőakadályok és az elérhető tartományon kívül helyezés,
- a környezet elszigetelése,
- védelem földeletlen egyenpotenciálú összekötéssel,
- villamos elválasztás egynél több fogyasztó esetén.

Pedagógiai okokból a jegyzetnek nem ez a tárgyalásmódja, hanem — a felesleges ismétlések elkerülése miatt — külön kerül sor az alapvédelem és külön a hibavédelem módszereinek megismerésére.

A **HIBAVÉDELEM** a meghibásodás miatt potenciálra kerülő test megérintéséből származó balesetek megelőzésének kérdéseivel foglalkozik, illetve a csökkentésére irányuló műszaki intézkedéseket foglalja magában. E fogalom korábbi elnevezése „közvetett érintés elleni védelem", vagy egyszerüen csak **„érintésvédelem"** volt! A nagyfeszültségű villamos berendezések esetében, és számos egyéb helyen — pl. érintésvédelem ellenőrzése, vagy pl. gyártmányok érintésvédelmi osztályba sorolása — használjuk az érintésvédelem kifejezést, amelyet kisfeszültségen váltott csak fel a hibavédelem fogalma. Ennek oka az MSZ EN

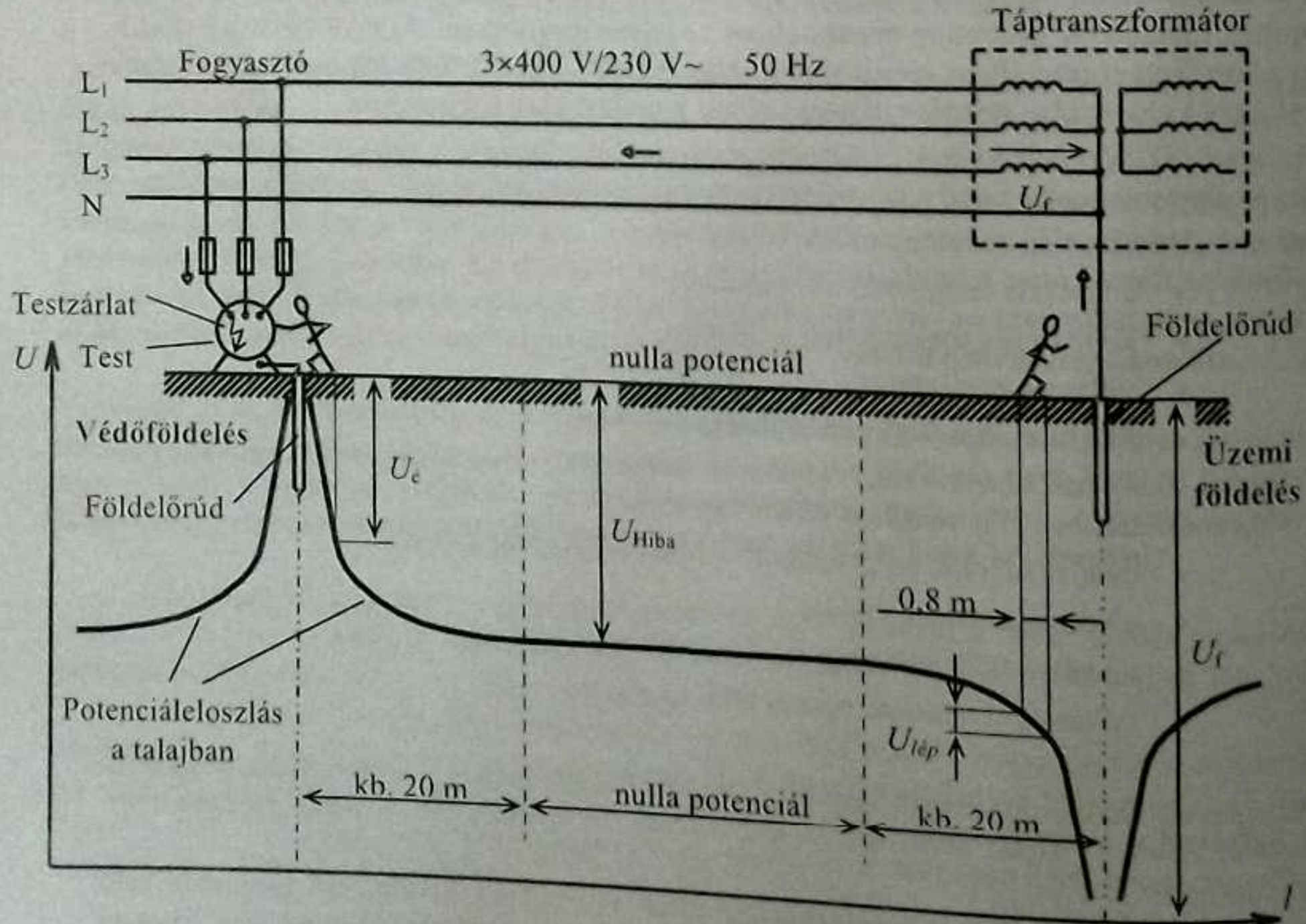
61140: 2007 „Villamos áramütés elleni védelem. A villamos berendezésekre és szerkezetekre vonatkozó közös szempontok" szabvány életbe lépése.

(Az üzemszerűen feszültség alatt álló berendezések /aktív rész/ véletlen vagy szándékolt érintését akadályozó intézkedések az **ALAPVÉDELEM** korábbi nevén „KÖZVETLEN ÉRINTÉS ELLENI VÉDELEM" fogalomkörébe tartoznak.)

A villamos berendezések üzemszerűen feszültség alatt nem álló részeit úgy képezik ki, hogy azokat bárki üzem alatt is megfoghassa, érinthesse. Sőt ez az érintés gyakran szükséges is a kezeléshez (pl. szerszámgépek, kéziszerszámok, motortestek megbontása a hálózatra csatlakoztatáshoz stb.) Ezen fémrészek azonban a villamos berendezés meghibásodása következtében veszélyes feszültség alá kerülhetnek, és ekkor ezek megérintése súlyos áramütéses balesetekhez vezethet. A meghibásodás jelen esetben testzárlatot jelent.

Mit nevezünk testnek?

A villamos berendezések, gépek, készülékek minden fémből vagy más, villamosan vezető anyagból készült mindennemű megérinthető szerkezeti ill. tartó részét, amely üzemszerűen nincs feszültség alatt, de *meghibásodás vagy rendellenesség következtében feszültség alá kerülhet*! (Test tehát a mosógép fém burkolata, állványos fúrógép tokmánya stb.)



2.-1. ábra
Hibafeszültség, érintési-feszültség, lépésfeszültség

A közvetett érintés szempontjából mit nevezünk meghibásodásnak?

Az üzemszerűen vezető részek a berendezésen belül el vannak szigetelve a külső, érinthető fémrészektől, a testtől. Ez a szigetelés az **alapszigetelés** (régi nevén üzemi szigetelés), amely szigetelőképességét elvesztheti:

- mechanikai sérülés,
- szigetelőanyag öregedés, ill.
- idegen tárgy (vezető anyag) behatolása következtében.

Testzárlatkor az egyébként feszültségmentes fémrészeken, vezető anyagokon az emberre veszélyes hibafeszültség lép fel. **Hibafeszültség** (U_h) a végtelen távoli földpotenciál, nulla potenciál (gyakorlatban a földelőtől 20 m-nél távolabbi pont potenciálja), és a megemelkedett testpotenciál különbsége (2.-1. ábra). Az európai szabvány átvételével ez a fogalom megegyezik a **várható érintési feszültség** (lásd 2.1. pont) fogalmával, az egyszerűbb szóhasználat miatt azonban továbbiakban is a szokványos kifejezést használom.

Az ember véges méreteit tekintve nyilván e potenciálkülönbség egy részét képes csak áthidalni. Az **érintési feszültség** (lásd 2.1. pont) a hibafeszültségnek vagy a földelő feszültségének az a része, amit egy ember áthidalhat, azaz két különböző potenciálú pontot egyidejűleg érinteni tud. (Vigyázni kell azonban arra, hogy ez segédeszköz nélkül értendő, egészen más a helyzet, ha valaki vezető anyagú segédeszközzel érintkezik, például fém csövet visz.) A hibafeszültség egy része a talajon járva is áthidalható, hiszen a földben folyó zárlati áram potenciálkülönbséget hoz létre a talajban (2.-1. ábra).

Lépésfeszültség a talaj felületén a talajt érintő lábak között a földzárlati áram hatására fellépő feszültség. A távolság lábtávra 0,8 m. Az érintési feszültségnél a segédeszközre vonatkozóak itt is érvényesek, gondoljunk csak a csövet végeiken cipelő két munkásra.

Az érintési feszültség akkor veszélyes az emberre, ha meghalad egy bizonyos értéket, és az illető áramkörbe kerülhet. A szabvány — egy átlagos embert alapul véve — megadja a **megengedett érintési feszültség** (lásd 2.1. pont) értékét, amely:

- 100 Hz-nél nem nagyobb frekvenciájú szinuszos váltakozó áram esetén

$$U_{L\sim} = 50 \text{ V},$$

- állandó értékű egyenfeszültség esetén:

$$U_{L=} = 120 \text{ V}.$$

A hazai és nemzetközi gyakorlatban limitfeszültségnek (U_L) nevezik a megengedett érintési feszültség fogalmát.

Egyes különleges esetekben (veszélyes helyek vagy berendezések esetén, pl. gyermekjátékok, testtel érintkező kozmetikai-, gyógyászati berendezéseknél stb.) a megadottnál kisebb érték is megszabható.

Ha az érintési feszültség a megengedett értéket meghaladja ($U_é > U_L$), akkor azt gyorsan meg kell szüntetni, a hibás berendezést a hálózatról le kell kapcsolni. A maximális lekapcsolási idő legfeljebb 32 A-es végáramkörök esetében tizedmásodpercek (lásd 2.-4. táblázat), míg elosztókat tápláló áramkörök, illetve 32 A-nél nagyobb áramú végáramkörök esetében 1 vagy 5 másodperc, a hibavédelmi rendszer kialakításától függően.

A lépésfeszültség-védelem előírásaival a nemzetközi szabvány és ennek következtében az MSZ 2364/MSZ HD 60364 sem foglalkozik. Ezt mi sem indokolja jobban, minthogy az elmúlt 30 év tapasztalata szerint kisfeszültségű ($U < 1000$ V) berendezés földzárlata csak állatok elhullását eredményező lépésfeszültséget okozott, személyi balesetet nem.

2.1. Fogalommeghatározások

A villamos biztonságtechnika szakterületén alkalmazott, bevezetett fogalmak is módosulnak, bővülnek az európai szabványok bevezetésével. Egyes fogalmak új megnevezésére, ennek bevezetésére — esetleg csak a szöveghű fordítás vagy a szemlélet, illetve a biztonságtechnikai rendszer szerkezeti változása miatt — van szükség. Ezen esetben a szabványos fogalmakon túli — immár szokványosnak tekinthető — korábbi fogalmak ismerete a pályakezdő mérnökök számára elengedhetetlen. Természetesen az oktatásnak az új fogalmak használatában élen kell járnia, és ettől csak kivételes, külön indokolandó esetekben célszerű eltérni. A jelenlegi „szakmai nyelvújítás" épp ilyen esetnek tekinthető!

A korábban ismertetett okok miatt hatályon kívül helyezett MSZ 1600-1 szabvány meghatározta a törpefeszültség, a kisfeszültség és a (biztonságtechnikai szempontból vett) nagyfeszültség fogalmát. Az új MSZ 2364/MSZ HD 60364 szabványsorozat csak az épületek villamos berendezésében használatos feszültségekkel foglalkozik, s ezeket az MSZ HD 193 S2-ben meghatározott (de változatlan) határokkal I. és II. feszültségsávokra osztja a 2.-1. táblázat és a 2.-2. táblázat szerint.

módosulnak
ésére, ennek
ságtechnikai
fogalmakon
pályakezdő
fogalmak
ben célszerű

szabvány
ontból vett)
az épületek
SZ HD 193
ztja a 2.-1.

2.-1. táblázat

Váltakozó áramú feszültségsávok

Feszültségsávok jelölése	Közvetlenül földelt rendszerek		Földtől elszigetelt vagy nem közvetlenül földelt rendszerek*
	Fázis és a föld között (fázisfeszültség)	A fázisok között (vonali feszültség)	A fázisok között (vonali feszültség)
I	U ≤ 50	U ≤ 50	U ≤ 50
II	50 < U≤ 600	50 < U≤ 1000	50 < U≤ 1000

U = a berendezés névleges feszültsége (voltban)

* Ha a nulla ki van építve, akkor ezekben a rendszerekben a fázis és a nulla közé kapcsolt villamos szerkezeteket úgy kell megválasztani, hogy a szigetelésük feleljen meg a fázisok közötti (vonali) feszültségnek.

2.-2. táblázat

Egyenáramú feszültségsávok

Feszültségsávok jelölése	Közvetlenül földelt rendszerek		Földtől elszigetelt vagy nem közvetlenül földelt rendszerek*
	Pólus és a föld között	A pólusok között	A pólusok között
I	U ≤ 120	U ≤ 120	U ≤ 120
II	120 < U ≤ 900	120 < U ≤ 1500	120 < U ≤ 1500

U = a berendezés névleges feszültsége (voltban)

* Ha a középvezető ki van vezetve, akkor ezekben a rendszerekben a pólusvezető és a középvezető közé kapcsolt villamos szerkezeteket úgy kell megválasztani, hogy a szigetelésük feleljen meg a pólusok közötti feszültségnek.

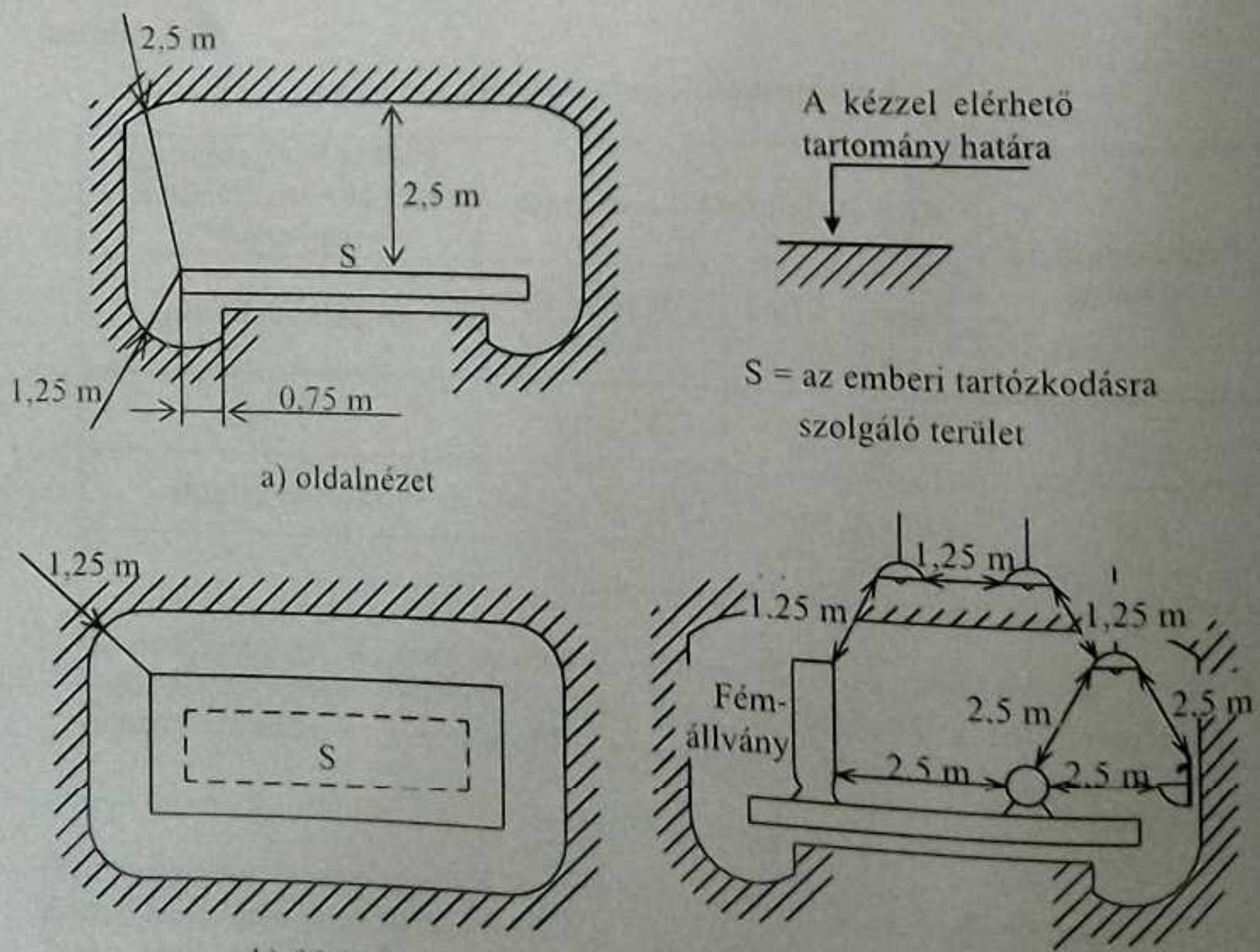
A II-es sáv felső határánál nagyobb névleges feszültségű berendezések biztonságtechnikai szempontból nagyfeszültségűnek tekintendők (más szabványok ezen belül megkülönböztetik az 1-35 kV közti "közép-", a 36-220 kV közti nagy- és az ennél is nagyobb "igen nagy" feszültségeket. Gyakorlatilag az egyes feszültségsáv a törpefeszültségnek, míg a kettes feszültségsáv a kisfeszültség fogalmának felel meg.

Számtalanszor előfordul a szakmai gyakorlatban, hogy különböző előírások vonatkoznak a villamos szakma két különböző szakterületére, ilyen megkülönböztetés szükséges például az:

- **Erősáramú**, energiaátviteli: A villamos áram munkavégző képességét felhasználó…;
- **Gyengeáramú**, információátviteli: A villamos áramot jelátvitelre felhasználó…;

berendezések létesítésekor és üzemeltetésekor.

- **Érintési feszültség:** Az egyidejűleg érinthető részek között szigetelési hiba esetén fellépő feszültség.
- **Várható érintési feszültség:** Az a legnagyobb érintési feszültség, amely a villamos berendezésen elhanyagolható impedanciájú hiba esetén felléphet.
- **Hibafeszültség:** A meghibásodott test és a végtelen távoli földpotenciál — nulla potenciál — közötti feszültség.
- **Megengedett érintési feszültség**: Az érintési feszültségnek az a legnagyobb értéke, amelynek fennmaradása adott külső befolyásoló körülmények között korlátlan ideig megengedett.
- **Segédeszköz nélkül elérhető berendezésrész** az, amit a **kézzel elérhető tartományon** belül (lásd 2.1.-1/a. ábra) helyeznek el;



2.1.-1. ábra

a) és b) Kézzel elérhető tartomány; c) egyidejűleg érinthető vezetőképes részek

- **Emberi tartózkodásra szolgáló felület** (*S* a 2.1.-1/a. ábrán), rögzítetten beépített hely (nem létra, stb.), amely tartózkodás céljára szolgál (nem állunk a radiátorra, stb.)
- **Egyidejűleg érinthető villamosan vezető anyagú rész**:

  A kézzel elérhető tartományon belül két rész akkor tekinthető egyidejűleg érinthetőnek, ha a közöttük levő távolság nem haladja meg a 2,5 métert, ez a távolság a kézzel elérhető tartományon kívül 1,25 m-re csökkenthető (2.1.-1/b. ábra);

- **Villamos gyártmány**, termék (MSZ 1600/1):

  Egy gyárban, vagy hasonló körülmények között (kisipari műhely) előállított olyan villamos egység (készülék, motor, stb.), amely elkészítése részletes technológiai utasítás alapján történik, és amelynek biztonságát típuspróbával és próbatermi műszeres vizsgálattal igazolták. Általában adattáblája van.

- **Villamos berendezés (épületé)** /electrical installation (of building)/:

  Összehangolt jellemzőjű villamos szerkezetek meghatározott célra vagy célokra egymással összekötött együttese.

- **Villamos szerkezet** (electrical equipment):

  Minden olyan szerkezet, amelyet a villamos energia fejlesztésére, átalakítására, szállítására, elosztására vagy felhasználására alkalmaznak, mint például forgógépek, transzformátorok, kapcsoló és vezérlőkészülékek, mérőkészülékek, védelmi eszközök, vezetékrendszerek szerkezetei, fogyasztókészülékek.

- **Áramkör**, villamos áramkör:

  A villamos berendezés villamos szerkezeteinek és vezetékeinek közös táppontról, közös túláramvédelmen keresztül táplált együttese. (A fogyasztók nem tartoznak bele!);

- **Aktív rész**: Minden olyan vezető vagy vezetőképes rész, amelyet arra szántak, hogy normál üzemben feszültség alatt álljon. A nullavezető e fogalom alá tartozik, a PEN-vezető azonban egyezményesen nem;

- **Nullavezető**:(N) a hálózat nullapontjára kapcsolt olyan vezető, amely alkalmas arra, hogy részt vegyen a villamos energia szállításában;

- **Védővezető**: PE vezető, (PE: protective earthed) a
  - testeket,
  - földelőket,
  - központi földelőkapcsokat,
  - betáplálás közvetlenül földelt üzemi vezetőjét,
  - villamos szerkezethez nem tartozó idegen vezetőképes részeket összekötő érintésvédelmi célú vezető;

- **PEN-vezető**: Az a vezetőszakasz, amely üzemi áramot és testzárlati hibaáramot is vezethet, tehát egyaránt ellátja az üzemi vezető és a védővezető feladatát;

- **Egyenpotenciálra hozás** (EPH): a testek és idegen vezető anyagú szerkezetek vezetői összekötése azok azonos vagy közel azonos potenciálra hozása céljából;

  Lehetséges módszerei:
  - egyenpotenciálra hozó hálózattal (pl. épület egyenpotenciálra hozása),
  - helyi egyenpotenciálú összeköttetéssel,
  - földeletlen egyenpotenciálra hozással.

- **Védőcsatlakozó kapocs** (földelőkapocs, rövidítve védőkapocs):
  A villamos szerkezetek védővezető csatlakoztatására szánt kapcsai ill. érintkezői;

- **Alapszigetelés** (korábbi elnevezéssel: üzemi szigetelés): Az aktív részeken az áramütés elleni alapvédelem céljára alkalmazott szigetelés. Ez az aktív részek és a test vagy az aktív részek és egy belső, feszültség alatt nem álló szerkezeti rész közti szigetelés (melyet a termékszabványokban előírt próbafeszültséggel vizsgálnak) általában a funkcionális szigetelés szerepét is ellátja. Az a funkcionális szigetelés azonban, amely két, egymástól eltérő potenciálú aktív rész között van, nem tekinthető alapszigetelésnek.

- **Kiegészítő szigetelés** (korábbi elnevezéssel védőszigetelés): Az alapszigetelés kiegészítéseként alkalmazott olyan független (különálló és külön is vizsgálható) szigetelés, amelynek célja, hogy az alapszigetelés meghibásodása esetén is megakadályozza az áramütés létrejöttét. Általában a kézzel érinthető burkolat vagy azzal fémesen érintkező, feszültség alatt nem álló szerkezeti rész és egy az aktív résztől csak alapszigeteléssel elválasztott belső szerkezeti rész között van. A megbízható szigetelőanyagból készült burkolat is betöltheti a kiegészítő szigetelés szerepét.

- **Kettős szigetelés**: Az alapszigetelésből és a kiegészítő szigetelésből álló szigetelőrendszer.

- **Megerősített szigetelés**: Az aktív részeken alkalmazott olyan szigetelő rendszer, amely a termékszabványokban előírt kialakítása következtében a kettős szigeteléssel azonos biztonságot nyújt, de nem osztható villamosan külön vizsgálható alap- és kiegészítő szigetelésre. Ez a szigetelőrendszer készülhet egyetlen darabból vagy több egymástól mechanikusan különálló szigetelésből is, amelyek csupán azért nem vizsgálhatók önállóan, mert nincs köztük a megosztott szigetelésvizsgálatot lehetővé tevő fémrész.

2.2. Védelem a táplálás önműködő lekapcsolásával (Védővezetős hibavédelmi módszerek)

Az áramütés elleni védelmi módok — így a táplálás önműködő lekapcsolása védelmi mód is — mind az alapvédelemre, mind a hibavédelemre nézve tartalmaz előírásokat. Azért, hogy ugyanarra ne kelljen többször kitérni, azaz az egységes tárgyalásmód érdekében a jegyzet az alapvédelemre vonatkozó előírásokat a 3. pont alatt tárgyalja.

A hibavédelem védővezetős érintésvédelmi módjai olyan kialakításúak, amelyeknél a villamos szerkezetek testét a védővezetővel össze kell kötni. Három ilyen módszer van:

- TT-rendszer (Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben)
- TN-rendszer (Nullázás)
- IT-rendszer (Védőföldelés földeletlen és közvetve földelt rendszerben)

A szabvány a háromféle védővezetős érintésvédelmi módot kétbetűs rövidítésekkel jelöli.

Az első betű mindig azt jelöli, hogy milyen a táphálózat tápponti földelése:

A "**T**" betű jelentése "terre = föld" azaz a táphálózat egy arra alkalmas pontja pl. csillagpontja, vagy valamelyik aktív vezetője, üzemi vezetője **közvetlenül földelt**.

Az "**I**" betű jelentése a hálózat földeletlen vagy impedancián keresztül földelt, közvetve földelt.

A második betű pedig azt jelöli, hogy a védett testet a védővezető mivel köti össze:

"**T**" betű esetén egy a táphálózat földelésétől független ún.védőföldeléssel;

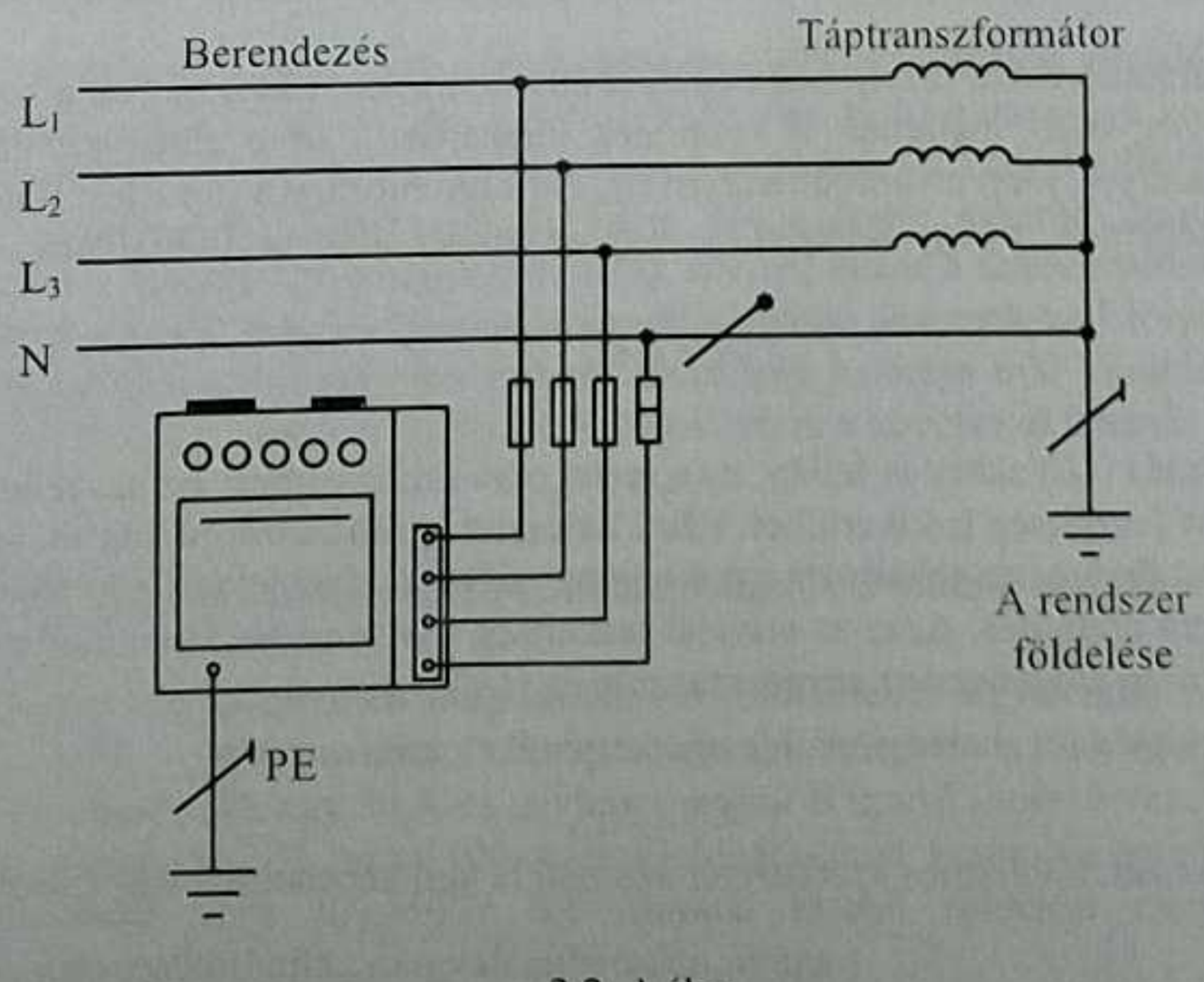
"**N**" betű esetén a táphálózat földelt aktív vezetőjével, leggyakrabban a nullavezetőjével.

A táphálózat kiépítésével együtt mindjárt ki kell építeni valamelyik védővezetős érintésvédelmi módot is. Nem engedhető meg a kétsarkú (védőérintkező nélküli) dugaszolóaljzat vagy kétvezetős (védővezető nélküli) lámpacsatlakozás kialakítása. Nem szabad tehát védővezető nélküli csatlakozási helyet azzal a meggondolással kiépíteni, hogy majd a fogyasztóberendezést felszerelő szakember kialakítja a megfelelő hibavédelmet.

2.2.1. TT-rendszer (Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben)

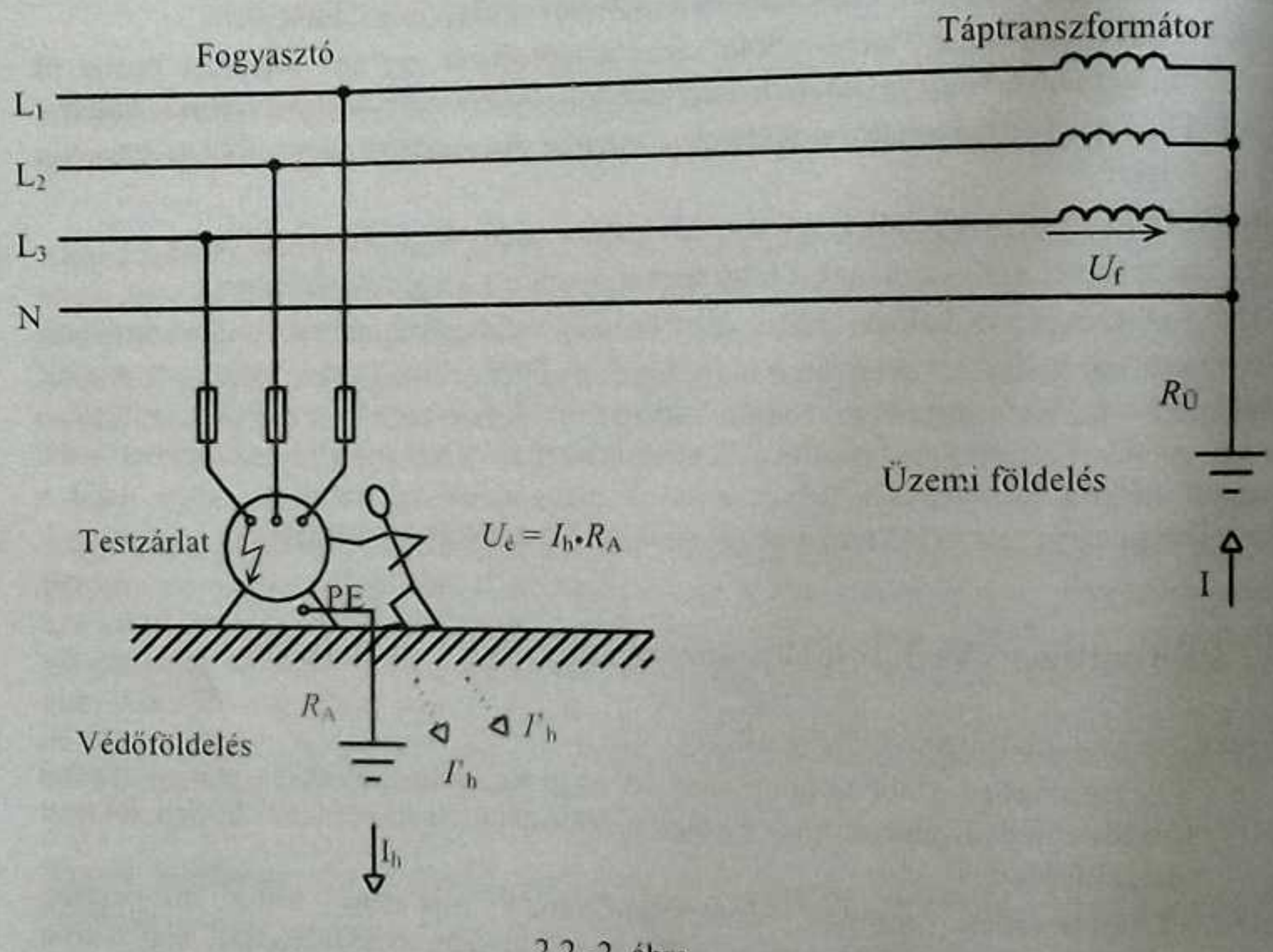
A TT-rendszer kialakításának szabályai (2.2.-1. ábra):

- TT-rendszerben a nullapontot, vagy ha az nincs kivezetve, akkor az egyik üzemi vezetőt minden generátornál és táptranszformátornál közvetlenül le kell földelni (üzemi földelés)!
- TT-rendszerben minden érintésvédelemmel ellátandó testet PE-vezetőn (védővezetőn) keresztül közvetlenül le kell földelni (védőföldelés)! Ugyanazon kikapcsolószervvel védett testeket ugyanazon földeléshez kell kötni!



2.2.-1 ábra
A TT-rendszer kialakítása

Ha TT-rendszerben szigetelési meghibásodás, testzárlat következik be (2.2.-2. ábra), akkor a hibaáram a védőföldelésen át folyik az üzemi földeléshez.



2.2.-2. ábra
Testzárlat TT rendszerben

Az így kialakuló áramkörben a fázisfeszültség által áthajtott áramot lényegében a két földelési ellenállás korlátozza, mert mellettük a vezetékek ellenállása szinte elhanyagolható. Ez a testzárlat azért veszélyes, mert a védőföldelésen (R_A) átfolyó hibaáram (I_h) a test potenciálját a földhöz képest megemeli, és így létrejön — egy az ember által is áthidalható — érintési feszültség (U_e):

$$U_e = I_h R_A \tag{2.1}$$

A potenciálemelkedés (U_e) akkor is fellép, ha a testet nem érinti ember! Ez azt jelenti, hogy a testre életveszélyes feszültség is kikerülhet. Ezt a balesetet kiváltó körülményt mindenképpen el kell kerülni! A szabvány meghatározta azt a legnagyobb feszültséget (U_L), amelyet tartósan érintve sem jön létre áramütés. Azaz az érintési feszültség nyílván nem lehet nagyobb, mint a szabvány által tartósan megengedett érintési feszültség (U_L).
Ha az érintési feszültség meghaladja a megengedett értéket, azaz

$$U_e > U_L\,, \tag{2.2}$$

akkor be kell avatkozni, a villamos szerkezetet azonnal le kell kapcsolni a hálózatról.

Mi végezheti el a lekapcsolást?

Felhasználható a túláramvédelem céljára beépített olvadó biztosító, megszakító ill. kismegszakító, de beépíthetünk egy csak a hibaáramot érzékelő ún. áram-védőkapcsolót (ÁVK). Lásd a 2.2.1.4. Áram-védőkapcsoló fejezetet!

Felmerül a kérdés: milyen gyorsan kell kikapcsolni? Erre a villamos áram élettani hatását vizsgálva kapunk választ (1.3.1.), azaz gyorsan. A szabvány TT-rendszerekben az elosztóáramkörökre, illetve a 32 A-nél nagyobb áramú végáramkörökre 1 s maximális lekapcsolási időt ír elő. A legfeljebb 32 A-es végáramkörök esetében a leghosszabb lekapcsolási időket a 2.-4. táblázat közli. (A hazai 230 V-os váltakozó feszültségű hálózatra vonatkozóan az érték 0,2 s lekapcsolási idő.)

A lekapcsolás különleges esetei!

- A váltakozó feszültség esetén 50 V-nál és egyenfeszültség esetén 120 V-nál nagyobb U_o névleges feszültségű rendszerek esetében, ha a védővezetőhöz vagy földhöz bekövetkező hiba esetén a tápforrás kimeneti feszültsége a megadott időn vagy 5 s-on belül (amelyik megfelelő) váltakozó feszültség esetén 50 V-ra és egyenfeszültség esetén 120 V-ra vagy kisebb értékre csökken, akkor az önműködő lekapcsolásra előírt idő betartása nem követelmény. Azaz olyan félvezetős táplálásnál (pl. UPS), ahol a fenti feltételek teljesítését a túlterhelés megakadályozására beépített áramkorlátozás biztosítja, nem kell érintésvédelmi célból beavatkozni!
- Ha a megadott időn belüli önműködő lekapcsolást nem lehet teljesíteni, akkor kiegészítő védelemként a **2.2.1.3.** szerinti **kiegészítő egyenpotenciálú összekötést** kell alkalmazni. *E szakasz azt mondja ki, hogy az egyidejűleg érinthető testek közvetlen egyenpotenciálra hozó összekötése esetén az általános követelményeknél hosszabb (és pontos időhatárral meg nem adott) kikapcsolási idő is megengedett, de nem ment fel az önműködő kikapcsolási követelmény alól.* A gyakorlatban $\alpha = 2$, és 10 s kikapcsolási idővel szoktak számolni.

Hogyan méretezzük érintésvédelmi szempontból a villamos hálózatot?

- Ha az érintésvédelmi célú kikapcsolást **túláramvédelmi készülék**, olvadóbiztosító vagy kismegszakító végzi, az előírt gyorsaságú lekapcsolás előírt gyorsaságú kioldást előidéző áramot jelent (I_a), amelynek meghatározása a készülékek működési jelleggörbéje alapján az 1s-hoz, vagy a 0,2 s-hoz tartozó érték. Ha a testre kikerülő érintési feszültség meghaladja a megengedett érintési feszültség értékét, akkor a túláramvédelmi készüléken I_a-nál, azaz a kioldó, vagy kiolvasztó áramnál nagyobb áramnak kell folynia. Hogy ez a feltétel teljesüljön, a megengedett érintési feszültség hatására már kioldóáram nagyságú áramnak kell folynia, azaz a védőföldelés ellenállására a következő feltételt kapjuk:

$$R_A \leq U_L / I_a \qquad (2.3a)$$

A védőföldelés ellenállása a védővezető-, a földelővezető-, a földelő és a földelő szétterjedési ellenállásából áll.

Ez az összefüggés a gyakorlatban megvalósítható földeléseket figyelembe véve azt jelenti, hogy ez a módszer — túláramvédelmi kikapcsolást feltételezve — csak igen kis terhelések esetében alkalmazható. (Pl. egy 20 A-es névleges áramú B típusú (hosszú vezetékek védelme) kismegszakító esetén, $I_a = 5I_n$ azaz 100 A-es kioldóárammal számolva és váltakozó áramú táplálást figyelembe véve /U_L=50V/ 0,5 ohmnál kisebb földelési ellenállást kellene kiviteleznünk, ami gyakorlatilag megvalósíthatatlan, drága.)

Elvben a méretezés, a kioldóáram (I_a) meghatározása megoldható lenne a gyári jelleggörbék alapján is, ezek azonban általában nem hozzáférhetők, s ráadásul jellegsávokat adnak meg, amelyek kiértékelésére a szabvány ugyancsak nem ad iránymutatást. A korábbi szabvány a névleges áramokra vonatkozó kioldási szorzók (α) alkalmazását engedélyezte ezen esetekre. Az $I_a=\alpha I_{Bn}$ (I_{Bn} az olvadóbiztosító, kismegszakító névleges árama) összefüggés használatához a 2.-3. táblázat α értékeivel való számolás látszik hazánkban a legegyszerűbbnek:

2.-3. táblázat

Az α kiolvadási szorzó értékei

A biztosító típusa	I_n (I_{ch}) A	TT (1s)	TN (5s)	I≤32 A-es végáramkör
		α		
gG, gM (gyors és késleltetett)	≤ 25	5	3	6
	≥ 32	7	4	—
gR (NOR, NOSi, NOGe		4	2,5	6

A jelenleg szabványos kismegszakítók hőkioldójának jelleggörbéje nem függ a típustól, ezért az általános (1 s-os) kioldáshoz egységesen $\alpha = 5$ értéket célszerű felvenni, míg a hordozható készülékek áramköreiben α értékére a B típusúaknál 5, a C típusúaknál 10, míg a D típusúaknál 20 ajánlható. A korábbi típusú kismegszakítóknál megítélés kérdése, hogy azokat a B vagy a C típusúakkal vesszük azonosnak.

A (2.3a) egyenlet alkalmazását az MSZ HD 60364-4-41:2007 szabvány nem teszi lehetővé, — ennek vélhető oka a földelési szétterjedési ellenállás mérésének nehézsége —, **hanem a Z_s föld-hurokimpedancia értékének betartását követeli meg:**

$$Z_s \le U_0/I_a \qquad (2.3b)$$

ahol:

U_0 a fázisfeszültség;

Z_s a hibahely hurokimpedanciája, ahol a hurok részei:

- a tápforrás,
- a fázisvezető a hiba helyéig,
- a test védővezetője,
- a földelővezető,
- a berendezés földelője,
- a tápforrás földelője;

I_a a túláramvédelmi eszköz kioldóárama.

- Ha kisfeszültségű váltakozó áramú rendszerben ÁVK-t alkalmazunk érintésvédelmi célú kikapcsoló szervként, akkor a (2.3a) egyenletbe I_a helyébe $I_{\Delta n}$-t, az ÁVK névleges különbözeti kioldóáramát kell helyettesíteni, míg U_L helyére 50 V kerül. Így a védőföldelés ellenállására a következő feltételt kapjuk:

$$R_A \le (50\ V)/I_{\Delta n} \qquad (2.4)$$

(Az áram-védőkapcsoló kioldóárama 30 mA és 1 A között lehet, így a kedvezőtlenebb 1 A-es értékkel számolva 50 ohmos védőföldelési ellenállást kell megvalósítani, ami viszont egyszerű műszaki feladat.)

Ha tehát TT-rendszerben nagyobb teljesítményű a fogyasztó, irreálisan kis földelési ellenállást kellene megvalósítani. Mit lehet tenni?

1.) 2.2.1.3. szerinti kiegészítő egyenpotenciálú összekötést (helyi EPH-t) lehet alkalmazni, ami a közvetett érintés elleni védelem hatásosságát növelő intézkedés!

2.) A közvetett érintés elleni védelem kikapcsoló szerveként a 2.2.1.4. pontban ismertetett áram-védőkapcsoló (ÁVK) alkalmazható!

3.) Az áramkör eredő ellenállásának értékét fémes visszavezetés kialakításával lehet csökkenteni, azaz az áramkör fémes zárását biztosítani, azaz TN-rendszerre kell átalakítani.

2.2.1.1. Földelés

A földelés feladata, áramút biztosítása a föld felé, azaz villamos vezetői összekötés létesítése a környezet talajával. A talaj rossz vezető. Villamos vezetőként csak azért lehet alkalmazni, mert keresztmetszete sok millió szorosa a villamos vezetékek szokásos keresztmetszetének. A fém vezető és a rossz vezetőképességű talaj **összekötése nagy felületű fémtárggyal**, az ún. **földelővel** valósul meg. Csövet, rudat, szalagot, huzalt vagy lemezt mélyítünk a talajba. Ennek az összeköttetésnek az ellenállása, a bevezetett áram szétterjedésével szembeni talajellenállás. Számítását számos szakirodalom tárgyalja: [1],[2], értékei a leggyakrabban alkalmazott földelő típusokra (2.2.-3. ábra):

a.) Függőleges rúdföldelő szétterjedési ellenállása:

$$R_{SZ} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d} \qquad (2.5)$$

ahol: $[l]$ = m a rúd hossza,
$[d]$ = m a rúd átmérője.
$[\rho]$ = Ωm a talaj fajlagos ellenállása,[1]

Rúdföldelő szétterjedési ellenállásának **becslésére** alkalmazható a következő közelítő képlet:

$$R_{SZ} \approx \frac{\rho}{l} \qquad (2.6)$$

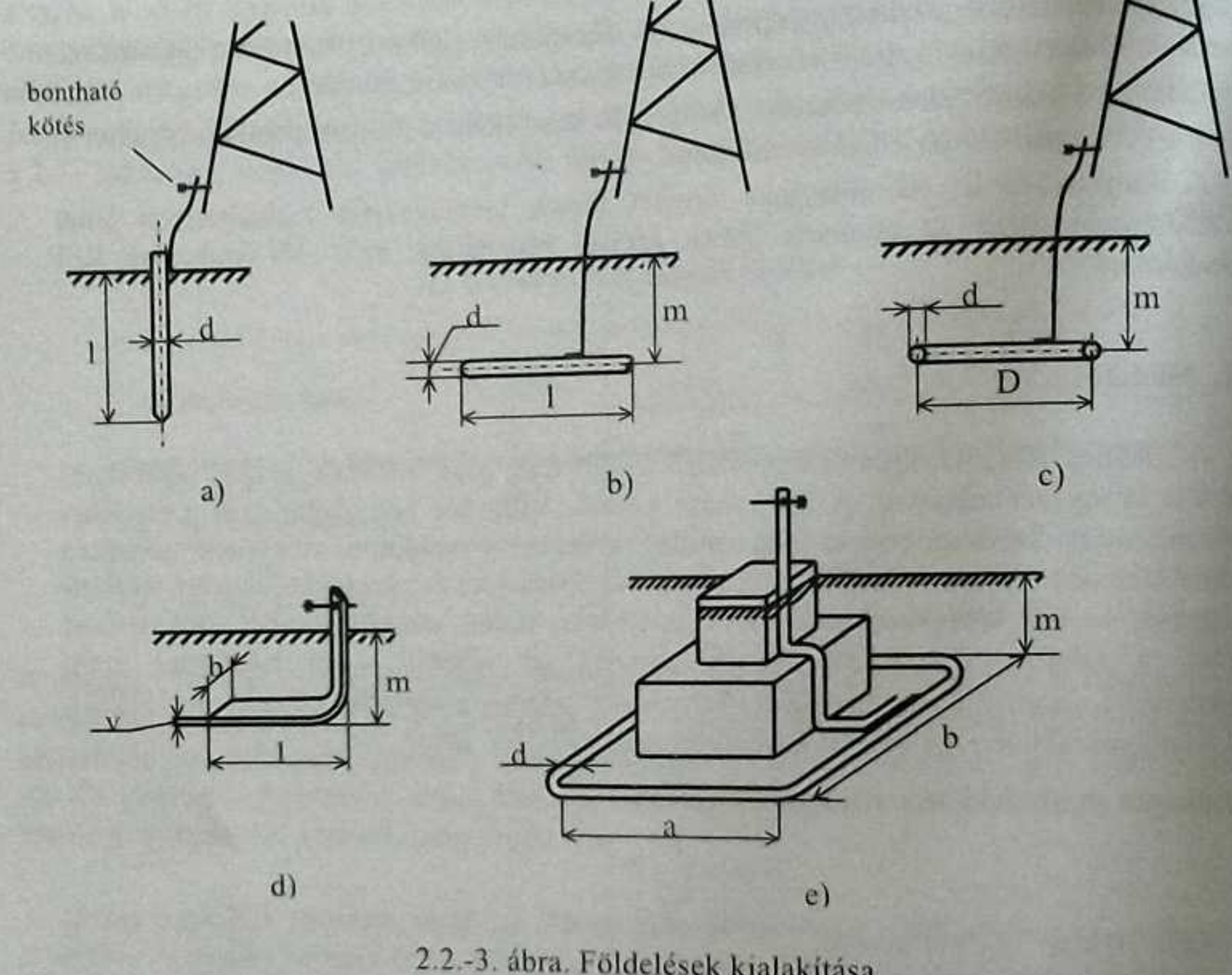
b.) Vízszintes földelő szétterjedési ellenállása rúd, vagy cső esetében:

$$R_{SZ} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dm} \qquad (2.7)$$

ahol: $[\rho]$ = Ωm a talaj fajlagos ellenállása, $[m]$ = m a rúd fektetési mélysége,
$[l]$ = m a rúd hossza, $[d]$ = m a rúd átmérője.

---

[1] A talaj fajlagos ellenállását egy speciális mérési módszerrel határozzák meg. Négy, egymástól *a* távolságra lemélyített földelő két szélső földelőjén keresztül *I* áramot vezetnek át a földön, és mérik a két középső földelő között a feszültséget *U*. A talaj fajlagos ellenállásának számított értéke: $\rho = Ua/I$. A földelőket egymástól legalább 20 m távolságra kell lemélyíteni!



2.2.-3. ábra. Földelések kialakítása

a) rúdföldelő b) vízszintes földelő c) gyűrűföldelő d) szalagföldelő e) keretföldelő

Vízszintes földelő szétterjedési ellenállásának **becslésére** alkalmazható az alábbi közelítő formula:

$$R_{sz} \approx \frac{2\rho}{l} \tag{2.8}$$

c.) Gyűrűföldelő szétterjedési ellenállása:

$$R_{sz} = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{4\pi D^2}{dm}\right) \tag{2.9}$$

ahol: $[\rho] = \Omega m$ a talaj fajlagos ellenállása,

$[m] = m$ a gyűrű fektetési mélysége,

$[D] = m$ a gyűrű átmérője,

$[d] = m$ a gyűrű rúdanyagának átmérője.

d.) Szalagföldelő esetében a vízszintes földelő (2.7) összefüggése alkalmazható azzal a feltétellel, hogy a szalag keresztmetszetének kerületéből egy egyenértékű rúdátmérőt kell kiszámítani:

$$d = \frac{2}{\pi}(b + v) \tag{2.10}$$

Ha a szalag széles és vékony elegendő a *b* értékével számolni!

e.) Keretföldelő a földelt oszlopalap körvonalait a talajszint alatt követő földelő. Szétterjedési ellenállásának számításához a gyűrűföldelő (2.9) összefüggése alkalmazható, ha a keret hosszából egyenértékű gyűrűátmérőt számolunk:

$$D = \frac{2}{\pi}(a+b) \qquad (2.11)$$

A földelő három fő részből áll: a csatlakozást biztosító bontási pontból (mérőhely), magából a földelőből és a földelőt a csatlakozási ponttal összekötő földelő vezetőből.

Földelők kialakítása

Külön, csak a földelés céljára a talajba mélyített fémszerkezet a „mesterséges földelő". Igen gyakran azonban mesterséges földelés készítésére nincs szükség, mert a talajban (attól sem villamosan, sem víz ellen nem szigetelve) számos más célú fémszerkezet van, amelyeket minden további nélkül az érintésvédelmi földelés céljára is felhasználhatunk (ezeket nevezik „természetes földelők"-nek). Ma nagyon sok esetben az építmények betonalapjainak acélbetéteit használják földelésként. Ez azért tehető meg, mert a betonnak ugyan nagyságrendekkel nagyobb a fajlagos ellenállása, mint a fémeknek, de az ún. „talajnedves" (tehát a talaj nedvesítő hatásának állandóan kitett) beton fajlagos ellenállása közel azonos a talaj fajlagos ellenállásával (tehát közelítőleg úgy számolhatunk, mintha ezek az acélbetétek közvetlenül a talajban feküdnének). Az így létesített földelő rendszernek „betonalap-földelő" a neve.

A kisfeszültségű érintésvédelmi földelések csak rövid időre (legfeljebb néhány másodpercig) és kis áramerősségű (ezer ampernél kisebb) áramokat vezetnek a földbe, így ezeknek korróziós hatásával nem kell számolni. Nem szabad azonban különböző anyagú (pl. vasból és rézből készült) földelőket egymással fémesen összekötni, mert ezek a talaj savas (vagy lúgos) közegében galvánelemet alkotnának, s így köztük állandó áram lépne fel, ami (ha nem is nagy áramerősségű) már súlyos korróziót okozhatna. A talaj azonban — természetesen bizonyos mértékben — önmagában is korrodálja a vele érintkező fémeket. A természetes földelők korrózióvédelmét az eredeti céljuknak megfelelően határozzák meg, egy a fontos, hogy e korrózióvédelem ne történjék villamosan szigetelő bevonat alkalmazásával.

Ha a mesterséges földelőknek nincs korrózióvédelme, akkor anyagukat olyan vastagra, (acélvezető esetén legalább 3 mm) és olyan keresztmetszetre (acélvezető esetén legalább 50 mm^2) választják, hogy hosszú ideig tartson, amíg az egész keresztmetszetében korrodál. A kezdődő rozsda nem rontja a földelő hatásosságát, mert igaz ugyan, hogy a fémfelület átmeneti ellenállását megnöveli, de a fejlődő rozsda bediffundál a talajba, s annak fajlagos ellenállását sokkal nagyobb mértékben csökkenti. Előfordul azonban, hogy a földelőnek a talajban lévő részén kötést kell készíteni. Ennek legcélszerűbb módja a hegesztés. Ha ez valamilyen okból nem valósítható meg, akkor a csavaros, forrasztott vagy más módon elkészített kötés valóban korrózióvédelemre szorul, s erre (kizárólag csak a kötések helyén!) már szükségszerű lehet a kátrányos festékkel való bevonás. Természetesen az így bevont részek a talajtól el vannak szigetelve, s ezért nem számíthatók bele a földelő hatásos hosszába.

A talaj fajlagos ellenállása sok mindentől függ, de legfőképpen a talaj nedvességétől és a vízben oldott sóktól. Ezért a mesterséges földelőket mindig a fagyhatár (hazai viszonyok közt általában 70 cm) alá kell lesüllyeszteni, mert kemény tél esetén az e feletti talajrétegek megfagynak, s fagyott talajban a földelők szétterjedési ellenállása nagyságrendekkel nagyobb a normál állapotban mértnél. Igen nagy fajlagos ellenállású (pl. sziklás) talajokban gazdaságos

lehet a talaj fajlagos ellenállásának javítása, körülöntése bentonittal. (A bentonit agyagásvány, amely őrölt formában kapható. Vízben feloldva, tejszerű sűrűségben juttatják a talajba.)

A vízvezetéki csövek földben fekvő része régebben csaknem kizárólag fémből volt, ezért felhasználták földelés céljára. Ma ez nem kivitelezhető, mert még a meglévő régebbi vízvezetéki csöveket is egyre gyakrabban cserélik ki műanyag csövekre. Ezért a KLÉSZ (Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzata) előírja, hogy vízvezetéki csőhálózat csak abban az esetben használható fel földelésként, ha az épület fala és a vízmérő óra közötti rész (amelyet az épület tulajdonosa kezel, tehát amelynek változását figyelemmel tudja kísérni) is kielégíti az „önmagában is számottevő földelés" követelményeit. (Azaz a talajban a fagyhatár alatt lévő összefüggő, a talajjal vezető módon érintkező hossza legalább 4 m!) Ha a vízvezetéket földelés céljára használják fel, akkor a vízmérő órát villamos vezetővel (legalább 16 mm^2 réz, vagy legalább 50 mm^2 keresztmetszetű vas) át kell hidalni, nehogy a vízmérő órán szerelést végző vízvezeték-szerelő óracserekor áramütést kapjon. Ez ma szintén kivitelezhetetlen, mert a közcélú vízvezeték csöveket egyre kiterjedtebben műanyagra cserélik! Ez az oka annak, hogy az MSZ 60364 szabvány vízvezetékek védővezetőként alkalmazását tiltja!

Földelők összekötésének szabályai:

- A különböző célú földeléseket össze szabad kötni, ha ezek egyikén sem lép fel **tartósan** (5 másodpercnél hosszabb időre) **75 V-nál nagyobb feszültség**, és rövid időre sem lép fel 800V-nál nagyobb feszültség.
- A különböző földeléseket vagy össze kell kötni (fémes vezetői összekötés!), vagy szét kell választani (talajban legalább 20 m távolság!). Bizonytalan, se össze nem kötött, se szét nem választott állapot nem megengedett. Azokat a földeléseket, amelyeket össze szabad kötni, egyesíteni is szabad. (Az összekötés azt jelenti, hogy minden berendezésnek van külön földelése, de ezek vezetővel össze vannak kötve. Az egyesítés azt jelenti, hogy két vagy több célra csak egy földelést használnak, vagy több földelés van ugyan, de ezek nem csoportosíthatók a szerint, hogy bármelyik valamelyik berendezéshez is tartozna.)

Egy központi földelőkapcsot vagy földelősínt, neve **fő földelőkapocs, -sín** épületenként vagy épületszekciónként ki kell alakítani. Ez a villamos berendezés erősáramú villamos termékekből kialakított része, amelyhez a földelővezető, a védővezető gerincvezetéke, valamint az EPH vezető (egyenpotenciálra hozó vezető 2.2.1.2. pont) kapcsolódik. A fő földelőkapocstól a földelőkig tartó vezető a földelővezető.

A földelővezető kialakítása

A földelővezetőn kisfeszültségű védőföldelés esetén nem halad át tartósan nagy áram, ezért keresztmetszetét elsősorban a korrózió és a mechanikai sérüléssel szembeni ellenállás szempontjai határozzák meg.

A földben, vagy falon kívül, levegőben szerelt csupasz, korrózió ellen nem védett acélvezető keresztmetszete legalább 50 mm^2 (korrózióvédelem esetén legalább 16 mm^2) és vastagsága (cső esetén falvastagsága) nem lehet kisebb, mint 3 mm.

A földelővezetők korrózióvédelmére gyakorta alkalmaznak védőfestést.

Ha a földelővezető szigetelt, mechanikai sérülések ellen védett kivitelű (leggyakrabban zöld/sárga műanyag szigetelésű alumínium vagy vörösréz erősáramú vezeték), akkor keresztmetszetét a hálózati betáplálás nulla vezetőjével azonosra szokták választani.

Megengedett ennél kisebb keresztmetszet alkalmazása is, de ekkor villamos terhelésre, valamint mechanikai ellenálló-képességre méretezni kell!

2.2.1.2. Védő egyenpotenciálra hozás, védő egyenpotenciálra hozó hálózat (EPH)

Az épületekben az emberek az épületszerkezet padlóján állva fogják meg a testzárlatos villamos szerkezeteket. A padló potenciálja nem azonos a távoli földpotenciállal, így az érintési feszültség nem a földpotenciál és az érintett testzárlatos test között, hanem az épületszerkezet potenciálja és a testpotenciál között mérhető. Nem ilyen kedvező az eset, ha az ember a testzárlatos készülék testével egyidejűleg „idegen fémszerkezetet" (pl. vízcsap, gázfőző, fűtőtest, stb.) fog meg, mert az távoli földpotenciált közvetíthet.

Annak érdekében, hogy ezek a „nagykiterjedésű" idegen fémszerkezetek ne a távoli földpotenciált, hanem lehetőleg a testzárlatos test potenciálját vezessék, és így az érintési feszültséget minimálisra csökkentsék, a szabvány a testek és az idegen fémszerkezetek egyenpotenciálra hozását követeli meg, azaz minden épületben **védő egyenpotenciálú összekötést,** (más megnevezéssel) **védő egyenpotenciálra hozó (EPH) hálózat** kiépítését írja elő (2.2.-4. ábra). Azaz össze kell kötni az idegen fémszerkezeteket a testekkel. (A védő szócska arra utal, hogy az összekötés hibavédelmi/érintésvédelmi célú. Informatikai rendszerekben előfordul üzemi célú egyenpotenciálra hozás, természetesen azokkal szemben más követelmények érvényesek!)

A védő egyenpotenciálú összekötés, az EPH-hálózat kialakításának szabályai

Az egyenpotenciálú összekötés a szabvány szerint a táplálás önműködő lekapcsolásával működő áramütés elleni védelmek szerves része, elhagyhatatlan tartozéka.

A védő egyenpotenciálra hozó vezető lehet:

- **Védő egyenpotenciálra hozó vezető** a fő földelőkapocshoz, vagy –sínhez való csatlakoztatásra. A fő földelősín szintjén elhelyezett idegen vezetőképes részek bekötése és a következő szinti elosztók együttes PE-EPH sínjének bekötése a feladata.
- **Védő egyenpotenciálra hozó vezető a kiegészítő egyenpotenciálú összekötéshez** két villamos test összekötésére, vagy a PE-EPH sínbe idegen vezetőképes rész bekötésére, vagy villamos test és idegen vezetőképes rész egyenpotenciálra hozására szolgál.

Az EPH-hálózatba a szabvány szerint be kell kötni:

A földelővezetőt, a fő földelőkapcsot vagy -sínt, valamint a **következő vezetőképes részeket** minden egyes épületben be kell kötni a védő egyenpotenciálú összekötésbe:

- az épületben lévő közüzemi csővezetékeket (pl. gáz, víz);
- a szerkezeti idegen vezetőképes részeket, ha azok normál használat esetén hozzáférhetők, a fémes központi fűtési és a légkondicionáló berendezéseket;
- a vasbeton épületszerkezetek fémrészeit, ha a fémrészek hozzáférhetők és megbízhatóan össze vannak kötve.
- A védő egyenpotenciálú összekötésbe be kell kötni a távközlési kábelek bármilyen fémköpenyét, figyelembe véve a kábelek tulajdonosainak vagy üzemeltetőinek követelményeit.

Az ilyen, az épületbe kívülről bevezetett vezetőképes részeket az épületen belül, az épületbe való belépési pontjukhoz a lehető legközelebb kell bekötni.
Az EPH-hálózatba a felsoroltakon kívül még a KLÉSZ szerint be kell kötni:

- Az összes villamos fogyasztó védővezetőjét,
- a vasbeton épületszerkezetek fő fémrészeit, ha ez megoldható (betonalapföldelést),
- az EPH céljára esetleg létesített mesterséges földeléseket,
- az épület villámhárítóberendezésének legközelebbi földelését,
- az épületek belső villámvédelmi rendszerét (túlfeszültségvédelmi eszközöket),
- azon szerkezeti fémrészeket (gépeket, épületszerkezeteket stb.) amelyek:
  - vízszintes kiterjedése 5 m-nél nagyobb, vagy
  - függőleges kiterjedése az adott épület szintmagasságánál nagyobb, vagy
  - az épületet elhagyó vagy ide csatlakozó fém csővezetékektől nincs villamosan elszigetelve, továbbá
- a fémből készült fürdőkádakat és
- a legalább 500 l űrtartalmú, helyhez kötött fémtartályokat.

A vasbeton falak, födémek acélbetéteit általában nem kell bekötni az EPH-hálózatba, de a rájuk szerelt nagykiterjedésű fémtárgyakat, fémfelületeket igen.

Elhagyható olyan épületelemek (pl. ablakpárkány bádoglemeze, erkély- és függőfolyosó korlátok, lépcsőkorlátok stb.) bekötése is, amelyek idegen potenciállal való érintkezése kevéssé valószínű. Nem kötelező az olyan külső épületfalra szerelt fémszerkezetek bekötése sem, amelyek az épület rendeltetésszerű használata során nehezen érinthetők.
MEGJEGYZÉS: Ha a tulajdonosok vagy az üzemeltetők nem adják meg ezt a hozzájárulást, akkor az ő felelősségük minden veszély elhárítása, amely ezeknek a kábeleknek a fő egyenpotenciálú összekötésből való kizárásából származhat.

Nem kell az EPH-ba bekötni:

- az épülethez csatlakozó fémes csővezetékeknek, ill fémszerkezeteknek azokat a részeit, amelyek szándékos - látható és ellenőrizhető - módon el vannak szigetelve az épület belső (tehát EPH-ba bekötendő) csővezetékeitől és egyéb fémszerkezeteitől (pl. „katódos korrózióvédelemmel" ellátott utcai gázcső),
- azokat a segédeszköz nélkül el nem érhető fémszerkezeteket, amelyek szándékosan — látható és ellenőrizhető módon — el vannak szigetelve a környezetünktől és a földpotenciáltól (ezek többnyire valamilyen — pl betörésjelző — jelzőberendezés részei, ezeket az EPH-ba való bekötésük teljesen hatástalanítaná).

EPH-ba bekötendő nagykiterjedésű idegen fészerkezetek (ún. házi fémhálózatok) mind közel függőleges kialakítású, több szintre kiterjedő felszálló csövekkel, ún. strangokkal indul. Ezeknél egységes alapelv lehetett tehát, hogy mindezeket az épület legalsó szintjén — és ha négy szintnél magasabbra fut a strang, akkor a legfelső szintjén is — össze kell kötni.

Épületenként egy **fő földelőkapcsot vagy –sínt** kell létrehozni, amelybe közvetlenül kell bekötni az épület betonalap-földelését, az EPH részére készített mesterséges földeléseket, az önállóan is számottevően földelt házi fémhálózatokat, a villámhárító földelését, valamint az érintésvédelmi védővezető-hálózat egy alkalmas pontját

Védő egyenpotenciálra hozó vezetők a fő földelőkapocshoz vagy –sínhez való csatlakoztatásra:

Az EPH-gerincvezető az a vezető, amely közvetlenül a fő földelő kapocshoz csatlakozik, s amelyről így akár több leágazó vezető is indulhat. Az EPH-vezetők célja csupán a potenciálrögzítés, így elvben egyáltalán nem vezetnek áramot, mégis a gerincvezetők méretezésénél e szabvány feltételezi azt a lehetőséget, hogy számos idegen fémszerkezetet összekötvén, rajta — bár ez nem célja — számottevő kiegyenlítő áram is haladhat.

Ezért a védő egyenpotenciálú összekötéshez használt, és a fő földelőkapocshoz vagy -sínhez csatlakozó védő egyenpotenciálra hozó vezetők (EPH-gerincvezetők) keresztmetszete nem lehet kisebb:

- réz esetén 6 mm^2-nél, vagy
- alumínium esetén 16 mm^2-nél, vagy
- acél esetén 50 mm^2-nél.

A védő egyenpotenciálra hozó vezetők (EPH-gerincvezetők) lehetnek:

- külön e célra létesített zöld/sárga színjelölésű külön szerelt laposvas vagy egyerű szigetelt vezetékek,
- az érintésvédelemi védővezetőnek az elosztók közötti szakaszai (amelyek tehát közvetlenül nem csatlakoznak testhez),
- ipari technológiai berendezéseknél nagyméretű, fémesen összefüggő (megbontásra soha nem kerülő) fém vázszerkezetek.

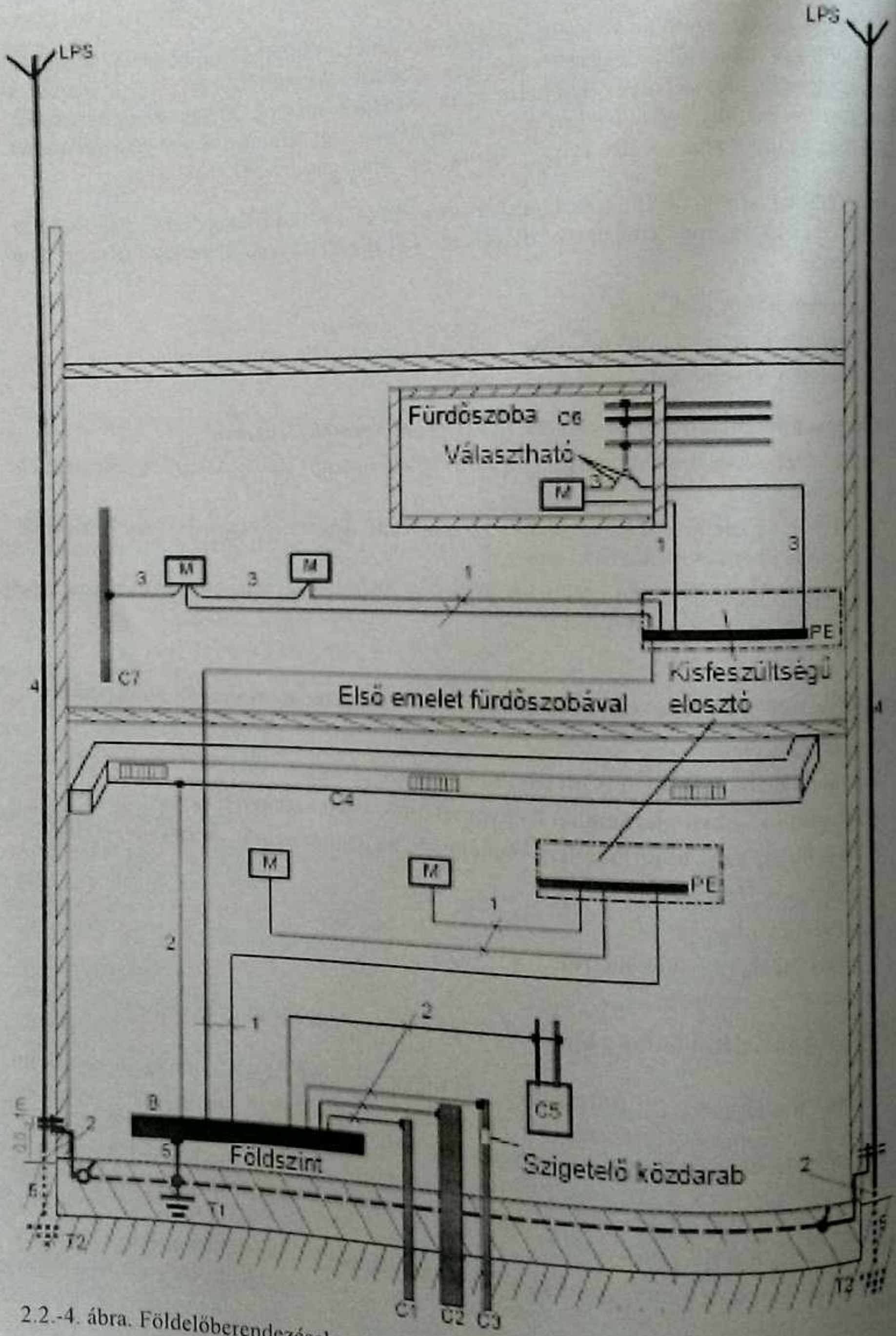
Sem védővezetőként, sem védő egyenpotenciálra hozó vezetőként nem alkalmazhatók:

- **fém vízcsövek,**
- **éghető gázokat, vagy folyadékokat tartalmazó csövek,**
- **normál üzemben mechanikai igénybevételnek kitett szerkezeti részek,**
- **hajlékony, vagy hajlítható fém védőcsövek, ha azokat nem ilyen célra tervezték,**
- **hajlékony fémrészek,**
- **tartóhuzalok,**
- **kábeltálcák vagy kábellétrák.**

Védő egyenpotenciálra hozás a kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezetővel

Az emeleti elosztó közös PE-EPH sínjére a fő földelősín felöl érkező **védővezető** egyszerre látja el a PE vezetői és EPH vezetői feladatot (2.2.-4. ábra), azaz hibaáramot is vezet és egyenpotenciálra is hoz. Ezért a védővezető fogalmát gyűjtőfogalommá bővítették és a PE vezetőn kívül beletartozik az összes biztonság céljából, azaz az áramütés elleni védelem létesitett vezető (PE, PEN, védő egyenpotenciálra hozó vezető /EPH/, kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezető).

Innen a szinti elosztó sínjéről, mint egy EPH csomópontból kiindulva köthetők be az idegen vezetőképes részek kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezetőkkel, vagy PE vezetőhöz kapcsolódó kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezetővel.



2.2.-4. ábra. Földelőberendezések, védővezetők és védő egyenpotenciálra hozó vezetők

2.2.-4. ábra. Jelmagyarázata

M Test:
a villamos szerkezet megérinthető vezetőképes része, amely normál esetben nem aktív, de aktívvá válhat az alapszigetelés meghibásodása esetén
[IEV 195-06-10]

C Az a vezetőképes rész, amely nem része a villamos berendezésnek, és alkalmas villamos potenciálnak - általában a helyi föld villamos potenciáljának - az odavezetésére
[IEV 1945-06-11]

C1 Fém vízcső, kívülről
C2 Fém szennyvízcső, kívülről
C3 Fém gázcső, szigetelő közdarabbal, kívülről
C4 Légkondicionáló
C5 Fűtési rendszer
C6 Fém vízcső, pl. a fürdőszobában
C7 Idegen vezetőképes rész a testektől kézzel elérhető tartományban

B Fő földelőkapocs vagy -sín
a villamos berendezés földelőberendezésének részét képező kapocs vagy sín, amely lehetővé teszi több vezető villamos csatlakoztatását földelési célokból
[IEV 195-02-33]

T Földelő
a földdel villamos érintkezésben lévő vezetőképes rész, amely be lehet ágyazva egy vezetőképes közegbe, pl. betonba vagy kokszba
[IEV 195-02-01]

T1 Alapföldelő
T2 A villámvédelmi berendezés földelője, ha szükséges

LPS A villámvédelmi berendezés

PE Rögzítő sín a védővezetők számára

1 Védővezető
biztonság céljából, pl. áramütés elleni védelem céljából használt vezető
[IEV 195-02-09]

2 Védő egyenpotenciálra hozó vezető
védő egyenpotenciálú összekötéshez használt védővezető
[IEV 195-02-10]

3 Védő egyenpotenciálra hozó vezető kiegészítő egyenpotenciálú összekötéshez

4 A villámvédelmi berendezés (LPS) levezetője

5 Földelővezető
vezető, amely a vezetőképes utat vagy annak egy részét biztosítja a rendszer vagy a berendezés, vagy a szerkezet adott pontja és a földelő között
[IEV 195-02-03]

MEGJEGYZÉS: A földelővezető az a vezető, amely a földelőt a közös egyenpotenciálú összekötés egy pontjához, általában a fő földelőkapocshoz vagy -sínhez csatlakoztatja.

A villamos vezető helyett alkalmazható megbízható fémszerkezet is.

Előfordul, hogy a védő egyenpotenciálú összekötéshez használt vezető egy darabig idegen fémszerkezet felhasználásával van megoldva, majd ehhez újra villamos vezető csatlakozik a közelben lévő következő idegen fémszerkezet EPH-hálózatba kötésére. Az idegen fémszerkezetek egymáson keresztüli soros bekötése nem tilos.

2.2.1.3. Kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötés (helyi EPH)

Ha egy berendezésben vagy annak egy részében a táplálás önműködő lekapcsolásának feltételeit nem lehet teljesíteni, akkor egy **kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötésnek** nevezett, **helyi EPH összekötést** kell alkalmazni. A kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötés kiterjedhet az egész berendezésre, annak egy részére, egyetlen készülékre vagy egyetlen helyre. Kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötésre lehet szükség különleges helyek (nedves helyiségek, kocsiszínek stb.) esetén vagy egyéb okok miatt is.

A kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötésbe be kell kötni a rögzített szerkezetek **összes egyidejűleg érinthető testeit és az idegen vezetőképes részeket**, (azaz a helyi EPH-ba nem csak a kiterjedt, hanem az összes fémszerkezet bekötendő) beleértve a vasbeton szerkezetek acélbetétjét is, ha ez megoldható.

A kiegészítő védő egyenpotenciálú összekötés hatékonyságát bizonyítandó, ellenőrizni kell, hogy az egyidejűleg érinthető testek és az idegen vezetőképes részek közötti R ellenállás kielégíti-e a következő feltételt:

$$R \leq 50/I_a \quad \Omega, \tag{2.12}$$

ahol:

$[I_a]$ = A a védelmi eszköz kioldóárama:

- áram-védőkapcsoló eszköz esetén a névleges kioldóáram, $I_{\Delta n}$;
- túláramvédelmi eszköz esetén az 5 s-hez tartozó működési áram.

Ennek a számításnak az elvégzése a gyakorlatban csupán akkor szükséges, ha ez az összekötés egy nagyobb kiterjedésű EPH-hálózaton keresztül valósul meg. Rövid, helyi összekötés esetén ez a követelmény gyakorlatilag mindig teljesül.

Kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezetők (helyi EPH) kialakítása

Két villamos testet összekötő helyi egyenpotenciálra hozó vezető keresztmetszete nem lehet kisebb, mint a testekhez csatlakozó legkisebb védővezető keresztmetszete.

Egy villamos testet egy idegen vezetőképes résszel összekötő helyi egyenpotenciálra hozó vezető keresztmetszete nem lehet kisebb, mint az érintett védővezető keresztmetszetének a fele.

Helyi egyenpotenciálú összekötésként szolgálhatnak egy állandó jellegű fémszerkezet idegen vezetőképes részei vagy kiegészítő vezetők, illetve ezek kombinációja.

Helyi (kiegészítő) egyenpotenciálra hozó vezetőkre is vonatkoznak a védővezetők mechanikai ellenálló képesség szempontjából meghatározott keresztmetszeti előírásai.

A kiegészítő egyenpotenciálra hozó vezető minimális keresztmetszete alumínium vezető esetében 16 mm^2, rézvezetőre:

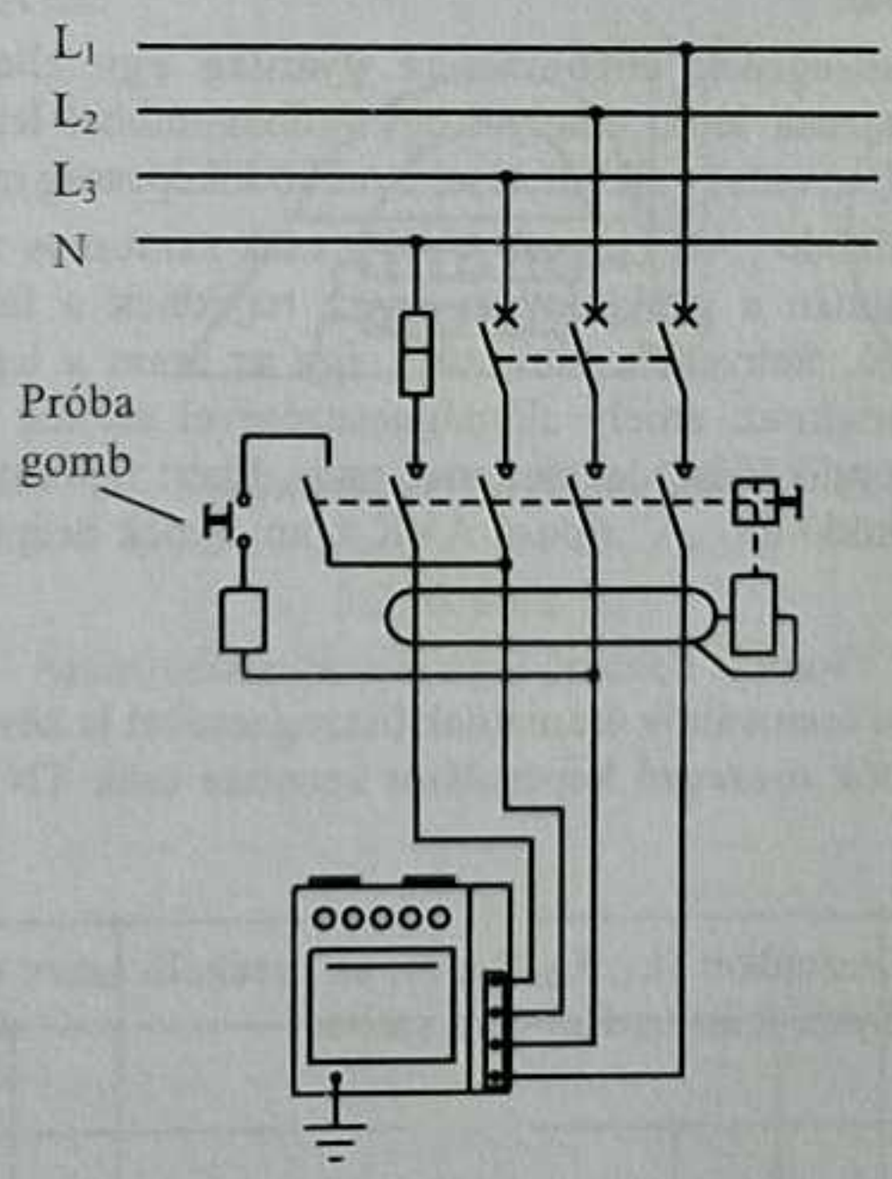
- mechanikai védelemmel ellátott esetre 2,5 mm^2,
- mechanikai védelem nélkül 4 mm^2.

A nem egy vezeték vagy kábel részét képező védő egyenpotenciálra hozó vezető mechanikailag védettnek tekinthető, ha védőcsőben, vezetékcsatornában, sajtolt vezetékágyba van fektetve, vagy hasonló módon van védve.

2.2.1.4. Áram-védőkapcsoló (ÁVK)

Az áram-védőkapcsoló érzékelő szerve egy különbözeti áram relé, amely a testzárlati hibaáramra kioldó parancsot ad a hibás hálózatrészt lekapcsoló készüléknek, azaz az áram-védőkapcsoló egy leválasztókapcsoló (2.2.-5. ábra).

Működési elve az áramok összegzésén alapul. Leggyakrabban mágneses összegzést alkalmaznak, azaz egy zárt vasmagon keresztülvezetik az összes **aktív vezetőt** (L_1, L_2, L_3, N), így a vasmag gerjesztése az áramok fazoros eredője lesz. Ez az eredő gerjesztés nulla, ha szimmetrikus a terhelés, de akkor sincs gerjesztése a vasmagnak, ha aszimmetrikus a terhelés — például egyfázisú fogyasztó is van — mert az aktív részen, azaz a fázisvezetőkön és a nullavezetőn folyó áramok fazoros eredője — normál üzemi viszonyok esetén — mindig nulla.



2.2.-5. ábra

Áram-védőkapcsoló alkalmazása TT rendszerben

Azonban ha a vasmagot megkerülő áramúton záródik valahol az áramkör (2.2.-6. ábra), akkor a vasmag gerjesztett lesz, mert a zárt vasmagon átvezetett áramok eredője már nem nulla, hiányzik a megkerülő áram. Azaz épp a megkerülő árammal azonos nagyságú gerjesztés működteti a vasmagra tekert tekercs végén levő áramrelét (2.2.-5. ábra). Gyakorlatilag mondhatjuk, hogy a megkerülő áram működteti az ÁVK-t, tudva azt, hogy ez elméletileg nem igaz.

Melyek ezek a megkerülő áramok, amelyek eredője az ÁVK különbözeti árama?

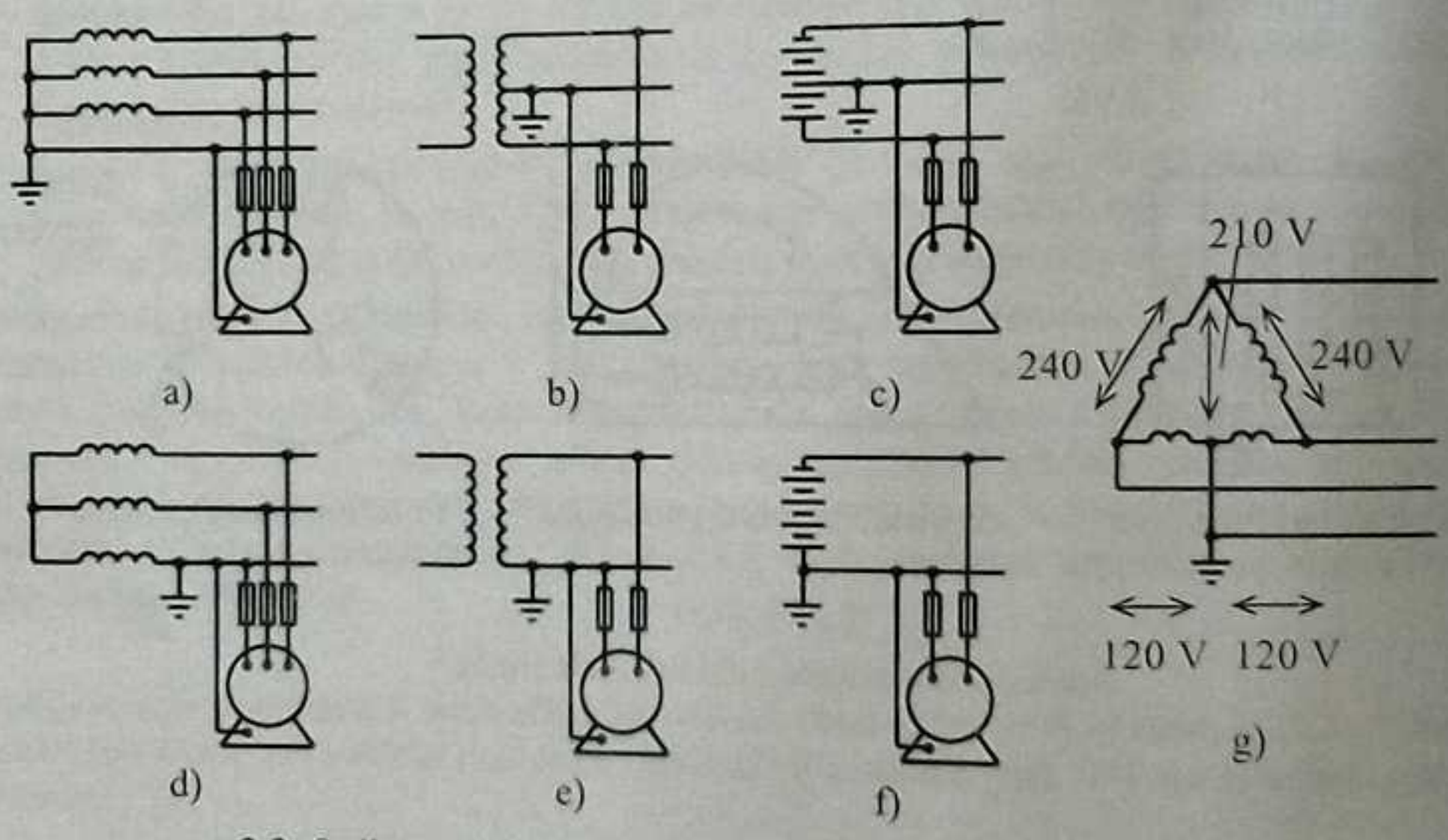
- A szigetelés meghibásodása esetén fellépő **testzárlati áram**, amely a védővezetőn, és a földön keresztül záródik. Ezért fontos szabály, hogy:

  A védővezetőt (PE, PEN) tilos átvezetni az áram-védőkapcsolón!

  A testzárlati hibaáram működést kiváltó hatása teszi lehetővé, hogy az áram-védőkapcsolót — mint a közvetett érintés elleni védelem kikapcsoló szervét — a TT-, TN-, IT-rendszerekben alkalmazzuk. Miután épp a testzárlati hibaáram végzi a működtetést (2.2.-5. ábra), így igen érzékeny készülék készíthető, léteznek épp az

2.2.2. TN-rendszerek (Nullázás)

TN-rendszert csak olyan hálózaton szabad alkalmazni, amelynél a tápláló rendszernek van egy közvetlenül földelt üzemi vezetője. A hazánkban alkalmazott hálózatokon ez a táptranszformátor csillagpontjából induló üzemi földeléssel ellátott nullavezető (N). Azonban TN-rendszert áramváltók szekunder körében, háromvezetős háromfázisú rendszerben, egyenáramú áramkörben is ki lehet alakítani egy üzemi vezető földelésével, sőt extrém példaként álljon itt az Amerikában, Connecticut államban alkalmazott háromfázisú rendszer is (2.2.-8.ábra).



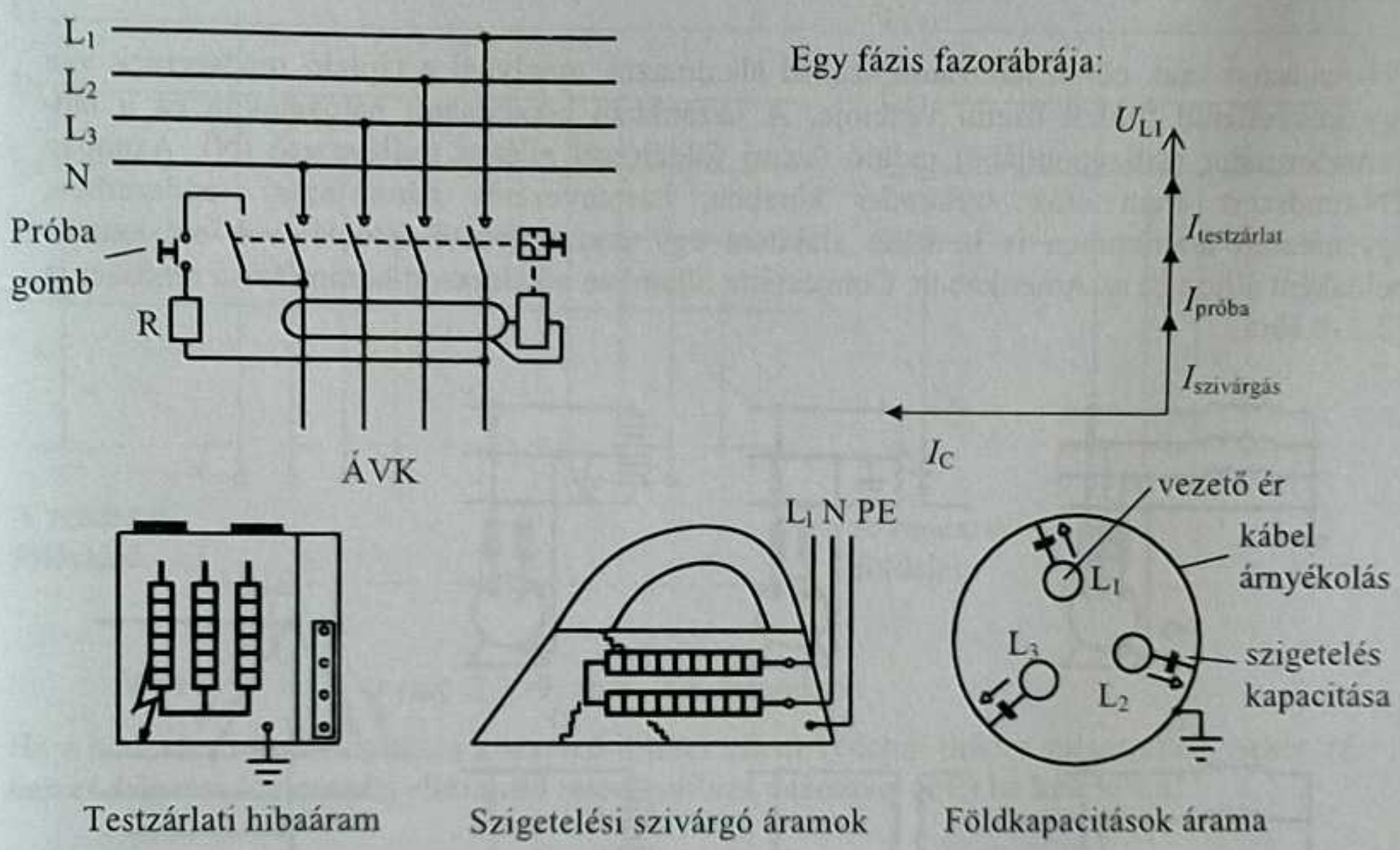
2.2.-8. ábra Az üzemi vezető földelési lehetőségei

A TN-rendszer (hazánkban ma is általánosan használt elnevezéssel: nullázott rendszer, vagy egyszerűen nullázás) a közvetett érintés elleni védelemnek az a megoldása, amikor a tápláló rendszernek közvetlenül földelt üzemi vezetője van (ezt jelenti a jelölés első betűje, a "T"), és az erről leágaztatott (üzemi áramot nem vezető) védővezetőt, PE-vezetőt, (korábbi szóhasználattal "nullázóvezetőt") kötik az érintésvédelemmel ellátandó szerkezetek testére (ezt jelenti a jelölés második betűje, az "N").

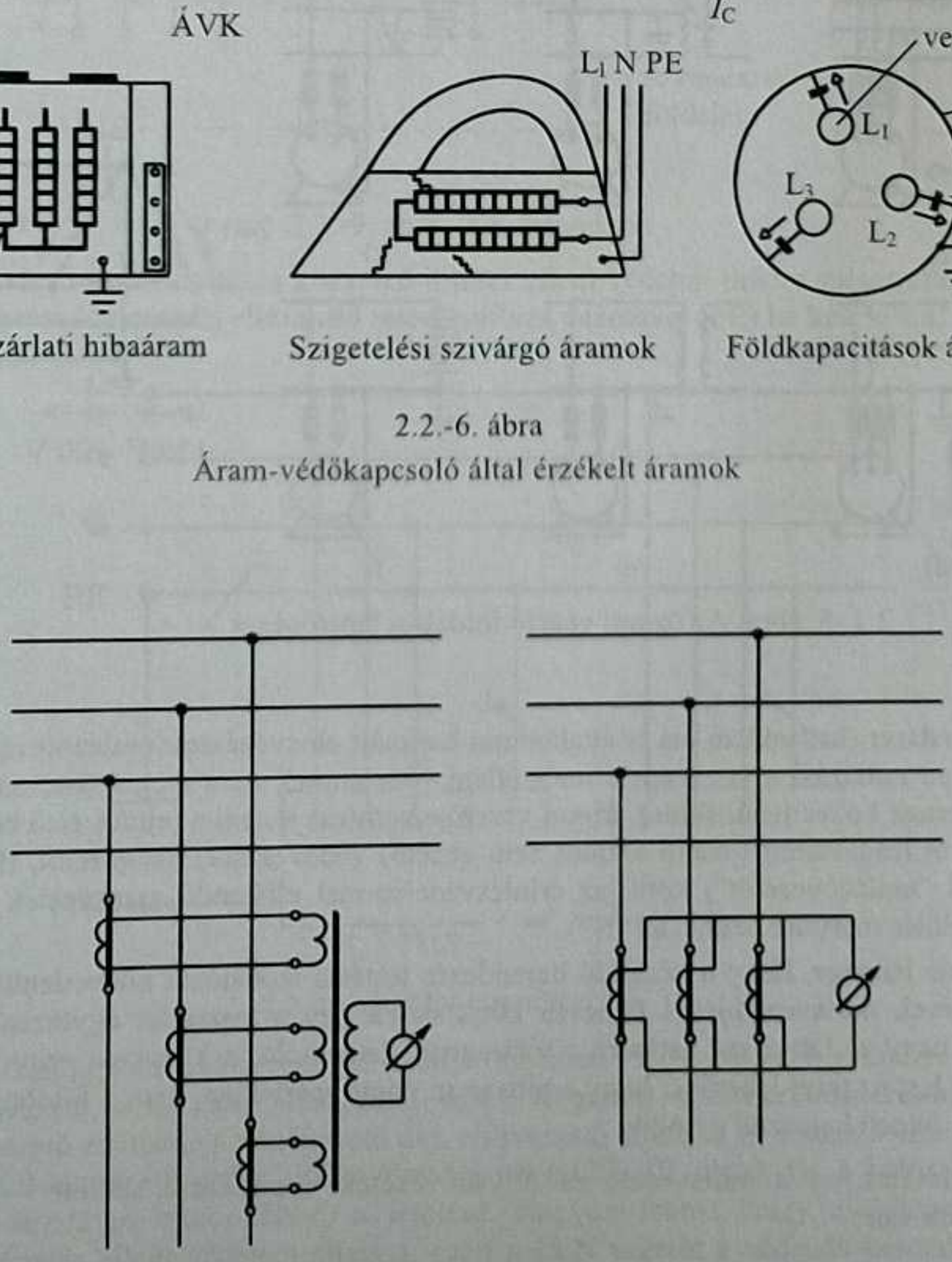
A nullázás lényege, hogy a védendő berendezés testét a táphálózat közvetlenül földelt üzemi vezetőjével, nullavezetőjével fémesen kötik össze, így a testzárlat egyfázisú fémes zárlat, ezért a nagy zárlati áram hatására a túláramvédelem kiold, a közvetett érintés elleni védelem aktív. Ezt az teszi lehetővé, hogy a hibaáram döntő mértékben nem a földön, hanem a védővezetőn, fémen keresztül záródik.

A TN-rendszereknek — a nullavezető és a védővezetők elrendezése szerint — három különböző típusa van:

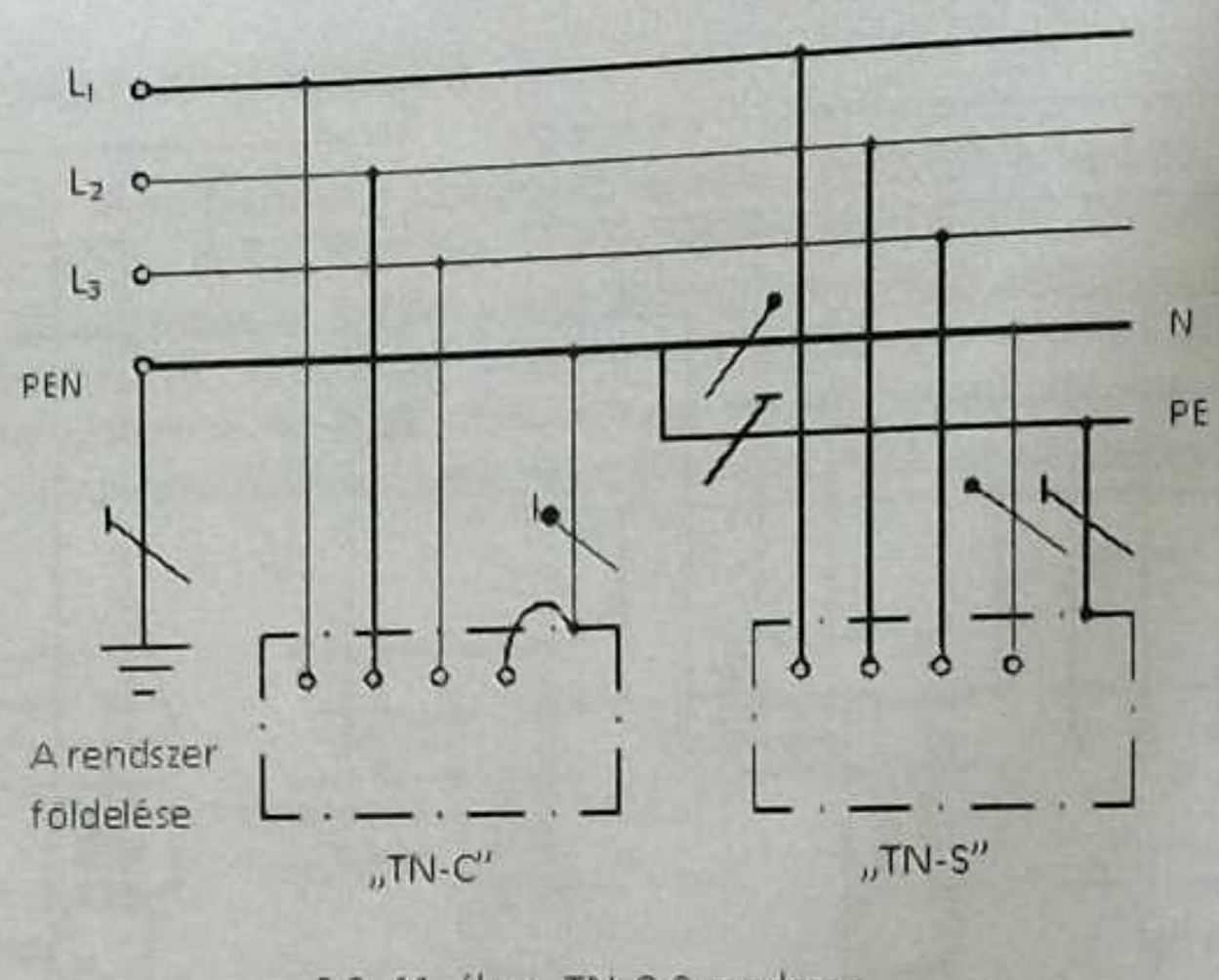
- TN-S rendszer: ahol az egész rendszerben külön védővezető van (2.2.-9. ábra);
- TN-C rendszer: amelynél a nulla és a védővezető az egész rendszerben közös, külön védővezető nincs, csak PEN vezető van (2.2.-10. ábra).
- TN-C-S rendszer: amelynél a nullavezető és a védővezető a rendszer egy részében közös, a közös rész a PEN vezető (2.2.-11. ábra);



2.2.-6. ábra
Áram-védőkapcsoló által érzékelt áramok



2.2.-7. ábra
Különbözeti relé kialakítása az áramok összegzésével



2.2.-11. ábra. TN-C-S rendszer

Hazánkban a fővezeték általában PEN vezeték, és a főelosztó utáni áramkörök már kettéválnak különálló nullavezetőre (N) és különálló védővezetőre (PE). Az ilyen típusú hálózat a TN-C-S rendszer (2.2.-11. ábra), amelynél egy darabig közös a nulla és a védővezető (PEN), majd a hálózat szétválik védővezetőre (PE nullázó vezető) és nullavezetőre (N). **Szigorú szabály azonban, hogyha a szétválasztás egyszer megtörtént, akkor a későbbiekben, azaz a hálózat már szétválasztott részén a nullavezetőt a védővezetővel újra egyesíteni tilos!**

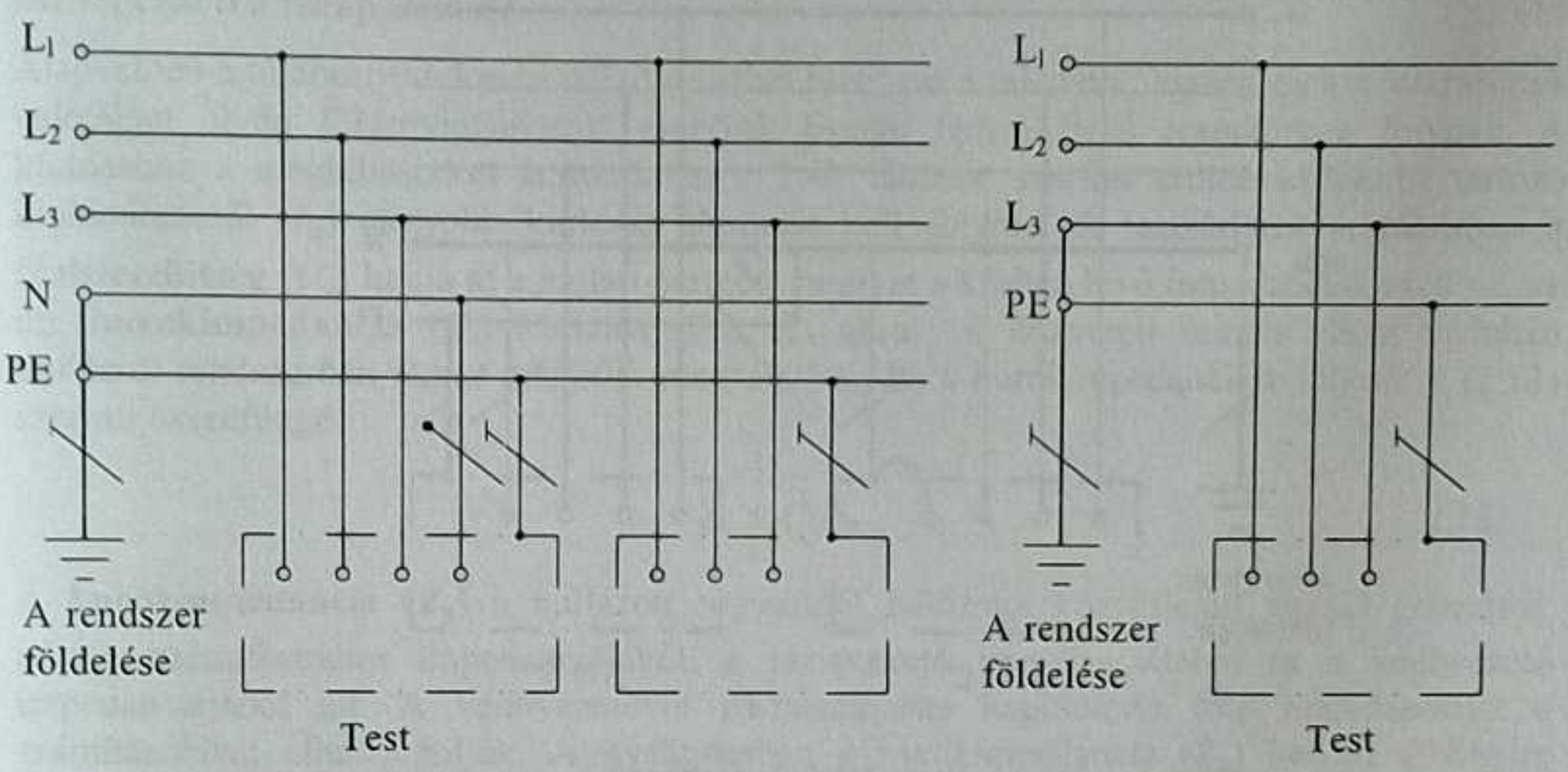
A testzárlati áram nem a földben, hanem a nullavezetőben záródik, így nagyobb áramerősségek alakulnak ki, mint védőföldelés esetén.

TN-rendszer méretezése

A közvetett érintés elleni védelem kialakítása TN-rendszer esetében olyan, hogy ha a védett berendezésben bárhol testzárlat lép fel, vagy egy fázisvezető és a védővezető között elhanyagolható impedanciájú hiba (földrövidzárlat) keletkezik, akkor a táplálásnak önműködően le kell kapcsolódnia. A szabvány a lekapcsolás idejére a 2.-4. táblázat szerinti legnagyobb lekapcsolási időket írja elő.

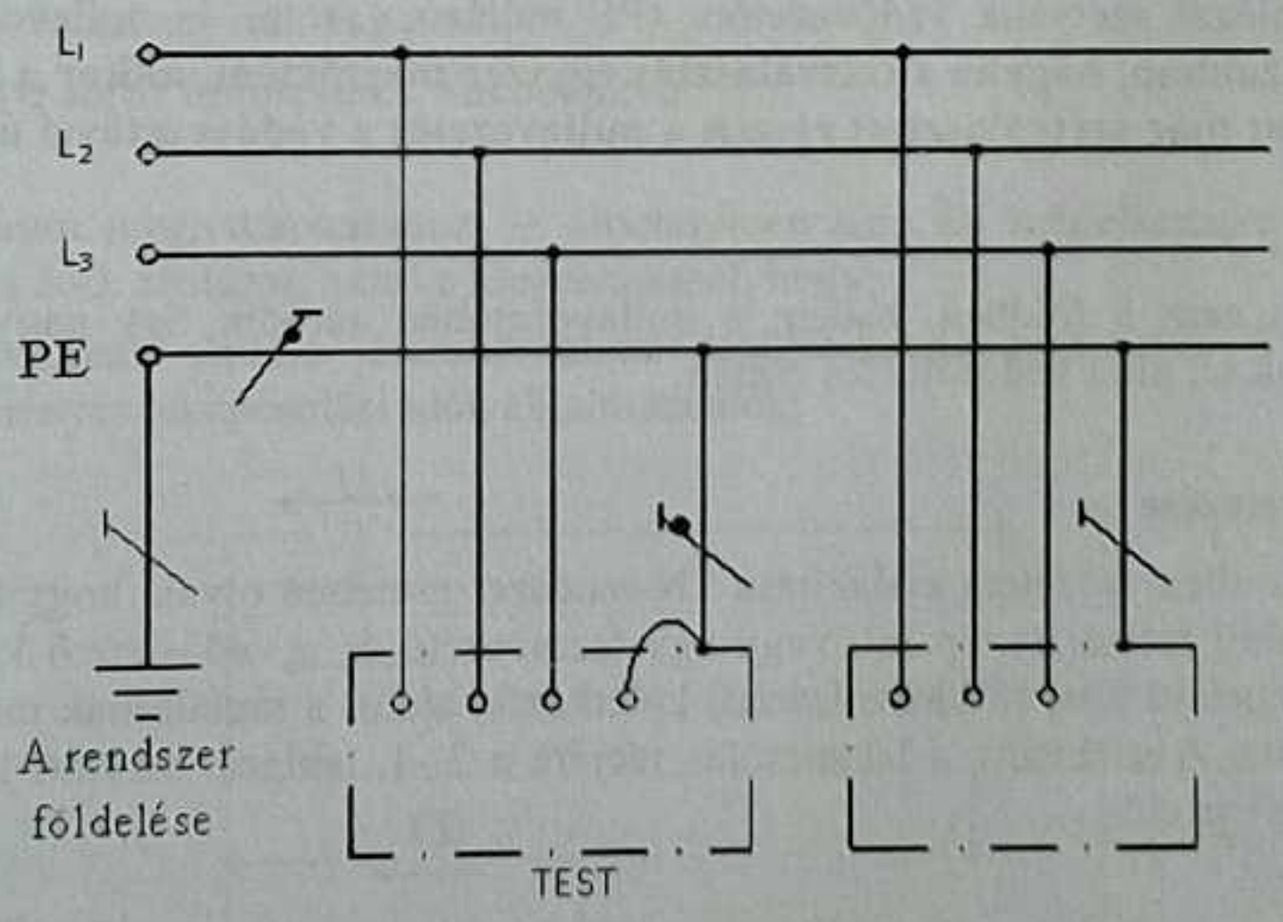
A legnagyobb kikapcsolási idők TN rendszerben 2.-4. táblázat

U_0 (V)	Lekapcsolási idő (s)
230	0,4
400	0,2
400 felett	0,1



2.2.-9. ábra TN-S rendszer

Ha a berendezésben a nullázás közvetett érintés elleni védelmi módot választották, akkor az **összes érintésvédelemmel ellátandó testet nullázó vezetővel (PE) be kell kötni**!



2.2.-10. ábra TN-C rendszer

Ha a csillagpontból közvetlenül indul a független PE-vezető (TN-S rendszer), akkor az csak védővezető, azaz csak hibaáramot vezet. **Rögzített vezetékrendszerekben** azonban egyetlen vezető elláthatja a védővezető és a nullavezető feladatát is. Ennek a vezetőnek, mely üzemi és hibaáramot is vezet, PEN-vezető a neve (2.2.-10. ábra). Ha a hálózat csak PEN vezetéket tartalmaz, akkor TN-C a jelölése. Nagyon fontos, hogy elsődleges feladat a közvetett érintés elleni védelem ellátása, ezért a PEN vezetőt a védendő berendezés testére kell csatlakoztatni, és innen kell a most már csak nulla (N) vezetőt a berendezés táplálására felhasználni!

érzetküszöb határán működő ÁVK-k is. Kioldóáramuk ($I_{\Delta n}$) többnyire 30 mA, ill. 300 mA.

- A szigetelésen keresztül mindig folynak szivárgó áramok, melyek jó szigetelés esetén legalább egy nagyságrenddel kisebbek, mint a kioldóáram értéke, így az ÁVK működését nem befolyásolják. Ha azonban öreg, nedves kiterjedt kábelhálózatról van szó, még nagyobb kioldóáramú (300 mA, 1 A) ÁVK alkalmazása is nehézségbe ütközhet.
- A szabadvezetékek, illetve a kábelek jelentős földkapacitással rendelkeznek. Ezen földkapacitásokon folyó áramok 90°-kal sietnek ugyan a szivárgó áramokhoz képest, de fazorosan hozzáadódnak és így növelik az általunk érzékelni nem kívánt áramrészt. Az ÁVK IT-rendszerbeni alkalmazásakor a méretezés a kapacitív földzárlati áramok figyelembevételén alapul!
- Az ÁVK működőképességének ellenőrzésére gyárilag egy ellenálláson át záródó megkerülő áramkört hoznak létre, amelyet egy próbagombbal lehet zárni. Javasolt a próbagomb időszakos (havonta) működtetése, a működőképesség ellenőrzése.

Az elmondott elven működő „AC" típusú ÁVK-k csak szinuszos váltakozófeszültségű hálózaton alkalmazhatók. Miután a gyakorlatban egyre terjednek a félvezetős szabályozó eszközök (fényerő szabályozó, frekvenciaváltó, stb.), így az áram a legtöbb esetben olyan egyenáramú összetevőt is tartalmaz, amely előmágnesezésével esetleg telítésbe is viszi az ÁVK kis vasmagját, és így a működését lehetetlenné teszi. Ezért fejlesztették ki a szaggatott egyenáramra is helyesen működő ún. „A" típusú ÁVK-t, amelynek beépítése az elmondottak alapján ma már célszerűbb.

Különbözeti relé vezetőnkénti áramváltók áramainak összegzésével is készíthető (2.2.-7.ábra). Vezetőnkénti külön áramváltók összegző kapcsolását azonban csak TN rendszerben szabad alkalmazni!

Az ÁVK-n átvezetett üzemi vezetőket (L_1, L_2, L_3, N) az érzékelő szerv utáni szakaszon sem földelni, sem más áramkör céljára felhasználni nem szabad!

Mi végezheti a lekapcsolást?

Alapvetően a túláramvédelmi eszközökre lehet bízni ezt a feladatot, hiszen ezek a testzárlatok valójában olyan földrövidzárlatok, amelyek tisztán fémvezetésű áramkörben folynak. A kioldáshoz a meghibásodott áramkörben a 2.-4. táblázat szerinti kioldási időkhöz tartozó kioldóáramnál (I_a) nagyobb kioldási áramnak kell folynia. A testzárlatos áramkörben a **fázisfeszültség** (U_o) hajtja át a zárlati áramot, amelyet a körben lévő impedanciák eredője, az ún. **hurokimpedancia** (Z_S) korlátoz (2.2.-12. ábra). A közvetett érintés elleni védelem nullázott rendszerben akkor működik megfelelően, ha a hurokimpedanciára teljesül a (2.13) szerinti összefüggés:

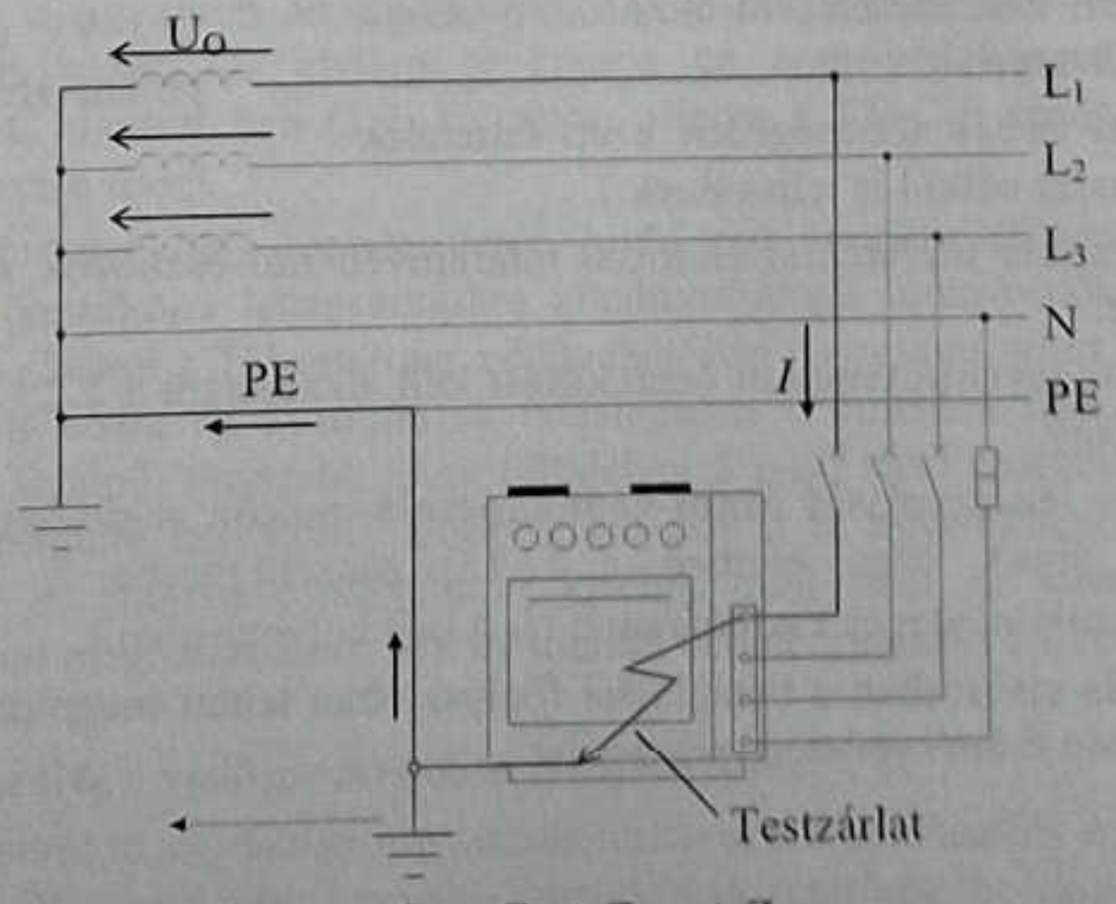
$$Z_S \leq U_o/I_a \qquad (2.13)$$

A **hurokimpedancia (Z_S)** a nullázott fogyasztói hálózatot közvetlenül tápláló generátor, illetve transzformátor impedanciájából, a fázisvezető impedanciájából és a védővezető impedanciájából áll. A védővezetővel párhuzamosan kapcsolódó föld impedanciáját a számításokban elhanyagoljuk. A gyakorlatban a hurokimpedancia (Z_S) helyett többnyire elegendő a hurokellenállással (R_h) számolni, az impedancia reaktancia összetevőjét csak olyan esetekben kell figyelembe venni, ha a fázisvezető és a védővezető:

- egymástól távol van elhelyezve (pl. szabadvezeték, sínhíd),
- közöttük vasanyag van, vagy
- a tápkörbe soros fojtótekercs van beépítve.

Az I_a kioldóáram meghatározásához — amennyiben nem áll rendelkezésre jelleggörbe — alkalmazható a 2.-3. táblázat, azzal a kiegészítéssel, hogy:

- Az elosztókat tápláló áramkörökben (épületekben) legfeljebb 5 s időtartamú egyezményes lekapcsolási idők alkalmazhatók;



$$Z_S = Z_{tr} + Z_{fvez} + Z_{PE}$$

2.2.-12. ábra
Testzárlat TN-S rendszerben

- A 2.-4. táblázat értékeit meghaladó, de legfeljebb 5 s időtartamú lekapcsolási idő van megengedve a 32 A-nél nagyobb végponti áramkörre;

- A 2.-4. táblázat értékeit meghaladó, de legfeljebb 5 s időtartamú lekapcsolási idő van megengedve a végponti áramkörre, ha:
  - a védővezető impedanciája (Z_{PE}) — az elosztótábla és azon pont között, ahol a védővezető össze van kötve az egyenpotenciálra hozó hálózattal (2.2.-13. ábra) — megfelel a

$$Z_{PE} \leq 50\, Z_S / U_o \qquad (2.14)$$

összefüggésnek. Így teljesül az a feltétel, hogy 50 V-nál kisebb feszültség jut az elosztóig futó PE vezetékre (U_{PE}), amit (2.12) szerint az U_o feszültség és a Z_S hurokimpedancia által meghatározott áram hoz létre a Z_{PE} impedancián, azaz

$$(U_{PE} = Z_{PE}\, U_o / Z_S) \leq 50 \qquad (2.15)$$

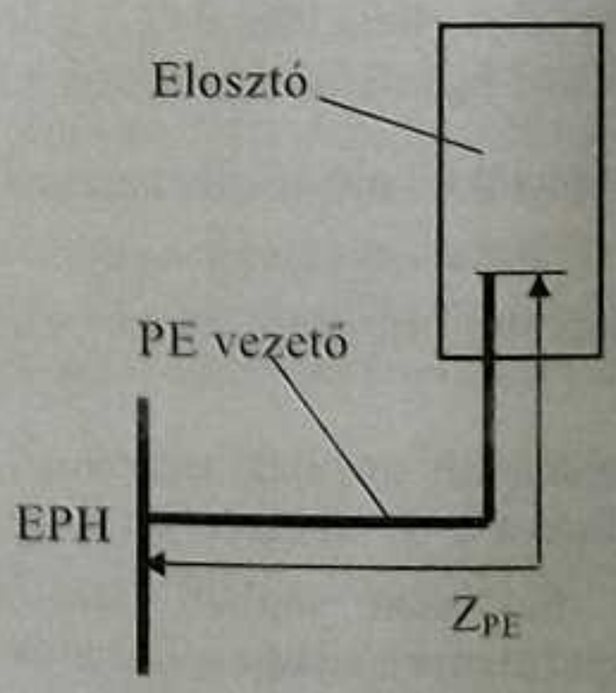
vagy

  - az elosztótáblánál olyan egyenpotenciálú összekötés van, amely ugyanolyan típusú idegen vezetőképes részeket tartalmaz helyileg, mint a fő egyenpotenciálra hozó hálózat központilag, és amely kielégíti a 2.2.1.2. szakasz fő egyenpotenciálú összekötésre vonatkozó követelményeit.

Ezen utóbbi követelmények röviden úgy foglalhatóak össze, hogy az elosztókat tápláló, valamint a csak rögzített villamos szerkezeteket tápláló áramkörök esetén elegendő az 5 s-os kioldás, de ha ez az elosztó hordozható vagy üzem közben áthelyezhető szerkezeteket (tehát pl. csatlakozóaljzatokat) is táplál, akkor ebben az elosztóban is össze kell kötni a védővezetőt az EPH-hálózattal. Elhagyható ez az összekötés, ha a központi EPH-csomópont és az adott elosztó közötti védővezető — m-ben meghatározva — nem hosszabb, mint:

- rézvezető és 230 V fázisfeszültség esetén a mm^2-ben mért keresztmetszet 12,4-szerese,
- 16 mm^2 feletti keresztmetszetű alumínium-vezető esetében 7,2-szerese.

(A gyakorlati esetek többségében ezen feltételek külön intézkedés nélkül is teljesülnek.)



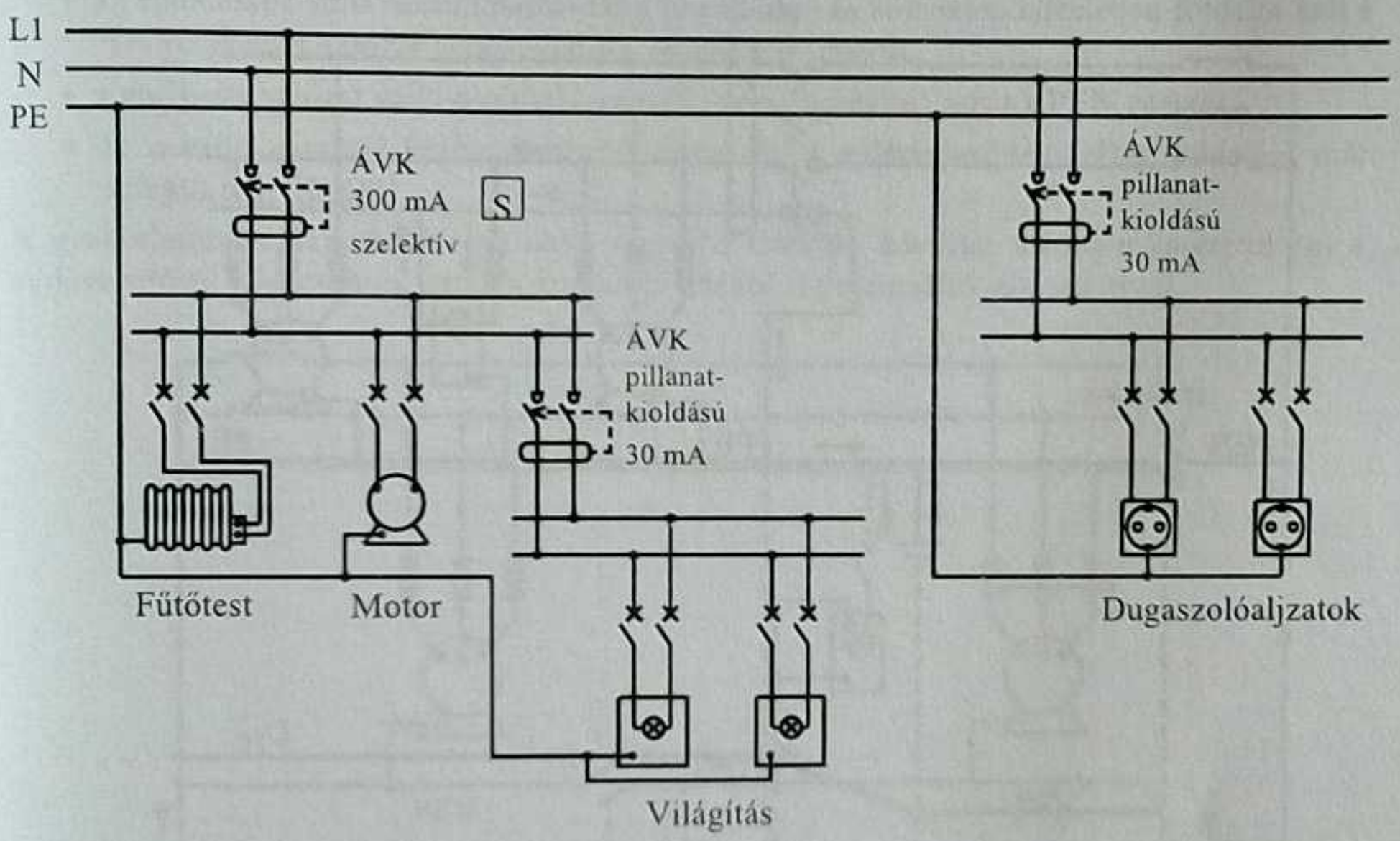
2.2.-13. ábra. Elosztó potenciálemelkedése

Ha a TN-rendszer méretezési előírásai túláramvédelmi eszközök alkalmazásával nem teljesíthetők, akkor:

- **kiegészítő egyenpotenciálú összekötést** kell alkalmazni a 2.2.1.3. szakasz előírásai szerint, vagy,
- a táplálás lekapcsolását **áram-védőkapcsoló** eszköz segítségével kell megoldani (2.2.-14. ábra), ezen esetben a (2.13) összefüggésbe I_a helyébe az áram-védőkapcsoló névleges kioldóáramát ($I_{\Delta n}$) kell helyettesíteni!

Az előbbi megoldás elsősorban a betáplálási főelosztóban teheti megoldhatóvá a főbiztosító áramerősségével való érintésvédelmi méretezést.

A közvetett érintés elleni védelem szelektív működése érdekében TN-S rendszerben megengedett S-típusú — kb. 1s időkésleltetésű — áram-védőkapcsoló alkalmazása a pillanat működésű áram-védőkapcsolókat megelőzően sorosan (2.2.-14. ábra).



2.2.-14. ábra. TN-S rendszer.
S típusú, időkésleltetésű ÁVK szelektív alkalmazása

Itt kell külön felhívni a figyelmet arra, hogy PEN vezeték alkalmazása — az üzemi és a hibaáramot együttesen vezeti — elvileg is kizárja az áram-védőkapcsoló alkalmazási lehetőségét, tehát TN-C rendszerben (2.2.-16. ábra), illetve a TN-C-S rendszer C részében (2.2.-15. ábra) alkalmazása tilos!

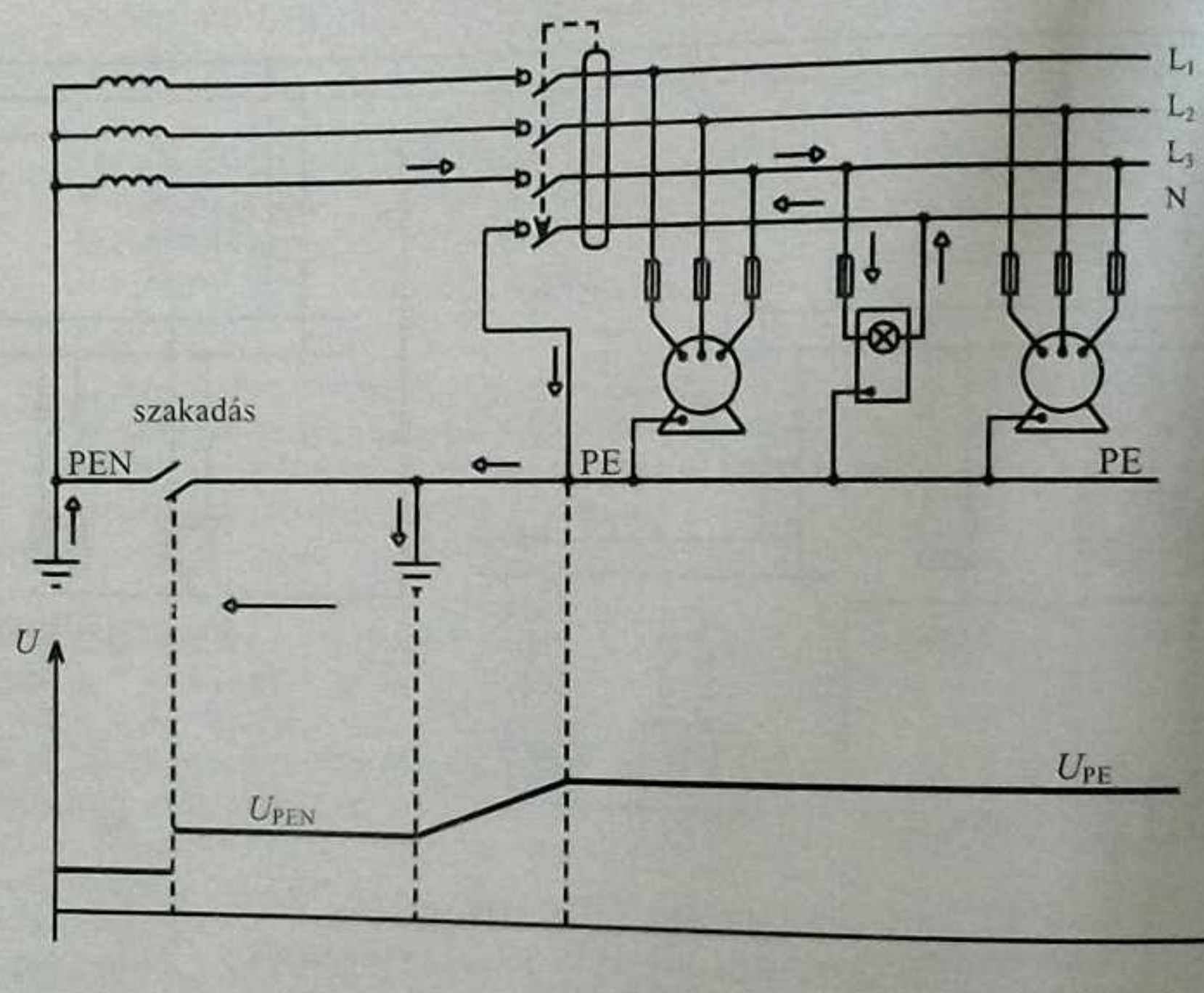
A fő egyenpotenciálú összekötés hatásterületén kívül eső áramkör (független földelővel rendelkező áramkör) önműködő lekapcsolására alkalmazhatunk áram-védőkapcsolót. Ezen esetben a testeket nem szabad a TN-rendszer védővezetőivel összekötni azért, hogy az áram-védőkapcsolóval védett testre ne kerüljön rá feleslegesen a nullázott hálózaton testzárlat következtében esetleg fellépő, hosszabb ideig (általában 5 s-ig) tartó potenciálemelkedés. A testekre olyan külön földelőt kell kötni, amely kívül esik a fő egyenpotenciálú összekötés (EPH) hatásterületén, és amelynek ellenállása kisebb, mint amit az áram-védőkapcsoló névleges kioldóáramával meghatározunk. Az ily módon védett áramkört TT rendszerűnek kell tekinteni!

A nullázás legfőbb veszélye a védővezető potenciálemelkedése.

Ebből a szempontból az egyfázisú fogyasztás nullavezető potenciálját megemelő hatása elhanyagolható. Ha a PE vezetékbe nagyobb impedancia iktatódik be (kötéslazulás, vagy korrózió következtében átmeneti ellenállás növekedés), akkor a hibaáram a földön át záródik, megemelve annak potenciálját, amit a nullázó vezető az ép villamos szerkezetek testére széthord.

Különösen nagy az áramütés veszélye akkor, ha a PEN vezető szakad el. Ebben az esetben az ép berendezések teste fázisfeszültségre kerülhet anélkül, hogy egyetlen testzárlatos

berendezés lenne az áramkörben. Ezt láthatjuk például a 2.2.-15. illetve a 2.2.-16. ábrán. A PEN-vezető szakadása esetén egyetlen egyfázisú fogyasztó bekapcsolása potenciálemelkedést okoz a testeken, így baleset következhet be, ha valaki épp érinti a potenciálra testet.



2.2.-15. ábra
TN-C-S rendszer. A védővezető potenciálemelkedése

A 2.2.-15. ábra a PEN vezető potenciálemelkedését mutatja arra az esetre ha a TN-C-S rendszer négyvezetős részében a PEN vezető a táppontnál szakadt. Nincs testzárlatos berendezés a hálózaton — ÁVK nem működik — egyetlen egyfázisú fogyasztó üzeme miatt potenciál kerül a testekre!

A 2.2.-16. ábra a PEN vezető potenciálemelkedését mutatja arra az esetre ha a TNC rendszer PEN vezetője a táppontnál szakadt.

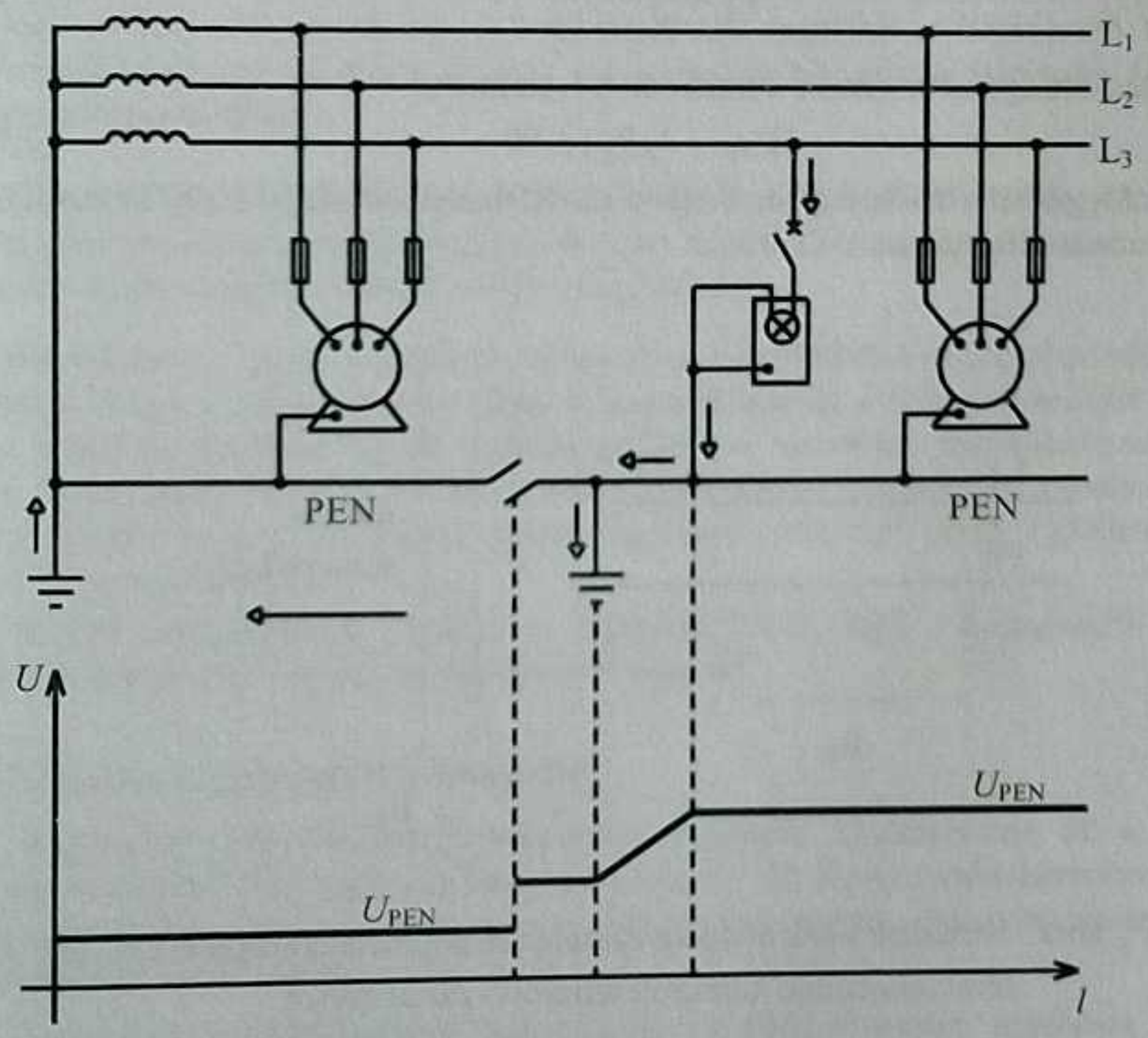
Mindkét ábrában megfigyelhető a végponti földelés tartalék áramutat biztosító szerepe.

Hogyan lehet a bajt elkerülni?

A potenciálemelkedést úgy lehet mérsékelni, ha a védővezető potenciálját minél jobban összekötjük a föld potenciáljával. Ezért:

- az épületekbe való becsatlakozásnál a becsatlakozás közvetlen közelében földelni kell a TN-rendszerű hálózat védővezetőjét, tehát a PE vezetőt,
- a nullázott hálózat védővezetőül használt üzemi vezetőjét, tehát a PEN vezetőt,
- de a védővezetőtől különválasztott szakaszon a nullavezetőnek (N) a földelése már kifejezetten TILOS!

A gyakorlatban a fenti földelések neve végponti földelés, amellyel a földön keresztül egy a védővezetővel párhuzamos tartalék áramút is felépül, a potenciálrögzítésen kívül.



2.2.-16. ábra
A védővezető potenciálemelkedése TN-C rendszerben

Az olyan kivételes helyeken (például szabadvezetékek esetén), ahol a hiba (földzárlat) a fázisvezető és a földelt idegen vezetőképes rész között keletkezhet (2.2.-17. ábra) annak érdekében, hogy a védővezető és a vele összekötött testek feszültsége a földhöz képest ne haladja meg a megengedett 50 V értéket, a következő feltételt kell teljesíteni:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_o - 50} \qquad (2.16)$$

ahol:

$[R_B] = \Omega$ az összes párhuzamosan kapcsolt földelő eredő földelési ellenállása (beleértve a táphálózat földelőjét is);

$[R_E] = \Omega$ a védővezetővel össze nem kötött, azon idegen vezetőképes részek legkisebb, átmeneti ellenállása a föld felé, amelyen keresztül fázis-föld zárlat léphet fel;

$[U_o] = V$ a névleges váltakozó feszültség földhöz viszonyított effektív értéke.

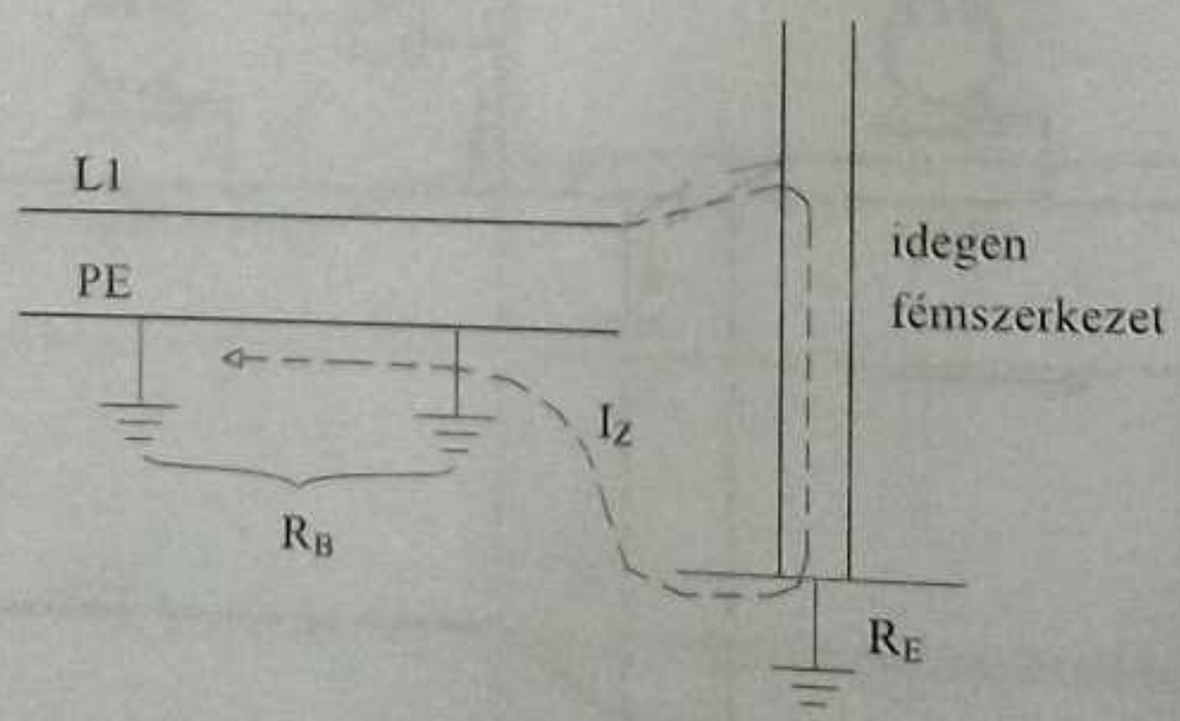
A (2.16) összefüggés könnyen levezethető a 2.2.-17. ábra jelölései alapján. A zárlati áram értéke:

$$I_Z = \frac{U_0}{R_B + R_E} \qquad (2.17)$$

A védővezető feszültségemelkedésére vonatkozó követelmény:

$$(U_{PE} = I_Z R_B) \leq 50 \qquad (2.18)$$

A (2.17) összefüggésbe a zárlati áram értékét (2.18) behelyettesítve a (2.16) összefüggés ellenállás hányadosa kifejezhető.



2.2.-17. ábra. Nullázott hálózat védővezetőjének potenciálemelkedése idegen fémszerkezeten keresztül létrejövő zárlat esetén

TN-rendszer kialakítása

TN-rendszernek kell tekinteni:

- mindazokat a kisfeszültségű, közcélú hálózatokat, amelyeket ilyennek nyilvánítottak;
- mindazokat a fogyasztói vezetékhálózatokat, amelyek fémesen csatlakoznak a TN-rendszerűnek nyilvánított, közcélú, kisfeszültségű hálózatokra;
- mindazokat a fogyasztói vezetékhálózatokat, amelyek TN-rendszerűnek nem nyilvánított, de közvetlenül földelt, közcélú, kisfeszültségű hálózatra csatlakoznak, és teljesülnek a nullázás belső feltételei (lásd később).

A közcélú, kisfeszültségű hálózat TN-rendszerűnek nyilvánítására az illetékes áramszolgáltató jogosult.

A nullázás külső feltételei, azaz a TN-rendszerűnek nyilvánítás feltételei:

1. A közcélú hálózat villamos szerkezeteire teljesülnie kell a (2.13) méretezési összefüggésnek.

2. A közcélú hálózat nullpontja (egyfázisú vagy egyenáramú hálózat esetén: középvezetése) közvetlenül földelt;

3. Szabadvezetéki közcélú hálózat a végpontján (a táppontól legtávolabb eső leágazópontnál) földelve van, valamint legalább 350 m-enként a nullavezető földelve van;

4. A fogyasztói vezetékhálózat csatlakozási pontjánál rendelkezésre áll a közvetlenül földelt nullavezető, amelynek a keresztmetszete legalább a fázisvezető keresztmetszetének a fele, de minimum 10 mm^2 réz vezető esetén, illetve minimum 16 mm^2 alumínium vezető esetén;

5. A fémesen összefüggő hálózatrendszerről táplált fogyasztónál (fázisonként 16 A-nél nagyobb teljesítményigényű fogyasztó) nincs védőföldelés kiépítve, kivéve azon esetet, amikor áram-védőkapcsolóval védett a fogyasztó.

A negyedik feltételt — hogy a nullázott rendszerben védőföldelést nem szabad alkalmazni — az indokolja, hogy a védőföldelésen átfolyó nagy hibaáram a föld potenciálját — és vele együtt a nullázott rendszer összes testpotenciálját — veszélyes mértékben megemelheti. (Hasonló esetet mutat be a 2.2.-15. ábra, mikor egy hibátlan fogyasztókat tartalmazó hálózat PEN vezetőszakadásakor az összes testre megemelt potenciál kerül egyetlen egyfázisú fogyasztó bekapcsolásával.)

A kérdés természetesen fordítva is felmerül, azaz, hogy TT-rendszerű hálózatban szabad-e egy fogyasztót (fogyasztói hálózatot) nullázni?

Igen, ha teljesülnek a **nullázás belső feltételei**:

1. A fogyasztói vezetékhálózat csatlakozási pontjánál rendelkezésre áll a megfelelő keresztmetszetű közvetlenül földelt nullavezető. (A fázisvezetők keresztmetszetének legalább a fele, de minimum 10 mm^2 réz vezető esetén, illetve minimum 16 mm^2 alumínium vezető esetén);

2. A fogyasztói vezetékhálózaton kialakították az EPH-hálózatot, amelyhez betonalapföldelés, vagy egy (méréssel igazoltan) legfeljebb 10 Ω földelési ellenállású, természetes vagy mesterséges földelés csatlakozik;

3. Az épületen belül, valamint az épület fogyasztói vezetékhálózatáról ellátott szabadtéri környezeten belül minden védővezetővel védett fogyasztó-berendezés teste (az áram-védőkapcsolással védetteké is!) nullázva van, és teljesül a (2.13) méretezési összefüggés.

4. A fogyasztói vezetékhálózat TN-rendszerűvé nyilvánítását az áramszolgáltatónak bejelentették, az azt nyilvántartásba vette. (A jogszabály értelmében az áramszolgáltató nem tagadhatja meg a bejelentés nyilvántartásba vételét.)

A PEN-vezetőt semmilyen körülmények között nem szabad önállóan lekapcsolni, csak az összes fázisvezetővel egyidejűleg!

A PEN vezetők leválaszthatósága érdekében bontásra alkalmas villamos szerkezetet kell beépíteni minden olyan helyen, ahol a hozzájuk tartozó fázisvezető villamos szerkezettel megszakítható! Ezek lehetnek:

- nullbontó,
- sorozatkapocs,
- szerszámmal bontható egyéb kötés.

A TN rendszer alkalmazásának előnyei:

Gyors működés, szelektivitás, gyakorlatilag bármilyen teljesítményű berendezés védelmére alkalmas, nem kell bizonytalan értékű földelési ellenállású földelőt telepíteni, méretezése határozott értékből indul, kivitele egyszerűbb, működése megbízhatóbb.

Hátrányai:

Az aktív védelmek hátrányaival rendelkezik, azaz:

- a hibás berendezés átmenetileg sem tartható üzemben,
- hiba következtében, a fellépő érintési feszültségek a hibátlan berendezésre is átterjednek,
- kivitele fokozott gondosságot igényel,
- a védővezető szakadása esetén üzemképtelen.

2.2.2.1. Védővezető kialakítása

A védővezető (PE) a korszerű berendezésekben szinte mindig a tápvezeték egyik zöld/sárga színezésű ere, amelynek minimális keresztmetszete — ha anyaga azonos a fázisvezető anyagával — a fázisvezető keresztmetszetétől (S) függően (2.-5. táblázat szerinti).

2.-5. táblázat

A védővezető minimális keresztmetszete

A fázisvezető keresztmetszete	A védővezető keresztmetszete
$S \leq 16\ mm^2$	S
$16\ mm^2 < S \leq 35\ mm^2$	$16\ mm^2$
$S > 35\ mm^2$	$S/2$

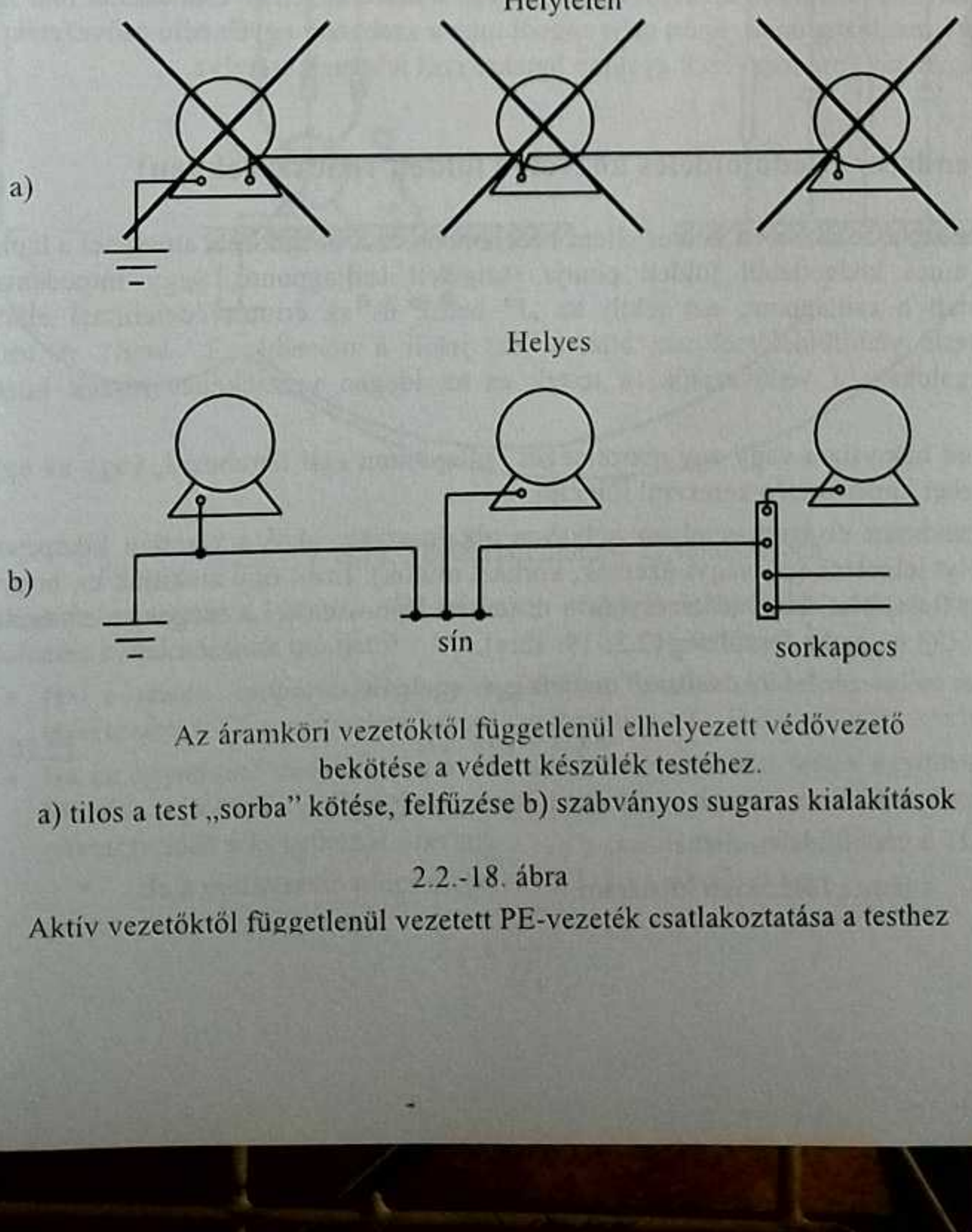
A minimális keresztmetszet meghatározható számítással is a (2.19) összefüggés szerint, amennyiben a lekapcsolási idő kisebb mint 5 s.:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \qquad (2.19)$$

ahol: $[S]$= mm^2 védővezető keresztmetszete;
$[I]$= A a zárlati áram;
$[t]$= s a kikapcsolási idő;
k = a védővezető anyagától, szigetelésétől, kezdeti és véghőmérsékletétől függő állandó, értékei az MSZ HD 60364-5-54 szabvány **A** mellékletében találhatók.

Elvben a védővezető lehet csupasz vezető is, de azt csak abban az esetben szabad a szigetelt tápvezetékkel együtt vezetni, ha a nullavezető a szigetelt fázisvezetőkkel gyárilag van közös burkolatba helyezve (pl. osztott nullavezetőjű- vagy koncentrikus nullavezetőjű kábel). Ebben az esetben a védővezető külön jelölésére nincs szükség, mert nyilvánvaló, hogy a csupasz vezető a védővezető. Nehezebb a helyzet, ha a védővezető szigetelt vezető, de nem az előírt zöld/sárga színű. Ha a védővezető színe megegyezik a többi vezetőével, akkor megelégszünk azzal, hogy minden egyes kötésnél zöld/sárga szigetelőszalaggal a védővezetőt megjelöljük. Ez azonban csak akkor fogadható el, ha következetes, tehát az ilyen színű szigetelőszalag a vizsgált berendezésben kizárólag csak a védővezető jelölésére szolgál. Nagyon ügyeljünk arra, hogy a zöld/sárga szigetelésű vezető kizárólag csak védővezető (esetleg más célú földelővezető) céljára legyen felhasználva, másra semmiképpen sem!

Ha a védővezető aktív vezetékkel (fázisvezető, nullavezető) közösen (azokkal azonos többerű vezetékben, azonos védőcsőben stb.) halad, akkor a védett testekre való bekötésüket is ugyanúgy, ugyanoda (pl. sorkapocsléc) kell elvégezni, mint azok bekötését! Ha azonban nem azokkal együtt halad, hanem külön (régebbi berendezésekben a falon körbevezetett vasszalag a védővezető, s ezekhez csatlakozott minden érintésvédelmet igénylő test), akkor ezekhez csak „T" leágazással szabad csatlakozni (2.2.-18. ábra). A védővezető testek „felfűzése", sorbakötése tilos. Ennek oka, hogy egy ilyen tiltott módon bekötött villamos szerkezet eltávolítása — esetleg csak szerelés, vagy csere szempontjából — megszakítaná a védővezető folytonosságát, ami balesetveszélyes.



Az áramköri vezetőktől függetlenül elhelyezett védővezető bekötése a védett készülék testéhez.
a) tilos a test „sorba" kötése, felfűzése b) szabványos sugaras kialakítások

2.2.-18. ábra
Aktív vezetőktől függetlenül vezetett PE-vezeték csatlakoztatása a testhez

A védővezető céljára nem feltétlenül kell villamos vezetőt szerelni, a szabvány szerint is lehet más megbízható fémszerkezetet (pl. kábelek árnyékolását, fémköpenyét, páncélozását, villamos vezetékek fém védőcsövét, a villamos szerkezeteket tartó fémszerkezeteket) védővezetőként is alkalmazni.

Ma a szabványnak ezt az engedményét csak ritkán használják, pl. egy villamos vezénylő- vagy elosztótáblán belül a táblára, fedélre szerelt készülékekhez nem viszik oda külön a védővezetőt, hanem a táblával, fedéllel való fémes érintkezésükön át azt a táblát, fedelet tekintik védővezetőnek. Ilyen esetben az az egyébként általános követelmény sem szükségszerűen betartandó, hogy a védővezetőt nem szabad a felerősítő csavarokon át csatlakoztatni a testhez.

A fémszerkezet mellett a „megbízható" jelző két követelményre utal:

- Az első, hogy a fémszerkezet elemeinek egymáshoz való kötése — amelyet természetesen nem villamos szempontok szerint készítenek — villamos vezetői szempontból is jó kötésnek számítson, hegesztéssel, forrasztással készüljön, vagy csavaros kötés esetén körmös, esetleg rugós alátéttel legyen a festés „átszúrva".
- A második szempont, hogy nagy biztonsággal feltételezhető legyen, hogy azt a nem villamos szerkezetet, vagy szerkezetrészt, amelyet védővezetőnek használtak csak a védett villamos szerkezet megszüntetésekor távolítják el. (Pl. olyan fémoszlop, ami a világítási lámpatestet is tartja, nyilván megbízható a vizsgált szempontból, de egy fém oszlopmerevítő szerkezet, amelyik egy környező fémszerkezethez csatlakozik már nem tekinthető megbízhatónak. Ezért nem engedi meg a szabvány egyéb célú csővezetéknek a felhasználását sem, mert ezek gyakran hetekre szét lehetnek szerelve.

2.2.3. IT-rendszer (Védőföldelés közvetve földelt rendszerekben)

Az IT-rendszer a közvetett érintés elleni védelemnek az a megoldása, amelynél a tápláló rendszernek nincs közvetlenül földelt pontja (szigetelt csillagpontú, vagy impedancián keresztül földelt a csillagpont, ezt jelöli az „I" betű), és az érintésvédelemmel ellátott szerkezetek teste védőföldeléssel van ellátva (ezt jelöli a második „T" betű). A testek földelése megoldható a védővezetők, a testek és az idegen vezetőképes részek közötti összekötéssel.

Nullapont hiányában vagy egy mesterséges nullaponton kell létrehozni, vagy az egyik fázisvezetőt lehet impedancián keresztül földelni.

Az IT-rendszert elsősorban olyan helyeken alkalmazzák, ahol a váratlan kikapcsolás komoly veszélyt jelentene (pl. vegyi üzemek, kórházi műtők). Ezért úgy alakítják ki, hogy az első földzárlat (testzárlat) bekövetkezésekor a testen ne léphessen fel a megengedett érintési feszültségnél (U_L) nagyobb feszültség (2.2.-19. ábra).

A védőföldelés méretezésére a következő összefüggés szolgál:

$$R_A \leq U_L / I_d \quad \Omega, \tag{2.20}$$

ahol:

$[R_A] = \Omega$ a védőföldelés ellenállása;

$[I_d] = A$ a fémes földzárlati hibaáram.

Az I_d értékét döntő mértékben a kapacitív földzárlati áram határozza meg (ennek értéke háromfázisú rendszerben az üresjárási kapacitív töltőáram háromszorosa), de nagyságát befolyásolják a szivárgó áramok, és az IT-rendszer földelő impedanciáján átfolyó áram is.

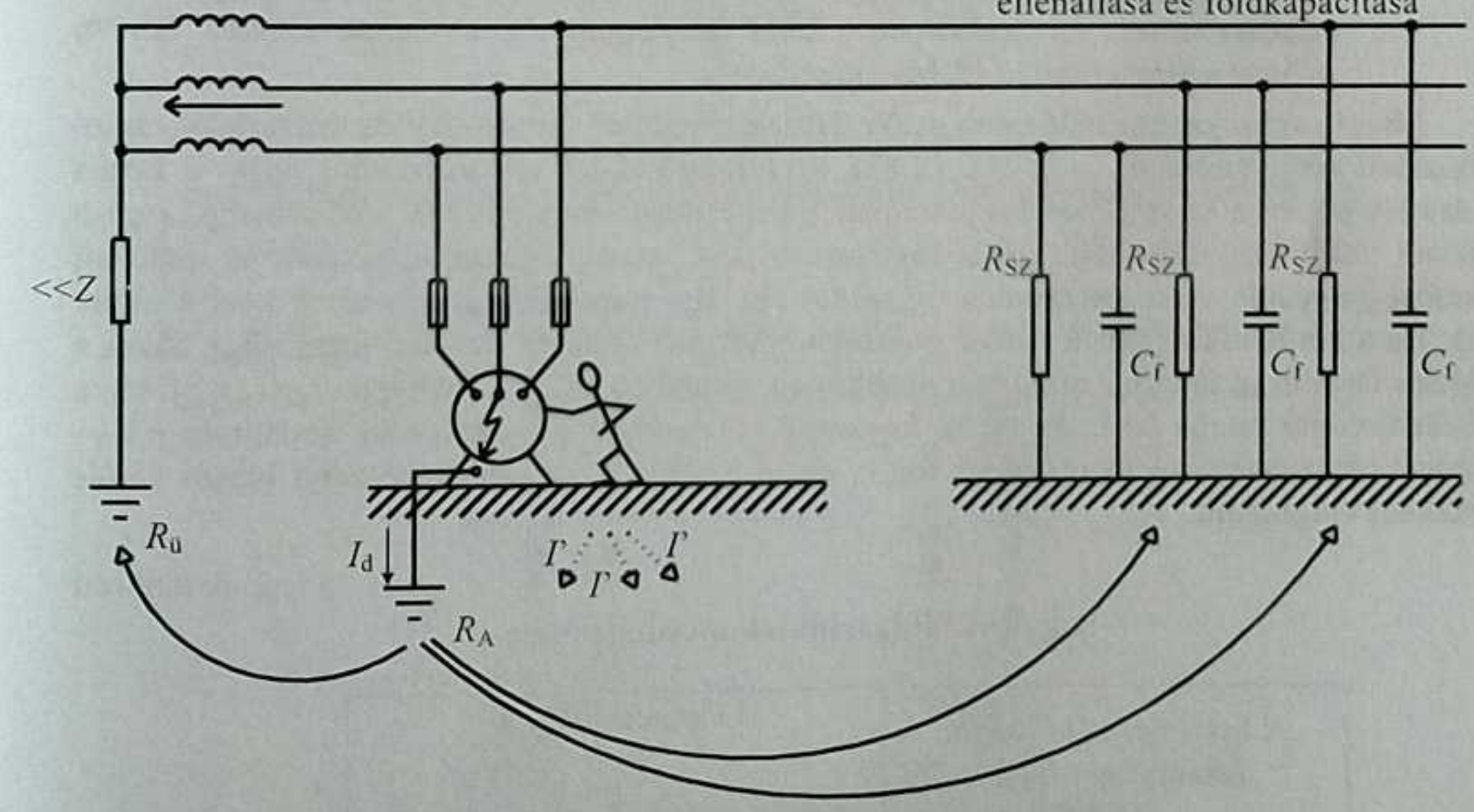
I_d tényleges értékét csak méréssel lehet megállapítani, tervezéshez, előzetes becslés céljára kis kiterjedésű hálózat esetén 1 A, nagyobb kiterjedésű hálózatnál 5A felvétele kellő biztonságúnak tekinthető.

Miért tárgyalja a szabvány az IT-rendszert —, ha az első meghibásodásra nincs beavatkozás — mégis a "táplálás önműködő kikapcsolásával" működő védelmek között?

Azért, mert tényeges érintési veszélyt okoz **a kettős földzárlat (kettős testzárlat), amelyet ezért önműködően ki kell kapcsolni**! Hogy ez ne váratlanul következzen be, kötelező az első földzárlat (testzárlat) önműködő jelzése, mindenképpen látható módon, de kiegészítheti a fényjelzést hangjelzés is.

A földzárlatjelzést állandó szigetelésellenőrző készülék (ÁSZE, lásd 2.2.3.1. pont alatt) alkalmazásával lehet megoldani. (FIGYELEM! A feszültségváltó szekunder tekercselésének nyitott deltájába iktatott feszültség relé ma már nem szabványos.)

A hálózat fázisonkénti szigetelési ellenállása és földkapacitása



2.2.-19. ábra. Testzárlati áramok IT rendszerben

A második testzárlatra, (kettős földzárlatra) történő lekapcsolás méretezése függ a védőföldelés kialakításának módjától.

- Ha a testek csoportosan vagy egyenként vannak földelve, akkor a védelem méretezése a TT-rendszerhez hasonlóan történhet a (2.3) összefüggés szerint.
- Ha az egymással védővezetőn át kölcsönösen összekötött testek együttesen vannak földelve (földelő hálózathoz csatlakoznak), akkor a TN-rendszer szerint méretezendők a következők szerint:
  - Ha a nullavezető nincs kiépítve (2.2.-20/a. ábra), akkor:

$$Z_s \le \frac{U}{2I_a}\,, \tag{2.21}$$

- Ha pedig a nullavezető is ki van vezetve (2.2.-20/b. ábra), akkor:

$$Z'_s \leq \frac{U_o}{2I_a} \tag{2.22}$$

ahol:

U_o a fázis és a nulla közötti névleges váltakozó feszültség effektív értéke;

U a fázisok közötti névleges váltakozó feszültség effektív értéke;

Z_s az áramkör fázisvezetőjét és védővezetőjét tartalmazó hurokimpedancia-rész;

Z'_s az áramkör nullavezetőjét és védővezetőjét tartalmazó hurokimpedancia-rész;

I_a az az áram, amely az áramkört lekapcsolja a 2.-6. táblázat szerinti lekapcsolási idő alatt, ha ez alkalmazható, illetve minden más áramkör esetén 5 s alatt, ahol ez az érték meg van engedve, azaz:

Ezen utóbbi követelmények röviden úgy foglalhatóak össze, hogy az elosztókat tápláló, valamint a csak rögzített villamos szerkezeteket tápláló áramkörök esetén elegendő az 5 s-os kioldás, de ha ez az elosztó hordozható vagy üzem közben áthelyezhető szerkezeteket (tehát pl. csatlakozóaljzatokat) is táplál, akkor ebben az elosztóban is össze kell kötni a védővezetőt az EPH-hálózattal. Elhagyható ez az összekötés, ha a központi EPH-csomópont és az adott elosztó közötti védővezetőre teljesül a (2.14) összefüggés.

Mivel sokfogyasztós hálózaton gyakorlatilag lehetetlen minden kettős testzárlatot okozó változatot végigszámolni, a (2.21), (2.22) összefüggésekkel ellenőrizendő, hogy a kettős földzárlat esetén a testzárlatos fogyasztónál kikapcsolást okoz-e az az áramerősség, amit a hálózati feszültség fele hajt át a fogyasztóra eső hurokimpedancia-részen. A hálózati feszültség ugyanis a két testzárlatos fogyasztó egy-egy hurokimpedancia-része között oszlik meg. Ha a két hurokimpedancia-rész pontosan egyforma (csupán elméleti lehetőség), akkor a hálózati feszültség fele-fele arányban oszlik meg, általában az egyik helyen ennél nagyobb, a másiknál ennél kisebb lesz. Az egyik fogyasztó — amelyikre a nagyobbik feszültség jut — túláramvédelme feltétlenül működni fog, s ezzel a tényleges érintési veszélyt okozó kettős földzárlat megszűnik.

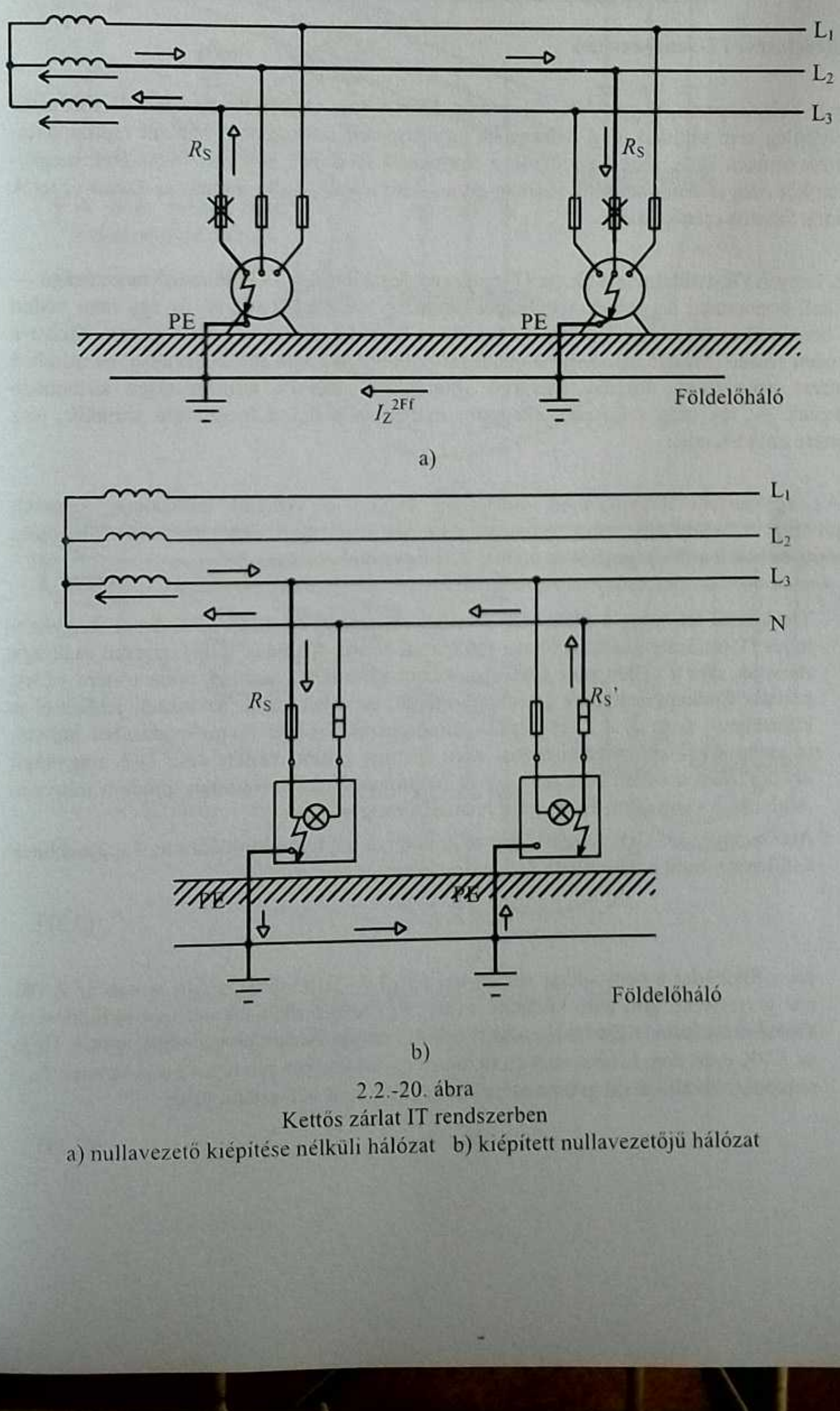
2.-6. táblázat

A kettős földzárlat lekapcsolási ideje

A berendezés névleges feszültsége, U_o/U (V)	Lekapcsolási idő (s)
250/400	0,4
400/690	0,2
580/1000	0,1

IT-rendszerekben a következő jelző és védelmi eszközök alkalmazása megengedett:

- szigetelés-ellenőrző készülék (lásd 2.2.3.1. fejezetet);
- túláramvédelmi eszköz;
- áram-védőkapcsoló eszköz (ÁVK).



2.2.-20. ábra
Kettős zárlat IT rendszerben
a) nullavezető kiépítése nélküli hálózat b) kiépített nullavezetőjű hálózat

ÁVK IT-rendszerbeni alkalmazása igazából nem javasolható, egyrészt mert méretezése bonyolult, másrészt mert a védett rész számára bizonytalan, ugyanis bármely hálózati beavatkozás — hálózatrész lekapcsolása, vagy beiktatása — megváltoztatja a közvetett érintés elleni védelem beállítandó paramétereit.

ÁVK méretezése IT-rendszerben

Rögtön le kell szögezni, hogy ÁVK-val a teljes IT-rendszer testzárlat védelme, ill. földzárlat jelzése elvileg sem oldható meg. Hiszen ha egy szigetelt csillagpontú hálózat táptranszformátorának minden aktív vezetőjét rögtön a táppontnál átvisszük egy zárt vasmagon, megkerülő áramkör nem is alakulhat ki, a vasmag gerjesztése mindig nulla miután az üzemi vezetők áramainak fazoros eredője nulla.

Ahhoz, hogy ÁVK-t alkalmazzunk, az IT-rendszert legalább két — különböző hosszúságú — részre kell bontanunk, legyen ez a mintapéldában egy ún. védett részre, és egy nem védett részre bontás (2.2.-21. ábra). Így két helyen jöhet létre földzárlat, a védett részen, illetve a nem védett részen. Miután mindkét hálózatrész vezetékeinek van földkapacitása, és mindkét hálózatrész szigetelésén folynak szivárgó áramok —, melyek természetesen különböző nagyságúak —, így még szigetelt csillagpont mellett is kialakul megkerülő áramkör, lesz gerjesztése az ÁVK-nak.

Az egyszerűbb tárgyalásmód érdekében legyen a vizsgált hálózatunk szigetelt csillagpontú, és tekintsünk el a szivárgó áramoktól is. Így most az ÁVK beállítása szempontjából csak a földkapacitások áramát kell figyelembe venni.

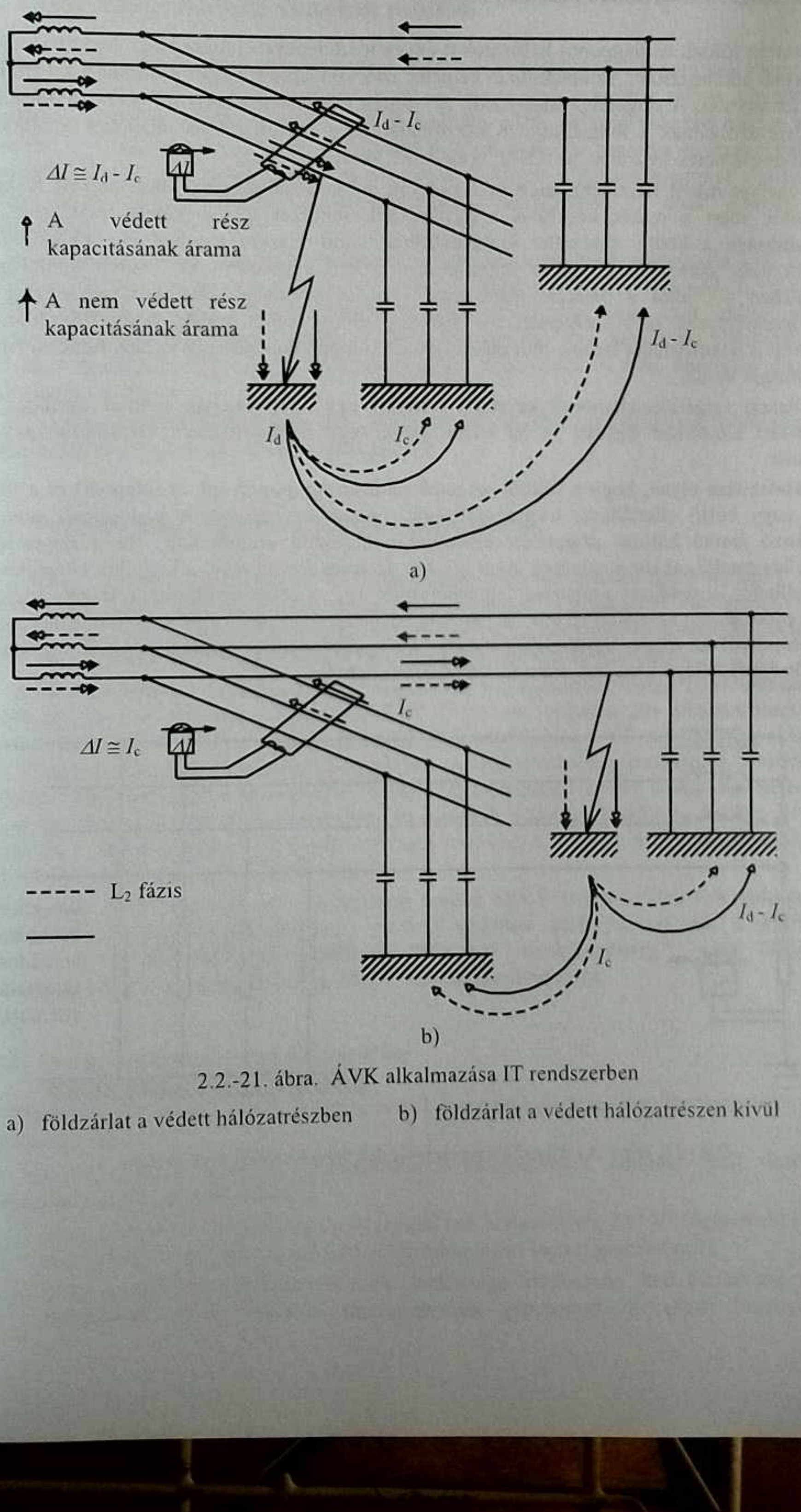
- Tételezzük fel, hogy a földzárlat a védett részen lép fel (2.2.-21/a. ábra). Legyen a teljes IT-rendszerű hálózat fémes földzárlati árama I_d, ennek természetesen csak egy része az, ami a védett rész földkapacitásain záródik I_c, a másik része a nem védett szakasz földkapacitásainak áramából adódik, ez a két előbb bevezetett jelöléssel is kifejezhető: I_d-I_c. A 2.2.-21/a. ábra minőségi ábrázolású árameloszlásából látható, hogy az ÁVK különbözeti árama ezen esetben a **nem védett rész I_d-I_c nagyságú árama**, mert a védett rész nem sérült fázisainak kapacitív áramai mindkét irányban átfolynak a vasmagon, és így nem hoznak létre gerjesztést.

  Ahhoz, hogy az ÁVK testzárlatkor működjön, a névleges kioldóárama $I_{\Delta n}$ kisebbnek kell lennie, mint a működtető I_d-I_c áram, azaz:

$$I_{\Delta n} < I_d - I_c \tag{2.23}$$

- Ha a földzárlat a nem védett részen lép fel (2.2.-21/b. ábra), akkor is van az ÁVK-nak gerjesztése, ami nem kívánatos, mert ez esetben nem várunk tőle működést. A különbözeti áram nagysága I_c, azaz a védett rész ép fázisainak kapacitív árama. Hogy az ÁVK ezen nem kívánt esetben biztosan ne működjön, névleges kioldóáramát $I_{\Delta n}$ a működést kiváltó áram kétszeresénél nagyobbra kell választani, azaz:

$$2I_c < I_{\Delta n} \tag{2.24}$$



2.2.-21. ábra. ÁVK alkalmazása IT rendszerben

a) földzárlat a védett hálózatrészben b) földzárlat a védett hálózatrészen kívül

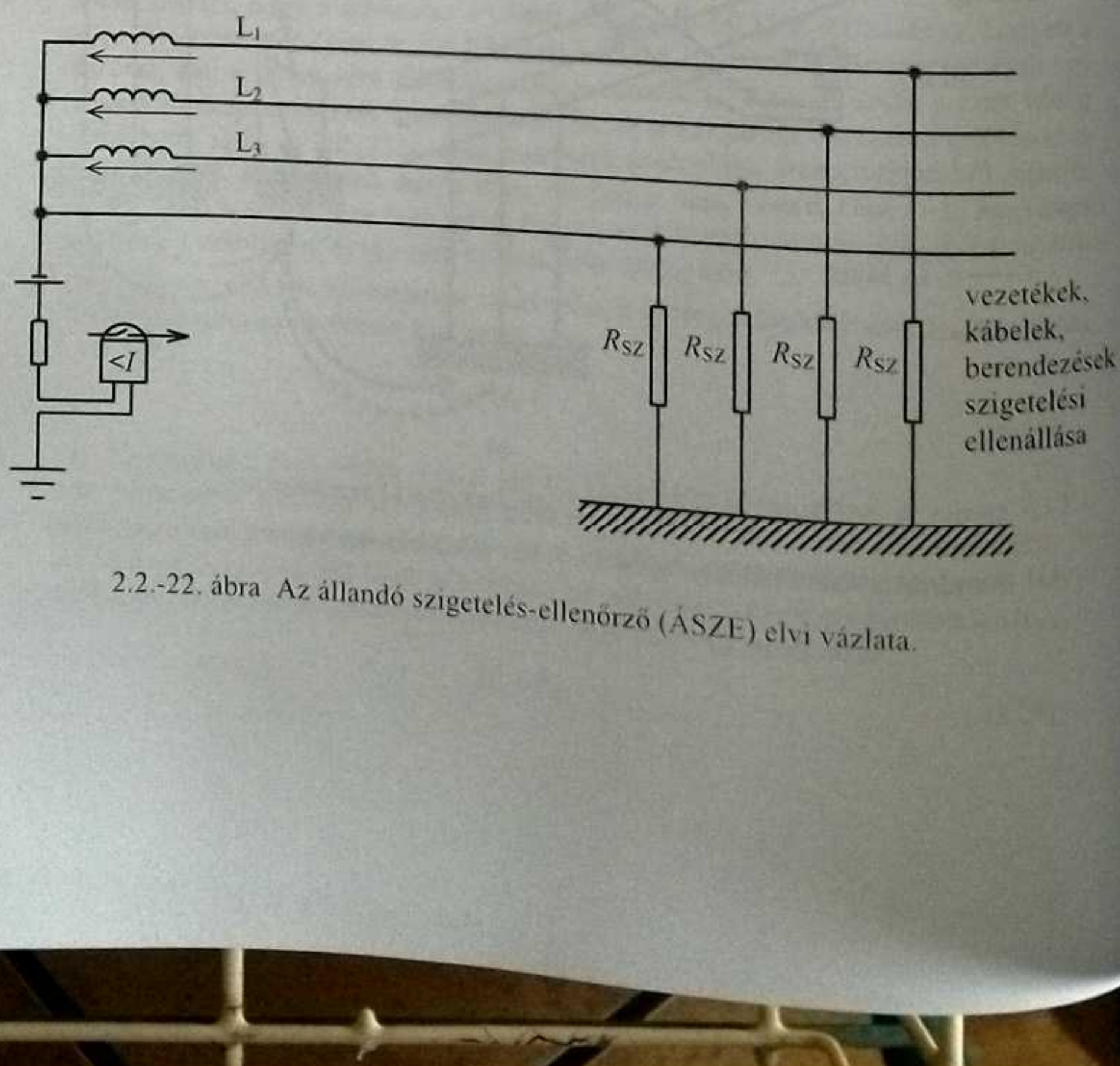
2.2.3.1. Szigetelés-ellenőrző készülék (ÁSZE)

Közvetetten földelt csillagpontú hálózatokat egyes ipartelepeken (cukorgyár, vegyi üzem) és bányákban alkalmaznak. Az alkalmazás célja az első földzárlat (testzárlat) melletti zavartalan üzem fenntartása. A szigetelés állapotáról, az esetleg fellépett földzárlatról azonban értesülni kell. Erre szolgálnak a földzárlatjelző készülékek, és e célra kiválóan alkalmas az állandó szigetelés-ellenőrző készülék, az ÁSZE is (2.2.-22. ábra).

A hibahelyet minél hamarabb meg kell keresni, a hibás hálózatrészt, berendezést le kell kapcsolni, mert a másik két fázis szigetelésének fokozott igénybevétele miatt nagy a valószínűsége a kettős földzárlat kialakulásának, amit viszont azonnal és önműködően hárítani kell, azaz a hálózatról a fogyasztókat le kell kapcsolni. Az említett különleges üzemekben —, ahol a váratlan üzemzavar igen nagy anyagi kárt okozhat, esetleg a kezelőszemélyzetet is veszélyezteti, — fokozott előnye lehet annak, hogy földzárlatos, testzárlatos üzemet lehet tartani, ami ellensúlyozza a hiba kikeresésének nehéz, hosszan tartó és költséges voltát.

Az állandó szigetelés-ellenőrző készülék (ÁSZE) egy relé, amelyik normál üzemben a szigetelési ellenállást figyeli, és ha annak értéke egy beállított érték alá romlik, akkor működik.

Elvi kialakítása olyan, hogy a földtől szigetelt hálózat egy pontja (pl. csillagpont) és a föld közé nagy belső ellenállású, törpefeszültségű, egyenáramú tápforrást kapcsolnak, ami a váltakozó áramú hálózat szigetelési ellenállásán keresztül áramot hajt. Ha a szigetelési ellenállás romlik, akkor a szivárgó áram nő, így az áram figyelésével a készülék ellenállásra kalibrálható. A rendszer szigetelési ellenállásának egy, a relén beállítottnál kisebb értékre csökkenése esetén az ÁSZE jelzést ad, nagyobb szigetelésellenállás-romlás esetén lekapcsolja a tápforrásról az általa figyelt hálózatrészt. Az egyenfeszültség alkalmazását a váltakozó feszültségnél fellépő kapacitív áramok elkerülése indokolja.



2.2.-22. ábra Az állandó szigetelés-ellenőrző (ÁSZE) elvi vázlata.

2.3. Védővezető nélküli védelmi módok

A védővezető nélküli jelző arra utal, hogy ezen módszerek alkalmazásakor nem kell kiépíteni a védővezető hálózatot — természetesen ezzel a védővezető szakadás súlyos következményekkel járó hibája sem léphet fel — mert az áramütés elleni védelem más elvi módon van megoldva. Az áramütés elleni védelem védővezető nélkül kialakított módjai egyenrangúak a védővezetős hibavédelmi módokkal, megvalósításuk többnyire a hibavédelemmel ellátandó villamos szerkezetekhez (fogyasztó készülékekhez) kapcsolódik, és csak részben a táphálózathoz.

Ezért előírás, hogy minden berendezést a táplálás önműködő lekapcsolásával kell védeni, kivéve azokat a berendezésrészeket, amelyek védelmére védővezető nélküli módok szolgálnak. Ennek következtében a táphálózat kiépítésével egyidejűen csak akkor nem kötelező valamelyik védővezetős érintésvédelmi mód kiépítése, ha a táphálózat kiépítésekor valamennyi fogyasztót bekötik, s ezek mindegyike védővezető nélküli áramütés elleni védelemmel van ellátva.

Ugyanígy, az EPH-hálózat kiépítése sem kötelező ott, ahol kizárólag csak védővezető nélküli áramütés elleni védelmi módot alkalmaznak

2.3.1. Védelmi mód: SELV-, PELV-törpefeszültség

Ha a villamos szerkezeteket az U_L-nél nem nagyobb feszültséggel tápláljuk és gondoskodunk arról, hogy még hiba esetén se kerülhessen a rendszerbe ennél nagyobb feszültség (azaz a feszültség értéke mindig a szabványos tűréshatáron belül maradjon), akkor mind az alapvédelem, mind a hibavédelem önmagában megoldottnak tekinthető.

A törpefeszültség — váltakozó áram esetén 50 V-nál, egyenáram esetén 120 V-nál nem nagyobb névleges feszültség — **rövidítése ELV** (extra low voltage). Ha alkalmazására a villamos szerkezetek által megkövetelt kis értékű tápfeszültség miatt van csak szükség, akkor FELV (functional extra low voltage) a rövidítése, és müködési törpefeszültség a hivatalos elnevezése, míg szokványos használatban üzemi törpefeszültség névvel illetik. Ez esetben nem az áramütés elleni védelem érdekében választottak alacsony feszültség értéket, és a táplálás, ill. az áramkör kialakítása éppen ezért nem felel meg a nagyobb feszültség áthatolása elleni védelem biztonsági követelményeinek.

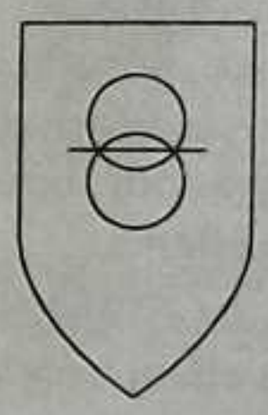
Az alap ill. a hibavédelmet egyidejűleg csak a SELV (safety extra low voltage), fordítása "biztonsági törpefeszültség", azaz földeletlen kialakítással, ill. a PELV (protectiv extra low voltage), fordítása "védelmi törpefeszültség", azaz földelt kialakítással lehet csak megvalósítani. FELV alkalmazásával nem!

2.3.1.1. Feszültségáthatolás megakadályozása

Mind a SELV mind a PELV kialakításánál biztosítani kell, hogy feszültségáthatolás ne történhessen, ezért:

- A nagyobb feszültségnek a törpefeszültségű rendszerbe a tápoldal felől történő behatolásának megakadályozására:
  - vagy a táplálást a nagyobb feszültségektől (pl. kisfeszültség 230 V) függetlenül kell megvalósítani (pl. akkumulátorral, robbanómotorral hajtott generátorral),
  - vagy a nagyobb feszültségtől kellő biztonságú elválasztást kell kialakítani. Ez megoldható olyan villamos motorgenerátor gépcsoport ill. olyan biztonsági

elektronikus tápegység alkalmazásával, amelyben a primer és szekunder áramkörök között az alapszigetelésen kívül egy biztonsági célú szigetelés is van (ún. kettős szigetelésű gyártmány), vagy biztonsági szigetelőtranszformátorral. A szabványos biztonsági szigetelőtranszformátor olyan kivitelű, hogy abban a primer és szekunder tekercsek közti feszültség áthatolással nem kell számolni. A biztonsági szigetelőtranszformátor termékszabványa (MSZ EN 61558-2-6) részletes kialakítási követelményeket ad meg, amelyek teljesülése azonban a kész gyártmányon megtekintéssel nem ellenőrizhető, csak a szabványos 2.3.-1. ábra szerinti jelkép meglétéből tudható. Azt, hogy a törpefeszültség előállítására használt transzformátor megfelelő-e, azaz biztonsági szigetelőtranszformátor-e vagy sem, csak az adattábláján lévő jelölésről állapítható meg.



2.3.-1. ábra. A biztonsági szigetelőtranszformátor jelképe

Megoldást jelent — a vonatkozó szabványok előírásait kielégítő — olyan elektronikus eszköz is, amelynek kimeneti kapcsain a feszültség belső hiba esetén sem tudja meghaladni a törpefeszültségre előírt értéket. (Ilyen eszközökre példa a vonatkozó szabványok követelményeinek megfelelő szigetelés-ellenőrző készülék.)

- A SELV- és a PELV-áramkörök aktív részei egymástól, a FELV-áramköröktől és a nagyobb feszültségű áramköröktől védőelkülönítéssel el legyen választva. A védőelkülönítés alkalmazható módszerei:
  - a vezetők legyenek fizikailag elkülönítve (pl. külön védőcsőben való vezetéssel);
  - a SELV- és a PELV-áramkörök vezetőinek az alapszigetelésükön túlmenően legyen szigetelő köpenyük;
  - az eltérő feszültségű áramkörök vezetői egymástól földelt fémárnyékolással vagy földelt fémköpennyel legyenek elkülönítve;
  - az eltérő feszültségű áramkörök vezetői egymástól a legnagyobb feszültségnek megfelelő legnagyobb szigeteléssel van elkülönítve;
  - a különböző feszültségű áramkörök vezetői lehetnek ugyanabban a többerű vezetékben vagy más közös vezetékcsoportban is, de a SELV- és a PELV-áramkörök vezetői egyenként vagy együttesen az abban előforduló legnagyobb feszültségre legyenek szigetelve.
- A SELV- és a PELV-rendszerek csatlakozódugói és csatlakozóaljzatai feleljenek meg a következőknek:
  - a csatlakozódugókat ne lehessen más feszültségrendszerek csatlakozóaljzataiba bedugni (még a FELV-rendszert is más feszültségrendszernek kell tekinteni!);
  - a csatlakozóaljzatokba ne lehessen más feszültségrendszerek csatlakozódugóit bedugni;
  - a SELV-áramkörök csatlakozódugóinak és csatlakozóaljzatainak ne legyen védőérintkezője;
  - a SELV-csatlakozódugókat ne lehessen PELV-csatlakozóaljzatokba bedugni, és viszont;

2.3.1.2. SELV-áramkörök további kialakítási követelményei

A SELV-áramkörök **aktív részeit** nem szabad sem a földdel, sem más áramkörök aktív részeivel vagy védővezetőivel összekötni.

A **testeket** nem szabad szándékosan összekötni

- a földdel,
- más áramkörök védővezetőivel vagy testeivel,
- idegen vezetőképes részekkel.

Ha a SELV-áramkörhöz tartozó testek véletlenszerűen érintkeznek más áramkörökhöz tartozó testekkel, akkor az áramütés elleni védelem már nemcsak a SELV által nyújtott védelemtől függ, hanem a másik áramkörrel kapcsolatos védelmi módtól is.

Ha tehát a SELV feszültségre kapcsolt valamelyik villamos szerkezet testét földelik, akkor a teljes rendszer SELV- helyett PELV-rendszerré válik, amely lényegében csupán a hibavédelem szempontjából követeli meg többletkövetelmények betartását.

Ezek a szigorú földeletlenségi követelmények azt kívánják biztosítani, hogy a különböző védő- és földelővezetők se hozhassanak távoli, tehát a helyi földpotenciáltól lényegesen eltérő potenciált (még a kikapcsolásos védelmek működési ideje alatt sem!).

Ha a névleges feszültség meghaladja váltakozó áram esetén a 25 V effektív értéket, hullámosságmentes egyenáram esetén a 60 V-ot, akkor nem lehet az aktív részeket csupaszon hagyni, azaz azalapvédelmet

- legalább IP2X vagy IPXXB védettségi fokozatú védőfedéssel vagy burkolattal, vagy
- olyan szigeteléssel kell megvalósítani, amely 1 percig kibírja az 500 V effektív értékű váltakozó próbafeszültséget.

Ha a névleges feszültség nem haladja meg váltakozó áram esetén a 25 V effektív értéket, hullámosság-mentes egyenáram esetén a 60 V-ot, akkor általában nincs szükség alapvédelemre; bizonyos külső hatások esetén azonban ez ekkor is szükségessé válhat.

Az egyenáram hullámosság-mentessége szinuszos komponens esetén az általános meghatározás szerint azt jelenti, hogy a hullámosság effektív értéke legfeljebb 10%; a feszültség csúcsértéke 120 V névleges hullámosságmentes egyenfeszültségű rendszerben a 140 V-ot, 60 V névleges hullámosságmentes egyenfeszültségű rendszerben pedig a 70 V-ot nem haladja meg.

Az IP2X az emberi ujjal történő behatolás ellen védett kivitelt jelent. Az IPXXB azt jelenti, hogy a gyártmány maga (működés szempontjából) ugyan nincs emberi ujjal történő benyúlás ellen védve, de a veszélyes részek az ujjal való benyúlás esetére érintés ellen védettek. A Gyártmányok védettségét a 4.7pontban tárgyaljuk.

2.3.1.3. PELV-áramkörök további kialakítási követelményei

Az áramkörök földelését a berendezés tápáramkörének védővezetőjéhez való megfelelő csatlakozással is meg lehet oldani.

Földelt áramkörök esetén csak akkor nem kell — a 2.3.1.1.-ban ismertetett módon festéssel, szigeteléssel, burkolással — az alapvédelmet biztosítani, ha a villamos szerkezet olyan épületen belül van, ahol az egyidejűleg érinthető testek és az idegen vezetőképes részek ugyanahhoz a földelési rendszerhez csatlakoznak és a névleges feszültség nem haladja meg:

- váltakozó áram esetén a 25 V effektív értéket és hullámosságmentes egyenáram esetén a 60 V-ot, és a testek, vagy aktív részek védővezetőn keresztül a fő földelőkapocshoz csatlakoznak;

– minden más esetben váltakozó áram esetén a 12V effektív értéket és hullámosságmentes egyenáram esetén a 30 V-ot.

2.3.2. Védelem az állandósult érintési áram és a kisütési energia korlátozásával /MSZ HD 60364-4-41 szabvány nem tárgyalja/

Ezt a védelmi módot a korábbi magyar szabvány az MSZ 172-1:1986 "korlátozott zárlati teljesítményű áramkör alkalmazása"-nak nevezte.

Ez a védelmi mód egy olyan megoldás, amelynél az áramkörbe iktatott soros impedancia olyan kis értékre korlátozza az áramkör kimenő zárlati teljesítményét, hogy áramerőssége az emberre veszélytelennek tekinthető. Ilyenek a **gyújtószikramentes** áramkörökről táplált, valamint **információátviteli** berendezések nem áramütés-veszélyesnek minősített kimenő csatlakozásairól táplált villamos szerkezetek. **Ezen berendezések erősáramú szempontú áramütés elleni védelméről nem kell külön gondoskodni.** Ezért az MSZ HD 60364-4-41:2007 szabvány egyszerüen elhagyta!

– A gyújtószikramentes áramforrás Ex jelölése jelzi az elmondottaknak megfelelőségét. (Régi jelölés Rb.)
– Az informatika, elektronika ma már az energiaátviteli berendezéseknek is szerves részét képezi, így olyan komplex berendezések jönnek létre, amelyek nem sorolhatók a klasszikus gyengeáramú, erősáramú fogalomkörbe. Az áramütésveszély megítélése szempontjából azt az áramkört, amelyet a gyengeáramú technikában „nem áramütés-veszélyesnek" minősítenek, erősáramú szempontból is veszélytelenként kezeljük, függetlenül attól, hogy „névleges feszültsége" az U_L értékénél nagyobb. Mindezek alapján minden olyan áramkört, amelyet az azt tápláló gyengeáramú (információátviteli) készülék szabványa „nem áramütésveszélyes"-nek minősít, az erősáramú áramütés elleni védelem szempontjából megoldottnak nyilvánítjuk. A gyengeáramú szabványok általában csak olyan kimeneti (dugóval vagy hasonló más megoldással csatlakoztatható) áramköröket engednek meg, amelyek „nem áramütésveszélyesek".
– Ha korábbi gyártású információátviteli berendezésen mégis „áramütés-veszélyes" kimenet alkalmazására volt szükség, akkor ezeket „villámjel"-lel jelölték meg, és az ezekről táplált áramkörök hibavédelméről (érintésvédelméről) külön gondoskodni kellett!

2.3.3. Védelmi mód: kettős vagy megerősített szigetelés

Ennek az áramütés elleni védelmi módnak az a rendeltetése, hogy az alapszigetelés hibája esetén egy további kiegészítő szigetelés segítségével megakadályozza az életveszélyes feszültség megjelenését a villamos szerkezet ember által megérinthető részein. Azért volt a korábbi neve „a villamos szerkezet elszigetelése", mert a második **kiegészítő szigetelés** alapszigeteléssel egyidejű meghibásodása — két meghibásodás egyidejű fellépése — figyelmen kívül hagyható, az így kialakított „kettős szigetelés" egyidejű átütésével. átvezetésével már nem kell számolnunk. Ha például, úgy készítjük el a fúrógépet, hogy a forgórésztekercs horonyszigetelésén kívül a tokmányt meghajtó fogaskerék áttétel egyik fogaskerekét is szigetelőanyagból gyártjuk, akkor a horonyszigetelés sérülése esetén se jut a feszültség ki a tokmányra, csak a forgórészre.

Ha valahol kizárólag ezt a védelmi módot alkalmazzák (azaz, ha az áramkör vagy a berendezés csak kettős vagy megerősített szigeteléssel rendelkező szerkezeteket tartalmaz), igazolni kell, hogy az áramkör vagy a berendezés normál üzemben szigorú felügyelet alatt lesz úgy, hogy ne történhessen olyan változás, amely lerontaná ennek a védelmi módnak a hatékonyságát. Ezért ezt a védelmi módot nem szabad olyan áramkörökhöz alkalmazni, amelyek csatlakozóaljzatot tartalmaznak, vagy amelyeknél az üzemeltető felhatalmazás nélkül is kicserélhet szerkezeteket. Természetesen alkalmazhatók olyan kettős szigetelésű csatlakozók, amelyeknél nyitott állapotban sem lehet csupasz kézzel aktív részt megérinteni!

2.3.3.1. Gyártmányok érintésvédelmi osztályokba sorolása

Az egyes — közvetlen érintés ellen legalább IP2X védettségű — gyártmányokat érintésvédelmi osztályokba sorolják (MSZ EN 61140, MSZ 171-1).

- **0. év. osztályú** az a gyártmány, amely nem törpefeszültségű, s érinthető burkolata nincs védővezető csatlakoztatására alkalmas szerkezettel ellátva, s az aktív részektől nincs mindenütt kettős vagy megerősített szigeteléssel ellátva.
- **I. év. osztályú** az a gyártmány, amelynek teste alapszigeteléssel van az aktív részektől elválasztva, és a villamosan összefüggő fémteste — a gyártmány belső áramköreitől független — védővezető csatlakoztatására alkalmas szerkezettel van ellátva (védőcsatlakozó-kapocs).
- **II. év. osztályú** az a gyártmány, amelynek érinthető burkolata kettős vagy megerősített szigeteléssel van az aktív részektől elválasztva.
- **III. év. osztályú** az a gyártmány, amelyben az áramütés elleni védelem PELV vagy SELV törpefeszültségen alapul, és benne sem állítanak elő a törpefeszültségnél nagyobb feszültséget.

A gyártmányoknak nem minősülő, valamint az IP2X-nél kisebb védettségű villamos szerkezetek nem sorolhatók érintésvédelmi osztályokba. (Lásd 4.7. Gyártmányok védettsége!)

2.3.3.2. Védelem II. év. osztályú gyártmányokkal

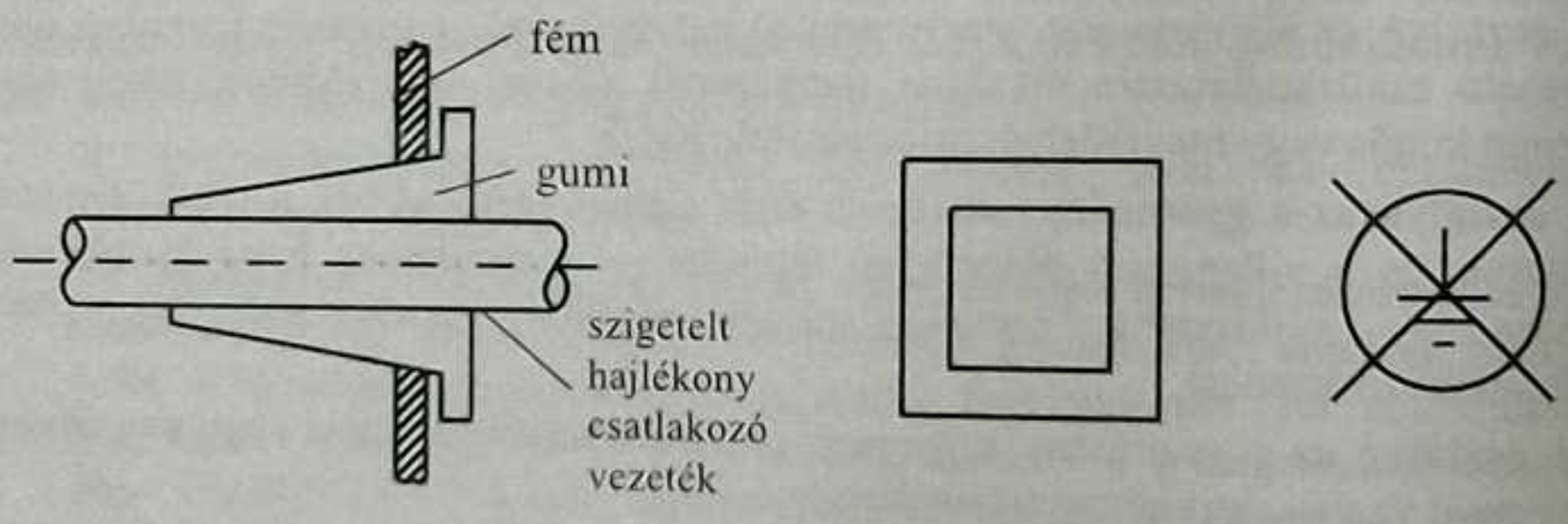
A kettős szigetelésű gyártmány magának a testzárlatnak a fellépését akadályozza meg azzal, hogy meghibásodás vagy rendellenesség következtében feszültség alá csak az alapszigetelés és a kiegészítő szigetelés közötti közbenső fém szerkezeti rész kerülhet, az ember által hozzáférhető szerkezeti és tartó részek nem. Az ilyen szendvics szerkezetű villamos szerkezet külső vezető anyagú részét „definíciószerűen" éppen azért nem is nevezhetjük testnek, mert meghibásodás során se kerülhet ki rá veszélyes potenciál. Az alapszigetelés és a kiegészítő szigetelés közti fémrész beépítése teszi lehetővé a két szigetelési ellenállás független mérését, jóságának megítélését.

Ugyanilyen biztonság elérhető oly módon is, hogy az alapszigetelésre — a hibavédelem szempontjait szolgáló — további **kiegészítő szigetelést** helyezünk el, amelynek így együtt ún. **megerősített szigetelés** lesz a neve. (A kettős szigeteléshez képest a különbség csupán annyi, hogy most csak az együttes szigetelési ellenállás mérhető meg.) Jó példa erre az egyes hajszárító típusoknál alkalmazott vezetéktörést megakadályozó — gumiból vagy műanyagból készült — „törésgátló" felhelyezése, amely a fémház biztonságos elhagyását biztosítja a csatlakozóvezeték számára (2.3.-2/a. ábra).

Az ilyen **gyárilag előállított**, a rájuk vonatkozó termékszabványok biztonsági előírásait teljesítő **kettős, ill. megerősített szigetelésű** gyártmányokat 2.3.-2/b. ábra szerinti jellel jelölik, és „II. érintésvédelmi osztályú" villamos szerkezetnek nevezik.

II. év. osztályú villamos szerkezetnek számít a gyárilag előállított teljesen szigetelt villamos szerkezetek együttese. Itt azokra a gyárilag előállított kisfeszültségű kapcsoló-berendezésekre utalunk, amelyekben csak teljesen szigetelt villamos szerkezeteket alkalmaznak, de amelyek együttese (a kapcsolóberendezések összeállításának végtelen számú változata miatt) nem esett át típusvizsgálaton.

Megengedett azonban az is, hogy **villamos berendezés helyszíni szerelése során** a csak alapszigeteléssel ellátott villamos szerkezeteken **kiegészítő szigetelést alkalmazva**, vagy a szigeteletlen aktív részeken **megerősített szigetelés alkalmazva** annak **biztonsági szintjét egyenértékűvé tegyék a II. év. osztályú villamos szerkezetekével**.



a) b) c)

2.3.-2. ábra

a) megerősített szigetelés b) II. érintésvédelmi osztályú villamos szerkezet
c) II. év. osztállyal egyenértékű villamos szerkezet jele

Egyenértékű megoldást jelent az is, ha a működésre készre szerelt villamos szerkezetet, amelynek vezetőképes részeit az aktív részektől csak alapszigetelés választja el, legalább IP2X vagy IPXXB védettségi fokozatú, — emberi ujjal történő behatolás ellen védett — **szigetelő burkolatba** helyezik el. Azaz a helyszínen kialakított burkolással alakítsák ki ezt a védelmet.

- A szigetelőburkolat legyen ellenálló a várhatóan előforduló mechanikai, villamos és hőigénybevételekkel szemben.
- Ne legyenek a szigetelőburkolaton keresztülmenő olyan vezetőképes részek, amelyek feszültséget továbbíthatnak!
- A szigetelőburkolaton belül levő vezetőképes részeket nem szabad a védővezetővel összekötni!
- A testeket és a közbenső részeket nem szabad védővezetővel összekötni, hacsak a villamos szerkezetre vonatkozó előírások az összekötést kifejezetten elő nem írják (egyes különlegesen veszélyes szerkezeteknél — pl. villamos működtetésű műtőasztaloknál — az összekötés potenciálkiegyenlítés miatt követelmény lehet.
- Ha ennek az védelmi módnak az előírásait csak a burkolat biztosítja, akkor ezen olyan figyelmeztető feliratot kell alkalmazni, ami felhívja a figyelmet arra, hogy az ajtók nyitása, burkolatok megbontása után nincs hibavédelem! (Az ajtók csak kulccsal vagy csak szerszámmal nyithatók lehetnek!)

Az ilyen **helyszínen kialakított a II. év. osztályú villamos szerkezetekével egyenértékű biztonsági szintű villamos szerkezeteken** a 2.3.-2/c. ábra szerinti áthúzott földelő jelet kell alkalmazni!

2.3.4. Védelmi mód: a környezet elszigetelése

Csak szakképzett vagy kioktatott személyek által irányított vagy felügyelt berendezésekre alkalmazható védelmi mód!

(A berendezések kezelőrészeihez képzetlen személyek hozzáférhetnek, kezelhetik is, mert a berendezések állandó szakfelügyelete biztosítja az így védett berendezések jó állapotát és gondatlan kezelésüknek kizárását.

Megjegyzés: Az állandó szakfelügyelet nem okvetlenül jelent állandó jelenlétet!)

A testzárlatos villamos szerkezet testének érintése nem okoz áramütést, ha az azt megérintő személy ugyanakkor nem tud más potenciált is megérinteni, azaz nem kerül áramkörbe. (Ebben az esetben gyakorlatilag nem folyik az ember testén keresztül áram, pontosabban a padlószigetelés nagy ellenállásértéke jóval a veszélyes szint alá korlátozza az áramot.)

A környezet elszigetelése védelmi módot úgy kell kialakítanunk, hogy az alapvédelem kialakításán túl az érinthető környezetünket jó minőségű szigetelőanyaggal határoljuk (2.3.-3. ábra), azaz:

- a padlót szigetelőanyaggal burkoljuk, elszigetelve magunkat a földpotenciáltól, és;
- megakadályozzuk két eltérő potenciálú rész egyidejű érintését, azaz:
  - két villamos szerkezet testének egyidejű érintését, vagy
  - villamos szerkezet testének és idegen fémszerkezetnek — vezetőképes résznek — egyidejű érintését.

  Az egyidejű érintés megakadályozása történhet:
  - egymástól megfelelő távolságra helyezéssel (2.2.-1/b ábra);
  - vagy lehetőleg szigetelőanyagból készült hatékony védőakadályok alkalmazásával. Az MSZ HD 60364 szabvány szerint a védőakadályok hatékonysága akkor kielégítő, ha azok túlnyúlnak a kézzel elérhető tartományon belüli 2,5 m, ill. az azon kívüli 1,25 m távolságon. Ez az előírás túl szigorúnak tűnik, biztonsági szempontból megfelelőnek ítélhető a korábbi szabvány szerinti „zsinórtávolságok betartása, amely a védőakadály által megtört távolság. Amennyiben a védőakadály vezetőképes anyagból készül, tilos földelni vagy a testekkel összekötni!
  - Az idegen vezetőképes részek elszigetelésével. A szigetelés megfelelő mechanikai szilárdságú legyen, és bírja ki a legalább 2000 V-os próbafeszültséget. A használat normál körülményei között a szivárgó áram ne legyen nagyobb 1 mA-nél.

A szigetelőanyagú padlózatok és falak ellenállása akkor tekinthető megfelelőnek, ha szigetelési ellenállása legalább

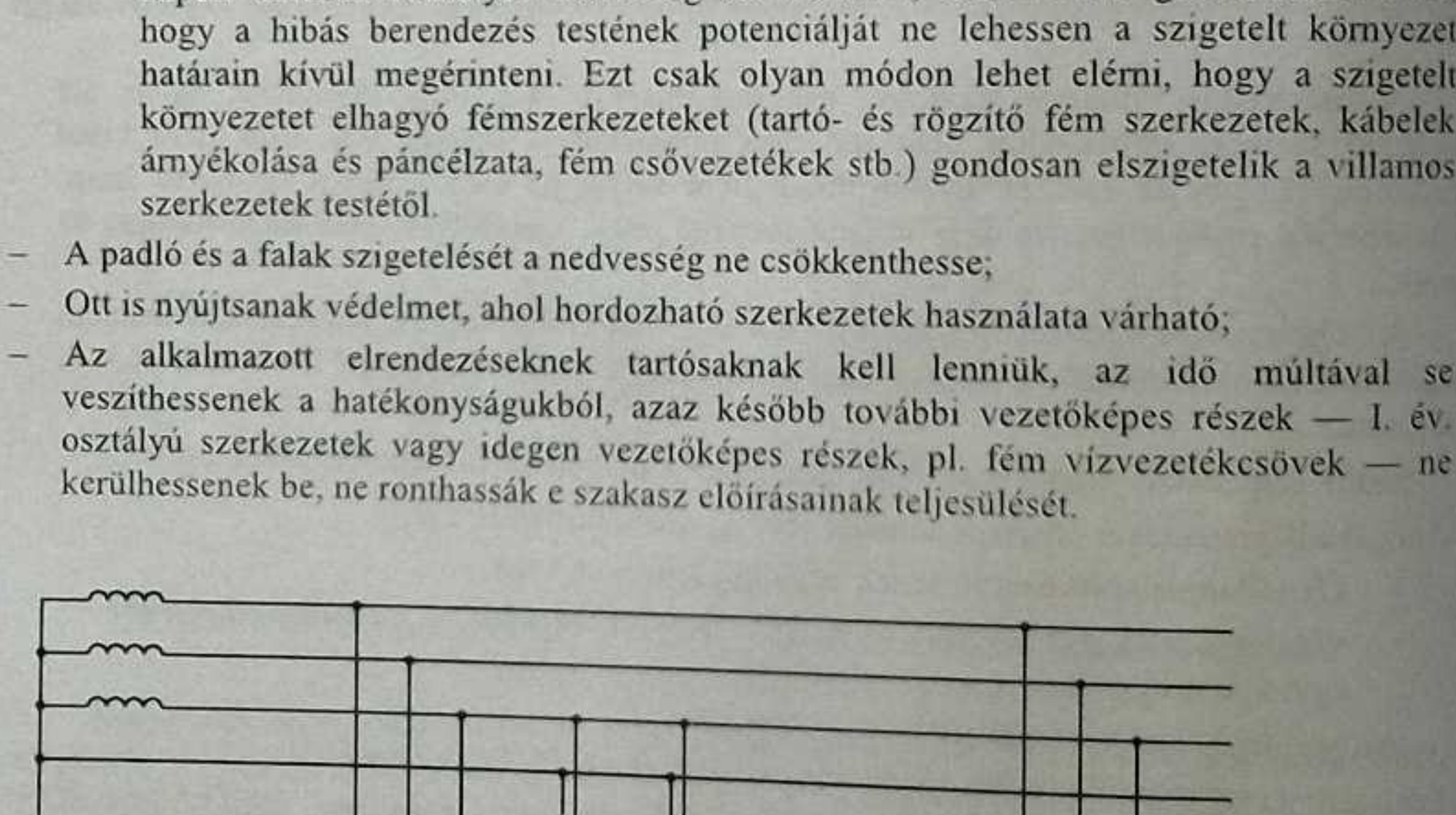
- 50 kΩ, ha a berendezés névleges feszültsége nem haladja meg az 500 V-ot, vagy
- 100 kΩ, ha a berendezés névleges feszültsége meghaladja az 500 V-ot,

különben a padlókat és a falakat az áramütés elleni védelem szempontjából idegen vezetőképes részeknek kell tekinteni.

Fontos létesítési intelmek, hogy:

- A környezet elszigetelése esetén **védővezető alkalmazása tilos**, mert földpotenciált hozhatna a szigetelt környezetbe, s így lerontaná a környezet elszigetelésével megoldott védelmet. (Földtől szigetelt egyenpotenciálra hozó vezető ugyan nem jelentene ilyen veszélyt, de ez már egy másféle, az ún. "földeletlen egyenpotenciálú összekötés" védelmi mód.)
- Idegen vezetőképes részek ne vezethessenek potenciált az adott helyszínen kívülre;

  A testzárlatos szerkezet teste – ezen védelmi mód esetében – a földpotenciálhoz képest tartósan veszélyes feszültség alá kerülhet, ezért fontos gondoskodni arról, hogy a hibás berendezés testének potenciálját ne lehessen a szigetelt környezet határain kívül megérinteni. Ezt csak olyan módon lehet elérni, hogy a szigetelt környezetet elhagyó fémszerkezeteket (tartó- és rögzítő fém szerkezetek, kábelek árnyékolása és páncélzata, fém csővezetékek stb.) gondosan elszigetelik a villamos szerkezetek testétől.
- A padló és a falak szigetelését a nedvesség ne csökkenthesse;
- Ott is nyújtsanak védelmet, ahol hordozható szerkezetek használata várható;
- Az alkalmazott elrendezéseknek tartósaknak kell lenniük, az idő múltával se veszíthessenek a hatékonyságukból, azaz később további vezetőképes részek — I. év. osztályú szerkezetek vagy idegen vezetőképes részek, pl. fém vízvezetékcsövek — ne kerülhessenek be, ne ronthassák e szakasz előírásainak teljesülését.



2.3.-3. ábra
Környezet elszigetelése védelmi mód helyi kialakítása

Az utóbb említettek miatt ezt a védelmi módot nem célszerű alkalmazni, gyakorlatban akkor kerül rá sor, ha más mód egyszerű eszközökkel nem megoldható (például TT-rendszerű hálózat betáplálási elosztója).

2.3.5. Védelmi mód: villamos elválasztás

A villamos elválasztás védelmi módot úgy alakítjuk ki, hogy az alapvédelem túl az **500 V-nál kisebb feszültségű** elválasztott áramkört mind a táplálástól mind a földtől független potenciálra helyezzük, így az alapszigetelés esetleges meghibásodásakor mind a test, mind a testet megérintő személy, mind a föld hibapotenciálra kerül, és így nem alakul ki áramkör, hibaáram nem folyik. A hibavédelem ezen módjának korábbi neve védőelválasztás volt. Az elválasztott áramkör kialakításának (2.3.-4. ábra) a következők a követelményei:

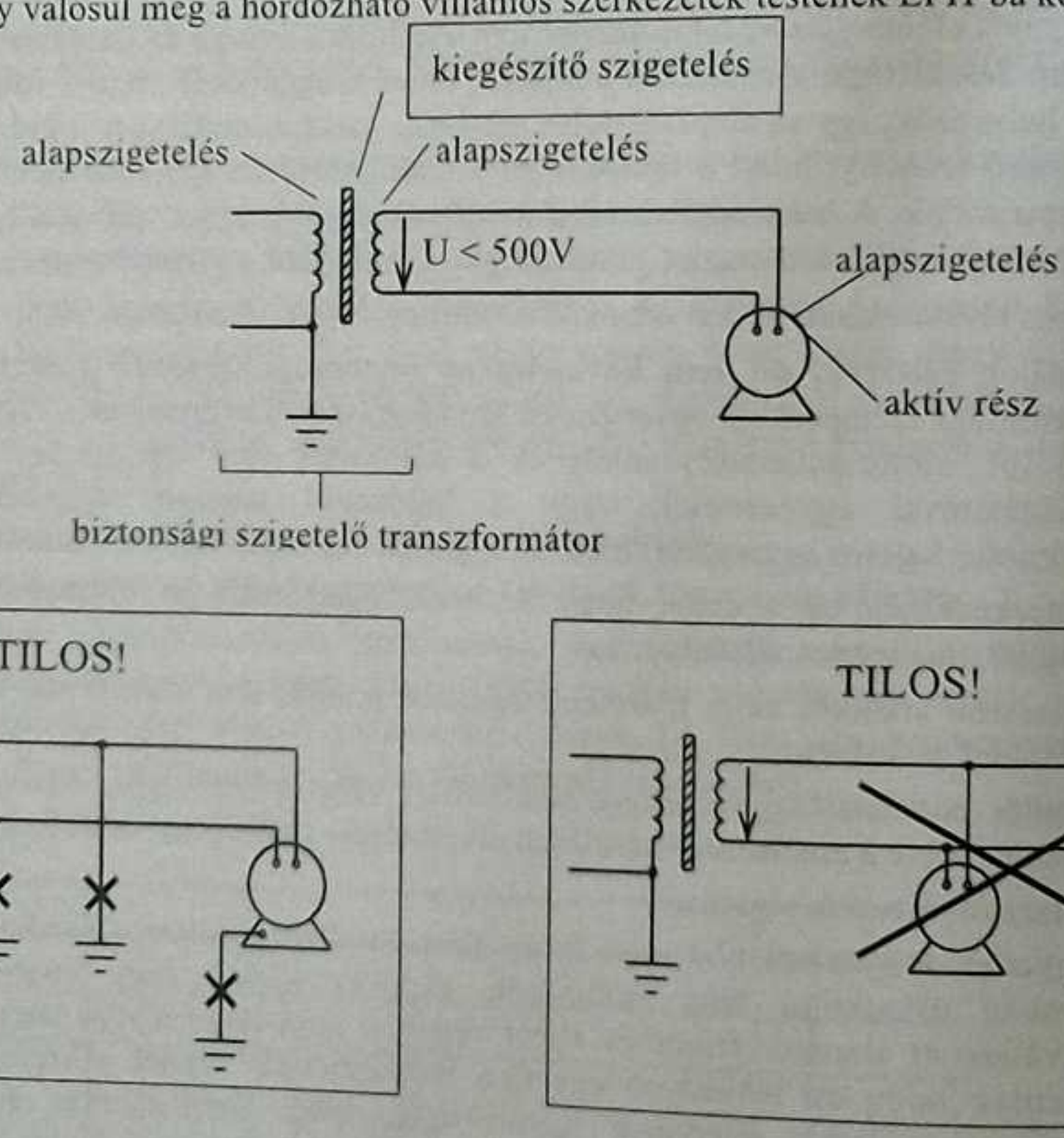
- A villamos elválasztással védett áramkör maximum 500 V feszültségű lehet;
- A tápoldalon **célszerű, de nem követelmény** biztonsági szigetelő transzformátor vagy ezzel biztonsági szempontból egyenértékű áramforrást kell alkalmazni. Utóbbi lehet olyan átalakító (pl. motor-generátor) amelynek a hálózattól való elszigetelése a biztonsági transzformátoréval egyenértékű; vagy a hálózattól teljesen független áramforrás (robbanómotor hajtású aggregátor, hálózatfüggetlen akkumulátor, napelem, stb.)

  Ezen intézkedésnek az a célja, hogy a feszültségáthatolás az elválasztott áramkörbe biztonsággal meg legyen akadályozva!
- Az elválasztott áramkör aktív részeinek egyetlen pontját sem szabad más áramkörökkel, vagy a földdel összekötni.

  Az áramkör potenciálfüggetlenségét elkülönített vezetékrendszerrel célszerű biztosítani, különösen ügyelve a mechanikai sérülések elkerülésére (hajlékony vezetékek).
- Az elválasztott áramkör táplálhat:
  - **egyetlen fogyasztót** (2.3.-4/a. ábra). Ezen esetben a villamos szerkezet testét nem szabad összekötni más áramkörök védővezetőjével vagy testeivel, mert az elválasztott áramkör áramütés elleni védelme nem függhet más testek védelmétől! Kérdés, hogy mi tekinthető egyetlen fogyasztónak? Ebből a szempontból az az összetett villamos szerkezet tekinthető egyetlen szerkezetnek, amelynek teste szerkezetileg fémesen összefügg. Így pl egyetlen villamos szerkezet egy villamosan fűtött automata háztartási mosógép annak ellenére, hogy ebben motor, fűtőtest és automatika is van. De nem tekinthető egyetlen szerkezetnek az a motorhajtású szerszámgép, amelynek vezérlőszerkezete a géptől elkülönült vezérlőtáblában van.
  - **több fogyasztót** (2.3.-4/b. ábra). **De több fogyasztó táplálása esetén csak szakképzett vagy kioktatott személyek által irányított vagy felügyelt berendezésekre alkalmazható a védelmi mód!**

    Ezen túl a következő feltételeket kell még egyidejűleg teljesíteni:
    - Az elválasztott áramkörhöz tartozó **testeket szigetelt, földeletlen, egyenpotenciálra hozó vezetőkkel össze kell kötni**. Ezeket a vezetőket nem szabad összekötni más áramkörökhöz tartozó védővezetővel vagy testekkel, illetve bármely idegen vezetőképes résszel. Ezzel a független egyenpotenciálra hozással az érhető el, hogy testzárlat esetén az összes test azonos potenciálon lesz, és így nem fordulhat elő, hogy egy másik testen fellépő más potenciálú testzárlat potenciálkülönbséget eredményezzen ezen két test között, ami persze áramütésveszélyt jelentene!

- Az összes csatlakozóaljzatnak legyen védőérintkezője, és legyen összekötve a földeletlen egyenpotenciálra hozó rendszerrel, ami így biztosítja a hordozható villamos szerkezetek testének EPH-ba kötését.
- A II. év. osztályú villamos szerkezetek vezetékeinek kivételével minden hajlékony vezetékben legyen védővezető, amelyet egyenpotenciálra hozó vezetőként lehet alkalmazni. Az előző pontot alkalmazását is figyelembe véve így valósul meg a hordozható villamos szerkezetek testének EPH-ba kötése.



2.3.-4. ábra: Villamos elválasztással védett áramkör kialakítása
a) egyetlen készülék táplálása b) egynél több készülék táplálása

- Két különböző testen fellépő különböző polaritású testzárlat esetében a védelemnek — U_o=230V esetében 0,4 s-on belül — le kell kapcsolnia a táplálást (2.3.-4/b. ábra).

Általános alapelv, hogy a hordozható villamos szerkezetek hajlékony tápvezetékében lévő, üzemszerűen áramot nem vezető ér csak védővezető lehet! Ez alól az általános szabály alól ez az eset kivétel.

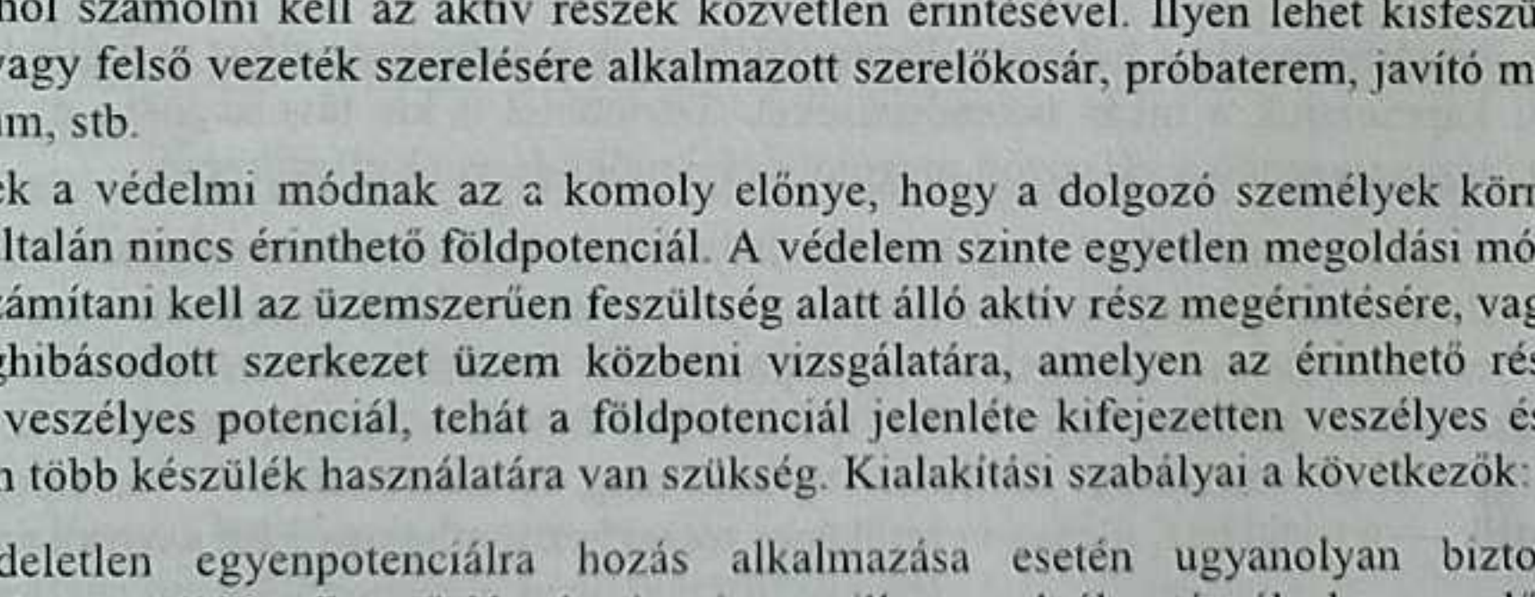
2.3.6. Védelem földeletlen helyi egyenpotenciálú összekötéssel

Csak szakképzett vagy kioktatott személyek által irányított vagy felügyelt berendezésekre alkalmazható védelmi mód!

Ez a védelmi mód csak kivételesen és olyan szigorúan körülhatárolt helyeken lehet előnyös, ahol számolni kell az aktív részek közvetlen érintésével. Ilyen lehet kisfeszültségű vezeték-, vagy felső vezeték szerelésére alkalmazott szerelőkosár, próbaterem, javító műhely, laboratórium, stb.

Ennek a védelmi módnak az a komoly előnye, hogy a dolgozó személyek környezetében egyáltalán nincs érinthető földpotenciál. A védelem szinte egyetlen megoldási módja ez ott, ahol számítani kell az üzemszerűen feszültség alatt álló aktív rész megérintésére, vagy egy olyan meghibásodott szerkezet üzem közbeni vizsgálatára, amelyen az érinthető részekre kikerült a veszélyes potenciál, tehát a földpotenciál jelenléte kifejezetten veszélyes és nem egy, hanem több készülék használatára van szükség. Kialakítási szabályai a következők:

- A földeletlen egyenpotenciálra hozás alkalmazása esetén ugyanolyan biztonságú földeletlen táplálást célszerű létesíteni, mint a villamos elválasztásnál, de nem előírás a földeletlen hálózatról táplálás.



2.3.-5. ábra
Védelem földeletlen helyi egyenpotenciálú összekötéssel (Földeletlen EPH)

- Minden egyidejűleg érinthető testet és idegen vezetőképes részt földeletlen egyenpotenciálra hozó vezető kössön össze egymással. Ez a vezető azért nem tekinthető védővezetőnek, mert a védővezetőt mindenképpen földelni kellene, ezt a vezetőt pedig kifejezetten tilos földelni, vagy más, földelt védővezetővel összekötni!
    - A csatlakozóaljzatok védőérintkezőit össze kell kötni a földeletlen egyenpotenciálra hozó vezetővel.
    - A villamos szerkezetek hajlékony csatlakozóvezetékeinek — a II. érintésvédelmi osztályú szerkezetek kivételével — tartalmazniuk kell védővezetőt, ezt azonban itt a földeletlen egyenpotenciálra hozás céljára kell felhasználni.

  Általános alapelv, hogy a hordozható villamos szerkezetek hajlékony tápvezetékében lévő, üzemszerűen áramot nem vezető ér csak védővezető lehet! Ez alól az általános szabály alól ez az eset kivétel.

- Kettős testzárlat esetén a hálózat túláramvédelmének a nullázásra előírt szabályok szerint ki kell kapcsolniuk a hibás berendezéseket. Tekintettel a kis távolságokra és a fémes összekötésre elegendő a választott megoldás elvi működésének ellenőrzése.
- Az elhelyezés kialakításánál meg kell akadályozni az egymástól veszélyesen különböző potenciálú részek egyidejű érintését, különösen ott, ahol földtől elszigetelt vezetőanyagú padló csatlakozik a földeletlen egyenpotenciálú összekötés rendszeréhez. Ennek leggyakoribb megoldása, hogy a hely padozata a földtől szigetelt, amelyen az egyenpotenciálra hozó vezetőt egy fémlemez testesíti meg, és ehhez kötik — vaslemez esetén hegesztik — a testekhez, idegen vezetőképes részekhez csatlakozó EPH vezetőket (2.3.-5. ábra).

3. ALAPVÉDELEM

Váltakozó áram esetén 1000 V-nál, egyenáram esetén 1500 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű erősáramú villamos berendezés alapvédelme (közvetlen érintés elleni védelme).

Amikor hibavédelemről (közvetett érintés elleni védelemről) beszéltünk, alapvetően az **ember védelmének szolgálatáról volt szó**, mégpedig azon esetet vizsgáltuk, amikor a **szigetelés hibásodik meg**. Foglalkoznunk kell azonban a villamos biztonságtechnika témakörében a "létesítés" biztonságtechnikai kérdéseivel, azaz, ***hogy normál üzemi körülmények között se történhessen baleset, azaz a feszültség alatt levőnek tekeintett aktív részeket közvetlenül ne lehessen megérinteni.***

Eddigi tanulmányainkban, a szaktantárgyakban, amikor létesítésről volt szó, akkor

- szakmai, ill.
- gazdasági,

szempontból megfelelő villamos berendezés létrehozását — tervezését, méretezését — elemeztük, tanultuk.

A létesítésnek vannak, műszaki-jogi ill. biztonsági vonatkozásai is, amely előírásokat a többi (szakmai, gazdasági) ismerettel együttesen kell alkalmazni.

Miknek a biztonságára kell már létesítéskor ügyelni?

Megfelelő élet-, vagyon- és üzembiztonságot kell elérni, azaz:

- az ember,
- a gyártmány, a berendezés, a létesítmény

biztonságáról, az üzemfolytonosság biztosításáról van szó.

Ezeket az ún. létesítési biztonsági előírásokat különböző jogszabályokban, ill. szabványokban rögzítették, amelyekről általánosságban a jegyzet első részében volt szó. A szabványok közül kiemelkedő fontosságú a kisfeszültségű erősáramú villamos berendezések számára az:

MSZ 2364/MSZ HD 60364 **Épületek villamos berendezéseinek létesítése/ Kisfeszültségű villamos berendezések**

szabvány. A kétféle jelzet (dőlt vonalas elválasztással) és cím csak az évek során megváltozott formai és tartalmi követelményekre utal!

Ezen szabvány 7. részének „Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények" főfejezetei folyamatosan készülnek. Az MSZ 1600 szabványsorozat „Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára" szabványok **érvényben lévő előírásait** kell alapul venni a következő helyiségekben és terekben:

MSZ 1600-11	Villamos kezelőterek és laboratóriumok,
MSZ 1600-13	Színházak és más kulturális létesítmények,
MSZ 1600-14	Közterület,
MSZ 1600-16	Helyhezkötött akkumulátorok telepítése, akkumulátorhelyiségek és akkumulátor-töltőállomások létesítése.

Ezen szabványok nemzeti alkalmazására addig van szükség, ameddig az MSZ 2364/MSZ HD 60364 szabvány 7. rész: Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények megfelelő előírásai nem készülnek el.

A szabványok létesítési szempontú megalkotásával a szakemberek, mint jogalkotók célja olyan előírások rögzítése volt, amelyek arra irányultak, hogy szabályos kezelés, vagy a szabályostól eltérő, de várható kezelés esetén a berendezések

- ne okozzanak a környezet számára veszélyt, és
- tartósan üzemképesek legyenek.

Az MSZ 2364/MSZ HD 60364 szabvány

nem termékekre, vagy más szóval gyártmányokra ad előírásokat, ezekre külön termékszabványok készülnek;

nem arra ad utasítást, nem azzal foglalkozik, hogy

- hogyan kell a berendezést létrehozni (technológiai leírások),
- milyen módon, kikkel kell kivitelezni (munkaszervezési előírások),
- milyen biztonsági körülmények között kell létesíteni (munkavédelmi feltételek),

hanem azt írja le, hogy milyen legyen az elkészült berendezés.

Az MSZ 2364 Épületek villamos berendezéseinek létesítése szabvány felépítését, tartalmát a 3.-1.-táblázat mutatja.

3.-1. táblázat

Az MSZ 2364 Épületek villamos berendezéseinek létesítése szabvány felépítése

	Épületek villamos berendezéseinek létesítése
MSZ 2364-100	**1. rész: Alkalmazási terület**
MSZ 2364-200 visszavonva	**2. rész:** Nemzetközileg előírt fogalom-meghatározások, **nemzetközi elektrotechnikai szótár**. 826. kötet: Épületek villamos berendezéseinek létesítése (IEC 60050-826:1982 + A1:1990 +A2:1995 + A3:1999)
MSZ 2364-300	**3. rész. Általános jellemzők elemzése**
	4. rész: Biztonságtechnika
MSZ 2364-410 Visszavonva!	41. kötet: Áramütés elleni védelem (IEC 364-4-41:1992, módosítva)
MSZ 2364-420	42. kötet: Hőhatások elleni védelem
MSZ 2364-430	43. kötet: Túláramvédelem
MSZ 2364-442	44. kötet: Túlfeszültség-védelem. 442. főfejezet: A kisfeszültségű villamos berendezések védelme a nagyfeszültségű rendszerek földzárlata esetén
MSZ 2364-443 Visszavonva!	443. főfejezet: Légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek elleni védelem (IEC 60364-4-443:1995, módosítva)
MSZ 2364-450	45. kötet: Feszültségesökkenés-védelem
MSZ 2364-460	46. kötet: Leválasztás és kapcsolás (IEC 364-4-46:1981, módosítva)
MSZ 2364-470 Visszavonva!	47. kötet: A védelmi módok alkalmazása. 470. főfejezet: Általános előírások. 471. fejezet: Áramütés elleni védelemi módok (IEC 364-4-47:1981 + A1:1993, módosítva)
MSZ 2364-473	473. főfejezet: Túláramvédelem alkalmazása
MSZ 2364-482	48. kötet: Védelmi módok kiválasztása a külső hatások figyelembe-

	vételével. 482. főfejezet: Tűzvédelem fokozott kockázat vagy veszély esetén
	5. rész: Villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése
MSZ 2364-510 Visszavonva!	51. kötet: Általános előírások (IEC 364-5-51:1994, módosítva)
MSZ 2364-520	52. kötet: Kábel- és vezetékrendszerek (IEC 364-5-52:1993, módosítva)
MSZ 2364-523	523. főfejezet: Megengedett áramok (IEC 364-5-523:1993, módosítva)
MSZ 2364-537	53. kötet: Kapcsoló- és vezérlőkészülékek. 537. főfejezet: A leválasztó kapcsolás és üzemi kapcsolás eszközei (IEC 364-5-537:1981 + A1:1989, módosítva)
MSZ 2364-540 Visszavonva!	54. kötet: Földelő berendezések és védővezetők kiválasztása és szerelése
MSZ 2364-551	55. kötet: Egyéb szerkezetek. 551. főfejezet: Kisfeszültségű áramfejlesztők (IEC 364-5-551:1994)
MSZ 2364-560	56. kötet: Biztonsági berendezések táplálása
	6. rész: Felülvizsgálat
MSZ 2364-610 Visszavonva!	61. kötet: Első felülvizsgálat (IEC 364-6-61:1986, módosítva)
	7. rész: Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények
MSZ 2364-702	702. főfejezet: Úszómedencék és egyéb medencék
MSZ 2364-703 Visszavonva!	703. főfejezet: Szaunafűtő berendezést tartalmazó helyiségek
MSZ 2364-704 Visszavonva!	704. főfejezet: Felvonulási területek villamos berendezései (IEC 60364-7-704:1989, módosítva)
MSZ 2364-705 Visszavonva!	705. főfejezet: Mezőgazdasági és kertészeti épületek villamos berendezései (IEC 364-7-705:1984, módosítva)
MSZ 2364-706 Visszavonva!	706. főfejezet: Vezetőanyagú szűk helyek (IEC 364-7-706:1983, módosítva)
MSZ 2364-708 Visszavonva!	708. főfejezet: Lakókocsiparkok és lakókocsik villamos berendezései (IEC 364-7-708:1988, módosítva)
MSZ 2364-714	714. főfejezet: Szabadtéri világítóberendezések (IEC 60364-7-714:1996, módosítva)
MSZ 2364-753	753. főfejezet: Padló és mennyezetfűtési rendszerek
MSZ 2364-754	754. főfejezet: A lakókocsik és lakóautók villamos berendezései (IEC 60364-7-708:1988+A1:1993, módosítva)

Az Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság (CENELEC) a HD 384-es sorozatot az IEC 60364-es nemzetközi sorozat folyamatos átvételével készíttette, de európai módosításokkal. A terület szabványosítása nem fejeződött be, a szabályozás a villamos létesítés egyre újabb és újabb részletére tér ki. Az egységes számozási rendszer és a szakmailag indokolt összevonások után az eredetileg hét részből álló szabványsorozat (3.-2. táblázat) új címmel „**Kisfeszültségű villamos berendezések**", az IEC eredetre utaló 60000-es előszámmal (MSZ HD 60364) és összeszerkesztett — egyes részek az összevonás következtében kimaradtak — változatban jelenik meg.

Így az MSZ 2364 sorozatot (3.-2. táblázat) folyamatosan felváltó MSZ HD 60364 is — követve a nemzetközi/európai munkát — folyamatosan bővül, miközben folyik a régebbi kiadású szabványok korszerűsítési munkája is. Az új, ill. átdolgozott szabványok mind már MSZ HD 60364 jelzettel — először angol nyelven — jelennek meg.

Az IEC 60364, illetve a MSZ HD 60364 tagolása és ennek megfelelő számozási rendszere — rész, kötet, főfejezet, fejezet, szakasz — megkönnyíti a belső hivatkozásokat, lehetővé teszi a sorozat tetszőleges bővítését úgy, hogy az új szabvány számozása belesimul a számozási rendszerbe. A szakaszszámok magukban hordozzák a nagyobb egységek számjegyeit, így egy számból azonosítani lehet az adott szabványt. Például a 412.2.3.1 pont a 60364-4-41 szabvány a 4.rész, 1.kötet (41), 2.főfejezet (412), 2.fejezet, 3.szakasz, 1.pontjában található. (3.-3. táblázat).

Az új, magyar kiadású sorozat egyes szabványainak jelzete úgy alakul, hogy az MSZ HD 60364 jelzethez kötőjellel kapcsolódik a rész (MSZ HD60364-4...) száma, majd újabb kötőjellel a kötet száma (MSZ HD60364-4-41) száma, majd kettőspontot követően a kibocsátás éve (MSZ HD60364-4-41:2007). A kötet stb. megnevezések elmaradnak, csak a rész nevet tüntetik fel, pl. 4-41. rész: Áramütés elleni védelem.

A szabványsorozat jegyzet írásakor érvényben lévő szabványait a 3.-3. táblázat tartalmazza.

3.-2. táblázat

A HD 384 szabványsorozat hét része

1. rész: Alkalmazási terület, tárgy és alapelvek	Önálló szabvány
2. rész: Fogalom-meghatározások	Önálló szabvány
3. rész: Az általános jellemzők elemzése	Önálló szabvány
4. rész: Biztonságtechnika	Kötetek és főfejezetek külön szabványokban
5. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése	Kötetek és főfejezetek külön szabványokban
6. rész: Felülvizsgálat	Kötetek külön szabványokban
7. rész: Különleges villamos berendezések és helyiségek	Főfejezetek külön szabványokban

3.-3. táblázat

Az MSZ HD 60364 szabványsorozat

	Kisfeszültségű villamos berendezések
MSZ HD 60364-1	1. rész: Alapelvek
MSZ HD 60364-4-41	4-41. rész: Biztonság. Áramütés elleni védelem
MSZ HD 60364-4-43	4-43. rész: Biztonság. Túláramvédelem
MSZ HD 60364-4-443	4-44. rész: Biztonság. Feszültségzavarok és elektromágneses zavarok elleni védelem. 443. fejezet: Légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek elleni védelem.
MSZ HD 60364-5-51	5-51. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Általános előírások
MSZ HD 60364-5-534	5-53. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Leválasztás, kapcsolás és vezérlés. 534. fejezet: Túlfeszültség-védelmi eszközök
MSZ HD 60364-5-54	5-54. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Földelőberendezések, védővezetők és védő egyenpotenciálra hozó vezetők
MSZ HD 60364-5-551	5-55. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Egyéb szerkezetek. 551. fejezet: Kisfeszültségű áramfejlesztők
MSZ HD 60364-5-559	5-55. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Egyéb szerkezetek. 559. fejezet: Lámpatestek és világítási berendezések
MSZ HD 60364-5-56	5-56. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. Biztonsági berendezések táplálása
MSZ HD 60364-6	6. rész: Ellenőrzés
MSZ HD 60364-7-701	7-701. rész: Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények. Helyiségek fürdőkáddal vagy zuhannyal
MSZ HD 60364-7-703	7-703. rész: Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények. Szaunafürdő berendezést tartalmazó szobák és fülkék
MSZ HD 60364-7-704	7-704. rész: Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Építési és bontási területek berendezései
MSZ HD 60364-7-705	7-705. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Mezőgazdasági és kertészeti építmények
MSZ HD 60364-7-706	7-706. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Vezető anyagú szűk helyek
MSZ HD 60364-7-708	7-708. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Lakókocsiparkok, kempingek és hasonló helyek
MSZ HD 60364-7-709	7-709. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre

	vonatkozó követelmények. Kishajókikötők és hasonló helyek
MSZ HD 60364-7-712	7-712. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV) energiaellátó rendszerek
MSZ HD 60364-7-715	7-715. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Törpefeszültségű világítási berendezések
MSZ HD 60364-7-717	7-717. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Törpefeszültségű világítási berendezések
MSZ HD 60364-7-717	7-717. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Mobil vagy szállítható egységek
MSZ HD 60364-7-721	7-721. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Kezelési és karbantartási folyosók
MSZ HD 60364-7-729	7-729. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények.
MSZ HD 60364-7-740	7-740. rész: Különleges berendezésekre vagy helységekre vonatkozó követelmények. Vásártereken, vidámparkokban és cirkuszokban lévő létesítmények, szórakoztató berendezések és pavilonok ideiglenes villamos berendezései

3.1. A kisfeszültségű létesítés általános előírásai

Csak olyan gyártmányt szabad felhasználni, amely biztonsági szempontból megfelel a kisfeszültségű direktíva előírásainak, azaz megfelel a 79/1997. (XII.31.) IKIM rendeletében foglaltaknak. (Vonatkozik ez a Magyarországon forgalomba hozott külföldi termékekre is.)

Szabályszerű kezelés esetén (az előírások betartása) a berendezésnek veszélytelennek kell lennie, azaz bárminemű beavatkozás, kiemelten a védőeszközök elmozdítása, eltávolítása (védőlemez lefeszítése, stb.) esetében a biztonság nem garantálható.

Az előre látható, várható igénybevételeket, helyi behatásokat akkor is figyelembe kell venni, ha ezt a szabvány külön nem említi (pl. vízcsap mellett víz éri-, fűtőtest mellett meleg éri a villamos berendezést, erre számítani kell!).

Emlékeztetőül: Az épület villamos berendezése az épületben felszerelt, a táphálózattal összekötött, villamosan működőképes együttes *(vezeték, kapcsoló, biztosító stb. összeszerelt együttese).*

Minek a létesítésekor, hol kell az itt felsorolt előírásokat alkalmazni?
Az MSZ 2364 szabvány előírásai:

- **épületek villamos berendezéseire** vonatkoznak (úm. lakóépületek, kereskedelmi épületek, középületek, ipari épületek, mezőgazdasági- és kertészeti épületek, előre gyártott házak);

- valamint lakókocsik, építési területek, kiállítások, vásárok és más ideiglenes létesítmények villamos berendezéseire vonatkoznak.

Azaz

a.) váltakozó áram esetén 1000 V-ot, egyenáram esetén 1500 V-ot nem meghaladó névleges feszültségű áramkörökre;

b.) készülékek belső áramkörét kivéve, olyan áramkörökre, amelyek legfeljebb 1000 V feszültségű villamos berendezésből származó, de 1000 V-nál nagyobb feszültségen működnek, pl. kisülőlámpa-világítás, elektrosztatikus szűrőberendezés áramköre, stb.; *Az ilyen, úgynevezett kis zárlati áramú, nagyfeszültségű erősáramú villamos berendezésekre vonatkozó létesítési, biztonsági követelményeket az MSZ 1610-6 és az MSZ 172-4 szabványokban találjuk meg.*

c.) bármilyen vezetékhálózatra, melyre nem a fogyasztókészülékekkel kapcsolatos előírások vonatkoznak;

d.) távközlés, jelzőrendszer, vezérlés és más hasonló rögzített vezetékhálózatra (a készülékek belső áramkörei kivételével).

Milyen jellemzőket kell a villamos berendezés létesítésénél figyelembe venni?

Ismerni kell azt, hogy milyen a

- a villamos berendezés tervezett felhasználása, általános szerkezeti felépítése és a tápellátása,

melyek

- a várható külső hatások,

milyen

- a villamos szerkezetek összeférhetősége,

milyen

- a villamos berendezés karbantarthatósága?

Ezeket a jellemzőket a biztonsággal kapcsolatos védelmi módok (lásd a jegyzet 2. fejezete) meghatározásánál és a villamos szerkezetek kiválasztásánál és szerelésénél figyelembe kell venni (lásd a jegyzet további részeit).

A fent említett jellemzőkre vonatkozólag:

- Meg kell határozni a **legnagyobb fogyasztói teljesítmény** igényt a villamos berendezés melegedési és feszültségesési határokon belüli gazdaságos és megbízható tervezéséhez, amelynek során figyelembe lehet venni az egyidejűséget.
- Hazánkban az **aktív vezetők** következő **rendszereit** alkalmazzák:

Váltakozó áramú rendszerek	Egyenáramú rendszerek
Egy fázis, 2 vezeték	2 vezeték
Három fázis, 3 vezeték	3 vezeték
Három fázis, 4 vezeték	

- A **rendszer földelési típusának** a védővezetős védelmi módoknál tárgyalt TT, TN-C, TN-S, TN-C-S, IT rendszerek valamelyikét alkalmazzák.
- A rendelkezésre álló **tápellátás** vagy tápellátások következő jellemzőit kell figyelembe venni:
  - az áram és a frekvencia jellegét;

- a névleges feszültséget;
- a csatlakozási pont független zárlati áramát;
- valamint meg kell felelni a fogyasztói villamos berendezés egyéb követelményeinek, köztük a legnagyobb fogyasztói igénynek is.
- Azon esetben, ha a hatóságok tűzvédelemi vagy hasonló célra az épületek vészkiürítésével kapcsolatosan biztonsági berendezések alkalmazását írják elő, a biztonsági berendezések jellemzőit külön kell figyelembe venni.
- Ahol a villamos berendezés paramétereinek meghatározója tartalék tápellátás alkalmazását igényli, a tartalék tápellátás tápforrásainak jellemzőit külön kell figyelembe venni. Az ilyen tápellátások kellő kapacitásúak és megbízhatóságúak legyenek, átkapcsolási idejük az előírt működésnek megfelelő kell, hogy legyen.

– Minden villamos berendezést, ha szükséges, **külön áramkörökre** kell bontani:
  - a hiba (zárlat) esetén fellépő veszély elkerülésére és az okozott kényelmetlenség legkisebb mértéken tartására;
  - a biztonságos ellenőrzés, a vizsgálat és a karbantartás elősegítésére;
  - osztatlan áramkör meghibásodásából származható veszély elkerülésére. (pl. világító áramkör esetében.)

– A figyelembe veendő várható **külső hatások**:
  - hőmérséklet, nedvesség, tengerszint feletti magasság, víz, idegen szilárd anyagok, korrózió, ütés, rezgés, más mechanikai igénybevétel, flóra, fauna, sugárzás, napsugárzás, földrengés, villámlás, szél;
  - az üzemeltető felkészültsége, az emberi test ellenállása, a földdel való kapcsolat, kiürítés;
  - veszélyes anyagok, építőanyagok, épületszerkezetek.

– **Összeférhetőség** szempontjából vizsgálni kell a villamos szerkezetek minden olyan jellemzőjét, amelyek káros hatással lehet más villamos szerkezetekre vagy a tápellátásra. Ilyen jellemzők lehetnek pl.:
  - tranziens túlfeszültségek;
  - gyorsan változó terhelések;
  - indítási áramok;
  - harmonikus áram-összetevők;
  - egyenáramú összetevő;
  - nagyfrekvenciás zavar;
  - föld felé szivárgó áramok;
  - kiegészítő földcsatlakozások.

– Meg kell határozni a villamos berendezés tervezett élettartama alatt végrehajtandó, szükséges **karbantartás** minőségét és gyakoriságát, olyan feltételekkel, hogy:
  - a tervezett élettartam alatt a szükséges időszakos ellenőrzéseket, karbantartást, illetve javítást azonnal és biztonságosan el lehessen végezni;
  - a villamos szerkezetek legyenek megbízhatóak a villamos berendezés megfelelő működésének biztosítására a tervezett élettartam teljes időtartamában;

- a biztonsággal kapcsolatos védelmi intézkedések legyenek biztosítva a tervezett élettartam teljes időtartamában.

3.2. Együttes védelem alapvédelemre és hibavédelemre

Vannak olyan létesítési megoldások, amelyek normál üzemben sem okoznak balesetet, még akkor sem, ha az aktív részeket megérintjük. Természetesen testzárlatos üzemben is biztonságosak, hiszen az aktív rész megérintésekor sem okoznak balesetet, így mind a közvetett, mind a közvetlen érintés elleni védelem követelményének eleget tesznek. Jelen jegyzetben ezért a közvetett érintés elleni védelem módszerei között található a részletes ismertetése e két megoldásnak úm.:

- Védelem SELV-, illetve PELV-törpefeszültséggel (2.3.1. pont);
- Védelem az állandósult érintési áram és a kisütési energia korlátozásával (2.3.2. pont).

3.3. Alapvédelem az aktív részek elszigetelésével

A szigetelés rendeltetése ez esetben az aktív részek megérintésének megakadályozása. Az aktív részeket úgy kell szigeteléssel körülvenni, hogy teljesen legyenek beburkolva, és a szigetelést csak roncsolással lehessen eltávolítani.
A gyárilag előállított villamos szerkezetek (gyártmányok) esetében a szigetelésre vonatkozó előírásokat a vonatkozó termékszabványok tartalmazzák.
Helyileg készített villamos berendezések (szerkezetek) esetében a védelmet ellátó szigetelésnek olyannak kell lennie, hogy tartósan ellen tudjon állni az üzem közben fellépő igénybevételeknek (mechanikai, vegyi, villamos és hőhatások).
Megjegyzés:

- A festékek, zománcok, lakkok és hasonló termékek normál üzemben az áramütés elleni védelem szempontjából önmagukban általában nem tekinthetők megfelelő szigetelésnek.
- Miután a berendezés létesítése során beépített szigetelések minőségét igazolni kell — és erre termékszabványok nem vonatkoznak — a gyárilag előállított készülékek szigetelésének minőségellenőrzésére használt vizsgálatokhoz hasonlatos vizsgálatokat kell alkalmazni. *Hazai gyakorlat megtekintés és szigetelési ellenállás mérés.*

3.4. Védelem védőfedéssel vagy védőburkolattal

A védőfedések és burkolatok alkalmazásának a célja az aktív részek bármilyen érintésének megakadályozása.
A védőfedés olyan szerkezet, amely a közvetlen érintés (megérintés) ellen csak a szokásos irányokból nyújt védelmet. Kiegészítő jellegű, esetenként csak a helyszínen szerelik fel. Ezzel szemben a burkolat a villamos szerkezet (gyártmány, termék) szerves része, általában ezzel együtt gyártják az adott berendezést vagy készüléket. A burkolat a megérintés ellen bármely irányból védelmet nyújt, ezen kívül védi a villamos szerkezetet bizonyos külső behatások ellen. A védőfedéseket és burkolatokat megbízhatóan kell rögzíteni, de a szerkezet helyes

működése érdekében bizonyos esetekben pl. alkatrészcserék — (pl. izzó vagy biztosítócsere) — nagyobb méretű védetlen nyílások keletkezhetnek;

3.4.1. Az áramütés elleni védelem módja

Az áramütés elleni védelem ezen kialakításának az a lényege, hogy az aktív részek olyan burkolatok belsejében, illetve olyan védőfedések mögött vannak elhelyezve, amelyek az emberi ujjal történő behatolás ellen védettek (IP2X védettség, lásd 4.6. pont), illetve ha a gyártmány maga ugyan nincs benyúlás ellen védve, akkor is a veszélyes aktív részek — amelyek kézsérülést okozhatnak — az ujjal való benyúlás esetére érintés ellen védettek (IPXXB védettség, lásd 4.6.pont).

Abban az esetben, ha egyes alkatrészek cseréje (világítótestek vagy olvadóbiztosítók), vagy a szerkezet működése nagyobb nyílást tesz szükségessé:

- megfelelő óvintézkedéseket kell tenni annak megakadályozására, hogy az aktív részeket személyek vagy háziállatok véletlenül megérinthessék; és
- gondoskodni kell arról, hogy a személyek tudatában legyenek annak, hogy a nyílásokon keresztül aktív részeket érinthetnek meg és azokat nem szabad szándékosan megérinteni.

Megjegyzés:
Az a védőfedés vagy burkolat, amely a fenti követelményeket nem teljesíti, az érintés elleni védelem szempontjából védőakadálynak minősül.

3.4.2. Az áramütés elleni védelem kialakítása

A védőfedések vagy burkolatok könnyen megérinthető vízszintes fedélfelületeinek olyannak kell lennie, hogy egy 1 mm átmérőjű huzallal se lehessen benyúlni (IP4X védettség, lásd 4.6. pont), vagy védettségi fokozata IPXXD legyen, azaz a veszélyes részek a huzallal való benyúlás esetére érintés ellen védettek legyenek.

A védőfedések és burkolatok rögzítése megbízható és tartós legyen, hogy a normális üzem feltételei között az aktív részeket — a védettségnek megfelelően — elkülönítse. Ha a védőfedést el kell távolítani, vagy a burkolatot meg kell bontani akkor ezt csak kulccsal vagy szerszámmal lehessen megtenni. Megfelelő megoldás az is, ha a védőfedés vagy burkolat eltávolítása a táplálás lekapcsolásával együtt jár, és visszakapcsolása is csak a visszahelyezés után lehetséges.

3.5. Védelem védőakadállyal

Csak szakképzett vagy kioktatott személyek által irányított vagy felügyelt berendezésekre alkalmazható védelmi mód!

A védőakadályok rendeltetése az aktív részek **véletlen** megérintésének megakadályozása. A szándékos érintés megakadályozása, vagy a védőakadály megkerülésének a megakadályozása nem feladata.

A védőakadályt úgy kell kialakítani, hogy az aktív részeket csak szándékosan — a védőakadály eltávolításával — lehessen megközelíteni, vagy üzem közben megérinteni. véletlenül ez ne történhessen meg.

A védőakadályt úgy kell rögzíteni, hogy csak szándékosan lehessen eltávolítani.

3.6. Védelem a kézzel elérhető tartományon kívüli elhelyezéssel

Csak szakképzett vagy kioktatott személyek által irányított vagy felügyelt berendezésekre alkalmazható védelmi mód!

A kézzel elérhető tartományon (2.1.-1. ábra) kívüli elhelyezés rendeltetése kizárólag az aktív részek véletlen megérintésének a megakadályozása. Azaz ha az aktív részeket a munkafelület (*S*) körüli — 2.1.-1. ábrán jelölt — térrészen kívül helyezzük el, akkor azok a munkafelületről nem elérhetőnek, tehát áramütés szempontjából biztonságosnak tekintendők.

Ha az emberi tartózkodásra szolgáló területet vízszintes irányban védőakadály (korlát, védőháló) korlátozza, akkor a kézzel elérhető tartomány ettől a védőakadálytól számítandó. Függőleges irányban a kézzel elérhető tartomány az *S* felülettől 2,50 m, figyelmen kívül hagyva minden közbenső, IP2X-nél vagy IPXXB-nél kisebb védettségi fokozatú védőakadályt. Azaz függőleges irányban csak az igen nagy védettségi szintet biztosító védőakadályok vehetők figyelembe.

Azokon a helyeken, ahol általában terjedelmes vagy hosszú vezető anyagú tárgyakkal dolgoznak, a betartandó távolságokat meg kell növelni e tárgyak megfelelő méreteinek a figyelembevételével.

3.7. Kiegészítő védelemként áram-védőkapcsoló alkalmazása

Az **áram-védőkapcsoló** alkalmazása nem fogadható el alapvédelmi módként. (Nyilván az nem lehet védekezési megoldás, hogy ha a balesetes megfogja az aktív részt, akkor földzárlati (vagy földrövidzárlati) áramával működtesse a lekapcsolást előidéző áram-védőkapcsolót.) Azaz alkalmazni kell a 3.2.-3.6. pontban ismertetett megoldások valamelyikét, és kiegészítő védelemként — az alapvédelem kiegészítéseként — építhető be 30 mA névleges kioldó áramú, vagy ennél érzékenyebb áram-védőkapcsoló.
Az áram-védőkapcsoló beépítésének kizárólagos célja, hogy normál üzemben növelje az áramütés elleni védelem céljából alkalmazott más alapvédelmi módok hatékonyságát. (Ha az alapvédelem hibájából a balesetes kapcsolatba kerül az aktív vezetővel akkor az áram-védőkapcsoló lekapcsolja a táplálást!) Ez a védelem, az áram-védőkapcsoló alkalmazása itt csupán a közvetlen érintés elleni védelem kiegészítéséül szolgál, s ezért nem előírás a testek védővezetővel való összekötése.

MEGJEGYZÉS: *Az áram-védőkapcsoló védővezető kiépítése nélküli alkalmazása* (az alapvédelem kiegészítéséül szolgál) ***nem egyenértékű a védővezetős*** (hibavédelem) ***alkalmazási móddal***.

3.8. Tartalék világítás

A munkavégzéshez megfelelő fény biztosítását az épületszerkezetek nyílászáróinak megfelelő kialakításával érik el. Ha a természetes világítás nem elegendő mesterséges villamos világítást kell létesíteni, amelynek neve **üzemi világítás**. A biztonságos munkavégzés alapvető

követelménye, hogy minden olyan helyen, ahol a baleset elhárítás szükségessé teszi (pl. nézőterek elhagyása), vagy ahol a munkafolyamot megszakadása, leállása veszélyjel jár (pl. irányító központok) ott a munkatevékenység rövidebb-hosszabb idejű, teljes vagy részleges folytatásához ill. a helyiség elhagyásához elegendő világítás, ún. **tartalékvilágítás** álljon rendelkezésre akkor, ha az üzemi világítás kimarad.

A tartalékvilágítás két alapvetően elkülönülő része:

- **helyettesítő világítás;**
- **biztonsági világítás.**

Ott ahol a munkatevékenység folytatásához — az üzemi világítás zavara esetén — elengedhetetlen a világítás (vezénylők, műtők), ott **helyettesítő világítást** kell létesíteni.

Ott ahol a berendezések biztonságos leállítása, a potenciálisan veszélyes tevékenység leállítása, illetve a helyiség biztonságos elhagyása megköveteli, ott a helyiség illetve az épületrész biztonságos elhagyásának látási feltételeit kell biztosítani, azaz a kijáratokat és a kijárathoz vezető utakat is meg kell világítani, **biztonsági világítást** kell létesíteni.

A **biztonsági világítás** az MSZ EN 1838:2000 szabvány alapján háromféle lehet úm.:

- **kijárati utak biztonsági világítása,** a helyiség menekülési útvonalának felismerhetősége, és használhatósága érdekében létesített tartalékvilágítás;
- **pánik elleni világítás,** a biztonsági világítás azon része, amely lehetővé teszi az olyan helyre eljutást, ahonnan egyértelmüen felismerhető menekülési útvonal érhető el;
- **különösen veszélyes munkaterületek világítása,** a biztonsági világítás azon része, amely a különösen veszélyes munkát végző személyek látási feltételeit biztosítja, lehetővé téve a leállítási munkák biztonságos elvégzését.

A tartalékvilágítás kialakításának és energiaellátásának legalapvetőbb előírásai.

A tartalékvilágítás táplálását úgy kell megoldani, hogy ne lehessen az üzemi világítást bekapcsolni mindaddig, amíg a tartalékvilágítás nincs üzemképes állapotban. Azaz vagy be van kapcsolva a tartalékvilágítás is, vagy a bekapcsoló automatikája működőképes állapotban van (élesítve van).

A világítási berendezések feszültsége háromfázisú táplálás esetén maximum 400 V, egy fázis esetén 250 V lehet. Különösen veszélyes helyeken (fémtartály, hordó, kemence) használt kézilámpák feszültsége maximum 25 V lehet (MSZ EN 60204-1).

A lámpatestek felfüggesztése szigetelt legyen (csillárhorog), de ha a lámpa a saját vezetékén lóg, akkor a rézsodrony tömlővezeték keresztmetszete minimum 2,5 mm^2 kell. hogy legyen, tömege maximum 2 kg lehet.

Fénycsöves és egyéb kisüléses elven működő (pl. higany- ill. nátriumgőz lámpás) világítás esetén gondoskodni kell róla, hogy az ún. sztroboszkópos hatás (ami annak következménye, hogy ezek a fényforrások a váltakozó feszültség nullaátmeneténél kialszanak, amit a szem nem tud érzékelni, és ezért a gyorsan forgó-mozgó alkatrészek állónak, vagy lassan mozgónak látszanak) ne léphessen fel. Erre megoldást jelent a lámpatest fénycsöveinek három fázisra szétosztott bekötése, vagy egyfázisú táplálás esetén két fénycső egyikének kondenzátoron keresztüli táplálása.

3.8.1. A biztonsági világítás általános előírásai

A kiürítési folyamat végrehajtásához szükséges látási feltételek biztosításához a teret meg kell világítani. A lámpatesteket legalább 2 m-rel a padlószint felett kell felszerelni. A jelzéseket, amelyeket minden vészkijáratnál, és a kijárati utak mentén is el kell helyezni, el kell látni világítással, hogy egyértelműen megjelöljék a biztonságos pontig vezető kijárati utat. Ahol nem látható közvetlenül a vészkijárat, ott egy vagy több megvilágított, vagy világító irányjelzést kell elhelyezni a vészkijárat felé való haladás elősegítésére.

Kellő megvilágítást nyújtó, biztonsági világítást szolgáltató lámpatestet kell elhelyezni minden kijárat mellett, és a következő helyeken:

a) Minden vészhelyzetben használandó kijárati ajtó;
b) Lépcső környezete (vízszintesen mért 2m távolság), és minden lépcsőfok közvetlenül legyen megvilágítva;
c) Bármely egyéb szintváltozás környezete;
d) Kötelezően előírt vészkijáratok, és biztonsági jelzések;
e) Minden irányváltozás;
f) Folyosók minden kereszteződése;
g) Az utolsó kijárat külső oldala és annak környezete;
h) Minden elsősegélyhely és környezete;
i) Minden tűzoltó készülék és környezete

3.8.1.1. Kijárati utak biztonsági világítása

A legfeljebb 2 m széles kijárati utak középvonalában, a padlószinten a horizontálisan mért megvilágítás ne legyen 1 luxnál kevesebb, és a kijárati utak középvonalában a legnagyobb és a legkisebb megvilágítás aránya ne legyen nagyobb, mint 40:1. A látást rontó káprázást a látótérben lévő lámpatestek fényerősségének korlátozásával kell kis értéken tartani.
A biztonsági világításnak a menekülést szolgáló ideje legalább 1 óra legyen, és az előírt megvilágítás 50%-át 5 másodperc alatt, míg az előírt értéket 1 perc alatt érje el.

3.8.1.2. Pánik elleni világítás

A horizontális megvilágítás a szabad talajszinten ne legyen kisebb, mint 0,5 lux. A pánik elleni világítás a legnagyobb és a legkisebb megvilágítási értékének aránya ne legyen nagyobb, mint 40:1 A látást rontó káprázást a látótérben lévő lámpatestek fényerősségének korlátozásával kell kis értéken tartani. A pánik elleni világításnak a menekülést szolgáló ideje legalább 1 óra legyen, és az előírt megvilágítás 50%-át 5 másodperc alatt, míg az előírt értéket 1 perc alatt érje el.

3.8.1.3. Különösen veszélyes munkaterületek világítása

A különösen veszélyes munkaterületen a megvilágítás fenntartott értéke a vonatkoztatási felületen érje el a tevékenységre előírt állandó megvilágításnak legalább a 10%-át, de semmiképpen ne legyen kisebb, mint 15 lx. Ez a megvilágítás a zavaró stroboszkópos hatástól mentes legyen. Különösen veszélyes munkaterületen a megvilágítás egyenletessége ne legyen

rosszabb, mint 1. A látást rontó káprázást a látótérben lévő lámpatestek fényerősségének korlátozásával kell kis értéken tartani.
A működés legkisebb időtartama feleljen meg annak az időtartamnak, amely alatt a személyek számára a veszély fennáll.
A különösen veszélyes munkaterületeken a biztonsági világítás az előírt megvilágítási szintet — az alkalmazás módjától függően — vagy állandóan biztosítsa, vagy 0,5 másodpercen belül érje el az előírt értéket.

3.8.2. Helyettesítő világítás

Ha a tartalékvilágítás céljára helyettesítő világítást alkalmaznak, az mindenben feleljen meg a szabványos követelményeknek.
Ha a helyettesítő világítás által szolgáltatott megvilágítás kisebb, mint a feladatra előírt megvilágítás legkisebb előírt értéke, akkor azt csak (biztonsági világításnak) a munkafolyamat Leállításához, vagy befejezéséhez szabad használni.

3.8.3. Biztonsági jelzések

A kijárati utak, és elsősegélynyújtó helyek jelzései a következő követelményeknek kell, hogy megfeleljenek:

- A biztonsági jelzések megvilágításának fénysűrüsége 5 másodpercen belül érje el az előírt érték felét, és 1 percen belül a teljes értékét;
- A biztonsági színjelzés minden pontja, minden lényeges nézési irányból legalább 2 cd/m^2 fénysürűségű legyen;
- A legnagyobb és legkisebb fénysűrüség aránya sem a fehér felületen, sem a biztonsági szín területén ne legyen nagyobb, mint 10:1;
- A fehér felület- és a színes felület fénysűrüségének aránya 5:1 és 15:1 közé essen;
- Mivel egy belülről megvilágított jel nagyobb távolságról ismerhető fel, mint egy kívülről megvilágított jel ezért a felismerési távolság (d) legnagyobb értékét $d = 100p$ helyett $d = 200p$ –vel kell számolni, ahol „p" a piktogram (jelkép) magassága. Azaz 10 cm magasságú kívülről megvilágított kép maximum 10 m távolságból ismerhető fel.

4. EGYÉB HATÁSOK ELLENI VÉDELEM

Váltakozó áram esetén 1000 V-nál, egyenáram esetén 1500 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű erősáramú villamos berendezés egyéb hatások elleni védelme.

A létesítés során nem elegendő azt biztosítani, hogy a berendezés önmagában üzemképes legyen, arra is gondolni kell, hogy működése az adott környezetben biztosított legyen, a környezete ne károsítsa a berendezést, és viszont, azaz a berendezés se tegyen kárt a környezetében. Azaz a következő hatások elleni védelem kialakításáról kell gondoskodni:

- Hőhatások elleni védelem;
  - Tűzvédelem;
  - Égési sérülés elleni védelem;
  - Túlmelegedés elleni védelem;
- Túláramvédelem;
  - Túlterhelés-védelem;
  - Zárlatvédelem;
  - A túláram korlátozása a tápforrás tulajdonságaival;
- Túlfeszültség-védelem;
  - A kisfeszültségű villamos berendezések védelme a nagyfeszültségű rendszerek földzárlata esetén;
  - Légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek elleni védelem;
- Feszültségcsökkenés-védelem;
- Védelmi célú leválasztás és kapcsolás elhelyezése

4.1. Hőhatások elleni védelem

Gyakorlatilag minden villamos szerkezetben keletkezik hőmennyiség. Az elhelyezést ezért úgy kell megoldani, hogy ennek a hőmennyiségnek az elvezetése, elszállítása — többnyire a környezet levegőjének természetes áramlása által — akadályozza meg magának a villamos szerkezetnek és környezetének veszélyes melegedését.

4.1.1. Tűzvédelem

Jelenesetben a tűz elleni védekezést az jelenti, hogy a villamos szerkezet ne okozzon tűzveszélyt a közelben levő anyagokra nézve, és ne csupán a szerkezet üzemszerű működése közben, de várható meghibásodása esetében sem.

Ha a rögzített szerkezeten olyan felületi hőmérséklet alakul ki, amely a közelben levő anyagokra nézve tűzveszélyt jelent, akkor a szerkezetet biztonságos hőelvezetés mellett olyan távol kell ezen anyagoktól szerelni, hogy káros hatás ne érje azokat, vagy nagy hőmérsékletbírású, rossz hővezető anyagokkal kell őket egymástól elválasztani.

Fokozott gondossággal kell eljárni, ha egy tartósan csatlakoztatott szerkezet rendeltetésszerű üzemben villamos ívet vagy szikrákat bocsát ki. A szerkezetet vagy teljesen be kell burkolni íválló anyaggal, vagy el kell választani íválló anyaggal-, vagy megfelelő távolságra kell helyezni környezetétől. Az íválló anyag nem-éghető, rossz hővezető képességű és mechanikailag megfelelő szilárdságú, azaz kellő vastagságú legyen.

A szerelés során ügyelni kell arra is, hogy a villamos szerkezet körül elhelyezett burkolatok, védőfedések anyaga viselje el azt a legnagyobb hőmérsékletet, amelyet a villamos

szerkezet előidézhet. A burkolatok készítésére éghető anyagok csak akkor alkalmasak, ha gyulladást gátló módszerekkel alkalmassá tesszük azokat. Gyulladást gátló módszer például a burkolatnak nem éghető vagy nehezen éghető, rossz hővezető anyaggal történő bevonása, átitatása.

4.1.2. Égési sérülés elleni védelem

Mindenképpen biztosítani kell, hogy a villamos szerkezet megérinthető részeinek hőmérséklete ne okozhassa személyek égési sérülését. Ezért a **szerkezet kézzel elérhető tartományon belüli részeinek** felületi hőmérséklete ne haladhatja meg a 4.-1. táblázatban megadott határértékeket. A szerkezet minden olyan részét, amelynek hőmérséklete rendeltetésszerű üzemben — akár csak rövid ideig is — meghaladhatja a 4.-1 táblázat határértékeit, olyan védelemmel kell ellátni, amely a véletlen érintést megakadályozza.

4.1.3. Túlmelegedés elleni védelem

Most csak a kényszeráramlásos légmelegítő rendszerekről és a vízmelegítő vagy gőzfejlesztő készülékekről esik szó, mégpedig azért mert ha hűtőközeg nélkül maradnak nem csak önmaguk, hanem a környezetük is károsodik. Ezért biztosítani kell, hogy működtetésük csak megfelelő hűtőközeg-paraméterek esetén legyen lehetséges, és nem megfelelő paraméterek esetén automatikusan kapcsolódjanak ki, és visszakapcsolhatóságuk bénítva legyen, amíg a hűtőközeg-paraméterek nem megfelelőek.

4.2. Túláramvédelem

Az aktív vezetőket el kell látni egy vagy több olyan védelmi eszközzel, amelyek túlterhelés vagy zárlat esetében önműködően megszakítják a táplálást. Kivételt képez az az eset, ahol a túláram megfelelően korlátozva van. A túlterhelés védelmet és a zárlatvédelmet a össze kell hangolni.

Túlterhelés-, illetve a zárlatvédelem részletes műszaki feltételeit és alkalmazott megoldásait mind a Kapcsolástechnika, mind a Villamosenergia-ellátás tantárgyakban részletesen ismertettük, így itt csak azt kell megemlíteni, hogy a vonatkozó előírások és műszaki paraméterek az MSZ 2364 szabványban találhatók meg.

4.-1. táblázat

A szerkezet kézzel elérhető tartományon belüli, megérinthető részeinek hőmérsékleti határértékei rendeltetésszerű üzemben

A megérinthető rész	A megérinthető felület anyaga	Hőmérsékleti határérték, °C
Kézben tartott működtető szervek	fém	55
	nem fém	65
Megérintendő, de nem kézben tartott részek	fém	70
	nem fém	80
Részek, amelyeket rendeltetésszerű üzemben nem kell megérinteni	fém	80
	nem fém	90

4.3. Túlfeszültség-védelem

Jelen pontban a túlfeszültség-védelem témaköréből azon esetekkel foglalkozunk csak kiemelten:

- egyrészt amikor a nagyfeszültségű oldal földzárlata okoz jelentős potenciál-emelkedést és veszélyezteti a kisfeszültségű berendezéseket,
- másrészt amikor a légköri vagy kapcsolási túlfeszültségek behatolva a kisfeszültségű hálózatba veszélyeztetik a kisfeszültségű berendezéseket.

A túlfeszültség kialakulásáról és a túlfeszültség-védelem elméleti kérdéseiről a Nagyfeszültségű technika tantárgyban tanultak részletesen, az építmények villámvédelmével pedig e jegyzet későbbi fejezete foglalkozik részletesen.

4.3.1. A kisfeszültségű villamos berendezések védelme a nagyfeszültségű rendszerek földzárlata esetén fellépő potenciálemelkedéstől

Jelen pontban a kisfeszültségű villamos berendezésnek a személyekre és villamos szerkezetekre vonatkozó biztonsági követelményeit fogalmazzuk meg a nagyfeszültségű rendszer és a kisfeszültségű villamos berendezést tápláló transzformátorállomás földje között fellépő zárlat esetére. *Azaz a kisfeszültségű hálózatokat tápláló nagyfeszültségű (középfeszültségű) hálózat földzárlatából származó áthatolás elleni (a tápláló transzformátorállomáson belüli) védelemmel foglalkozunk.*

A transzformátorállomás földelő berendezésén átfolyó zárlati áram a földpotenciál jelentős növekedését okozza, amelynek a mértéke függ:

- a zárlati áram nagyságától, és
- a transzformátorállomás földelő berendezésének impedanciájától.

A zárlati áram okozhatja:

- a kisfeszültségű rendszer földpotenciáljának általános növekedését, azaz hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültségek fellépését, amelyek a kisfeszültségű villamos szerkezetek szigetelésének átütését eredményezhetik.
- a kisfeszültségű rendszerben lévő testek földpotenciáljának általános növekedését.

A hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültség a kisfeszültségű villamos szerkezet szigetelésén és a kisfeszültségű rendszerhez csatlakoztatott túlfeszültség-korlátozó eszközökön megjelenő feszültség. Természetesen ezt a feszültséget maximálni kell. Az MSZ 2364 szabvány előírásai szerint a kisfeszültségű villamos berendezések kisfeszültségű villamos szerkezetein a nagyfeszültségű rendszer földzárlata következtében fellépő hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültség nagysága és időtartama nem haladhatja meg a 4.-2. táblázat értékeit.

4.-2. táblázat

A kisfeszültségű villamos berendezések kisfeszültségű villamos szerkezetein megengedhető hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültség (V effektív)	Lekapcsolási idő (s)
Középfeszültségű földzárlat esetén $U_o + 250$	> 5
Nagyfeszültségű földzárlat esetén $U_o + 1200$	≤ 5
Az IT-rendszereknél az U_o-t a vonali feszültséggel kell helyettesíteni.	

A táblázat első sora hosszú lekapcsolási idejű nagyfeszültségű (középfeszültségű) rendszerekre, például szigetelt csillagpontú és kompenzált nagyfeszültségű hálózatokra vonatkozik. A második sor rövid lekapcsolási idejű nagyfeszültségű rendszerekre, például kis impedancián keresztül földelt nagyfeszültségű rendszerekre vonatkozik.

Az U_o itt a kisfeszültségű hálózat névleges feszültségét jelenti!

A szabvány mindenképpen a hiba önműködő kikapcsolásával számol. A >5 s itt nem azt jelenti, hogy ez a feszültségemelkedés tartósan fennmaradhat, hanem csupán azt, hogy abban az esetben, ha az önműködő kikapcsolás működési ideje 5 s-nál hosszabb (a hazai középfeszültségű hálózatokban 5 s-nál hosszabb időkésleltetéssel kikapcsoló védelem nincs, ez csupán a földzárlat kezelői beavatkozással történő behatárolása alatt fordulhat elő), akkor ez a megengedett feszültségemelkedés. Mind a 250 V, mind az 1200 V feszültségkorlát csupán a villamos szerkezetek szigetelésének átütését kívánja megakadályozni. Abban az esetben, ha a transzformátorállomásban a kisfeszültségű rendszer üzemi vagy védőföldelése össze van kötve a tápláló nagyfeszültségű (középfeszültségű) rendszer védőföldelésével (A

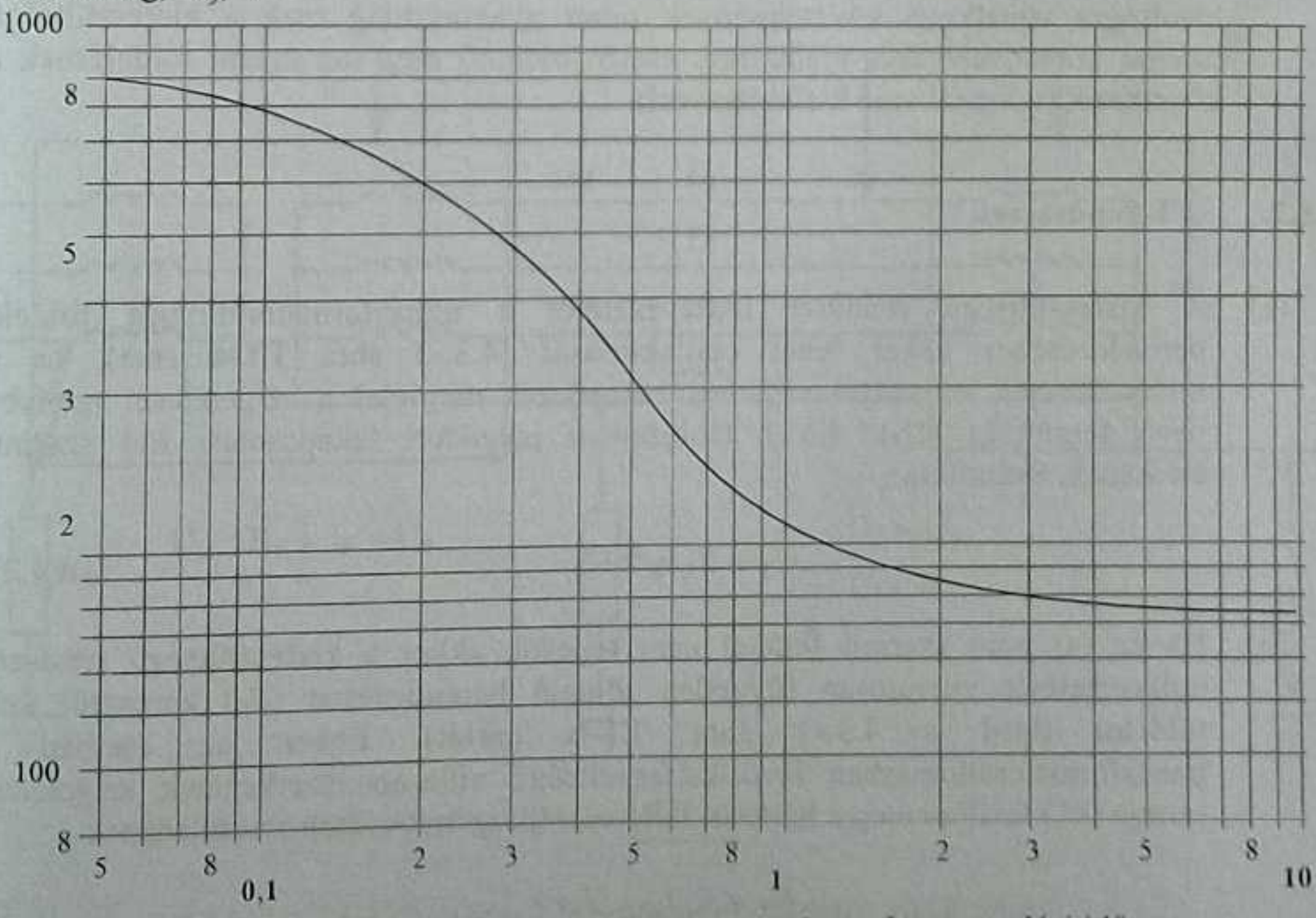
hazai gyakorlatban ez szinte mindenütt így van!), akkor az így bekövetkező feszültségemelkedés nem csupán a villamos szerkezetek szigetelésének épségét, de a kisfeszültségű villamos szerkezeteket megérintő személyek életét is veszélyeztetné. Ezért ezekben az esetekben a feszültségemelkedés korlátja nem a 4.-2. táblázat szerinti, hanem a 4.3.-1. ábra görbéje szerinti (a lekapcsolási idő függvényében megadott, e táblázat értékeinél jóval kisebb!) érték.

Hogy az elmondottakat be lehessen tartani az kell, hogy minden transzformátorállomásnak legyen földelő berendezése. A transzformátorállomások földelő berendezéseinek kialakítása a kisfeszültségű rendszer földelési típusa szerint a 4.3.-2....4.3.-8. ábrázolt, ahol:

I_h a kisfeszültségű villamos berendezésben lévő villamos szerkezetek testeinek földelő berendezésén folyó zárlati áram nagyfeszültségű zárlat és a kisfeszültségű villamos berendezésben egyidejüleg elöforduló első hiba időtartama alatt (lásd a 4.3.-5 ábrát).

I_d a kisfeszültségű villamos berendezésben lévő villamos szerkezetek testeinek földelő berendezésén folyó zárlati áram a kisfeszültségű villamos berendezésben előforduló első hiba időtartama alatt (lásd a 4.3.-6. és 4.3.-7. ábrát).

Z a kisfeszültségű rendszerben a nullavezető földelő berendezésének impedanciája olyan kisfeszültségű rendszerek esetében, ahol a transzformátorállomás földelő berendezése és a kisfeszültségű rendszer nullavezetője villamosan független egymástól.



4.3.-1. ábra. A test és a föld között megengedett feszültség a lekapcsolási idő függvényében

4.3.1.1. TN-rendszerek

(a) A kisfeszültségű rendszer nullavezetője a transzformátorállomás földelő berendezéséhez van csatlakoztatva (4.3.-2. ábra **TN-a eset**). Ez abban az esetben tehető meg, ha biztosítjuk, hogy a testek és a föld között zárlat esetében megjelenő feszültség (U_f) a 4.3.-1. ábrán megadott időtartamon belül lekapcsolódik. Számítása:

$$U_f = R_E I_E \tag{4.1}$$

ahol: I_E a nagyfeszültségű rendszerben a földzárlati áramnak az a része, amely a transzformátorállomás földelő berendezésén folyik keresztül.

R_E a transzformátorállomás földelő berendezésének ellenállása.

(b) Ha a kisfeszültségű rendszer nullavezetője nincs a transzformátorállomás földelő berendezéséhez kötve az (a) pont feltételei szerint, akkor a kisfeszültségű rendszer nullavezetőjét villamosan független földelő berendezésen (R_B) keresztül kell földelni (lásd a 4.3.-2. ábra **TN-b esetét**). E követelmény azt fogalmazza meg, hogy ha a nagyfeszültségű (középfeszültségű) táphálózat földzárlata következtében előálló feszültségemelkedés meghaladhatja a 4.3.-1 ábra görbéje szerinti értéket, akkor a TN-rendszerű kisfeszültségű hálózat üzemi földelését az állomás földelésétől független földeléssel kell megoldani. Ez a független földelések közti távolságra vonatkozó követelmények miatt gyakorlatilag csak a kisfeszültségű hálózat szabadvezetékes kialakítása esetén oldható meg (az üzemi földelésnek a következő oszlopnál való kialakításával).

4.3.1.2. TT-rendszerek

(a) A kisfeszültségű rendszer nullavezetőjét a transzformátorállomás földelő berendezéséhez akkor lehet csatlakoztatni (4.3.-3 ábra **TT-a eset**), ha a kisfeszültségű fogyasztói villamos berendezés megfelel a szigetelését igénybe vevő feszültség (U_2), 4.3.-1 táblázatban megadott lekapcsolási idő szerinti értékének. Számítása:

$$U_2 = R_E I_E + U_0 \tag{4.2}$$

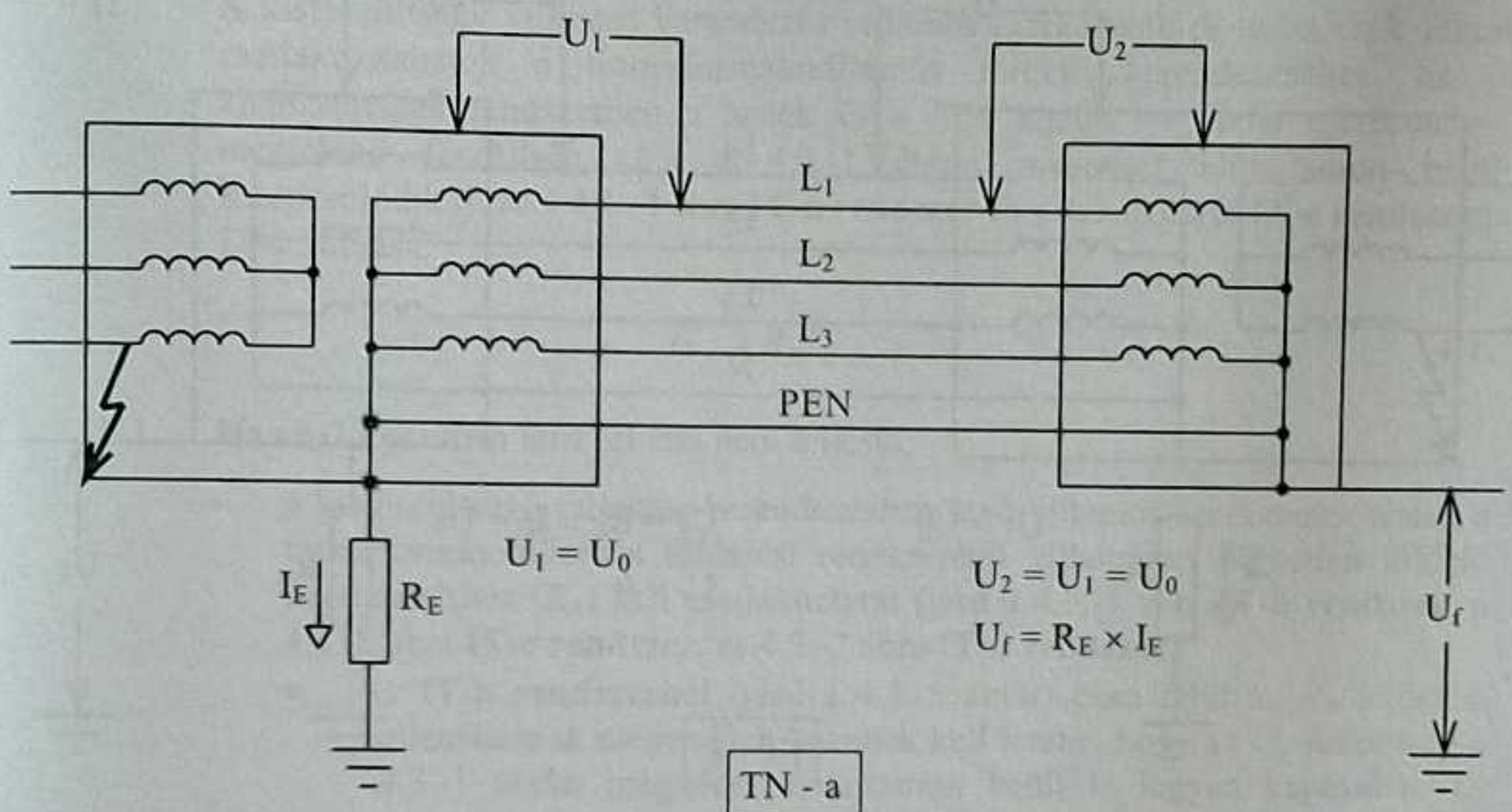
(b) Ha az (a) pont szerinti feltétel nem teljesül, akkor a kisfeszültségű rendszer nullavezetőjét villamosan független földelő berendezésen (R_b) keresztül kell földelni (lásd a 4.3.-3 ábra **TT-b esetét**). Ebben az esetben a transzformátorállomásban lévő kisfeszültségű villamos szerkezetek szigetelési szintje (U_1) feleljen meg a hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültségnek.

$$U_1 = R_E I_E + U_0 \tag{4.3}$$

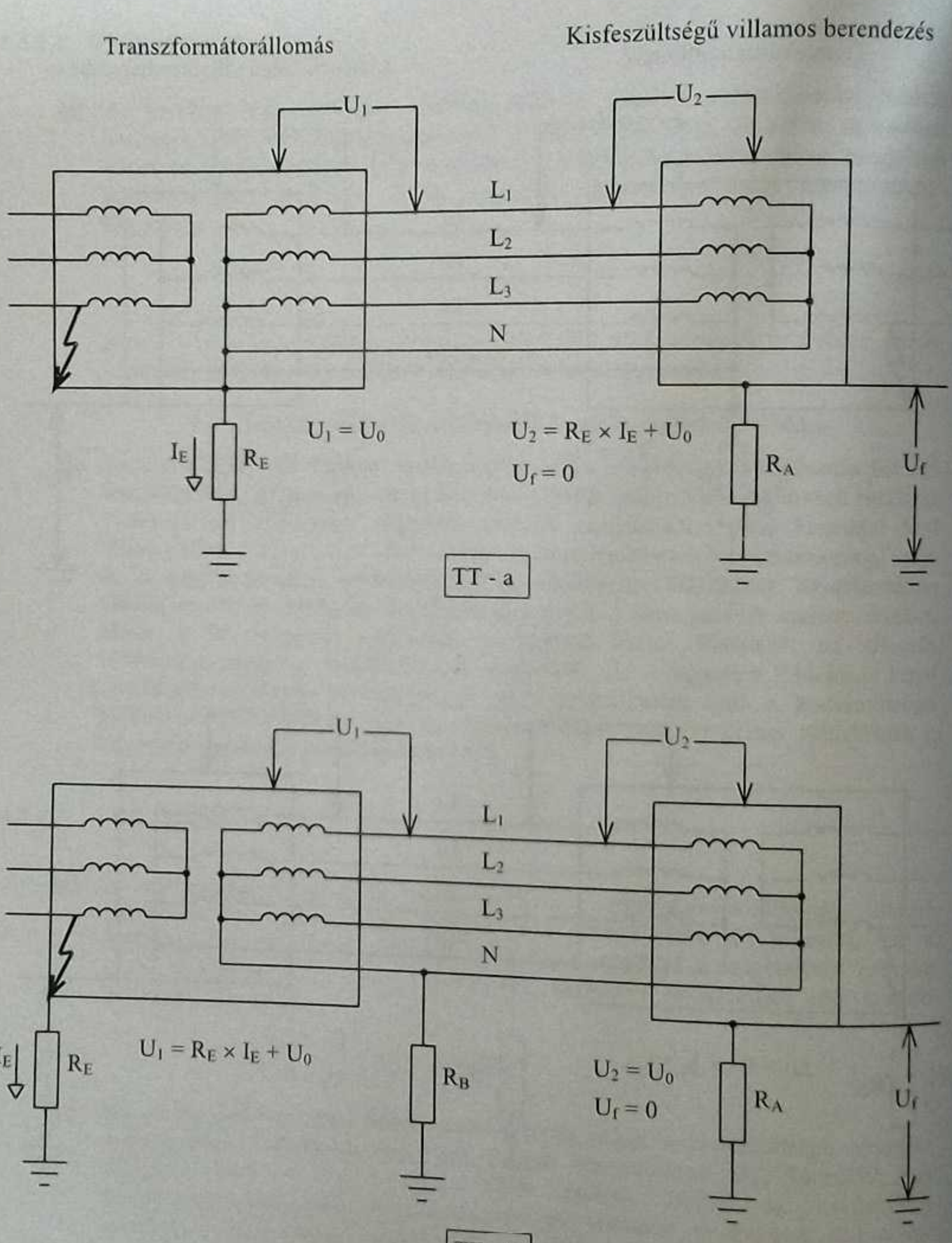
Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a TT-rendszerű hálózatoknál az üzemi földelés potenciálemelkedése a kisfeszültségű hálózaton nem okoz közvetlenül életveszélyt, hanem csupán a fogyasztó berendezések szigetelésének épségét veszélyezteti, tehát itt nem a 4.3.-1 ábra görbéje, hanem csupán a 4.-2. táblázat szerinti értékeket kell betartani.

Transzformátorállomás

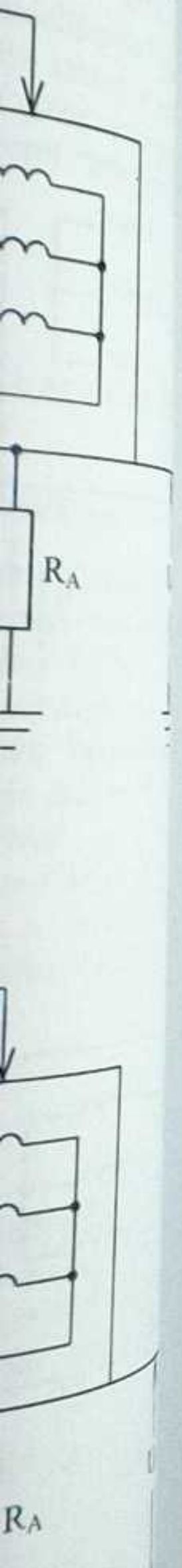
Kisfeszültségű villamos berendezés



4.3.-2. Ábra. TN rendszerek földelés kialakításai



4.3.-3. ábra. TT rendszerek földelés kialakításai



4.3.1.3. IT-rendszerek

(I.) A kisfeszültségű villamos berendezés villamos szerkezeteinek testei csak akkor csatlakoztathatók a transzformátorállomás földelő berendezéséhez, ha a kisfeszültségű rendszerben a testek és a föld között — zárlat esetében — megjelenő feszültség (U_f) a 4.3.-1 ábrán megadott időtartamon belül lekapcsolódik (lásd a 4.3.-4 ábra **IT-a rendszer** és a 4.3.-8 ábrát **IT-e rendszer**). U_f számítása:

$$U_f = R_E I_E \tag{4.4}$$

(II.) Ha az (I.) pontban leírt feltétel nem teljesül:

– a kisfeszültségű villamos berendezésben lévő villamos szerkezetek testeit a transzformátorállomás földelési rendszerétől villamosan független földelő berendezéshez (R_A) kell csatlakoztatni (lásd a 4.3.-5 ábra **IT-b rendszer**, a 4.3.-6 ábra **IT-c rendszer,** és 4.3.-7 ábra **IT-d rendszer**).

• Az **IT-b rendszernél** (lásd a 4.3.-5 ábrát) ezen felül az R_A földelési ellenállásnak elegendően kicsinek kell lennie, hogy az U_f feszültség a 4.3.-1 ábrán megadott időtartamon belül le legyen kapcsolva. U_f feszültség számítása ebben az esetben:

$$U_f = R_A I_h \tag{4.5}$$

ahol: I_h a kisfeszültségű villamos berendezésben lévő villamos szerkezetek testeinek földelő berendezésén folyó zárlati áram nagysága, amikor a nagyfeszültségű oldali zárlattal egyidejűleg a kisfeszültségű villamos berendezésben is hiba van (lásd 4.3.-5 ábra **IT-b rendszer**).

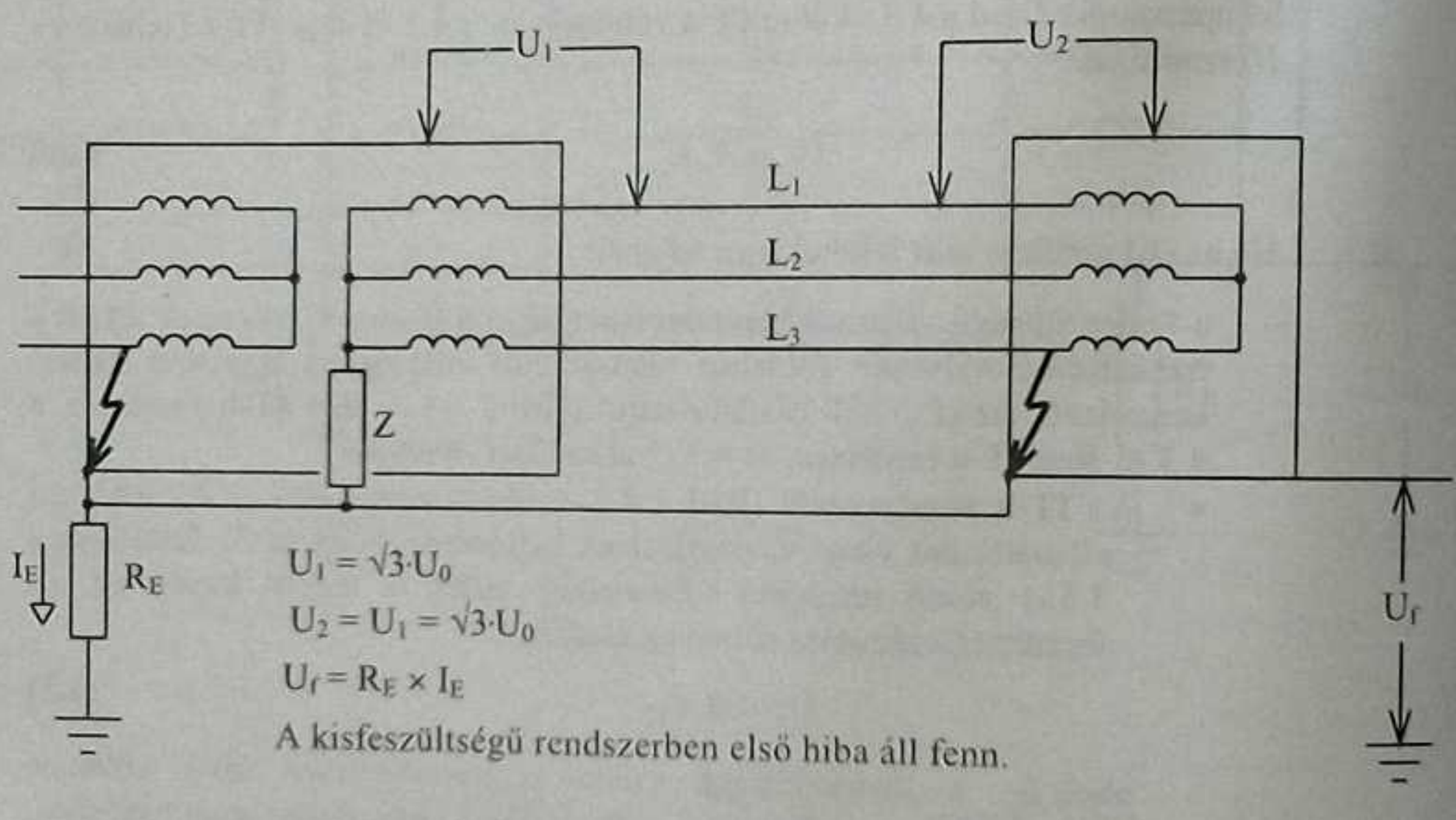
(III.) Ha a kisfeszültségű villamos berendezésben lévő villamos szerkezetek testei a transzformátorállomás földelési rendszerétől villamosan független földelő berendezésen keresztül földeltek (lásd a 4.3.-5 ábrát **IT-b rendszer**), és a villamos berendezés kisfeszültségű villamos szerkezetei megfelelnek az igénybevételi feszültség (U_2) 4.3.-1 táblázatban megadott lekapcsolási idő szerinti összefüggésének, csak akkor szabad a kisfeszültségű rendszer csillagponti impedanciáját (Z) a transzformátorállomás földelő berendezéséhez csatlakoztatni. U_2 számítása:

$$U_2 = R_E I_E + \sqrt{3}U_0 \tag{4.6}$$

(IV.) Ha a (III.) pont feltételei nem teljesülnek, akkor a csillagponti impedanciát (Z) a transzformátorállomás földelési rendszerétől villamosan független földelő berendezésen keresztül kell földelni (lásd a 4.3.-6 ábra **IT-c rendszert**, és a 4.3.-7 ábra **IT-d rendszert**). Ebben az esetben a transzformátorállomáson lévő kisfeszültségű villamos szerkezetek szigetelési szintje feleljen meg a hálózati frekvenciájú igénybevételi feszültségnek (U_1). U_1 számítása:

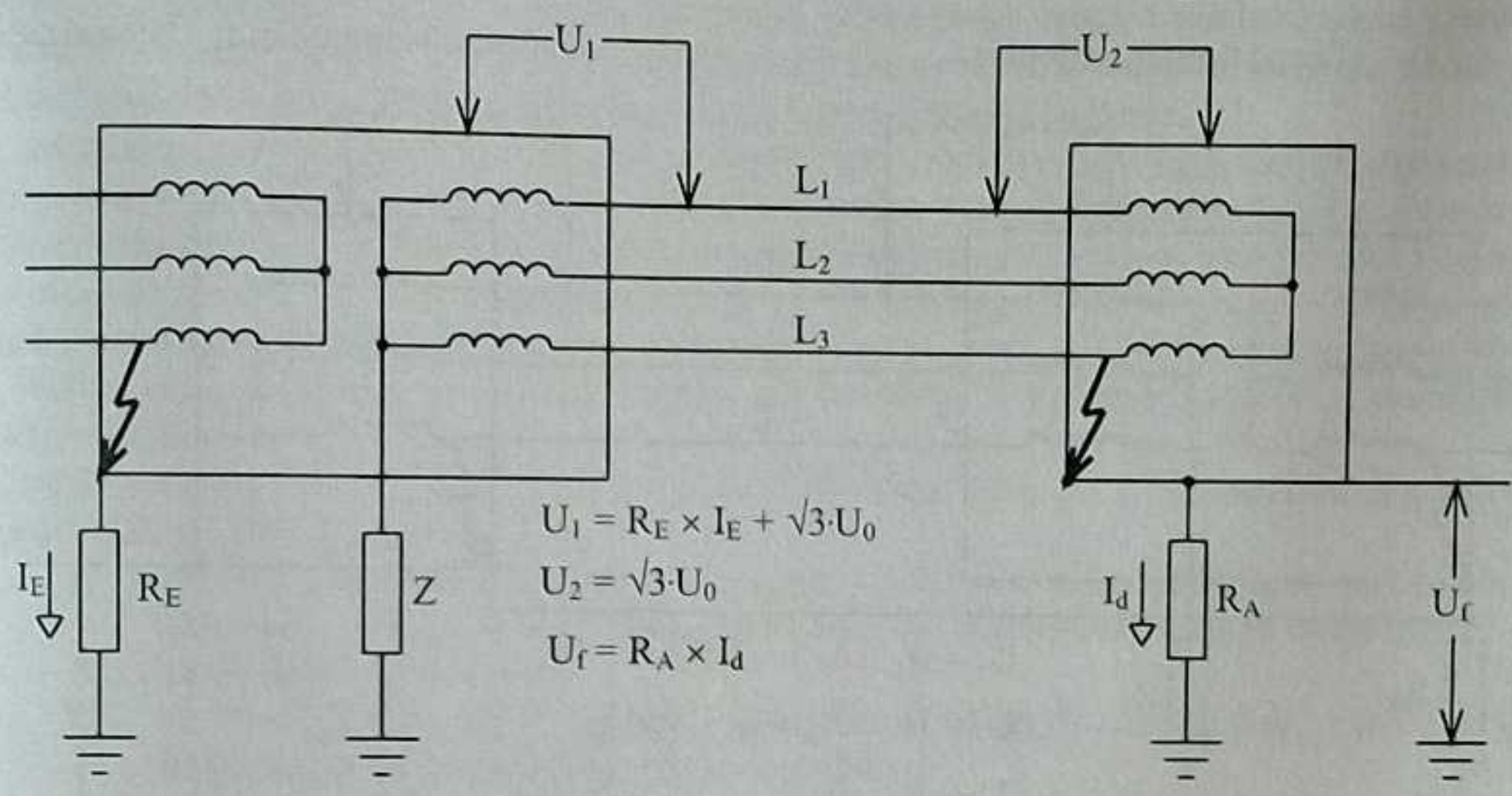
$$U_1 = R_E I_E + \sqrt{3}U_0 \tag{4.7}$$

Összefoglalóan elmondható, hogy az IT-rendszerű hálózatoknál a kisfeszültségű védőföldelés méretezésénél csak a 4.3.-1 ábra görbéje szerinti értékeket, a csillagpont esetleges impedancián keresztül történő földelésének méretezésénél pedig a 4.-2. táblázat szerinti értékeket kell figyelembe venni.



4.3.-4. ábra IT-a rendszer

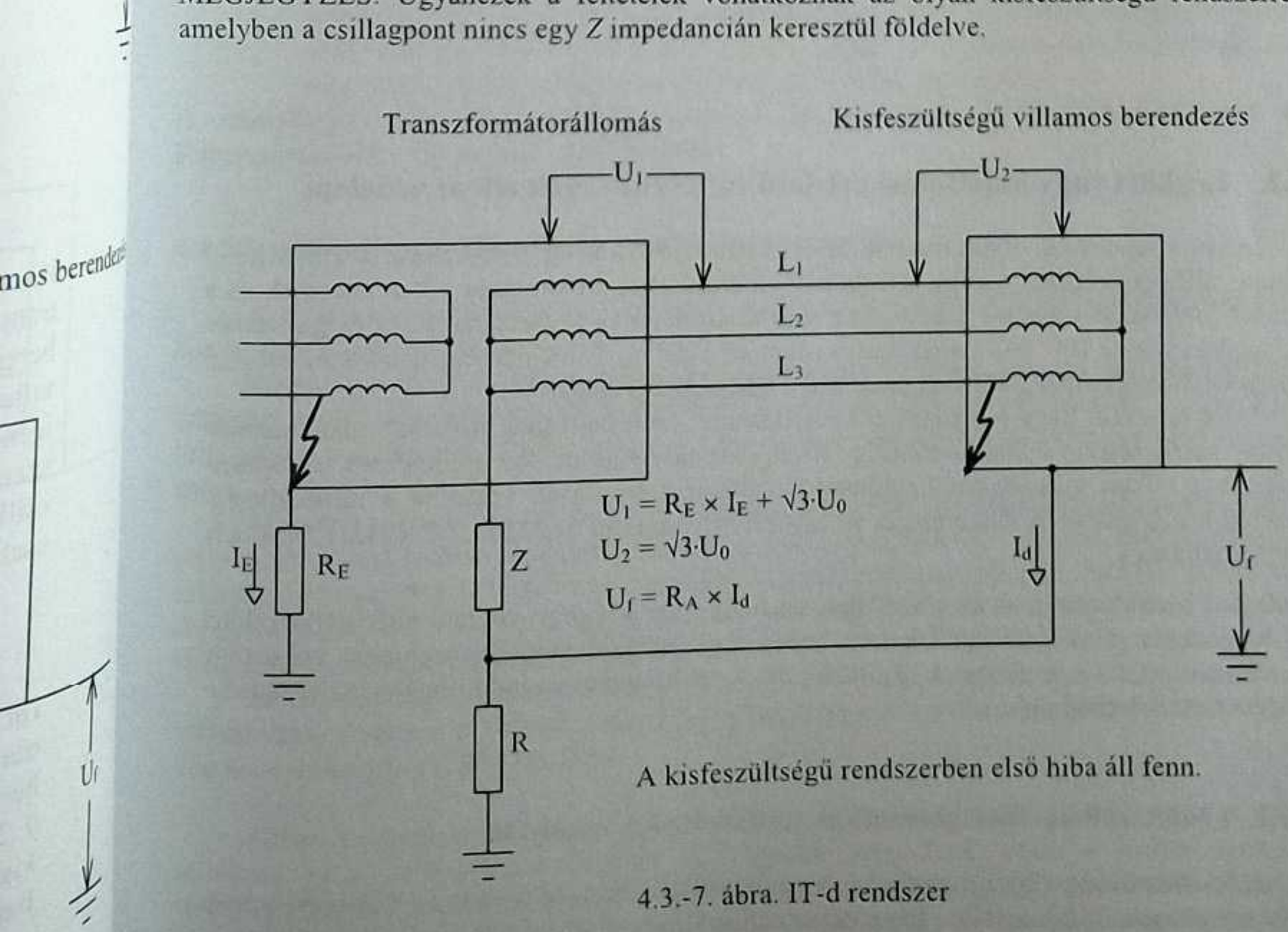
4.3.-5. ábra. IT-b rendszer



A kisfeszültségű rendszerben első hiba áll fenn.

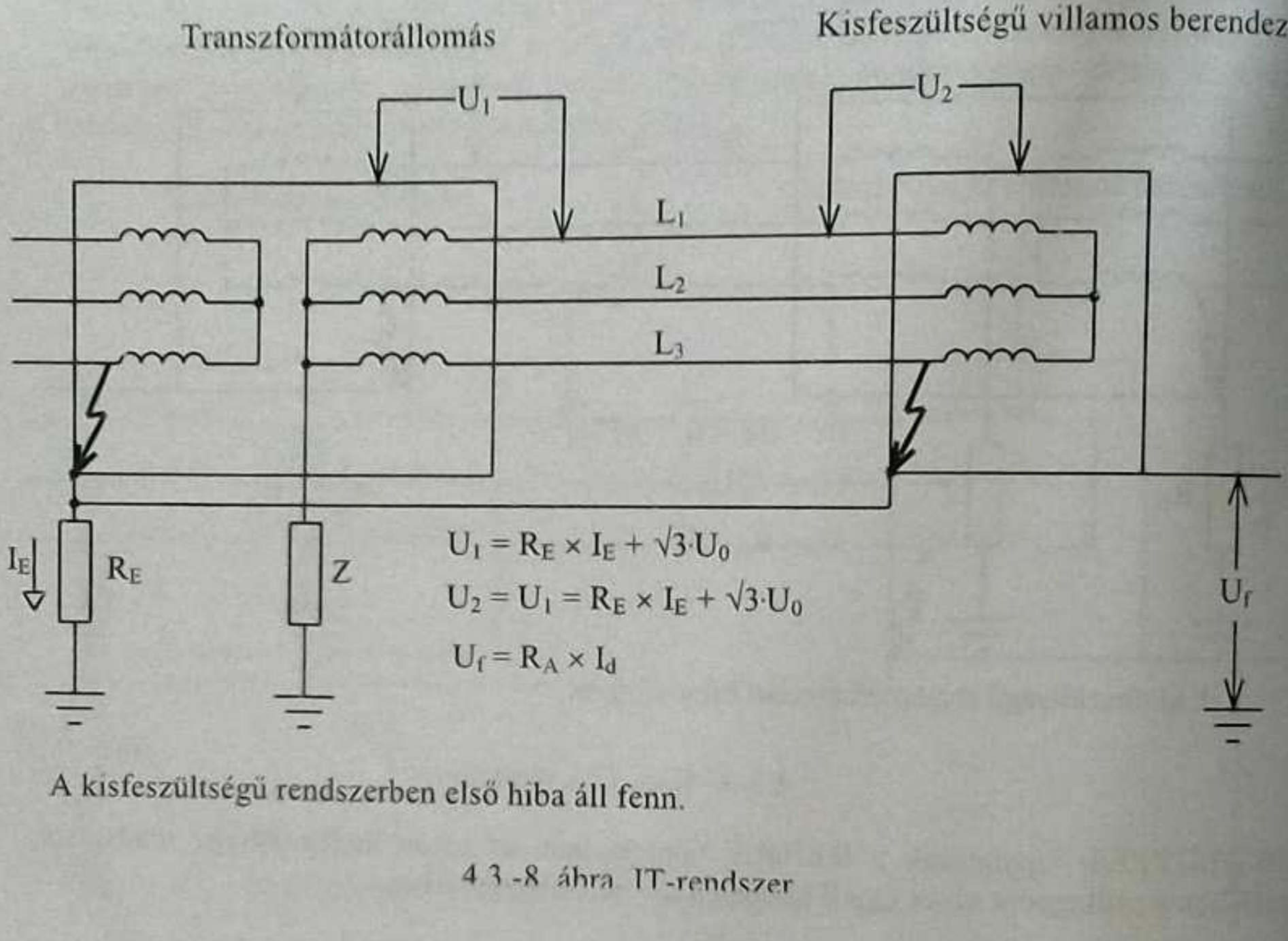
4.3.-6. ábra. IT-c rendszer

MEGJEGYZÉS: Ugyanezek a feltételek vonatkoznak az olyan kisfeszültségű rendszerre, amelyben a csillagpont nincs egy *Z* impedancián keresztül földelve.



A kisfeszültségű rendszerben első hiba áll fenn.

4.3.-7. ábra. IT-d rendszer



A kisfeszültségű rendszerben első hiba áll fenn.

4.3-8. ábra. IT-rendszer

4.3.2. Légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek elleni védelem

Ebben a fejezetben olyan módszerek leírására kerül sor, amelyekkel korlátozni lehet a tranziens túlfeszültségeket, és így elfogadható szintre lehet csökkenteni a berendezések és a hozzájuk csatlakozó villamos szerkezetek meghibásodásának kockázatát. Ez a megközelítés összhangban van az IEC 664 szigeteléskoordináció-elvével, és meghatározza a kisfeszültségű szerkezetek lökőfeszültség-állósági osztályát (túlfeszültségi osztály).

Arról lesz szó, hogy hogyan kell kiválasztani a kisfeszültségű hálózaton alkalmazható villamos szerkezeteket a lökőfeszültség-állósági osztály szerint. Az épületeknek és épületrészeknek a villám másodlagos hatásaival szembeni besorolását, valamint a túlfeszültséglevezetők kiválasztását és elhelyezését az MSZ 274, valamint az MSZ IEC 1312-1 MSZ EN 62305 tartalmazza.

A villamos berendezéseknek az elosztóhálózat felől érkező légköri eredetű túlfeszültségekkel és a berendezés szerkezetei által keltett kapcsolási túlfeszültségekkel szembeni védettsége akkor biztosított, ha a szerkezetek legalább a 4.-3. táblázatban megadott névleges feszültségállósági értékeket kielégítik.

4.3.2.1. Lökőfeszültség-állósági osztályok (túlfeszültségi osztályok)

A lökőfeszültség-állósági osztályok megalkotásának az a célja, hogy a villamos szerkezetek (mérőkészülékek, elosztók, kapcsolókészülékek, fogyasztó-készülékek, informatikai és irányítástechnikai berendezések, stb.) számára — a villamosenergia-szolgáltatás folytonossá-

gával szembeni elvárások és a meghibásodások elfogadható szintű kockázatának a szempontjából — olyan lökőfeszültség-állósági szinteket állapítson meg amellyel megvalósítható a teljes berendezés szigeteléskoordinációja, azaz a túlfeszültségek kezelése.

A túlfeszültségek bejutását, keletkezését a vonalas hálózatokban nem lehet megakadályozni. Így a gazdaságosan kivitelezhető kisfeszültségű berendezésekben elkerülhetetlenül szigetelésátütést okoznának. A cél az, hogy villamos szerkezetekre csak akkora igénybevétel jusson amelyet az elvisel. Ezt úgy lehet elérni, hogy a túlfeszültséget lépcsőzetesen — a villamos szerkezetek igénybe vehetőségének megfelelően — korlátozzuk. A lépcsőzetességet szolgálja a lökőfeszültség-állósági osztályozás, amely a közvetlenül a hálózatról táplált szerkezetek esetén alkalmazható.

A lökőfeszültség-állósági osztályokat jelölő nagyobb római szám (I...IV) a szerkezet nagyobb lökőfeszültség állóságát jelenti.

- Az I-es lökőfeszültség-állósági osztályba általában az elektronikus szerkezetek tartoznak, védelmük vagy magukba ezekbe a szerkezetekbe, vagy csatlakozóvezetékeikbe van beépítve.
- A II-es lökőfeszültség-állósági osztályba a háztartási készülékek, hordozható szerszámok és hasonló fogyasztók tartoznak.
- A III-as lökőfeszültség-állósági osztályba tartoznak a rögzített berendezésekben lévő elosztótáblák, megszakítók, vezetékrendszerek, ideértve a kábeleket, síneket, csatlakozó dobozokat, kapcsolókat, csatlakozó aljzatokat, valamint az ipari használatra szánt szerkezeteket, stb.
- A IV-es lökőfeszültség-állósági osztályba az a szerkezet tartozik, amely az épület villamos berendezésének a kezdőpontján vagy annak közelében, a főelosztó tábla előtt van beépítve. Ilyen szerkezetekre példák a villamos fogyasztásmérők, az elsődleges túláramvédelmi készülékek és a hangfrekvenciás vevők.

A másodlagos túlfeszültség-védelem elméleti és gyakorlati kérdéseivel részletesen a Kapcsolástechnika tantárgyban foglalkozunk.

4.3.2.2. Másodlagos túlfeszültség-védelem szükségessége

A táphálózat kisfeszültségű vezetékeit vagy az épületek villamos berendezéseit érő közvetlen villámcsapással nem kell számolnunk.

Kapcsolási eredetű túlfeszültségekkel szembeni védelemre sincs a legtöbb esetben szükség, mivel a mérések statisztikus kiértékelése azt mutatta, hogy kicsi — a II-es túlfeszültségi osztály szintjénél nagyobb — kapcsolási túlfeszültség megjelenésének a kockázata.

Abban az esetben, ha a berendezés kizárólag föld alatti kisfeszültségű rendszerről kapja a táplálást és nem tartalmaz szabadvezetéket, akkor a szerkezet 4.-3. táblázat szerinti lökőfeszültség állósága elegendő és nem szükséges további védelem a légköri eredetű túlfeszültségekkel szemben. (Az olyan légkábel, amelynek szigetelt vezetőit földelt fémárnyékolás védi, egyenértékűnek tekinthető a földkábellel.)

Ha a berendezést kisfeszültségű szabadvezeték táplálja vagy az ilyent tartalmaz, de a villámcsapás sűrűsége N_g kisebb mint 2.24, akkor a légköri eredetű túlfeszültségekkel szemben nem szükséges további védelem.

Abban az esetben, ha a berendezést kisfeszültségű szabadvezeték táplálja, vagy az ilyet tartalmaz és a villámcsapás sűrűsége N_g nagyobb mint 2.24, akkor a légköri eredetű túlfeszültségekkel szemben védőintézkedéseket kell alkalmazni. A védőeszköz védelmi szintje nem lehet nagyobb a 4.-3. táblázatban megadott II. túlfeszültség-védelmi osztály szintjénél.

4.-3. táblázat

Szerkezetek előírt névleges lökőfeszültség állósága

A berendezés névleges feszültsége* V	Szerkezetek előírt névleges lökőfeszültség-állósága kV			
	IV-es lökőfeszültség-állósági osztály (nagyon nagy lökőfeszültségnek kitett szerkezet)	III-as lökőfeszültség-állósági osztály (nagy lökőfeszültségnek kitett szerkezet)	II-es lökőfeszültség-állósági osztály (normál lökőfeszültségnek kitett szerkezet)	I-es ökőfeszültség-állósági osztály (csökkentett lökőfeszültségnek kitett szerkezet)
230/400 277/480	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	Az értékeket rendszertervezőnek kell meghatározni, vagy adatok hiányában a fenti sorban szereplő értékeket lehet választani.			

* Az IEC 60038 szerint

4.4. Feszültségcsökkenés-védelem

Általában nem maga a feszültségcsökkenés vagy feszültség-kimaradás okoz veszélyt, hanem az ezt követő visszakapcsolás. Gondoljunk arra, hogy egy forgácsológép nagy fordulatszám mellett kis előtolással képes forgácsolni. Amikor kimarad a feszültség, a gép leáll. Ha a feszültség újra megjelenésekor a gép automatikusan újra indulna, az előtolásnak megfelelően az anyagban benne levő kést a munkadarab széttörné, a további következményeket ne is részletezzük.

Azaz a feszültség visszatérése veszélyt okozhat, ha a villamos szerkezetek nem bírják el a közvetlen hálózatra kapcsolás indítási áramát, vagy ha több gép összekapcsolásából álló technológiai gépsor reteszelési feltételei sérülnek, vagy ha a kikapcsolt (leállt) szerkezet váratlan újraindulása balesetet okozhat.

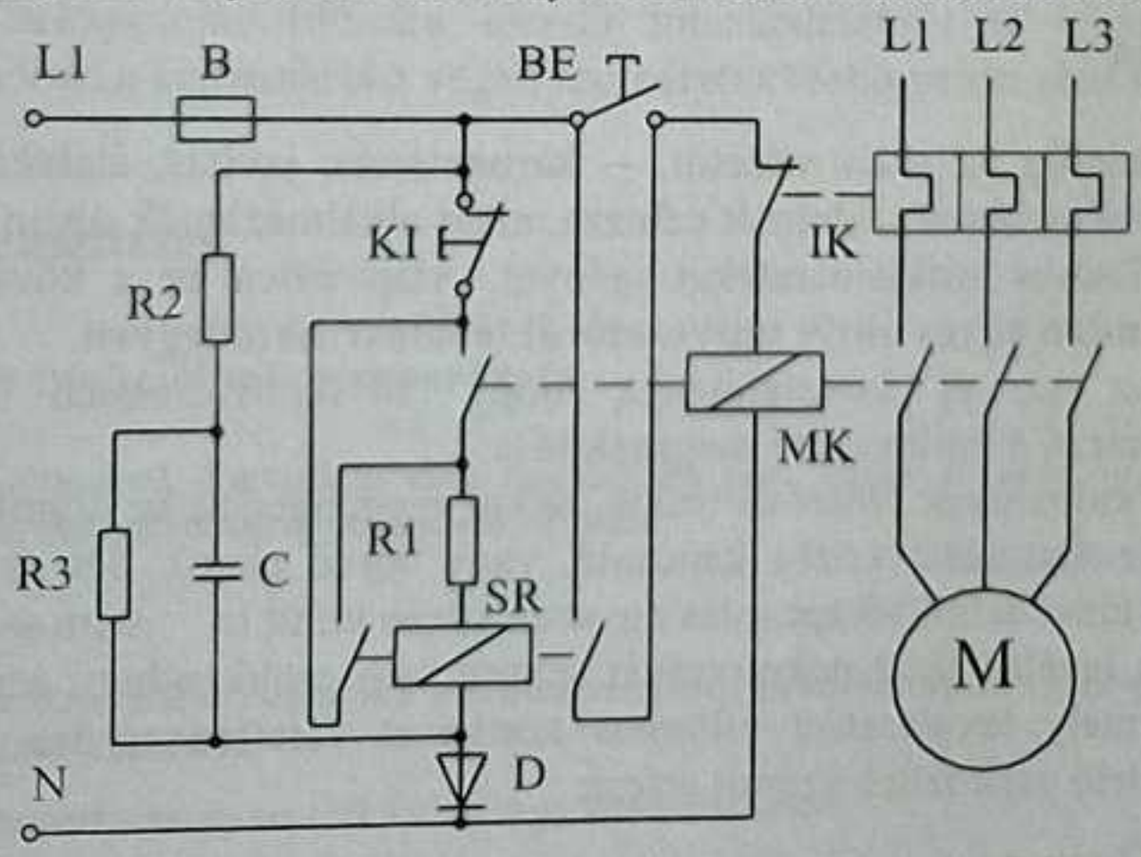
Ahol a feszültségcsökkenés vagy a feszültség kimaradása és az azt követő visszatérése a személy- és vagyonbiztonságot veszélyeztetheti, megfelelő védőintézkedéseket kell alkalmazni. Azaz, ahol a feszültségcsökkenés balesetet okozhat, vagy a villamos berendezés egy részét vagy a fogyasztókészülékeket károsíthatja ott feszültségcsökkenés-védelmi eszközt kell alkalmazni.

Nem kell feszültségcsökkenés-védelmi eszközt alkalmazni, ha a berendezés vagy a fogyasztókészülékek károsodása elfogadható kockázatnak tekinthető, feltéve, hogy a védelmi eszköz elhagyása személyeket nem veszélyeztet.

Hazánkban a múló jellegű zárlatok hárítására a középfeszültségű táphálózatokon gyors-visszakapcsolást alkalmazunk, melynek késleltetése 2...4 s. A holtidő alatt a mintaként említett forgácsoló gépek nem veszítenek forgási sebességükből annyit, hogy a feszültség visszatérése kárt okozna, így célszerű a feszültség kimaradást követő azonnali, pillanatszerű kikapcsolás késleltetése, evvel a sikeres visszakapcsolás nem okoz fogyasztói kikapcsolódást. Ezért megengedett a feszültségcsökkenés-védelmi eszköz működésének késleltetése ott, ahol a védett készülék veszélytelenül elviseli a rövid idejű feszültség-kimaradásokat, illetve feszültség-csökkenéseket.

Egy gyakorlati megoldás lehet például a kontaktorok tartóáramkörének rövid idejű fenntartása kondenzátor energiájával (4.4.-1 ábra). Azért a tartóáramkör lebontásának késleltetése a jó megoldás, mert a kontaktorok használata esetén azok nyitásának és visszazárásának késleltetése nem szabad, hogy a vezérlő- és védőeszközök pillanatkioldását akadályozza.

Más szóval a védelmi lekapcsolás, vagy a szándékos kikapcsolás azonnal végrehajtódjon, azt a feszültségcsökkenés-védelem késleltetése ne késleltesse és rövid idejű "ki" impulzus esetén a feszültségcsökkenés-védelem ne kapcsolhasson vissza. Egyébként a feszültségcsökkenés-védelmi eszköztől elvárjuk viszont, hogy feleljen meg a készülékek indítására és használatára vonatkozó előírások, szabványok követelményeinek, azaz a működtetést ne befolyásolja!



L1, L2, L3 fázisvezetők, N nullavezető, B olvadó biztosító, BE nyomógomb, K1 nyomógomb, IK ikerfémes kioldó, MK mágneskapcsoló, SR segédrelé, D dióda, C kondenzátor, R1, R2, R3 ellenállások

4.4.-1 ábra. Feszültségcsökkenés-védelem működésének késleltetése

Tekintettel arra, hogy a világítás tartós kimaradása pánikot és veszélyhelyzetet idézhet elő, a világítási áramköröket (is) tápláló berendezések feszültségcsökkenési védelmét **ajánlatos** az alábbiak szerint kialakítani:

- Az üzemi világítás céljára szolgáló berendezéseket nem szabad olyan berendezésen keresztül táplálni, amely feszültségcsökkenés esetén kikapcsol és a feszültség visszatérésekor önműködően nem kapcsol vissza.
- Ettől az előírástól el lehet tekinteni abban az esetben, ha az üzemi világítás kikapcsolása vagy kikapcsolódása esetén önműködően szükségvilágítás lép működésbe.

Hazánkban a feszültségcsökkenés-védelem beállítása olyan, hogy a névleges feszültség 80-85% alá csökkenésekor lép működésbe.

4.5. Védelmi célú leválasztás és kapcsolás elhelyezése

Azt kell meghatározni, hogy hová (milyen célra), milyen megnevezésű kapcsolót kell alkalmazni ahhoz, hogy a villamos szerkezetekkel kapcsolatos létesítési, szerelési, beállítási stb. feladatok veszély nélkül elvégezhetőek legyenek. Azaz azokat a nem önműködő, helyi leválasztási és kapcsolási vagy távleválasztási és távkapcsolási megoldásokat ismertetjük, amelyek a villamos berendezésekkel, illetve a villamos táplálású szerkezetekkel és gépekkel kapcsolatos veszélyeket küszöbölik ki vagy hárítják el.

Mielőtt a leválasztás, lekapcsolás eseteivel részletesen foglalkoznánk, le kell szögezni egy nagyon fontos alapvető biztonságtechnikai feltételt. Éspedig azt, hogy:

a PEN-vezetőt semmilyen körülmények között nem szabad lekapcsolni, tehát leválasztásnál sem! Ez természetesen a TN-C rendszerekre és a TN-C-S rendszerek TN-C részére vonatkozik.

Az MSZ 2364 szabvány szerint, a TN-C-S és TN-S rendszerekben az (N) nullavezetőt nem szükséges leválasztani vagy lekapcsolni, ha a táphálózat kezelője nyilatkozik, hogy a táphálózat PEN- vagy nullavezetője megfelelő kis ellenálláson keresztül le van földelve. E könnyítés alkalmazása a hazai egyfázisú áramkörökben — a korábbi rendelkezések általános közismertsége miatt — nem ajánlható.

4.5.1. Leválasztás

A leválasztás mindig az aktív vezetőt — karbantartás, javítás, átalakítás céljából — megérintő villamos szakemberek védelmét célozza, ezért alkalmazhatók olyan megoldások is, amelyek kezelése villamos szakismereteket igényel. Alapvetően az a követelmény, hogy **minden áramkör minden egyes aktív tápvezetőről leválasztható legyen**.

Fontos kiemelni azt az új követelményt, hogy TT-rendszerekben a háromfázisú kapcsolásoknál is kötelező a nullavezető megszakítása.

Ha az üzemi körülmények lehetővé teszik, akkor megengedett az áramkörök egy adott csoportjának közös leválasztása (közös kapcsoló, vagy bontó elem). Sőt ez mindenképpen javasolható például a tűzvédelmi lekapcsolás egyszerűsítése miatt is.

A védelmi célú leválasztás hatékonyságát semmi sem csökkentheti, azaz gondoskodni kell arról, hogy bármely leválasztott villamos szerkezet **véletlenszerűen** se kerülhessen feszültség alá. Megfelelő eszköznek számít erre a:

- lelakatolás,
- figyelmeztető felirat(ok) elhelyezése,
- a leválasztó eszköz elzárt helyen vagy burkolatban való elhelyezése.

A biztonságot növeli ha kiegészítő módszerként rövidre zárást és földelést is alkalmazunk.

Ha az aktív vezető egynél több forrásról táplálható, akkor alkalmas helyen olyan figyelmeztető feliratot kell elhelyezni, amely az aktív részeket megközelítő (megérinteni képes) személy(eke)t figyelmezteti arra, hogy az aktív részeket az összes különböző tápforrásról le kell választani.

Nem szabad elfeledkezni arról sem, hogy szükséges lehet a felhalmozódott villamos töltések kisütése is (pl. nagyfeszültségű kábelek leválasztása).

4.5.2. Tiltókapcsolás alkalmazása mechanikai karbantartáshoz

A villamos táplálású mechanikai szerkezetek tartalmazhatnak forgógépeket, fűtőtesteket és elektromágneses szerkezeteket is. Ezek karbantartása, szerelése idejére biztosítani kell működésképtelenségüket, ezért

tiltókapcsolót kell alkalmazni, ha a mechanikai karbantartás fizikai sérülés veszélyével járhat.

A tiltókapcsoló elhelyezésén túlmenően megfelelő módon meg kell akadályozni, hogy a villamos táplálású szerkezet a mechanikai karbantartás során véletlenszerűen feszültség alá kerüljön. Erre a célra alkalmazhatók például — egyedileg vagy párhuzamosan — a következő módszerek:

- lelakatolás;
- figyelmeztető feliratok;
- elzárt helyen vagy burkolatban való elhelyezés.

A véletlenszerű bekapcsolás tiltására teendő intézkedésektől el lehet tekinteni, ha a tiltókapcsoló állandóan a karbantartást végző személy(ek) felügyelete alatt áll.

4.5.3. Vészüzemeltetés

A vészüzemeltetés funkcióinak magyarázata

Ezek a fogalmak Európában még megfontolás alatt állnak a „vész"-szel kapcsolatos fogalmak használatának egységesítése céljából.

Vészüzemeltetés

Az olyan üzemeltetés, amelynek a célja a váratlanul bekövetkezhető veszélyhelyzet lehető leggyorsabb elhárítása.

A vészüzemeltetéshez tartozik külön vagy kombinációban:

- vészleállítás;
- vészindítás;
- vészkikapcsolás;
- vészbekapcsolás.

A „vészkapcsolás" szó jelentheti a vészkikapcsolás vagy vészbekapcsolás műveletét.

Vészleállítás

Vészüzemeltetés, amelynek a célja olyan folyamat vagy olyan mozgás leállítása, amely veszélyessé vált.

Vészindítás

Vészüzemeltetés, amelynek a célja egy folyamat vagy egy mozgás elindítása a veszélyes állapot megszüntetésére vagy elkerülésére.

Vészkikapcsolás

Vészüzemeltetés, amelynek a célja kikapcsolni a villamos berendezésnek vagy csak egy részének a villamos energiaellátását akkor, ha abban áramütés veszélye vagy más villamos eredetű veszély áll fenn.

Vészbekapcsolás

Vészüzemeltetés, amelynek a célja bekapcsolni a villamos berendezés annak a részének a villamos energiaellátását, amely vészhelyzetek esetében használatos.

A vészkikapcsolónak célja az előre nem látott események miatti igen sürgős kikapcsolás. Ezért ezeknek felismerhetősége, hozzáférhetősége és igen gyors, segédeszköz nélküli akadálytalan működtethetősége alapvető követelmény.

Vészkikapcsolóval kell ellátni a berendezés minden olyan részét, amelynél a váratlan veszélyek elhárítása céljából a táplálás vezérlésére lehet szükség.

Példák olyan létesítményekre, amelyeknél a mechanikai karbantartáshoz tiltókapcsolókat (a 4.5.2. fejezet szerinti vészleállításon kívül) kell használni:

- éghető folyadékok szivattyú berendezései;
- szellőzőrendszerek;
- nagy számítógépek;
- nagy feszültségű kisülő világítás (pl. neon jelzőfények);
- egyes nagy épületek, pl. áruházak;
- villamos vizsgáló és kutató létesítmények;
- kazánházak;
- nagy konyhák;
- oktató laboratóriumok.

A vészkikapcsolóra vonatkozó követelmények:

- Ha fennáll az áramütés veszélye, akkor a vészkikapcsolónak az összes aktív vezetőt meg kell szakítania.
- A vészkikapcsolóknak a lehető legközvetlenebb módon kell a megfelelő tápvezetékekre hatniuk.
- A megoldás olyan legyen, hogy a megfelelő tápforrást egyetlen mozdulattal le lehessen kapcsolni.
- A vészkikapcsoló kialakítása olyan legyen, hogy a működtetése ne okozzon újabb veszélyt, illetve ne zavarja a veszély elhárítására szolgáló teljes műveletet.
- Ha a villamosan előidézett mozgások veszélyt okozhatnak, akkor vészleállító(ka)t kell alkalmazni.

4.5.4. Üzemszerű kapcsolás (vezérlés) biztonságos kialakítása

Az üzemi kapcsolót a villamos szerkezet kezelője, felhasználója működteti, a kezeléshez szüksége gyakorisággal. Ennek tehát olyan kivitelűnek kell lennie, amelynek biztonságos működtetésére az itt elvárható képzettségű (háztartási és hasonló készülékeknél teljesen képzetlen) kezelő képes és alkalmas. Ezen kapcsolóknak gyakori üzemszerű kapcsolásra kell alkalmasnak lenniük, és az előbb vagy utóbb bekövetkező működésképtelenségük felismerhető kell, hogy legyen.

Az üzemi kapcsoló biztonságos kialakításának feltételei:

- Üzemi kapcsolóval kell ellátni az áramkör minden olyan részét, amelyet a berendezés többi részeitől függetlenül akarunk vezérelni;

- Az üzemi kapcsolónak nem kell okvetlenül az áramkör összes aktív vezetőjét kikapcsolnia;
  - Egysarkú kapcsolót nem szabad a nullavezetőbe beiktatni;
  - A nullavezető megszakítása nem követelmény;
- Minden vezérlést igénylő fogyasztókészüléket megfelelő üzemi kapcsolóval kell vezérelni.
  - Egy egyfunkciós kapcsolóval szabad több, egyidejűleg működtetendő készülékrészt vezérelni.
- Üzemszerű kapcsolásra szabad 16 A-nál nem nagyobb névleges áramú dugós csatlakozót használni.
- Alternatív áramforrásokról történő táplálás esetén az üzemszerű váltókapcsolónak az összes aktív vezetőt ki kell kapcsolnia, és nem szabad alkalmasnak lennie az áramforrások párhuzamos kapcsolására; kivéve, ha a berendezés kifejezetten ennek a feltételnek megfelelően van kialakítva.
  - Ilyen esetekben ne legyen lehetőség a PEN-vezető vagy a PE-védővezetők leválasztására.

4.5.5. Vezérlő áramkörök (segédáramkörök) biztonságos kialakítása

A vezérlő áramköröket úgy kell kialakítani, elrendezni és olyan védelemmel kell ellátni, amelyek kiküszöbölik azokat a veszélyeket, amelyek — a vezérlő áramkör és más vezető részek közötti hiba következtében — a vezérelt készülék rendellenes működését (pl. véletlenszerű működését) okozhatják.

4.5.5.1. Motorvezérlés biztonsági szempontú többletkövetelményei

- A motorvezérlő áramkörök kialakítása akadályozza meg, hogy a feszültség csökkenése vagy kimaradása miatt leállt motor önműködően újrainduljon, ha az újraindulás veszélyt okozhat.
- Ellenáramú fékezésű motor esetén — ha az ilyen forgásirány-változás veszélyt okozhat — ki kell küszöbölni a forgásiránynak a fékezés végén bekövetkező megváltozását.
- Ha a biztonság a motor forgásirányától függ, akkor gondoskodni kell arról, hogy fáziscsere miatt ne következzék be forgásirány váltás, azaz ellenirányú működés.

Ebben a fejezetben azt tárgyaltuk, hogy hová (milyen célra), milyen megnevezésü kapcsolót kell alkalmazni, de azt, hogy ezekre milyen kialakítási követelmények vonatkoznak, az az MSZ 2364-537 főfejezetben található

4.6. Különleges berendezésekre vagy helyiségekre vonatkozó követelmények

E pontban nem ismertetjük a részletes előírásokat, csak megemlítjük milyen esetekben kell a szabvány általános előírásaitól eltérni. Konkrét feladat megoldásakor úgy sem nélkülözhető az érvényes szabványelőírások részletes tanulmányozása.

Az MSZ 2364 és az MSZ HD 60364 „hétszázas" sorozat az alábbi berendezésekre, helyiségekre vonatkozik:

- **Uszodák**

  A szabvány egyaránt vonatkozik szabadtéri és belső téri uszodákra és medencékre. A gyógyászati medencékre az MSZ 2040 további előírásokat is ad.

- **Szaunafűtő berendezést tartalmazó helyiségek**

  E szabvány előírásai azokra a helyiségekre érvényesek, amelyekben kizárólag erre a célra készült és különleges környezeti körülmények között használatos, EN 60335-2-53 szerinti szaunafűtő berendezés van felszerelve.

- **Felvonulási területek villamos berendezései**

  Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei azokra az ideiglenes villamos berendezésekre vonatkoznak, amelyek a következő munkákhoz szükségesek:

  - új épületek építési munkái;
  - meglévő épületek felújítása, átalakítása, bővítése vagy bontása;
  - közműépítési munkák;
  - földmunkák;
  - és más hasonló jellegű munkák.

- **Mezőgazdasági és kertészeti épületek villamos berendezései**

  Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei a mezőgazdasági és kertészeti épületek rögzített, szabadtéri vagy belsőtéri berendezéseinek minden részére, valamint olyan helyiségekre vonatkoznak, ahol állatállományt tartanak (pl. istállók, csirkeólak, sertésólak, etetőhelyiségek, padlás vagy más tárolóhelyiség széna, szalma vagy műtrágya tárolására).

  E szabvány nem vonatkozik az emberi tartózkodásra szánt lakóházak berendezéseire.

- **Vezetőanyagú szűk helyek**

  Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei a vezetőanyagú szűk helyek berendezéseire és az ilyen helyiségekben lévő gyártmányok táplálására vonatkozik. A vezetőanyagú szűk helyek főleg fémes vagy vezető anyagú részekkel vannak határolva, amelyekben valószínű, hogy valamely személy testének jelentős részével érintkezésbe kerül a vezetőanyagú határoló részekkel, és ahol ennek az érintkezésnek a megszüntetési lehetősége korlátozott.

  Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei nem vonatkoznak olyan helyiségekre, ahol szabad lehetőség van a személy munkához szükséges testi mozgására, a helyiségbe történő belépésre és annak elhagyására.

Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei vonatkoznak a szűk helyekben lévő rögzített szerkezetekre, valamint az ilyen helyeken alkalmazott hordozható szerkezetek táplálására.

➢ **Lakókocsiparkok és lakókocsik villamos berendezései**

E szabvány követelményei azt kívánják elérni, hogy a nemzetközi/európai előírásoknak megfelelően kiképzett kempingek villamos berendezéseire ideiglenesen csatlakozó lakókocsik villamos biztonsága a csatlakoztatással önműködően (külön szakképzett személy igénybevétele nélkül) megoldódjék. Ezért nem vonatkozik ez a szabvány a felvonulási területeknek, alkalmi vásároknak, vándorcirkuszok kocsijainak stb. villamos berendezéseire

➢ **Szabadtéri világítóberendezések**

Ennek a főfejezetnek a különleges követelményei a rögzített elhelyezésű, szabadtéri világítóberendezésekre vonatkoznak.

MEGJEGYZÉS: A szabadtéri világítás magába foglalja az épületen kívül elhelyezett világítótesteket, vezetékhálózatot és szerelvényeket.

Ezek a szabályok különösen vonatkoznak:

- pl. utaknak, parkoknak, kerteknek, közterületeknek, sportpályáknak, emlékművek megvilágításának és díszkivilágításnak a világítóberendezéseire.
- Más, olyan helyeken lévő világítóberendezésekre, mint pl. telefonfülke, autóbuszmegálló, hirdetőtábla, várostérkép, útjelzőtábla.

Ezek a szabályok nem vonatkoznak:

- a közcélú elosztóhálózat részét alkotó közvilágítás villamos berendezéseire;
- az ideiglenes díszfüzér-világításra;
- közúti forgalmi jelzőrendszerekre;
- az épület külsején elhelyezett olyan világítótestekre, amelyek közvetlenül az épület belső vezetékhálózatáról kapják a táplálást.

Az uszodák és szökőkutak világítási villamos berendezéseire a 702. főfejezet vonatkozik.

Az MSZ 1600 szabványsorozat „Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára" szabványok **érvényben lévő előírásai** a következő helyiségekre, terekre vonatkoznak:

➢ **Időszakosan nedves helyiségek**

Időszakosan nedves az a helyiség, amelyben — rendeltetésszerű használat esetén — a levegő relatív nedvességtartalma csak rövid időre haladja meg a 75%-ot, illetve időszakosan pára- vagy gőzképződés, illetve nedvesség-lecsapódás keletkezik, a helyiség azonban gyorsan kiszárad.

Időszakosan nedves helyiségek a lakások fürdőszobái és zuhanyzó fülkéi, konyhái egyes vegyi laboratóriumok és ipari üzemek hasonló helyiségei.

➢ **Villamos kezelőterek és laboratóriumok**

Összefoglaló néven **villamos kezelőtér** alatt:

- a villamos kezelő helyiség,
- a szabadtéri villamos kezelőtér,

(*Ezek olyan kezelőterek ahol a villamos berendezéseket legalább kioktatott személyek kezelik, de oda villamos szempontból nem kioktatott személyek is beléphetnek.*)

- az elzárt villamos kezelő helyiség, és
- az elzárt szabadtéri villamos kezelőtér

(*Ezek olyan kezelőterek ahol a villamos berendezéseket villamos szempontból szakképzett személyek kezelik, és ahová nem szakképzett személyek csak szakképzett személyek felügyeletével léphetnek be.*) értendő.

Villamos laboratórium fogalma alá tartoznak a villamos mérőhelyiségek és próbatermek is.

- **Színházak és más kulturális létesítmények**

  Összefoglaló néven kulturális létesítmények a filmszínházak, előadó- és hangversenytermek, művelődési házak, sportcsarnokok, cirkuszok, film- és televíziós stúdiók, valamint szabadtéri színpadok, mozik film- és televíziós alkalmi felvevő helyek.

- **Közterület**

  Közterület az a terület, amelyen a hatóság közforgalmat engedélyez gyalogosok és/vagy járművek számára.

- **Helyhezkötött akkumulátorok telepítése, akkumulátorhelyiségek és akkumulátor-töltőállomások létesítése.**

  Csak a 0,5 kW-nál nagyobb töltőteljesítményű, helyhezkötött akkumulátor-telepekre ad előírásokat.

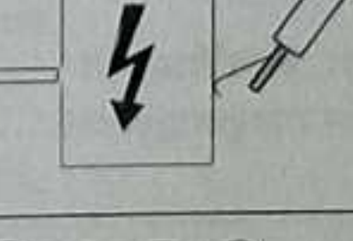
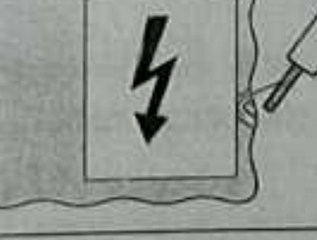
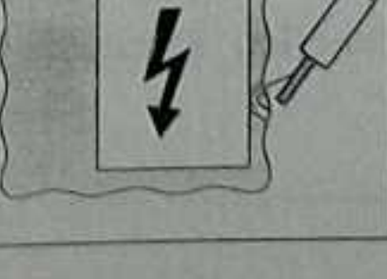
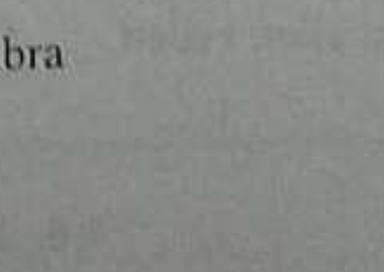
  Nem vonatkozik azokra a telepekre, amelyekben légmentesen lezárt akkumulátorok vannak, illetve ha a töltőberendezés

4.7. Gyártmányok védettsége

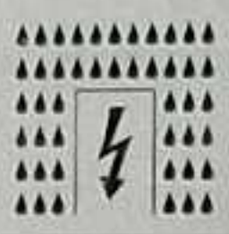
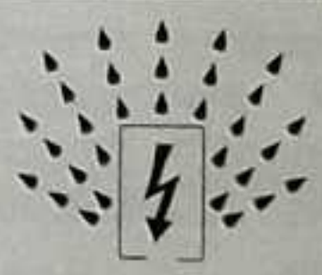
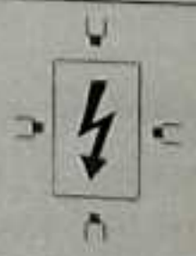
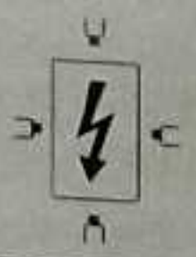
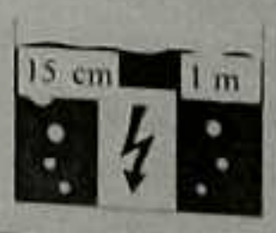
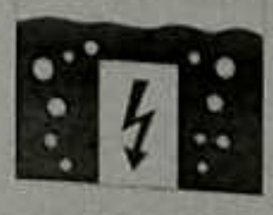
A villamos gyártmányok védettsége azt határozza meg, hogy a gyártmány hogyan, milyen mértékben áll ellen a víz és por behatolásának, s milyen védelmet nyújt az ellen, hogy a kezelő vagy más illetéktelen személy a burkolaton keresztül benyúlva veszélyes részeket érintsen.

Az ipari felhasználásra készült gyártmányok védettségére az MSZ EN 60529 szabvány részletesen előírásokat ad mind a rendszerre, mind a követelményekre és a vizsgálatokra. A védettség fokozatait IP betűkkel (International Protection) és egy kétjegyű számmal jelöli, amely számból az **első számjegy** (4.6.-1. ábra) a személyek benyúlása és a por behatolása elleni védelmet , a **második számjegy** (4.6.-2. ábra) a víz behatolása elleni védelmet jelenti. A szám helyére írt X jel azt jelenti, hogy az a védettség nincs előírva, meghatározva. Nem kötelező alkalmazással kiegészítő betűjelölés is alkalmazható, amelynek magyarázata a 4.6.-3. ábrán látható. Bármely védettségi fokozat csak olyan gyártmányon tüntethető fel, amely kiállta a fokozathoz tartozó próbákat.

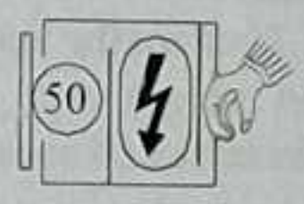
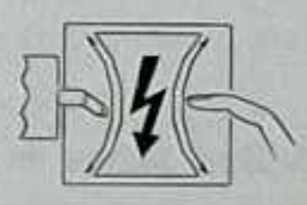
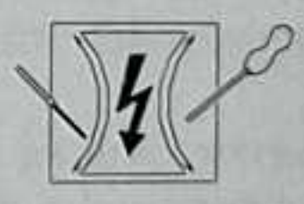
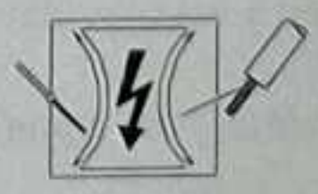
A villamos gyártmányok szükséges védettségi fokozatát mindig a vonatkozó termékszabványok határozzák meg.

Első számjegy			
Szilárd testek behatolása elleni védettség			Személyek védettsége veszélyes részek érintése esetén
IP	Követelmények	Példa	
0	Nincs védettség		Nem védett.
1	50 mm átmérőjű gömb teljes behatolása nem megengedett. A veszélyes részek érintése nincs megengedve.		Kézháttal
2	12,5 mm átmérőjű gömb teljes behatolása nem megengedett. Az ízelt tapintóujj és a veszélyes részek között megfelelő légköz legyen.		Ujjal
3	2,5 mm átmérőjű tapintóeszköz ne hatoljon be.		Szerszámmal
4	1 mm átmérőjű tapintóeszköz ne hatoljon be.		Huzallal
5	Korlátozott mértékű porbehatolás megengedett (nincs káros lerakódás).		Huzallal
6	Teljes védettség por behatolása ellen.		Huzallal

4.6.-1. ábra

Második számjegy			
Víz káros behatolása elleni védettség			Védettség víz ellen
IP	Követelmények	Példa	
0	Nincs védettség		Nem védett.
1	Függőlegesen leeső vízcseppek ellen védett. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Függőlegesen leeső vízcseppek esetén
2	Függőlegesen leeső vízcseppek ellen védett, a függőlegestől 15°-kal elbillent burkolat esetén. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Függőlegestől legfeljebb 15°-ig eltérően leeső vízcseppek esetén
3	A függőlegeshez képest 60°-ig terjedő irányban szórt víz ellen védett. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Korlátozott mérték-ben szórt víz esetén
4	Minden irányú freccsenő víz ellen védett. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Minden irányból freccsenő víz ellen
5	Vízsugár ellen védett. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Minden irányból, tömlőből érkező vízsugár esetén
6	Erős vízsugár ellen védett. Korlátozott mértékű vízbehatolás megengedett.		Minden irányból, tömlőből érkező erős vízsugár esetén
7	Vízbemerítés hatásai ellen 15 cm és 1 m között védett.		Időszakos vízbe-merítés esetén.
8	Hosszú időtartamú, nyomás alatti vízbemerítés hatásai ellen védett.		Tartós vízbemerítés esetén.

4.6.-2.ábra

Első kiegészítő betű (nem kötelező)			
IP	Követelmények	Példa	Személyek védettsége veszélyes részek érintése esetén
A 0 első szám-jeggyel való alkalmazáshoz	50 mm átmérőjű gömbnek a takarólapig való behatolásakor nem szabad érintkeznie veszélyes részekkel.		Kézháttal
B 0 és 1 első számjeggyel való alkalmazáshoz	A tapintóujj legfeljebb 80 mm-ig való behatolása folyamán nem szabad érintkeznie veszélyes részekkel.		Ujjal
C 1 és 2 első számjeggyel való alkalmazáshoz	2,5 mm átmérőjű, 100 mm hosszú huzalnak nem szabad érintkeznie veszélyes részekkel, amikor a gömbszerű ütköző homlokfelület részlegesen bejut.		Szerszámmal
D 2 és 3 első számjeggyel való alkalmazáshoz	1,0 mm átmérőjű, 100 mm hosszú huzalnak nem szabad érintkeznie veszélyes részekkel, amikor a gömbszerű ütköző homlokfelület részlegesen bejut.		Huzallal

4.6.-3. ábra

5. VILLAMOS BERENDEZÉS ELLENŐRZÉSE

Épületek — váltakozó áram esetén 1000 V-nál, egyenáram esetén 1500 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű — erősáramú villamos berendezéseinek első ellenőrzése, és időszakos ellenőrzése (szabványossági felülvizsgálata).

Mind a hibavédelem, mind az alapvédelem olyan életvédelmi intézkedés, amelynek meglétében, helyes kialakításában, és megfelelő működésében nem elegendő bízni, vagy hinni, arról meg is kell győződni, sőt kifogástalan állapotáról — folyamatosan, vagy megfelelő gyakorisággal — informálódni kell, és hiba esetén haladéktalanul intézkedni szükséges. Minden hiba életveszélyt jelenthet, áramütéses balesetet okozhat!

5.1. Első ellenőrzés

Minden villamos berendezést a szerelése alatt és annak befejezése után, az üzemszerű használatba vétele előtt, szemrevételezéssel és műszeres vizsgálattal ellenőrizni kell annak igazolására, hogy megfelel az MSZ 2364/ MSZ HD 60364 szabványsorozat követelményeinek. Az első ellenőrzést csak az arra feljogosított, szakképzett személy végezheti.

Szemrevételezés: A villamos berendezés vizsgálása az érzékszerveinkkel annak kiderítése céljából, hogy a villamos szerkezetek helyesen lettek-e kiválasztva és megfelelően lettek-e szerelve.

(Műszeres) vizsgálat: A villamos berendezésen mérések végzése a hatékonyság igazolására.

- **Szemrevételezéssel** kell ellenőrizni, hogy a tartósan bekötött villamos szerkezetek:
  - megfelelnek a vonatkozó termékszabvány biztonsági követelményeinek;
  - a gyártó előírásainak megfelelően pontosan lettek kiválasztva és szerelve;
  - nincs olyan látható sérülésük, ami csökkentené a biztonságot.

A műszeres vizsgálatot szemrevételezésnek kell megelőznie, és azt általában a villamos berendezés feszültség alá helyezése előtt kell elvégezni.

A szemrevételezésnek legalább a következőkre kell kitérnie:

- az áramütés elleni védelmi módra, beleértve a burkolat, védőfedés vagy védőakadály alkalmazására, vagy a kézzel elérhető tartományon kívüli elhelyezéssel megvalósított védelemmel kapcsolatos távolságok megmérésére;
- tűzgátló szerkezetek, valamint a hőhatás elleni védelem meglétére;
- a vezetők megfelelő megválasztására (megengedett áram és a feszültségesés);
- a védelmi eszközök és ellenőrzőkészülékek kiválasztására és beállítására;
- leválasztó- és kapcsolóeszközök megfelelőségére, meglétére, elhelyezésére;

- a villamos szerkezetek és a védelmi módok külső hatásoknak megfelelő kiválasztására;
- a nulla- és a védővezető helyes megjelölésére;
- az egypólusú kapcsolóeszközök helyes elhelyezésére (csak a fázisvezetőkben vannak);
- kapcsolási rajzok, figyelmeztető feliratok meglétére;
- az áramkörök, túláramvédelmi eszközök, kapcsolók, csatlakozókapcsok stb. megjelölésére;
- a vezetők csatlakozásainak megfelelőségére;
- a védővezetők, köztük a védő egyenpotenciálra hozó vezetők és a kiegészítő védő egyenpotenciálra hozó vezetők meglétére és megfelelőségére;
- megközelíthetőségre (üzemeltetéshez és karbantartáshoz elegendő hely meglétére).

➢ **Vizsgálattal** (méréssel) kell ellenőrizni:

- a védővezetők, valamint az egyenpotenciálra hozó összekötés folytonosságát (A vizsgálatra 4…24 V feszültségű, 0,2 A terhelhetőségű tápforrást kell alkalmazni.);
- a villamos berendezés szigetelési ellenállását (Szigetelési ellenállás mérés minden aktív vezető és a föld között.);
- az áramkörök elválasztásával megvalósított védelmet:
  - ♦ SELV áramkörök aktív részeinek más áramkörök aktív részeitől és a földtől való elválasztását szigetelési ellenállás méréssel kell ellenőrizni (5.-1. táblázat);
  - ♦ PELV áramkörök aktív részeinek más áramkörök aktív részeitől való elválasztását szigetelési ellenállás méréssel kell ellenőrizni (5.-1. táblázat);
  - ♦ A villamosan elválasztott áramkörök aktív részeinek más áramkörök aktív részeitől és a földtől való elválasztását szigetelési ellenállás méréssel kell ellenőrizni;
- a környezet elszigetelését, azaz meg kell mérni a padlózat és a fal szigetelési ellenállását;
- a tápforrás önműködő lekapcsolását;
- a polaritást, azaz a fázisvezető és a nullavezető felcserélését;
- a villamos szilárdságot;
- a működőképességet;

- a hőhatásokat;
- a feszültségesést;
- fázissorrendet.

5.-1. táblázat

Szigetelési ellenállás legkisebb értékei

Az áramkör névleges feszültsége (V)	Vizsgálati egyenfeszültség (V)	Szigetelési ellenállás (MΩ)
SELV és PELV	250	≥ 0,25
Legfeljebb 500 V, az előző esetek kivételével	500	≥ 0,5
500 V fölött	1000	≥ 1,0

Az első ellenőrzést a kivitelező külön felülvizsgálói szakképzettséggel nem rendelkező erősáramú végzettségű szakembere a kivitelezés során, vagy azt követően — Az MSZ 60364-6 szabványban rögzített részletes előírások szerint — végezheti el.

Az első ellenőrzésről jelentést kell készíteni:

- Egy új berendezésnek vagy egy meglévő berendezés bővítéseinek vagy módosításainak ellenőrzése után elkészített első jelentés dokumentációjának tartalmaznia kell az adott berendezés kiterjedését, a szemrevételezés leírását és a vizsgálati eredményeket.
  Az ellenőrzés során felmerült bármilyen hibát el kell hárítani, illetve minden hiányt pótolni kell, mielőtt az ellenőrzést végző fél kinyilvánítja, hogy a berendezés megfelel az MSZ HD 60364-nek.
- A meglévő berendezések módosításainak vagy bővítéseinek első ellenőrzése esetén a jelentés tartalmazhat javításokra és tökéletesítésekre vonatkozó ajánlásokat.

A berendezés biztonságáért, kialakításáért és ellenőrzéséért felelős személynek vagy személyeknek a jelentést, amely az ő sajátos felelősségüket is figyelembe veszi át kell adni a munkát megrendelő személynek. A jelentést az ellenőrzésre jogosult személynek vagy személyeknek kell összeállítani és aláírni, vagy más módon hitelesíteni.

5.2. Időszakos ellenőrzés

Az időszakos ellenőrzés Magyarországban háromféle szempontból lehet:

- villámvédelem felülvizsgálata,
- erősáramú berendezések időszakos felülvizsgálata,
- érintésvédelem-szabványossági felülvizsgálata (esetenként elegendő szerelői ellenőrzés).

ltt az időszakos ellenőrzés keretein belül a hibavédelemmel (az új terminológia még az ellenőrzés előírásaiba nincs átvezetve, ezért érintésvédelem) foglalkozom részletesen.
Célja: a villamos berendezés meghibásodásából eredő áramütéses balesetek megakadályozása.

A korábban kötelező alkalmazású MSZ 172-1 szabvány írta elő az érintésvédelem szabványossági felülvizsgálatot. A régi gyakorlat szerint a szabvány nem csak műszaki előírásokat tartalmazott, hanem előírta magát a vizsgálatot és annak gyakoriságát is.

Jelenleg a felülvizsgálat gyakoriságát a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről szóló 14/2004. (IV.19.) FMM rendelet szabályozza.

A felülvizsgálat esedékes:

- Minden villamos berendezés **üzembe helyezését megelőzően;**
- **Felújítás,** és minden olyan **javítás** esetén, amely az érintésvédelem működését jelentősen befolyásolhatja. (10%-ot meghaladó átalakítás, vagy bővítés esetén);
- **Háromévenként** a Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzata (KLÉSZ) hatálya alá tartozó villamos berendezések kivételével.

Az újonnan létesült berendezések időszakos ellenőrzésre vonatkozó általános előírásokat az MSZ HD 60364-6 tartalmazza. De miután a berendezések ellenőrzésére, karbantartására mindig a létesítéskor érvényes előírásokat, kell alapul venni, ezért a 2003. év előtt létesült berendezéseket az MSZ 172/1 és az MSZ 1600 előírásai szerint kell időszakosan ellenőrizni. A közvetett érintés elleni védelem ellenőrzésének módjára és gyakoriságára — megjelenése után — a Villamos Biztonsági Szabályzat előírásai lesznek irányadók, addig változatlanul az MSZ 172/1-ben előírtakat (a jegyzet 5.2.1....5.2.4. pontjai) kell betartania.

A hibavédelem/érintésvédelem időszakos ellenőrzésének kétféle módja van:

- szerelői ellenőrzés,
- szabványossági felülvizsgálat.

A „szerelői ellenőrzés" a hibavédelem alapvető hibáinak kimutatására szolgál, különös szakképzettséget nem igényel, az ellenőrzés során méréseket nem kell végezni.

A „szabványossági felülvizsgálat" a hibavédelem olyan részletes ellenőrzése, amely arra irányul, hogy teljesül-e a szabvány valamennyi előírása. Méréseket és azok számszerű kiértékelését tartalmazza ezért elvégzéséhez külön ezirányú képzettség (szakképesítés) szükséges. A felülvizsgálatot végezheti az egyes ipari, kereskedelmi és idegenforgalmi tevékenységek gyakorlásához szükséges képesítésekről szóló 5/1997 (III.5.) IKIMrendelet szerint „Érintésvédelem szabványossági Felülvizsgáló". Jelenleg az Országos Képzési Jegyzék szerint: OKJ 33 522 04 0001 33 06 érintésvédelmi felülvizsgáló.

5.2.1. A szerelői ellenőrzés

A szerelői ellenőrzés a szerelés befejező művelete. Gondoljuk el, hogy többen hosszú ideig szerelnek egymásnak átadva a munka folytatását. Könnyen előfordulhat, hogy valami elmarad, esetleg vezetéket felcserélnek. Életvédelmi szempontból ez megengedhetetlen, azaz a szerelői ellenőrzést mindenki saját munkájának ellenőrzésére nem csak elvégezheti, de köteles is elvégezni. (Pl. egy szerelő beszerel egy új védőérintkezős fogyasztót, pl. mosogatógépet, akkor ellenőriznie kell, hogy a védőérintkező valóban be van-e kötve, s nincsenek-e felcserélve az aktív vezetők a PE vezetővel. Ezek ellenőrzésére nincs szükség külön vizsgára, feljogosításra, ha képzettsége megfelelő volt a szerelésre, akkor ez megfelelő képesítést jelent ennek szerelői ellenőrzésére is.

Az időszakos vizsgálatok már nemcsak az észlelhető hibákat kívánják kimutatni, hanem az öregedésből, elhasználódásból származó hibákra vezető elváltozásokat is, ezért általában erre a célra nem elegendő a szerelési ellenőrzés elvégzése, szabványossági felülvizsgálatra van szükség. Egyes esetekben — pl. lakóházakban, középületekben — azonban időszakos vizsgálatra is elegendő csak a szerelői ellenőrzéseket elvégezni.

Mikor kell szerelői ellenőrzést végezni?

- A villamos berendezés létesítése, bővítése, átalakítása és javítása esetén befejező műveletként.
- Olyan rendellenesség észlelésekor, amely a közvetett érintés elleni védelem hibájára, hiányosságára vezethető vissza. (Ha a szerelői ellenőrzés során a hibára nem derül fény, szabványossági felülvizsgálatot kell elrendelni, amely alapján a hiba feltárható és kijavítható!)
- Rendszerességgel az alábbi esetekben:
  - Kéziszerszámokon és hordozható biztonsági transzformátorokon évente;
  - Áram-védőkapcsolókon a nyári-téli időszámítási áttérésekkor;
  - Nem ipari jellegű, kommunális és lakóépületeken 6 évente. (Ezek villamos berendezései a VBSz hatályba lépéséig a KLÉSZ** hatálya alá esnek);
  - Munkahelyeken a Munkavédelmi Szabályzat által előírt gyakorisággal.
- A szabványossági felülvizsgálat bevezető részeként.

Hogyan kell a szerelői ellenőrzést végrehajtani?

A szabvány pontosan felsorolja, hogy a szerelői ellenőrzés során milyen alapvető hiba kiszűrésére, milyen módszert kell alkalmazni (Az MSZ 4851 szabványsorozat részletesen ismerteti a közvetett érintés elleni védelem ellenőrzésére alkalmazható mérési módszereket.), vagy milyen módszerek közül szabad választani. Ezeket a vizsgálatokat általában nem érintésvédelmi szakemberek végzik, ezért műszeres mérés vagy számítás nincs előírva. A módszerek:

- Megtekintés, (megmozgatás), működési próba:
  - Megtekintéssel ellenőrizhető például:
    - A védővezető, a védővezető kötéseinek sértetlen állapota,
    - a biztosítóbetétek, túláramvédelmi kikapcsolószervek sértetlen állapota,
    - a szigetelések sértetlen állapota,
    - EPH-csomópont állapota
    - az egyidejűleg érinthetőség távolságai stb.;
  - Működőképességet egymás után háromszor végzett működési próbával kell végezni:
    - Mechanikus működésű túláramvédelmi kikapcsolószervnél terhelt, vagy terheletlen állapotban,
    - ÁVK esetében azonban a próbagomb megnyomásával.
- Az ÁVK villamos működési próbája alkalmával ellenálláson vagy próbalámpán át földzárlatot vagy testzárlatot kell előidézni. Eközben azt kell megfigyelni , hogy az érintésvédelmi kikapcsolás megfelelően működik-e.
- Villamos ellenőrzőkészülékkel (pl. próbalámpával, elemlámpával, feszültségjelzővel) végzett ellenőrző vizsgálattal:
  - Ellenőrizni kell a védővezető folytonosságát,

---

* KLÉSZ rövidítés: Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzata

- Azt, hogy nem történt-e fázisvezető-védővezető, fázisvezető-nullázóvezető csere.
- Egyetlen helyen, a villamos elválasztás ellenőrzésénél van műszeres vizsgálat — szigetelési ellenállás mérés — előírva, valójában ez sem igazi mérés, mert az előírt 0,1...4 MΩ értékeknél a gyakorlatban általában nagyságrendekkel nagyobb vagy nagyságrendekkel kisebb értékeket találunk, tehát a leolvasás pontossága, vagy a műszer pontossága nem meghatározó.

5.2.2. A szabványossági felülvizsgálat

Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat megkezdésekor — annak első lépéseként — el kell végezni a szerelői ellenőrzést! Ennek oka, hogy számos hiba (pl. védővezető szakadás) esetén a szabványossági felülvizsgálat mérései önmagukban is veszélyeztethetik mind a mérést végzőket, mind a vizsgált berendezéssel dolgozó személyeket. Miután a szabványossági felülvizsgálat megkezdésekor nem tudhatjuk, nincs-e hiba a közvetett érintés elleni védelem kialakításában, csak a szerelői ellenőrzés sikeres elvégzése után lehetünk biztosak abban, hogy a felülvizsgálati mérések elvégzése nem okoz életveszélyt.

A felülvizsgálat elvégzéséhez — az erősáramú szakképzettségen és a megfelelő időtartamú szakmai gyakorlaton túlmenően — hatóságilag elismert **érintésvédelmi szakvizsga bizonyítvány** is szükséges.

Mikor kell szabványossági felülvizsgálatot végezni? Általánosságban elmondható, hogy minden olyan esetben, amikor a szabvány előírásainak részletes, számszerű teljesítéséről kell meggyőződni. Ezen esetek:

- A villamos berendezés minden 10%-nál nagyobb mértékű bővítése, átalakítása.(A 10% a szabvány által meghatározott követelményekre, számértékekre értendő);
- Minden olyan rendellenesség észlelésekor amely a közvetett érintés elleni védelem hibájára, hiányosságára vezethető vissza, és a szerelői ellenőrzés nem vezetett eredményre;
- Munkahelyeken rendszeresen, legalább három évente.

A munkahelynek minősülő berendezések szabványossági felülvizsgálata alól azonban vannak kivételek, ilyenek a VBSz hatálya alá tartozó munkahelyek, ahol csak abban az esetben kell ezt elvégezni, ha ezt az oda érvényes (vállalati) Munkavédelmi Szabályzat előírja.

Az áramszolgáltatók közterületi létesítményeinek, valamint fogyasztásmérőinek szabványossági vizsgálatát csak az illetékes áramszolgáltató Munkavédelmi Szabályzata szerint kell elvégezni.

A legfeljebb 30 napra vagy egy adott katasztrófa (pl. árvíz) elhárítására szolgáló berendezések létesítésénél elegendő szabványossági felülvizsgálat helyett működési próbát végezni, ha ezeket áram-védőkapcsolón keresztül táplálják vagy táplálásuk az áram-szolgáltatói hálózattól független aggregátorról történik.

Hogyan kell a szabványossági felülvizsgálatot végrehajtani?

A szabványossági felülvizsgálat végzésekor — a szerelői ellenőrzés elvégzése után — mindig megtekintéssel kell kezdeni a vizsgálatot. Ennek során ellenőrizni kell, hogy a közvetett érintés elleni védelemre kötelezett villamos szerkezetek el vannak-e látva érintésvédelemmel, az alkalmazott érintésvédelmi módok, megfelelnek-e az előírásoknak, és ki van-e építve az EPH hálózat.

A táplálás önműködő lekapcsolása védelmi mód esetében további szemrevételezéssel kell ellenőrizni:

- a védővezetők állapotát, épségét, keresztmetszetét, színjelölését,
- az érintésvédelmi kikapcsoló szervek épségét névleges és/vagy beállítási áramerősségét,
- az állandó szigetelés ellenőrző és/vagy földzárlatjelző berendezés beállítási értékét.
- Nullázás esetén a fentieken kívül megtekintéssel ellenőrizni kell még a következőket is:
- a nullázó vezető (PE) és az üzemi nullavezető (N) szétválasztását a 10mm2-nél kisebb keresztmetszetű vezeték szakaszokon,
- a PEN vezetőben nincs-e kapcsoló vagy biztosító,
- a környezetben lévő nagyobb kiterjedésű fémtárgyak össze vannak-e kötve a PEN ill. PE vezetővel és el vannak-e választva az üzemi nulla vezetőtől (N),
- a nullázó vezető (PE) és az üzemi nulla vezető (N) nincs-e felcserélve.

A táplálás önműködő lekapcsolása mód esetében (TN-, TT-rendszer) minden esetben hurokellenállás mérést, illetve földelési ellenállás mérést kell végezni és a mérések eredménye alapján számításokkal kell igazolni, hogy legkedvezőtlenebb esetben is nagyobb a testzárlati áram, mint az érintésvédelmi kikapcsolószerv előírásos működéséhez szükséges áramerősség.

IT rendszerben a földzárlati áram valamint a védőföldelés földelési ellenállásának meg mérésével és az ezekre alapuló számítással kell igazolni, hogy:

- a rendszer valóban nem közvetlen földelt,
- egysarkú földzárlat esetén nem lép fel és/vagy nem marad fenn a megengedett U_L-nél nagyobb érintési feszültség,
- kettős földzárlat esetén kikapcsol az érintésvédelmi kikapcsolást végző szerv.
- A védővezető nélküli érintésvédelmi módok ellenőrzésekor először megtekintéssel kell ellenőrizni a vizsgált berendezés, készülék állapotát, és épségét, majd minden esetben szigetelési ellenállás méréssel kell meggyőződni az alkalmazott szigetelések megfelelő állapotáról. Feszültségméréssel kell igazolni azt, hogy a SELV, illetve a PELV védelmi módok alkalmazása esetében, az üzemszerűen feszültség alatt álló vezetők között, és a föld között nem lép fel a törpefeszültség határértékénél nagyobb értékű feszültség,
- a villamos elválasztás védelmi mód esetében nem lép fel 500 V-nál nagyobb feszültség.

Szigetelésmérést kell végezni minden, a villamos szerkezet elszigetelésével megoldott érintésvédelem szigetelésének vizsgálatára. Ez az előírás egyformán érvényes a fémtestű és a szigetelőanyag-testű szerkezetekre, a helyhez rögzítettekre, a hordozhatókra és a kéziszerszámokra. E mérések pontos előírásait az MSZ 4851-5 rögzíti.

Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat eredményét jelentésben/„minősítő irat"-ban kell rögzíteni. Ezt a felülvizsgáló (szakember) készíti az üzemeltető (nem szakember) számára.

Az érintésvédelmet mindig a jelentés/„minősítő irat" kiállítása idején érvényes szabványok szerint kell minősíteni. A korábbi szabványok szerint létesített, de a vizsgálatkor érvényes szabványoknak meg nem felelő berendezések esetében megjegyzésben kell azt rögzíteni, hogy *a „berendezés a létesítéskor érvényben volt szabványoknak megfelelt, átalakítása a felújításig nem kötelező".*

6. NAGYFESZÜLTSÉGŰ BERENDEZÉSEK KÖZVETETT ÉRINTÉS ELLENI VÉDELME

A közvetett érintés elleni védelem (érintésvédelem) előírásait 1000 V-nál nagyobb feszültségű berendezések számára az MSZ 172-es szabványsorozat tartalmazza.

Nagyfeszültségű villamos berendezések zárlati meghibásodásakor (földrövidzárlat, földzárlat, testzárlat) a földben folyó zárlati áram nagysága döntő mértékben attól függ, hogy milyen a hálózat csillagpontkezelése. Ezért a testzárlatossá vált nagyfeszültségű villamos berendezések érintésvédelmének kialakítása a hálózat típusától függően (pl. közvetlenül földelt, kompenzált, földeletlen) különböző.

Az 1000 V-nál nagyobb feszültségű villamos berendezéseket az érintésvédelem megvalósítása és vizsgálata szempontjából a következők szerit csoportosítjuk:

- nem közvetlenül földelt berendezések érintésvédelme (MSZ 172-2:1994),
- közvetlenül földelt berendezések érintésvédelme (MSZ 172-3:1973),
- kis zárlati áramú berendezések érintésvédelme (MSZ 172-4:1978).

6.1. Nem közvetlenül földelt hálózatok érintésvédelme

Ezen hálózatok csillagpontja szigetelt, vagy impedancián (ellenálláson ill. induktivitáson) keresztül földelt. A csillagponti impedancia kialakítása olyan, hogy vagy fixen be van kötve, vagy egy földzárlat esetén működő automatika kapcsolja az impedanciát a föld és a csillagpont közé. Hazánkban közvetlenül földelt hálózat a 3, 6, 10, 20 és 35 kV-os elosztóhálózat, akár közcélú akár nagy ipartelepek belső hálózata. Mind a hálózati berendezések, mind az ezekről üzemelő villamos fogyasztói berendezések érintésvédelme ide tartozik. A nem közvetlenül földelt hálózatok típusainak szempontjaink szerinti jellemzése:

1.) Földeletlen (szigetelt csillagpontú) hálózat

A szigetelt csillagpontú hálózatban a föld és a csillagpont közötti impedanciát tekintsük végtelen nagynak. (Valóságban is igen nagy, gondoljunk csak a földzárlatjelző feszültségváltójának földelésére.) A földzárlati viszonyokat részletesen tárgyaltuk a Villamosenergia-ellátás I. jegyzet 6.5. pontjában (6.5.-1/b. ábra.), mely szerint a földzárlati áram nagyságát a vezeték-föld kapacitások határozzák meg, értéke az egyfázisú üresjárási kapacitív töltőáram három szorosa, így nagysága a hálózat kiterjedésétől is függ. Értéke néhány ampertől kb. 200 A-ig terjedhet. Nagyságát üzemi méréssel vagy számítással lehet kielégítő pontossággal meghatározni. Az egysarkú földzárlati áram értéke a hálózat minden pontján azonos. Érintésvédelmi szempontból azt a tartós üzemi kapcsolási állapotot kell figyelembe vennünk, amikor az állandósult földzárlati áram legnagyobb effektiv értéke lép fel.

Míg üzemi szempontból a földeletlen szabadvezetéki-, kábel- és vegyes hálózatok alkalmazása előnyös, mert a földzárlatos üzem akár egy-két napig is fenntartható, azonban a földzárlatos üzem érintésvédelmi szempontból nem kedvező, mert fokozott veszélyt jelent.

Amennyiben a földeletlen nagyfeszültségű hálózatok földzárlati árama olyan kicsi, hogy a hálózati védelem szelektív működtetéséhez nem elegendő, akkor — a védelmi működtetés néhány másodperces idejére — egy földzárlati áramot növelő 50...200 ohm nagyságú

ellenállást iktatnak a csillagpontba. Ez szabadvezetéki- és kábelhálózatokon egyaránt alkalmazható. A rövid időre megnövelt földzárlati áram értéke a földzárlatvédelem indításához elegendő. Következményként rövid ideig megnő az érintési feszültség is. Az egyébként szigetelt csillagpontú hálózaton az érintésvédelem méretezésénél ezt a rövid, rendkívüli üzemállapotot is figyelembe kell venni.

Ha a szigetelt csillagpontú hálózatok földzárlati árama szabadvezetéki hálózatnál a 10A-t, kábelhálózatnál 3A-t meghaladja, akkor üzemviteli szempontok miatt a csillagpontkezelésen tanácsos változtatni, és a csillagpontba szabadvezetéki hálózaton ívoltó berendezést (lásd 3.pont), kábelhálózaton konduktív ellenállást előnyös alkalmazni (lásd 2.pont).

2.) Konduktív ellenálláson keresztül (közvetve) földelt hálózat

Az ellenállással kialakított közvetett földelést elsősorban kábelhálózatoknál (pl. városi 10 kV-os kábelhálózatok) alkalmazzák (hosszúföld), mert ez a szigetelési igénybevétel és üzemvitel szempontjából egyaránt előnyös. A már említett VEL I. (6.5.-1/c. ábra.) feszültség-földzárlati áram fazorábrából is jól látható a csillagpontba iktatott ellenállás földzárlati áramnövelő hatása a szigetelt csillagpontú üzem kapacitív földzárlati áramához képest . Gyakorlatban az ellenállás értékét úgy választják meg, hogy az eredő földzárlati áram a 100 A értéket lehetőleg ne haladja meg.

3) Kompenzált hálózat

Hazánkban azoknál a 20 és 35 kV-os szabadvezetéki hálózatoknál alkalmaznak kompenzálást, azaz Petersen tekercset iktatnak a csillagpont és a föld közé, amelyeknél a hálózat természetes kapacitásából eredő földzárlati áram a 10 A-t meghaladja. A kompenzálás-földzárlat viszonyokat részletesen tárgyaltuk Villamosenergia-ellátás I. jegyzet 6.5. pontjában (6.5.-1/b. ábra.).

Az ívoltó berendezést — a hálózati üzemben tartósan előforduló legkedvezőtlenebb kompenzálási helyzettel — figyelembe kell venni az érintésvédelem méretezésekor (vizsgálatakor). Az ívoltó berendezés helyes működtetése érintésvédelmi követelmény is.

A nem közvetlenül földelt nagyfeszültségű hálózatoknál és berendezéseknél az üzemviteli szempontokat figyelembe véve gyors kikapcsolás többnyire nem valósítható meg, azaz az érintési feszültség nagyságát a földzárlat fennállásának időtartama alatt, azaz a lekapcsolás időpontjáig korlátozni kell.

6.1.1. Az érintésvédelem kialakítása és méretezése

Az 1000 V-nál nagyobb feszültségű berendezések testzárlata esetén nem az érintésnek kitett testeken fellépő teljes feszültségemelkedést — a végtelen távoli nulla potenciálhoz képesti potenciálemelkedést, a hibafeszültséget), hanem annak többnyire csak részét képező — az ember által érintéssel vagy lépéssel áthidalható — **érintési-, ill. lépésfeszültséget** kívánjuk korlátozni.

Számos esetben még ezzel a korlátozással sem érhetők el élettanilag veszélytelen feszültség ill. időértékek, ekkor kiegészítő érintésvédelmi intézkedéseket kell alkalmazni.

Közvetett földelésű hálózatok érintésvédelmének módja **védőföldelés.**

A méretezés szempontjából megengedett **legnagyobb érintési feszültség (U_L)** értéke a földzárlati áram fennállásának időtartamától (t_k) függően (azaz csak a kikapcsolás idejére megengedetten):

U_L=1000 V	**ha**	**t_k<0.5 s,**
U_L=500 V	**ha**	**0.5≤t_k<1.5 s,**
U_L=65 V	**ha**	**t_k≥1.5 s, vagy nincs önműködő kikapcsolódás.**

Ezek az U_L értékek csak a kikapcsolás idejére megengedettek!

Az érintésvédelem ellenőrzésénél a hálózati földzárlatvédelem működése alatt fellépő feszültségemelkedések a meghatározóak. Amennyiben különböző földelési impedanciákat is bekapcsoló önműködő visszakapcsolás van a hálózaton, akkor minden visszakapcsolási időpontban külön-külön kell vizsgálni a megfelelő impedanciával korlátozott földzárlati áram hatására fellépő feszültségemelkedést.

A méretezés első lépése a távoli földpotenciálhoz képest fellépő hibafeszültség meghatározása. Amennyiben ez nagyobb mint az U_L limitfeszültség, azaz a megadott korlátérték, akkor:

- vagy a védőföldelés ellenállásának nagyságát csökkentjük,
- vagy **kiegészítő védelmi megoldásokat** alkalmazunk.

A kiegészítő védelmi megoldásokat a védőföldelésen túlmenően kell kialakítani, amelyek a következők lehetnek:

- környezet elszigetelése,
- elkerítés,
- potenciálbefolyásolás.

A kiegészítő védelemmel korlátozott **érintési feszültség** értékét csak abban az esetben kell ellenőrizni, ha ez a kiegészítő védelem potenciálbefolyásolás.

6.1.2. Szabadvezetéki oszlopok

Fából készült, vagy nem vezető anyagú oszlopok esetében nem kötelező a védőföldelés, ha a szigetelő tartó és a föld közötti szakasz nincs fémesen áthidalva.

Szabadvezetéki oszlopoknál egyrészt rendkívül drága lenne minden oszlopnál a 6.1.1. pont szerint méretezett földelés kiépítése, másrészt az oszlopnál tarkózkodás valószínűsége épp földzárlat esetén igen kicsi. Ezért szabvány olyan engedményt tesz, hogy *lakott területen kívüli, kezelőhelynek nem minősülő* fém- és vasbetonoszlopoknál minden méretezés nélkül elfogadják az oszloplábak által nyújtott természetes földelést, feltéve, hogy az oszlopon kizárólag tömörtestű szigetelőket alkalmaztak. A lakott területen belüli oszlopoknál ez csak akkor megengedett, ha az adott hálózat 1,5 s-nál nem hosszabb önműködő kikapcsolású, viszont itt nem követelmény a tömörtestű szigetelők alkalmazása.

Érintési feszültségre történő méretezés nélkül 10 ohmnál nem nagyobb földelési ellenállású földelés elfogadható a lakott területen belüli, kezelőhelynek *nem minősülő* oszlopoknál — függetlenül attól, hogy a tápláló hálózaton van-e önműködő földzárlati kikapcsolás vagy nincs — ha azokon kizárólag tömörtestű szigetelőket alkalmaztak. Kezelőhelynek minősülő oszlopnál ez csak akkor megengedett, ha a tartós földzárlati áram 13 A-nél nem nagyobb, vagy ha 1,5 s-nál nem hosszabb lekapcsolási idejű önműködő földzárlatvédelem van, s ez alatt a földzárlati áram 200 A-nél nem nagyobb (ezeknél a tömörtestű szigetelő alkalmazása nem követelmény).

A többi oszlopnál szükséges a földzárlat hatására fellépő feszültségemelkedésre történő méretezés. Az enyhítés csupán annyi, hogy érintési feszültség helyett itt elegendő a *hibafeszültség* számítása, s ha ez 1,5 s-os lekapcsolás esetén a 2000 V-ot, ennél hosszabb lekapcsolás esetén a 130 V-ot nem haladja meg, akkor feltételezzük, hogy az érintési feszültség a megengedett értékek alatt marad.

A nagy forgalmú helyek (nyilvános fürdők, sportpályák, kempingek stb.) nagyközönség által megközelíthető oszlopainak érintésvédelménél semmiféle engedmény nincs, azokat az általános elvek szerint kell méretezni és kialakítani, azzal a szigorítással, hogy itt a kapcsolási időre való tekintet nélkül a 65 V érintési feszültség a megengedett.

Az oszlopállomások nagyfeszültségű védőföldelése összeköthető a kisfeszültségű üzemi földeléssel, ha legfeljebb 10 ohm szétterjedési ellenállású a földelés és a létrejövő földzárlat hatására:

$U_H<1000$ V ha $t_k<0.5$ s,
$U_H<50$ V ha $t_k\geq0.5$ s.

Ha ezen feltételek nem teljesíthetők, a kisfeszültségű üzemi földelőt az oszlopállomás földelőjétől 20 m-nél nagyobb távolságra kell telepíteni. Ez esetben a transzformátor oszlopa körül, attól lm-re egy keretföldelőt is telepítenek és az oszlopszekrényt a nagyfeszültségű védőföldelővel összekötik. Ezt a szekrényt tilos nullázni!

6.1.3. A védőföldelés kialakítása

Minden védőföldeléssel ellátandó testet és fémszerkezetet védővezetőn keresztül közvetlenül össze kell kötni a védőföldeléssel.

Tilos a védővezetőbe kapcsolót vagy impedanciát jelentő készüléket beiktatni, viszont megengedett csak szerszámmal bontható kötés kialakítása és védelmi célú áramváltó bekötése.

A védendő testek bekötését ugyanúgy, kell kialakítani mint kisfeszültségen (Lásd e jegyzet 2.2.2.1.pontját és 2.2-15. ábráját).

A nagyfeszültségű rendszer üzemi földelését vagy össze kell kötni a védőföldeléssel, vagy szét kell őket választani, azaz a két között 20 m távolságnak kell lennie. Összeköthető a villámvédelmi és túlfeszültség-védelmi földelés is a védőföldeléssel.

A védővezetőn üzemi áram vezetése tilos!

6.1.4. A védővezető és a földelővezető kiviteli előírásai

Színjelölések:

Szigetelt védővezető és földelővezető: zöld/sárga,
Csupasz védővezető: zöld/sárga vagy fekete,
Csupasz földelővezető: fekete,
Üzemi áramot vezető földelt vezető: kék,
A nagyfeszültségű rendszer csillagpontja és földelő impedancia közötti vezeték: barna.

A védővezető és a földelővezető keresztmetszetét termikus igénybe vételre kell méretezni. Mechanikai szilárdság szempontjából minimális keresztmetszete:

réz esetén: 16 mm^2,
alumínium esetén: 35 mm^2,
acél esetén: 50 mm^2.

A talajjal érintkező védővezetőt és a földelővezetőt vagy acélból kell készíteni, akkor legalább 100 mm^2 keresztmetszetűnek és 4 mm vastagságúnak kell lennie, vagy rézből készülhet

A védővezető és a földelővezető vezethető az üzemi vezetőkkel közös kábelen, közös védőcsőben, közös sínrendszerben, de vezethető különállóan is. Az üzemi vezetőkkel együtt létesített vezetékek anyaga és keresztmetszete azonos kell, hogy legyen az üzemi vezetők anyagával és keresztmetszetével.

A védővezető és a földelővezető kivitelezésére, kötési módjaira, elhelyezésére valamint a villamos berendezések szerkezeti fémrészeinek védővezetőkénti vagy földelővezetőkénti felhasználási lehetőségeire a szabvány részletes előírást ad.

6.1.5. Kiegészítő érintésvédelmi módok kialakítása

Kiegészítő érintésvédelmi mód kialakítása csak akkor szükséges, ha a védőföldelés önmagában nem alkalmas az érintési- és lépésfeszültség előírt követelményének betartására. Nem önálló érintésvédelmi mód, csupán védőföldelés kiegészítő érintésvédelmi intézkedése.

A **környezet elszigetelése** mint kiegészítő érintésvédelem egy olyan jó minőségű szigetelés, amelyet a kezelő személy és a föld közé iktatnak be (speciális dobogó, gumiszőnyeg, stb.). Szabadtéren legalább 10 cm vastag kavicsréteg, kőzúzalék vagy aljzatbetonra terített 2,0 cm vastag aszfaltréteg felel meg az elszigetelés követelményeinek. A szigetelő réteggel borított terület szélessége legalább 1,25 méter, ill. olyan terjedelmű, hogy az ott használatos eszközökkel ne legyen áthidalható.

Az **elkerítés** csak kiegészítő érintésvédelmi módként és kizárólag olyan helyen alkalmazható, ahol az érintési- ill. lépésfeszültség előírásainak betartásáról más módon nem lehet gazdaságosan gondoskodni. (Kezelő állomás területén belül rendszerint figyelmeztető tábla alkalmazása is elegendő.) A védelem elve: a veszélyeztetett környezet (csak villamos szakképesítésű kezelő bejutását megengedő) körülzárása magas (1...1,8 m) kerítéssel. A kerítés külső oldalra figyelmeztető táblát kell elhelyezni. A kerítés szerkezete, elhelyezése olyan kell, hogy legyen, hogy az általa védett (körülkerített) villamos szerkezetek testét sem közvetlenül, sem a környezetben használatos szerszámmal, munkadarabbal ne lehessen véletlenül megérinteni.

A **potenciálbefolyásolás** (a köznyelvben potenciálvezérlésnek is nevezik) célja az érintési-, vagy a lépésfeszültség csökkentése. Többféle módon alakítható ki (föld alatti kiegészítő földelőkkel; mélyföldelővel, valamint az áthidalható — egyidejűleg érinthető — fémtárgyak és a védőföldelés összekötésével). A potenciál befolyásoló földelő keretet a talaj felszínének közelében, általában 0,2-0,5 m mélységben kell elhelyezni, kiterjedtebb vízszintes földelő elhelyezési mélysége szükség esetén 1 m-ig növelhető.

6.1.6. Ellenőrzés

Az érintésvédelmi berendezések állapotát

- elkészítésükkor (üzembe helyezéskor);
- bővítésük vagy átalakításuk után;
- az üzemeltetés során rendszeres időszakonként;
- javítás, karbantartás, felújítás alkalmával

megszemléléssel és mérésekkel kell ellenőrizni az MSZ 172-2 szabvány részletes előírásai szerint:

- szemrevételezéssel 3 évenként;
- méréssel 6 évenként;
- szúrópróbaszerű kiásással 12 évenként.

Az ellenőrző mérések gyakoriságát esetenként (pl. erősen agresszív talaj, vagy az előírt feszültségértékek felső határát 90 %-ra megközelítő mérési eredmények esetén stb.) növelni szükséges.

Az érintésvédelmi vizsgálatok eredményeit (minősítő irat), valamint a nagyobb állomások földelőinek, földelőhálójának pontos elhelyezési rajzait a vizsgált berendezés végleges üzemen kívül helyezéséig meg kell őrizni.

6.2. Közvetlenül földelt hálózatok berendezéseinek érintésvédelme

A közcélú alap, főelosztó valamint a kooperációs (120 kV, 220 kV, 400 kV és 750 kV) hálózat, valamint a 25 kV-os és 2x25 kV-os nagyvasúti (MÁV) hálózatok ilyen kialakítású. Villamos berendezései az erőművek, transzformátor- és kapcsolóállomások (együttes rövidítésük: ETK), valamint távvezetékek.

A nagyfeszültségű, közvetlenül földelt hálózatok egysarkú földrövidzárlati áramerőssége a kA-től a tíz kA-es nagyságrendbe esik. A hibahelyen kialakuló teljes földzárlati (testzárlati) áram részint a hibás távvezetéki oszlop védőföldelésén, részint a szabadvezetéki védővezetőn (és további oszlopföldeléseken keresztül) záródik.

Az érintésvédelem méretezéséhez a teljes földzárlati áramnak csak azt a részt kell figyelembe venni, ami a vizsgálatra kiválasztott földelőn (földelőhálón) keresztül a földbe befolyik, ill. a földből kifolyik. A földrövidzárlati áramnak ezt a részét mértékadó földzárlati áramnak nevezzük. A mértékadó földzárlati áram csak egy meghatározott helyre, földelésre értelmezett érték, amely a vizsgált földelőn feszültségemelkedést, környezetében esetleg veszélyes érintési és lépésfeszültséget hoz létre.

A közvetlenül földelt hálózatokon az üzemi szigetelés meghibásodásakor fellépő - sok ezer ampert kitevő - *földrövidzárlati áram* mellett további üzem nem tartható fenn. (Gyors hálózatvédelmi lekapcsolás szükséges.)

6.2.1. Az érintésvédelem kialakítása és méretezése

Az érintésvédelem módja **védőföldelés**, melynek kialakítása:

- erőmű, transzformátor és kapcsolóállomásoknál (a továbbiakban ETK): *földelőháló;*
- szabadvezetéknél: földelő.

A megengedett legnagyobb érintési- és lépésfeszültség (U_L) effektív értéke itt a földrövidzárlat fennállásának időtartamától (alapvédelem időzítése) függő:

U_L<250 V ha t_k<1s,
U_L<125 V ha t_k≥1s.

Amennyiben a fenti feltételek nem teljesíthetők a védőföldelés a védőföldeléshez kiegészítő védelmi megoldásokat kell kialakítani, amelyek a következők lehetnek:

- a környezet elszigetelése (pl. aszfalt burkolat),
- a villamos szerkezet elszigetelése (készülék megfelelő kivitelével),
- elkerítés,
- burkolás,
- szigetelőtranszformátoros elválasztás (ETK-nál).

A ténylegesen fellépő érintési- és lépésfeszültség számítása igen bonyolult, mérése speciális felszereléseket, és mérési körülményeket igényel. Ezért a szabvány könnyebben tervezhető és ellenőrizhető megoldásokra ad előírásokat.

6.2.2. Erőmű, transzformátor és kapcsolóállomás (ETK) érintésvédelme

ETK-ban a védőföldelés kialakítására **földelőhálót** készítenek. A földelőháló (a talajban a fagyhatár alatt, a talajszinttel párhuzamosan fémvezetőkből kialakított földelő rendszer. A földelőháló egyes csomópontjaiba mélyföldelők csatlakoznak. A földelőháló alkalmazása minden ETK területén kötelező.

Az érintésvédelem alapelve, hogy az érintési- és lépésfeszültség sehol sem lehet a megengedettnél nagyobb, sem az ETK területén belül, sem a földelőháló széleinél, sem a hálót elhagyó fémes berendezések mentén.

Ez a védelmi alapelv számítás, mérés nélkül teljesítettnek tekinthető, ha a létesítendő földelőháló anyagára, „szemnagyságára" és a benne alkalmazott földelővezető hosszára vonatkozó méretkövetelményeket kielégíti, azaz:

- szabványos anyagú és keresztmetszetű,
- legfeljebb 10mx50m "szemnagyságú", és
- összhossza (földdel érintkező hossz) $L \geq 2\rho \frac{I_{FNmértékadó}}{U_L}$ m.

ahol:

$[\rho]$ = Ωm a talaj fajlagos ellenállása.

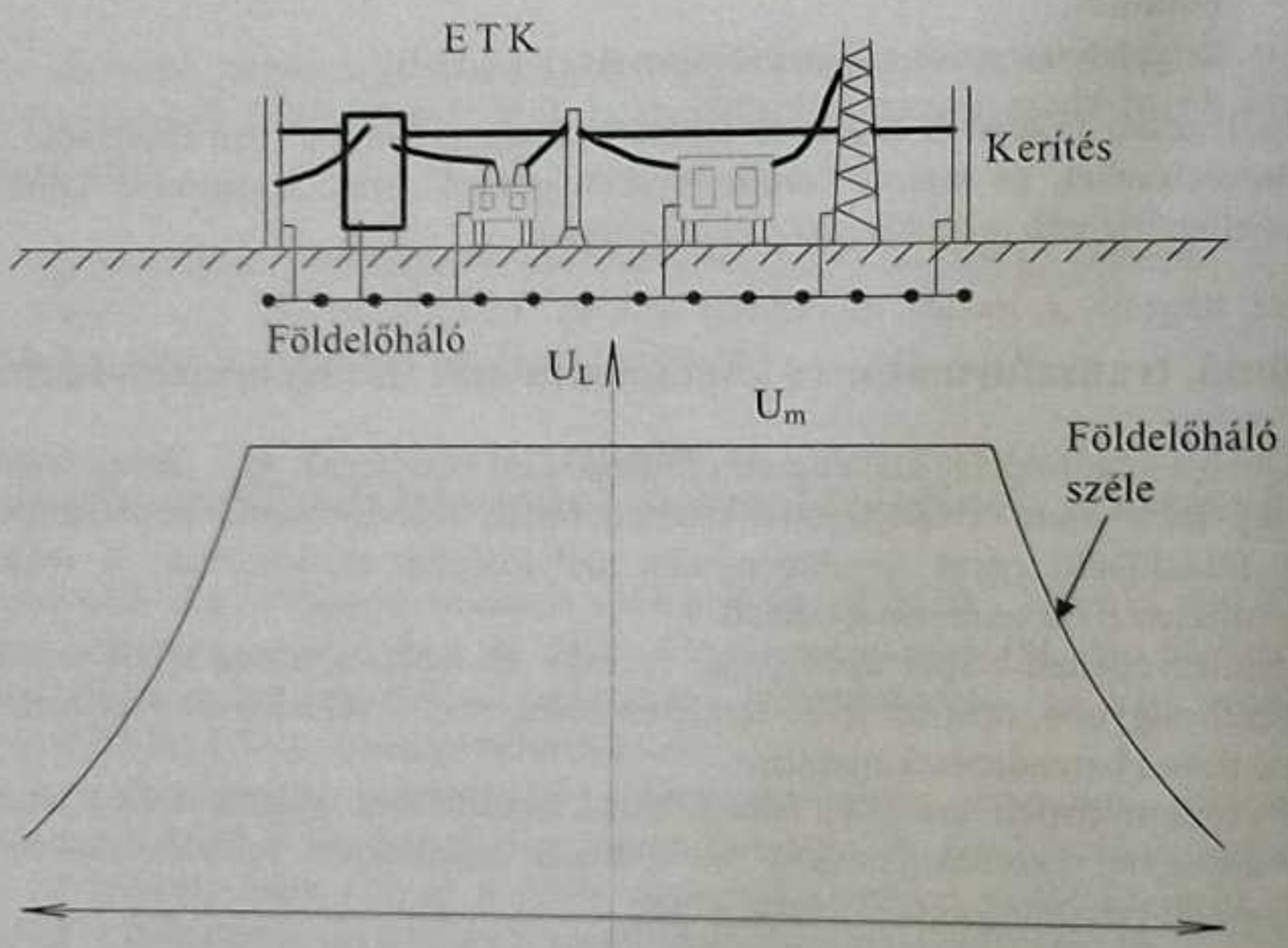
A különböző célú földelések (üzemi földelés, védőföldelés, villámvédelmi földelés), minden villamos szerkezet testéhez csatlakoztatott védővezető, minden az ETK területén létesített, oda belépő, vagy azt elhagyó föld alatti és föld feletti fémszerkezet egyesítése a földelőhálóval **kötelező**! Az összekötés az érintésvédelem alapvető eszköze, mert földrövidzárlatkor az ETK-ba bekötött testek gyakorlatilag közel azonos zárlati potenciálra kerülnek, így nem hidalható át potenciál különbség.

A 6.2.-1. ábrán láthatóan a mértékadó földzárlati áram hatására a földelőháló potenciálja több ezer voltra is megemelkedhet (mértékadó feszültségemelkedés U_m) a végtelen távoli földpotenciálhoz képest. Miután az igen nagy áramerősségű földrövidzárlatnál a kiterjedt földelőháló egyes szemein belül is figyelemreméltó a potenciál változása, fontos szabály az is, hogy a hálón belül fellépő legnagyobb potenciálkülönbség sem haladhatja meg a megengedett értéket.

Az 6.2.-1. ábra mutatja, hogy a veszélyeztetés a földelőháló széleinél különösen nagy. Ezért mindig ellenőrizni kell az ott fellépő érintési- és lépésfeszültség várható értékét. Ha ez nagyobba megengedettnél akkor az ETK kerítésénél belül a táblákkal kell megjelölni, a kerítésen kívül pedig a veszélyes sávot aszfalt burkolattal kell ellátni.

Az ETK fémkerítését földelni kell.

Az ETK területét elhagyó kábelek fémköpenyét, fémcsöveket, vasúti síneket vagy más összefüggő fémszerkezetű szállítópályákat a földelő-hálózattal megbízható fémes kapcsolatba kell hozni. Ezeknél kiegészítő intézkedések is segíthetik az érintésvédelmi követelmények megvalósulását pl. egyedi földelők telepítése, szigetelő anyagú betétek beiktatása.



6.2.-1.ábra. Földelőháló potenciálemelkedése földrövidzárlatkor

6.2.3. Szabadvezetékek érintésvédelme

Közvetlenül földelt hálózat szabadvezetéki oszlopainak érintésvédelménél az érintési- és lépésfeszültség ellenőrzése helyett megengedi a szabvány az általa előírt földelési ellenállás értékek betartását, azaz

- Ha a távvezetéken nincs villámvédelmi vezető, az acélszerkezetű, vagy vasbeton oszlop egyedi földelése:
  - forgalmas helyeken maximum 6 Ω,
  - egyéb területeken — a talaj fajlagos ellenállástól függően — 10...30 Ω.
- Szabadvezetéki villámvédelmi vezetővel fémesen összekötött távvezetéki oszlopoknál a legnagyobb **eredő** földelési ellenállás értéke:
  - forgalmas helyeken legfeljebb 2 Ω,
  - egyéb helyeken legfeljebb 4 Ω.

Miután a megvalósított védelem gazdasági kényszerűség szülte kompromisszum — ezekkel az ellenállásértékekkel a megengedettnél nagyságrenddel nagyobb érintési- és lépésfeszültség is kialakulhat — az oszlopokat olyan figyelmeztető táblával kell ellátni, amely tartalmazza a » MARADJ TÁVOL! « szöveget is.

Az emberi érintés valószínűsége nagy *sportpályák, játszóterek, egyéb szabadtéri tömegforgalmi helyek* (országút, szabadtéri színpad stb.), valamint *iskolaudvarok* területén és közelében. Az ilyen helyeken (ill. be- és kijárataik 50 m-es körzetében) kerülni kell az oszlopok létesítését. Ha ez elkerülhetetlen, úgy szigorúan be kell tartani az *érintési és lépésfeszültség megengedett értékeit.* Ezt többnyire csak az oszlop környékén aszfaltozásával sikerül biztosítani.

6.2.4. Távvezetéket keresztező, megközelítő nyomvonalas létesítmények védelme a nagyfeszültség áthatolása ellen

Közvetlen földelésű villamos berendezés meghibásodásakor csak a berendezés testén illetve a testtel vezető kapcsolatban lévő vezetőanyagú tárgyakon léphet fel veszélyes érintési feszültség.

A 120 kV-os, és ennél nagyobb feszültségű szabadvezetékek (kábelek) az őket keresztező, vagy megközelítő, hosszú, nyomvonal jellegű nem villamos berendezésekben (pl. kerítés, csővezeték, fém szőlőkordon, stb.) veszélyes feszültséget hozhatnak létre, ezért azokat el kell látni érintésvédelemmel.

6.2.4.1. A feszültségáthatolás esetei:

1. Közvetlen érintkezés:
   A nagyfeszültségű szabadvezeték vezetőjének szakadásával, szigetelőjének törésével előálló közvetlen érintkezés:
2. Konduktív áthatolás:
   A talajba befolyó földrövidzárlati áram a környező talaj potenciálját szélső esetben több ezer volttal is megemelheti. Ennek egy része a földön keresztül idegen szerkezetekre kerülhet. Még veszélyesebb, ha az oszlop közelében haladó vonalszerű fémes létesítmények a potenciált távoli helyre elhurcolják, és így ott veszélyes érintési feszültség jelentkezik;
3. Induktív áthatolás:
   Kettős föld(rövid)zárlati áram, vagy nagy értékű földrövidzárlati áram veszélyes feszültséget indukálhat a párhuzamosan vagy közel párhuzamosan haladó idegen vezető anyagú tárgyakban;
4. Kapacitív áthatolás:
   A földrövidzárlatkor fellépő feszültség asszimetria — a fázisok és a környező idegen vezető anyagú tárgyak közötti kapacitás értékétől függően — jelentősen megemelheti e tárgyak földhöz viszonyított potenciálját.

Ezen hatások miatt a közvetlenül földelt berendezések érintésvédelme mellett kiemelten fontos szerepe van a feszültségáthatolás elleni védelemnek! (Veszélyeztetettek a távközlő berendezések, kisfeszültségű hálózati táplálás, vasúti sín, csővezeték, kerítések, hidak, szőlőkordonok, komlótelepek, tartályok, stb.)

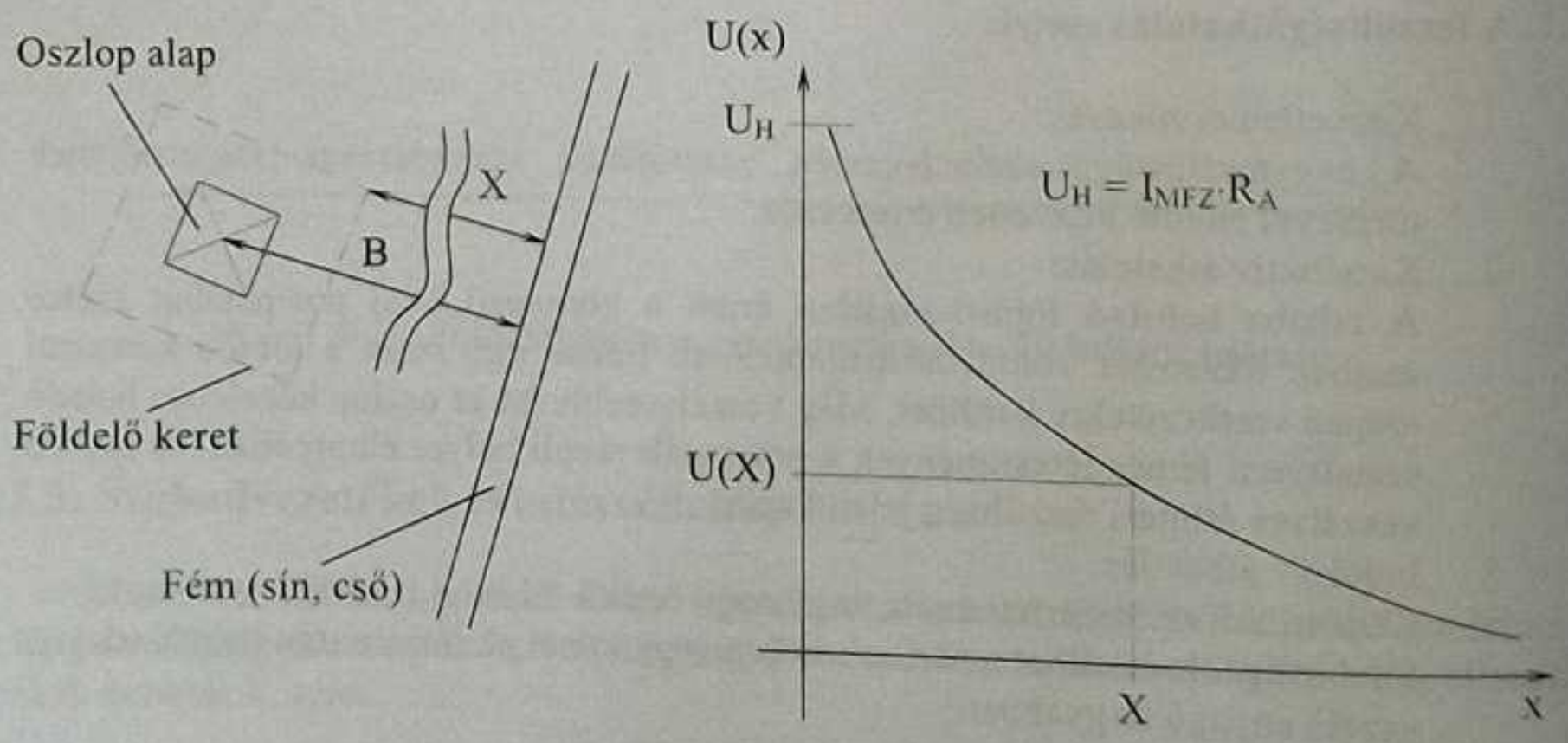
6.2.4.2. Közvetlen érintkezés elleni védelem:

A létesítési szabványok (MSZ 151) a szabadvezeték más létesítmény általi megközelítésére és keresztezésére fokozott biztonságú létesítést ír elő (kettős felfüggesztés, toldásmentesség stb.). Ezen előírt létesítési biztonság betartása esetén nem kell közvetlen érintéssel számolni!

6.2.4.3. Konduktív áthatolás elleni védelem

Konduktív, vezetési áthatolás veszélye akkor áll fenn, ha a műtárgyakhoz legközelebb eső szabadvezetéki oszlop lesz testzárlatos (pl. átível a szigetelője). Az oszlop földelőjén földbe folyó áram a környezetében potenciálemelkedést hoz létre. A potenciál tölcsérbe benyúló, itt áthaladó nyomvonal jellegű fémcsövek, fémes létesítmények ezt a potenciált messzire elhurcolhatják, így távoli pontokban az ottani földpotenciálhoz képest veszélyes érintési feszültség léphet fel.

A veszély mértéke szempontjából az a mérvadó, hogy milyen messze van a műtárgy oszlop védőföldelésétől, „B" távolság a 6.2-2. ábrán.



6.2.-2. ábra. Konduktív feszültségáthatolás földrövidzárlatkor

Nincs szükség külön védőintézkedésre, ha:

- a „B" távolság nagyobb, mint a 6.-1. táblázatban megadott, a talaj fajlagos ellenállásától függő érték, vagy ha
- a műtárgy oszloptengelytől mért távolságával „X" számított U_t talajfeszültség a táblázatban megadottnál kisebb.

6.-1. táblázat

Konduktív áthatolás vizsgálata

	Mütárgy távolság az oszlopföldelőtől [B] = m		
A talaj fajlagos ellenállása [ρ] = Ωm	Mezőgazdasági vonalas létesítmény	Földdel folyamatosan nem érintkező csővezeték	Földdel folyamatosan érintkező csővezeték
0 ≤ 100	10	>> 50	>> 50
100 ≤ 500	25		
500 ≤ 1000	35		
> 1000	50		
Vagy	talajfeszültség $[U_t]$ = V		
		$\leq 2\ U_L$	$\leq 4\ U_L$
Ha a fentiek nem teljesülnek, **védőintézkedés szükséges**.	vagy fémes összefüggés megszakítása fenti távolsági határokon	Fémes összefüggés megszakítása 50 m-enként	200 m-en belül nem létesíthető a mütárgyon kezelőhely
	vagy két földelés legfeljebb 5 Ω eredő földelési ellenállással		

Ha az egyik feltétel sem teljesül, a táblázatban megadott védőintézkedést kell tenni.

6.2.4.4. Induktív áthatolás elleni védelem

Induktív áthatolás veszélye akkor áll fenn, ha a távvezetéken földrövidzárlati áram folyik, bármely távol is van a földrövidzárlat helye. A vezetéken (vizsgált mütárgyunk közelében) igen nagy földrövidzárlati áram folyik a hibahely felé, s a földben vissza. Az oda- és visszavezetés között nagy a távolság, igy ez a nagyáramú hurok a szabadvezetékhez közeli, azzal nagyjából párhuzamos, fémes nyomvonal jellegü létesítményekben veszélyes feszültséget indukál. Az indukált feszültség nagysága a mértékadó földzárlati áramtól, a két mű közötti kölcsönös induktivitástól (a két létesítmény távolságától és az együttfutás hosszától) függ.

Ez a veszélyeztetés jóval gyakoribb, mint a konduktív áthatolás veszélye, mert mindegy, hogy hol van a hibahely, csupán az a lényeg, hogy a megközelített, keresztezett szabadvezeték rátápláljon a földzárlatos helyre.

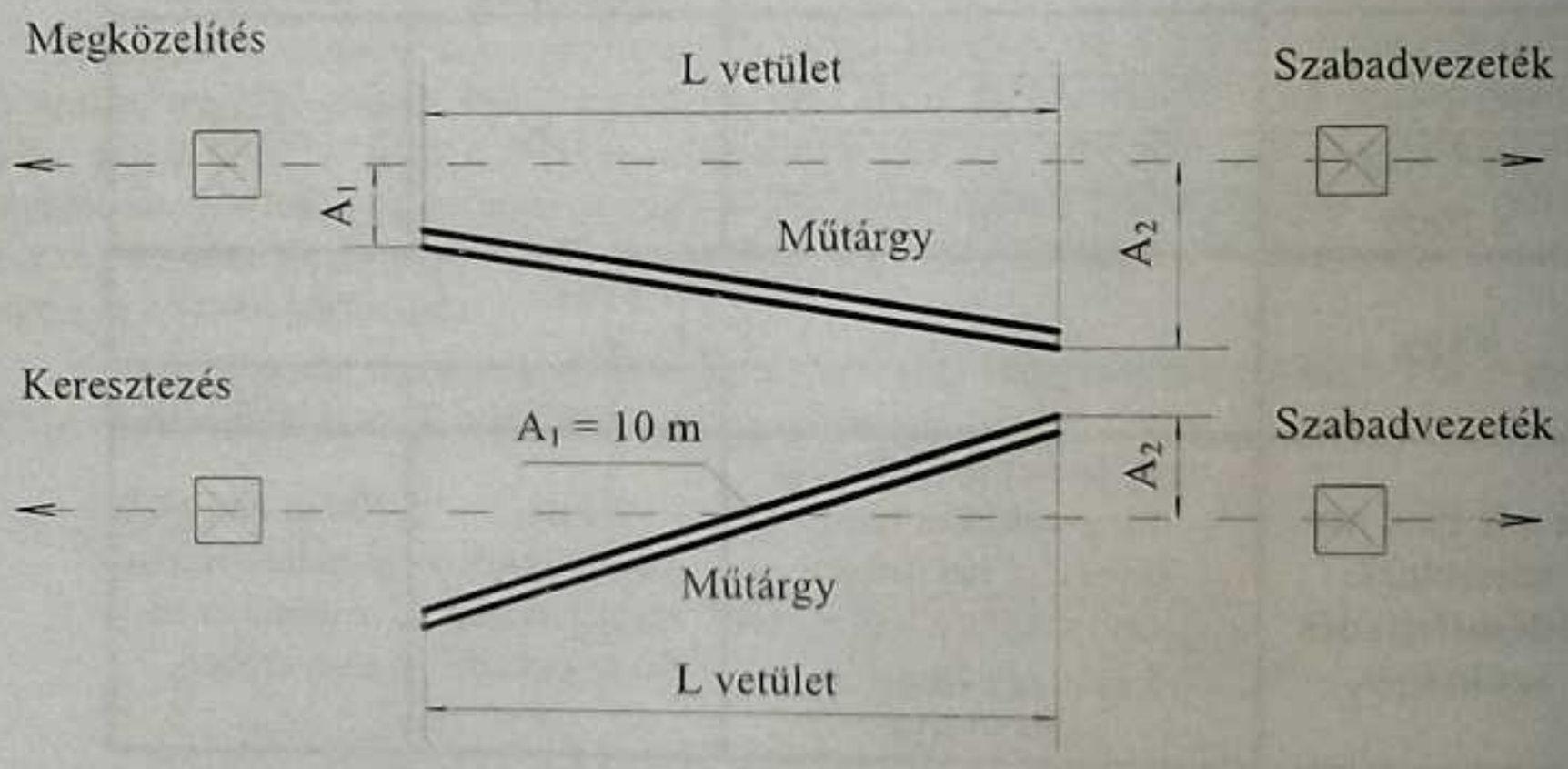
A veszély mértékének megállapítása szempontjából a nyomvonalas létesítmény (mütárgy) fémesen összefüggő hosszának a vezetékre szerkesztett vetülete és e létesítménynek a szabadvezetéktől vett átlagos távolsága a mérvadó. Az átlagos távolság alatt a legközelebbi A_1 és legtávolabbi A_2 távolság mértani középértékét értjük. Keresztezésnél az A1 távolság valójában nulla értékü, a számításban azonban 10 m-es értékkel kell figyelembe

venni. Az 6.2.-3. ábrán látható az „L" vetületi hossz is. A veszélyesség mértékét és a védőintézkedéseket az 6.-2. táblázatban foglaljuk össze.

Nincs szükség külön védőintézkedésre, ha a műtárgy fémesen összefüggő hosszának vetületi hossza nem haladja meg a táblázat értékeit. (A benne indukált feszültség ugyanis ezzel a vetületi hosszal arányos.)

Veszélyeztetés esetén két lehetőséget ad a szabvány:

- vagy a nyomvonalas létesítmény (pl. csővezeték) fémes összefüggését szakítjuk meg például szigetelő közbetétek beépítésével, vagy
- a táblázatban összefoglalt védőintézkedéseket kell végrehajtani.



6.2.-3 ábra. Induktív feszültségáthatolás földrövidzárlatkor

6.-2. táblázat

Induktív feszültségáthatolás vizsgálata

Átlagos megközelítési távolság [A] = m	Megengedett vetületi hossz [L] =m		
	Mezőgazdasági vonalas létesítmény	Földdel folyamatosan nem érintkező csővezeték	Földdel folyamatosan érintkező csővezeték
10...50	50	300	bármilyen
50...120	100	800	
120...200	200	bármilyen	
200...	bármilyen		
Ha a fentiek nem teljesülnek, **védőintézkedés szükséges.**	Legalább két helyen, egyenként 10 Ω-nál kisebb értékű földelés létesítése 6.-1. táblázatban megadott távolságon kívül	vagy 50 m-enként földelés létesítése, egyenként legfeljebb 10 Ω-os földelési ellenállással	(szabvány erre nem tartalmaz előírást)
		vagy elegendő a 2 Ω-nál nagyobb természetes földelés	

6.2.5. Földelővezetők és földelések

A védőföldelés érintésvédelmi mód hatásosságát a földelővezetők, földelők ellenállása, térbeli kialakítása, és zárlati melegedése befolyásolják. Utóbbi megengedett felső határértéke acél és vörösréz anyagoknál 250 °C, alumíniumnál (ez földben nem alkalmazható) 150 °C lehet.

A szabvány által előírt **minimális keresztmetszetek** a mechanikai, korróziós és általában a zárlati termikus igénybevételeket is figyelembe veszik.

A földelővezetők megengedett legkisebb keresztmetszete:

- vörösréz esetén 50 mm^2;
- alumínium esetén 95 mm^2;
- korrózió ellen védett acél esetén (oszlophoz) 120 mm^2;
- korrózió ellen védett acél esetén (ETK) 200 mm^2;
- korrózió ellen nem védett acél esetén (ETK) 300 mm^2;

A földelők megengedett legkisebb keresztmetszete:

- vörösréz esetén 50 mm^2;
- horganyzott, legalább 5 mm vastag idomacél esetén 200 mm^2;
- korrózió védelem nélküli kör, vagy 8 mm vastag idomacél esetén 300 mm^2.

A termikus igénybevétel számítására nagyon nagy földrövidzárlati áramok esetén mégis szükség lehet.

6.2.6. A felülvizsgálat és nyilvántartása

Az érintésvédelem felülvizsgálatát létesítéskor (üzembevétel előtt), további üzemeltetésük során a Munkavédelmi Szabályzatban és az MSZ 172-3-ban előírt gyakorisággal kell elvégezni, továbbá minden karbantartás, felújítás, javítás alkalmával.

A vizsgálatok szemrevételezéssel, számítással, ill. méréssel történnek. Előírt tartalmukat, gyakoriságukat az MSZ 172-3:1973 szabvány 6 fejezete tartalmazza.

Az időszakos szabványossági felülvizsgálatokra 4 évenként kerül sor. A földelések ellenállásának mérését minden esetben el kell végezni. Ha a mérési eredmények és a számítások eredményei a földelések romlását, ill. a megengedett érték 90 %-ánál nagyobb helyi potenciálemelkedést mutatnak, további mérések (érintési és lépésfeszültség, helyi potenciálemelkedés stb.) elvégzése szükséges.

A földelőrendszer korróziós vizsgálatát 12 évenként kötelező végezni (szúrópróbaszerű földelő-feltárással, korrózió mértékének megtekintése vizsgálatával).

Az ellenőrzések, vizsgálatok eredményét az MSZ 4851-1 és MSZ 4851-6 szerint kell dokumentálni.

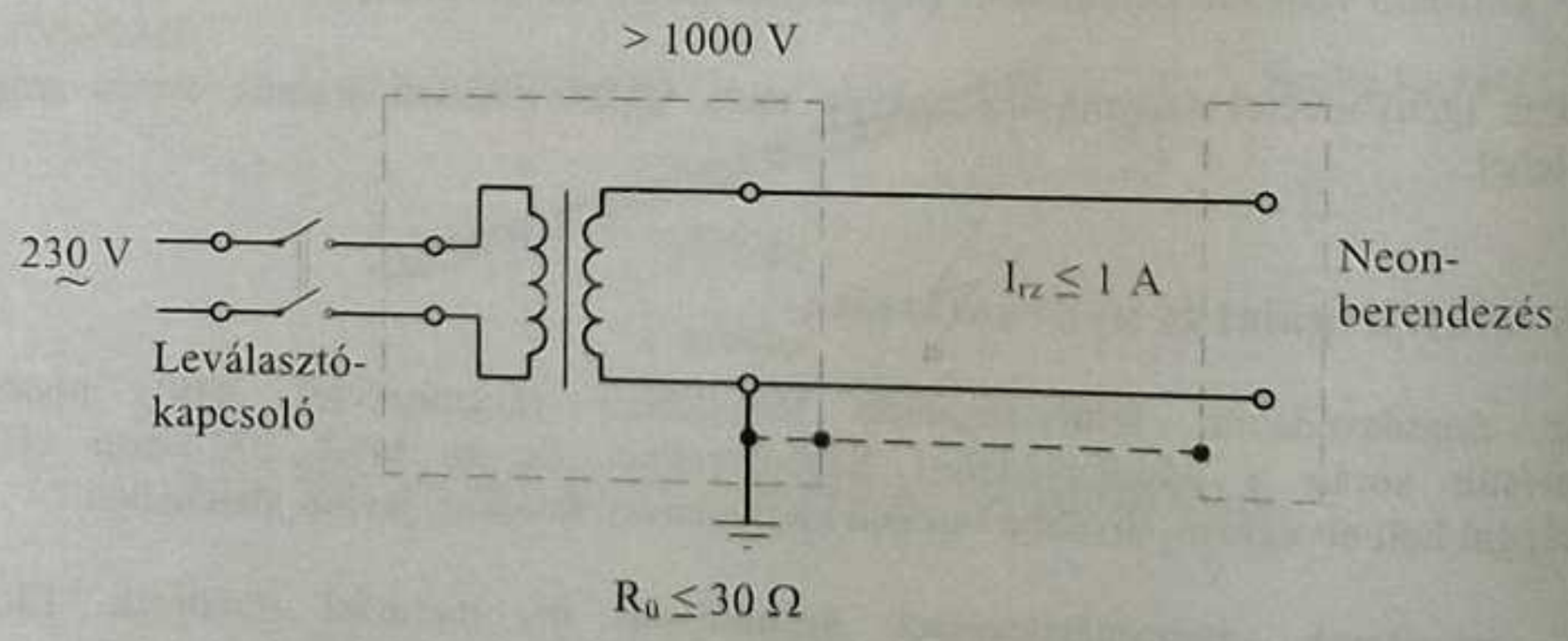
Az ETK-nál és a kábelhálózatoknál a földelők és a földelőhálók pontos elhelyezését tartalmazó rajzokat is meg kell őrizni és ezeken a változásokat is át kell vezetni.

6.3. Kis zárlati áramú berendezések érintésvédelme

A kis zárlati áramú berendezések nevüket onnan kapták, hogy fémes zárlat esetén se nagyobb a zárlati áramuk 1 A-nél.

6.3.1. Kis zárlati áramú berendezés táphálózata

A kis zárlati áramú berendezéseket olyan közvetlenül földelt, kisfeszültségű hálózatról táplált berendezések, amelyek saját kisteljesítményű transzformátorukkal állítják elő a részükre technológiai szempontból szükséges 1000 V-nál nagyobb feszültséget (6.3.-1. ábra). Az ilyen transzformátorok csillagpontját a nagyfeszültségű oldalon (egy fázis esetén egyik sarkát, vagy középpontját) üzemszerűen földelni kell (kivétel itt a hordozható vizsgálóberendezés). Ez az üzemi földelés általában közvetlen földelés, előírt értéke legfeljebb 30 Ω. Az alkalmazott transzformátoroknak (vagy a transzformátor házának beépített más korlátozó elemnek) olyan nagy a belső impedanciája, hogy fémes kapocszárlat esetén 1 A-nél (vizsgáló berendezés esetében 10 A-nél) nagyobb zárlati (vagy földzárlati) áram nem lép fel.



6.3.-1.ábra. Kis zárlati áramú neonberendezés tápláló hálózatával

Az (üzemi) földelési ellenállási határérték előírásának csak az a célja, hogy valóban megbízható kivitelű földelést alkalmazzanak. Ilyen célra azonban a gyakorlatban általában nem készítenek külön földelést, hanem a kisfeszültségű védőföldelést vagy - nullázott kisfeszültségű hálózat esetén - a kisfeszültségű földelt PE vezetőt használják fel (6.3.-2.ábra).

Kis zárlati áramú berendezések pl. a neon világítótestek, a nagyfeszültségű gyújtású világítási berendezések, a röntgenberendezések, PVC hegesztők stb.

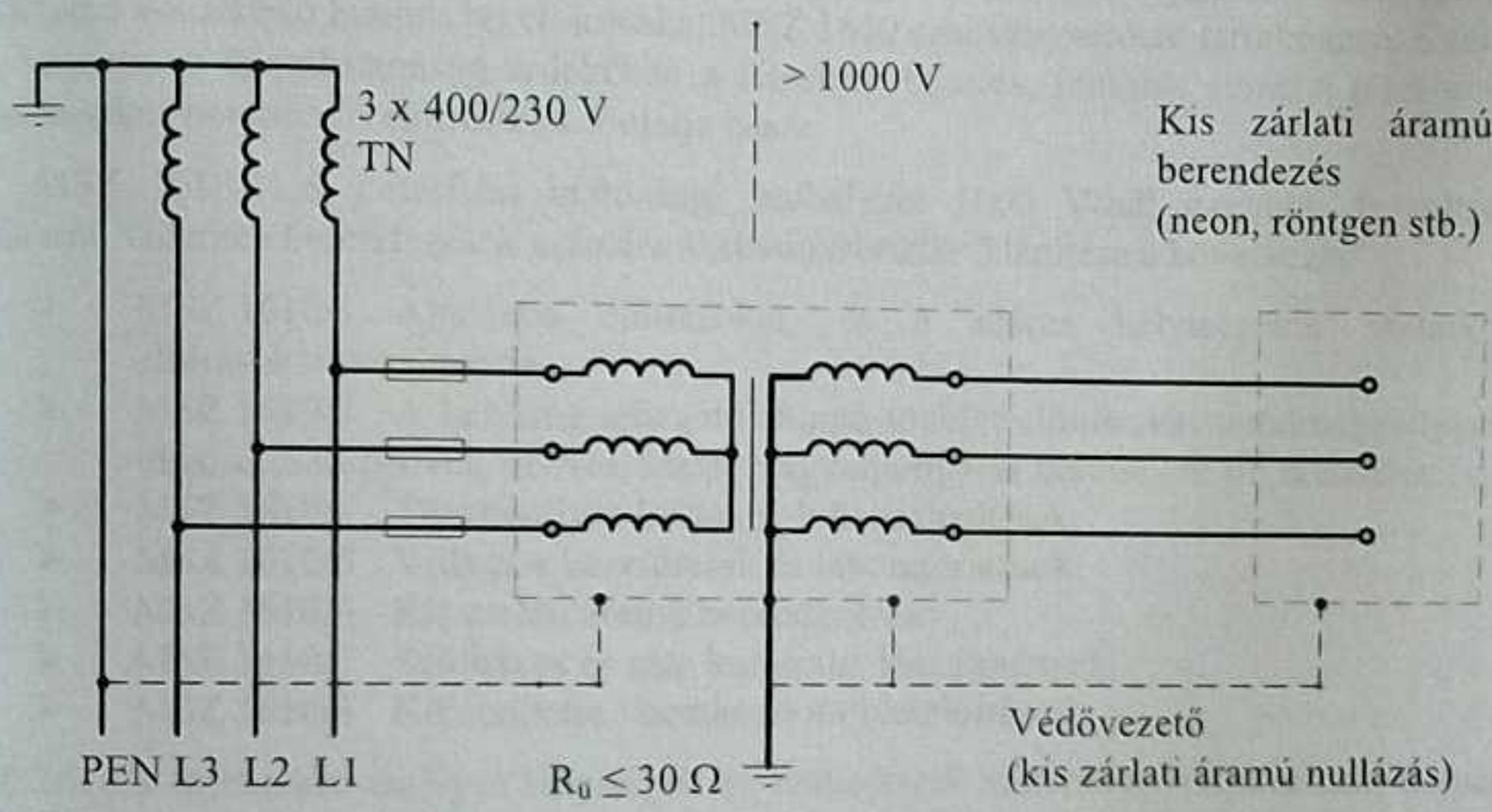
6.3.2. Érintésvédelem módja

Az érintésvédelem módja **kis zárlati áramú nullázás**.

A kis zárlati áramú nullázás elvi megoldási módját a 6.3.-2. ábra szemlélteti.

Az kis zárlati áramú nullázás — a kisfeszültségű nullázással szemben — passzív védelmi mód. Védőhatását a potenciálemelkedés megakadályozásával fejti ki.

Az 1 A-nél kisebb testzárlati áram ugyanis csak kifejezetten ebből az érintésvédelmi célból létesített fémes nullázó vezetőn záródhat az üzemi földeléshez, ezért számottevő potenciálemelkedés nem keletkezhet.



6.3.-2.ábra. Kis zárlati áramú nullázás

6.3.3. Kis zárlati áramú nullázás szabványos kialakítása

A nagyfeszültségű, kis zárlati áramú villamos szerkezetek üzemszerűen feszültség alatt nem álló fémrészeit (test), kis zárlati áramú nullázással (továbbiakban nullázás) kell védeni.

A nullázást az üzemi vezetőktől különálló, azok vezetőképességével (azonos anyag esetén keresztmetszetével) legalább egyenértékű nullázó vezetővel kell végrehajtani. A nullázó és az üzemi nullavezető csak a táptranszformátor kapcsánál egyesíthető. Különösen ügyelni kell arra, hogy a nullázó vezető (felcserélés stb. miatt) bármilyen kis szakasza se vezethessen üzemi áramot, mert ha ilyen szakaszon vezetékszakadás történik, az egész berendezéstest 1000 V-nál nagyobb feszültségre kerülhet. A kis zárlati áramú berendezések érintésvédelméhez felhasznált földelések minden más érintésvédelmi célú földeléssel összeköthetők.

Természetesen a kisfeszültségű tápoldali meghibásodások lehetősége miatt a transzformátor testének kisfeszültségű oldali érintésvédelméről is gondoskodni kell. Ha pl. a kisfeszültségű oldalon TN az érintésvédelmi mód, elkerülhetetlen is, (de megengedett is) a kis- és nagyfeszültségű nullázó vezető ill. a nagyfeszültségű üzemi földelés fémes egyesítése.

7. LÉTESÍTÉS BIZTONSÁGTECHNIKÁJA U > 1000 V

Az 1000 V-nál nagyobb névleges feszültségű erősáramú villamos berendezések létesítésére vonatkozó biztonsági előírásokat MSZ 1610 szabványsorozat tartalmazza. Csak az élet, vagyon és üzembiztonság érdekében a létesítés, bővítés, felújítás során a létesítmény kialakításakor betartandó előírásokat foglalja össze.

MSZ 1610/1...8 Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára szabványsorozat felépítése a következő:

- MSZ 1610/1 Általános előírásokat, és a száraz helyiségekre vonatkozó előírásokat tartalmazza
- MSZ 1610/2 A helyiség jellegétől függő többlet előírásokat tartalmazza (poros, időszakosan nedves, nedves, meleg vagy marópárás helyiségek ill. szabadtér.)
- MSZ 1610/4 Tűzveszélyes helyiségek és szabadterek;
- MSZ 1610/5 Villamos kezelőterek és laboratóriumok;
- MSZ 1610/6 Kis zárlati áramú berendezések;
- MSZ 1610/7 Színházak és más kulturális létesítmények;
- MSZ 1610/8 Közterületre vonatkozó többletelőírások.

MSZ 1610/3 Robbanásveszélyes helyiségek és szabadterek szabványt visszavonták, helyette az MSZ EN 600079 azonosító jelzetű szabványsorozat „Villamos gyártmányok robbanóképes gázközegekben" előírásait kell alkalmazni.;

Az MSZ 1610 szabványsorozat szabványainak kialakítása olyan, hogy egységes szerkezetet alkot. Azaz ugyanazokra a fejezetekre tagolódik. Az általánosan alkalmazandó előírásokat a /1 szabványban, míg a különböző körülményekre vonatkozó többletelőírásokat a további szabványlapok (/2…/8) ugyanazon fejezetében találjuk meg.

Az MSZ 1610 létesítési biztonsági előírások fejezetei:

1. Általános rendelkezések
2. Meghatározások
3. Védőintézkedések
4. Villamos gépek és fogyasztóberendezések
5. Világítási berendezések
6. Készülékek, mérő, működtető és jelzőberendezések, kapcsolóberendezések
7. Vezetékek
8. Védőcsövek

7.1. Általános előírások és száraz helyiségre vonatkozó előírások

Nagyon röviden és tömören összefoglaljuk az általános előírásokat, nem törekedve a teljességre, mivel létesítéskor az akkori érvényes részletes előírások szerint kell úgyis eljárni.

1. Általános rendelkezések

Erősáramú berendezésekben csak a vonatkozó biztonsági követelményeknek megfelelő anyagokat, termékeket szabad felhasználni. Ez azt jelenti, hogy ahol van termékszabvány, ott az abban foglalt biztonsági szint a mérvadó. Ha nincs, nemzetközi ajánlásokat, hazai szakbizottsági állásfoglalásokat kell megfelelő biztonsági követelménynek tekinteni.

A villamos szerkezeteket úgy kell elhelyezni, felszerelni, hogy a kezelés karbantartás, javítás veszélytelen legyen.

A villamos szerkezetek az előre látható, **várható igénybevételeknek** is feleljenek meg, azaz a létesítés körülményei is figyelembe veendők.

A villamos berendezések létesítésére — ezen szabványon kívül — egyéb rendeletek, szabályzatok és szabványok is vonatkoznak, amelyeket szintén figyelembe kell venni. Ilyenek például a tűzvédelemre, villámvédelemre, üzemeltetésre vonatkozó előírások.

2. Meghatározások

Nagyfeszültségű leválasztás a berendezésnek a hálózat minden sarkáról való, szemmel ellenőrizhető lekapcsolása.

3. Védőintézkedések

A ***baleset elleni védelem*** a berendezések kialakításától azt követeli meg, hogy a feszültség alatt álló részek **ne legyenek megérinthetők** ill. **ne legyenek** — *segédeszköz nélkül szándékosan, segédeszközzel véletlenül* — **úgy megközelíthetők**, hogy a villamos szilárdság bármi módon csökkenjen.

Minden olyan berendezésrész amely kikapcsolható, külön ***nagyfeszültségű leválasztási*** lehetőséggel is kell, hogy rendelkezzen (szakaszoló, kikocsizható megszakító), hogy a szerelői munkákhoz a berendezés feszültségmentesíthető legyen

Tűzvédelmi szempontból a készülékeket úgy kell elhelyezni, hogy a szabályos működés során várható ív a kezelőszemély épségét ne veszélyeztesse. A kapcsolókat, biztosítókat, szakaszolókat, megszakítókat úgy kell elhelyezni, hogy a szabályos működés során várható ív ne okozzon zárlatot, tüzet, robbanásveszélyt.

Védekezni kell az ***erősáramnak a gyengeáramú berendezésbe való behatolása*** ellen, azaz:

- szabadvezeték és gyengeáramú vezeték megközelítése (MSZ 151),
- erősáramú kábel és gyengeáramú kábel megközelítése (MSZ 13207),
- villamos kezelőhelyiségekben a gyengeáramúnak minősülő jelző-, mérő-, működtető vezetékek elhelyezése (MSZ 1610/5)

előírásai szerint létesítendő.

Ki kell alakítani mind a belső mind a légköri ***túlfeszültségvédelmet*** (Országos Tűzvédelmi Szabályzat), ügyelni kell a berendezések szigetelési szintjének koordinációjára.

A belső túlfeszültségek elleni védelem kapcsán írja elő a szabvány a különböző hálózatok csillagpontkezelésére vonatkozó követelményeket. A légköri túlfeszültségek elleni védelem előírásai meghatározzák, hogy mikor kell túlfeszültség-levezetőt, oltócsövet, koordináló szikraközt alkalmazni, és hogyan kell kialakítani a szabadtéri alállomás villámvédelmét, valamint földeléseit.

Feszültségkimaradás vagy ***feszültségcsökkenés elleni védelmet*** kell alkalmazni:

- ha a feszültség kimaradása kárt okozhat, vagy
- ha az újraindulás balesetet vagy kárt okozhat.

A berendezéseket el kell látni ***túlterhelésvédelemmel*** és ***zárlatvédelemmel***. A zárlatvédelem alapvédelme zárlatkor lépjen működésbe, és egy fedő vagy tartalékvédelem is induljon.

4. Villamos gépek és fogyasztóberendezések

A ***forgógépek*** hálózati leválasztásáról gondoskodni kell (szerelhetőség), kikapcsolásuk a hálózat minden sarkáról történjen meg. Ha a berendezés a működtetés helyéről nem tekinthető át (sílift, mozgólépcső) akkor indítás előtt hangjelzést kell adni.

A ***transzformátorok*** kikapcsolására minden 1000V-nál nagyobb feszültségű oldalon olyan kapcsolót — vagy az üresjárási áram megszakítására alkalmas szakaszolót kell

alkalmazni — amely a transzformátort a hálózat minden sarkáról kikapcsolja. A transzformátornak a nagyfeszültségű hálózatról való leválasztásáról is gondoskodni kell.

Rendelkezik a szabvány a transzformátorok, egyenirányítók, fázisjavító kondenzátorok biztonsági elhelyezéséről.

5. Világítási berendezések

1000 V-nál nagyobb üzemfeszültségű világítási berendezéseket csak kis zárlati áramú berendezésről szabad táplálni.

6. Készülékek, mérő-, működtető- és jelzőberendezések, kapcsolóberendezések

Csak olyan kapcsolókészüléket szabad alkalmazni, amellyel a kapcsolt áramkör minden üzemszerűen nem földelt vezetőjét meg lehet szakítani.

Szakaszolóval *csak az alábbi esetekben lehet kapcsolni:*

- feszültségváltót 6…35 kV-ig,
- 10…35 kV-os transzformátort 250 kVA-ig,
- terheletlen kábelt a következő kábelhosszakig:
  - 6…10 kV-ost 1 km hosszig,
  - 20 kV-ost 0,5 km hosszig,
  - 35 kV-ost 0,3 km hosszig.
- rövid gyűjtősínt.

Fojtótekercseket összefüggő vasszerkezet közelébe nem szabad elhelyezni (vasveszteség).

Háromnál több készülék ***távműködtetésekor*** egyszerűsített kapcsolási vázlatot kell feltüntetni.

Távműködtetésű készülékek állását a működtetés helyén jelezni kell.

Ugyanabban az üzemben a ***jelzőberendezések*** lehetőleg egységes elvek szerint készüljenek. (Nagy figyelmet kell fordítani a be- vagy kikapcsolt állapotjelzés és az üzemállapot, azaz a működési mód jelzés színjelzéseinek összetéveszthetőségére 7.-1. táblázat, ezért együtt a kettőt tilos alkalmazni.)

7.-1. táblázat

Jelzőberendezések színjelzései

	zöld	sárga	piros
állapot	kikapcsolt		bekapcsolt
működési mód jelzés jelentése	normális megfelelő	rendellenes figyelmeztetés	hibás azonnali beavatkozás

A ***kapcsolóberendezés*** — amennyiben nem villamos kezelőhelyiségben vagy kezelőtérben van elhelyezve — fémtokozott, és megfelelő ívállóságú legyen.

A tokozott kapcsolóberendezés kezelő és ellenőrző folyosóinak magassága minimum 2 m, szélessége egyoldalas elrendezés esetén minimum 80 cm, kétoldalas elrendezés esetén minimum 90 cm legyen. Az ajtók minimum 2 m magasak és minimum 75 cm szélesek legyenek. Küszöbök lépcsők kerülendők, vagy figyelmeztető festéssel ellátandók az elesésveszély elkerülésére. Gondoskodni kell külön megvilágításukról.

Az áramköröket, kapcsolókat, biztosítókat, műszereket egyértelmű, tartós felirattal kell ellátni. A kapcsolóberendezés azonossági jelét, vagy megnevezését szembetünő helyen tartós felirattal fel kell tüntetni.

7. Vezetékek

Villamos berendezésekben áram vezetésére vezetéket kell használni. Földet, vezetékek védelmére szolgáló fém védőcsöveket, kábelek fém burkolatát vagy árnyékolását, fém tartószerkezeteket áram üzemszerű vezetésére tilos használni.
Vezetéket úgy kell méretezni, hogy az üzemi áram ne haladja meg a terhelhetőségüket, a zárlati áram ne okozzon bennük károsodást, és keresztmetszetük a mechanikai szempontból legkisebb keresztmetszetnél ne legyen kisebb.
Vezetékkötések a vezeték villamos és mechanikai tulajdonságaival egyenértékűek legyenek.

7.2. Villamos kezelőterekre és laboratóriumokra vonatkozó előírások

Az általános tájékoztatás után összefoglaljuk a vonatkozó biztonságtechnikai előírásokat, mégpedig kiemelten a villamos kezelőterekre (MSZ 1610/5).

1. Általános rendelkezések

Általában a villamos berendezésekkel kapcsolatos személyi és vagyoni biztonságot kétféleképpen lehet elérni. Vagy a berendezést a nagyfeszültségű létesítés MSZ 1610 szabványsorozat többi (5-ösön kívüli) szabványainak megfelelően létesítik (és akkor bárki hozzáférhet a berendezésekhez), vagy a berendezéseket elzárják a nem szakképzett személyek elől (csak szakképzett és kioktatott személyek férhetnek a berendezésekhez). Az elzárt, és szakképzett személy által kezelt berendezések létesítésére a szabvány lényegesen enyhébb előírásokat engedélyez, nyilván az azonos biztonságot itt a szakképzettség és kioktatottság biztosítja. (A sorozat többi tagja szigorításokat, azaz többletelőírásokat tartalmaz az MSZ 1610/1 rendelkezéseihez képest.)

2. Meghatározások

Gyűjtőnéven **kezelőtér**nek tekinti a szabvány az előzőekben említett laikusok elől elzárt működtető tereket. Ez pontosabban négy különféle térrész úgymint:

- *Villamos kezelőhelyiség* az a helyiség vagy körülhatárolt helyiségrész, amelyben a villamos berendezéseket villamos szempontból legalább kioktatott személyek tartják üzemben, de ahová villamos szempontból nem kioktatott személyek is beléphetnek. Ilyen helyiségek az erőművek, alállomások vezénylőhelyiségei, erőművi gépházak, ipari kapcsoló helyiségek.
- *Szabadtéri villamos kezelőtér* a szabadtérnek az a fallal vagy kerítéssel elzárt része, amelyben a villamos berendezéseket villamos szempontból legalább kioktatott személyek tartják üzemben, de ahová villamos szempontból nem kioktatott személyek is beléphetnek. Ilyen terület például a középmagas, vagy magas elrendezésű alállomási szabadtér.
- *Elzárt villamos kezelőhelyiség* az a villamos kezelőhelyiség, amelybe villamosan nem szakképzett személyek csak villamos szempontból szakképzett személyek felügyeletével léphetnek be. Ilyen helyiség az alállomási akkumulátor helyiség, vagy a vezénylő mögötti relétér.
- *Elzárt szabadtéri villamos kezelőtér* az a szabadtéri villamos kezelőtér, amelybe villamosan nem szakképzett személyek csak villamos szempontból szakképzett személyek felügyeletével léphetnek be. Ilyen kezelőtér az alállomás szabadterén elkerített háziüzemi transzformátor a hosszúföldeléssel.

A **villamos laboratórium,** mérőhelyiség és próbaterem az a helyiség vagy körülhatárolt helyiségrész, amelyben a berendezéseket mérések vagy próbák lebonyolítására különleges kiképzésben részesített, villamos szempontból szakképzett személyek kezelik.

3. Védőintézkedések

A védőintézkedések az illetéktelenek behatolásának megakadályozására, vagyonvédelemre (tűzvédelem) és a kezelő védelmére vonatkoznak.

3.1. ***Elkerítés, elzárás***

3.1.1. *Idegen személyek behatolása elleni védelem.*

Kezelőhelyiségek és elzárt kezelőhelyiségek **ajtóira** a következő előírások vonatkoznak:

- az ajtó csak kifelé nyílhat (menekülés),
- az ajtón olyan biztonsági zárnak kell lennie, amelyet a kereskedelemben kapható kulccsal nem lehet nyitni,
- a biztonsági zárat kívülről csak kulccsal lehessen kinyitni (egy berendezéshez tartozó ajtózárak azonos kulccsal legyenek nyithatók),
- az ajtó belülről kilinccsel, vagy más alkalmas módon (pl. nekidőlés) kulcs nélkül is nyitható legyen (Veszély esetén, ha a kezelő nem arra akar menekülni amerről jött, képes legyen az ajtót nyitni!
- az ajtók nem éghető anyagúak legyenek.

A szabadtéri kezelőtér illetve elzárt kezelőtér kerítéseire vonatkozó előírások:

- ne éghető anyagból készüljön,
- legalább 1,8 m magas legyen, és ne legyen könnyen mászható,
- a kerítésen lévő ajtók lehetőleg kifelé nyíljanak,
- az ajtók olyan lakattal, zárral legyenek ellátva, amelyeket a kereskedelemben nem kapható eszközzel lehet csak kinyitni.
- a kerítés az üzemszerűen feszültség alatt álló berendezéstől legalább $1500+10U$ (mm) vízszintes távol legyen, ahol $[U]$ = kV a névleges feszültség.

3.1.2. *Védelem állatok behatolása ellen:*

- szellőzőnyílásokra védőháló,
- nyitható és nem nyitható ablakokra 12 mm rács teendő.
- Az ablakok nem éghető anyagból készüljenek.

3.1.3. *Védelem csapadék behatolása ellen.* Ahol a csapadékbehatolás a berendezést veszélyezteti, ott védőzsalut kell felszerelni.

3.2. ***Tűzveszély elleni védelem***

Nincs többletelőírás.

3.3. ***A kezelő villamos ív elleni védelme***

Kezelőtérben a készülékeket úgy kell elhelyezni, hogy a szabályszerű működésekor keletkező ívtől a *kezelő és az ellenőrző folyosón tartózkodók* védve legyenek. A készülékekben rendellenesen fellépő ív hatása ellen úgy kell védekezni (amennyiben $t_{véd} > 0{,}15$ s), hogy a *készülék működtetési helyén* a kezelőt veszélyes ívhatás ne érhesse.

Tokozott kapcsolóberendezés esetén:

- termékszabvány szerint gyártott berendezés esetén a biztonsági intézkedéseket már a gyártó teljesítette, ezért külön előírások nincsenek
- ha nem a termékszabvány szerint gyártották a tokozott kapcsolóberendezést, akkor a belsőtéri nyitott kapcsolóberendezésekre vonatkozó előírásokat kell teljesíteni,

Belsőtéri nyitott kapcsolóberendezés esetén:

- a kezelőt a szakaszoló téves működtetésekor keletkező ív veszélyes hatása ellen (ha $t_{véd} > 0{,}15$ s) védeni kell,
- a szakaszolót úgy kell elhelyezni, hogy az ívhúzó kés 2 m-nél magasabban legyen, vagy
- a szakaszoló kézi hajtását a cella bal oldali falára kell elhelyezni (jobbkezesek), vagy
- külön védőpajzsot építenek be a kezelő ív elleni védelemre,
- a gyűjtősínek és a szakaszoló közötti ernyőzés vízszintes kialakítású legyen.

Szabadtéri kapcsolóberendezés esetén ($t_{véd} > 0{,}15$ s) esetén:

- a szakaszoló és földelőkéseinek hajtását úgy kell elhelyezni, hogy a téves működtetés miatti ív veszélyes hatásától a kezelő védve legyen. Ez megvalósítható védőlemezzel, vagy előírt távolságok betartásával.

Előírt védőtávolság: az ívhúzó rész legalább 3 m-re legyen a kezelőszinttől, a kezelő lábától!

3.4. *Áramütés elleni védelem*

Kezelőterekben az üzemszerűen feszültség alatt álló részeket *szándékos érintés*, illetve az átívelési távolságon belüli *szándékos megközelítés* ellen védeni nem kell!

A közvetlen érintés elleni védelem azt jelenti, hogy az üzemszerűen feszültség alatt álló részek (aktív részek) véletlen érintése, illetve az átívelési távolságon belüli (7.-2. táblázat) véletlen megközelítése ellen kell védeni a kezelőt. (A rendszeresen használt segédeszközöket is figyelembe kell venni!)

Átívelési távolság a feszültség alatt álló csupasz vezetőknek egymástól, más vezetéktől, burkolattól, faltól vagy épületrésztől való minimális távolsága (7.-2. táblázat).

7.-2. táblázat

Átívelési távolság levegőben

Névleges feszültség	Az „*a*” átívelési távolság levegőben mm		
	légköri túlfeszültség által		szabadtéri berendezés esetén
	nem veszélyeztetett belsőtéri berendezés esetén	veszélyeztetett belsőtéri berendezés esetén	
3	60	65	180
5-6	75	90	180
10	90	115	180
20	160	220	300
30-35	290	340	400
60-66	470	470	580
100-120	900	1100	1100
220	-	-	2200
400	-	-	3200

A közvetlen érintés elleni védelem módjai ill. eszközei:
- előírt védőtávolságok betartása,
- nagylyukú dróthálók alkalmazása,
- védőrács alkalmazása,
- védőkorlát alkalmazása.

Előírt védőtávolság belső térben a padozattól, szabadtéren a talajtól mért (2000+10U) mm *távolság, ahol* [U] = kV *a névleges feszültség.* (7.1)

Elzárt kezelőhelyiségben és elzárt szabadtéri kezelőtéren elegendő a jelzőfestés!

Amíg tehát a kezelőhelyiségben és szabadtéri kezelőtéren a véletlen érintés ellen védekezni kell, az elzárt kezelőhelyiségben és elzárt szabadtéri kezelőtéren még a véletlen érintés ellen sem kell védekezni, csupán jelzőfestéssel fel kell hívni a veszélyes részekre a figyelmet, és elegendő helyet kell biztosítani arra, hogy a szakképzett kezelőnek módja legyen munkáját biztonságos távolságban és helyzetben elvégezni.

Gyakorlati példák a véletlen áramütés elleni védelem megoldására:

- előírt védőtávolságok betartása: a középmagas elrendezésű szabadtéri alállomások kapcsolókészülékeinek elhelyezése 2 m magas állványokon ,
- nagylyukú drótháló alkalmazása: a nyitott beton cellás belsőtéri kapcsolóberendezésekben a cellák kezelőfolyosó oldali lezárására,
- fa védőrács alkalmazása: a belsőtéri fojtótekercs cellájának folyosó felőli lezárására,
- fa védőkorlát alkalmazása: kisteljesítményű (S<500kVA) olajtranszformátor kamrájában az ajtó mögé, a transzformátor elé beesés ellen.

3.5. *Figyelmeztető táblák, kezelőeszközök*

- Olyan helyen, ahol avatatlan személyek hozzáférése baleseti veszélyt okozhat, nagyfeszültségre utaló figyelmeztető feliratot kell elhelyezni.
- A kezelőterek ajtóin kívül és a helyiségen belül tartós figyelmeztető feliratot és villámjelet, a helyiségben pedig elsősegélynyújtási útmutatót kell elhelyezni.
- A kezeléshez szükséges (kezelőrudakat, fogantyúkat, hordozható figyelmeztető táblákat) eszközöket a kezelőtérben kell elhelyezni. (A kezelőtérben való elhelyezés célja az eszközök egyszerű hozzáférhetősége, mert a kezelők ezek hiányában hajlamosak a munkák biztonsági szempontból kockázatos elvégzésére.)

4. Villamos gépek és fogyasztóberendezések

Villamos forgógépek

Nincs külön előírás.

Transzformátorok

A transzformátorkamrák elzárt kezelőhelyiségek, ezért létesítésükkor ezek előírásait is be kell tartani.
Azon szabadtéri transzformátorterek, amelyekben a (7.1) magasságnál kisebb magasságban megérinthető, üzemszerűen feszültség alatt álló részek vannak, elzárt villamos kezelőterek.

5. Világítási berendezések

Elzárt villamos kezelőhelyiségekben és elzárt szabadtéri kezelőtereken az olyan berendezések esetében, ahol a véletlen érintés elleni védelem jelzőfestéssel van megoldva, a fényforrások elhelyezésével kell gondoskodni arról, hogy a fényforrások cseréje — a helyiségben lévő berendezések feszültségmentesítése nélkül — biztonságosan elvégezhető legyen.

Fontos kezelőterekben irányfényt vagy biztonsági világítást kell létesíteni.
Alárendelt kezelőterekben elegendő egy üzemképes hordozható lámpát a bejáratnál tartani.
A kezelőhelyiségekben és elzárt kezelőhelyiségekben a küszöböket és lépcsőket külön is meg kell világítani!

6. Készülékek, mérő, működtető és jelzőberendezések, kapcsolóberendezések

Készülékek, mérő, működtető és jelzőberendezések

Nincs külön előírás.

A kapcsolóberendezések fejezet főbb előírásai:

- Kezelőterekben a kapcsolóberendezés azonossági jelét vagy megnevezését szembetűnő helyen, tartós felirattal fel kell tüntetni;
- Ha a berendezés kapcsolása nehezen tekinthető át, az egyvonalas kapcsolási rajzot ki kell függeszteni, vagy sématáblán kell feltüntetni;
- A védőszerkezetek távolsága a védett részek feszültség alatt álló részeitől a legalább7.-3. táblázat szerinti legyen. A termékeknél próbatermi vizsgálatokkal ellenőrzik a biztonságot, itt, berendezéseknél ezek a távolságok nyújtják a megfelelő biztonságot.

7.-3. táblázat

Védőszerkezetek távolsága a védett részek feszültség alatt álló részeitől

A védelem neve	legkisebb távolság, ha „*a*” az átívelési távolság
Rács, fémháló	*a* + 100 mm
Korlát	*a* + 200 mm (de min. 500 mm)
Zárt, levehető ill. nyitható fémburkolat és ajtó	*a* + 30 mm

- Közvetlenül a szabadba nyíló nagyfeszültségű cella cellaajtója mögé védőkorlátot kell elhelyezni (7.-3. táblázat), ha a cellába feszültség alatti üzemben nem szabad belépni.
- A védőhálók, illetve rácsok oldalmagassága, a padlótól illetve a kezelőszinttől számítva legalább 1,7 m legyen. Huzalháló esetén a huzalátmérő legalább 2 mm legyen.
- Fakorlát keresztmetszete legalább100*20 mm legyen.

Belsőtéri kapcsolóberendezések

- a nem tokozott kapcsolóberendezések kezelő és ellenőrző folyosóinak szabad belmagassága legalább 2 m legyen. A folyosók szélessége legalább 1m legyen.

Szabadtéri kapcsolóberendezések

- A kezelő és ellenőrző utak szélessége minimum 1,5 m.
- Az üzemszerűen feszültség alatt álló vezetők a talajszinttől legalább $(3000 + 12U)$ mm magasságban legyenek, ahol $[U]$ = kV *a névleges feszültség.*

Részletes előírások közöl a szabvány:

- a szállító utakra,
- a védőszerkezetek távolságára,
- az egymás alatt elhelyezett fesz. alatt álló vezetők távolságára,
- a szomszédos mezőben elhelyezett — véletlen érintés ellen nem védett — feszültség alatt álló vezetők vízszintes távolságára:
  - 35 kV-ig 2 m
  - 120 kV-ig 3 m
  - 220 kV-ig 4 m
  - 400 kV-ig 6 m

7. Vezetékek fejezet előírásai

Kapcsolóberendezés belső helyiségében jutaburkolat nélküli, vagy nehezen éghető műanyag burkolatú kábel alkalmazható.

Kapcsolóberendezésekbe csak olyan vezeték szerelhető be, amelynek a szigetelése nehezen éghető.

8. VILLAMOS BERENDEZÉSEK ÜZEMELTETÉSE

A villamos biztonság egyik legfontosabb követelménye, hogy a mindennapi munkavégzés során ne történjen se kár, se baleset. Ezért a munkavégzés során betartandó magatartási követelményeket is meg kell határozni. Hogy a műszaki szakemberek által módosítható, gyakorlat orientált szabályozás jöjjön létre, ezért speciális, kivételes **szabványt** alkottak, amely nem a magatartási követelményeket írja elő — ez csak jogszabályban tehető meg —, hanem a biztonságos munkavégzés megszervezésének körülményeit, a munkavégzés során **minimálisan** betartandó követelményeket határozták meg.

Európában cél a munkabiztonság fokozatos összehangolása, ezért a CENELEC tagországok megalkották a biztonságos munkavégzésre vonatkozó minimális követelményeket az MSZ EN 50110 szabványban. Miután az egységesítésben Európa még csak az út elején jár így az egyes tagállamokban számos jogszabály él még. A nemzeti szabályzatokkal rendelkező országokban ellentmondás esetén a szabályzatokban lévő összes rendelkezést kell alkalmazni — miután azok kötelező előírások — e szabvány előírásaival szemben. A magyar vonatkozású előírásokat az MSZ 1585 „Villamos berendezések üzemeltetése" szabvány tartalmazza, méghozzá olyan szerencsésen, hogy az európai szabvány előírásaival egybe van szerkesztve, de a megkülönböztethetőség kedvéért dölt betűvel van szedve.

A szabvány az energetikai (erősáramú) villamos berendezések üzemeltetésére, illetve az erősáramú villamos berendezésekkel, az erősáramú villamos berendezéseken vagy azok közelében végrehajtott minden munkavégzésre vonatkozik. (Az erősáramú villamos berendezések a villamos energia termelésére, szállítására, átalakítására, elosztására és felhasználására szolgálnak.) Az üzemi berendezésekre vonatkozik, és nem vonatkozik az épületvillamossági berendezésekre, sem az azokat kezelő képzetlen személyekre (laikusokra).

Az épületvillamossági berendezés: az épület tartozékát képező olyan, 1000 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű villamos berendezés, amelynek kezelése és felügyelete nem igényli erősáramú szakember és/vagy helyismerettel rendelkező villamosan kioktatott személy állandó, vagy a karbantartási időszakoknál lényegesen gyakoribb jelenlétét.

Általában ide tartoznak a lakóépületek, irodák világításának, alapfűtésének, klimatizálásának, valamint a háztartási és hasonló fogyasztókészülékeknek az ellátására szolgáló villamos berendezések, valamint a 20 A-nél kisebb névleges áramerősségű általános célú dugaszolóaljzatokat ellátó villamos berendezések, valamint ezek fogyasztói. De nem tartoznak ide a különleges célú épületek és építmények (pl. színházak, áruházak, sportpályák) olyan hálózatai, amelyek ugyan a felsorolt berendezéseket táplálják, ha az épület céljának megfelelően kezelésük, felügyeletük erősáramú szakember vagy helyismerettel rendelkező, villamosan kioktatott személy állandó vagy gyakori jelenlétét igényli.

8.1. Biztonságos üzemeltetés alapelvei

Az üzemeltetés a villamos fogyasztóberendezések villamosenergia-ellátását célzó, villamosenergia-fejlesztő-, fogadó-, kapcsoló-, elosztó-, mérő- és biztosítóberendezések, valamint ezek szabályozó-, működtető- és vezérlőberendezésének saját hatáskörben végzett üzemben tartása és karbantartása. Azaz minden olyan tevékenység, amely a villamos berendezés működtetéséhez szükséges, beleértve a munkavégzést is. Ide tartozik pl. a kapcsolás, irányítás, felügyelet, karbantartás, valamint a villamos és nem villamos munkák.

8.1.1. Műveletek előtti tevékenység

A villamos berendezésen végrehajtandó bármilyen művelet megkezdése előtt elemezni kell a villamos kockázat mértékét, azaz a veszélynek kitett személyek sérülésének valószínűségét. Az elemzés során meg kell határozni, hogy az adott műveletet hogyan kell végrehajtani, és milyen biztonsági előírásokat és óvintézkedéseket kell betartani a biztonság fenntartása érdekében, például:

- Villamos gépek és készülékek kezelésekor nem szabad a védelmi célú (érintés-, víz behatolása-, robbanás elleni) burkolatokat, részeket üzem közben, illetőleg feszültség alatt kinyitni vagy a fedeleket eltávolítani!
- Meghibásodott villamos berendezések bekapcsolását, automatikus működését és használatát meg kell akadályozni, és szükség szerint az üzemképtelen állapotot figyelmeztető felirattal jelezni kell!
- A villamos berendezések nem rendeltetésszerű használata, nem előírás szerinti kezelése tilos!
- Tilos olyan üzemi viszonyok között üzemeltetni, vagy üzemben tartani a villamos berendezést, amely körülmény nem felel meg a berendezés műszaki kivitelének.
- Az üzemeltetőnek rendelkeznie kell a villamos berendezésre vonatkozó olyan kezelési utasítással, amely szabályozza mind a tervszerű, mind az előre nem tervezhető munkák és üzemzavar-elhárítások rendjét.

8.1.2. Műveleteket végző személyzet csoportba sorolása és az általuk végezhető munkák

Minden villamos tevékenység előtt elemezni kell a munkavégzés összetettségét abból a szempontból, hogy a végrehajtásra megfelelően lett-e kiválasztva szakképzett, kioktatott vagy képzetlen személy.

A tevékenységet ténylegesen végző személyek az alábbi csoportokba sorolhatók:

I. csoportba tartoznak azok a személyek, akik az általuk végzendő tevékenységek szempontjából semmiféle szakképzettséggel nem rendelkeznek, kioktatást sem kaptak (képzetlen személyek).

II. csoportba tartoznak azok a személyek, akik az általuk végzendő tevékenységre műszaki, de nem villamos jellegű kioktatást kaptak, vagy akiknek e munkák végzésére jogosító nem villamos szakképzettségük van.

III. csoportba tartoznak azok a villamos szakképzettséggel nem rendelkező személyek, akiket az általuk végzendő munkák villamos veszélyeire és az ezzel kapcsolatos magatartásra bizonyítottan kioktattak.

IV. csoportba tartoznak azok a villamosan szakképzett személyek, akiket szakképesítésük az általuk végzendő munkára és szerelési felügyeletre általánosan (nem egy meghatározott villamos berendezésre) alkalmasnak nyilvánít. Ezek:

IV/a Egy meghatározott munkafajtára feljogosító hatósági vizsgát tett személy (pl. felvonókezelő);

IV/b Információátviteli (gyengeáramú) szakképzettségű olyan személyek, akik a munkájukkal kapcsolatos energiaátviteli (erősáramú) villamos berendezések villamos veszélyeiről és az ezzel kapcsolatos magatartási szabályokról jogosító vizsgát tettek;

IV/c Energiaátviteli (erősáramú) végzettséget igazoló iskolai bizonyítvánnyal rendelkező villamos szakképzettségű személyek (szakmunkás, technikus, mérnök, szaktanár);

IV/d Villamosmérnök, villamos technikus, valamint olyan, a IV/b vagy IV/c csoportba tartozó, más szakképzett személy, aki a kis zárlati áramú nagyfeszültségű villamos berendezésekre vonatkozóan bizonyítottan kioktatást nyert;

IV/e Olyan villamos szakképzettségű személy, aki villamos biztonságtechnikai felülvizsgálatok elvégzésére szakvizsga alapján jogosult (érintésvédelem szabványossági felülvizsgáló, erősáramú villamos berendezések időszakos felülvizsgálója);

IV/f Olyan villamos szakképzettségű személy, akinek az általa kezelt nagyfeszültségű villamos berendezés kezelésére képesítő, hatósági szakvizsgája van (pl. önálló hálózatkezelő, villamosmű-kezelő, villamos hálózat és alállomás üzemeltető).

V. csoportba tartozik az a villamosmérnök, villamos technikus és villamos szakmunkás, akit munkáltatója – megfelelő gyakorlata és tapasztalata alapján – villamos munkák irányításával vagy vezetésével bíz meg.

A különböző csoportokba sorolt személyzet — a megfelelő képesítések birtokában — az alább felsoroltak szerinti munkák végzésére jogosult:

a) Az I. csoportba tartozó személy alkalmas:

- kismegszakítók, áram-védőkapcsolók, valamint 32 A-nél nem nagyobb névleges áramerősségű kapcsolók be- és kikapcsolására;
- 32 A-nél nem nagyobb névleges áramerősségű becsavarható (D rendszerű) biztosítók pótlására; fényforrások szerszám használata nélküli cseréjére (az E 40 foglalatúak kivételével);
- a védőfedelek eltávolítása nélkül elvégezhető tisztítási, kenési és más karbantartási munkák elvégzésére, valamint mindazon — a villamos szerkezet vagy villamos berendezés üzemeltetésével kapcsolatos — tevékenységre, amelyet a szerkezet vagy berendezés használati útmutatója számukra — a felsoroltakon túlmenően — kifejezetten megenged.

b) A II. csoportba tartozó személy — a I. csoportra is megengedett tevékenységeken túlmenően — alkalmas:

- a 32 A-nél nagyobb áramerősségű, kisfeszültségű kapcsolók és kapcsolószerkezetek be- és kikapcsolására;
- a villamos berendezések hibajelzéseinek nyugtázására;
- az érintésbiztos (Wickmann típusú) foglalatban elhelyezett, miniatűr csöves biztosítók pótlására;

- villamos hegesztő-berendezések, törpefeszültségű villamos berendezések helyszíni — szerelést is magába foglaló — felállítására, valamint;
- kisfeszültségű villamos berendezésekben a védőfedelek eltávolítását igénylő, nem villamos jellegű munkák elvégzésére.

c) A III. csoportba tartozó személy — a I. és II. csoportra is megengedett tevékenységeken túlmenően — alkalmas:

- a 32 A-nél nagyobb áramerősségű becsavarható (D rendszerű) biztosítók, valamint a védőfedélre szerelt késes biztosítók pótlására;
- laza csavarok feszültségmentes állapotban történő meghúzására;
- védőfedelek le- és felszerelésére;
- E 40 foglalatú (góliát-foglalatú), továbbá szerszám használatát igénylő fényforráscserékre;
- 32 A-nél nem nagyobb névleges áramerősségű, túláramvédelemmel védett áramkörökben olyan szerelvények (pl. dobozkapcsolók, II. érintésvédelmi osztályú lámpatestek) szerelésére és cseréjére, amelyekhez nem csatlakozik védővezető;
- Ezen túlmenően a IV. csoportba tartozó személyek közvetlen felügyelete alatt részt vehet a IV. csoportra megengedett más munkák végzésében és feszültség közelében végzett vagy feszültség alatti munkák végzésében is.

d) A IV. csoportba tartozó személy — a I., II. és III. csoportra is megengedett tevékenységeken túlmenően — alkalmas minden olyan villamos szakmunka önálló végzésére, amelyhez megfelelő szakismeretekkel rendelkezik. E munkákat feszültség alatt és feszültség közelében is elvégezheti. Azt, hogy szakismeretei elegendőek-e az adott munka elvégzéséhez, saját magának kell eldöntenie a következő korlátozásokkal:

- a IV/a és IV/b csoportba tartozó személyek csak azon villamos berendezéseken végezhetnek munkát, amelyekre képesítésük érvényes;
- a IV/c szerinti képesítés önmagában csak az 1000 V-nál nem nagyobb névleges feszültségű villamos berendezéseken végzett munkára tesz alkalmassá;
- a IV/d szerinti képesítés önmagában csak kis zárlati áramú, 1000 V-nál nagyobb névleges feszültségű villamos berendezéseken végzett munkára tesz alkalmassá;
- a IV/f szerinti képesítés csak azon 1000 V-nál nagyobb névleges feszültségű villamos berendezéseken végzett munkára tesz alkalmassá, amelyekre a jogszabály szerinti szakvizsga vonatkozik.

e) Az V. csoportba tartozó személy a munkáltatója által hatáskörébe utalt minden villamos szakmunka megszervezésére és irányítására alkalmas, de közvetlen munkavezetésre vagy más munkavégzésre csak az I. – IV. csoportba tartozását meghatározó szakképesítése szerint.

Megjegyzések:

1.) A III. és/vagy IV. csoport szerinti képzettség megszerzésére szolgáló (iskolai vagy tanfolyami) szakképzés keretében e képzések tanulói és hallgatói szaktanári vezetés és felügyelet mellett végezhetnek a III. és/vagy IV. csoportba tartozás szerinti munkákat.

2.) A IV/e képesítésű személy alkalmas a képesítése szerinti vizsgálatok elvégzésére, vezetésére és bizonylatolására. Ilyen képesítés hiányában e munkák vezetését még V. csoportba tartozó személy sem végezheti.

8.1.3. A munka szervezési kérdései

Minden villamos berendezést egyetlen személy, a berendezésfelelős felelősségi körébe kell helyezni. Míg minden munkavégzésnek a munkavezető felelősségi körébe kell tartoznia.

Képzett személy meghatározhatja, hogy hogyan kell a munkát biztonságosan elvégezni, ha a villamos berendezés egyszerű, pontosan ismertek a körülmények, és az elvégzendő munka is egyszerű. Vagy a karbantartás megállapodás szerinti eljárással történik.

Helyszíni intézkedésekkel kell biztosítani, hogy bármely munkát végző személy, aki bármely utasítás vagy munkavégzés végrehajtását biztonsági okokból ellenzi, az ellenvetéseit közvetlenül a munkavezetővel közölhesse. A munkavezető köteles a helyzetet kivizsgálni, és ha a döntéshozatalhoz szükséges, a feletteseivel konzultálni.

8.1.4. Információátadás

Ide tartozik minden mód, amely során személyek között információ átadása vagy információ cseréje történik élőszóban (beleértve a telefont, személyi rádiót és a személyek közötti beszédet), írásban (beleértve az e-mail-t és a faxot) és vizuálisan (beleértve a képernyőt, hirdetőtáblát, fényjelzést stb.).

Minden munkavégzés megkezdése előtt a berendezésfelelőst tájékoztatni kell a tervezett munkáról.

A villamos berendezés biztonságos üzemeltetéséhez szükséges valamennyi információról, pl. a hálózat kialakításáról, a kapcsolókészülékek állásáról (bekapcsolt, kikapcsolt, földelt), a védelmi eszközök helyzetéről tájékoztatást kell adni.

Ha az információ továbbítására más mód, pl. rádiójel, számítógép, fényjel stb. alkalmazására van szükség, ezeket csak olyan megfelelő óvintézkedések megtétele vagy megléte esetén szabad használni, amelyek biztosítják az információs kapcsolat megbízhatóságát, a félreértés és a hibás jelek továbbításának kizárását.

Minden közleménynek tartalmaznia kell az információt adó személy nevét és szükség esetén a tartózkodási helyét.

Az élőszóban továbbított információ esetén, a félreértés elkerülése érdekében, **a fogadó félnek azt meg kell ismételnie a küldő fél számára**, aki viszont köteles megerősíteni, hogy annak vétele és értelmezése pontos volt.

Tilos a munka megkezdésére, valamint a munka befejezése után a villamos berendezés visszakapcsolására az engedélyt **jeladások** vagy előzetesen **egyeztetett idő** eltelte alapján kiadni.

Üzemi napló

Minden olyan helyen, ahol üzemi napló van rendszeresítve, az üzemi személyzet illetékes tagjai kötelesek a villamos berendezésekkel (hálózatokkal) kapcsolatos mindennemű eseményt abba pontosan bevezetni, illetve azt rendszeresen és pontosan vezetni. (Üzemi naplónak tekinthető a hangfelvétel és a számítógépes adatrögzítés is.) Üzemi naplóban változtatásokat, javításokat csak úgy szabad végezni, hogy az eredeti bejegyzés is olvasható maradjon, és megállapítható legyen, ki és mikor változtatott az eredetileg bejegyzett szövegen.
Ha erre lehetőség van, az utasításokat és egyéb közléseket naplószerüen rögzíteni kell. Ha az utasítások és egyéb közlések hangfelvételére, számítógépes rögzítésére előírás van, a felvételeket törölni csak meghatározott idő elteltével szabad. Az utasítással összefüggésben fellépett üzemzavar, baleset vagy a megőrzési idő alatt beérkezett reklamáció esetén a felvételeket csak az eset tisztázása után szabad törölni.

8.1.5. A munkavégzés helye, szerszámai

A munkavégzés helyét meg kell határozni és pontosan meg kell jelölni, megfelelő hozzáférést és világítást kell biztosítani. Szükség esetén pontosan meg kell jelölni a munkavégzés helyéhez vezető biztonságos elérési utat.
Megfelelő óvintézkedéseket kell tenni a személyek sérülésének megakadályozására, amelyet a munkavégzés helyén jelen lévő és a munkavégzésben rejlő nem villamos veszélyek, pl. mechanikai vagy nyomás alatti rendszerek, vagy leesés okozhatnak.
Tilos hozzáférést gátló tárgyakat, éghető anyagokat a villamos kapcsoló- és vezérlőkészülékek elérési útvonalán illetve a villamos szerkezeteket kezelőhelyein elhelyezni.

A szerszámok, szerkezetek és eszközök feleljenek meg a vonatkozó európai, nemzeti vagy nemzetközi szabványok követelményeinek.

A villamos berendezés biztonságos üzemeltetésére, illetve a villamos berendezésen vagy a villamos berendezés közelében végzett munkához használt minden szerszámnak, szerkezetnek és eszköznek alkalmasnak kell lennie az adott felhasználásra, azokat a felhasználási célnak megfelelő állapotban kell tartani, és megfelelően kell használni és tárolni.

MEGJEGYZÉS: "A felhasználási célnak megfelelő állapotban tartani" kifejezés szemrevételezéssel és villamos méréssel végzett időszakos ellenőrzést jelent, ha szükséges a javítás és/vagy módosítás után is a szerszám, a szerkezet és eszköz villamos sértetlenségének és annak igazolására, hogy a mechanikai tulajdonságai nem változtak.

8.2. Munkavégzési módszerek

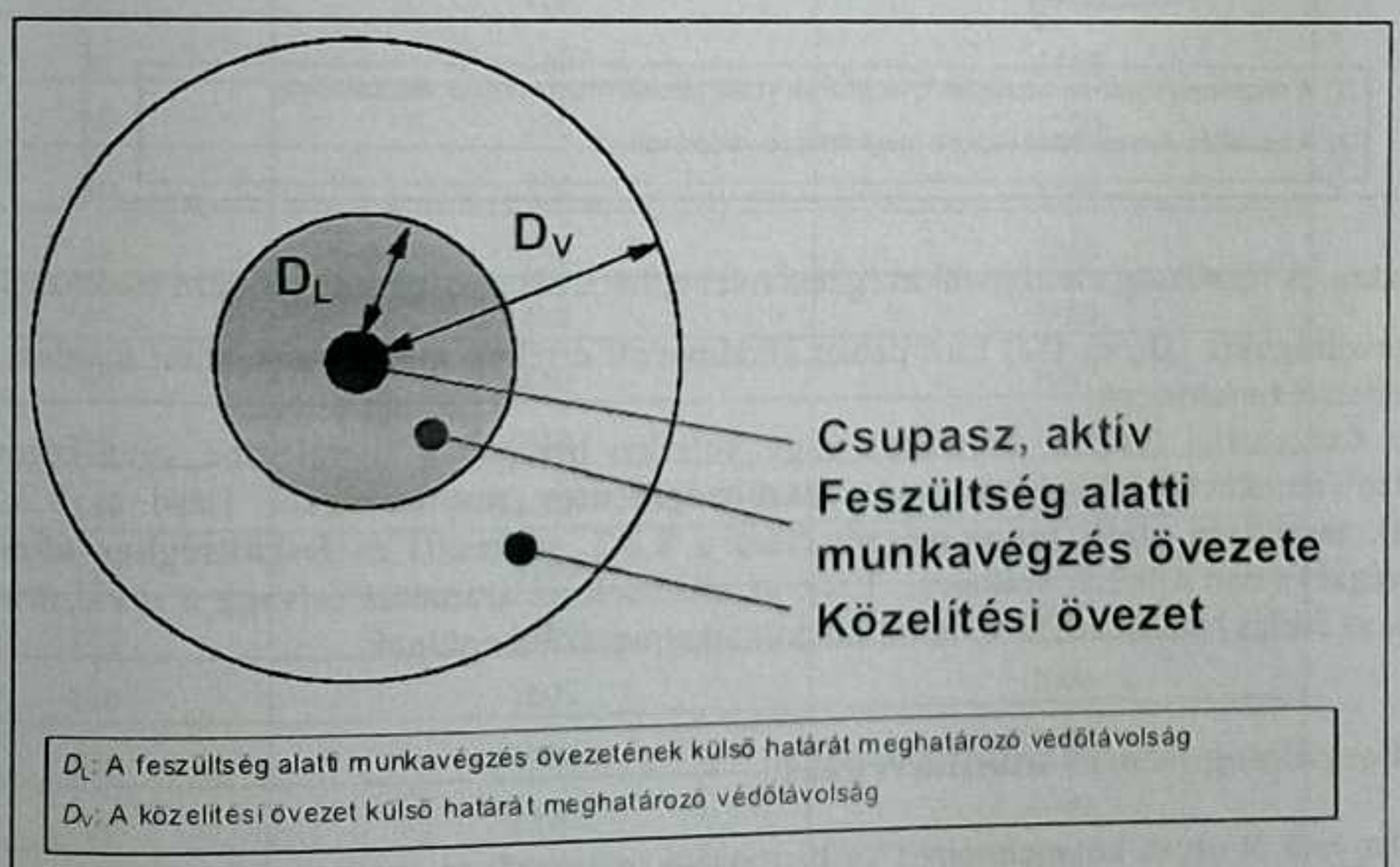
A munkavégzési módszereket döntő mértékben az határozza meg, hogy az aktív rész állapota milyen. Ezért az MSZ 1585 szabvány különböző munkavégzési övezeteket állapít meg:

- **Feszültség alatti munkavégzés övezete:** Az aktív részek körüli olyan tér, amelyben a villamos veszély megelőzését szolgáló szigetelési szint nincs biztosítva, amikor oda a munkát végző személy védelmi intézkedések nélkül behatol (lásd a 8.2.-1. és a 8.2.-2. ábrát). A feszültség alatti munkavégzés övezetének külső határát az ábrákon a D_L távolság jelzi.

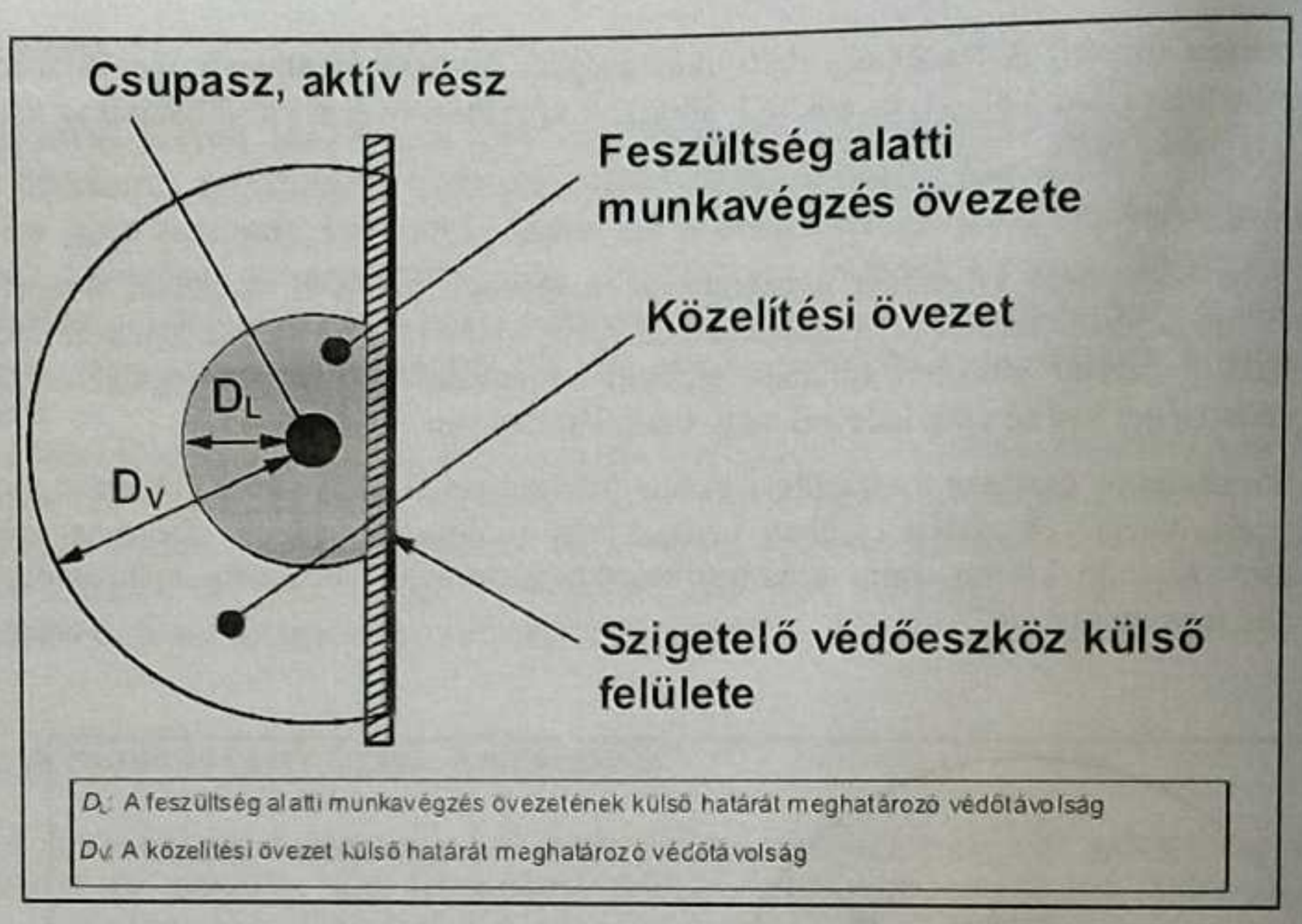
➢ **Közelítési övezet:** A feszültség alatti munkavégzés övezetét körülvevő, meghatározott nagyságú tér (lásd a 8.2.-1. és a 8.2.-2. ábrát). A közelítési övezet külső határát az ábrán a D_V távolság jelzi.

Megjegyzések:

- Nem tekintendő közelítési övezetnek az a **térrész**, amely a veszélyes övezettől villamos kezelőtérben kisfeszültségen az MSZ 1600-11, nagyfeszültségen az MSZ 1610-5 szerint létesített (állandó jellegű) védőakadállyal, másutt legalább IP2X védettséget nyújtó védőfedéssel vagy burkolattal el van választva.
- Az általános esetekre a közelítési övezet kiterjedését (D_V) távolság határozza meg. Szabadvezetékek esetén azonban, annak várható kilengése miatt az értéke nagyobb, mint D_V, de kisebb, mint a szabadvezeték biztonsága érdekében meghatározott „biztonsági övezet".



8.2.-1- ábra. A munkavégzési eljárások övezetei és levegőben mért védőtávolságai



8.2.-2 ábra. A feszültség alatti munkavégzési övezet határolása szigetelő védelmi eszközzel

A védőtávolságokra ($\mathbf{D_L}$ és $\mathbf{D_V}$) Európában alkalmazott értékek minimumát, mint ajánlást a 8.2.-1. táblázat tartalmazza.

Az övezetekbe történő szándékos vagy véletlen behatolást figyelembe véve három különböző munkavégzési eljárás van: **feszültségmentes munkavégzés** (lásd a 8.2.1. szakaszt), **feszültség alatti munkavégzés** (lásd a 8.2.2. szakaszt) és **feszültséghez közeli munkavégzés** (lásd a 8.2.3. szakaszt). Ezek az eljárások az áramütés és/vagy a rövidzárlat, valamint az ívelés hatásai elleni védelmi módok alkalmazására épülnek.

8.2.1. Feszültségmentes munkavégzés

Alapvető öt olyan követelmény ("öt biztonsági művelet") van, amely biztosítja, hogy a villamos berendezés a munkavégzés helyén feszültségmentes legyen és feszültségmentes is maradjon a munkavégzés ideje alatt. Ehhez a munkavégzés helyét pontosan meg kell határozni. Az adott villamos berendezés azonosítása után, a következő öt alapvető követelményt kell teljesíteni az itt meghatározott sorrendben:

1.) **leválasztás;**
2.) **visszakapcsolás elleni biztosítás;**
3.) **a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése;**
4.) **földelés és rövidre zárás végrehajtása;**
5.) **a közeli, aktív részek elleni védelem biztosítása.**

Az engedélyt a munka megkezdésére a berendezésfelelősnek kell kiadnia a munkavezető vagy munkavezetők számára. A munkavégzésben résztvevő minden személynek szakképzettnek, vagy kioktatottnak kell lennie, vagy ilyen személyek felügyelete alatt kell állnia.

A feszültségmentesítés követelményeinek teljesítésére szolgáló műveletek – kivéve a villamos működtetésű kapcsolásokat – feszültség alatti vagy feszültséghez közeli munkának minősülnek.

8.2.-1. táblázat

D_L és D_V védőtávolságok ajánlott értékei

A rendszer névleges feszültsége	A feszültség alatti munkavégzés övezetének külső határát meghatározó legkisebb elfogadható védőtávolság levegőben	A közelítési övezet külső határát meghatározó legkisebb elfogadható védőtávolság levegőben
U_N, kV_{eff}	D_L, mm	D_V, mm
≤1	**Nem lehet érintés**	300
3	60	1120
6	90	1120
10	120	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
36	380	1380
45	480	1480
60	630	1630
70	750	1750
110	1000	2000
132	1100	3000
150	1200	3000
220	1600	3000
275	1900	4000
380	2500	4000
480	3200	6100
700	5300	8400

D_L és D_V számértékei az európai országokban létező, hatóság által előírt legkisebb értékek soraként lettek kiválasztva.

70 kV-ig. D_L-re az értékek széles tartománya létezik, mivel a villamos összetevők számításánál a gazdasági megfontolások érvényesülnek.

Kovetkezésképpen az európai számértékek sorából a legkisebb érték lett kiválasztva.

70 kV felett: a villamos összetevő meghatározóvá válik.

Ennek megfelelően D_L-nek a táblázatban megadott legkisebb értékei az EN 61472 szerinti számítási módszerrel lettek megerősítve.

1 MEGJEGYZÉS: D_L és D_V közbenső értékeit interpolálással lehet meghatározni.

A feszültségmentesítés műveleteinek részletes szabályait a 8.2.1.1.–8.2.1.5. szakasz tartalmazza. E szakaszok szövegében az „általában" szó azt jelenti, hogy az egyes villamos berendezésfajtákra a **dőlt betűvel szedett nemzeti előírások** a 8.2.1.1.–8.2.1.5. szakasz követelményeit nem csak pontosíthatják és értelmezhetik, hanem szigoríthatják, vagy enyhíthetik is. Ha azonban az adott berendezésfajták feszültségmentesítésére nincs dőlt betűs eltérő nemzeti rendelkezés, akkor a 8.2.1.1.–8.2.1.5. szakasz követelményeinek betartása „kötelező", és ez nem lehet egyedi mérlegelés tárgya.

Kábelvonalak feszültségmentesítése

Kábelek, és ezekhez hasonló módon fektetett köpenyes vezetékek (a továbbiakban együttesen: kábelvonalak) feszültségmentesítését, ha

- *a feszültségmentesítést igénylő munkát a kábelvonalak végpontján vagy a nyomvonalnak a végelzárótól (végponttól) szemmel egyértelműen követhető pontján végzik, akkor a 8.2.1. szakasz szerinti műveletsorban szereplő földelést és rövidre zárást a közeli végelzárónál (végpontnál) kell elvégezni;*
- *a feszültségmentesítést igénylő munkát a kábelvonalak nyomvonalának olyan pontján végzik, amelynek a legközelebbi végponttal való összekötését nem lehet szemmel egyértelműen követni (pl. a közbenső szakasz földdel be van temetve; olyan kábellétrán vagy kábelcsatornában van, ahol a szomszédos, más kábelvonalak zavarják vagy lehetetlenné teszik a szemmel való követés egyértelműségét), akkor a feszültségmentesítés követelményeit a 8.2.1. szakasz kábelvonalakra érvényes további követelményei szerint kell elvégezni.*

Szabadvezetékek feszültségmentesítése

Szabadvezetékek feszültségmentesítése esetén, ha

- *a feszültségmentesítést igénylő munkát a szabadvezeték végpontján vagy olyan helyen végzik, ahonnan a végpont szemmel látható, akkor a feszültségmentesítésnek a 8.2.1. szakasz szerinti műveletsorban szereplő földelést és rövidre zárást ennél a végpontnál kell elvégezni;*
- *a feszültségmentesítést igénylő munkát a szabadvezeték más pontján végzik, akkor a 8.2.1. szakasz általános követelményein túlmenően teljesíteni kell a szabadvezetékekre vonatkozó további követelményeit is;*
- *a szabadvezeték szigetelt vagy burkolt és a munkavégzés helyén a vezetékek egyértelműen nem azonosíthatóak, vagy egyéb veszélyforrás áll fenn, akkor a biztonság más eszközeit kell alkalmazni a kialakult helyi gyakorlat szerint;*
- *ha a szabadvezeték kisfeszültségű, közvetlenül földelt csillagpontú, akkor földelés céljára a PEN-vezetőt is fel szabad használni.*

. Dugós csatlakozású villamos szerkezetek feszültségmentesítése

A villamos energia betáplálására (hálózatra, tokozott berendezésbe, szerelőlap csatlakozóaljzatába stb.) dugaszolással csatlakoztatható villamos szerkezetek (fogyasztókészülékek, kapcsolóegységek stb.) feszültségmentesítésekor a 8.2.1. szakaszban előírtakat a következő esetekben nem kell végrehajtani:

- *ha a háztartási és hasonló jellegű fogyasztókészülékek leválasztását valamennyi (tehát nem csak a betáplálási) csatlakozóvezeték dugós csatlakozásának megszüntetésével (a dugóknak az aljzatokból való kihúzásával) végezték;*

- *minden más dugós csatlakozású villamos szerkezetnél, ha a rá vonatkozó írásbeli karbantartási, illetve javítási utasítás (szervizkönyv) rendelkezésre áll, az rendelkezik a feszültségmentesítés követelményeiről, s e rendelkezéseket maradéktalanul teljesítették.*

. Rögzített csatlakozású, kisfeszültségű villamos szerkezetek feszültségmentesítése

A villamos energia betáplálására rögzített (fix) bekötéssel csatlakoztatott villamos szerkezetek esetén a fennmaradó töltések kisütését, a földelést és rövidre zárást, valamint a feszültségmentesített (feszültség nélküli) rész körülhatárolását el szabad hagyni, ha:

- *háztartási és hasonló jellegű fogyasztókészülék leválasztását valamennyi csatlakozókapocs leszerelésével végezték;*

***. Törpefeszültségű és kisfeszültségű villamos berendezések** esetében a földelés és rövidre zárás elhagyható, ha nem áll fenn az újra feszültség alá kerülésének veszélye.*

MEGJEGYZÉS: A kábelek és a fázisjavító kondenzátorok újratöltődnek, ezért mindig ilyen veszélyt jelentenek.

8.2.1.1. Teljes körű leválasztás

A villamos berendezésnek azt a részét, amelyen munkavégzés folyik, le kell választani az összes tápforrásról. A leválasztást légközzel vagy azzal egyenértékű hatékonyságú szigeteléssel kell megoldani, amely biztosítja, hogy a leválasztási ponton átütés nem lép fel.

►. Kikapcsolással meg kell szakítani a feszültségmentesítendő villamos berendezésrész üzemi áramát. Ha a kikapcsolás önmagában teljesíti a leválasztás követelményeit is (kisfeszültségű villamos berendezésekre az MSZ 2364/MSZ HD 60364 sorozat, az ennél nagyobb feszültségűekre a MSZ 1610 sorozat határozza meg a követelményeket), akkor ez önmagában leválasztásnak is tekinthető.

►. A kikapcsolás után – amennyiben vele egyidejűleg nem történt meg – leválasztással kell megakadályozni azt, hogy a feszültségmentesítendő villamos berendezésre és/vagy berendezésrészre máshonnan emberre veszélyes feszültség kerülhessen. A leválasztást el kell végezni minden lehetséges betáplálási helyen a feszültségmentesítendő berendezés és/vagy berendezésrész más berendezéssel és/vagy berendezésrésszel való villamos áramköri összekötését lehetővé tevő valamennyi villamos szerkezetnél (függetlenül attól, hogy ez az összekötés az adott helyen üzemszerű, szokásos vagy tiltott–e).

A leválasztás szempontjából az erről táplált fogyasztói leágazásokat csak akkor kell lehetséges betáplálási pontnak tekinteni, ha:

- *ennek a fogyasztói leágazásnak kétoldali betáplálási lehetősége van, vagy*
- *arra generátoros üzem is csatlakozik, vagy*
- *a visszatáplálás lehetőségére (pl. nagyteljesítményű szünetmentes áramellátás – UPS – esetén) a bontási helyen felirat vagy jelzés hívja fel a figyelmet.*

►. Kábelvonal feszültségmentesítésénél az előző bekezdés szerinti leválasztásnál a végpontokat a munkába veendő kábelvonal-nyilvántartás (nyomvonalrajz, kapcsolási rajz stb.) szerint kell meghatározni.

►. Szabadvezeték feszültségmentesítésénél az állandó kezelőszemélyzettel nem rendelkező helyeken a kikapcsolást és a leválasztást általában ugyanaz a személy végezze.

►. Épületvillamossági berendezésekben leválasztás helyett elegendő a hálózati engedélyes fogyasztásmérői elé felszerelt kismegszakítók kikapcsolása is, ha azokon a hálózati engedélyes zárópecsétjei sértetlenek.

8.2.1.2. Visszakapcsolás elleni biztosítás

A villamos berendezésnek a munkavégzés céljából történő leválasztására használt összes kapcsolóeszközt biztosítani kell a visszakapcsolás ellen, célszerűen a működtető mechanizmus reteszelésével. Ha reteszelésre nincs lehetőség, akkor a visszakapcsolás megakadályozására a kialakult gyakorlatnak megfelelő, egyenértékű tiltó műveletet kell végezni. Ha a kapcsolóeszköz működtetéséhez segédenergia-forrásra van szükség, akkor azt üzemen kívül kell helyezni. A beavatkozás letiltására figyelmeztető táblát kell használni. Távműködtetésű kapcsolóeszközök alkalmazása esetén a visszakapcsolást helyi működtetésű eszközökkel kell megakadályozni.

A villamos berendezésnek azokat a részeit, amelyeken a teljes körű leválasztás után még feszültség marad, pl. a kondenzátorokat és a kábeleket, megfelelő eszközökkel ki kell sütni.

►. A villamos berendezésnek minden olyan helyén, ahol a feszültségmentesítendő berendezés kézzel vagy távműködtetéssel visszakapcsolható, a következő három karikával (○)jelölt szakasz szerinti letiltást kell alkalmazni.

○. Ha a feszültségmentesítést a villamos berendezésen végzendő munka teszi szükségessé, akkor a letiltást a következők szerint kell megvalósítani:

- *villamos kezelőhelyiségnek vagy villamos kezelőtérnek minősülő helyen belül általában elegendő egy „Bekapcsolni tilos" (MSZ 453 szerinti) figyelmeztető táblát elhelyezni;*
- *másutt általában – lelakatolással, lezárással, a kezelőfogantyú levételével vagy más módon – meg kell akadályozni azt, hogy illetéktelen személy szerszám használata nélkül visszakapcsolást végezhessen.*

Ha a bekapcsolási lehetőség olyan közel esik a munkahelyhez, hogy munka közben a munkavégző állandó felügyeletet gyakorolhat fölötte, akkor a letiltás elhagyható, de olyan kapcsolószervnél, amelyet védelem, automatika vagy távműködtetés is kikapcsolhat, ilyen esetben is egyértelműen jelezni kell azt, hogy a kikapcsolás itt szándékosan, kézi működtetéssel történt. A munkáltatói szabályzat rendelkezhet arról, hogy a „Bekapcsolni tilos" táblákon, üzemi naplóban vagy más erre alkalmas helyen fel kell–e tüntetni az elhelyezés dátumát és azt, hogy ki engedélyezheti a visszakapcsolást.

Ha a visszakapcsolásra alkalmas villamos szerkezet segédenergia hatására bekapcsolhat, akkor a segédenergia-forrás vagy a segédenergia-hálózat hatástalanításával (pl. az erőtároló rugó meglazításával, nyomólléghálózat esetén a készülék lefúvó szelepének kinyitásával, a működtető áramkör biztosítóinak kivételével) kell megakadályozni a tévedés vagy segédenergia-köri hiba következtében nem szándékos visszakapcsolást. Ha a segédenergia-hálózat hatástalanítása kismegszakító kikapcsolásával történik, akkor a kismegszakítón egyértelművé kell tenni, hogy ennek kikapcsolása szándékos volt.

○. Ha a feszültségmentesítést a villamos berendezés tartós használaton kívül helyezése érdekében végzik, akkor a letiltást valamely szembetűnő helyen lévő berendezésrész kiszerelésével, vagy a vezetéknek szembetűnő helyen való megbontásával kell megvalósítani. A kiszerelés és/vagy bontás olyan legyen, amelyből egyértelműen kitűnik, hogy ez szándékos munka eredménye.

○. Ha a feszültségmentesítést munkavégzés céljából végzik ugyan, de a berendezés a munka befejezése után is tartósan használaton kívül marad, akkor mind a két előzőekben karikával (○)jelölt szakasz szerinti letiltást alkalmazni kell.

►. Kábelvonal feszültségmentesítésénél ha a feszültségmentesítést a villamos berendezésen végzendő munka teszi szükségessé akkor az első karikával jelölt szakasz szerinti letiltásnál és

a visszakapcsolás megakadályozásánál a végpontokat a kábelvonal-nyilvántartás (nyomvonalrajz, kapcsolási rajz stb.) szerint kell meghatározni.

►. *Az idegenek és illetéktelenek által hozzáférhető kézi kapcsolási (leválasztási) helyeken mind nagy-, mind kisfeszültségű szabadvezetékek esetében a kikapcsolásra, illetve leválasztásra szolgáló szerkezeteket vagy az ezeket tartalmazó szekrényeket le kell zárni vagy őrizni kell azokat.*

►. *Épületvillamossági berendezés feszültségmentesítésénél letiltás céljára elegendő:*

- *becsavarható biztosítók esetén a biztosítóbetétek és a biztosítófejek kiemelése és elzárása vagy elvitele, hogy azok a becsavarás helyén ne legyenek hozzáférhetők;*
- *fogantyúval kezelhető késes biztosítók esetén a betétek kiemelése és azok, valamint a fogantyú olyan elzárása vagy elvitele, hogy azok a kezelés helyén ne legyenek hozzáférhetők;*
- *kismegszakítók esetén a bekapcsolást gátló ólomzár helyére vékony huzal behelyezése és ennek szerszámmal végzett összecsavarása vagy a kapcsolókar szigetelőszalaggal való leragasztása;*
- *olyan dobozkapcsolóknál, amelyeknél – szerkezeti vagy elhelyezési okok folytán – a „bekapcsolni tilos" tábla nem helyezhető el, kikapcsolt állásban a kapcsoló zöld/sárga színű szigetelőszalaggal való leragasztása.*

8.2.1.3. A villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése

A feszültség nélküli állapotot a villamos berendezés minden pólusán ellenőrizni kell a munkavégzés helyén vagy ahhoz a lehető legközelebb. A villamos berendezés feszültség nélküli részeinek ezt az állapotát a gyakorlatnak megfelelő helyi, üzemi előírások alapján kell ellenőrizni. Az ellenőrzés magában foglalja például a szerkezetekbe épített feszültségkémlelő rendszerek és/vagy különálló kémlelőrendszerek használatát. Az utóbbi eszközöket legalább közvetlenül a használatuk előtt, de lehetőleg a használatuk után is ki kell próbálni.

A kábellel csatlakozó villamos berendezések esetében, ha a munkavégzés helyén a feszültség nélküli kábelek egyértelműen nem azonosíthatóak, akkor a biztonság megőrzésére más módszert kell alkalmazni a kialakult helyi gyakorlat szerint. Ilyen lehet a megfelelő kábelvágó vagy kábelszúró eszközök használata.

Ha a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzésére távvezérlésű földelőkapcsoló használatos, akkor ennek kapcsolási állását megbízhatóan jelezni kell a távvezérlő rendszeren keresztül.

►. *A feszültségmentesítendő részek üzemi vezetőinek feszültség nélküli állapotát kisfeszültség esetén vagy próbalámpával, vagy 20 mA-nél nagyobb fogyasztású, szabványos, kétsarkú feszültségvizsgálóval, esetleg hordozható voltmérővel kell ellenőrizni.*

1 kV és 36 kV közötti névleges váltakozó feszültség esetén az MSZ EN 61243-1 szerinti egysarkú feszültségkémlelővel kell ellenőrizni; ezeken a feszültségszinteken a villamos berendezésbe beépített műszer jelzése nem elegendő a feszültség nélküli állapot ellenőrzésére.

36 kV-nál nagyobb névleges váltakozó feszültség, valamint 1,5 kV-nál nagyobb névleges egyenfeszültség esetén a munkáltatói szabályzatban kell meghatározni, milyen készüléket vagy műszert kell erre a célra használni.

A feszültség nélküli állapot ellenőrzésére egyik feszültségszinten sem elegendő a kizárólag hangjelzést adó készülékek használata.

Kisfeszültség esetében a helyszínen hozzáférhető valamennyi üzemi vezető között (egymás közt), valamint – ha a helyszínen földpotenciálú fémszerkezet hozzáférhető, akkor – a földhöz képest is ellenőrizni kell a feszültség nélküli állapotot. 3 kV és nagyobb feszültség esetén a feszültség nélküli állapotot elegendő (minden érinthető vezetőn) a földhöz képest ellenőrizni. Amennyiben az ellenőrzés helyszínén a feszültségmentesítendő villamos berendezés(rész) feszültségéhez hasonló névleges feszültségű, feszültség alatt maradt rész is hozzáférhető, akkor a feszültség nélküli állapot ellenőrzésére használt műszer, illetve készülék működőképességét a feszültségmentesítés során ellenőrizni kell.

Próbalámpa helyett egysarkú feszültségkémlelőt szabad alkalmazni az 1000 V-nál kisebb névleges feszültségű villamos berendezéseken végzett munkák olyan munkahelyein, ahol csak egyetlen fázisvezető férhető hozzá (a másik fázisvezető vagy a nullavezető nem – pl. egysarkú világítási kapcsolóknál) és nincs a közelben hozzáférhető, földpotenciálú fémszerkezet, továbbá e berendezések azon helyein is, ahol a csupasz vezetők egymáshoz közeli elhelyezése miatt a kétsarkú ellenőrzés zárlat veszélye nélkül nem volna megvalósítható.

A feszültségkémlelést szabványos feszültségkémlelővel kell végezni.

►. A feszültség nélküli állapot ellenőrzésére a kábelvonal valamennyi leválasztási helyén el kell végezni az előző jelölt (►) szakasz szerinti ellenőrzést, s ezen túlmenően a munkavégzés helyén megnyugtató módon azonosítani kell a kábelvonalakat.

Megnyugtató azonosításnak tekinthető, ha:

- *a kábelvonal munkahelyi pontja valamelyik végponttól kimozgatással egyértelműen azonosítható (pl. a kimozgatott szakasz néhány méteres hosszúságú csőben, fedett kábelcsatornában fekszik);*
- *a legfeljebb 1 kV névleges feszültségű kábelvonal a nyomvonalrajzon feltüntetett helyen egyedül fekszik, vagy több kábelvonal esetén azok típusa szembetűnően eltér az azonosítandó típusától;*
- *a munkahelyen vagy attól szemmel követhető távolságra a kábelvonalon egyértelmű és a szerelési- vagy a nyomvonalrajzon feltüntetett szövegű kábeljelzőt találnak;*
- *egyedülálló kábelvonal esetén, a kábelfektetési rajzon pontos elhelyezési méretadatok is meg vannak adva, s ez a helyszínen találttal fél méternél kisebb tűréssel egyezik;*
- *azonos nyomvonalon fekvő több kábelvonal esetén, a nyomvonalrajzon a kábelsorrend is fel van tüntetve.*

Az itt megadott kábelvonal-azonosító eljárások közül egy is elegendő az azonosításra, ha a feltárt kábel vagy vezeték típusa és átmérője azonos a végelzárónál találttal vagy a rajzon feltüntetettel, és nincs más olyan körülmény, ami az azonosság ellen szólna (pl. szembetűnően régi kábel egy új kábelszakaszon). Ha azonban e feltételek nem teljesülnek, vagy egyik azonosítási módszert sem lehetett az adott helyen végrehajtani, akkor vagy villamos (pl. hangfrekvenciás- vagy impulzusmódszerrel) kábelvonal-azonosítást kell végezni, vagy a nyomvonalat olyan hosszban kell feltárni, hogy az egyik végpontig vagy a legközelebbi kábeljelzővel ellátott helyig a kábelvonal szemmel követhető legyen.

E szakasz alkalmazása szempontjából kisfeszültségűnek tekinthető a köpenyes vezeték.

►. Kisfeszültségű szigetelt szabadvezetéken végzett munka esetén a feszültségmentesség ellenőrzését el szabad hagyni, ha a munkahely közvetlen környezetében (ugyanazon az oszlopon) nincs szigeteletlen pont.

8.2.1.4. Földelés és rövidre zárás

Általános előírások

Minden nagyfeszültségű és olyan kisfeszültségű villamos berendezés esetében, ahol fennáll az újra feszültség alá kerülés kockázata a munkavégzés helyén minden olyan részt, amelyen munka folyik, le kell földelni és rövidre kell zárni. A földelő- és rövidre záró szerkezeteket vagy eszközöket először a földelési ponthoz kell csatlakoztatni és csak aztán a földelendő alkatrészhez. A földelő- és rövidre záró szerkezetek vagy eszközök lehetőleg legyenek a munkavégzés helyéről láthatóak. Ellenkező esetben a földelőcsatlakozásokat a lehető legközelebb kell elhelyezni a munkavégzés helyéhez.

Minden esetben biztosítani kell, hogy a földelő- és rövidre záró szerkezetek vagy eszközök, valamint az összekötésekhez használt vezetékek és csatlakozók a feladatra alkalmasak legyenek és feleljenek meg a villamos berendezés zárlati áramának, az alkalmazás helyén.

Biztosítani kell, hogy a földelések a munkavégzés ideje alatt a helyükön maradjanak. Ha a villamos berendezés földelésére és rövidre zárására távvezérlésű földelőkapcsoló használatos, ennek kapcsolási állását megbízhatóan jelezni kell a távvezérlő rendszeren keresztül.

Követelmények a törpefeszültségű és a kisfeszültségű villamos berendezések esetében

A törpefeszültségű és a kisfeszültségű villamos berendezések esetében nincs mindig szükség földelésre és rövidre zárásra, kivéve, ha fennáll az újra feszültség alá kerülésének kockázata például:

- más hálózat által keresztezett vagy villamosan befolyásolt szabadvezetékes hálózaton;
- tartalék generátoron keresztül.

Követelmények nagyfeszültségű villamos berendezések esetében

Csupasz szabadvezetékes hálózatok és csupasz vezetők esetében a földelést és rövidre zárást a munkavégzés helyének minden oldalán el kell végezni, az ide belépő összes vezetőn; a munkavégzés helyéről látni kell legalább egy földelő- és rövidre záró készüléket vagy eszközt. E szabályok alól a következő kivételek lehetnek:

- olyan munkavégzésnél, ahol a munka során a vezetők nincsenek megszakítva, a munkavégzés helyén egy földelő- és rövidre záró eszköz alkalmazása elfogadható;
- ha a földelő- és rövidre záró szerkezetet vagy eszközt nem lehet a munkavégzés határaitól láthatóan felszerelni, akkor helyileg alkalmazott földelőszerkezetről vagy -eszközről, vagy kiegészítő jelzőeszközökről, vagy bármilyen más egyenértékű megoldásról kell gondoskodni.

Ha a szabadvezetékes hálózatnak csak az egyik vezetékén folyik munkavégzés, akkor a munkavégzés helyén nincs szükség rövidrezárásra feltéve, ha a következő feltételek mindegyike teljesül:

- a leválasztás minden pontja földelve van, és rövidre van zárva;
- az a vezető, amelyen a munkavégzés folyik, és a munkavégzés helyén lévő minden vezetőképes rész megfelelő szerkezetekkel vagy eszközökkel össze van kötve és le van földelve;
- a földelt vezető, a munkavégzés helye, valamint a munkát végző személy ugyanannak az áramkörnek a többi vezetőjétől D_L-nél nagyobb távolságra van (lásd a 8.2.1. és a 8.2.2. ábrát).

Szigetelt szabadvezetékes hálózat, kábelek vagy más szigetelt vezetékek esetében a földelést és a rövidre zárást a munkavégzés helyének minden oldalán a villamos berendezés leválasztási pontjainak szigeteletlen részeinél vagy azokhoz a lehető legközelebbi pontokon kell elvégezni.

►. ***Követelmények kábelvonalak esetében***

○. *A kábelvonalon, ha a munka helyét és a legközelebbi végponttal való összekötését szemmel nem lehet követni, a földelést és rövidre zárást legalább az üzemszerű betáplálási végpontnál el kell végezni, és ha a munkálatok során sor kerülhet a kábelvonal kettévágására is, akkor annyi végpontnál kell a földelést és rövidre zárást elhelyezni, hogy minden szétválasztott szakaszon maradjon egy.*

Ezen túlmenően megfelelő készülékkel, e készülék használati útmutatójának megfelelő módon meg kell szúrni a kábelvonalat minden olyan esetben, amikor a munka során – közvetlenül vagy fémes szerszámon keresztül – meg kell érinteni a kábel vagy köpenyes vezeték vezetőjét.

Kisfeszültségű kábelvonal esetén szigetelő nyelű csákány használata is megengedett.

El szabad hagyni a megszúrást, ha a munkába veendő kábelvonal a rövidrezárt végponttól a munkahelyig szemmel egyértelműen követhető vagy egyértelműen azonosítható. A kábelszúrást a burkolat megbontása nélkül – tehát páncélozott kábelek esetében a páncélzaton keresztül – kell végezni.

Egyerű kábeleknél, köpenyes vezetékeknél csak földelt megszúrószerszám alkalmazható.

○. *Ismeretlen eredetű kábelvonal (pl. tereprendezéskor a talajban talált kábel) eltávolításához a vágás helyén kábelszúrást kell alkalmazni.*

8.2.1.5. A közeli aktív részek elleni védelem

Ha a munkavégzés helyének közelében a villamos berendezésnek vannak olyan részei, amelyeket nem lehet feszültségmentesíteni, akkor a munka megkezdése előtt különleges kiegészítő óvintézkedéseket kell tenni "a feszültséghez közeli munkavégzés" előírásai szerint (lásd a 8.2.3. szakaszt).

►. *A feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető. (Pl., ha egy szabadvezeték közbenső szakaszát feszültségmentesítik, akkor a határ nem lehet a nyitott oszlopkapcsolók vagy bontott szakaszbiztosítók oszlopán, hanem annál csak beljebb.)*

A körülhatárolás végezhető:

- *tényleges körülzárással;*
- *jelképes (pl. szalagból készült) körülkerítéssel;*
- *a határszerelvények (pl. táblával, zászlóval való) megjelölésével;*
- *több helyiségre, nagyobb területre kiterjedő munkaterület esetén egyértelmű írásbeli meghatározással (pl. X lakás, Y műhely, Z telephely, megnevezett község stb.).*

►. *A feszültségmentesített kábelvonalat a munkahelyen (munkagödörben) feltűnő módon meg kell jelölni. Ezt a jelölést a munka végeztével el kell távolítani. El szabad hagyni ezt a megjelölést, ha a munkahelyen csak egyetlen kábelvonal hozzáférhető.*

►. *Ha a kétrendszerű, 120 kV vagy annál nagyobb feszültségű szabadvezetéknek csak az egyik rendszerét feszültségmentesítik, akkor a feszültségmentesített rendszer oldalát minden olyan oszlopon meg kell jelölni, amelyre a munka során esetleg fel kell mászni. A munkát végző személynek a feszültségmentes rendszerrel azonos színű jelölést kell viselnie.*

8.2.2. Feszültség alatti munkavégzés

A feszültség alatti munkavégzés — amely eljárás során a munkát végző személyek a testük egy részével, a kezükben lévő szerszámokkal, szerkezetekkel vagy eszközökkel hozzáérhetnek csupasz aktív részekhez, vagy benyúlhatnak a feszültség alatti munkavégzés (D_L) övezetébe — csak a nemzeti előírások és a nemzeti gyakorlat szerint szabad végezni. Hazánkban kétféle feszültség alatti munkavégzést különböztetünk meg:

- Jelenleg a 60/2005.(VII.18.) GKM rendelettel módosított 72/2003.(X.29.) GKM rendelettel kiadott „Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági Szabályzata" (továbbiakban FAMBSZ) által előírt szigorú követelményeknek megfelelő FAM módszert, amelyet külön fejezetben a 8.3. fejezetben tárgyalok,
- és, az MSZ 1585 szabványban felsorolt, és a következőkben részletesen ismertetett egyszerű, feszültség alatt elvégezhető műveleteket, amelyeket a FAMBSZ — a szavak kezdőbetűjéből alkotott betűszóval EFAM-nak nevez.

Nem tekintendő feszültség alatti munkavégzésnek az olyan tevékenységek, mint a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése, a feszültségkémlelés, vagy pl. a földelő- és rövidre záró eszközök alkalmazása stb., amely tevékenységek a normál üzemvitelben a feszültségmentesítés lépései (8.2.1. szakasz)!

Összefoglalóan elmondható, hogy feszültség alatt álló villamos berendezéseken — a törpefeszültségű berendezéseket kivéve —, valamint szabadvezeték veszélyes közelségében (8.2.-2. táblázat) munkát végezni csak az e szabványban felsorolt vagy nemzeti jogszabályban (FAMBSZ) rögzített esetekben szabad.

Szabadvezeték veszélyes közelsége

Szél hatására a sodrony az oszlopközben kileng, így a nyugalmi helyzettől mért D_L távolság — minta feszültség alatti munkavégzés határa — nem elegendő, ezért a szabadvezeték veszélyes közelségének kiterjedését a 8.2.-2. táblázat adatai szolgáltatják.

8.2.-2. táblázat

A szabadvezeték veszélyes közelségének kiterjedése

A szabadvezeték névleges feszültsége kV	A veszélyes közelség kiterjedése m
legfeljebb 1	
- szigetelt vezeték	0,3
- csupasz vezeték	0,9
1-től 10-ig	1,2
22 és 36	1,5
120	2,0
220	3,0
400	4,0
750	7,0

Szabadvezeték veszélyes közelségében végzett munkát feszültség alatti munkavégzésnek kell tekinteni. Ennél nagyobb távolságban végzett munkánál a feszültség jelenlétét nem kell figyelembe venni!

Egyszerű Feszültség Alatti Műveletek (EFAM)

► *Feszültség alatt szabad végezni azokat az üzemszerű kezeléshez tartozó munkákat, amelyeket csak feszültség alatt lehet elvégezni (feszültségmérés, terhelésmérés, fázisegyeztetés, szigetelővizsgálat stb.). Ezeket a munkákat csak a célnak megfelelő, rendszeresített munkaeszközökkel, műszerekkel szabad végrehajtani.*

► *Feszültség alatt, felügyelet nélkül szabad végezni foglalatba csatlakoztatható lámpák cseréjét, valamint a becsavarható és a késes biztosítók cseréjét.*

► *Az izzólámpákat, továbbá a kisfeszültségű fénycsöveket és a kisfeszültségű foglalatba csavarható fémhalogén- vagy higanylámpákat – a góliát (E 40) foglalatúak kivételével – bárki, minden szakképzettség vagy kioktatás nélkül cserélheti.*

►*A legfeljebb 63 A névleges áramerősségű D-biztosítót – ha az világítási vagy háztartási áramkörben van – bárki, minden szakképzettség és kioktatás nélkül cserélheti.*

***Megjegyzés**: Az előző négy nyíllal jelölt szakaszhoz nem tartozó fényforrásokat, illetve olvadóbiztosítókat csak III. csoportba tartozó személy cserélheti, ha a házirend vagy a munkáltatói szabályzat előírásait teljesíti és megfelelő kioktatásban részesült ().*

►*Kizárólag földről kezelhető elosztószekrényekben, szakaszszekrényekben megengedett kezelőfogantyúval kezelhető késes biztosítóval — mérés után — 100 A-ig terhelést kapcsolni, vagy zárlatgyanús villamos berendezésre 100 A-es késes biztosítóval rákapcsolni. Egyéb berendezés, illetve nagyobb üzemi áram és biztosítóbetét-érték esetén a műveletet, a fedővédelmet ellátó berendezéssel kell elvégezni. Ezeket a műveleteket csak IV. csoportba tartozó személynek szabad elvégeznie. (Pl. hosszú szárú bőrkesztyű, arcvédő viselésével).*

►*A kismegszakítókat, áram-védőkapcsolókat – ha azok nincsenek bekapcsolást tiltó felirattal vagy más figyelmeztetéssel ellátva – önműködő kikapcsolásuk után bárki, szándékos kikapcsolásuk után pedig a kikapcsolást végző vagy általa megbízott más személy, minden szakképzettség vagy kioktatás nélkül visszakapcsolhatja (I. csoport).*

8.2.3. Feszültséghez közeli munkavégzés

A közelítési övezet a feszültség alatti munkavégzés övezetét veszi körül. Ennek a zónának a külső határát az aktív résztől kell mérni. A D_V távolság (8.2.-1. táblázat) az övezet külső határáig terjed. A közelítési övezet külső határának a feszültség alatti munkavégzés övezetének határától való távolsága az aktív részek feszültségétől függ.

A feszültséghez közeli munkavégzéshez tartozik minden olyan munka, amikor a munkát végző személy vagy ezen az övezeten belül tartózkodik, vagy a testének egy részével vagy a kezében tartott szerszámokkal, készülékekkel és eszközökkel behatol ebbe az övezetbe, de nem érinti a feszültség alatti munkavégzés övezetét.

Feszültséghez közeli munkavégzésnek kell tekinteni az olyan munkavégzést is, amelyik másik erősáramú csupasz szabadvezeték vagy nagyfeszültségű szabadvezeték közelítési övezetében van (megközelíti, keresztezi, vagy közös oszlopon van).

Munkavégzést váltakozó áram esetében 50 V-nál, egyenáram esetében 120 V-nál nagyobb névleges feszültségű aktív részek közelében csak akkor szabad folytatni, ha biztonsági intézkedések megakadályozzák a feszültség alatt álló részek érintését vagy a

feszültség alatti munkavégzés övezetének elérését. A munkavégzés biztonsági feltételei kétféle módon biztosíthatók:

▶Az aktív részek közelében a villamos veszély elhárítására vagy védőrácsot, védőfedést, illetve burkolatot, vagy szigetelő borítást kell alkalmazni (lásd a 8.2.3.1. szakaszt),

vagy ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatók, akkor a védelmet:

▶az aktív részektől legalább D_L nagyságú védőtávolság tartásával kell biztosítani (lásd a 8.2.3.2. szakasz).

Nyitott, illetve védőburkolattal le nem fedett feszültség alatt lévő csupasz vezetők (vezetékek) fölött tilos munkát végezni!

Ha ilyen helyen kell munkát végezni, akkor az alul levő, feszültség alatt álló vezetőt legalább IP3X védettséget nyújtó védőburkolattal kell ellátni.

A munkavégzés során gondoskodni kell a munkát végző személy stabil elhelyezkedésének biztosításáról, oly módon, amely lehetővé teszi, hogy mindkét kezét szabadon használhassa. Továbbá a munkavégzés helyét megfelelő védőfedésekkel, kötelekkel, zászlókkal, jelzőtáblákkal stb. meg kell jelölni. A közeli, aktív kapcsolótáblákat szintén meg kell különböztetni további jól látható eszközökkel, például az ajtókra rögzített egyértelmű figyelmeztető jelzésekkel. A munkát végző személynek ügyelnie kell arra, hogy bármilyen mozdulatot is tesz, ne érintse a feszültség alatti munkavégzés övezetét sem a testrészével, sem szerszámokkal vagy a kezében lévő egyéb tárgyakkal. Különösen ügyelni kell hosszú tárgyak, például szerszámok, kábelvégek, csövek stb. mozgatása esetén.

8.2.3.1. Védelem védőrács, védőfedés, burkolat vagy szigetelőborítás alkalmazásával

Ezeket a védelmi eszközöket a várható villamos és mechanikai igénybevételek elleni megfelelő védelem biztosítására kell kiválasztani és felszerelni.

- Ha a felszerelés a feszültség alatti munkavégzés övezetén belüli történik, akkor vagy feszültségmentes állapotban a feszültségmentes munkavégzés, vagy a feszültség alatti munkavégzés (FAM) eljárásait kell követni.

  Feszültséghez közeli munkavégzés esetében a szükséges feszültségmentesítést, ideértve a feszültség alatt maradó részek biztonságos elkerítését is, szakképzett és kioktatott személy végezze (IV. vagy V. csoport).
- Ezeknek a védelmi eszközöknek a feszültség alatti munkavégzés övezetén kívüli felszerelésekor vagy a feszültségmentes munkavégzés eljárását kell alkalmazni, vagy olyan eszközöket kell használni, amelyek meggátolják, hogy a szerelő személyzet benyúljon a feszültség alatti munkavégzés övezetébe. Szükség esetén a feszültség alatti munkavégzés eljárását kell követni.

Az előbbi feltételek teljesítése esetén a közelítési övezetben a munkát a szokásos eljárást alkalmazva szakképzett, kioktatott vagy képzetlen személyek is végezhetik és nincs szükség külön követelmények betartására. A védőfedés, burkolat vagy szigetelőborítás legyen megfelelően karbantartva és a munkavégzés folyamán megfelelően rögzítve. Ha ezek nem biztosítanak teljes védelmet a csupasz, aktív részek megérintésével szemben (kisfeszültségű berendezések esetén IP2X... vagy IPXXB kézháttal történő behatolás elleni védettségi fokozatot), akkor az ilyen részek közelében munkát végző képzetlen személyekre felügyelni kell.

8.2.3.2. Védelem védőtávolság betartásával és felügyelet biztosításával

Ha a védelmet a védőtávolság betartása és felügyelet biztosítása jelenti, akkor a munkavégzés módszere tartalmazzon

- legalább D_L nagyságú védőtávolságot a munkavégzés jellegének és a villamos berendezés névleges feszültségének figyelembevételével;
- kidolgozott feltételrendszert a személyzet kiválasztására a munkavégzés végrehajtásához;
- kidolgozott eljárást a feszültség alatti munkavégzés övezetébe bejutás megakadályozására a munkavégzés ideje alatt.

8.2.3.3. Építési és más nem villamos munkák

Építési és más nem villamos munkák közé tartoznak például:

- állványozási munka;
- emelőszerkezetekkel, építőipari gépekkel és szállítószalagokkal végzett munka;
- szerelési munka;
- szállítási munka;
- festési és felújítási munka;
- más szerkezetek és épületelemek mozgatása.

Építési és más nem villamos munkák esetében mindig előírt távolságot kell tartani, különösen terhek kilengése, szerkezetek szállítása és felemelése idején. Ezt a távolságot a legközelebbi vezetőtől vagy a legközelebbi csupasz aktív résztől kell mérni.
Az előírt távolságot a D_v-ből (8.2.-1. táblázat) és azon felül egy további távolságból kell származtatni, figyelembe véve a rendszer feszültségét, a munka jellegét, a használt szerkezeteket, és azt, hogy a munkát végző személyek villamos szempontból képzetlenek.

8.3. FAM

Mit értünk feszültség alatti munkavégzésen?
Olyan tevékenységet, amely során a dolgozó a feszültség alatt álló berendezésrészt közvetlenül, vagy szigetelt ill. szigeteletlen szerszámával közvetve (esetleg munkadarabbal közvetve) megérinti, az átívelési távolságon belül megközelíti, ill. tevékenységét meghatározott térerősségű villamos térben végzi.

Mi tette szükségessé — hazai viszonylatban is — a FAM bevezetését?

Mint tudjuk, a villamosenergia-szolgáltatás alapvető feladata a villamos energia üzembiztos és gazdaságos előállítása és a fogyasztókhoz való eljuttatása. A villamosenergia-ellátással szemben támasztott egyik legalapvetőbb követelmény az ellátás folyamatosságának biztosítása.
A folyamatos energiaszolgáltatás érdekében már eddig is számos műszaki megoldás alkalmazására került sor. Ezek például:

- a hálózatok hurkolása,
- többoldali alátámasztás kiépítése,
- hálózati automatikák alkalmazása,
- üzembiztosabb, nagyobb megbízhatóságú berendezések fejlesztése.

Ennek ellenére a folyamatos energiaellátásban megszakadások keletkeznek, egyrészt a fellépő üzemzavarok miatt, másrészt bővítési illetve karbantartási munkákhoz szükséges tervszerű kikapcsolások következtében.

A javítás miatt szükséges tervszerű kikapcsolások az üzemzavari kikapcsolások mintegy 60 %-át teszik ki. Azaz az összes kikapcsolási idő harmada hálózatokon végzendő tervszerű tevékenységhez szükséges.
Ezek a munkák a FAM tevékenység bevezetéséig csak feszültségmentes állapotban voltak elvégezhetők.
A tervszerű kikapcsolások azonban jelentős mértékben csökkentik az ellátás üzembiztonságát, sok esetben — sugaras, vagy egyoldalú ellátás esetében — komoly gazdasági következménnyel járnak. A munkavégzés a villamos hálózaton számos esetben baleset forrása, miután a hálózati munkatevékenység biztonsága csak számos szervezési intézkedéssel biztosítható, ezek egyike például a feszültségmenetesítés. Az áramütéses balesetek száma — nemzetközi és hazai statisztikákat idézve — hosszabb időtartamot tekintve nem változik lényegesen. Az esetek zömében a villamos baleset bekövetkezésének oka arra vezethető vissza, hogy az emberek tudatában a hálózat kikapcsolt, illetve feszültségmentesített állapota rögzítődik, ami a balesetek többségénél nem volt igaz.
Az eddig elvégzett külföldi és hazai elemzések azt mutatták, hogy legolcsóbban a tervszerű és az üzemzavari kikapcsolások számát a feszültség alatti munkavégzéssel (FAM) lehet csökkenteni, és bevezetésével a balesetek száma is jelentős mértékben csökken.
Külföldön a FAM bevezetése az 1960-as években kezdődött (USA, Franciaország, NDK).
Magyarországon:

- 120 kV-on és ennél nagyobb feszültségszinten a FAM dr. Csikós Béla az Országos Villamostávvezeték Vállalat főmérnöke munkássága nyomán már az 1970-es évek első felében használatba került,
- középfeszültségű hálózaton 1976-ban határozták el bevezetését, és a francia villamos művek, az EdF által alkalmazott technológia hazai adaptálásával az első munkára 1978-ban került sor,
- a kisfeszültségű hálózatokon 1980-ra teremtődött meg a FAM alkalmazásának lehetősége, a volt NDK-beli technológia és szerszámok, eszközök átvételével.

A FAM lehetséges munkamódszerei

A FAM tevékenység sokféle munkamódszerrel elvégezhető, és többféle megoldást fejlesztettek ki a szakemberek a legutóbbi időkig, de majdnem mindegyik visszavezethető az alább felsorolt módszerek egyikére, vagy e módszerek vegyes alkalmazására.

1. Érintéssel végzett munka (8.3.1. szakasz)

A beavatkozást végző szerelő a földtől és a nem munkába vett fázisoktól elszigetelten (védőburkolatok ,védőleplek stb.) védőkesztyűben és szigetelt nyelű szerszámokkal a feszültség alatt álló berendezést megérintve, megfogva végzi munkáját. (szigetelő kesztyű segítségével behatol a vezető legkisebb megközelítési távolságán belülre, ami kisfeszültségen 0,3 m). E módszert elsősorban kisfeszültségen alkalmazzák.

2. Távolból végzett munka (8.3.2. szakasz)

A feszültség jelenléte mellett a beavatkozó szerelő kiváló szigetelésű és mechanikai szilárdságú rudakra szerelt, távolról működtethető szerszámokkal — ún. manipulátorokkal — úgy dolgozik, hogy ne kerüljön a vezetők veszélyes közelségébe. (A szerelő a legkisebb megközelítési távolságon kívüli térben marad.) Alkalmazása elsősorban középfeszültségen elterjedt mert viszonylag nagy a feszültség és aránylag kicsik a távolságok.

3. Potenciálon végzett munka (8.3.3. szakasz)

A fémbeszövéses védőruhába öltöztetett szerelő a vezetővel fémesen összekötve a vezető potenciálján dolgozik.
A módszer alkalmazása során azt szükséges elérni, hogy a vezető potenciálján lévő személy ne kerülhessen más potenciálon levő vezetővel érintkezésbe, attól elszigetelt legyen.
Alkalmazása elsősorban nagyfeszültségen, ahol a nagy fázistávolságok lehetővé teszik, hogy a szerelőt csak a földpotenciáltól kelljen elszigetelni.
(Használható középfeszültségen is, ha szigetelőkosaras járművel a földtől, burkolással és a fázistávolság átmeneti megnövelésével a másik két fázistól elszigeteljük a beavatkozó szerelőt.)

8.3.1. KiF-FAM Érintéssel végzett munka

Hazánkban e módszert kisfeszültségű hálózati illetve alállomási munkáknál alkalmazzák. A FAM tevékenységre kiképzett beavatkozó szerelő bevizsgált FAM szerszámkészlettel végzi munkáját. Normál munkaruhában dolgozik de kezén egy gumi alapú szigetelő kesztyűt és egy erre felhúzott, mechanikai védelmet biztosító, bőrkesztyűt visel.

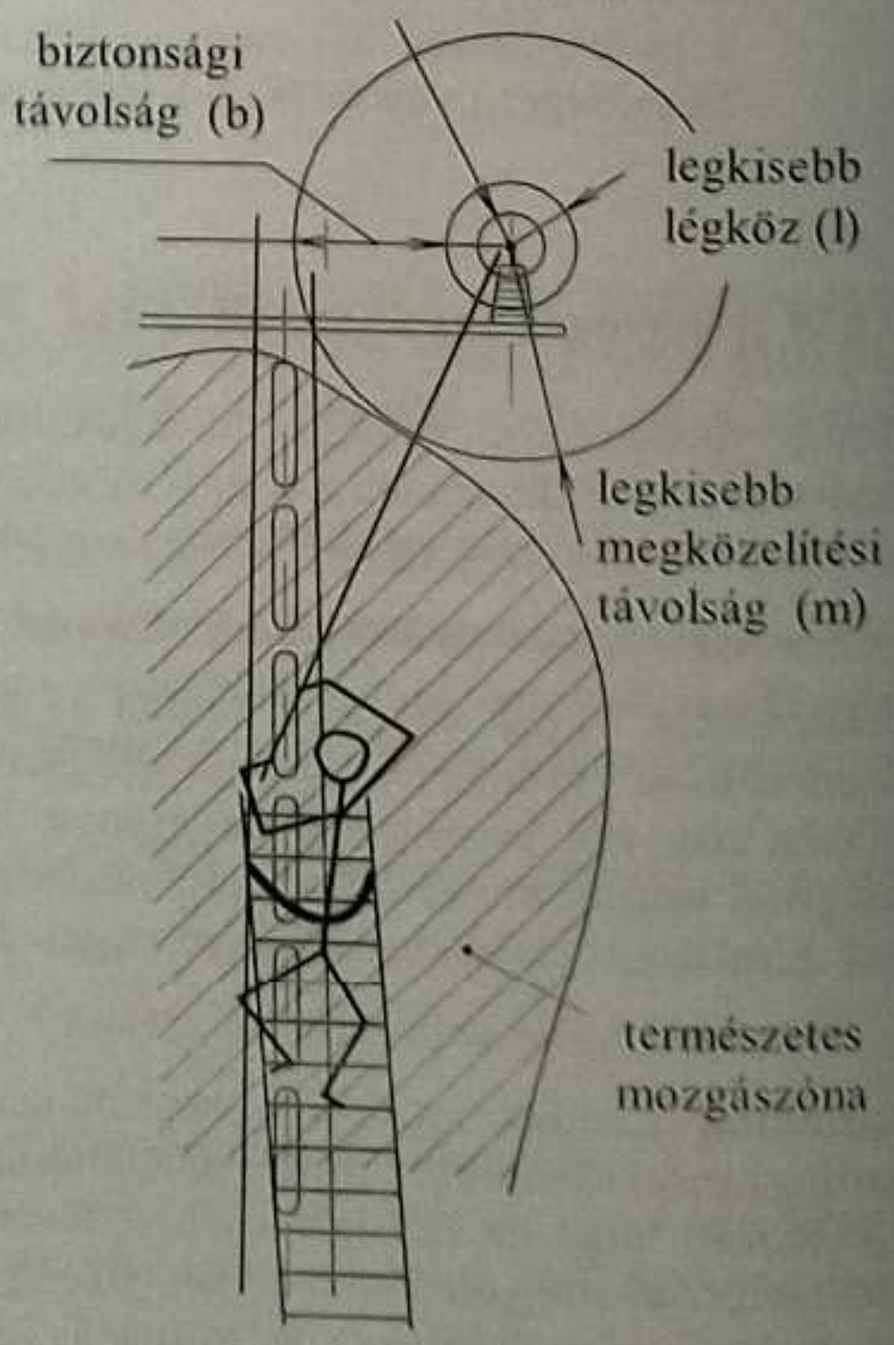
A munka megkezdésekor szigetelő lepellel, illetve szigetelő burkolatokkal rögzítetten be kell burkolni a munkába nem vett fázisokat, valamint az összes földpotenciálú vezetőképes burkolatot, testet úgy, hogy a szerelő csak a munkába vett fázis potenciáljához tudjon érni, szerszámmal, segédeszközzel, anyaggal, így munka közben nem tud semmilyen zárlatot okozni. A munka során az energiaellátás biztosítandó, például készülékcsere idejére beiktatott ideiglenes áthidalással.

Feszültség alatt számos munkatevékenység elvégezhető a biztosító aljazat cserétől a fogyasztói leágazás bekötésén keresztül a fogyasztásmérő cseréjéig.

8.3.2. KöF-FAM A távolból végzett munka

Ebben a pontban részletesebben a középfeszültségen alkalmazott távolból végzett munka jellegzetességeit ismertetjük.

Ennél a módszernél egy szerelő-csoport végzi a munkát, mindenkinek meg-felelő szintű FAM tanfolyami végzettsége és feljogosítása kell, hogy legyen. A csoportvezető csak irányítja közösen megtervezett és megbeszélt munkatevékenységet, melyet a beavatkozó szerelők távolból manipulátorokkal végeznek. Munkájukat a földi kisegítő személyzet a szerszámok, anyagok előkészítésével és feladogatásával teszi lehetővé. Munkaruhájukat megfelelő szigetelési képességű bakancs, vagy csizma egészíti ki. Az oszlopon végzendő munkánál — melyet a talajtól elszigetelt, elemekből felépíthető alumínium létrán végeznek — két a munka-



8.3.-1.ábra
Távolból végzett FAM tevékenység

övhöz csatolt és az oszlopon átvetett kötéllel —.melyek közül az egyik mindig be van csatolva — biztosítják azt, hogy még ájulás esetére se történjen leesés (8.3.-1. ábra).

A FAM biztonságát e módszernél több feltétel, követelmény egyidejű betartása biztosítja úgymint.:

- a munkatevékenység biztonsági felté-telei,
- hálózati feltételek,
- munkaeszközzel szembeni követel-mények,
- személyi feltételek.

E középfeszültségen alkalmazott munkamódszer során a következő biztonsági követelmények tartandók be:

- a beavatkozó szerelő természetes munkamozgása közben testével tőle eltérő potenciálon levő szerkezeti részt ne közelítsen meg,
- két különböző potenciálon lévő vezető ne kerüljön veszélyes közelségbe, azaz a munkaművelet során ívelés, zárlat ne jöjjön létre.

Ez utóbbinál például arra kell gondolni, hogyha egy bandázskötést menetenként bontunk le akkor a szál egyre nagyobb köríveket ir le, tehát hogy ne közelítse meg a másik fázisvezetőt, időben le kell vágni, azaz darabokra kell vágni.
Az első követelmény biztosításának módja a 8.3.-1. ábrán látottak alapján magyarázható.

Ehhez néhány alapfogalmat kell tisztáznunk:

- Természetes mozgászóna (z), a szerelő normál mozgástere, az a térrész, amelyet szándékos, vagy véletlen mozgásával elér:
- Átívelési távolság (t), egy csúcs sík elektródaelrendezés átütési távolsága;
- Legkisebb légköz (l), az átívelési távolság biztonsági tényezővel (k) növelt szorzata;

$$l = k \cdot t \qquad (8.\text{-}1)$$

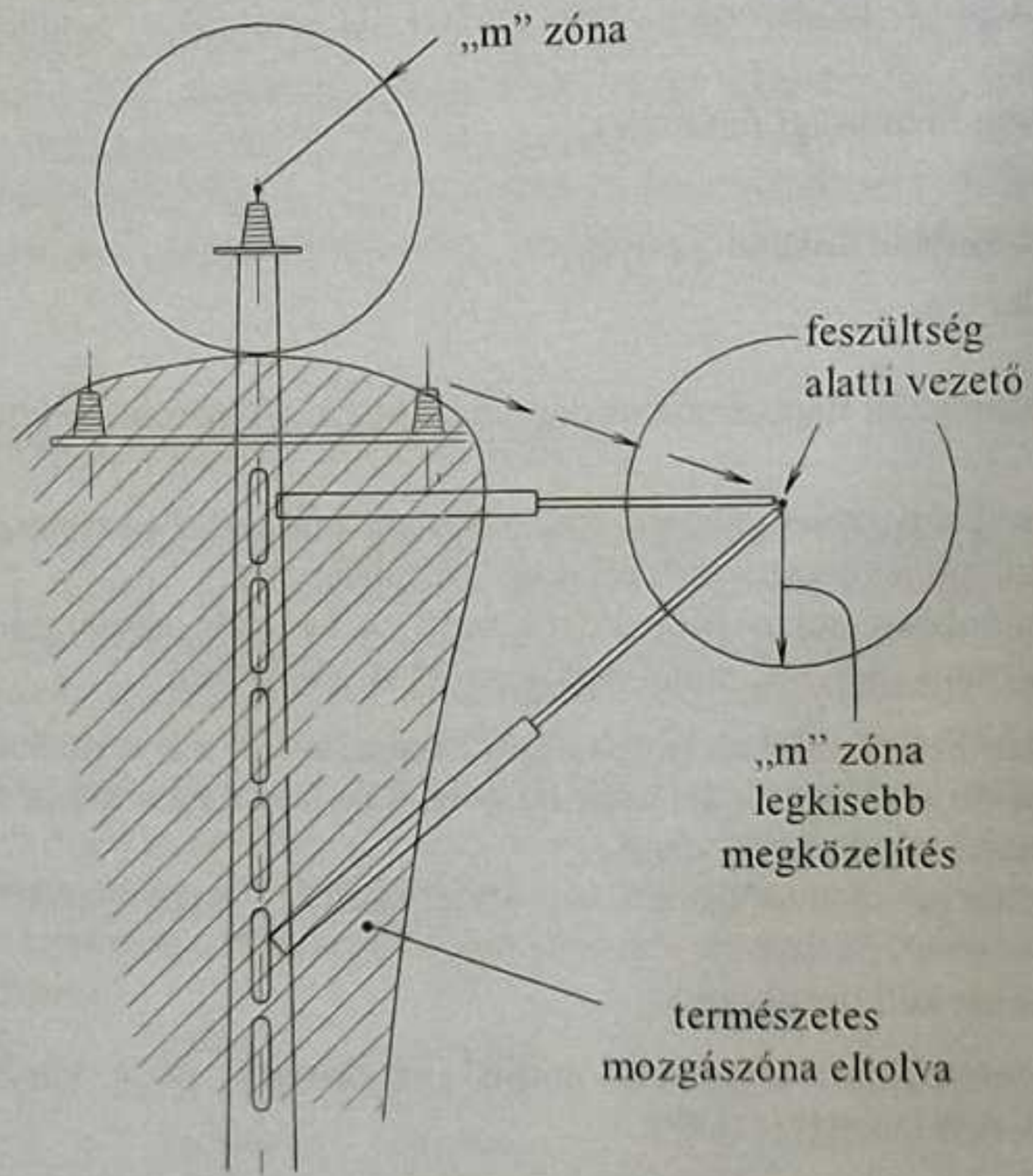
Megjegyzés: 20 kV esetén $l = 0{,}1$ m

- Legkisebb megközelítési távolság (m), a legkisebb légköz (l) biztonsági távolsággal (b) megnövelt értéke:

$$m = b + l \qquad (8.\text{-}2)$$

Megjegyzés: 20 kV esetén $b = 0{,}5$ m, azaz $m = 0{,}5 + 0{,}1 = 0{,}6$ m

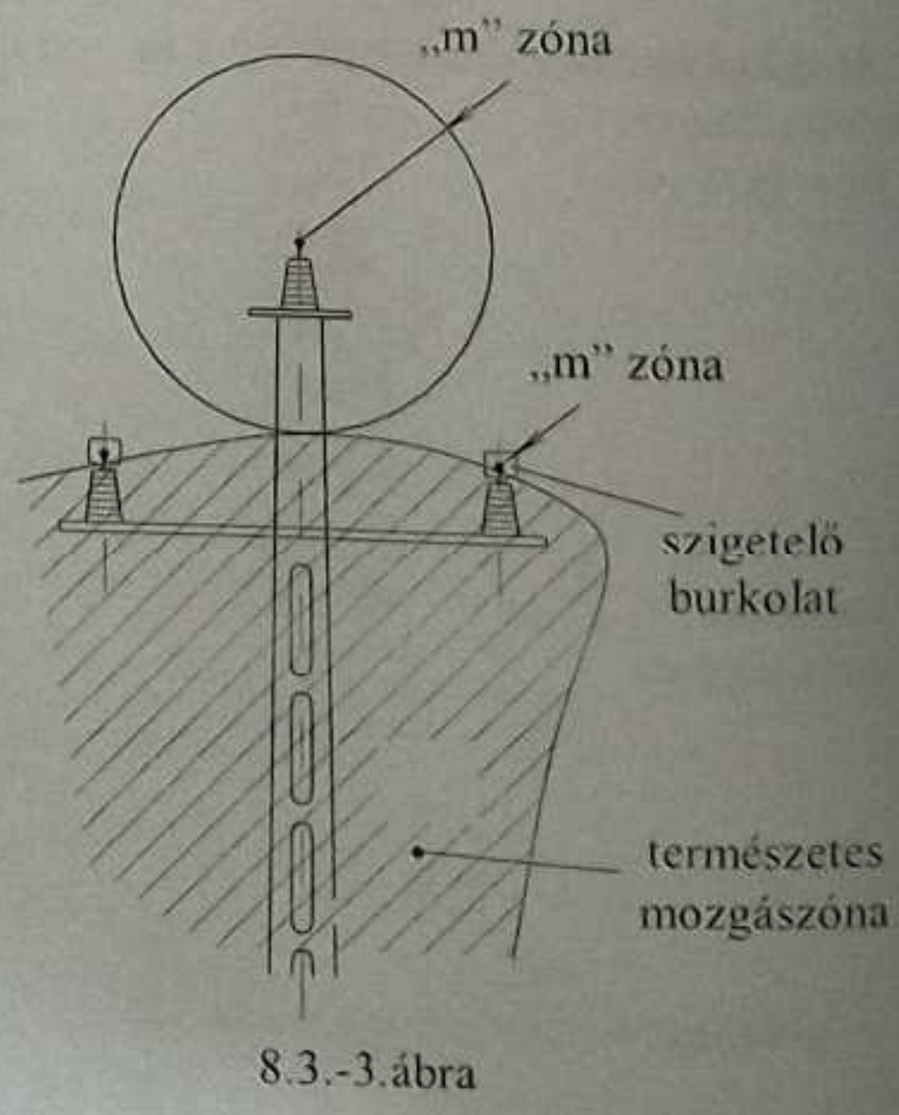
A biztonságos távolság váratlan, hirtelen mozdulatok esetére is hivatott biztosítani ember védelmét, azt hogy ne jöjjön létre átívelés.



8.3.-2.ábra
Az (*m*) zóna elmozdítása a vezető eltolásával és rögzítésével

8.3.2.1. A munkatevékenység biztonsági feltételei

- A szerelőnek a testével a legkisebb megközelítési távolság határolta térrészen, az ún. (*m*) zónán kívül kell maradnia, azaz munkatevékenysége során a természetes mozgászónát csak addig, illetve úgy mozgathatja el, hogy e két képzeletbeli zóna érintse egymást;
- Szigetelt szerszámaival és eszközeivel az (*m*) zónába benyúlhat, és a potenciálon lévő vezetőn beavatkozást, munkát végezhet;



8.3.-3.ábra

A természetes mozgászóna számára úgy is teremthető további mozgástér, hogy az (*m*) zónát a vezető eredeti helyéről való elmozdításával eltoljuk. Ezt megfelelő eszközökkel — pl. hidraulikusan mozgatható távolságtartókkal — a vezető távolabbra helyezésével és rögzítésével meg lehet valósítani (8.3.-2. ábra). Természetesen ügyelni kell arra, hogy a vezetőben csak a még megengedhető mechanikai igénybevétel keletkezzen.;

A legkisebb megközelítési távolság védőburkolattal lecsökkenthető (8.3.-3. ábra). Ekkor az (*m*) zóna a burkolaton belüli térre szorítkozik és így burkoltan már benne lehet a természetes mozgászónában. Ezzel elérhetjük, hogy például a csúcstartón levő harmadik fázishoz is megfelelő közelségbe kerüljünk (8.3.-3. ábra).

8.3.2.2. Hálózati feltételek

A feszültség alatti beavatkozás idejére a hálózaton normálistól eltérő, különleges üzemviteli állapot, ún. KÜÁ létrehozása szükséges, hogy a véletlenül fellépő rendellenesség (zárlat, szakadás) egyrészt ne okozzon balesetveszélyt, másrészt a megváltozott üzemállapotról informáltak legyünk. A KÜÁ bevezetésének célja tehát, hogy villamos hiba esetére a potenciálemelkedéstől megvédjük a szerelőt. A KÜÁ kialakítása során:

1.) A védelmeket késleltetés nélküli, önidőre kell beállítani, azt kell elérni, hogy hiba esetén azonnal kapcsolják le a hálózatot;
2.) Az önműködő visszakapcsoló automatikákat bénítani kell, nyilvánvaló balesetvédelmi szempontból nem szabad kísérletezni az esetleges múló jellegű zárlathárítással:
3.) A hálózatot hosszúföldeltté kell átalakítani, és evvel a védelmek megfelelő működési feltételeit biztosítani lehet;
4.) Az egyes és a kettes pontból következően földzárlatos üzemet nem szabad tartani;
5.) Az üzemirányító központ és a munkahely között állandó hírkapcsolatot kell tartani, a vezeték ki- ill. bekapcsolása csak a munkavezető beleegyezésével történhet;
6.) A hálózat rendellenes, azaz feszültség mentes állapotba kerülésére, jelzőberendezést kell alkalmazni. Ez általában egy a feszültség kimaradása esetén csipogó hangjelzést adó, a vezetékre a munkavégzés előtt felhelyezett készülék.

8.3.2.3. Munkaeszközzel szembeni követelmények

A jó munkaeszköz a biztonságos munkavégzés egyik igen fontos feltétele. Ezért fontos, hogy:

- mechanikailag és villamos szempontból kellő biztonságú legyen,
- időtálló legyen,
- könnyű legyen,
- mozgatásuk, kezelhetőségük praktikus, egyszerű legyen.

Ezeknek a feltételeknek olyan üvegszál erősítésű műanyag rudak felelnek meg, amelyeknél a rudazat végének elcsavarásával lehet a rúd másik végén levő szerszámot működtetni. Hogy párás időben is lehessen használni, általában víztaszító anyaggal minden használatba vétel előtt lekezelik. A szerszám adott feladatra készül, csak erre szabad használni, gyárilag bevizsgált, minősített és dokumentációval ellátott eszköz. Megfelelő állapotát időszakonként kötelező laboratóriumi felülvizsgálat biztosítja.

8.3.2.4. Személyi feltételek

A FAM egy korszerű technológia, amely a dolgozótól csak azt várja el, hogy haladjon a korral, azaz a FAM rendszert úgy alakították ki, hogy az:

- a dolgozóra nézve biztonságos és egészségére ártalmatlan legyen,
- a dolgozótól ne követeljen különleges testi és szellemi képességeket, különleges ügyességet,
- ne jelentsen a dolgozóra nagyobb fizikai és pszichikai megterhelést, mint ugyanazon munka feszültségmentes állapotban való végzése,
- ne tegyen szükségessé különleges életkori, nemi vagy munkaidő korlátozást,
- esetleges öntudatvesztés esetén is zárja ki a dolgozó leesését.

Az elmondottakon túlmenően azonban elvárható követelmény a FAM dolgozóval szemben:

- a feszültségmentes hálózatokon végzett munkában szerzett gyakorlat,
- az elektrotechnikai és mechanikai ismeretek magas szintje,
- jelentős fizikai állóképesség,
- pszichikai alkalmasság (ne legyen félelem érzete se a feszültségtől, se a magasságtól, csoportmunkára alkalmas legyen stb.)

8.3.2.5. A FAM bevezetésének előnyei középfeszültségen

- A középfeszültségű hálózat karbantartás miatti kikapcsolása csökkenthető, esetleg megszüntethető. Igen fontos szempont, mert a fogyasztók egyre érzékenyebbek az áramszolgáltatás zavaraira (hűtőgépek, zárttartásos állattartó telepek, víznyomásfokozók stb.)
- Sugaras hálózatkép alakítható ki, ami kedvező a létesítés és üzemtartás műszaki és gazdasági paramétereire, viszonylag kedvező szolgáltatási biztonság mellett. (Esetleges készülékek elhagyása, oszlopkapcsoló.)
- Hálózati hibák azonnal javíthatók, nem kell a hibák javításával a karbantartásra várni, és több hibát sem kell „összevárni" a kikapcsoláshoz. Az üzemzavar megelőzésének ez fontos eszköze, mert ilyenformán mindig épp hálózattal üzemelhetünk.
- Az áramütéses balesetek száma csökken.
- A feszültségmentesítés sok elemből álló, igen nagy területen végrehajtandó komplikált műveletsora elmarad.
- A cellatévesztés balesetet okozó volta megszűnik.
- A magas szintű helyi munkavezetés, és a feszültség jelenlétének biztos tudata a vétlen érintés lehetőségét kizárja. (A feszültség alatti munkáknál valamennyi művelet szükségszerű kényszerkapcsolatban van a cél érdekében kifejlesztett szerszámokkal. Ez azt jelenti, hogy míg a kikapcsolt távvezetéken a munka megkezdhető feszültségkémlelés, földelés, rövidre zárás nélkül, addig feszültség alatti munkavégzésnél senkinek sem jut eszébe a vezetékhez megfelelő szerszám nélkül hozzányúlni.)

8.3.3. NaF-FAM A potenciálon végzett munka

A nagyfeszültségű feszültség alatti munkavégzés alkalmazásának feltételei között elsődlegesen meg kell említeni, hogy azon országokban, ahol a hurkolt hálózat elegendő

tartalékkal rendelkezik — ki lehet kapcsolni a vezetéket javításra, karbantartásra — ott e módszert nem alkalmazzák. Fontos, az ellátásban nélkülözhetetlen távvezetékek esetében, — mint amilyen a magyar 750 kV-os távvezeték volt az elmúlt évszázad végén — alkalmazása nélkül az üzemvitel elképzelhetetlen.

A magyar módszer minden eleme eszköze hazai fejlesztés, az Országos Villamostávvezeték Vállalat főmérnökének és munkatársainak fejlesztése. A módszer kidolgozásakor a távvezeték tervezésénél is figyelembe vették a FAM tevékenységet, így a szigetelőláncok hosszánál és a karkinyúlások, kartávolságok tervezésénél megfelelő biztonsággal jártak el.

A beavatkozó szerelő fémszállal átszőtt, teljes testét beborító könnyű szellős védőruhában (kesztyű, csuklya, cipő , arcfedő lepel) dolgozik a vezető potenciálján. Ezt úgy kell érteni, hogy egy fém munkakosárban, amelyet vagy hosszú műanyag rúdszigetelő tart, vagy a sodronyon kerekeken gurul, esetleg kerékpárként a kötegvezetőn hajtható. Fontos a potenciál téren átjuttatás, majd a potenciálfogás, illetve potenciálrögzítés művelete, Mivel közelítéskor természetesen ív képződik, erre egy külön potenciálrögzítő kapocs szolgál, mely a munka alatt végig biztosítja a megbízható összeköttetést. Potenciálfogás alatt a Faraday kalickában dolgozó munkás védőruháján folyik csak kis kapacitív töltőáram.

A potenciálon dolgozó beavatkozó szerelő végig kellő távolságra van mind a földpotenciálú oszlopszerkezettől mind a többi fázistól. Munkáját potenciálon úgy végzi — speciálisan kifejlesztett eszközök alkalmazásával — mint a hagyományos szereléseket. A munka befejezése után ugyanolyan gondossággal kell a potenciáltéren keresztül visszajuttatni a földpotenciálra, mint amilyen gondossággal arra felvittük.

A biztonságos munkavégzéshez itt is meg kell teremteni a személyi, és hálózati feltételeket, a munkaeszközöknek anyagokkal szembeni szigorú követelményeknek kell megfelelni, és ragaszkodni kell a technológiai utasításokhoz. előírásokat be kell tartani

8.3.4. A FAM munkabiztonsági kérdései

Bármennyire is hihetetlen a nemzetközi tapasztalat és a statisztikai adatok azt bizonyítják, hogy a FAM kevésbé veszélyes, mint a berendezéseken, hálózatokon egyébként — feszültségmentesnek hitt, tekintett állapotban — végzett munka. Ennek magyarázata a következőkben keresendő:

a. A feszültségmentesített állapotban* végzett munkánál a munkabiztonságot adó eljárások, eszközök alkalmazása, a tényleges munkavégzés feladatától, folyamatától elkülönítetten hajtandó végre, illetve külön munkavégzés során teljesítendő (kikapcsolás, földelés, rövidre zárás). Ezért ezek valamelyikének elhagyása, feleserélése nem befolyásolja a munkavégzést, csak annak biztonságára van hatással. (A távvezetékoszlop festése és a biztonságos elvégzését biztosító feszültség mentesítés két külön munkafolyamat.)
A FAM személyvédelme azonban bele van építve az eszközrendszerbe, a munka szervezésébe és a munka irányításába.
FAM tevékenység során áramütéses sérülés azért nem lép fel, mert a dolgozó nem azt hiszi, hogy a berendezés feszültségmentes, hanem tudja, hogy feszültség alatt van.

b. A munkabiztonság fontos eleme a fegyelem.
A választott szerszámhasználati technológia eleve a fegyelem megszilárdításának irányába hat. Minden szerszámot szigorúan csak arra lehet használni amire alkalmas.

---

* Feszültség mentesnek tekinthető a berendezés, ha: 1.) A táplálásról lekapcsoltuk, 2.) A táphálózatról leválasztottuk, 3.) A feszültségmentes állapotról meggyőződtünk, 4) A vezetékeket földeltük és rövidre zártuk, 5.) A visszakapcsolást megakadályoztuk.

A munkavezető a feladatot és a megvalósítás módját részletesen megbeszéli a munkacsoporttal, így mindenki azonos mértékben ismerője a feladatnak és a választott szerszámhasználati technológiának.:
A munkavezető

- vezényli a munkafolyamatot,
- beavatkozást konkrétan nem végez,
- ellenőrzi a végrehajtást.

Ez a tény fokozza az egymásrautaltságot, az egymástól való függést, az irányítottság, a számonkérés és az ellenőrzöttség érzését.
Ez a szoros együttműködés olyan fegyelem-megszokottságot vált ki, amely a munka biztonságos végzésére és más előírások betartására is késztet.

c. Olyan ellenőrzési rendszert alkalmaznak, amely nemcsak a munkacsoport belső ellenőrzését, hanem a külső ellenőrzést, sőt az üzemviteli kapcsolat és különleges üzemviteli állapot létrehozásával kapcsolatos előírások betartásának ellenőrzését is tartalmazza.
Ez azt jelenti, hogy mind a munkát végző dolgozók, mind az ellenőrzést végző személyek FAM-mal kapcsolatos kiképzése is nélkülözhetetlen. Tehát a FAM-al kapcsolatos teendők végzésére vállalkozó személyeknek megfelelő tanfolyami végzettséggel kell rendelkezniük, és ezt a feljogosítást csak folyamatosan végzett FAM tevékenységgel lehet megőrizni, ezzel biztosítva az elméleti és gyakorlati ismeretek szinten tartását.

8.3.5. FAM alkalmazási példák

A teljességre törekvés nélkül felsorolunk néhány olyan gyakorlati alkalmazást, amire hazánkban sor került.
Kisfeszültségű alkalmazás KiF-FAM:

- állószigetelő csere,
- végfeszítő szigetelő csere,
- fogyasztói csatlakozás létesítése,
- kábel csatlakoztatása légvezetékre
- fogyasztásmérő csere.

Középfeszültségű alkalmazás KöF-FAM:

- állószigetelő csere,
- feszítő szigetelő csere,
- csillagkapcsoló javítás,
- oszlopkapcsoló csere.

Nagyfeszültségű alkalmazás NaF-FAM:

- szigetelőláncban szigetelő cseréje,
- áramvezető sodronyok és szerelvényeik javítása
- kötegelő léc cseréje.

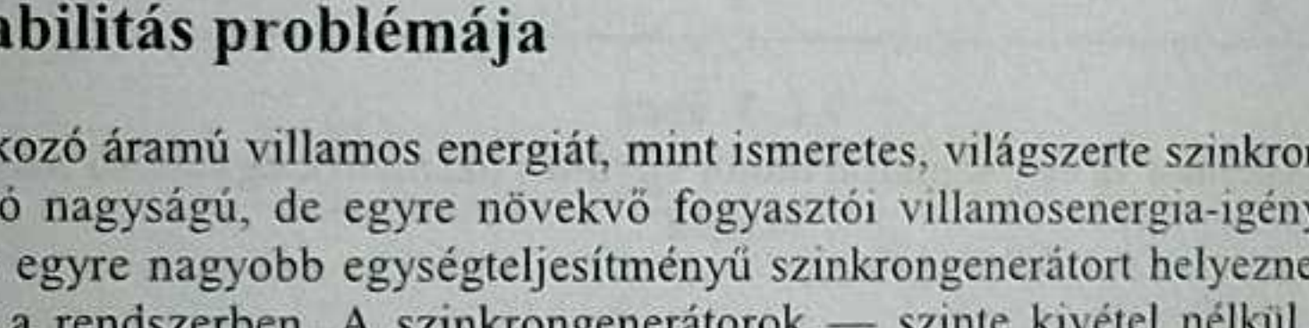
9. A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER STABILITÁSI VISZONYAI

Ebben a fejezetben a szinkrongépek, ill. a villamosenergia-rendszer egyik igen fontos üzemviteli kérdésével, a stabilitási viszonyokkal foglalkozunk. A stabilitás olyan határtudományokkal van viszonylag szoros kapcsolatban, mint például a hálózatszámítás, a villamos gépek tranziens folyamatai, szabályozástechnika. Ezért fokozottan támaszkodunk a más tantárgyakban megismertekre (pl. Villamos energetika I; Villamosenergia-ellátás I). A stabilitás tárgyalásához meg kell ismerkednünk a stabilitás problémájával, fogalmaival és a stabil üzemvitel követelményeivel.

9.1. A stabilitás problémája

A váltakozó áramú villamos energiát, mint ismeretes, világszerte szinkrongépek állítják elő. A változó nagyságú, de egyre növekvő fogyasztói villamosenergia-igény kielégítésére egyre több és egyre nagyobb egységteljesítményű szinkrongenerátort helyeznek üzembe, ill. üzemeltetnek a rendszerben. A szinkrongenerátorok — szinte kivétel nélkül — egymással párhuzamosan kapcsolva látják el a fogyasztókat. Mindaddig, amíg a több szinkrongenerátort, illetve erőművet magába foglaló kooperációs energiarendszerek nem alakultak ki, a stabilitás kérdésköre fel sem vetődhetett. A stabilitás tehát a szinkrongépek párhuzamos üzemének problematikája.

Mielőtt a részletes tárgyalásba belekezdenénk, tisztázni kell az alkalmazott konvenciót.



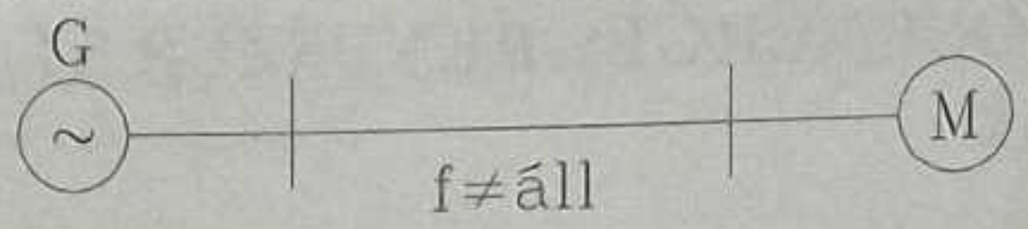
9.1.-1. ábra
Szinkron motor helyettesítő vázlata és fazorábrája

Villamos gépek tanulásakor az ún. **motoros pozitív irányrendszert** alkalmazták. Azaz a 9.1-1. ábrán felrajzolt egyfázisú helyettesítő vázlatban egy ideális feszültségforrás lát el egy szinkron motort, azaz

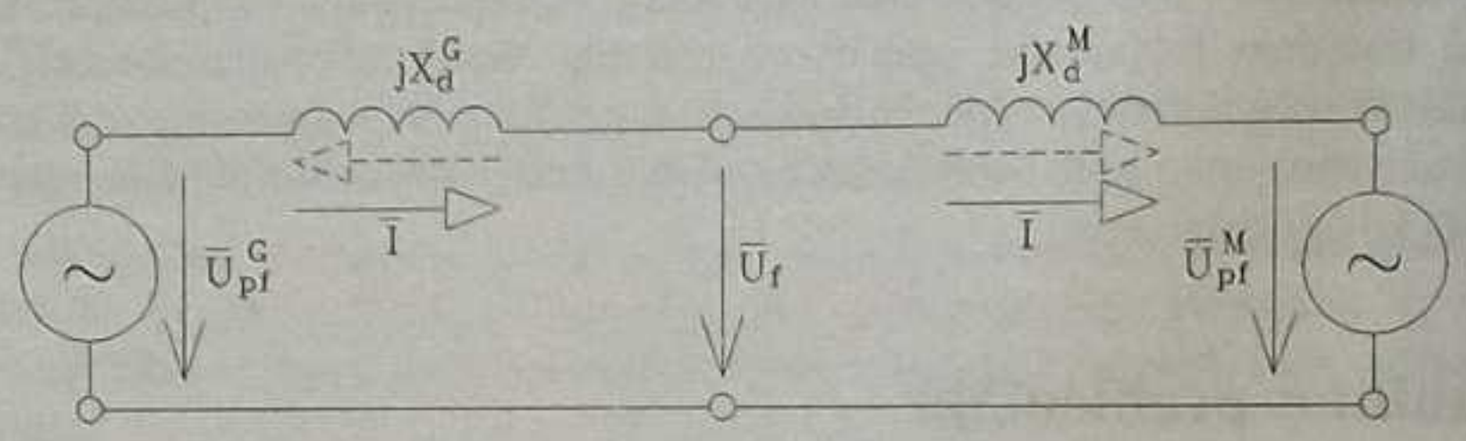
$$\bar{U}_f = \bar{I}\, jX_d + \bar{U}_{pf} \tag{9.1}$$

Ugyanezen az ábrán (9.1.-1. ábra) feltüntettük a szinkron motor fazorábráját is.

Ha most egy szinkron motor és egy szinkron generátor együtt járását vizsgáljuk (9.1-2. ábra), akkor a szimmetrikus motoros konvenciót alkalmazva az egyfázisú helyettesítő vázlatban (9.1.-3. ábra) az áramokat a szaggatott nyílnak megfelelően kell felvenni, és így természetesen a generátor áramára negatív érték adódik és létrejön a négynegyedes üzem. A generátor teljesítményére negatív, míg a motor teljesítményére pozitív érték adódik.



9.1.-2. ábra
Egy szinkron generátor és egy szinkron motor együttes üzeme

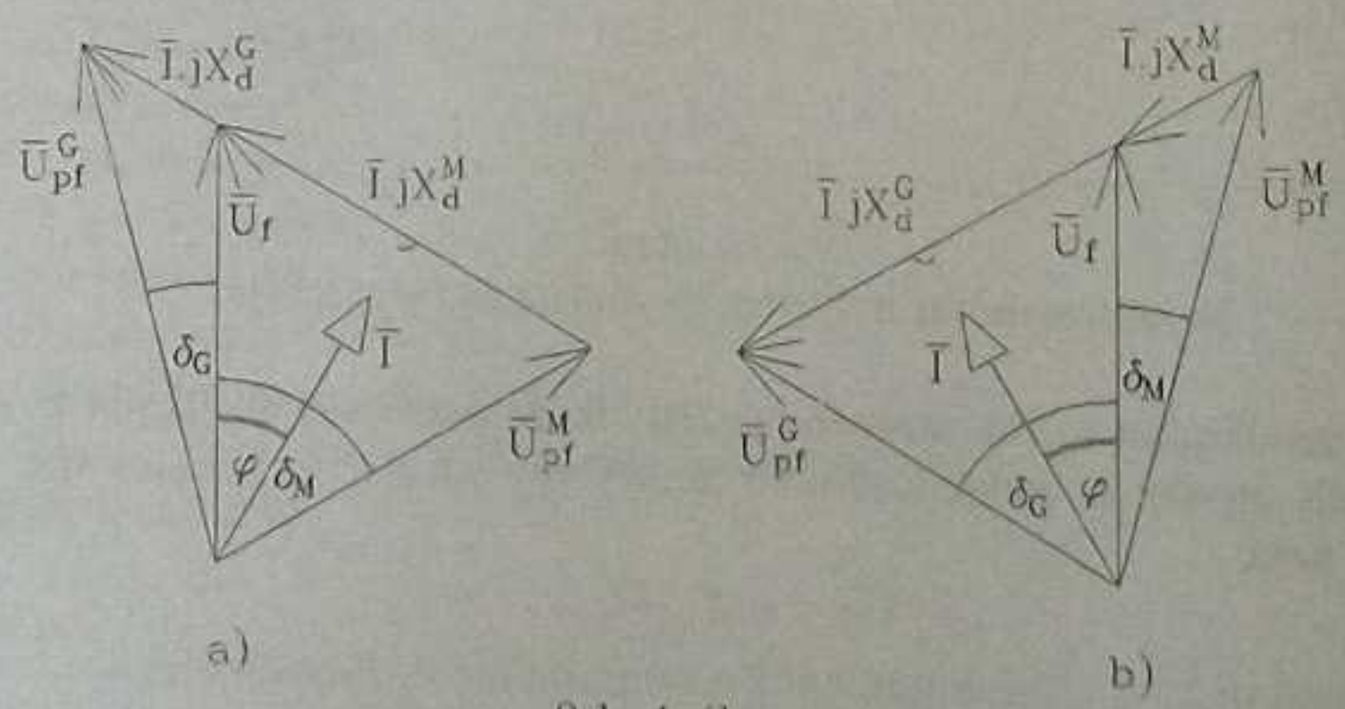


9.1.-3. ábra
Egy szinkron generátor és egy szinkron motor együttes üzemének egyfázisú helyettesítő vázlata

A villamos energetikában azonban nem áll módunkban egy vezetéken kétféle áramirányt definiálni. Azaz a szimmetrikus motoros konvenció helyett a **folyamatos áramirányok konvencióját kell alkalmazni**! Ezt mutatja a 9.1.-3. ábra helyettesítő vázlatában a folytonos vonallal jelölt áramnyíl. Természetesen a (9.1) egyenlet felírása is változik:

$$\bar{U}_f = -\bar{I}\,jX_d + \bar{U}_{pf}^G \tag{9.2}$$

Ha most erre az egyetlen áramra felrajzoljuk a 9.1.-3. ábra helyettesítő vázlatának megfelelő fazorábrát, akkor a 9.1.-4. ábrán bemutatott eredményre jutunk attól függően, hogy túlgerjesztett szinkron generátort és alulgerjesztett motort tételezünk fel 9.1.-4/a. ábra, vagy alulgerjesztett szinkron generátort és túlgerjesztett motort tételezünk fel 9.1.-4/b. ábra. Természetesen most mind a generátor mind a motor hatásos teljesítménye pozitívra adódik.

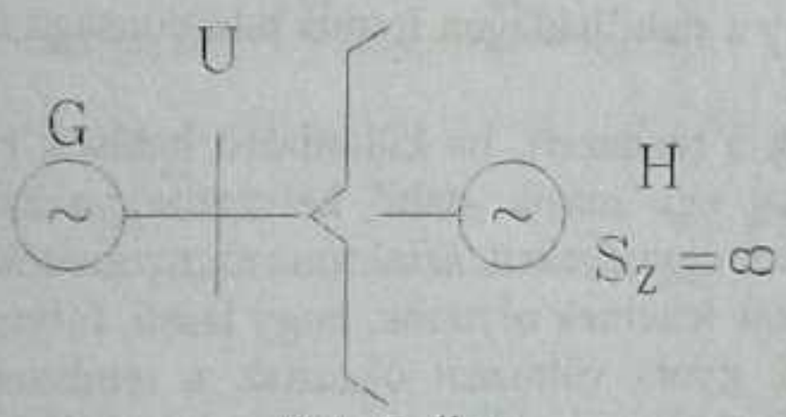


9.1.-4. ábra
Egy szinkron generátor és egy szinkron motor együttes üzemének fazorábrái
a) túlgerjesztett szinkron generátor és alulgerjesztett motor
b) alulgerjesztett szinkron generátor és túlgerjesztett motor

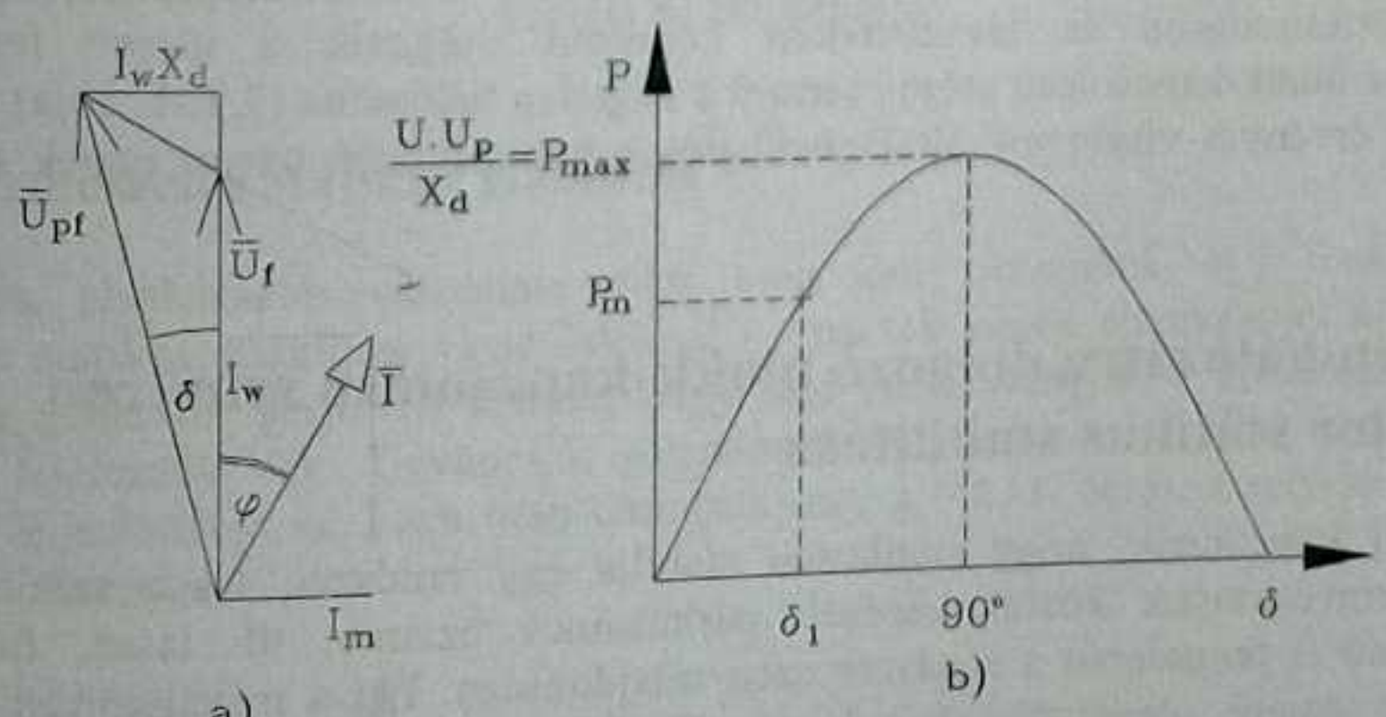
Amíg egyetlen generátor lát el egy vagy több fogyasztót (9.1.-2. ábra), addig a generátor szolgáltatta teljesítmény mindig egyensúlyban van a fogyasztók teljesítményigényével. Ha a

fogyasztói hasznos teljesítményigény nagyobb a generátort hajtó turbina szolgáltatta teljesítménynél, a periódusszám lecsökken, ha pedig kisebb, akkor a periódusszám megnő olyan mértékig, hogy a teljesítményegyensúly ismét helyreálljon.

Ha kettő, vagy ennél több szinkron generátor üzemel párhuzamosan villamos energia rendszerbe kapcsolva, akkor az egyik géptől a másikhoz — a fogyasztás ellátására — csak egy meghatározott nagyságú teljesítmény szállítható. Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha a szinkron generátor a teljesítményét úgynevezett végtelen hálózatba szolgáltatja (9.1.-5. ábra), vagyis olyan hálózatba, amelynek feszültsége merev (U_f = állandó) és frekvenciája állandó (f= állandó). A végtelen hálózatra dolgozó szinkrongép üzemállapota a rendszer frekvenciáját nem befolyásolja. (Korábbi számításainkban a végtelen hálózatot olyan ideális feszültségforrással helyettesítettük, amelynek a feszültsége állandó, a belső reaktanciája nulla, így zárlati teljesítménye végtelen nagy, tehetetlensége végtelennek tekinthető.)



9.1.-5. ábra
Végtelen hálózatba dolgozó szinkron generátor



9.1.-6. ábra
Végtelen hálózatra dolgozó szinkron generátor
a) fazorábrája b) teljesítménygörbéje

Normál üzemben a szinkron generátorból a végtelen hálózatba átvihető hasznos teljesítmény a 9.1.-1. ábra helyettesítő vázlatának megfelelő fazorábrából (9.1.-6/a. ábra) levezethető.
A keresztirányú feszültségesés (9.1.-6/a. ábra):

$$I_W X_d = I X_d \cos\varphi , \tag{9.3}$$

miután $R \approx 0$. Ugyanez a keresztirányú feszültségesés a fazorábra pólusfeszültséggel alkotott háromszögéből kifejezve:

$$I X_d \cos\varphi = U_{pf} \sin\delta . \tag{9.4}$$

Ha a háromfázisú hatásos teljesítmény kifejezésébe

$$P = 3 U_f I \cos\varphi , \tag{9.5}$$

a (9.4) kifejezésből az $I\cos\varphi$ alakot kifejezzük és (9.5) egyenletbe behelyettesítjük, akkor az átvihető hatásos teljesítményre a következő összefüggést kapjuk:

$$P = \frac{U_p U}{X_d} \sin\delta \tag{9.6}$$

ahol U_p a pólusfeszültség, U a gép kapocsfeszültsége, ill. végtelen hálózat esetén a hálózat merev feszültsége, X_d a gép szinkron reaktanciája (az R ohmos ellenállásokat elhanyagoljuk), δ a terhelési szög. Az átvihető teljesítményt a terhelési szög függvényében a 9.1.-6/b. ábra mutatja. A (9.6) összefüggésből következik, valamint a 9.1.-6/b. ábrán látható, hogy a szinkrongép csupán 90° terhelési szögig képes nyomatékot szolgáltatni (ill. felvenni). 90°-nál eléri a maximális nyomatékot (M = P/ω, de ω állandónak tekinthető). Ha ezen értéken túl terheljük a gépet, motoros üzemben megáll, generátoros üzemben pedig fordulata emelkedik, túlpörög. Mindkét eset azt jelenti tehát, hogy a gép többé nem képes párhuzamos üzemre, azaz kiesik a szinkronizmusból.

Az előzőekből következik, hogy a stabilitás igen fontos tulajdonsága minden villamosenergia-rendszernek.

Akkor tekintjük stabilnak a rendszert, ha különböző hatások ellenére visszatér eredeti stabil helyzetébe (vagy esetleg egy másik stabil helyzetbe), azaz a rendszer összetartó, visszatérítő erői (esetünkben az úgynevezett szinkronozó nyomatékok) nagyobbak, mint a zavaró, kitérítő erők. Ez utóbbiak lehetnek olyanok, hogy lassú, folyamatos hatást fejtenek ki, avagy olyanok, hogy hirtelen, gyors változást okoznak a rendszerben. E kétfajta zavaró hatásnak megfelelően beszélhetünk a rendszer **statikus stabilitásáról**, illetve **tranziens stabilitásáról**.

Ebben a fejezetben mind a kétfajta stabilitást tárgyaljuk, arra az üzemi alapesetre, amikor egy generátor transzformátoron és távvezetéken keresztül dolgozik a merev feszültségű gyűjtősínre, azaz blokk-kapcsolású erőmű termel a végtelen hálózatba (9.2.-1. ábra). Az ezen egyszerű esetre érvényes viszonyok általánosíthatók a bonyolultabb üzemi esetek stabilitási viszonyaira.

9.2. Végtelen hálózatra dolgozó blokk-kapcsolású szinkron generátor statikus stabilitása

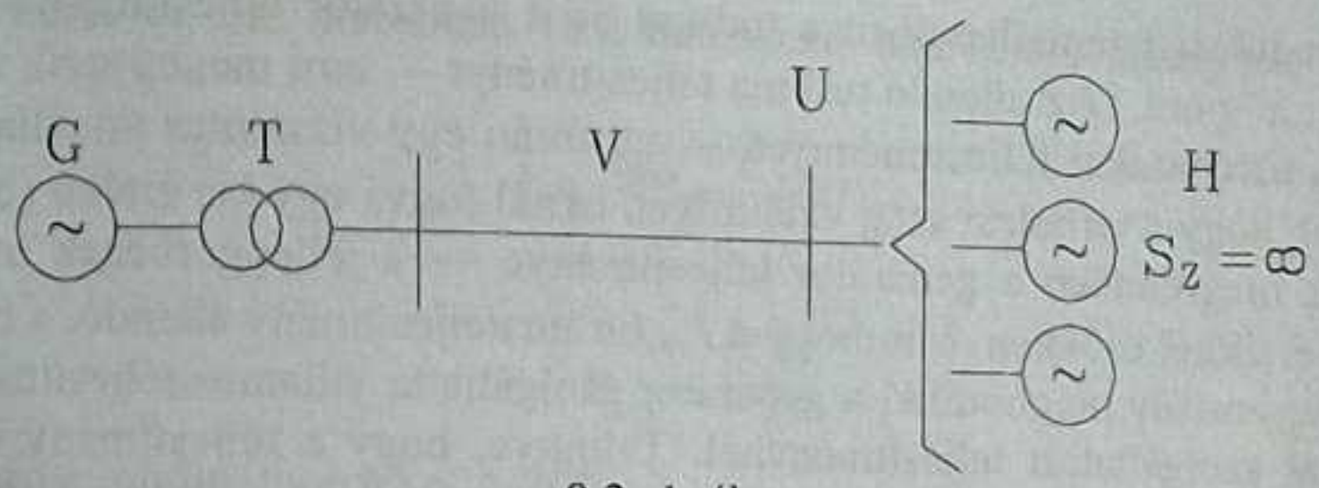
A tárgyaltakból következik, hogy statikusan stabilis egy rendszer, ha a szinkrongépek állandósult üzemviszonyok között képesek párhuzamos üzemre, ill. lassú, folyamatos változások esetén is fennmarad a rendszer ezen tulajdonsága. Ezt a megállapítást az előző pontban vázolt üzemi alapesetre (9.2.-1. ábra) részletesen is megvizsgáljuk, amelyre vonatkozóan az egyfázisú helyettesítő kapcsolási vázlatot és fazorábrát a 9.2.-2. ábra mutatja.

A szinkron generátor transzformátoron és távvezetéken keresztül csatlakozik a végtelen hálózathoz (9.2.-1. ábra), így az átviteli út reaktanciája, azaz a gép és a hálózati pont közötti átviteli reaktancia (X_{12}) kerül a (9.6) összefüggés nevezőjébe.

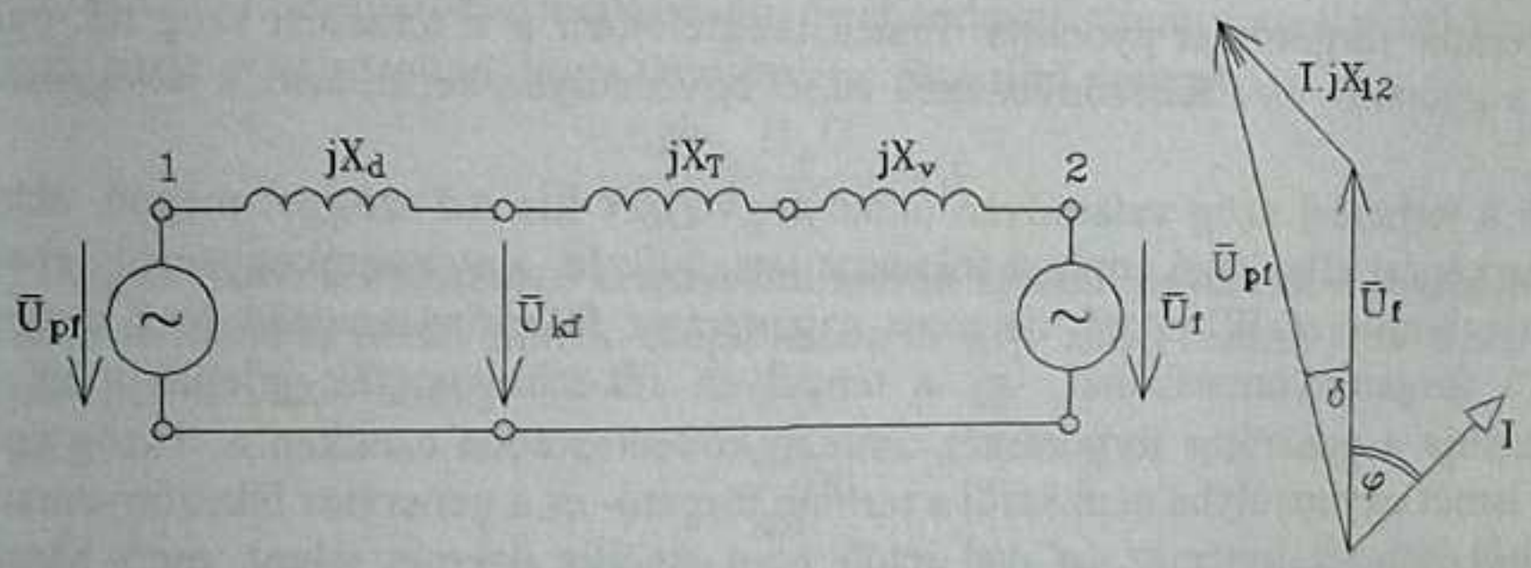
Az 9.2.-2. ábra jelöléseivel a (9.6) egyenlet aktuális alakja:

$$P = \frac{U_p U}{X_{12}} \sin\delta = \frac{U_p U}{X_d + X_{Tr} + X_v} \sin\delta \tag{9.7}$$

ahol δ az U_p és az U feszültségfazorok közötti szög.



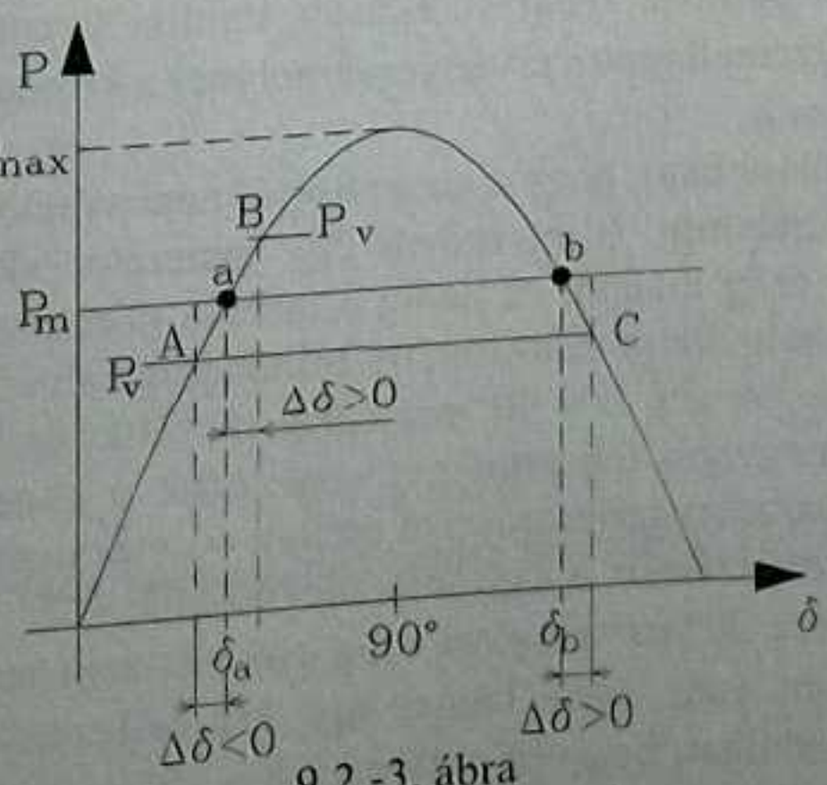
9.2.-1. ábra
Végtelen hálózatba dolgozó blokk-kapcsolású szinkron generátor



9.2.-2. ábra
Végtelen hálózatba dolgozó blokk-kapcsolású szinkrongenerátor egyfázisú helyettesítő vázlata és fazorábrája

9.2.1. Természetes statikus stabilitás

A viszonyok részletesebb vizsgálata előtt meg kell ismernünk egy fontos feltételt, nevezetesen: statikus stabilitási vizsgálatoknál — hacsak ennek ellenkezőjét külön ki nem kötjük — a generátor gerjesztő áramát, vagy ami ezzel arányos, a pólusfeszültségét U_p állandónak tételezzük fel. Ugyancsak állandónak tekintjük a turbina szolgáltatta P_m mechanikai teljesítményt is. Ezek után tekintsük meg a 9.2.-3. ábrát, amely az előző (9.7) összefüggést ábrázolja:



9.2.-3. ábra
Stabil és instabil pontok

A δ_a-val jelölt kiindulási üzemállapotban a turbina és a generátor teljesítménye (P_m és P) egyensúlyban van „a" pont. (Az állandó turbina teljesítményt — ami megegyezik a generátor tengelyét hajtó P_m mechanikai teljesítménnyel — az ábrán egy vízszintes vonallal jelöltük.) Most tételezzük fel, hogy a terhelési szög valamilyen oknál fogva egy kis értékű ($\Delta\delta$) szöggel lecsökken, aminek megfelelően a generátor teljesítménye — a jelleggörbének megfelelően „A" pontra — ΔP értékkel csökken. Minthogy a P_m turbinateljesítmény állandó, a turbina és a generátor közötti egyensúly megbomlik, a generátor szolgáltatta villamos teljesítmény kisebb lesz a turbina által szolgáltatott teljesítménynél. Tekintve, hogy a teljesítmény — állandó szögsebesség esetén — arányos a nyomatékkal, úgy is mondhatjuk, hogy a nyomatékok egyensúlya megbomlott, a generátor fékezőnyomatéka kisebb lesz, mint a turbina hajtónyomatéka. Így a turbina-generátor gépcsoport tengelyén gyorsítónyomaték lép fel, amely a generátor forgórészét gyorsítja. Ennek megfelelően a δ terhelési szög nő, egészen addig, amíg a gyorsító- és a fékezőnyomaték ismét egyensúlyba kerül, azaz a jelleggörbe „a" pontja.

Amennyiben a terhelési szög valamilyen oknál fogva egy kis $\Delta\delta$ szöggel megnő, akkor az előző esethez képest ellenkező értelmű folyamat játszódik le, a nyomatékegyensúly ebben az esetben is megbomlik („B" pont), de most a generátor fékezőnyomatéka lesz nagyobb a turbina hajtó forgatónyomatékánál, így a tengelyen fékezőnyomaték jelenik meg. Ez a nyomaték lassítja a generátor forgórészét, aminek következtében csökken a δ szög egészen addig, amíg ismét egyensúlyba nem kerül a turbina forgató- és a generátor fékezőnyomatéka.

Az előzőekből látható, hogy az „a"-val jelölt pont stabilis üzemet jelent, mert bármelyik irányban is változik meg a δ terhelési szög, olyan irányú nyomatékkülönbség lép fel, amely a rendszert a kiindulási üzemállapotba igyekszik visszaállítani. Ez a megállapítás minden olyan üzemállapotra vonatkozik, amelynél a terhelési szög a kiindulási helyzetben 0-90° közé esik, azaz a terhelési szög $0 < \delta < 90°$-os tartománya stabil üzemállapot.

Vizsgáljuk meg ezek után a „b"-vel jelölt helyzetet. Kiindulási üzemállapotban a turbina és a generátor nyomatéka ez esetben is egyensúlyban van. Tételezzük fel, hogy a terhelési szög $\Delta\delta$ értékkel megnő, a jelleggörbének megfelelően a generátor fékezőteljesítménye lecsökken, a hajtónyomaték nagyobb lesz a generátor fékezőnyomatékánál, így a tengelyen eredőben gyorsítónyomaték lép fel. Ez a nyomaték gyorsítja a generátor forgórészét, így a δ szög tovább nő. A megnövekedett terhelési szöghöz még nagyobb gyorsítónyomaték tartozik és így tovább, azaz a generátor kiesik a szinkronizmusból, túlpörög. Feltételezve a δ szög másik irányú változását (azaz, hogy a δ szög csökken), az előbbivel hasonló gondolatmenettel megállapítható, hogy ebben az esetben sem tér vissza a rendszer a „b"-vel jelölt üzemállapotba. Azaz a „b" pontban tehát statikusan stabilis üzem nem lehetséges. Ez a megállapítás minden olyan üzemállapotra érvényes, amelynél a kiindulási helyzetben a δ szög 90...180° szögtartományba esik.

A 9.2.-3. ábrából az is megállapítható, hogy a generátortól nem vihető át tetszőleges nagyságú teljesítmény a végtelen gyűjtősínre. Mint tudjuk egy generátor akkor szolgáltat nagyobb teljesítményt, ha a terhelési szög megnő, ez pedig a turbina gőzbeömlésének változtatásával idézhető elő. A generátor szolgáltatta teljesítmény mindaddig növelhető ily módon, amíg a terhelési szög 90°-nál kisebb. A gép $\delta = 90°$-nál labilissá válik, és ha ezen szöghöz tartozó maximális teljesítménynél nagyobb teljesítményt szeretnénk a generátorral előállítani és a hálózatba átvinni, ez — változatlan gerjesztőáram mellett — már nem lehetséges, a gép kiesik a szinkronizmusból, a rendszer szétesik a kapcsolat megbomlik.

A gyakorlati üzemvitel már a 90°-os terhelési szög elérését sem engedheti meg, ugyanis a szinuszgörbe 90° környékén már igen lapos, így kis teljesítményváltozáshoz nagy δ szögváltozás tartozik. Előfordulhat, hogy ez esetben a $\delta = 90°$-os ponton túllendülve a labilis ágra tér át a rendszer.

A stabilitás fokát az ún. stabilitási tartalékténye ző adja meg, amelynek összefüggése a következő:

$$k = \frac{P_{max} - P}{P} 100\% \tag{9.8}$$

ahol

$$P_{max} = \frac{U_p U}{X} \tag{9.9}$$

A gyakorlatban k minimális értéke 15-20%.

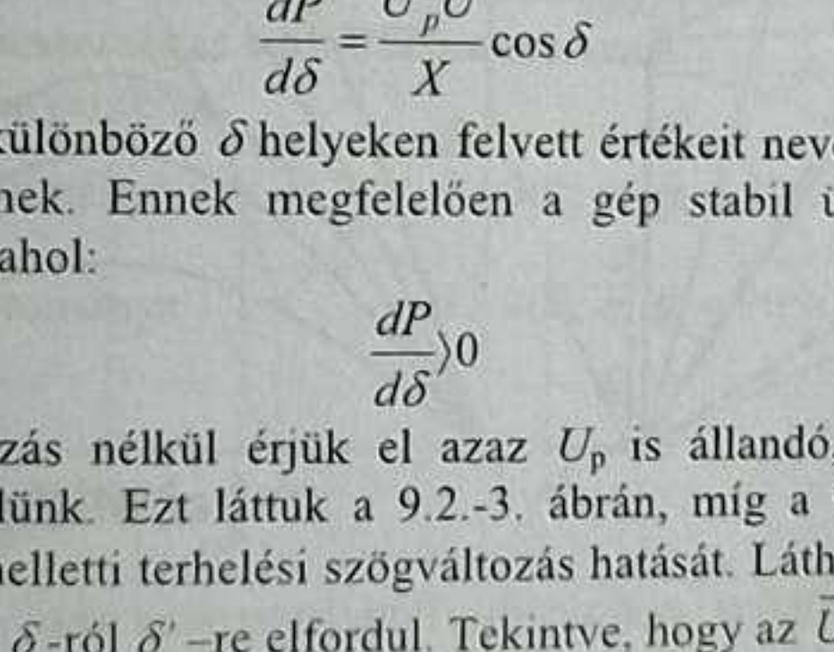
A stabilitás feltétele az ún. **szinkronozó-teljesítménnyel** ($dP/d\delta$) is megadható. Ehhez is a (9.7) egyenlet ad támpontot. Az egyenletet ugyanis a $P = f(U_p, \delta)$ függvény formában is felírhatjuk, mivel U definíciószerűen állandó, és állandósult üzem vizsgálatáról lévén szó, az átviteli reaktancia is változatlan. Így a teljesítmény δ szerinti deriváltja:

$$\frac{dP}{d\delta} = \frac{U_p U}{X} \cos\delta \tag{9.10}$$

A (9.10) függvénynek a különböző δ helyeken felvett értékeit nevezzük a δ szöghöz tartozó szinkronozó teljesítménynek. Ennek megfelelően a gép stabil üzemű, ha a szinkronozó teljesítmény pozitív, azaz ahol:

$$\frac{dP}{d\delta} > 0 \tag{9.11}$$

Ha ezt minden szabályozás nélkül érjük el azaz U_p is állandó, akkor TERMÉSZETES STABILITÁSRÓL beszélünk. Ezt láttuk a 9.2.-3. ábrán, míg a 9.2.-4. ábra fazorábrában mutatja az U_p = állandó melletti terhelési szögváltozás hatását. Látható, hogy ha a δ szög δ' -re nő, akkor az $\overline{U}_{pf}$ fazor δ-ról δ' –re elfordul. Tekintve, hogy az $\overline{U}_f$ feszültség is állandó, a kapocsfeszültség lecsökken és helyzetét az X_d és $X_{Tr} + X_V = X_{TrV}$ aránya szabja meg. A kapocsfeszültség abszolút értékének lecsökkenése mellett azonban a rendszer minden egyes pontjának a feszültsége is lecsökken a szögnövekedés következtében.

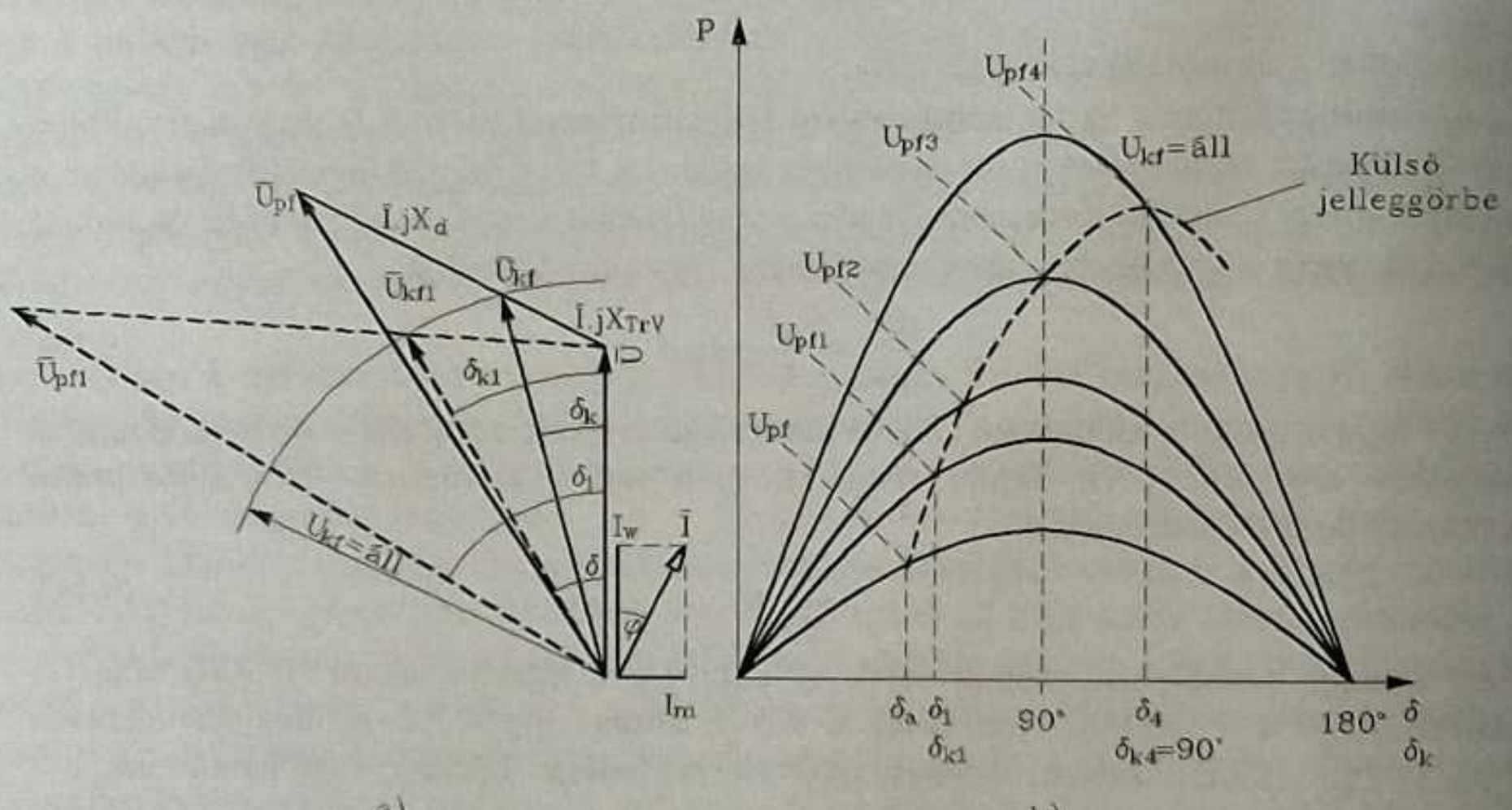


9.2.-4. ábra

A terhelési szög változásának hatása fazorábrán (U_p = állandó)

9.2.2. Mesterséges statikus stabilitás

Második vizsgálati esetként tekintsük azt az üzemi helyzetet, amikor — szemben az előző esettel — **a gerjesztőáram változtatásával a generátor kapocsfeszültségét tartjuk állandónak** (U_k = állandó). Induljunk ki az ezen esetre érvényes fazorábrából és ennek alapján vizsgáljuk meg a stabilitási viszonyokat ($U_p \neq$ állandó).



9.2.-5. ábra
Viszonyok (U_k = állandó) esetén
a.) fazorábra (két terhelési esetre),
b.) a mesterséges stabilitás tartománya (öt terhelési esetre)

A 9.2.-5/a. ábra mutatja az U_k = állandó mellett a pólusfeszültség változását a terhelési szög függvényében. A kapocsfeszültség az $r = U_{kf}$ sugarú körön mozog, s mivel az X_d/X_{TrV} arány állandó, a különböző szögű (pl. δ_{1k}) kapocsfeszültségekhez az IX_{TrV} növekedési arányának ismeretében az IX_d kiszámítható. Így I_1X_{TrV} — a 9.2.-5/a. ábrában szaggatottan jelölt — meghosszabbításában I_1X_d távolságra megkapjuk az U_{pf1} pólusfeszültség azon fázisértékét, amelyekkel a kapocsfeszültség állandósága biztosítható. Ily módon minden egyes δ_i terhelési szögértékhez meghatározható egy U_{pfi} érték, amelyekhez viszont a 9.2.-5/b. ábrán láthatóan más-más szinuszgörbe rajzolható meg ($U_{p1}...U_{p4}$).
A különböző teljesítménygörbék egyenlete:

$$P = \frac{U_{pf}U}{X_{12}}\sin\delta_i \qquad (9.12)$$

Az átvihető teljesítményt viszont ebben az esetben a (9.13) összefüggés adja:

$$P_{átvihető} = \frac{U_kU}{X_k}\sin\delta_k\,, \qquad (9.13)$$

ahol: $X_k = X_{Tr} + X_V$,

δ_k a kapocsfeszültség-fazor és a végtelen gyüjtősín feszültségfazora közötti szög.
Az (9.12) és a (9.13) egyenletek közötti különbséget az magyarázza, hogy most az U_p = áll. feltétel nem teljesül, így helyébe az U_k = áll. kerül, míg az X_{12} helyébe X_k-t kell helyettesíteni, hiszen az X_k mögött levő reaktanciák már nem befolyásolják a generátorkapcsokról a végtelen

gyűjtősínig átvihető teljesítményt. (A két állandó feszültség között értelmezett az átviteli reaktancia.)

A (9.13) *összefüggés a* 9.2.-4. ábra *fazorjai közötti összefüggés alapján is levezethető ugyanis:*

$$I_w X_{TrV} = U_{kf} \sin \delta_k \qquad (9.14)$$

Az átvihető teljesítmény maximuma az (9.13) egyenlet szerint $U_k U/X_k$. A δ_k szög kisebb, mint a δ, tehát a $\delta_k = 90°$ szögnél a δ már jóval nagyobb értéket ér el, mint 90°.

A 9.2.-5.ábra görbéinek és az egyenlet értékeinek összetartozó adatai alapján megszerkeszthető az ún. külső jelleggörbe, amelyet (szaggatott vonallal) ugyancsak a 9.2.-5. ábrán tüntettünk fel.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a külső jelleggörbe által meghatározott 90°-nál nagyobb δ szögek mellett a generátor csak akkor képes stabilis üzemre, ha igen gyors működésű — érzéketlenségi sáv nélküli — feszültségszabályozóval van ellátva, amely a kapocsfeszültségét állandó értéken tartja. Ezt a stabilitást — a feszültségszabályozó nélküli, ún. természetes stabilitással szemben — **mesterséges stabilitásnak** nevezik.

A kétféle stabilitás tartományai tehát:

a természetes stabilitás tartománya,	$\delta < 90°$, és $\delta_k < 90°$
a mesterséges stabilitás tartománya	$\delta > 90°$, és $\delta_k < 90°$.

9.3. Tranziens stabilitás

A tranziens stabilitás — más szóhasználattal „dinamikus stabilitás” — egy rendszernek kizárólagosan átmeneti üzemviszonyok között értelmezett tulajdonsága. Az átmeneti üzemviszonyok hirtelen üzemállapot-változások következtében lépnek fel, ilyenek a hálózati hibák (elsősorban a zárlatok), avagy vezetékek ki- ill. bekapcsolása. A tranziens stabilitás problémája ezek alapján így fogalmazható meg: milyen típusú, illetve milyen nagyságú zavarok azok, amelyek által kiváltott tranziens jelenségek még nem járnak a rendszer egyes generátorai között meglevő szinkronizmus megbomlásával? A tranziens stabilitás hatását tehát a zavarhatás típusa és mértéke együttesen határozzák meg.

9.3.1. Szinkrongépek lengései, az egyenlő területek szabálya

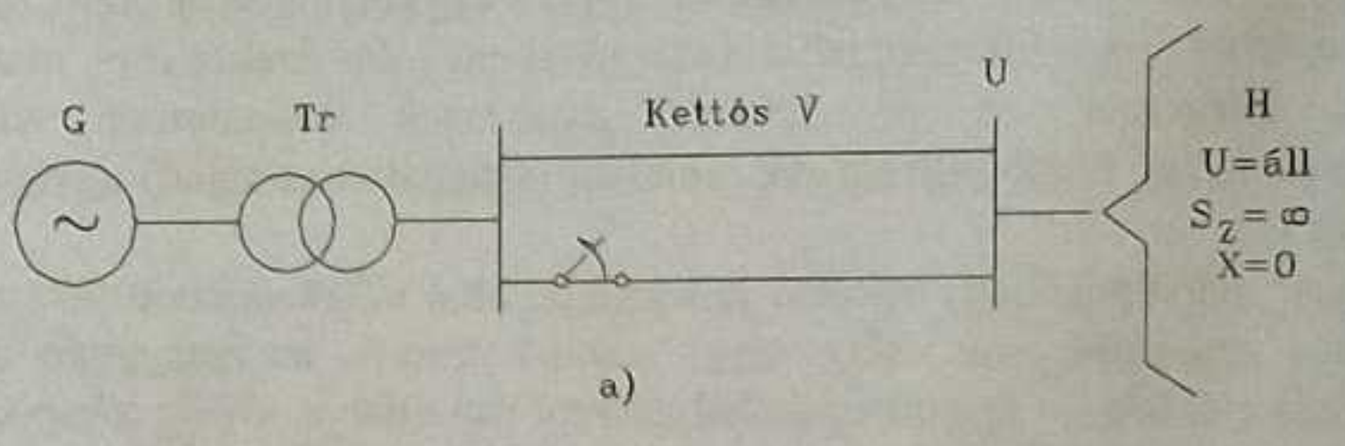
A rendszerben fellépő hirtelen zavarok hatása az erőművek gépeinek lengésében jelentkezik. Legegyszerűbb vizsgálati eset, ha egy végtelen hálózatra kettős távvezetéken energiát szállító blokkerőművet vizsgálunk (9.3.-1/a. ábra).

Az átmeneti (tranziens) állapotot az egyik távvezeték kikapcsolása idézi elő. A 9.3.-1/a. ábra hálózatának egyfázisú kapcsolási vázlata a vizsgált állapotra (t= – 0 s), azaz a kikapcsolás előtti két vezetékes üzemállapotra a 9.3.-1/b. ábrán látható. A statikus stabilitás vizsgálatához képest az eltérés az, hogy a generátort a tranziens reaktancia mögötti feszültséggel (U') és a tranziens reaktanciával (X_d') helyettesítjük.

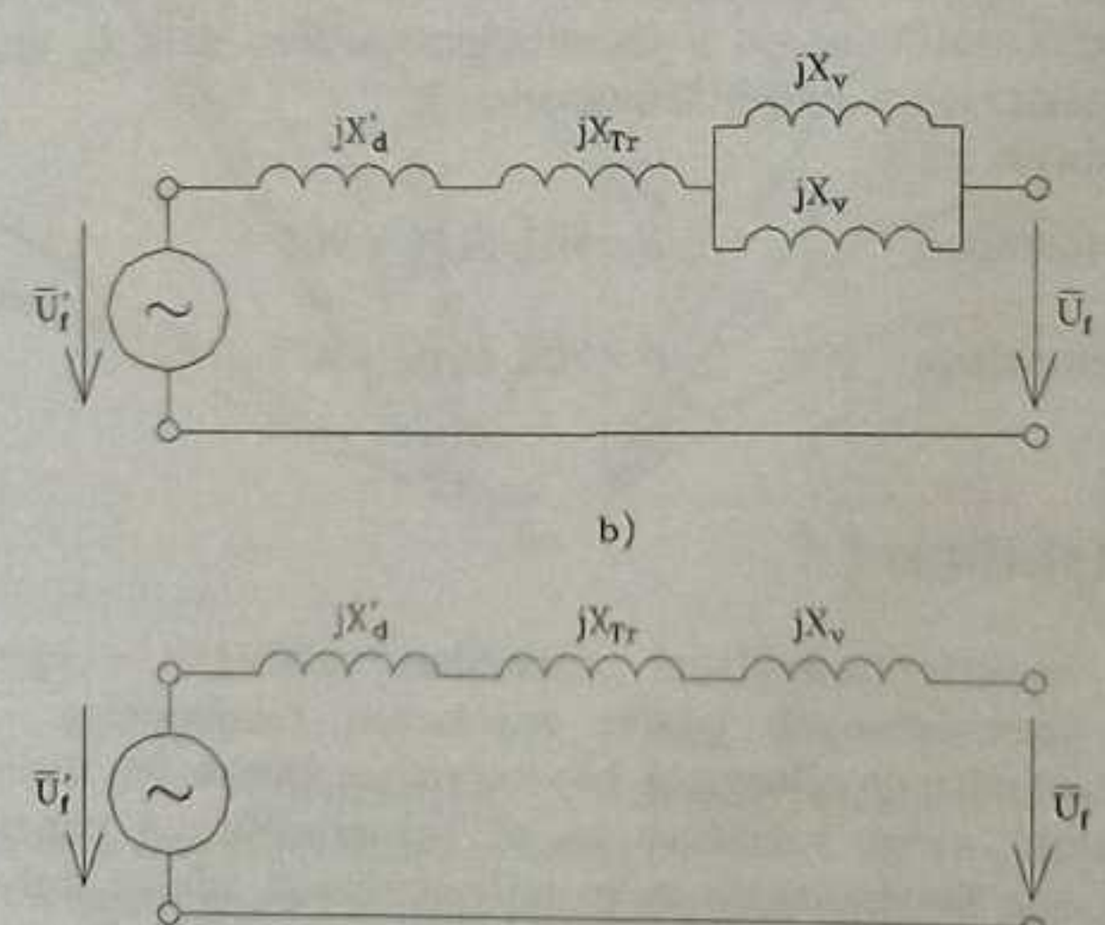
Az egyik távvezeték kikapcsolása utáni állapotra (t= + 0 s), a 9.3.-1/c. ábra mutatja az egyfázisú kapcsolási vázlatot. Látható, hogy a lényeges különbség a kikapcsolás előtti állapothoz képest az átviteli reaktancia értékében van.

A lengések kialakulása, és mértékének megítélése a 9.3.-2/a. ábrán tanulmányozható (A P_m turbina teljesítménye állandó.) Az üzemi munkapont a két vezetékes üzemállapotra az 1. jelű görbén az „a” pont. A vizsgált generátor forgórésze a rendszerhez képest ekkor δ_1 szöggel siet előre. Ha a teljesítménygörbe az átviteli út valamilyen zavara hatására megváltozik és

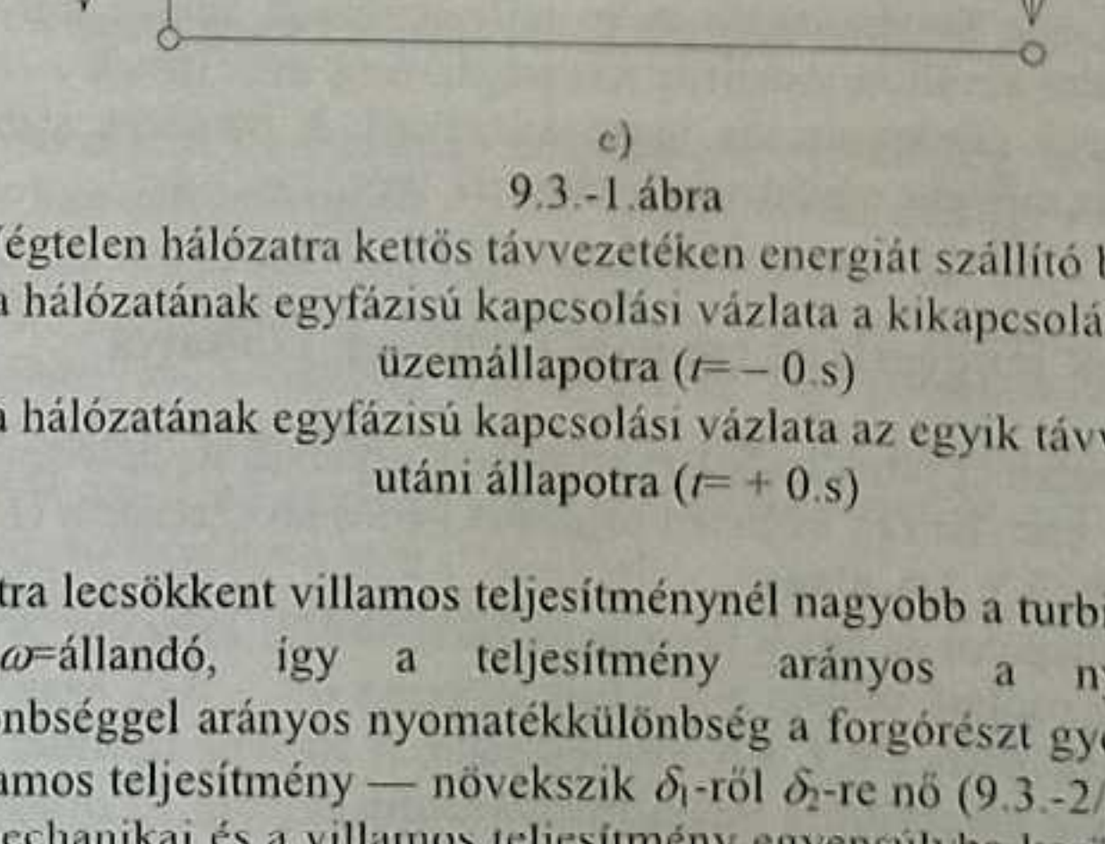
lecsökken a 2. görbére, akkor a villamos teljesítmény is lecsökken a 2. görbe „b" pontjára, mivel a generátor forgórésze — tehetetlensége folytán — relatív szögsebességét ugrásszerűen — nulla idő alatt — nem tudja megváltoztatni. Azaz az „a" és a „b" munkapont ugyan ahhoz a δ_1 szögelforduláshoz tartozik. (Pontosan ez az eset áll elő, ha a kettős távvezeték közül az egyik kikapcsolódik, az átviteli reaktancia megnő, az átvihető teljesítmény lecsökken.)



a)



b)



c)

9.3.-1.ábra

a.) Végtelen hálózatra kettős távvezetéken energiát szállító blokkerömü

b.) Az „a"ábra hálózatának egyfázisú kapcsolási vázlata a kikapcsolás előtti két vezetékes üzemállapotra ($t = -0$ s)

c.) Az „a"ábra hálózatának egyfázisú kapcsolási vázlata az egyik távvezeték kikapcsolása utáni állapotra ($t = +0$ s)

A „b" pontra lecsökkent villamos teljesítménynél nagyobb a turbina hajtó teljesítménye. ($P=M\omega$, de ω=állandó, így a teljesítmény arányos a nyomatékkal.) Így a teljesítménykülönbséggel arányos nyomatékkülönbség a forgórészt gyorsitani fogja, a δ szög — és vele a villamos teljesítmény — növekszik δ_1-ről δ_2-re nő (9.3.-2/a. ábrán a „c" pont). A „c" pontban a mechanikai és a villamos teljesítmény egyensúlyba kerül ugyan, de a folyamat nem ér véget, mert az új δ_2 szöghelyzetbe a gép forgórésze felgyorsulva — sebességgel — érkezik, így a forgórész — annak ellenére, hogy nyomaték nem hat rá — tehetetlensége folytán a „c" ponton túllendül. Ezáltal viszont a generátor fékező teljesítménye lesz nagyobb a turbina szolgáltatta hajtó teljesítménynél, a nyomatékkülönbség értéke előjelet vált, s a forgórész fékeződni kezd. A forgórész lassul ugyan de a δ szög továbbra is nő egészen a δ_3 értékig („d" pont), ahol a relatív szögsebesség ismét nulla. (Jól megérthető a folyamat, ha az ingamozgás analógiájára gondolunk, lásd 9.3.-2/b. ábra.)

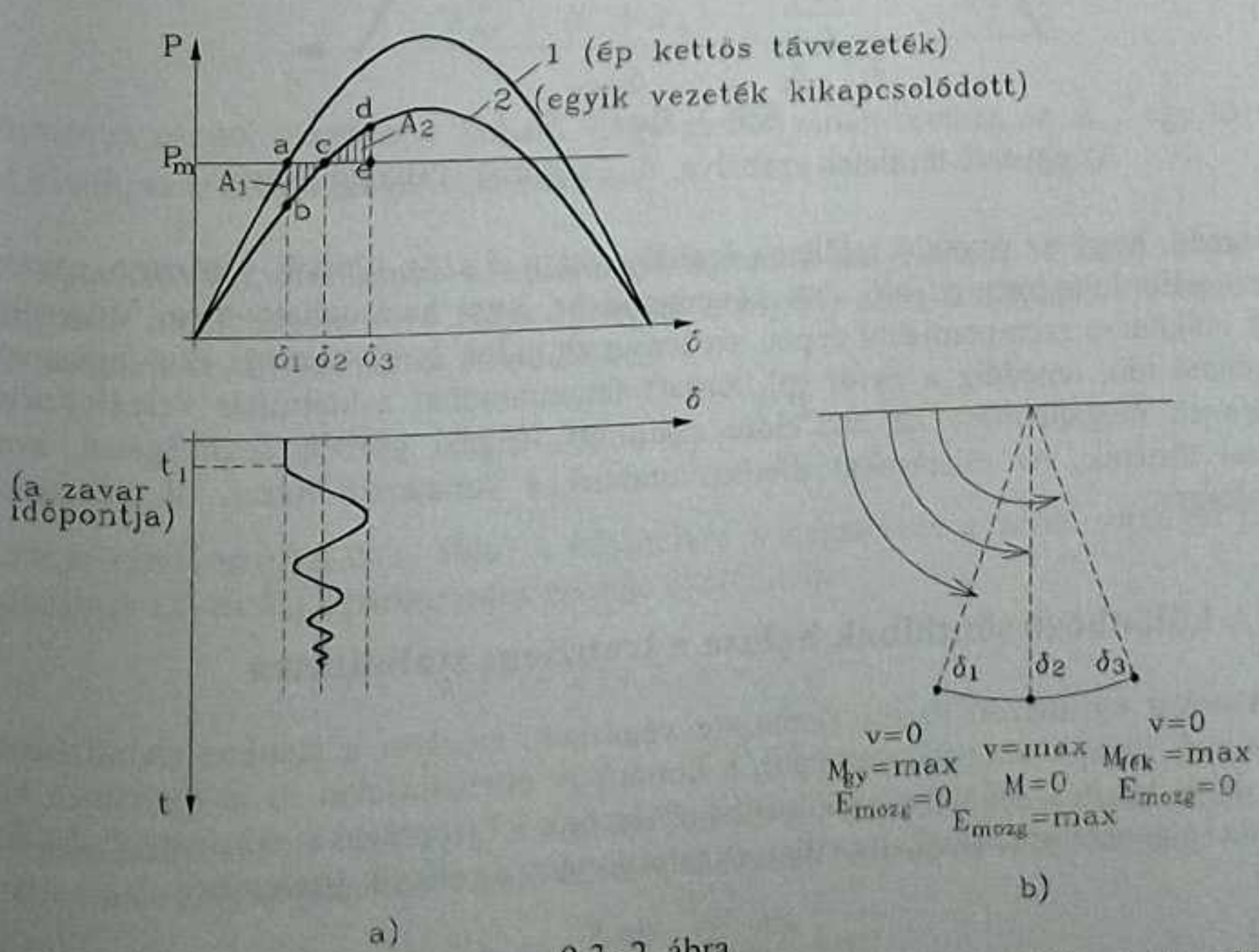
A „d" pontot elérve a relatív szögsebesség nulla, a fékező teljesítmény, nyomaték maximális („d"-„e" pontok) így a forgórész úgy lassul, hogy δ és vele a villamos teljesítmény csökken, amíg a terhelési szög a δ_3-ról a δ_2 értékre nem csökken , ahol a teljesítmények és nyomatékok egyensúlyban vannak. A c. ponton a forgórész tehetetlensége miatt ismét túllendül a „b" pont irányába és így tovább. Több csillapodó lengés után beáil az új állandósult állapot a „c" pontnál, a δ_2 terhelési szögnél. Az 9.3.-2/a. ábra mutatja a zavar bekövetkeztének időpontját (t_1) és a csillapodó lengéseket, valamint a gyorsító ill. fékező kinetikai energiával arányos területeket (vonalkázott részek: A_1, A_2).

$$W_{gyorsító} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \Delta M(\delta) \mathrm{d}\delta \tag{9.15}$$

Miután a teljesítmény (közel állandó szögsebességet feltételezve) arányos a nyomatékkal, (9.15) összefüggés helyett a vele arányos A_1 számítható:

$$A_1 = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \Delta P(\delta) \mathrm{d}\delta \tag{9.16}$$

Az A_1 munka a forgó tömegek kinetikai energiájának változásával egyenlő, amelynek az ábrában tehát az a-b-c pontokkal meghatározott (és bevonalkázott) terület felel meg (gyorsító terület). Az A_2 az a munka, amely a forgórész fékezésére fordítódik, ennek az ábrában a c-d-e pontokkal meghatározott (vonalkázott) terület felel meg (fékező terület).
Az előzőek alapján a tranziens stabilitás fennmaradásának feltétele az, hogy a **fékezéskor felhasználódó** kinetikus energia egyenlő legyen a **gyorsításkor keletkező** kinetikus energiával, azaz a gyorsító terület egyenlő legyen a fékező területtel ($A_1 = A_2$). Ezt, mint szabályt, az ún. egyenlő területek szabályának (módszerének) nevezzük.



a) b)

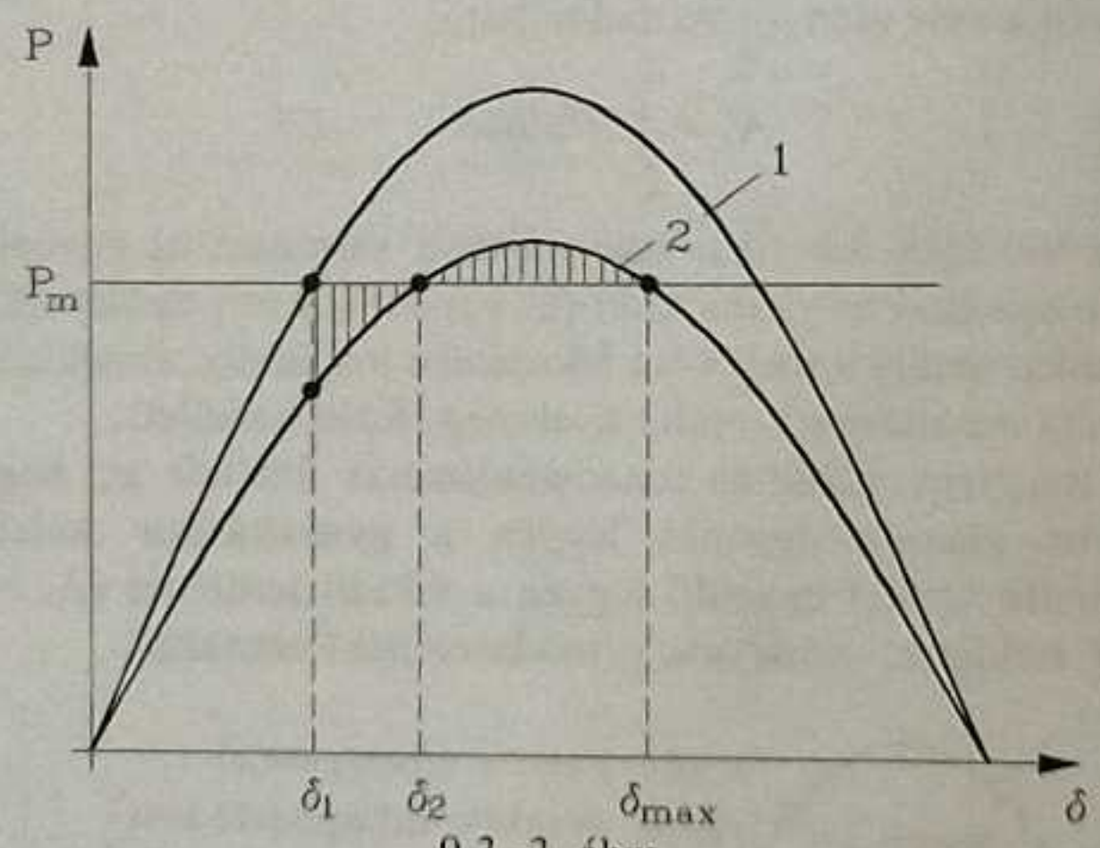
9.3.-2. ábra

a.) Szinkrongép lengési folyamata b.) A lengés ingamozgásra emlékeztető analógiája

A szabály alkalmazásával lehetőség nyílik a tranziens stabilitás gyors és könnyen áttekinthető megítélésére. A két üzemállapotra kiszámítjuk a különböző δ értékekhez tartozó villamos

teljesítményértékeket, éspedig a (9.7) egyenlet alkalmazásával. A számításkor azonban nem szabad szem elől téveszteni, hogy — tranziens folyamatokról lévén szó — az U_p helyett U'-vel, a tranziens reaktancia mögötti feszültséggel, X_d helyett pedig a generátor tranziens reaktanciájával, X_d'-vel kell a számítást elvégezni. Az összetartozó P és δ adatokkal a két teljesítmény jelleggörbe, valamint az ismert P_m turbinateljesítmény egyenese felrajzolható. Ezek alapján a gyorsító terület megállapítható. Ha a rendelkezésre álló fékező terület a gyorsítónál nagyobb, a stabilitás megmarad, ha kisebb, a stabilitás megszűnik.

A területek egyenlőségéből meg lehet állapítani azt a legnagyobb szögértéket is, ameddig a forgórész kilendül (a 9.3.-2/a. ábrán $\delta_{max} = \delta_3$). Az egyenlő területek szabályának alapján a δ_{max} a szinuszgörbe süllyedő ágára is kerülhet, ez mégsem jelenti a tranziens stabilitás megszűnését, ugyanis a lengés közben olyan fékezőnyomaték lép fel, amelyik a generátor forgórészét ismét a görbe emelkedő ágára lendíti vissza (9.3.-3. ábra).



9.3.-3. ábra

Az egyenlő területek szabálya, δ_{max} a görbe süllyedő ágán

Megjegyzendő, hogy az egyenlő területek szabályával a δ szög időbeli változása, azaz az, hogy a szögelfordulás mennyi idő alatt következik be, nem határozható meg. Márpedig a védelmek működése szempontjából éppen azt lényeges tudni, hogy mennyi az a legnagyobb megengedhető idő, ameddig a zavar (pl. zárlat) fennmaradhat a stabilitás veszélyeztetése nélkül. Ennek megállapítása az ún. előre számított lengési görbék segítségével, avagy számítással történik. Az eljárásokat illetően utalunk a vonatkozó hazai, ill. nemzetközi szakirodalomra.

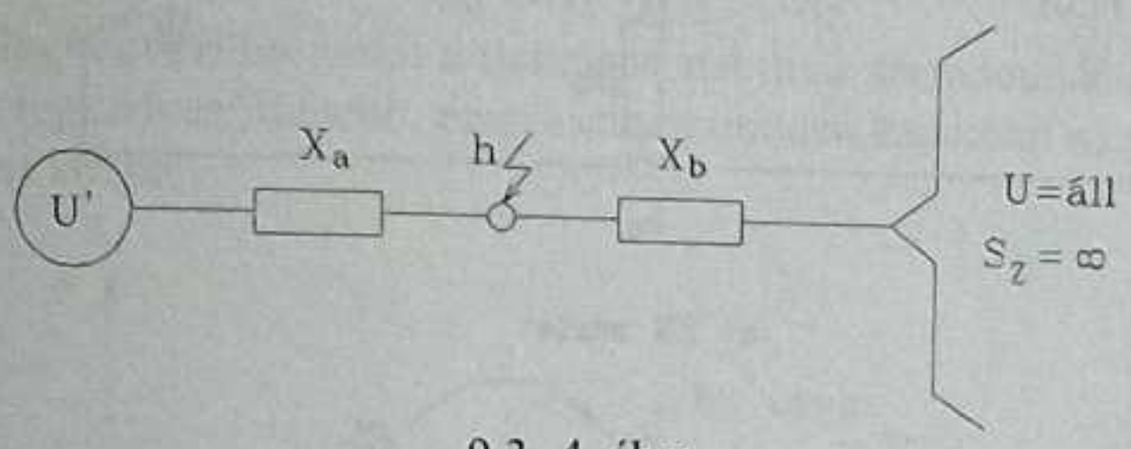
9.3.2. A különböző sönthibák hatása a tranziens stabilitásra

A vizsgálatokat ugyanazon üzemi alapesetre végezzük, amelyet a statikus stabilitásnál is alapul vettünk (9.2.-1. ábra hálózatképe), a konduktív ellenállásokat itt is figyelmen kívül hagyjuk, és tisztán hosszirányú összeköttetést tételezünk fel (söntágakat elhanyagoljuk). Ezen feltételekkel a generátor szolgáltatta villamos teljesítmény az előzők értelmében:

$$P = \frac{U'U}{X_{12}} \sin \delta' , \tag{9.17}$$

ahol X_{12} a generátor és a hálózat közötti rövidzárási átviteli reaktancia (tranziens állapotra).

Az 9.2.-1. ábra hálózatképét a vizsgálat céljára összevont helyettesítő vázlattal adhatjuk meg (9.3.-4. ábra). Az ábrán zárlati hibahelyet ábrázoltunk, amely a generátor és a végtelen hálózat közötti átviteli reaktanciát (X_{12}) két részre osztja ($X_{12} = X_a + X_b$).



9.3.-4. ábra
Egy végtelen hálózatba dolgozó szinkron generátor leképzése tranziens stabilitási vizsgálatokhoz

Vizsgáljuk meg először a zárlatok hatását. Általánosan kimondható, hogy a zárlatok az átviteli reaktancia ugrásszerű megnövekedését okozzák. FN zárlat esetében (9.3.-5/a. ábra) a hiba helyén egy $X_h = X_2 + X_o$ nagyságú reaktanciát kell beiktatni, ahol X_2 és X_o a teljes rendszer hibahelyre redukált negatív és zérus sorrendű reaktanciája (lásd: Villamosenergia-ellátás I. jegyzet 3.5. fejezet).
Az átviteli impedancia kifejezése (lásd: Villamosenergia-ellátás I. példatár 1. VILLAMOS HÁLÓZATI IMPEDANCIÁK fejezet kidolgozott példájában a $\overline{Z}'_{12}$ értéke.):

$$X_{12}^{FN} = X_a + X_b + \frac{X_a X_b}{X_2 + X_o} \tag{9.18}$$

A hibamentes esettel összevetve látható, hogy az FN zárlati esetben az X_{12}^{FN} egy harmadik taggal bővült, azaz értéke megnövekedett.

A 2F zárlatnál (9.3.-5/b. ábra) a különböző sorrendű helyettesítő vázlatok közül — a zárlatfajtának megfelelően — a zérus sorrendű hiányzik, ezért a hibahelyre csupán az X_2 negatív sorrendű eredő reaktancia iktatódik be:

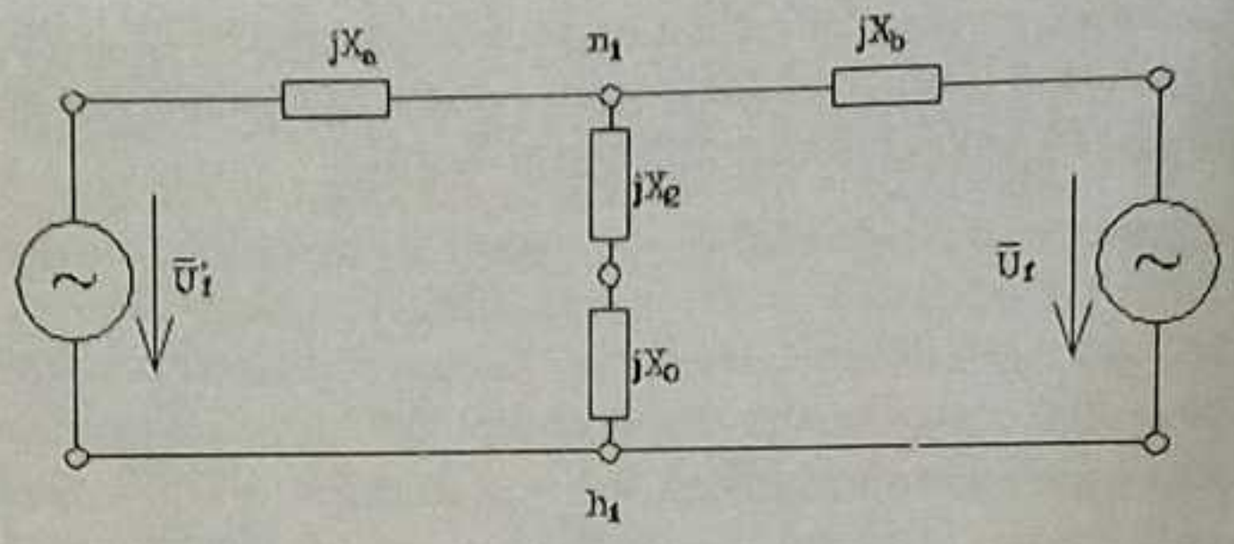
$$X_{12}^{2F} = X_a + X_b + \frac{X_a X_b}{X_2} \tag{9.19}$$

2FN zárlat esetében (9.3.-5/c. ábra) a hibahelyre a negatív és a zérus sorrendű hálózat reaktanciáinak (X_2 és X_o) a párhuzamos eredője iktatódik be:

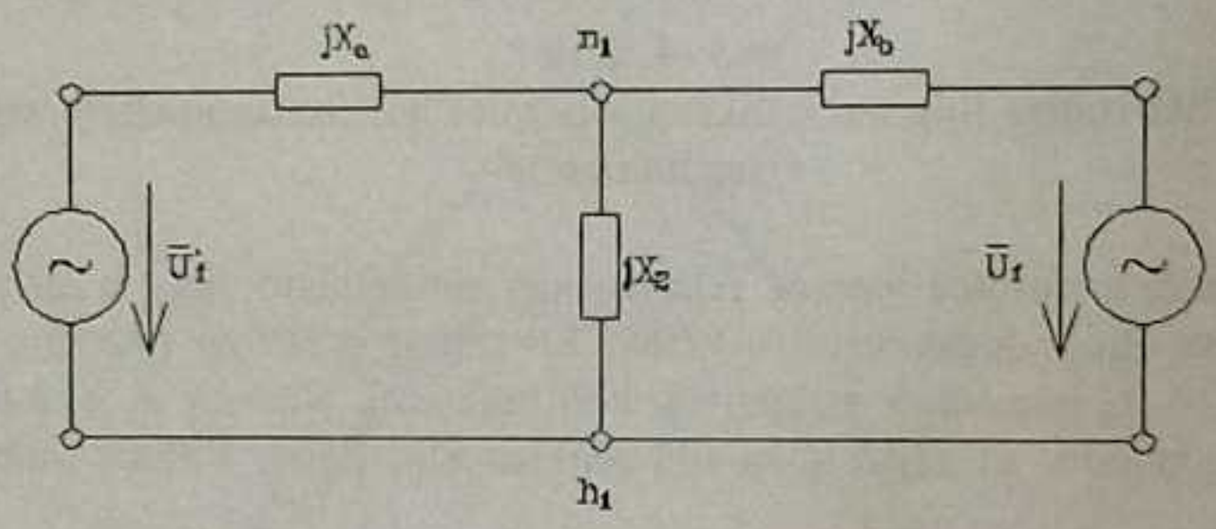
$$X_{12}^{2FN} = X_a + X_b + \frac{X_a X_b}{\frac{X_2 X_o}{X_2 + X_o}} \tag{9.20}$$

A 3F fémes zárlatnál (9.3.-5/d. ábra) a vezeték feszültsége a hibahelyen a zárlat idején nulla, ezért teljesítmény egyáltalán nem vihető át, azaz az átviteli reaktancia végtelen nagy:

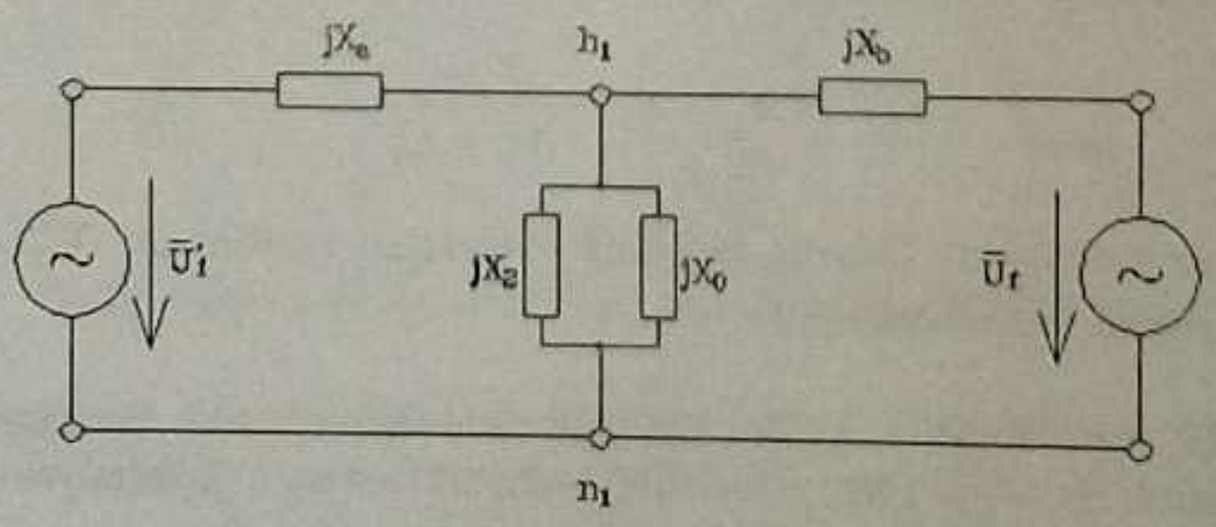
$$X_{12}^{3F} = X_a + X_b + \frac{X_a X_b}{0} = \infty \tag{9.21}$$



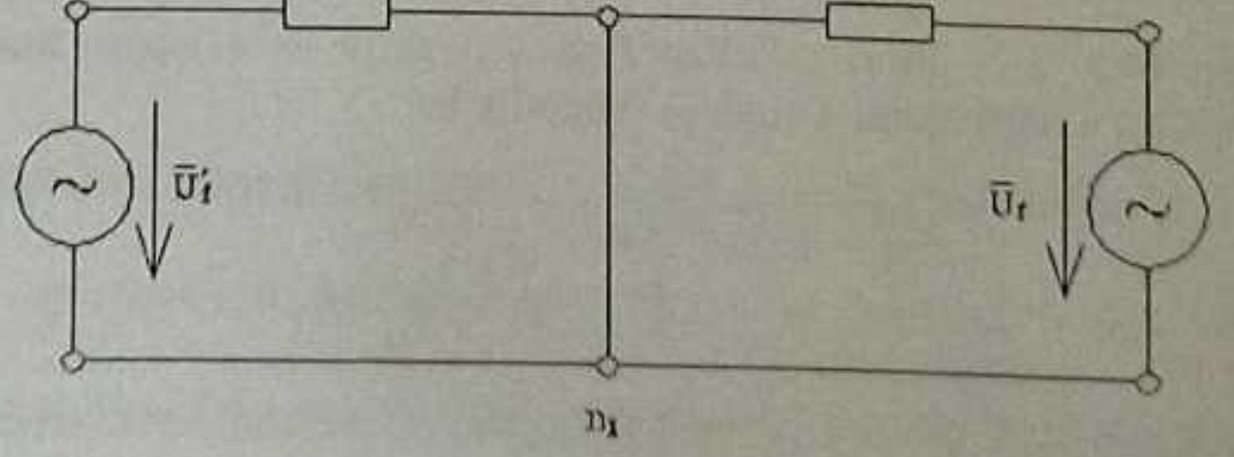
a) FN zárlat



b) 2F zárlat



c) 2FN zárlat



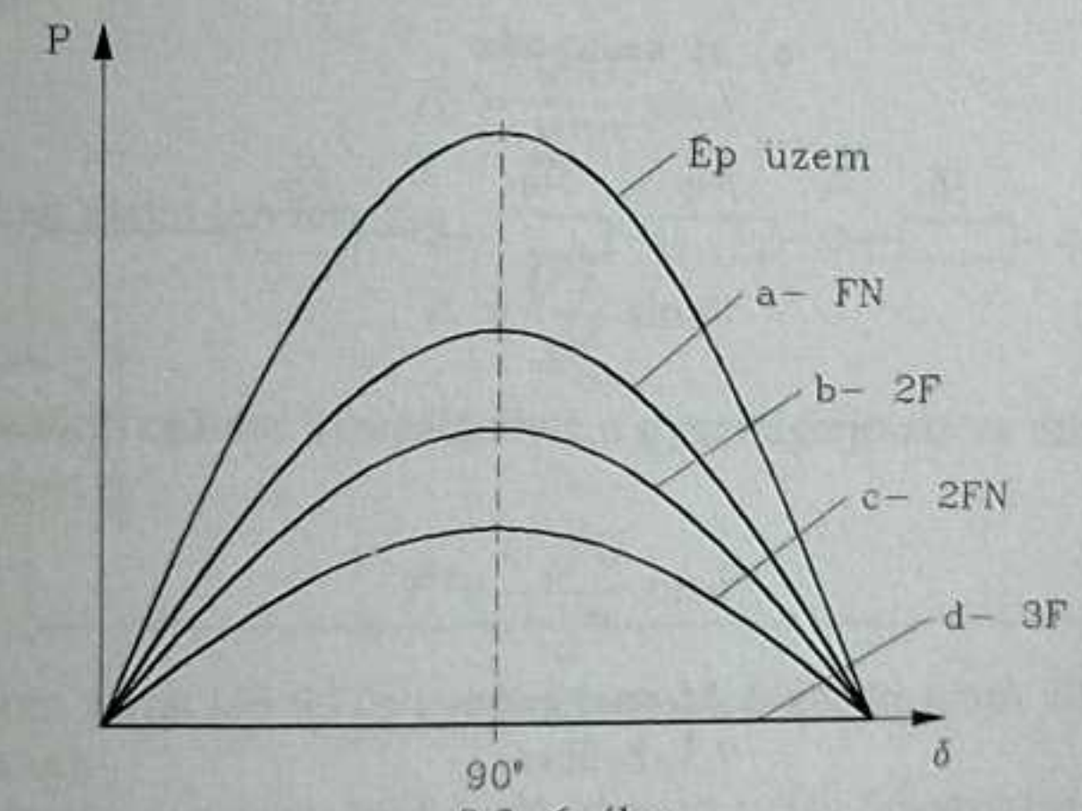
d) 3F zárlat

9.3.-5. ábra
Helyettesítő vázlatok zárlatok hatásának vizsgálatához
a.) FN, b.) 2F, c.) 2FN, d.) 3F

A 9.3.-6. ábra összefoglalóan szemlélteti az átvihető teljesítmény változását, ha a hálózaton különböző zárlatfajták lépnek fel. Ezen különböző zárlatfajták esetében az átvihető teljesítmények alakulása az átviteli reaktanciák értékétől függ, velük fordítottan arányos, és miután közöttük a (9.22) szerinti reláció érvényes, azaz:

$$X_{12} \langle X_{12}^{FN} \langle X_{12}^{2F} \langle X_{12}^{2FN} \langle X_{12}^{3F} \tag{9.22}$$

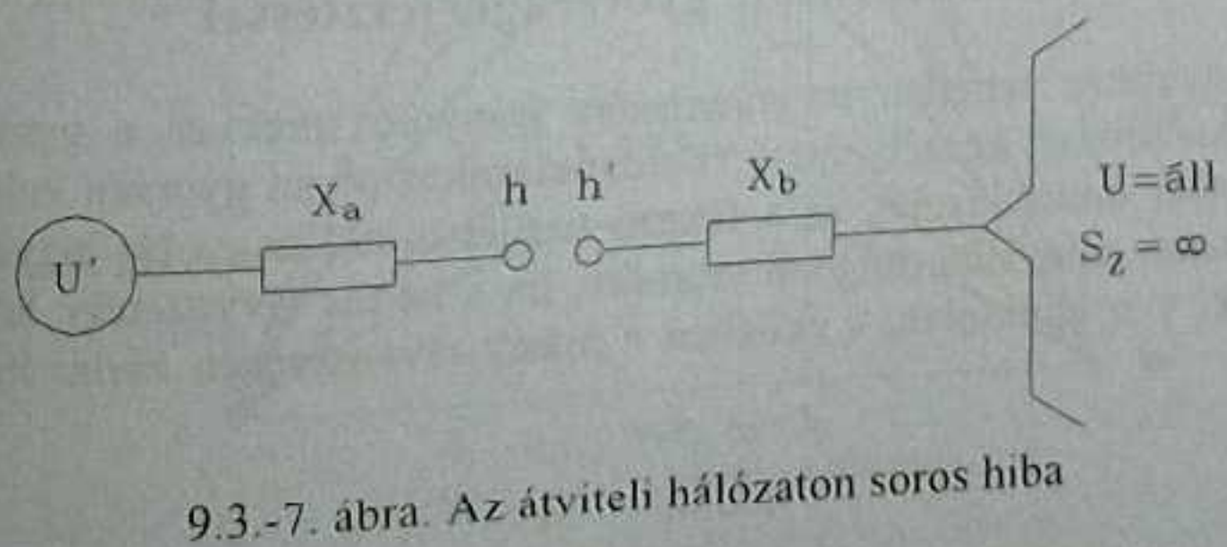
ezért a viszonylag legkedvezőbb zárlat a tranziens stabilitás szempontjából az FN zárlat, míg a fémes 3F zárlat a legkedvezőtlenebb, ezen esetben minden kapcsolat megszűnik a generátor és a végtelen hálózat között.



9.3.-6. ábra
Zárlatok hatása az átvihető teljesítményre
a.) FN, b.) 2F, c.) 2FN, d.) 3F, e.) ép üzem

9.3.3. A különböző soros hibák hatása a tranziens stabilitásra

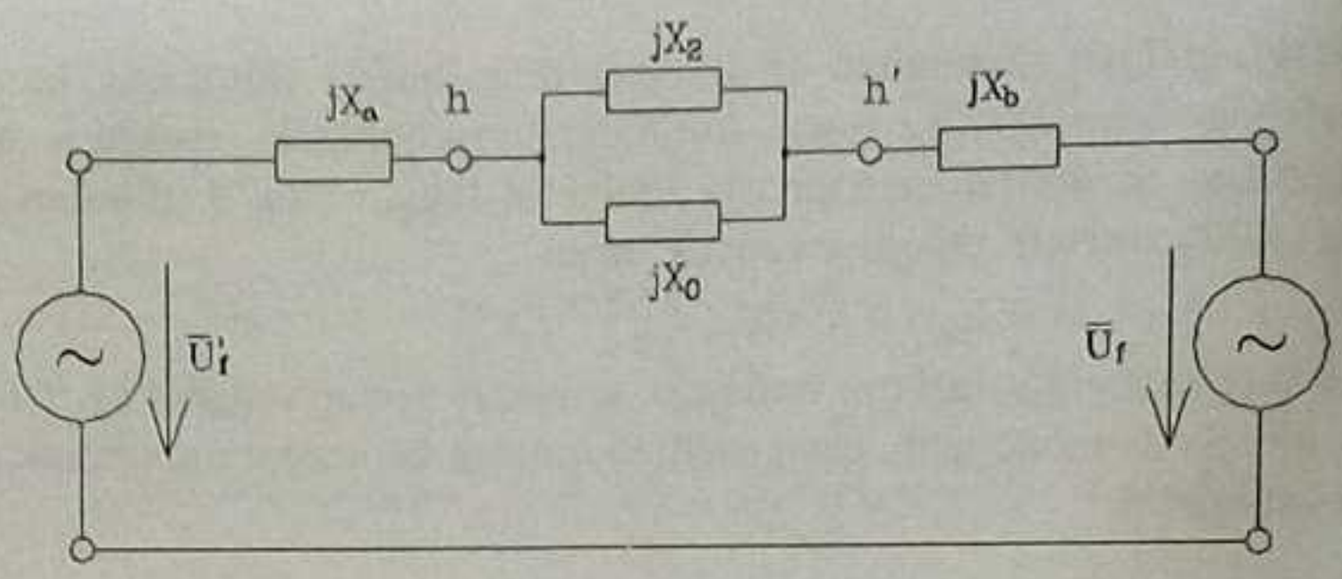
A vizsgálatokat ugyanazon üzemi alapesetre végezzük, mint a sönthibák esetére, de természetesen a hibahely kialakítása soros hibának megfelelő (9.3.-7. ábra).



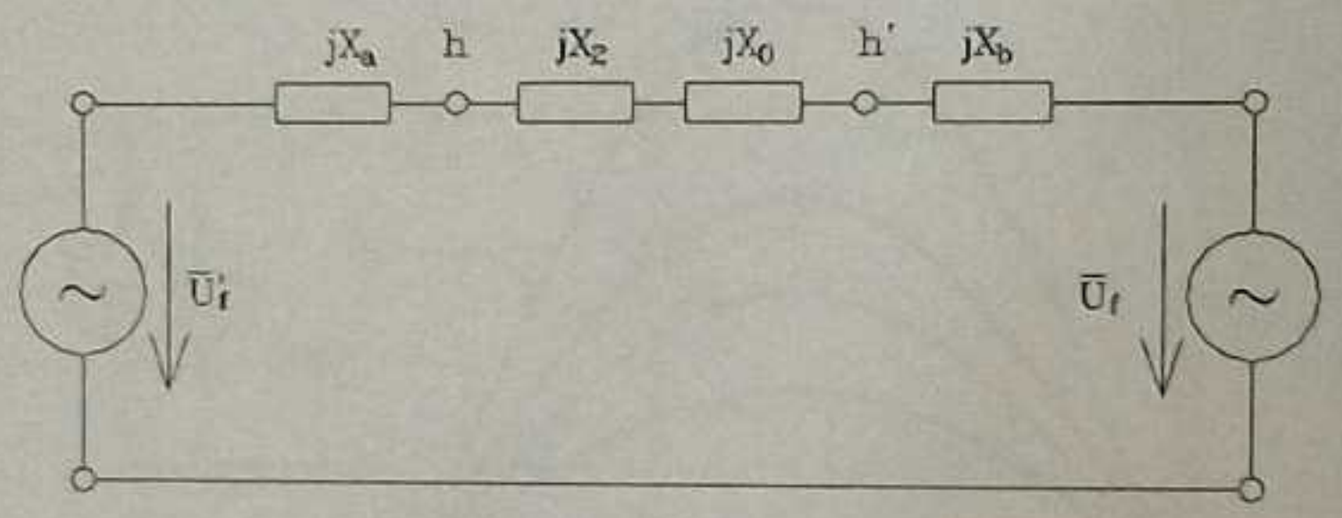
9.3.-7. ábra. Az átviteli hálózaton soros hiba

A soros hibák közül az 1f szakadás esetében a pozitív sorrendű hálózatba a szakadás helyén beiktatódik az X_2 és az X_o reaktancia párhuzamos eredője (9.3.-8/a. ábra). Így az átviteli reaktancia:

$$X_{12}^{1f} = X_a + X_b + \frac{X_2 X_o}{X_2 + X_o} \tag{9.23}$$



a) 1f szakadás



b) 2f szakadás

9.3.-8. ábra
Egyfázisú helyettesítő vázlatok szakadások hatásának vizsgálatához
a.) 1f, b.) 2f

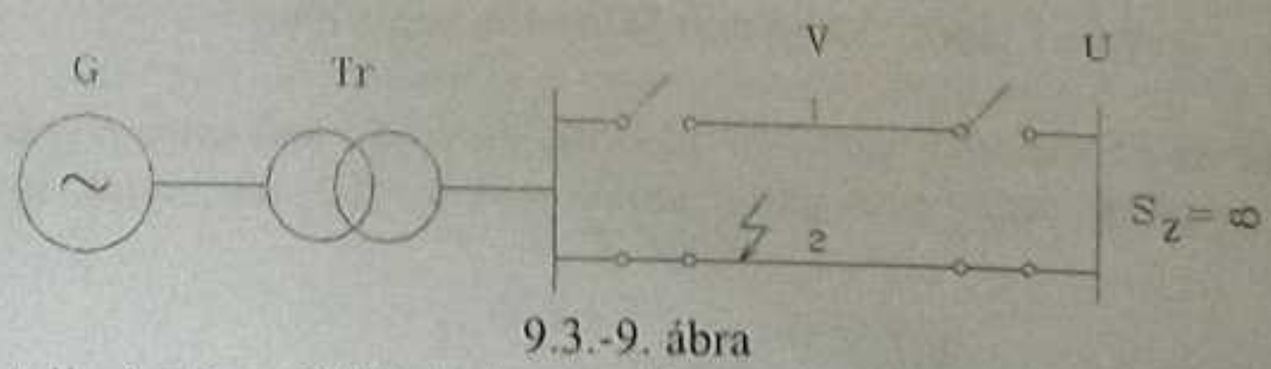
A 2f szakadás esetében (9.3.-8/b. ábra) az X_2 és az X_o reaktancia soros eredője iktatódik be a pozitív sorrendű hálózatba:

$$X_{12} = X_a + X_b + X_2 + X_o \qquad (9.24)$$

A kétfajta szakadás összevetéséből látható, hogy a kétfázisú szakadás hatása a kedvezőtlenebb.

9.3.4. A tranziens stabilitás mentése gyorsrágerjesztéssel

A tranziens stabilitás feltétlen megmentésére irányuló törekvés a gyakorlatban azt jelenti, hogy a gép stabilitását veszélyeztető **rövidzárlatokat** olyan gyorsan kell lekapcsolni, hogy a gyorsító terület minél kisebb, és a fékező terület minél nagyobb legyen. Példaként tekintsünk egy végtelen hálózatba dolgozó erőműre, ha a kettős távvezetéke közül az egyik karbantartás miatt ki van kapcsolva, s eközben a másik távvezetéken zárlat lép fel (9.3.-9. ábra).



9.3.-9. ábra
Erőmű teljesítményszállításának vizsgálata a távvezeték karbantartása esetén

A tranziens stabilitás fokozásának fontos üzemviteli eszközét képezi az ún. gyorsrágerjesztés. Ennek lényege a következőképpen fogalmazható meg. Zárlat felléptekor a generátorok gerjesztését a lehetséges legnagyobb értékig megnövelik, ezáltal a teljesítménygörbe magasabb lesz (szaggatott vonalú görbék), mind a zárlati, mind az ép üzemre vonatkozóan (9.3.-10. ábra). Az ábra teljesítménygörbéinek matematikai alakjai:
Karbantartásmentes állapot, ép két vezeték:

$$P = \frac{U'U}{X_{12}^{2vez}} \sin\delta' \qquad (9.25)$$

Egy vezetékes üzem:

$$P_1 = \frac{U'U}{X_{12}^{1vez}} \sin\delta' \qquad (9.26)$$

Az egyetlen vezetéken zárlat lép fel:

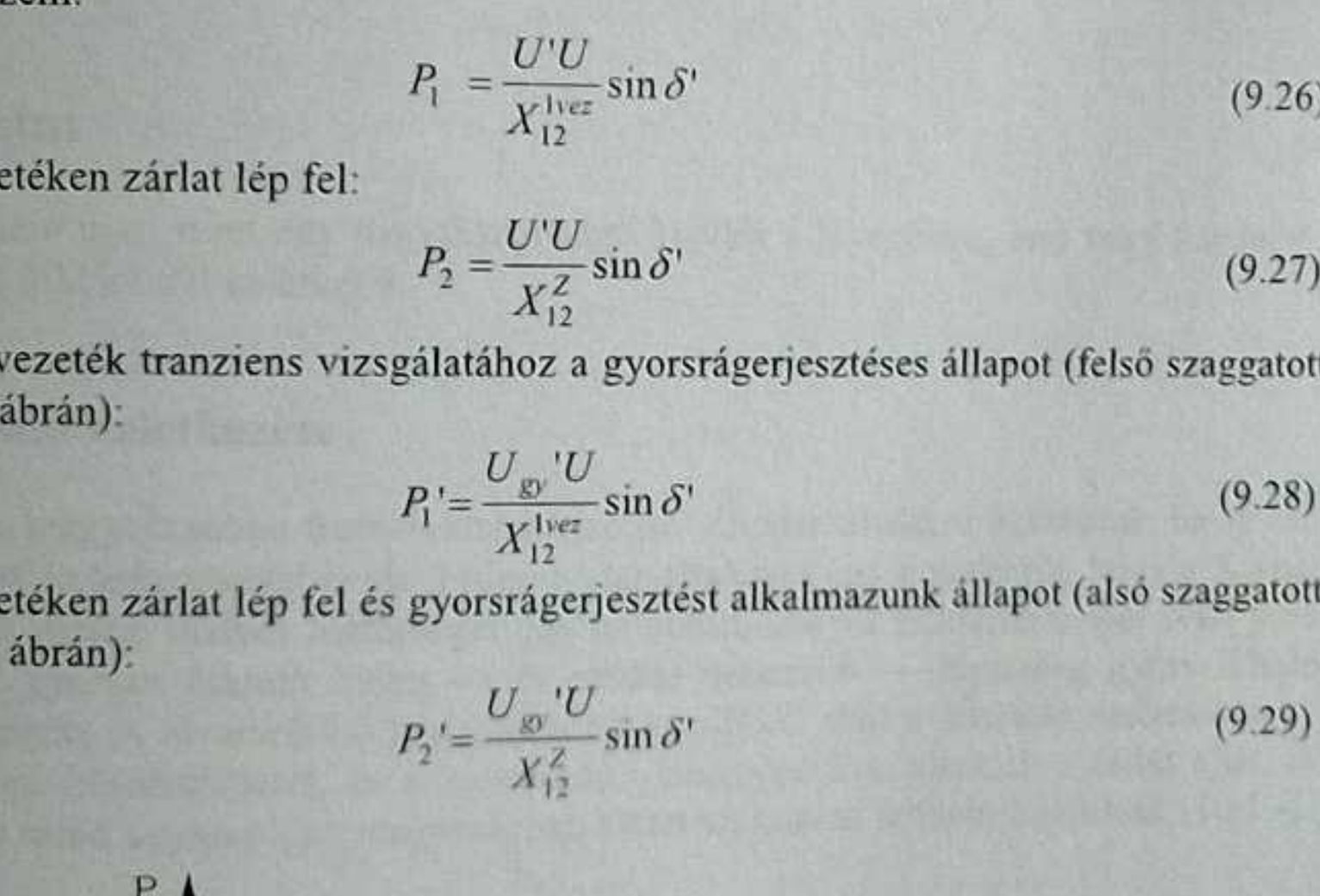
$$P_2 = \frac{U'U}{X_{12}^{Z}} \sin\delta' \qquad (9.27)$$

Az ép egyetlen vezeték tranziens vizsgálatához a gyorsrágerjesztéses állapot (felső szaggatott görbe a 9.3.-10. ábrán):

$$P_1' = \frac{U_{gy}'U}{X_{12}^{1vez}} \sin\delta' \qquad (9.28)$$

Az egyetlen vezetéken zárlat lép fel és gyorsrágerjesztést alkalmazunk állapot (alsó szaggatott görbe a 9..3.-10. ábrán):

$$P_2' = \frac{U_{gy}'U}{X_{12}^{Z}} \sin\delta' \qquad (9.29)$$



9.3.-10. ábra
A gyorsrágerjesztés hatása a tranziens stabilitásra

A gyorsrágerjesztés hatására csökken a gyorsító, és egyben növekszik a fékező terület (vonalkázott területek). Így az üzem során olyan esetekben is megmenthető a stabilitás, amikor normál gerjesztés mellett (folyamatos vonallal rajzolt görbék) a gép (erömű) kiesne a szinkronizmusból.

A fejezetben tárgyaltak alkalmazásával kapcsolatban összefoglalóan lerögzíthető, hogy stabilitási vizsgálatokat két fontos gyakorlati esetben kell elvégezni:

- az erőművi betáplálásokkal kiegészített hurkolt alaphálózat tervezése,
- ha egy ipari fogyasztó saját hálózatának ellátásán kívül a közcélú hálózattal párhuzamosan járó erőművel is rendelkezik, és a fogyasztó hálózatra csatlakoztatásának tervezése a feladat.

10. ÉPÍTMÉNYEK VILLÁMVÉDELME

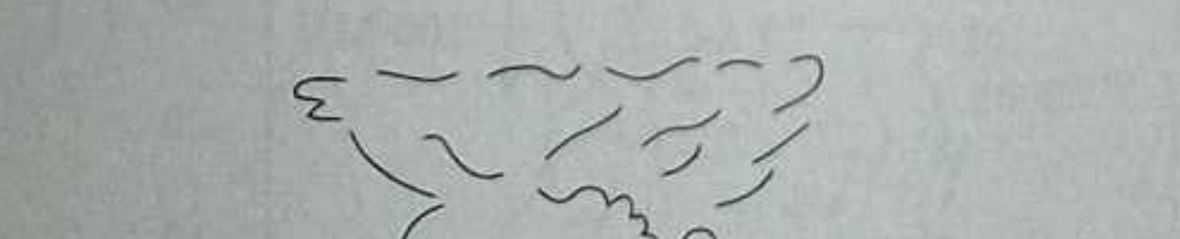
Ez a fejezet — mint ahogy a cím is utal rá — a villámvédelemnek csak egy szakmai részterületével foglalkozik, rövid és tömör elméleti bevezető után az ún. elsődleges villámvédelem kialakításával. Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelemmel (védelem a villámcsapás másodlagos hatásai ellen) a Kapcsolástechnika tantárgy keretei között ismerkedtek meg, míg a távvezetékek és alállomások villámvédelme a Villamosenergia-rendszerek tantárgy témaköre.

10.1. A villám

A villám nem más, mint egy nagyfeszültségű kisülés a levegőben, ami vagy két felhő, vagy a felhő és a föld között keletkezik.

10.1.1. A villám keletkezése

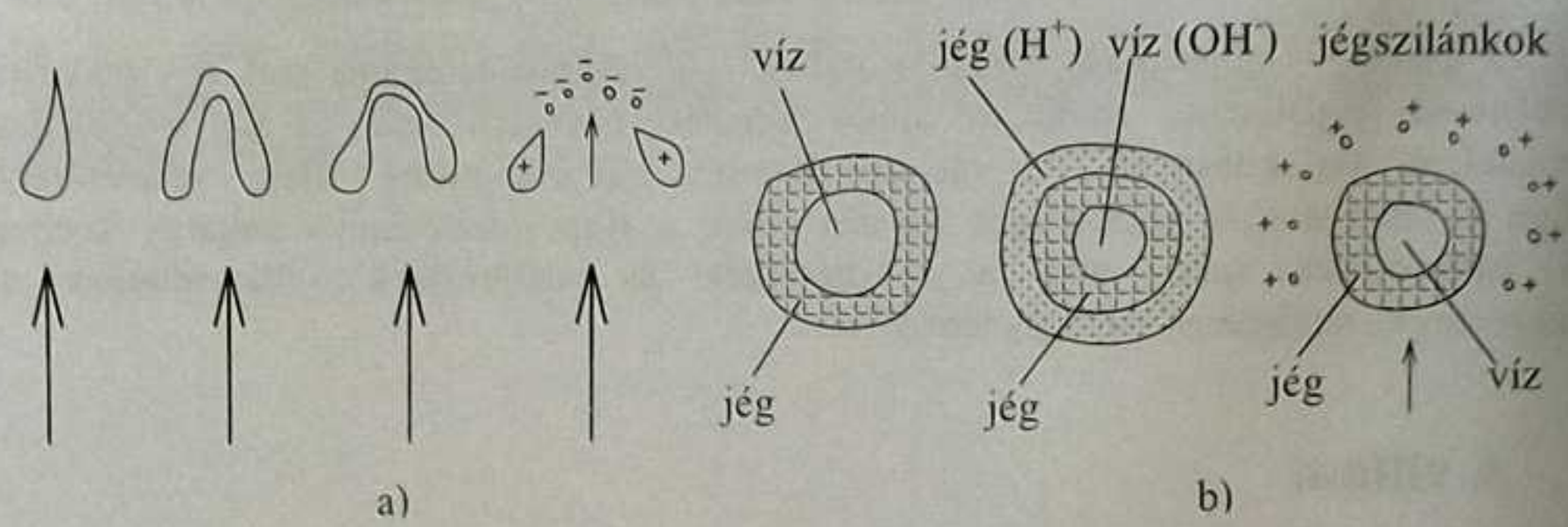
Hazánkban leggyakrabban frontzivatar képződik. Zivatarról akkor beszélünk, ha az eső és a szél villámok keletkezésével is jár. Frontzivatar általában úgy keletkezik, hogy a Kárpát medencében lévő meleg, nedves légtömeget egy az óceán, vagy a Földközi tenger felöl jövő hidegfront, azaz gyorsan áramló hideg — és ezáltal nehezebb — légtömeg gyors felfelé áramlásra kényszeríti. A zivatarfelhő képződése ott kezdődik, ahol a felszálló nedves levegő eléri a harmatpont hőmérsékletét, és a kicsapódó vízcseppecskék alkotják a felhő alját. A zivatarfelhők így mind ugyan olyan magasságban közel vízszintes felülettel indulnak (10.1.-1. ábra).



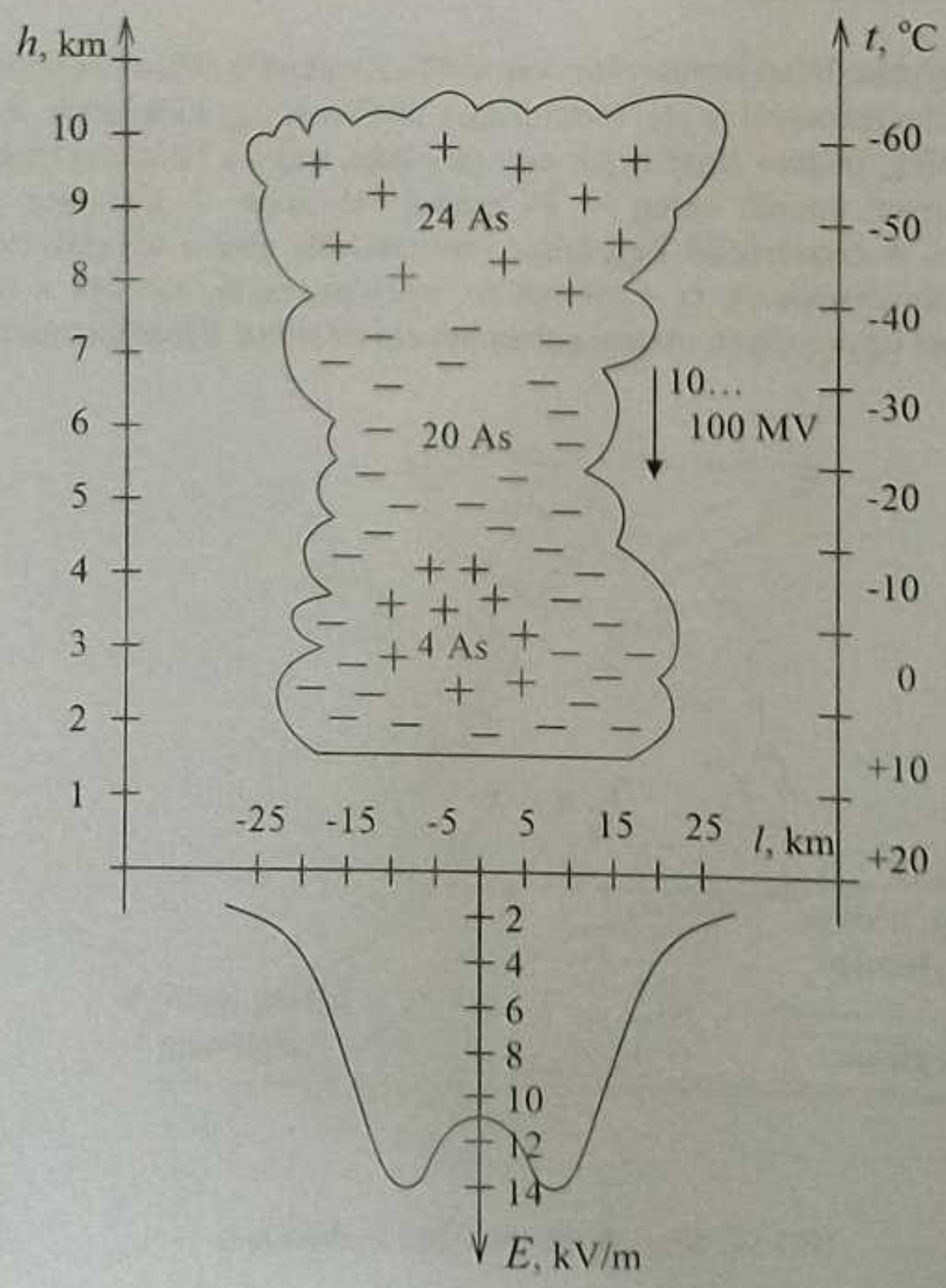
10.1.-1. ábra. A zivatarfelhő kialakulása

A felszálló levegő állandóan hűl, és 2000...4000 m magasságban még nyári időben is eléri a fagyponti hőmérsékletet (0 °C). E fölött túlhütött vízcseppek, majd jégszemcsék keletkeznek.

A zivatarfelhők 8000..12000 m magasan levő tetejét apró jégkristályokból álló ernyőszerűen szétterülő képződmény teszi jellegzetessé.



10.1.-2. ábra. Töltésképződések a zivatarfelhőben
a.) töltésszétválasztás esőcseppben
b.) töltésszétválasztás jégképződéskor

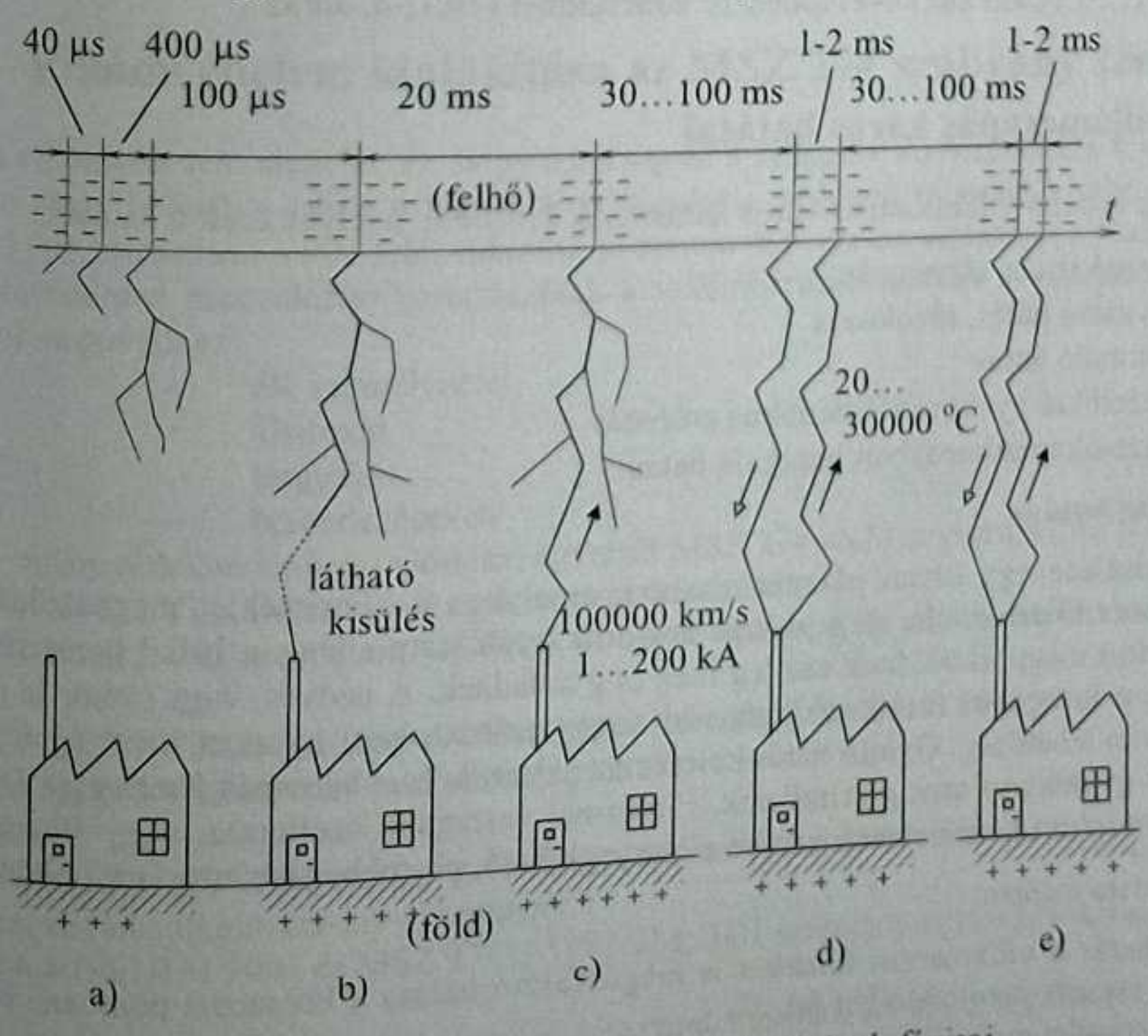


10.1.-3. ábra. A zivatarfelhő töltéseloszlása

A zivatarfelhőben különböző töltéselválasztó folyamatok miatt igen nagy értékű különböző polaritású töltésgócok alakulnak ki. A töltések keletkezésének egyik magyarázata a következő.

A vízcseppeket a felfelé áramló levegő patkó alakúra formálja, majd egyre vékonyítva az összeköttetést két cseppre és számos apró permetre szétporlasztja. A nagyobb cseppek pozitív, míg a finomabb permet negatív töltésű (10.1.-2/a. ábra). Ennek következtében a zivatarfelhő alsó részében pozitív töltésű góc keletkezik, mert a negatív töltésű könnyebb vízpermetet a légáramlás magasra röpíti.

A magasabb régiókban a vízcseppek megfagyása is töltésmegosztást okoz. A vízcseppecske kívülről befelé rétegesen fagy meg, így először egy fagyott gömbhéj veszi körül a cseppet. Amikor e fagyott gömbhéj alatt a következő vastagabb gömbhéj megfagy az a felette levő burkot (lévén a jégnek nagyobb a térfogata a víznél) szétrepeszti és apró, pozitív töltésű jégszilánkok pattannak le a negatív töltésűvé váló jégszemcséről (10.1.-2/b. ábra). Az így keletkező pozitív töltésű jégszilánkok alkotják a felhő felső részén a 10.1.-3. ábrán látható pozitív töltésgócot. Az így kialakuló, és a szél által mozgatott töltésgócokban igen nagy, 10...20C töltés halmozódik fel, ami igen nagy 10...100MV nagyságrendű potenciál különbséget hoz létre. Ha a villamos térerősség meghaladja a nedves levegő átütési szilárdságát, kisülés jön létre a töltés gócok között. A legtöbb villám — a mérsékelt égövben az összes villám mintegy 60...70 %-a — a felhőben lép fel.



10.1.-4. ábra. A villámcsapás kialakulásának fázisai
a.) előkisülési csatorna kialakulása
b.) ellenkisülés
c.) főkisülés
d.) ismételt előkisülés és főkisülés
e.) ismételt kisülések (többszörös villám

A föld felett a felhőben felgyülemlett igen nagy töltésmennyiség a semleges földben is töltésmegosztást okoz, és így a felhő és a föld között is igen nagy potenciálkülönbség alakul ki. (A 10.3.-1. ábra a föld felett 1m magasságban mérhető villamos térerősséget is mutatja).

Ha gondolatban egy csúcs sík elektródaelrendezésre gondolunk, akkor az inhomogén térben a csúcson kisülés lép fel mely addig terjed ki a térben ameddig a villamos térerősség nagyobb mint a levegő átütési szilárdsága. Azaz a felhőből ún. előkisülés indul a föld felé, ami 30...50 m-es szökellésekkel zegzugos pályán, több irányban halad a föld felé, mert a részleges letörés következtében a töltések megtöltik a vezetővé vált térrészt, és maguk előtt újabb térrészben alakul ki a villamos térerősségnél nagyobb térerősség. A földfelszín közelébe érve — az előzőekben elmondottakra hivatkozva — a föld felszínéből kiemelkedő tárgyakból ellenkisülés indul a felhő, ill. az előkisülés felé, és találkozásukkor létrejön egy összefüggő kisülési csatorna a felhő és a föld között. Ezen az ionozott csatornán —.alulról felfelé haladva — végigfut a főkisülés, létrejön a töltéskiegyenlítődés felvillantva az összes ágat, ez a villám főkisülése, amelyik előidézi az ismert jelenségeket úm., mennydörgés, fényhatás (villámlás).

A villámcsapás sok esetben nem ér véget az első kisüléssel a főkisüléssel, hanem többszörös villám keletkezik, mert újabb előkisülés fut végig a már meglévő ionozott csatornán és azt követi a második főkisülés esetleg távolabbi töltésgócok semlegesítésére. Ez a folyamat 0,01...0.1s idő elteltével többször ismétlődhet (10.1.-4. ábra)

10.1.2. A villámcsapás káros hatásai

A villámvédelem célja villámcsapás káros hatásainak kivédése. Melyek ezek a hatások:

- gyújtó hatás, tűzokozás,
- olvasztó hatás, tűzokozás
- romboló hatás
- vezetőkre gyakorolt dinamikus erőhatás
- vezetőképes hurokban indukáló hatás

A villám gyújtó hatása

A villám főkisülése egy olyan plazma csatorna amelyben a hőmérséklet meghaladhatja a húszezer Celsius fokot is. Ha ez a plazma csatorna gyúlékony anyagon halad keresztül (pl. nádfedél, fa stb.) megpörkölődnek esetleg meg is gyulladnak. A nedves, vagy tömör fa ritkán fog tüzet, de a levegővel érintkező laza nád vagy szalma olyan gyorsan kezd égni, hogy oltására alig van lehetőség. Gyújtó hatás keletkezik akkor is, ha a becsapás fémtárgyat ér, de a forró fémmel gyúlékony anyag érintkezik. (5mm-nél vastagabb acéllemez, vagy 10 mm-nél vastagabb alumínium lemez esetén a hatás elhanyagolható, pl. robbanásbiztos tartályfedél.)

A villám olvasztó hatása

Az olvasztó hatás a villámáram fémeket is megolvasztó hatása a becsapási pontban, vagy a villámáramot vezető vezetőben lép fel.
A villámhárító rudat érő villámcsapás a rúd végét megolvasztja és izzó fémcseppek repülnek szét. röptükben ugyan gyorsan hűlnek, de 50 cm-en belül éghető anyagot nem szabad érniük. legalább ennyire kell kiemelni az éghető héjazat fölé.
A villámcsapás talppontja ha fémlemezt ér, és az vékony azt átégetheti, a villámáram azt a vezetőt amelyben a föld felé halad megolvaszthatja. (10 mm vastagságú rudak már közvetlenül érintkezhetnek gyúlékony anyagokkal.)

A villám romboló hatása

A romboló hatás akkor keletkezik, ha a villám nedves építményrészbe (fal, kémény) csap. Az áram hőhatása következtében vízgőzt fejleszt, melynek túlnyomása szétrepeszti, így szétveti, ledönti stb. az építményt (kéménydőlés)!

A villám dinamikus erőhatása

A több tíz kilóamper nagyságú villámáram maga körül mágneses teret létesít. Ha a villámáram vezetésére használt vezetőt iránytöréssel vezetjük, akkor — miután mágneses térben az áramjárta vezetőre erő hat — a két vezetékszakasz között kölcsönös erőhatás lép fel. Nagy, több tíz kilóamperes villámáram esetén ez az erőhatás kilónewton nagyságrendű, mely a rögzítéseket kitépi, a meglágyult vezetőt elszakítja.

A villám indukáló hatása

A villámhárító vezetőben a föld felé folyó több kilóamper nagyságú gyorsan változó áram egy igen nagy fluxusváltozású mágneses teret hoz létre. Ez a fluxusváltozás minden nyitott vezetőképes hurokban feszültséget indukál, és ha az áramkör záródik, komoly áramot hajt. (Egy 10m*10m méretű fém hurokban 100 kV is keletkezhet, és az áram 10 kA-t is elérhet.

10.2. Villámvédelem kialakítása az MSZ 274 szabvány szerint

A villámvédelem alapelve az, hogy a becsapást a villámhárító berendezés fogja fel, — a védendő tárgy helyett — és a villám árama részére a védendő tárgynál kisebb ellenállású levezető utat biztosítson a föld felé, valamint jó átmenettel vezesse az áramot a földbe.
A villámvédelmet megvalósító berendezések a villámhárítók, melyek a villámcsapás káros hatásától megóvják az

- élő személyzetet,
- állatokat
- tárgyakat
- berendezéseket.

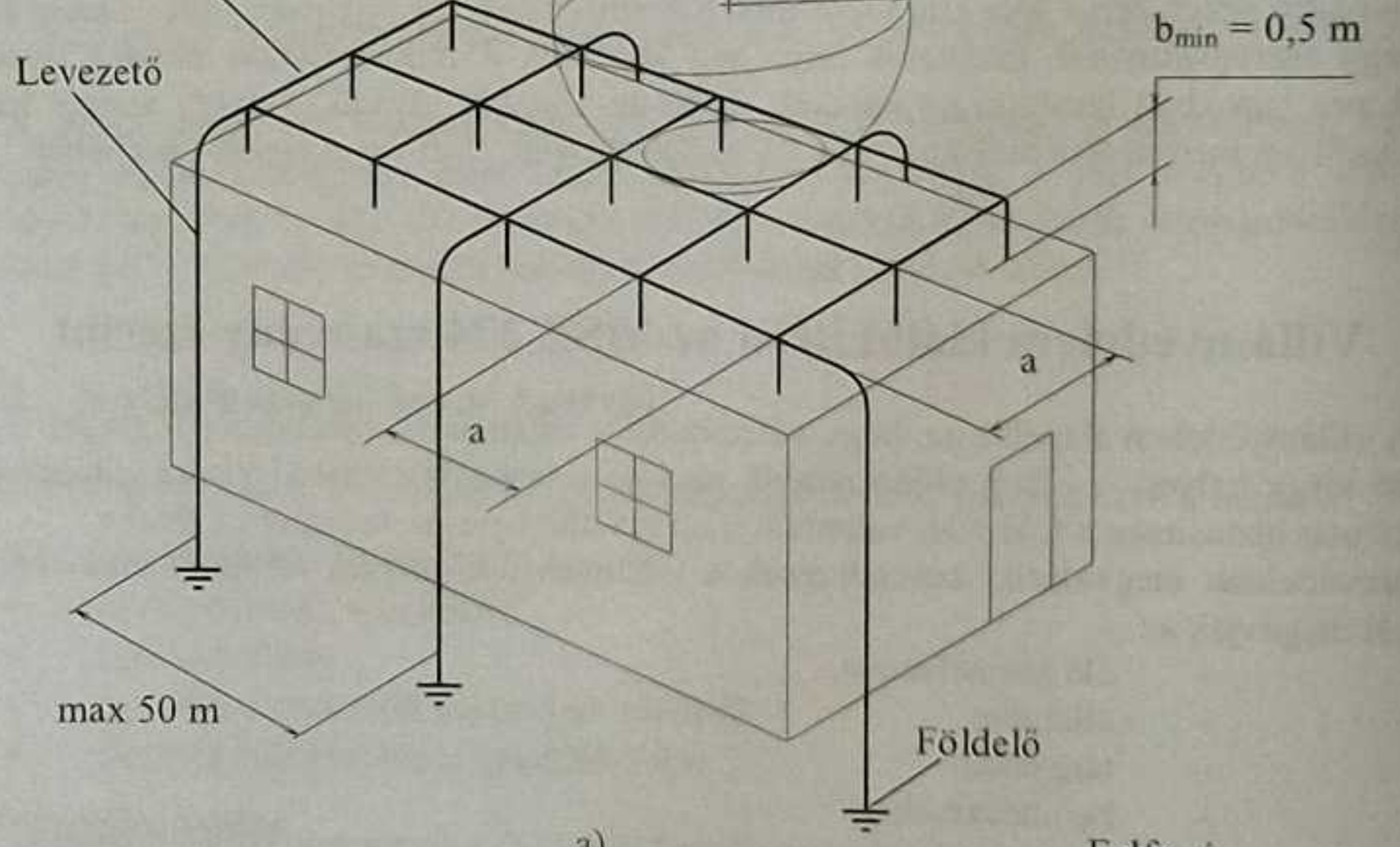
A villámvédelem szakmai előírásai egyrészt MSZ 274 szabványsorozatban találhatók:
MSZ 274-1:1977 Villámvédelem. Fogalommeghatározások.
MSZ 274-2:1981 Villámvédelem. Épületek és egyéb építmények villámvédelmi csoportosítása.
MSZ 274-3:1981 Villámvédelem. A villámhárító berendezés műszaki követelményei.
MSZ 274-4:1977 Villámvédelem. Felülvizsgálat.
másrészt az:
MSZ IEC 1312-1:1977 Elektromágneses villámimpulzus elleni védelem. Általános alapelvek.
illetve e szabvány alkalmazására vonatkozó:
MSZ 274-2:1981/1M:2001 és MSZ 274-3:1981/2M:2001 szabványmódosításokban.

Villámvédelem kialakítására, ellenőrzésére a jegyzet írásának idején a **9/2008.(II.22) ÖTM rendelet „A tűzvédelem és a polgári védelem műszaki követelményeinek megállapításáról" illetve annak melléklete az „Országos Tűzvédelmi Szabályzat"** (OTSZ) előírásai a mérvadók.
Új rendelet, illetve OTSZ megjelenéséig a jegyzet 10.3. pontja szerinti, a **9/2008.(II.22) ÖTM** rendelettől eltérő, az „MSZ EN 62305 Villámvédelem" érvényben lévő szabvány szerinti méretezés alkalmazására a hatóságtól engedélyt kell kérni!

10.2.1. Villámhárítók szerkezeti kialakítása

Az épületek villámhárító berendezése — feladatát tekintve — három jól elválasztható részből áll:

- A villámhárító becsapást **felfogó**, amely lehet:
  - felfogó rúd, vagy
  - felfogó vezető,
- és amelyet **levezető** köt össze a
- **földelő**vel (10.2.-1.ábra).



$$b \geq r - \sqrt{r^2 - \frac{a^2}{4}}$$

10.2.-1.ábra. A villámhárító részei

a.) lapos tetejű épület
b.) nyeregtetős épület esetén

A felfogó a védendő berendezés, épület tetején van és feladata az, hogy becsapási pontot képezzen a villámcsapás számára. (A fémből készült felfogóból az épülethez közeledő

előkisülés felé felfele haladó ellenkisülés indul, ezzel felépítve a felfogóból kiinduló fökisülés útját.) A felfogó a tetőre szerelt, abból kiemelkedő fém rúd, vezető vagy vezetőkből készült háló (10.2.-1.ábra). A villám nem egyenes vonalban tör a föld felé, hanem ún. 20-100 m-es szökellésekkel. Ha egy ilyen magból a szökellés sugarával (pl. 50m) gömböt rajzolunk, akkor az a felfogó véd, amelyik a gömböt metszi, és azt épületrészt védi, ami a gömbön kívül marad.

A levezető feladata az ,hogy a felfogót ért villámcsapás áramát levezesse a földelőhöz. Anyaga jobb vezetőképességű kell, hogy legyen mint a körítő falak anyaga. Lehetőleg függőleges legyen minimális vízszintes szakaszokkal.

A földelés feladata a villámáram számára megfelelő átmenet biztosítása a föld felé. A villámáram sűrűségét nagy felületű földelővel lehet csökkenteni. Több féle célból készült földelőket — az átütés elkerülése érdekében — össze kell kötni. ha ez galvanikusan nem lehetséges akkor szikraközön keresztül.

A felfogót, levezetőt és földelőt magába foglaló villámhárító alkotja a ***külső villámvédelmet***, és ezzel kiküszöböli a villámcsapás által előidézett nagyobb károkat. A villámcsapás másodlagos hatásai (pl. indukált feszültség) következtében az épületen belül — különösen az elektronikus berendezésekben — keletkezhetnek olyan kisülések, ill. átütések, amelyek a berendezéseket tönkre teszik. A ***belső villámvédelem*** célja a másodlagos hatásokból eredő károk kiküszöbölése (túlfeszültségek korlátozása). A másodlagos átütések veszélyét elsősorban potenciálkiegyenlítéssel, azaz a fém tárgyak összekötésével lehet csökkenteni.

10.2.2. A várható veszély nagyságának figyelembe vétele

A villámcsapás sztochasztikus jelenség. Kis gyakorisággal előfordulnak igen nagy igénybevételek (több száz kilóamper) is. Ezek káros hatását egyáltalán nem, vagy csak igen nagy ráfordítással lehetne kivédeni. El kell fogadni, hogy 100 %-os biztonságra nem indokolt törekedni, a várható veszély és a gazdaságosság határozza meg a megvalósítandó védelem hatékonyságát.

A várható veszély nagyságát a következő szempontok szerinti csoportosítással veszi figyelembe a szabvány:

- rendeltetés R1...R5
- magasság és környezet M1...M4
- a tető szerkezete és anyaga T1...T5
- a körítő falak (az épület külső falának) anyaga K1...K3
- a környező levegő szennyezettsége S1...S4
- A másodlagos hatások és túlfeszültségek következménye H1...H5

A megfelelő villámhárító kiválasztásához az épületet és egyéb építményeket minden veszélyességi szempont együttes figyelembe vételével mindegyik csoportba be kell sorolni, amely csoportosítási szempontot jelölő nagybetűből és egy veszélyességi mértéket jelölő számból áll. A számok növekvő sorrendben jelentik a veszély növekedését.

Az épületek, építmények részlete csoportosítása a villámcsapás veszélyessége szempontjából a következő:

➢ *Rendeltetés szerinti csoportok*:

- **R1** közönséges épület, ill. építmény;
- **R2** kiemelt épület, ill. építmény, amelybe tartozik a:
  - nagy forgalmú épület (Személyforgalma 10 perc alatt több mint 300 fő),
  - közösségi épület (Egy tűzszakasz befogadóképessége több mint 500 fő),
  - tudományos, történelmi és művészeti értékű épület, ill. építmény,
  - föld feletti közműépítmény,
  - nagyüzemi álattartási épület.
- **R3** tűzveszélyes épület, ill. építmény, amelybe tartozik:
  - az az épület, ill. építmény amelyet a benne található anyagok alapján **C** tűzveszélyességű osztályúnak minősítenek. (35/1996(XII.29.) BM rendelet (OTSZ) 3.§ (3) bekezdés)
- **R4** tűz és robbanásveszélyes épület, ill. építmény, amelybe tartozik:
  - az az épület, ill. építmény amelyet a fent említett rendelet **B** tűzveszélyességű osztályúnak minősít. (Pl. vegyi üzemek és raktárak.)
- **R5** fokozottan tűz és robbanásveszélyes épület, ill. építmény, amelybe tartozik:
  - az az épület, ill. építmény amelyet a fent említett rendelet **A** tűzveszélyességű osztályúnak minősít. (Olyan üzemek vagy raktárak ahol pl. benzin, aceton, földgáz, hidrogén, robbanóanyag stb. van)

➢ *Magasság és környezet szerinti csoportok*:

Az épületek magasság szerinti csoportosítása az épület vagy építmény saját magasságán kívül figyelembe veszi a környezetben lévő épületek és egyéb tárgyak magasságát, és a környezetnek a villámcsapási veszélyt növelő vagy csökkentő hatásait is lásd 10.-1. táblázat.

10.-1. táblázat.

Az épületek magasság és környezeti hatás szerinti csoportosítása

A védendő épület magassága	Az épület magasság szerinti besorolása					
	Hegytetőn	Sík területen	Vízfolyáshoz 10 m-nél közelebb vagy nedves területen	Egyéb helyen		
	Ha a környezetben nincs épület		Ha a környezetben lévő épület a védendőnél alacsonyabb…			
			≥2 m-rel	Nem	≥2 m-rel	Nem
< 10 m	**M3**	**M2**	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**
10…20 m	**M3**	**M3**	**M3**	**M2**	**M1**	**M2**
20…30 m	**M4**	**M4**	**M4**	**M2**	**M3**	**M2**
> 30 m	**M4**	**M4**	**M4**	**M3**	**M4**	**M3**

A tetőzet villámvédelmi besorolása:

A besorolásnál a külső légtérrel közvetlenül érintkező héjazat anyagát, valamint az alatta levő tetőszerkezet anyagát kell figyelembe venni a 10.-2. táblázat szerint.

10.-2. táblázat

A tetőzet villámvédelmi besorolása

A héjazat anyaga és szerkezete	A tetőfödém vagy a tetőszerkezet anyaga		
	Nem éghető, nehezen éghető, fém nélkül	Bármilyen éghetőségű, Fémmel	Közepesen éghető, könnyen éghető, fém nélkül
Nem éghető, nehezen éghető, fém nélkül	**T1**	**T2**	**T3**
Nem éghető, nehezen éghető, fémmel. Csak fém Közepesen éghető, könnyen éghető, Vastag fémburkolattal	**T2**	**T2**	**T2**
Közepesen éghető, könnyen éghető, fém nélkül	**T4**	**T5**	**T4**
Közepesen éghető, könnyen éghető, zárt burkolatot nem képező vagy vékony fémmel	**T5**	**T5**	**T5**

- *A körítőfalak anyaga szerinti csoportok*

Az épület szabadtérrel érintkező körítőfalai a villámáram levezetésekor jelenthetnek veszélyt, amennyiben érzékenyek a hőhatásra, vagy maguk is képesek vezetni a villámáramot.

- **K1** nem éghető fal,
- **K2** fémszerkezetű fal,
- **K3** éghető fal.

- *A környező levegő szennyezettsége szerinti csoportok*

A szennyezett levegő korrodálja a fém szerkezeteket, ezért vastagsági méreteik megválasztásához a szennyezettség mértékének ismerete szükséges:

- **S1** tiszta levegő,
- **S2** mérsékelten szennyezett levegő (fűtési égéstermékek),
- **S3** erősen szennyezett levegő (vegyi anyagok),
- **S4** erősen agresszív levegő (maró savak, gőzök mint pl. kén-dioxid, kénsav, nitrogén-oxidok, klór, sósav stb.).

Másodlagos hatások szerinti csoportok

Másodlagos hatások alatt az építmények belső terében keletkező kisülések gyújtó hatása és a túlfeszültségek szigetelés károsító hatása értendő.

- **H1** másodlagos hatásokkal szemben érzéketlen épület (mindazon épületek amelyekben semmilyen villamos berendezés nincs), és nem tartalmaz másodlagos kisülés veszélyét előidéző fémszerkezetet.
- **H2** belső kisülés által helyileg veszélyeztetett épület (a kisülés, sérülés tovaterjedésével nem kell számolni, benne villamos berendezés nincs),
- **H3** túlfeszültség miatt mérsékelten veszélyeztetett belső berendezés (a keletkező kár mértéke nem éri el az elhárítás költségeit pl. telefon, rádió, televízió),
- **H4** belső kisülés vagy túlfeszültség miatt keletkező fokozott veszély illetve jelentős anyagi kár (szórakoztató elektronika, számítógépek),
- **H5** túlfeszültség miatt fokozottan veszélyeztetett belső berendezés (pl. biztonsági rendszerek, vezérlések, irányító központok, távközlő, távvezérlő, távirányító rendszerek).

10.2.3. A villámhárító fokozatkialakítási rendszere

Miután a védendő építmények jellege, értéke, különböző, így a villámvédelemmel szembeni követelmények is eltérőek. Ezért úgy alakították ki a villámhárító berendezések különböző fokozatait, hogy azok eltérő mértékű védettséget biztosítsanak.

A villámhárító hatékonyságát az egyes részeinek (felfogó, levezető, földelő) fokozata fejezi ki. A villámhárító berendezések egyes szerkezeti elemeit külön-külön fokozatokba sorolja a szabvány mégpedig:

- elrendezés szerint,
- a védendő épülethez viszonyított elhelyezésük szerint,
- ill. méreteik szerint.

A fokozat jele a villámhárító adott szerkezeti részére utaló **nagybetű**-vel kezdődik:

felfogó	**V**
levezető	**L**
földelő	**F**
belső villámvédelem	**B**

Az ezt követő szám (**0,1…5**) az adott elem **elrendezés szerinti fokozatára** utal, mégpedig minél nagyobb ez a szám annál **hatékonyabb** a villámhárító ezen szerkezeti része. A villámvédelmi felfogók fokozatait a 9.-3. táblázat, a levezető és a földelő fokozatait a 10.-4. táblázat mutatja.

A szerkezeti rész nagybetű jelét követi tehát az általános elrendezés fokozatszáma, majd ezután az épülethez viszonyított helyzetet kifejező **fokozatjelölő kisbetű** következik (0, a … d) melynek értékei a 10.-5. táblázatban találhatók, illetve földelés esetén törtvonallal elválasztva a **földelési ellenállás** Ω-ban kifejezett értéke következik.

A földelési ellenállás

Cél, hogy a villámhárító földelése a védendő berendezés természetes földelésénél jobb legyen! A földelési ellenállásra a szabvány kétféle előírást ad, amelyeket a fokozatot jelölő F nagybetűt és számot követő törtvonal utáni **x**, illetve **r** betűvel jelöl. Az **x** jel azt jelenti, hogy a földelési ellenállásra nincs előírás, csak a földelő méreteivel szemben vannak követelmények, azaz a függőlege rúdföldelő hosszára (10.2.-2/a. ábra), vízszintes földelő hosszára (10.2.-2/b. ábra), lemezföldelő kétoldali felületére (10.2.-2/c. ábra), betonalap

földelő esetén a talajjal érintkező betonfelület nagyságára (10.2.-2/d. ábra). Ha a földelés előírt fokozatában **r** szerepel, akkor a következő követelményeket kell teljesíteni:

- Bármilyen földelő megfelel, ha a földelési ellenállása kisebb mint 2Ω;
- Független (egyenként mérhető) egyedi, vagy csoportos földelő esetén a földelési ellenállás:

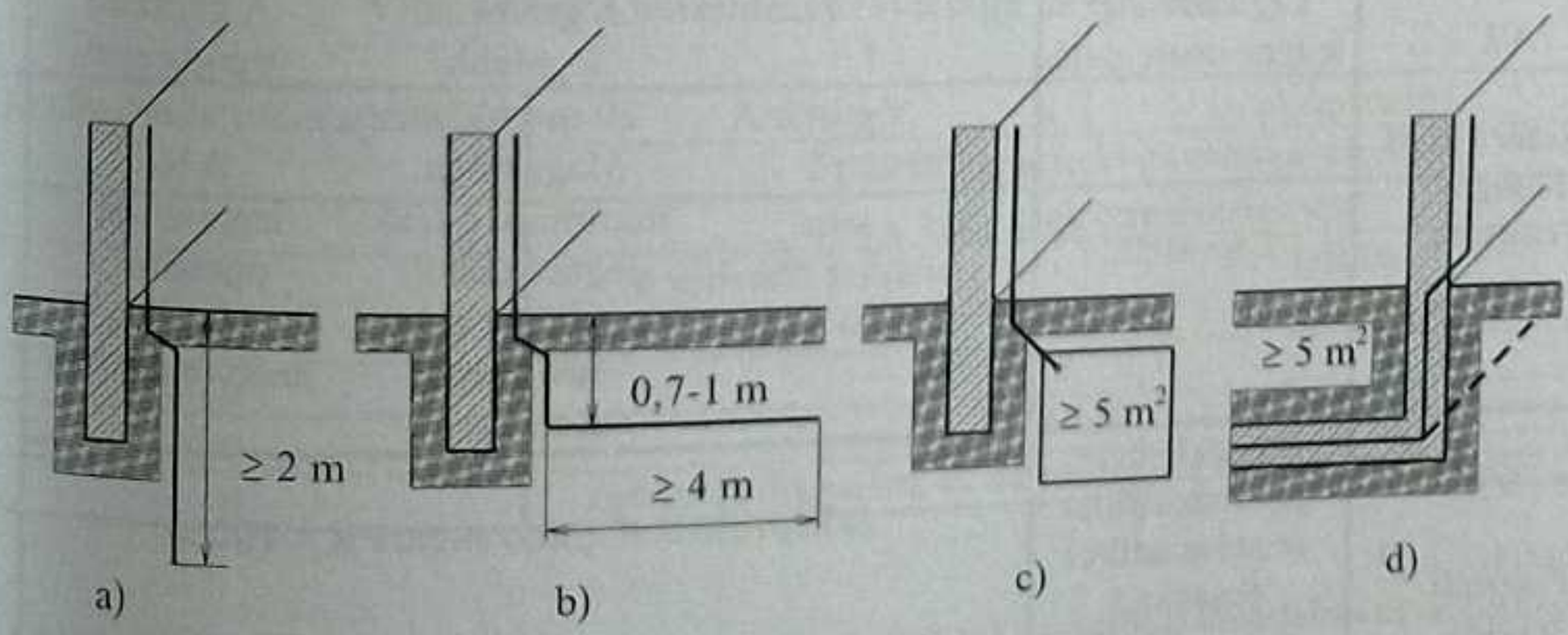
$$r \le 6\frac{\rho}{\sqrt{A}} \qquad (10.1)$$

- Összefüggő földelőrendszer esetén az eredő földelési ellenállás:

$$r \le 3\frac{\rho}{\sqrt{A}} \qquad (10.2)$$

ahol: $[\rho] = \Omega m$ a talaj fajlagos térfogati ellenállása,
$[A] = m^2$ az épület alapterülete.

Egyébként a földelő méretei — az ellenállásra vonatkozó követelménytől függetlenül — nem lehetnek kisebbek a 10.2.-2. ábrán megadottaknál.



10.2.-2.ábra. Az **F2/x** fokozatú földelők méreteire vonatkozó előírások

A vezetők anyagára és méretére utaló jelölés

Mivel a vezetők korrodálódnak, illetve különböző mechanikai hatásoknak vannak kitéve, ezért külön meg kell határozni minimális méretüket. A különböző anyagokra meghatározott ***méretfokozatok*** a következő jelekkel adhatók meg:

n: normál méret,
k: közepes méret,
e: erős méret,
ek: erős különleges méret.

A villámhárító (felfogó és levezető) keresztmetszeti fokozatainak (méretfokozatainak) követelményei acél és alumínium anyagokra a 10.-6. táblázat tartalmazza.

10.-3. táblázat

Villámvédelmi felfogók fokozatai

A felfogórendszer fokozatának jelölése	Alkalmazási körülmények	Követelmények		
		Természetes felfogó esetén	Min. 2 m magas felfogórúd esetén	Felfogóvezető esetén
V0	—	Egyáltalán nincs felfogó		
V1 **Természetes felfogó-rendszer**	—	Fémtető vagy olyan összefüggő fémrendszer, amelytől a tető egyetlen pontja sincs 5 m-nél messzebb	—	—
V2 **Egyszerűsített felfogó-rendszer**	Legalább 20° lejtésű sátortető	*	1 db a csúcson	—
	Legalább 20° lejtésű nyeregtető	*	A gerincen legalább 20 m-enként	A gerincen végigvezetve
	Lapostető	*	Magassága minimum a tető legtávolabbi pontjától való távolság tizedrésze	A tető legtávolabbi pontjától a távolság maximum 10 m
V3 **Normál felfogó-rendszer**	Képzeletbeli gömb az épület érintése nélkül fennakad Képzeletbeli korong fennakad a felfogón	A képzeletbeli gömb sugara R = 100 m A képzeletbeli korong átmérője d = 20 m, és a védendő felület külső széleitől a felfogóhoz húzott egyenesek a függőlegeshez bezárt α szöge maximum 45°		
V4 **Biztonsági felfogórsz.**	Képzeletbeli gömb, mint V3 Képzeletbeli korong, mint V3	A gömb sugara R = 80 m d = 15 m, $\alpha_{max} = 30°$		
V5 **Növelt biztonságú felfogórsz.**	Képzeletbeli gömb, mint V3	R = épületmagasság + 20 m, de minimum 40, maximum 70 m		
V6 **Különleges biztonságú felfogórsz.**	Képzeletbeli gömb, mint V3	R = épületmagasság + 10 m, de maximum 60 m		

* Természetes felfogó alkalmazható akár önállóan , akár a mesterséges felfogók kiegészítésére, ha teljesítik azok követelményeit.

10.-4. táblázat

Villámvédelmi levezetők és földelők fokozatai

A fokozat számjele	A levezető	A földelő
0	Nincs	
1	Csak természetes van	
2	Csak egyetlen van	
3	Legalább 2, és a becsapás áramútjának vízszintes szakasza maximum 15 m	Legalább 2
4	Legalább 2, és a becsapás áramútjának vízszintes szakasza maximum 10 m	földelőkeret vagy földelőháló
5	L4 + összekötés fölül és legalább 20 m-es magasságonként	—

10.-5. táblázat

Villámhárító berendezés távolsága az épülettől

Az elhelyezés fokozatjelölése	A felfogó	A levezető
	Épülettől legkisebb távolsága, m	
o	nincs, vagy csak természetes van	
a	a védendő felületen, vagy < 0,15	falban, vagy < 0,15
b	0,15…0,5	
c	> 0,5	
d	épülettől független, és másodlagos kisülés veszélye sincs	

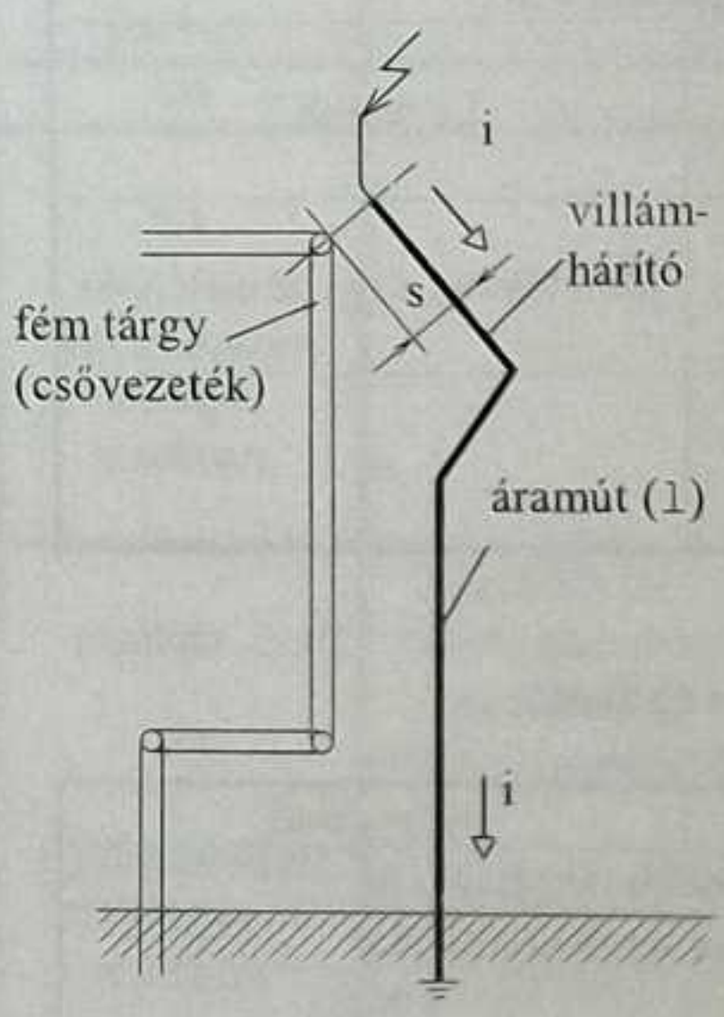
10.-6. táblázat

A villámhárító (felfogó és levezető) keresztmetszeti fokozatainak követelményei acél és alumínium anyagokra

A vezető			A keresztmetszeti fokozat jele			
Anyaga	Jellemzője	Méretének megnevezése	n (normál)	k (közepes)	e (erős)	ek (erős, különleges)
Acél	huzal	átmérője, mm	6,0	8,0	10,0	10,0
	sodronykötél	névleges kötélátmérő, mm	8	10	12	16
		névleges huzalátmérő, mm	1,6	2,0	2,4	3,2
	szalag	szélesség x vastagság, mm x mm	10x3	20x2	20x5 25x4	20x5
	idomacél, rúd, cső	keresztmetszet, mm2	30	60	100	100
		vastagság, mm	3	3	4	5
alumínium	huzal	átmérője, mm	8,0	10,0	-	-
	vezetéksodrony	Névleges keresztmetszet, mm2	50	70	-	-
	szalag	szélesség x vastagság, mm x mm	20x4	20x5 20x4	-	-

Belső villámvédelem fokozatkialakítása

Veszélyes megközelítésről beszélünk, ha a villámcsapás másodlagos hatásai következtében kisülés vagy túlfeszültség keletkezésével kell számolni. Ezeken a veszélyes megközelítési helyeken a belső villámvédelem 10.-7. táblázatban megadott fokozatának megfelelő védelmi intézkedésekről kell gondoskodni a veszélyek és károk elhárítása, illetve korlátozása érdekében.

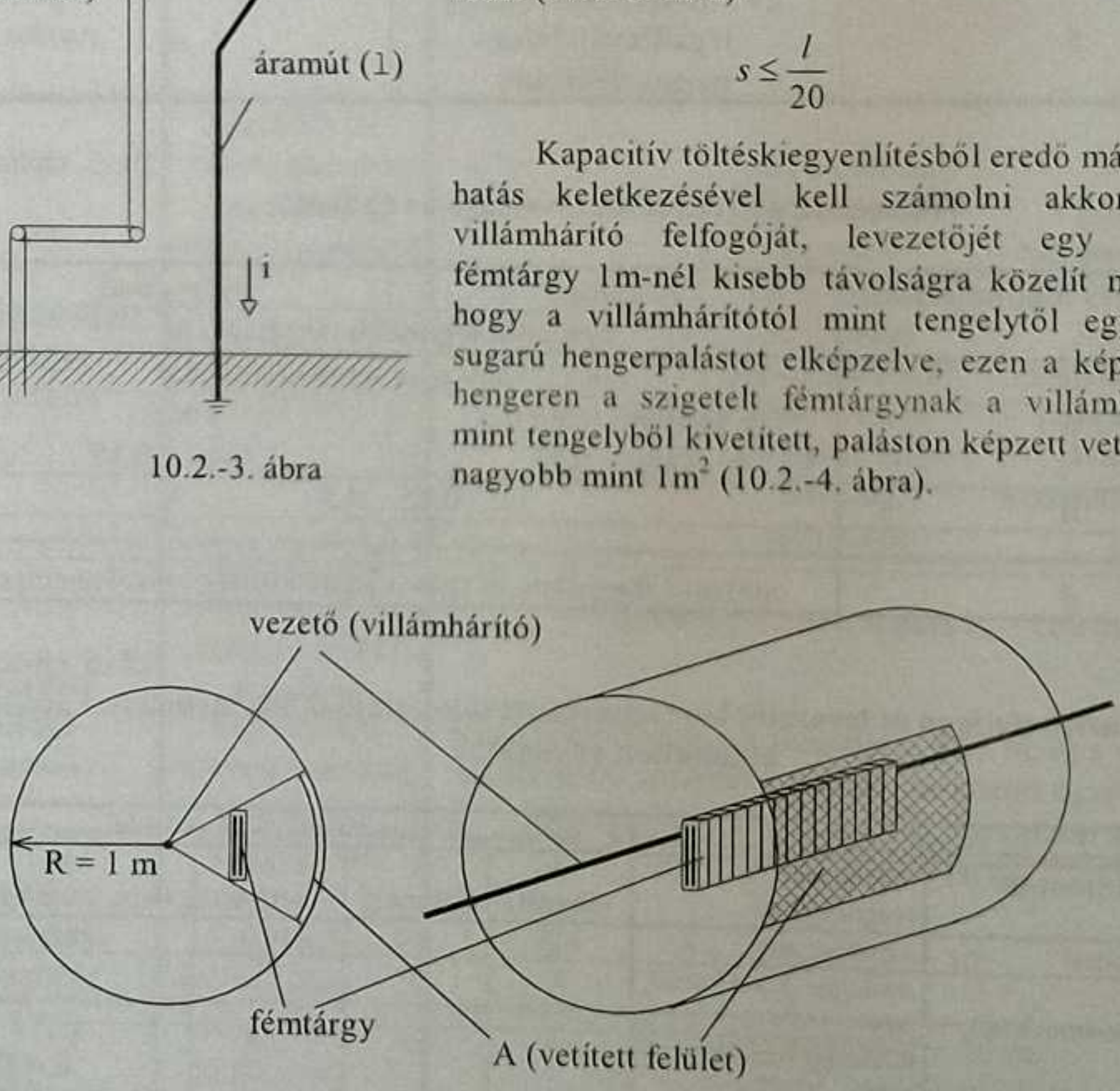


10.2.-3. ábra

Indukált feszültségtől eredő másodlagos hatás keletkezésével kell számolni akkor, ha a villámhárító felfogója ,levezetője és egy függőleges irányban nagy kiterjedésű földelt fémtárgy (pl. fűtéscső) között a távolság (s) kisebb, mint villámáram levezető mentén a földelésig terjedő áramút hosszának (l) egy huszad része (10.2.-3. ábra):

$$s \leq \frac{l}{20} \qquad (10.3)$$

Kapacitív töltéskiegyenlítésből eredő másodlagos hatás keletkezésével kell számolni akkor, ha a villámhárító felfogóját, levezetőjét egy szigetelt fémtárgy 1m-nél kisebb távolságra közelít meg úgy, hogy a villámhárítótól mint tengelytől egy 1m-es sugarú hengerpalástot elképzelve, ezen a képzeletbeli hengeren a szigetelt fémtárgynak a villámhárítóból mint tengelyből kivetített, palástón képzett vetülete (A) nagyobb mint $1 m^2$ (10.2.-4. ábra).



10.2.-4. ábra
Kapacitív töltéskiegyenlítésből eredő másodlagos kisülés veszélye, ha $A \geq 1\ m^2$

A belső villámvédelem fokozatai

10.-7. táblázat

Belső villámvédelem fokozatának jelölése	Követelmények	
B0	Védelmi intézkedés nem szükséges	
B1	Veszélyes megközelítés megszüntetése	vagy az egymást megközelítő fémtárgyak összekötésével
		vagy a villámhárító vezető nyomvonalának módosításával
B2	Egyrészt a veszélyes megközelítés megszüntetés B1 szerint,	
	másrészt az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem kialakítása úgy, hogy a létesítmény belső tere egy védelmi zónát alkot (LPZ 1) Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem méretezése szempontjából a III. – IV. védelmi szintnek megfelelő villámparaméterekkel kell számolni.	
B3	Egyrészt az egymást megközelítő vezetők összekötése vagy a villámhárító vezető nyomvonalának módosítása úgy, hogy sem induktív sem kapacitív másodlagos hatás, veszélyeztetés ne jöjjön létre,	
	másrészt kialakítandó a létesítményben lévő villamos rendszerek elektromágneses villámimpulzus elleni lépcsős védelme. Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem méretezése szempontjából a II. védelmi szintnek megfelelő villámparaméterekkel kell számolni.	
B4	B3 kialakítása, de az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem méretezése szempontjából a I. védelmi szintnek megfelelő villámparaméterekkel kell számolni.	

Egy villámhárító berendezés fokozatának teljes jelölése:

A villámhárító berendezés úgy írható fel, hogy a felfogó , a levezető és a földelő fokozatának jelét kötőjellel elválasztva egymás után leírjuk. Ha a vezetők méretfokozata a földfelszín feletti részekre egységes, akkor az előzőekhez további kötőjellel kapcsolva ezt is fel kell tüntetni, például:

V4c-L3a-F1/r-B3-e

Megjegyzés: Az általános elrendezés "0" fokozatjele azt jelöli, hogy villámhárító berendezés nincs. Természetesen ehhez az épülethez viszonyított helyzet szempontjából mindig "o" fokozat, földelési ellenállás szempontjából "x" érték tartozik. (Pl. a villámvédelem nélküli épület, vagy építmény jele: **V0o-L0o-F0/x–B0**

10.2.4. A villámvédelem fokozatának megállapítása

Az építmények villámvédelmi besorolása után lehet a villámhárító berendezés előírt fokozatát megállapítani, miután a szabvány a szabvány a villámhárító egyes részeinek fokozatát az épület besorolásának különböző tényezőitől függően határozza meg a következők szerint:

A **felfogó (V)** fokozatát az épület ill. építmény
rendeltetése (**R**), magassága (**M**), a tető anyaga és szerkezete (**T**)
szerinti csoportbesorolása alapján a 10.2.-8. táblázat szerint kell meghatározni.

10.-8. táblázat

A villámhárító berendezés előírt fokozatainak kiválasztása

Az épület		A tető anyaga és szerkezete szerinti csoport					A körítőfalak anyaga szerinti csoport			A földelő fokozata *
Rendeltetés szerinti csoportja	Magasság és környezet szerinti csoportja	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**K1**	**K2**	**K3**	
		A felfogó fokozata					A levezető fokozata			
R 1 (közönséges épület, építmény)	**M 1**	V0o	V0o	V0o	V0o	V0o	L0o	L0o	L0o	F0/x
	M 2	V0o		V0o	V0o		L0o	L0o	L0o	F0/x
			V1o			V2c	L2a	-	L2b	F2/x
	M 3	V2a	V1o	V2b	V2c	V2c	L3a	L1o	L3b	F3/x
							L2a	-	L2b	F2/x
	M 4	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c	L3a	L1o	L3b	F3/x
							L4a	L1o	L4b	F3/r
R 2 (kulturális értékű, továbbá mindaz az épület, építmény, amely nem a benne használt anyag miatt C tűzv. osztályú)	**M 1**	V0o		V0o			L0o	L0o	L0b	F0/x
			V1o		V2c	V2c	L2a	-	L2b	F2/x
	M 2	V2a	V1o	V2b	V2c	V3c	L3a	L1o	L3b	F3/x
							L2a	-	L2b	F2/x
	M 3	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c	L3a	L1o	3b	F3/r
							L4a	L1o	L4b	F3/r
	M 4	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c	L5a	L1o	L5b	F3/r
R 3 (mindaz az épület, építmény, amely a benne használt anyag miatt C tűzv. osztályú)	**M 1**	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c	L3a	L1o	L3b	F3/r
	M 2	V3a	V1o	V3b	V3c	V4c	L3a	L1o	L4b	F3/r
	M 3	V3a	V1o	V4b	V4c	V4c	L4a	L1o	L5b	F4/r
	M 4	V3a	V1o	V4b	V4c	V4c	L5a	L1o	L5b	Fr/r
R 4 (B tűz- és robbanásveszélyes épületek és építmények)	**M 1**	V4b	V1o	V4c	V4c	V5c	L4b	L1o	L4b	F3/r
	M 2	V4b	V1o	V4c	V5c	V5c	L4b	L1o	L4b	F4/r
	M 3	V5b	V1o	V5c	V5c	V5c	L5b	L1o	L5b	F4/r
	M 4	V5b	V1o	V5c	V5c	V6c	L5b	L1o	L5b	F4/r
R 5 (A fokozottan tűz- és robbanásveszélyes épületek és építmények)	**M 1**	V4c	V1o	V4c	V5c	V5c	L4b	L1o	L4c	F4/r
	M 2	V4c	V1o	V5c	V5c	V6c	L4b	L1o	L4c	F4/r
	M 3	V5c	V1o	V5c	V6c	V6c	L5b	L1o	L5c	F4/r
	M 4	V5c	V1o	V5c	V6c	V6c	L5b	L1o	L5c	F4/r

* Az itt megadott földelési fokozatok helyett bárhol megengedett magasabb fokozatú (nagyobb jelzőszámú) földelést alkalmazni. A robbanásveszélyes (R4 és R5 csoportú) épületek kivételével bármely mesterséges földelés helyett is megengedett természetes (F1 fokozatú) földelés alkalmazása.

Levezető (L) fokozatát az épület ill. építmény
rendeltetése (R), magassága (M), a körítőfalak anyaga (K)
szerinti csoportbesorolása alapján,

míg a **földelés (F)** fokozatát az épület ill. építmény
rendeltetése (R), magassága (M)
szerinti csoportbesorolása alapján szintén a 9.-8. táblázat szerint kell meghatározni.
A **belső villámvédelem (B)** fokozatát az épület ill. építmény
rendeltetése (R), magassága (M), a másodlagos hatás (H)
szerinti csoportbesorolása alapján a 10.-9. táblázat szerint kell meghatározni.

10.-9. táblázat

A belső villámvédelem előírt fokozatainak kiválasztása

Rendeltetés szerinti csoport	Magasság szerinti csoport	Másodlagos hatás szerinti csoport				
		H1	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**
		A belső villámvédelem fokozata				
R1	**M1**	**B0**	**B0**	**B0**	**B2**	**B2**
	M2	**B0**	**B0**	**B0**	**B2**	**B3**
	M3	**B0**	**B0**	**B2**	**B2**	**B3**
	M4	**B0**	**B1**	**B2**	**B2**	**B3**
R2	**M1**	**B0**	**B0**	**B0**	**B3**	**B4**
	M2	**B0**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
	M3-M4	**B0**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
R3	**M1-M4**	**B0**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
R4	**M1-M4**	**B0**	**B3**	**B3**	**B3**	**B4**
R5	**M1-M4**	**B0**	**B3**	**B3**	**B3**	**B4**

A **villámhárító föld feletti alkatrészeinek méretfokozatát** az épület ill. építmény
rendeltetése (R), a levegő szennyezettsége (S)
szerinti csoportbesorolás alapján a 10.-10. táblázat szerint kell meghatározni.

10.-10. táblázat

A villámhárító (felfogó és levezető) vezetők keresztmetszet fokozatainak kiválasztása

A villámhárító vezetőjének elhelyezése	Az épület rendeltetés szerinti csoportja	A környező levegő szennyezettsége szerinti csoportjának jele			
		S1	**S2**	**S3**	**S4**
		A megengedett legkisebb méretek fokozatának jele			
Levegőben	**R1 és R2**	**n**	**k**	**e**	**ek**
	R3	**k**	**k**	**e**	**ek**
	R4 és R5	**k**	**e**	**e**	**ek**
Falban	**R1 ... R5**	**e**	**e**	**e**	**ek**

10.2.5. Villámvédelem egyes létesítési előírásai

A felfogórudakat függőleges helyzetben kell rögzíteni úgy, hogy az időjárás és a karbantartással járó terhelések hatásai következtében a rudak eredeti helyzete ne változzon meg.

A felfogórudakat szélnyomásra, a felfogórúdként használt, az épülettől függetlenül felállított oszlopokat a karbantartással járó terhelésekre is méretezni kell.

A felfogóvezetőket szintén úgy kell rögzíteni, hogy az időjárás hatásai következtében eredeti helyzetük ne változzon meg.
A felfogóvezetőket és tartószerkezetüket szélteherre, a feszített felfogóvezetőket húzóigénybevételre is méretezni kell az MSZ 151/1 szerint.

A levezetőt úgy kell rögzíteni, hogy eredeti helyzete sem az időjárás, sem egyéb várható erők hatására ne változhasson meg (pl. hozzáférhető levezetőknél vandalizmus).
Az épület falán rögzített levezetőket szélteherre, míg a feszített vezetőket húzóigénybevételre is méretezni kell.

A levezetőket lehetőleg egyenesen és függőlegesen kell vezetni, kerülni kell az éles iránytöréseket, az emelkedő szakaszokat és a hurkokat (pl. eresz megkerülésekor).
A földelők anyagára, szerkezetére és kivitelére az MSZ HD 60364 előírásai vonatkoznak.
A föld alatt lévő csatlakozásokat hegesztéssel vagy keményforrasztással kell készíteni.
A földelővezetőnek a földtől számított 1,5 m-es szakaszát — mechanikai sérülésnek kitett helyen — burkolattal védeni kell.

Magas épületek ill. építmények olyan levezetőinek közelében, ahol személyek rendszeresen közlekednek, a földelő kialakításánál figyelembe kell venni a veszélyes érintési és lépésfeszültség keletkezésének lehetőségét. A veszély kiküszöbölése potenciálbefolyásolással, potenciálkiegyenlítéssel vagy elszigeteléssel lehetséges.

Hogy a villámáram hatására felmelegedő felfogó és levezető ne melegítse fel veszélyesen a védett épület szerkezetét, és hogy a villám a vezetőből ne tudjon a közeli épületszerkezetbe visszacsapni, a szabványban előírt távolságokat szigorúan be kell tartani!

10.3. Villámvédelem kialakítása az MSZ EN 62305 szabvány szerint

10.3.1. Villám és villámvédelmi alapismeretek

10.3.1.1. A villámvédelem célja

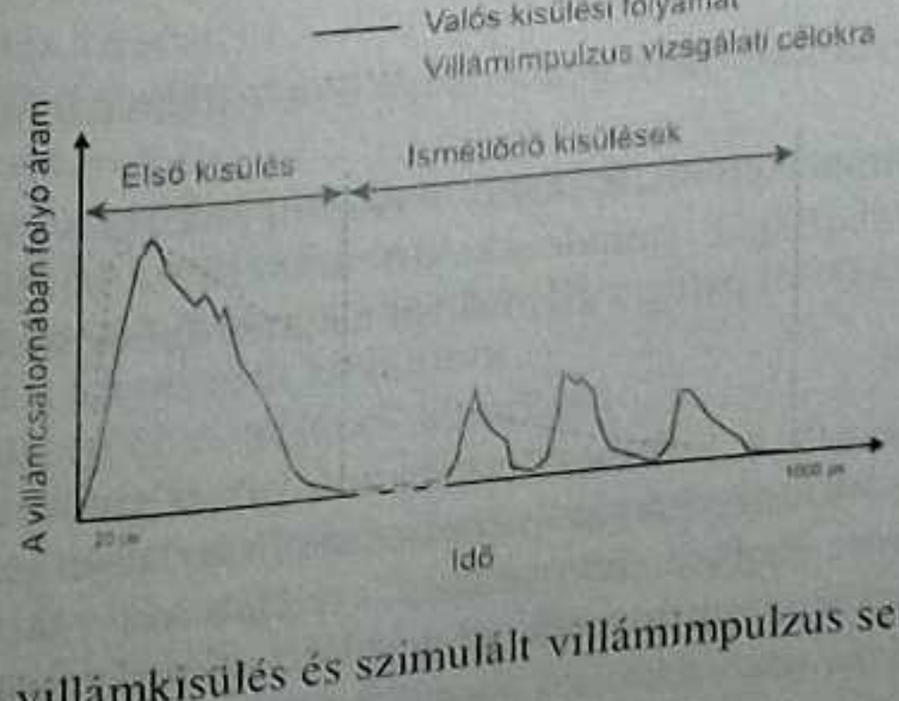
A villámok légkörfizikai folyamatok eredményeként véletlenszerűen bekövetkező villamos kisülések. Gyakoriságukat, jellemző paramétereiket mérések és megfigyelések révén statisztikai módszerekkel dolgozzuk fel annak érdekében, hogy meghatározhassuk, hogy egy-egy adott helyen mekkora valószínűséggel következik be villámcsapás, és az várhatóan milyen fizikai paraméterekkel jellemezhető. A villámok tanulmányozását és a hatásaik elleni védekezést az motiválja, hogy a villámkisülés közvetlenül és/vagy közvetve jelentős károkat, veszteségeket esetleg személyi sérülést képes okozni. A villámvédelmi intézkedések célja, hogy csökkentsék az építményekben bekövetkező sérülések, veszteségek nagyságát, azaz villámvédelmi szempontból biztonságossá tegyék az építményeket.

Az épített környezet biztonságának elvárt szintjét társadalmi normák és ezeket tükröző jogszabályok határozzák meg. Azt, hogy ennek az elvárásnak a részeként milyen eljárással kell a villámvédelmi biztonság értékét konkrét építmény esetében meghatározni, és hogy milyen intézkedésekkel lehet a biztonságot szükség esetén növelni, szabványok írják le. Hangsúlyozni kell, hogy a szokásosan megvalósított villámvédelmi berendezések esetében a biztonság soha nem tökéletes, azaz valamekkora kockázata mindig van annak, hogy villámok hatására valamilyen sérülés, veszteség következik be. A jogszabályok és a szabványok szerepe az, hogy egyensúlyba hozzák a biztonság növelése irányába ható társadalmi elvárásokat a műszaki-gazdasági lehetőségekkel a technika mindenkori szinvonalának figyelembevételével.

A villámvédelmi biztonságra vonatkozó előírásokat jogszabály (jelenleg az Országos Tűzvédelmi Szabályzat), a biztonság meghatározásának módszerét és a védelmi intézkedéseket pedig az MSZ EN 62305 szabvány tartalmazza. A villámvédelem létesítésének bemutatása ezek alapján történik.

10.3.1.2. A villámok keletkezése és fizikai jellemzőik

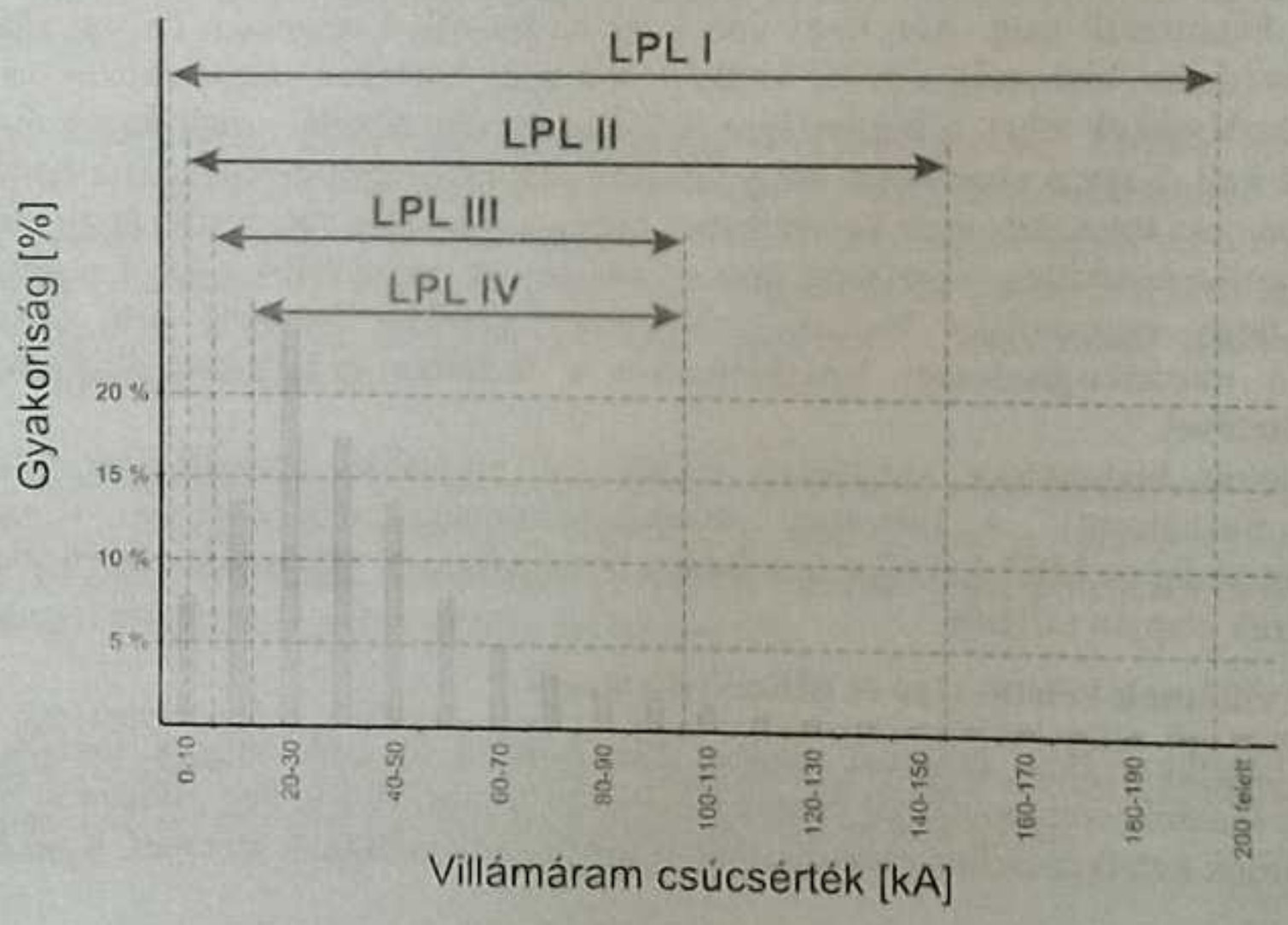
A villámok keletkezésével, fajtáival, fizikai jellemzőikkel itt csak annyira foglalkozunk, amennyire az témánk szempontjából elengedhetetlenül fontos. A jelenleg elfogadott elmélet szerint a villámok keletkezésében elektrosztatikai folyamatok játszanak szerepet. Amikor



10.3.-1. ábra. Valós villámkisülés és szimulált villámimpulzus sematikus bemutatása

meleg és nedves légtömegekben a domborzat hatására, vagy a felszín egyenlőtlen melegedése következtében, vagy hidegfront betörés hatására erőteljes felfelé áramlás alakul ki. A felfelé áramló légtömeg hirtelen lehűl, a nedvesség felhőt alkotva vízcseppek vagy jégkristályok formájában kicsapódik. A különböző méretű, és tömegű vízcseppek, és jégkristályok különböző sebességgel felfelé mozognak, elektrosztatikai folyamatok következtében feltöltődnek, és a folyamat hatására a felhő egyes részei pozitív, míg más részei negatív töltésűek lesznek. A felhő töltésmegosztó hatására a föld felszínén is töltés halmozódik fel. Ha a folyamat eredményeként kialakuló villamos térerősség meghaladja a levegő villamos szilárdságát, bekövetkezik a villámkisülés. A kisülés időben több részre osztható (10.3.-1. ábra). A villámokat a kisülés iránya és a hordozott töltések szerint csoportosíthatjuk. Tárgyunk szempontjából a felhő-föld, és a felhő-felhő csoportosításnak van jelentősége.

A villámok fizikai jellemzőinek ismerete nélkülözhetetlen a villámvédelmi intézkedések meghatározáshoz, megfelelő méretezéséhez. A védelmi intézkedések hatékonysága azzal van összefüggésben, hogy az egyes paraméterek, különösen a villámáram csúcsértéke (10.3.-2. ábra) mekkora, azaz milyen tartományba eső értékként kerül meghatározásra. A villámvédelmi szabvány négy ilyen paraméter-tartományt (10.-11. táblázat), definiál, amelynek négy ún. **villámvédelmi szint** (LPL – lighting protection level) felel meg. A nagyobb hatékonyságú LPL I-től a legkisebb hatékonyságú LPL IV-ig.



10.3.-1. ábra. A villámáram csúcsértének gyakorisága és a villámvédelmi szintek kapcsolata

A paraméter-tartomány minimális értékeiből lehet levezetni például a villámvédelmi felfogók elrendezésének jellemző távolságát (mindenekelőtt a később bemutatott gördülőgömb-sugarakat), a maximális értékekből pedig villámhárító alkatrészeinek méretkövetelményét.

10.3.1.3. A villám hatásai

A villám által okozott hatások a villámcsatornában folyó jelentős nagyságú villámáram következményei. Ezek a hatások megnyilvánulhatnak tüz keletkezésében, mechanikai rombolásban és villamos vagy elektronikus rendszerek tartós vagy időleges meghibásodásában, attól függően, hogy a villámcsapás közvetlenül éri az építményt, azaz

A villámvédelmi szintekhez rendelt fontosabb villámparaméterek 10.-11. táblázat

Villám-paraméter	Jelölés	Mértékegység	LPL			
			I	II	III	IV
Villámáram max. érték	I	kA	200	150	100	100
Villámáram min. érték	I	kA	3	5	10	16
Első kisülés töltése	Q_{short}	C	100	75	50	50
Fajlagos energia	W/R	J/Ω	10	5,6	2,5	2,5

talppontja az építményen van, vagy a becsapás csupán az építmény szűkebb-tágabb környezetében következik be. Szólni kell a villámok élettani hatásairól is. A villámáram az élő szervezetekben fizikai károsodást okoz, aminek következménye akár az élet elvesztése is lehet. Emiatt a villámvédelmi kockázatelemzés során azt is vizsgálni kell, hogy az építményben, illetve annak közvetlen környezetében tartózkodókat érheti-e közvetlen villámcsapás, vagy villámáram hatására bekövetkező áramütés. Amikor tehát építmények villámvédelméről beszélünk, ebbe beleértjük az építményben tartózkodó személyek vagy haszonállatok védelmét is.

10.3.2. A villámvédelmi kockázatelemzés

10.3.2.1. A kockázatelemzés alapvető összefüggései

A kockázatelemzés a villámvédelmi biztonság meghatározására szolgáló eljárás. A kockázatelemzés célja, hogy egységesített eljárással meg lehessen határozni a villámok hatására egy-egy építményben bekövetkező veszteségek egy évre vetített kockázatát, ezáltal meg lehessen ítélni, hogy az építmény a társadalmi normák szerint biztonságosnak tekinthető-e, illetve milyen (villámvédelmi) intézkedésekkel tehető adott mértékig biztonságossá. Az eljárás ismertetését megelőzően át kell tekinteni, hogy a veszteség milyen formái, azaz milyen veszteségtípusok léteznek, és azok milyen folyamat következtében állhatnak elő. A lényeges veszteségtípusok az alábbiak:

L1 – Emberi élet elvesztése
L2 – Közszolgáltatás kiesése
L3 – Kulturális örökség elvesztése
L4 – Gazdasági veszteség

Minden veszteségtípushoz egy kockázattípus tartozik, amely a veszteség egy éven belüli bekövetkezésének valószínűségével arányos:

R1 – Emberi élet elvesztésének kockázata
R2 – Közszolgáltatás kiesésének kockázata
R3 – Kulturális örökség elvesztésének kockázata
R4 – Gazdasági veszteség kockázata

Egy-egy konkrét építmény esetében általában nem jelenik meg mind a négy veszteség-, illetve kockázattípus egyszerre. Így pl.: az L3 veszteség csak azoknál az építményeknél fordulhat elő, amely építmények a kulturális örökség körébe tartoznak, következésképp R3 is csak ezekre értelmezhető. A kockázat kiszámításának természetesen csak akkor van értelme, ha

adott, hogy mekkora a még elfogadható kockázat. Ezeket az értékeket az R1-R3 kockázatokra a villámvédelmi szabvány határozza meg:

$R1_T = 10^{-5}$
$R2_T = 10^{-3}$
$R3_T = 10^{-3}$

(A szabvány által megadott értékeket jogszabály felülírhatja.) R4-re nincs határérték megadva, a társadalmi szempontból fontos kockázatokat R1-R3 képviseli. Az R4 kockázat figyelembevétele ott indokolt, ahol az építményre kiszámolt R1-R3 kockázattípusoknak megfelelő kockázat az elfogadható mértékűnél kisebb, ezért a villámvédelmi intézkedéseket csak mint a gazdaságosságot szolgáló intézkedéseket kell megfontolni.

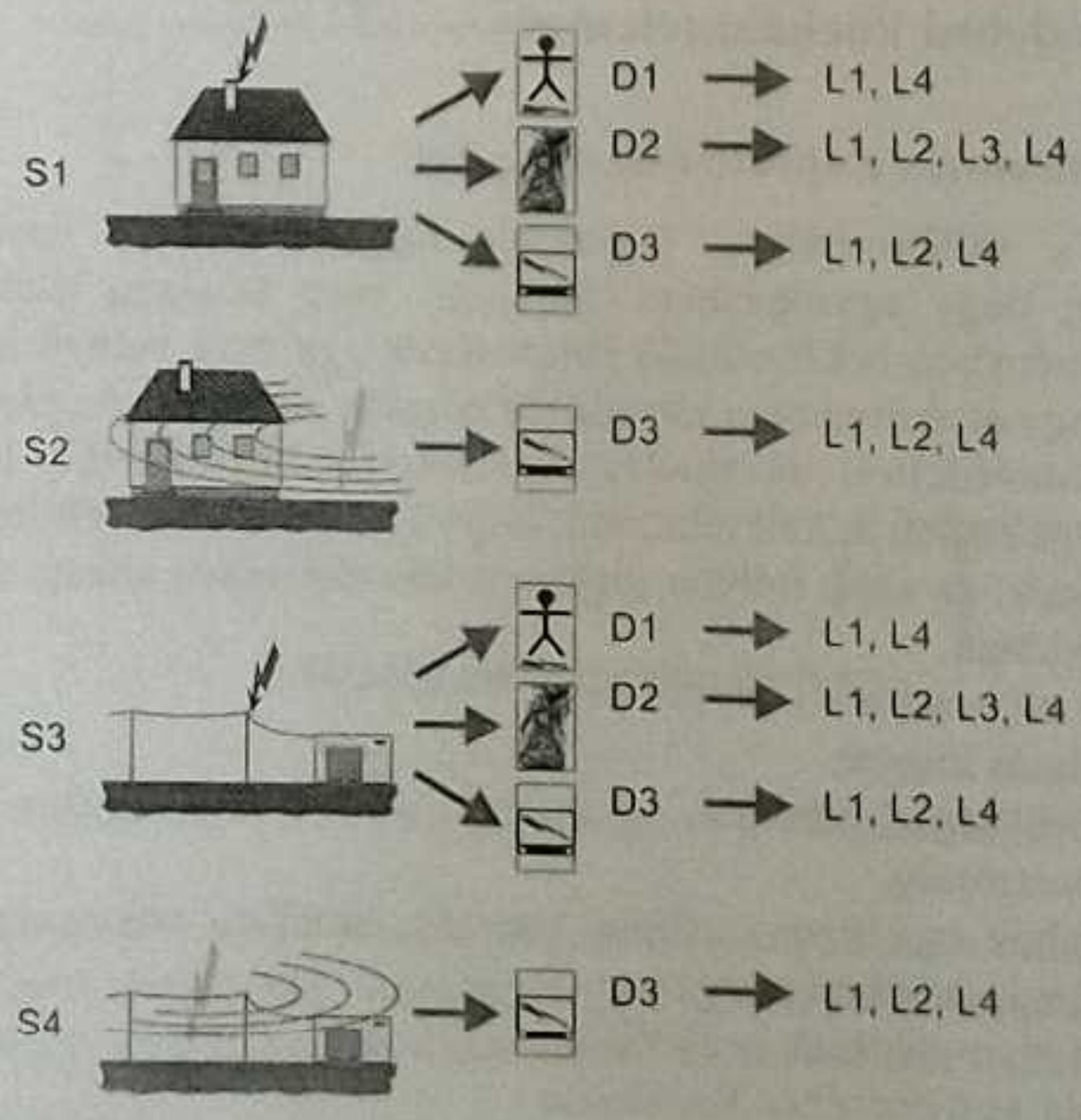
A kockázatelemzés modellje arra épül, hogy az L1-L4 típusokhoz tartozó veszteségek a villámok közvetlen hatásaként megjelenő fizikai károsodások áttételes következményeként jelennek meg. A lehetséges fizikai károsodások az alábbi módon csoportosíthatóak:

D1 – Emberek (vagy haszonállatok) sérülése, halála áramütés következtében
D2 – Tűz, vagy mechanikai sérülés
D3 – Villamos és elektronikus rendszerek meghibásodása

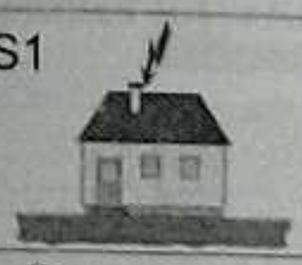
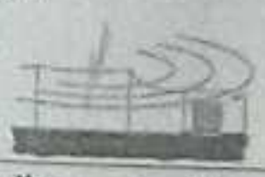
A károsodások forrásai az alábbi villámok lehetnek:

S1 – Az építményt közvetlenül érő villám
S2 – Az építményhez közeli villám
S3 – Az építményhez csatlakozó vezetőképes hálózatot közvetlenül érő villám
S4 – Az építményhez csatlakozó vezetőképes hálózathoz közeli villám

A különböző csoportba tartozó villámok és a hatásukra bekövetkező károsodások, illetve veszteségek közötti elvi kapcsolatot a 10.3.-3.ábra mutatja.



10.3.-3.ábra. A villámok és a hatásukra bekövetkező károsodások, illetve veszteségek közötti elvi kapcsolat

	A kockázat forrásai			
	S1 	S2	S3	S4 
Kockázat típusa	**Összetevők**	**Összetevők**	**Összetevők**	**Összetevők**
R1 - emberi élet elvesztése	$R_A + R_B + R_C$	$+ R_M$	$+ R_U + R_V + R_W$	$+ R_Z$
R2 - közszolgáltatás kiesése	$R_B + R_C$	$+ R_M$	$+ R_V + R_W$	$+ R_Z$
R3 - kulturális örökség elvesztése	R_B		$+ R_V$	
R4 - gazdasági érték elvesztése	$R_A + R_B + R_C$	$+ R_M$	$+ R_U + R_V + R_W$	$+ R_Z$

10.3.-4. ábra. A kockázattípusok felbontása kockázati összetevőkre

Az, hogy a villámcsapás hatására a közvetlen károsodás bekövetkezik-e, mértéke mekkora lesz, és mekkora veszteséghez vezet, nagyon sok tényező függvénye. Ezek között természetesen megjelennek az építmény geometriai paraméterei, rendeltetése, kialakítási jellemzői (beleértve ezekbe az alkalmazott villámvédelmi intézkedéseket is). E tényezők változása kisebb-nagyobb mértékben módosítja a villám hatására bekövetkező veszteségek nagyságát, gyakoriságát. A kockázatelemzés gerince olyan eljárás, amellyel az építmény (számszerűsített) jellemzői alapján a villámvédelmi kockázat is számszerű formában fejezhető ki.

10.3.2.2. Kockázati összetevők

Az R1...R4 kockázatok számításához a 10.3.-3. ábrán bemutatott, a villámok és a veszteségek között fennálló kapcsolatot át kell csoportosítani annak figyelembevételével, hogy a veszteségtípusokhoz a megfelelő kockázattípusokat rendeljük, amelyet a 10.3.-4. ábra mutat. Az $R_A...R_Z$ úgynevezett kockázati összetevők jelentősége, hogy a kockázatelemzés folyamatában az építményjellemzők ismeretében ezek számszerűsíthetők, azaz kiszámolhatóak. A számítás a (10.1) összefüggéssel lehetséges:

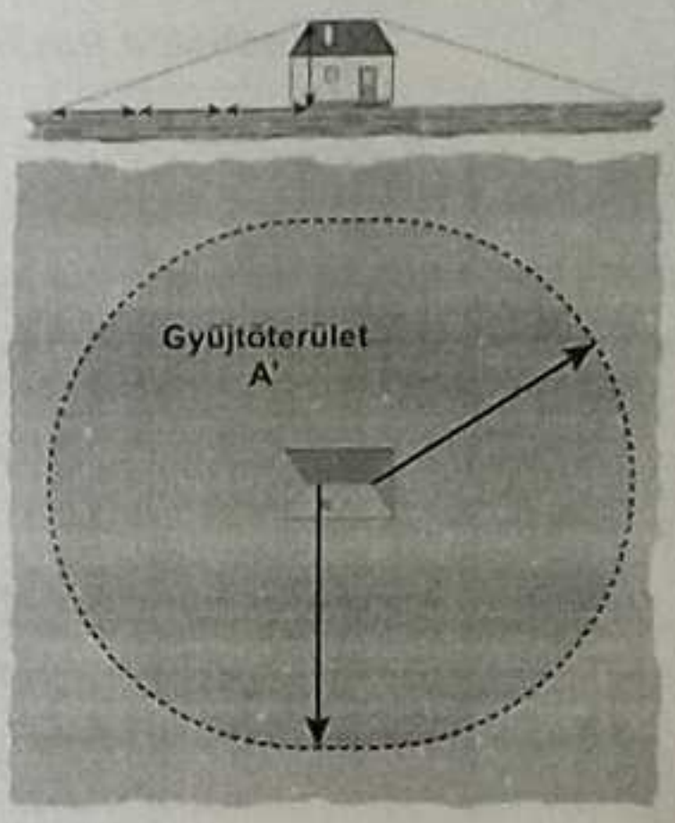
$$R=N*P*L \tag{10.1}$$

ahol

R egy-egy kockázati összetevő
N az ún. veszélyes események száma
P valószínűségi tényező
L veszteségi tényező.

N értéke megmutatja, hogy mekkora a kockázati összetevőhöz tartozó veszélyes események (az S1, S2, S3 vagy S4 csoportba tartozó villámok) egy éven belüli száma. Értéke az A^* gyűjtőterület és az építmény helyére vonatkozó N^* villámsűrűség szorzataként számolható a (10.2) képlettel.

$$N=A^**N^* \tag{10.2}$$



10.3.-5. ábra. Gyűjtőterület meghatározása geometriai módszerrel

A' az építmény geometriai adataiból analitikus, vagy geometriai módszerrel származtatható (10.3.-5. ábra). N' villámfigyelő rendszerek adataiból vagy – a szabvány által ismertetett – ún. izokeraunikus térképből határozható meg.

A P valószínűségi tényező azt mutatja, hogy egy-egy veszélyes esemény (pl. közvetlen villámcsapás) hatására mekkora valószínűséggel következik be károsodás. Értékét az építmény kialakításának jellemzői befolyásolják, meghatározása a villámvédelmi szabvány részét képező táblázatok alapján lehetséges.

Az L veszteségi tényező (amelyet nem szabad összetéveszteni az L1-L4 veszteségtípusokkal) az egy-egy veszélyes esemény hatására várhatóan bekövetkező veszteség nagyságát tükrözi, és az építmény rendeltetésével, tűzvédelmi paramétereivel áll szoros kapcsolatban. Értékét több, a szabvány táblázataiból kiválasztott adat szorzataként kell előállítani.

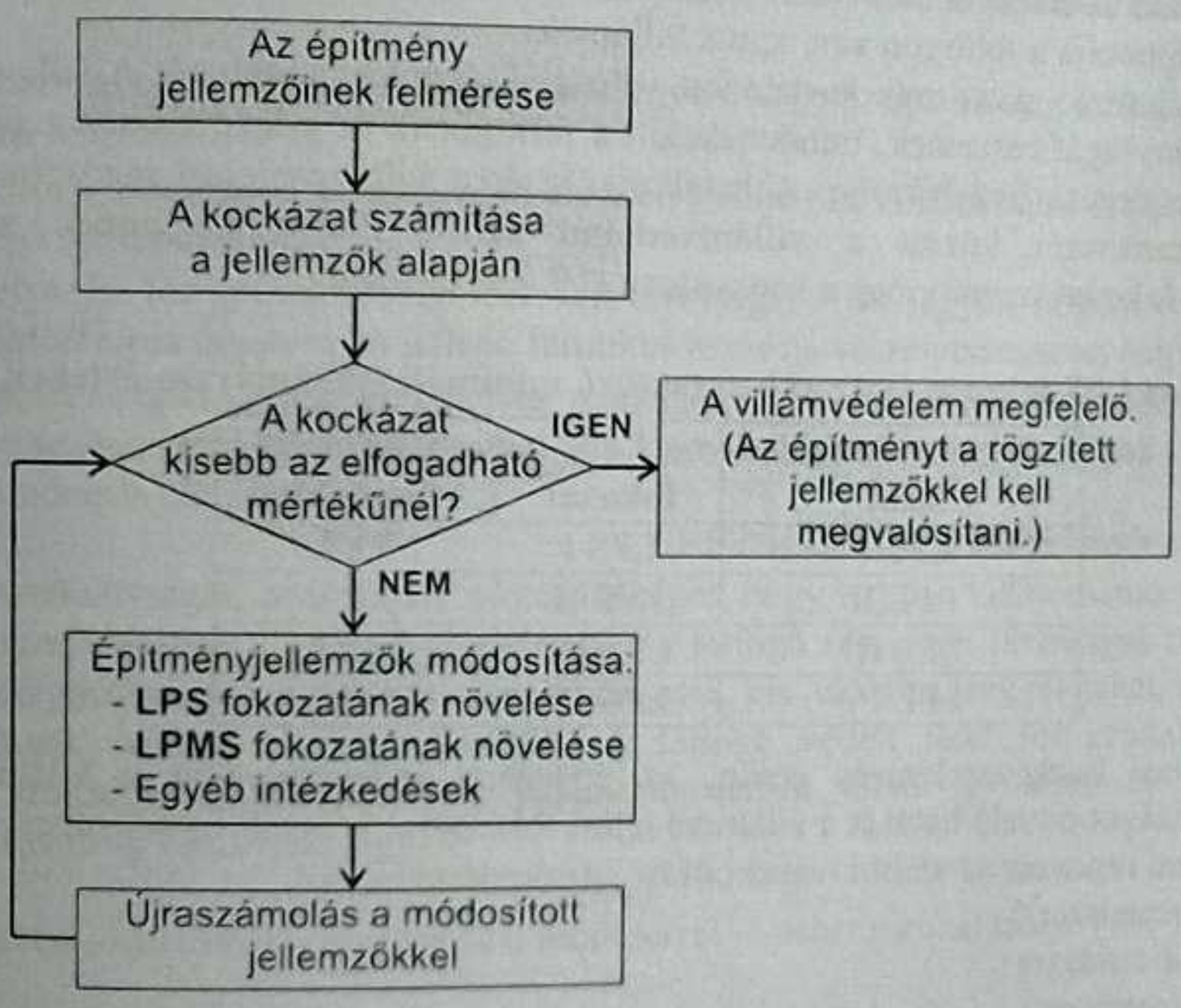
10.3.2.3. Építmények övezetekre bontása

Az építmények a kockázati összetevők számításához szükséges jellemzők szempontjából nem tekinthetők homogénnek. Az állítás alátámasztásához vegyük példaként egy kórház épületét, amelynek egyik felében intenzív részleg, a másikban pedig járóbeteg-ellátás van kialakítva. Könnyű belátni, hogy az épületet érő villámcsapás a benntartózkodókra nézve eltérő nagyságú kockázatot jelent attól függően, hogy az épület egyik vagy másik részét használják „rendeltetésszerűen". Az egyes személyekre nézve a kockázat különbsége nyilvánvalóan abból ered, hogy milyen annak a térrésznek a fizikai kialakítása, amely (a szó szoros és átvitt értelmében) körbeveszi őket. Azokat a térrészeket, amelyekben a kockázat a benntartózkodókra nézve homogén, övezetnek nevezzük.

Tekintve, hogy (a veszélyes érintési- és lépésfeszültség kialakulásának lehetősége miatt) azoknak a védelmét is biztosítani kell, akik az építmény 3m sugarú környezetében tartózkodnak, és hogy – különösen épületek esetében – az építményen kívül, illetve belül tartózkodókat az előbb bemutatotthoz hasonlóan eltérő környezet veszi körül, az építmények általában legalább két (egy külső és egy belső) övezetre bonthatóak. Az egyes övezetekre a kockázati összetevőket külön-külön kell kiszámolni és összegezni. Az építmény eredő kockázatát az övezetekre kiszámolt érték, az övezetekben veszélyeztetett személyek számával súlyozott átlaga adja.

Egy építmény több külső és belső övezetre bontása nem szükségszerű, legfeljebb célszerű, mert az övezetre bontás a védelmi intézkedések optimalizálását eredményezheti.

10.3.2.4. A kockázatelemzés folyamata és eredménye



10.3.-6. ábra. A kockázatelemzés folyamata

A kockázatelemzés folyamatát a 10.3.-6. ábra mutatja. Első lépésben össze kell gyűjteni a villámvédelmi kockázatelemzés bemenő paramétereit, az építmény és a csatlakozó hálózatok adatait, jellemzőit. Második lépésben meg kell határozni, hogy a kockázatelemzés tárgyát képező építmény esetében mely lényeges veszteségtípusokkal kell számolni, majd a lényeges veszteségtípusokhoz tartozó kockázattípusok értékét kell az építmény kiindulási adataival kiszámolni. A kiszámított kockázatot (vagy kockázatokat) össze kell hasonlítani az elfogadható mértékű kockázattal, és ha nagyobb annál, akkor nagyobb hatékonyságú villámvédelmi intézkedések figyelembevételével újra kell számolni. A villámvédelmi kockázatot (vagyis a kockázattípusok értékét) esetenként – még azonos övezetekre bontás mellett is – a villámvédelmi intézkedések különböző kombinációjával lehet csökkenteni. Egy építményhez több helyes villámvédelmi kockázatelemzés tartozhat, amelyek esetleg különböző védelmi intézkedésekkel eredményeznek az elfogadható mértékűnél kisebb kockázatot. Ezek közül bármely kockázatelemzés kiválasztható. Az építményt a kiválasztott kockázatelemzésben foglalt adatokkal – köztük villámvédelmi intézkedésekkel – kell megvalósítani.

A villámvédelmi kockázatelemzés eredménye matematikai értelemben egy szám (az építmény kockázata), amelynek kisebbnek kell lennie, mint az elfogadható mértékű kockázat. Villámvédelem szempontjából azonban azokat a villámvédelmi intézkedéseket kell a kockázatelemzés eredményének tekinteni, amelyekkel az építmény kockázatelemzése az elfogadható mértékűnél kisebb kockázatot adja.

10.3.3. A villámvédelmi rendszer (LPS)

A **villámvédelmi rendszer** (Lightning Protection System) a villámcsapások által okozott D1 és D2 károsodások csökkentésére szolgáló eszközök és intézkedések összessége. (A szakzsargonban az LPS helyett a villámhárító, vagy a villámvédelmi berendezés megnevezést is használjuk, azonos értelemben.) Az LPS abban az esetben képes feladatát teljesíteni, ha a villámcsapás talppontja a felfogón van, ami a villámok
véletlenszerű jellemzői miatt csak korlátozott valószínűséggel biztosítható. A villámvédelmi rendszer hatékonyságát részeinek, mindenekelőtt a felfogónak és a levezetőnek a geometriai kialakítása, elrendezése befolyásolja. A hatékonyság és a villámvédelmi rendszer jellemző geometriai paraméterei között a **villámvédelmi szint**, illetve az ennek megfelelő **villámvédelmi fokozat** teremti meg a kapcsolatot (10.-12. táblázat).

10.-12. táblázat

Az LPL szint, az LPS fokozat és az ahhoz tartozó minimális villámáram-értékek

Villámvédelmi szint	LPS fokozat	Minimális villámáram
LPL I	LPS I	3 kA
LPL II	LPS II	5 kA
LPL III	LPS III	10 kA
LPL IV	LPS IV	16 kA

A villámvédelmi kockázatelemzés során, az építmény jellemzőjeként a villámvédelmi rendszer biztonságot növelő hatását a villámvédelmi fokozattal vesszük figyelembe.
A villámvédelmi rendszer az alábbi részekből és intézkedésekből áll:

- Felfogó(-rendszer);
- Levezető(-rendszer);
- Földelő(-rendszer);
- Veszélyes megközelítés elleni védekezés;
- Potenciálkiegyenlítés;
- Veszélyes érintési és lépésfeszültség elleni védekezés.

A villámvédelmi rendszer **külső villámvédelem**re és **belső villámvédelem**re is bontható.
A külső villámvédelemhez:

- a felfogó,
- a levezető,
- a földelő,
- a veszélyes érintési és lépésfeszültség elleni védekezés,

a belső villámvédelemhez pedig a:

- veszélyes megközelítés elleni védekezés, és
- a potenciálkiegyenlítés

tartozik.

A villámvédelmi rendszer kialakítása szerint lehet elszigeteletlen vagy elszigetelt. **Elszigeteletlen villámvédelmi rendszer** esetén a felfogót érő villámcsapás hatására a villámáram útja részben vagy egészben az építmény belső részein át a földbe vezet. **Elszigetelt villámvédelmi rendszer** esetén a villámáram nem jelenik meg a védendő építmény belső részein (amely pl. a villamos és elektronikus rendszerek védelme szempontjából előnyös).

10.3.3.1. A felfogó

A felfogót úgy kell kialakítani, hogy az S1 villámcsapások talppontja lehetőleg a felfogón legyen, ezáltal megóvja az építményt a villámcsapás talppontján megjelenő villamos és termikus hatásoktól és az ezek által okozott károsodásoktól. Ez a célkitűzés a felfogóra vonatkozó követelményrendszerben kerül kifejtésre, melynek legfontosabbak elemei az alábbiak:

- Geometriai elrendezése által biztosított legyen, hogy az építmény a felfogó által védett térben helyezkedjen el.
- A felfogó szerkezeti kialakításából eredően viselje el a villámcsapás talppontján fellépő igénybevételt.
- Elhelyezése (az építmény részeitől mért távolsága) olyan legyen, hogy a villámcsatorna talppontján fellépő termikus hatás ne veszélyeztesse az építményt.
- Azoknál az építményeknél, amelyek tetején a rendeltetésszerű használatból következően személyek jelenlétével kell számolni, biztosítsa a személyek közvetlen villámcsapás elleni védelmét.

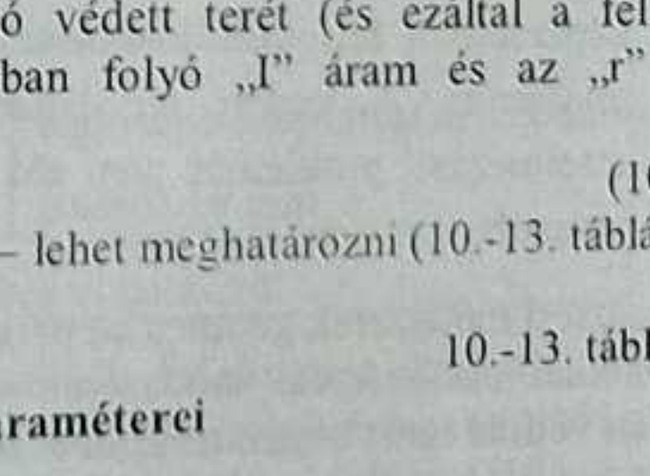
A felfogó hatékonyságát, azaz annak valószínűségét, hogy egy S1 villámcsapás talppontja a felfogón lesz-e, döntően a felfogó elrendezése (a felfogó részeinek távolsága) befolyásolja. Ezzel összefüggésben azt a térrészt, amelyben csak kis valószínűséggel lehet talppontja a villámcsapásnak, **védett térnek** nevezzük. A felfogó védett terét (és ezáltal a felfogó elemeinek szükséges elrendezését) a villámcsatornában folyó „I" áram és az „r" ún. orientációs távolság között megfigyelt

$$r = 10 \times I^{0,65} \qquad (10.3)$$

kapcsolat révén — háromféle szerkesztési módszerrel — lehet meghatározni (10.-13. táblázat)

10.-13. táblázat

Szerkesztési módszerek paraméterei

Villámvédelmi fokozat	Gördülőgömb -sugár r [m]	Hálóosztás W [m]	Védőszög α [°]
LPS I	20	5 × 5	
LPS II	30	10 × 10	
LPS III	45	15 × 15	
LPS IV	60	20 × 20	

1. **Gördülőgömbös szerkesztés**: Az eljárás lényege, hogy a védendő épületet oly módon látjuk el felfogóval, hogy a villámvédelmi fokozattól függő sugarú képzeletbeli gömböt ne lehessen felülről — a felfogó érintése nélkül — a védett épülethez érinteni. (A gördülőgömb sugara megegyezik a villámvédelmi fokozathoz

tartozó minimális villámáram-értékhez rendelt orientációs távolsággal.) A védett tér a felfogón képzeletben végiggördített gömbök felülete és talajfelszín által határolt tér. A védett tér meghatározásának legegzaktabb módszere a gördülőgömbös szerkesztés, ezért minden esetben alkalmazható, sőt egyes esetekben (pl. a tetőn tartózkodó személyek védelmének érdekében) csak ez a módszer használható.

2. **Védőhálós szerkesztés**: Felfogóvezetőkből kialakított felfogóháló esetén alkalmazható, elsősorban sík felületek védelmére. Lényege, hogy a felfogóvezetőkből olyan hálót alakítunk ki, melynek hálóosztása nem nagyobb a villámvédelmi fokozat függvényében megadott értékeknél. A felfogóháló alkalmazásakor a védett tér határai egzakt módon nem jelölhetőek ki. Általában védett térnek tekinthető a tetőn elhelyezett háló síkja alatti tér a hétköznapi értelemben. A felfogóháló széleinél a védett tér határainak kijelölése a gördülőgömbös vagy védőszöges módszer segítségével lehetséges.
3. **Védőszöges szerkesztés**: Egyszerűbb esetekben alkalmazható a védett tér meghatározására. A védett tér határait egy síkra merőleges felfogórúd esetén a felfogórúd csúcsán át adott szöggel szerkesztett kúppalást és a vízszintes sík képezi. Felfogóvezető esetén úgy kell tekinteni, mintha a vezető minden egyes pontja egy képzeletbeli felfogórúdnak lenne a vége, és a szerkesztést ennek megfelelően kell elvégezni. A védett tér határainak kijelölése védőszöges módszerrel számos értelmezési problémát vet föl, ezért alkalmazása csak egyszerű szituációkban javasolt.

A szerkesztési módszerek geometriai paraméterei a 10.-13. táblázatban találhatók.
A különböző szerkesztési módszerek egymással kombinálhatóak, azaz a felfogó egyes **részeinek védett terét eltérő módon is meg lehet határozni.**

Mielőtt áttekintenénk a felfogóra vonatkozó további követelményeket, meg kell jegyezni, hogy kísérletek folynak speciális kialakítású felfogók alkalmazására, amelyeknél a védett tér nem az előbb említett szerkesztési eljárásokkal határozható meg.
Az ún. Early Streamer Emission (ESE) felfogók — például a villámcsapások kialakulását megelőző természetes térerősség-növekedést kihasználva — növelik a felfogó hatásfokát. Egyelőre azonban nem áll rendelkezésre olyan tapasztalat, amely bizonyítaná, hogy az ESE felfogók jelentősen hatékonyabbak lennének, mint az egyszerű felfogórudak. Ezért használatuk nem tiltott, de a szabvány engedményeket sem tesz alkalmazásukra vonatkozóan, azaz a védett terüket a bemutatott szerkesztési módszerekkel és paraméterekkel kell meghatározni.
A felfogót felfogórudak és –vezetők (esetleg lemezfelületek) alkalmas kombinációja alkothatja, amelyek elhelyezhetőek a védendő építményen, vagy attól függetlenül. Ha a felfogó a védendő építményen van elhelyezve, akkor részeit az építmény kiálló részei, sarkai, élei közelében kell elhelyezni.
A felfogó olyan fémszerkezetek felhasználásával alakítható ki, amelyek keresztmetszete (anyagvastagsága) eleget tesz a 10.-14. táblázat kivonatosan bemutatott adatoknak. **Mesterséges felfogó**nak nevezzük a felfogóként szolgáló fémszerkezeteket, ha kifejezetten villámvédelmi célból létesítették azokat. Az építmény olyan részeit, amelyek eredetileg nem villámvédelmi célt szolgálnak, de alkalmasak arra, **természetes felfogó**nak nevezzük. Lemezfelületek alkalmazása felfogóként lehetséges, de csak természetes felfogóként szokásos.

Felfogók és levezetők legkisebb mérete 10.-14. táblázat

Anyag	Szerkezet	Legkisebb keresztmetszet	Megjegyzések
Réz	Szalag	50 mm^2	legkisebb vastagság 2 mm
	Huzal	50 mm^2	átmérő 8 mm
	Sodrony	50 mm^2	legkisebb huzalátmérő 1,7 mm
	Rúd*	200 mm^2	átmérő 16 mm
Alumínium	Szalag	70 mm^2	legkisebb vastagság 3 mm
	Huzal	50 mm^2	átmérő 8 mm
	Sodrony	50 mm^2	legkisebb huzalátmérő 1,7 mm
	Rúd*	200 mm^2	átmérő 16 mm
Tüzihorganyzott Acél	Szalag	50 mm^2	legkisebb vastagság 2,5 mm
	Huzal	50 mm^2	átmérő 8 mm
	Sodrony	50 mm^2	legkisebb huzalátmérő 1,7 mm
	Rúd*	200 mm^2	átmérő 16 mm
*: Csak felfogórudakra és földelő-csatlakozórudakra vonatkozik			

A felfogót — értve ez alatt a villámvédelmi rendszernek kifejezetten azokat a részeit, amelyek a villámcsapás valószínűsíthető talppontjai lehetnek — az építmény részeitől olyan távolságban kell elhelyezni, hogy a villámcsatorna talppontján keletkező hőhatás (hősugárzás) és a felfogó anyagának megolvadása, szétfröccsenése ne veszélyeztesse az építményt. Ez a távolság (10.-15. táblázat) annak az anyagnak (felületnek) az éghetőségétől függ, amely felett a felfogó elhelyezésre kerül. Ha a felfogót lemezfelület képezi, akkor figyelembe kell venni, hogy a fémlemezt a villámcsapás csak bizonyos – anyagminőségtől függő – vastagságig képes átlyukasztani, felhevíteni, ezért lemezfelületek esetében az elhelyezési távolságot másképp kell értelmezni (10.-15. táblázat megjegyzését).

10.-15. táblázat

A felfogó elhelyezési távolságának legkisebb értéke

Tető	Elhelyezési távolság legkisebb értéke
Nem éghető	0 m
Éghető	0,1 m
Gyúlékony (nád, zsindely, szalma)	0,15 m
Megjegyzés: A védendő objektum éghető anyagú részei nem lehetnek közvetlen érintkezésben a felfogó olyan részével és nem helyezkedhetnek el közvetlenül olyan fémborítás alatt, amelyet a villám veszélyes mértékben felhevíthet vagy átlyukaszthat.	

A felfogó — a villámáram lehető legnagyobb mértékű megosztása érdekében — részeit a tetőn össze kell kötni egymással. Ha a felfogó részeit összekötő vezetők a felfogó védett

terében helyezkednek el, akkor a villámvédelmi levezetőkre, ellenkező esetben pedig a felfogóra vonatkozó követelményeknek kell megfelelniük.

Tetőn elhelyezett berendezések védelme

A felfogót úgy kell kialakítani, hogy minden a tetőn elhelyezett berendezés a védett térben legyen. A fémszerkezetű berendezések távolsága a villámvédelmi rendszertől akkora legyen, hogy közöttük másodlagos kisülések bekövetkezése valószínűtlen legyen (ld. biztonsági távolság). Ha a távolság kisebb, mint a biztonsági távolság, akkor gondoskodni kell a fémszerkezet és a villámhárító közötti potenciálkiegyenlítésről. Azoknak a berendezéseknek az esetében, amelyeket az építmény belső részeivel vezetőképes csatlakozás (villamos kábel, fémcső stb.) köt össze, törekedni kell a biztonsági távolság betartására, hogy a berendezés és az villámhárító közötti (közvetlen, vagy túlfeszültség-védelmi eszközön keresztül megvalósított összekötésre) ne legyen szükség.

Személyek közvetlen villámcsapás elleni védelme

Egyes építmények esetében (jellemzően: parkolóházak, tetőkertek) a rendeltetésszerű használatából eredően az építmény tetején emberek jelenlétével kell számolni. Ezeken a felfogót úgy kell kialakítani, hogy a személyek a védett térben legyenek. A védett tér határát gördülőgömbös módszerrel kell meghatározni, magassága a járófelülettől számítva legalább 2,5 m legyen.

10.3.3.2. A levezető

A villámvédelmi levezetőt úgy kell kialakítani, hogy:

- a villámáramot biztonságosan vezesse a felfogótól a földelőhöz,
- biztosítsa a villámáram lehető legnagyobb mértékű megosztását.

A villámáram megosztásának fontosságára külön is fel kell hívni a figyelmet. Ennek az intézkedésnek a célja nem pusztán annyi, hogy csökkenti az egyes áramutakra jutó villámáram nagyságát. A levezetők számának növelésével csökkenthető a villámvédelmi rendszer és az építmény fémrészei közötti ún. másodlagos kisülések bekövetkezésének valószínűsége, szimmetrikus elrendezésükkel pedig az építmény belsejében a villámáram levezetésekor megjelenő (elektro)mágneses tér csúcsértéke. Mindebből következően törekedni kell a levezetőknek az építmény körüli egyenletes, szimmetrikus elrendezésére.
A levezető **mesterséges,** ha kifejezetten a villámáram levezetésének céljából alakították ki, és **természetes,** ha eredetileg más (pl. építészeti vagy technológiai) célra szolgál, de tulajdonságainak köszönhetően alkalmas a villámáram levezetésére is.

A levezetőre vonatkozó követelmények

A levezetőnek a lehető legrövidebbnek és legegyenesebbnek kell lennie. Fémes folytonosságát összekötő elemekkel, hegesztéssel vagy más hasonló módon kell biztosítani. A folytonossággal kapcsolatban külön kell szólni a vasbeton szerkezetek villámvédelmi célra történő felhasználásáról. A betonban elhelyezett, eredetileg statikai célt szolgáló vasalás alkalmazható levezetőként, ha folytonos és keresztmetszete megfelelő. Ha a folytonosság megkérdőjelezhető — ide tartoznak jellemzően azok az esetek, amikor a vasbetonban elhelyezett statikai célú vasalást alkalmazzák levezetőként — a levezető folytonosságát a legfelső és legalsó pontja között méréssel igazolni kell. Ha az ellenállás nagyobb, mint 0,2 Ohm, vagy a mérés nem végezhető el, mesterséges levezetőt kell létesíteni.

10.-16. táblázat

A levezető elhelyezési távolságának legkisebb értéke

Rögzítésre szolgáló épületszerkezet éghetősége	**Elhelyezési távolság legkisebb értéke**
Nem éghető	0 m
Éghető	0,1 m

Megjegyzés 1.: A „nem éghető" kategóriába kell sorolni az A1, A2 és B tűzvédelmi osztályba sorolt anyagokat.

Megjegyzés 2.: Ha a levezető hőmérsékletnövekedésének értéke veszélytelen mértékű, vagy a levezető keresztmetszete nem kisebb, mint 100 mm^2, akkor az elhelyezési távolság éghető anyagú felületek esetén is nullára csökkenthető.

Megjegyzés 3.: Ha az elhelyezési távolság legkisebb értéke 0, akkor a levezető az anyag felületén és az anyagba ágyazva is elhelyezhető

A levezető keresztmetszete teljesítse az MSZ EN 50164-2 szabvány követelményeit (kivonatosan ld. a 10.-14. táblázat). A levezetőt az építmény részeitől olyan távolságban kell elhelyezni, hogy a villámáram levezetésekor keletkező hőhatás ne veszélyeztesse az építményt. Ez a feltétel egyaránt biztosítható távolságtartással (ld. 10.-16. táblázat) és/vagy a levezető keresztmetszetének növelésével, esetleg anyagának megválasztásával (ld. 10.-17. táblázat). Ügyelni kell azonban arra, hogy a levezetőkön kialakított toldási pontokon villámáram (azaz az áramsűrűség lokális változása) szikrázást, hőfejlődést okoz, ezekre a helyekre tehát nem érvényesek a 10.-17. táblázat adatai.

10.-17. táblázat

Kör keresztmetszetű vezetők hőmérsékletnövekedése a maximális (LPL I védelmi szinthez tartozó) villámáram hatására, Celsius-fokban mérve

Kereszt-metszet mm^2	**Anyag**			
	Alumínium	**Acél**	**Réz**	**Rozsdamentes acél***
50	52	211	22	940
100	12	37	5	160

* Nem mágnesezhető

A levezetőt úgy kell kialakítani, hogy a felfogótól a földelőhöz legalább két független áramutat biztosítson. A levezetőket lehetőleg az építmény körül (az építmény körítőfalai mentén vagy azokban) lehetőleg szimmetrikusan, egyenletesen kell elrendezni, a villámvédelmi fokozattól függő távolságban (10.-18. táblázat). Olyan építményeknél, amelyek rövidebb vízszintes irányú kiterjedése is nagyobb, mint a táblázatban szereplő távolságérték négyszerese, építményen belül is kell levezetőket kialakítani.

Bár a levezetőket elsősorban az építmény körül kell elrendezni, ez a követelmény szigorúan csak azokra az esetekre vonatkozik, amikor a levezető csak néhány áramutat képez a felfogótól a föld felé. Olyankor (pl. vasbeton szerkezetekben kialakított levezetők esetében) amikor a villámáram az építmény területén sok részre és többé-kevésbé egyenletesen oszlik meg, az építmény kerülete mentén egyenletes elrendezésre vonatkozó követelmény figyelmen kívül hagyható.

10.-18. táblázat

Levezetők elrendezési távolsága

Villámvédelmi fokozat	Levezetők távolsága [m]
LPS I	10
LPS II	10
LPS III	15
LPS IV	20

10.3.3.3. A földelő

A villámvédelmi földelő feladata, hogy a villámáramot a földbe vezesse anélkül, hogy ez a folyamat veszélyt jelentene az építményre, illetve a benntartózkodókra. (Lényeges megemlíteni, hogy a „benntartózkodók" fogalmába azok a személyek vagy – állattartási rendeltetésű építményeknél – haszonállatok is beletartoznak, akik az építmény környezetében tartózkodnak, ld. még az érintési- és lépésfeszültség elleni védekezésnél). A földelő környezetében a villámáram levezetésekor potenciálnövekedés lép fel, amelynek mértéke a földelőtől távolodva számos paraméter függvényében csökken. Emiatt a felszínen a földelő közelében olyan potenciáleloszlás jöhet létre, amelynek következtében a felszín egymáshoz közeli pontjai között személyekre és állatokra veszélyes feszültség alakulhat ki. Ugyanez a jelenség vezethet nagyobb léptékben az épület – különösen a nagy vízszintes kiterjedésű épület – különböző pontjain földelt fémszerkezeteiben, vezetőképes hálózataiban jelentős és veszélyes mértékű kiegyenlítő áramok megjelenéséhez. Mindezek alapján a villámvédelmi földelőt három szempont figyelembevételével kell kialakítani:

- Legyen alkalmas a villámáram földbe vezetésére a lehető legkisebb potenciálemelkedés mellett.
- Járuljon hozzá a lehető legegyenletesebb potenciáleloszlás kialakulásához az építményen belül.
- A földelő környezetében a felszínen kialakuló potenciáleloszlás ne veszélyeztesse az ott tartózkodó embereket és haszonállatokat.

E célok elérésében nagy a szerepe a földelő geometriájának, nem véletlen tehát, hogy a villámvédelmi szabvány a földelőket alakjuk („elrendezésük") szerint csoportosítja:

„A" típusú (elrendezésű) földelő: Vízszintesen vagy függőlegesen elhelyezett vonalszerű (egyenes) elektróda. Az „A" típusú földelőket (a talajban vagy a felszín felett) össze kell kötni egymással.

„B" típusú (elrendezésű) földelő: Vízszintesen elhelyezett, az építmény alapját körbezáró elektróda. Általánosságban az „A" típusnál hatékonyabban segíti az építményen belüli egyenletes potenciáleloszlás kialakulását.

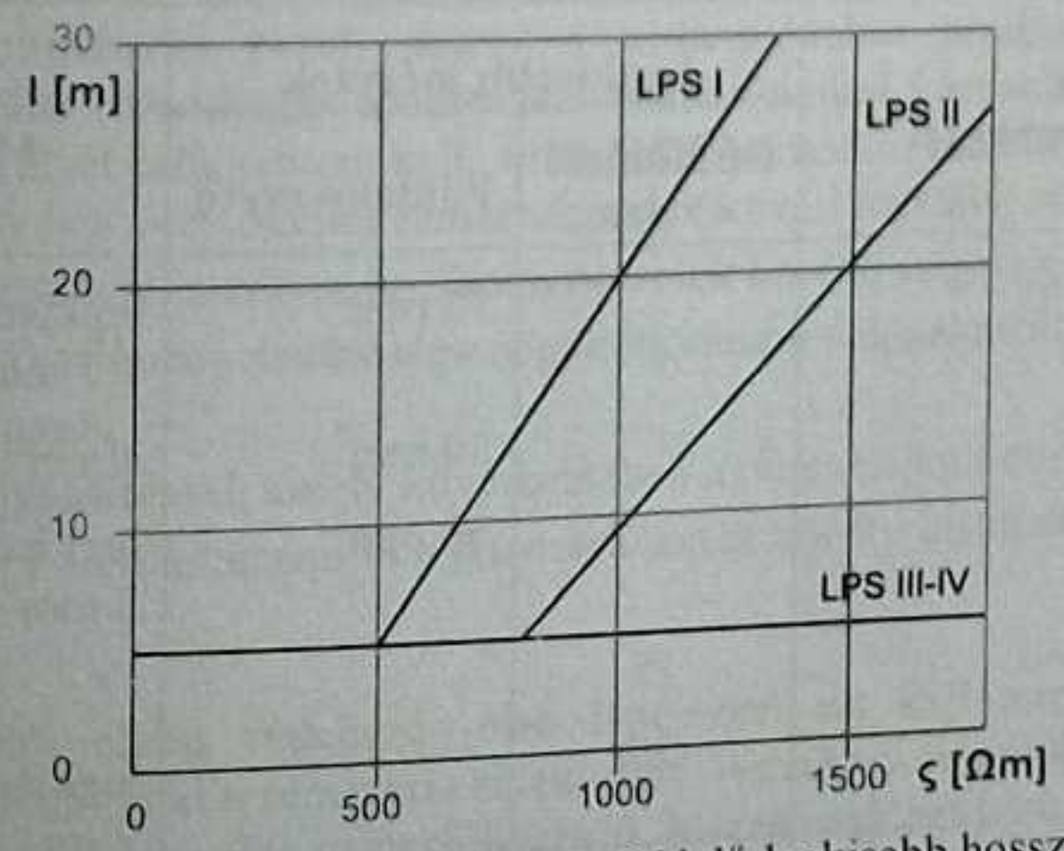
A két földelőtípus egymással kombinálható.
Az „A" és „B" típusú földelők tulajdonságait a villámvédelmi kockázatelemzés is figyelembe veszi, azaz a kockázatelemzés szolgáltathat információt arra nézve, hogy a földelőt mely formában kell létesíteni. Ugyancsak emiatt néhány építménytípusnál – pl. robbanásveszélyes vagy információtechnológiai építményeknél – a szabvány a „B" típusú földelő alkalmazását követeli meg.

A földelők csoportosíthatóak eredetük szerint is: a kifejezetten földelő céljára létesült földelőket **mesterséges**, az eredetileg más célra létesített, de a villámvédelmi földelő szerepének betöltésére is alkalmas földelőket **természetes** földelőknek nevezzük.

A villámvédelmi földelő elláthat más (hibavédelmi, technológiai) célokat is, sőt villámvédelmi szempontból kifejezetten célszerű a közösített földelő alkalmazása. Ha ez nem lehetséges, akkor az építményhez tartozó különböző célú földelőket — a villámvédelmi potenciálkiegyenlítés érdekében — közvetlenül, vagy alkalmas összecsatoló szikraközön keresztül egymással össze kell kötni. Az összekötés független attól, hogy mekkora a köztük lévő távolság.

A földelők méretezése

Az S1 csoportba tartozó villámcsapások általokozott D1 és D2 károsodás elleni védekezés szempontjából a földelő ellenállásának általában nincs jelentős szerepe, ezért a szétterjedési ellenállásra vonatkozóan a villámvédelmi szabvány nem támaszt szigorú követelményt. Ha a földelő ellenállása 10 Ohmnál kisebb, akkor megfelel villámvédelmi földelő céljára, tényleges méretétől függetlenül. Általában azonban (különösen „A" típusú földelők alkalmazásakor) a földelő méretére vonatkozó követelményt kell teljesíteni, amelyet a 10.3.-7. ábrán bemutatott diagram ad meg a villámvédelmi fokozat és a talaj fajlagos ellenállásának függvényében.
A talaj fajlagos ellenállását nem szükségszerűen kell méréssel meghatározni, már csak azért sem, mert az LPS III és IV fokozatok esetében a minimális hosszúság nem függ a talaj fajlagos ellenállásától. A földelő méretezéséhez az esetek többségében elfogadható a talaj anyagának ismeretében a talaj fajlagos ellenállásának becslése is.



10.3.-7. ábra. "A" típusú vízszintes földelő legkisebb hosszúsága

A 10.3.-7. ábráról közvetlenül leolvasható az „A" típusú, vízszintes földelő minimális hosszúsága, míg minden más földelő megfelelőségének értékelése számítást igényel. A különböző földelő-típusokra a számított (vagy egyenértékű) hosszúságot — földelő tényleges méretéből kiindulva — az alábbi közelítő összefüggésekkel lehet meghatározni:

(10.4)

„A" típusú vízszintes földelő: $l_{számított} = l_{tényleges}$ (10.5)

„A" típusú függőleges földelő: $l_{számított} = 2 \times l_{tényleges}$ (10.6)

„B" típusú földelő: $l_{számított} = \sqrt{A}$

(ahol A a földelő által körbezárt terület, m^2-ben)

Több részből álló földelő számított hosszúsága az egyes részek számított hosszúságának összege. Figyelembe kell azonban venni a földelő részeinek kölcsönös hatását is, ezért pl. „A" típusú függőleges földelőrudakból kialakított ún. szondacsoport esetén csak akkor alkalmazható ez az összegzés, ha a földelőrudak közötti távolság nagyobb, mint hosszúságuk kétszerese.

A földelő anyagára és keresztmetszetére vonatkozó követelmények

A földelőként használt vezetők és egyéb szerkezetek minimális méreteit az MSZ EN 50164-2 szabvány (kivonatosan ld. a 10.-19. táblázatban) ismerteti. A földelővel kapcsolatban ki kell emelni az elektrokémiai korrózió veszélyét (bővebben ld. a **korrózióvédelemnél**), amely meghatározza a földelő egyes részeinek szerkezeti kialakítását és az anyagválasztást.

10.3.3.4. Mérési hely

A villámvédelmi rendszer akkor képes feladatának ellátására, ha részei folytonosak és nem szenvedtek el olyan mértékű korróziót, ami feladatuk ellátását akadályozná. A villámvédelmi rendszer látható részeinek, azaz a felfogónak és a levezetőnek az állapotáról a szemrevételezés általában megbízható információval szolgál. A földelő állapotára azonban csak a földelési ellenállás értékének változásából lehet következtetni. A mérési hely arra szolgál, hogy ezt a mérést el lehessen végezni, és a mérés helye utólag is azonosítható legyen.

10.-19. táblázat

A földelő legkisebb mérete

Anyag	Szerkezet	Legkisebb méretek		Megjegyzések
		Rúdföldelő Ø mm	Földelővezető	
Réz*	Sodrony		50 mm^2	legkisebb huzalátmérő 1,7 mm
	Huzal		50 mm^2	átmérő 8 mm
	Szalag		50 mm^2	legkisebb vastagság 2 mm
	Rúd	15		
	Cső	20		legkisebb falvastagság 2 mm
Acél	Horganyzott huzal	16	Ø 10 mm	
	Horganyzott cső	25		legkisebb falvastagság 2 mm
	Horganyzott idomvas	50 × 50 × 3		
Rozsda-mentes acél	Rúd	15	Ø 10 mm	
	Szalag		100 mm^2	legkisebb vastagság 2 mm

A mérési hely kialakítható bontható és nem bontható formában. Az előbbit vizsgáló összekötőnek, utóbbit vizsgáló csatlakozónak nevezzük. A két megoldás a földelő ellenállásának mérése szempontjából nem teljesen egyenértékű, mert a vizsgáló összekötő — a földelő kialakításától függően — lehetőséget biztosít a földelő egyes részeinek (pl. egyes földelőszondák ellenállásának) mérésére, miközben a vizsgáló csatlakozó csak az eredő ellenállás mérését teszi lehetővé. Ezért lehetőleg vizsgáló összekötőt, vagyis bontható mérési helyeket kell kialakítani. Ha azonban természetes levezető természetes földelőhöz csatlakozik, gyakran értelmetlen a bonthatóságot megkövetelni, ilyenkor tehát a vizsgáló csatlakozó létesítése is megfelelő.

Robbanásveszélyes környezetben, ahol a folytonosság szigorú értelemben vett követelményének eleget kell tenni, a mérési hely csak vizsgáló csatlakozó formájában valósítható meg.

A mérési helyet a levezető és a földelő csatlakozásánál a levezető alsó szakaszán kell kialakítani, a kezelhetőség érdekében lehetőleg 0,5-1,5 m közötti magasságban. Lehet süllyesztett, vagy falon kívüli, sőt a járófelületbe süllyesztett kivitelű is. Szerkezeti kialakítására csak a vizsgáló összekötők esetében van lényegi követelmény: E célra alkalmas minden olyan (az MSZ EN 50164-1 szabvány szerint) 100 kA villámáram-szilárdsággal rendelkező összekötő, amely (a mérés elvégzéséhez) csak szerszám segítségével bontható.

10.3.3.5. Másodlagos kisülések elleni védekezés

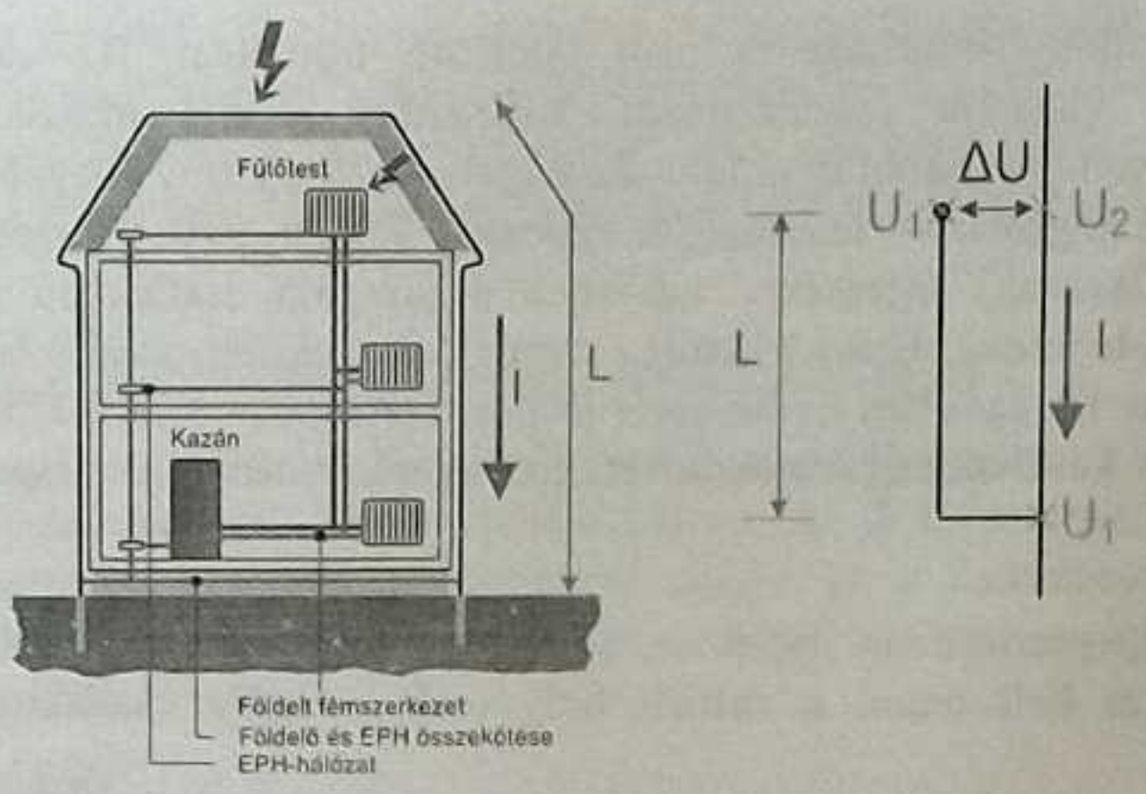
Az építményt közvetlenül érő villámcsapáskor rendkívül egyenlőtlen potenciáleloszlás alakulhat ki az építményen belül, amely a villámvédelmi rendszer és a különböző fémszerkezetek közötti másodlagos kisüléshez, ezáltal fizikai károsodás bekövetkezéséhez vezethet. Ennek veszélyét csökkenteni kell, amely kétféle módon valósítható meg:

- A villámhárító és a vezetőképes fémszerkezetek között legalább akkora, ún. **biztonsági távolság** betartásával, amelynél a fémszerkezetek közötti szigetelés (levegő vagy más szigetelőanyag) villamos szilárdsága nagyobb, mint a valószínűsíthetően kialakuló villamos térerősség.
- **Potenciálkiegyenlítéssel**, amely következtében a potenciálkülönbség oly mértékben csökkenti, hogy a villámhárító és a fémszerkezetek közötti kisülés ne következhessen be.

A másodlagos kisülés elleni védekezés első lépésében azt kell meghatározni, hogy az építményen belül hol alakul ki a fémszerkezetek olyan veszélyes mértékű megközelítése, ahol másodlagos kisülés bekövetkezése valószínűsíthető, hiszen csak ezt követően lehet eldönteni, hogy szükséges-e védelmi intézkedés megtétele.

Biztonsági távolság

A biztonsági távolság az a távolság, amelynél két, a villámáram vezetése következtében különböző potenciálra került fémszerkezet között kisülés bekövetkezése már nem valószínű. Értéke a fémszerkezetek közötti potenciálkülönbségtől és a szigetelés szerepét betöltő anyag fizikai jellemzőitől függ.



10.3.-8. ábra. A biztonsági távolság fizikai modellje és értelmezése a gyakorlatban

A biztonsági távolság számításának módja a 10.3.-8. ábrán bemutatott fizikai modellen alapul. Ennek értelmében a villámvédelmi levezetőn, mint impedancián folyó villámáram a levezető egy pontján a földpotenciálhoz képest ΔU potenciálkülönbséget eredményez, amely arányos a villámáram nagyságával és a levezető impedanciájával. Az építményen belüli fémszerkezetek tetszőleges pontjának feszültsége lényegében megegyezik a földpotenciállal (mert az üzemi feszültség értéke ΔU-hoz képest elhanyagolható). A belső fémszerkezet, illetve a villámhárító megközelítésének helyén tehát a ΔU feszültség jelenik meg. Az „s" biztonsági távolság számítására az

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l \qquad (10.7)$$

képlet szolgál, ahol

k_i a villámhárító osztályától függő tényező;

k_c a levezetők számától és kialakításától függő tényező;

k_m a teret kitöltő villamos szigetelőanyagtól függő tényező;

l a villámáramút hossza.

A biztonsági távolság előbbi meghatározásánál abból indultunk ki, hogy a belső fémszerkezet csak a talajszinten van összekötve a levezetővel, ezért az „l" áramút hosszát a talajszinttől kell mérni. Ha azonban az összekötés (potenciálkiegyenlítés) másutt is megtörtént, az áramút hosszát a potenciálkiegyenlítés legközelebbi szintjétől kell mérni.
A biztonsági távolság különleges szigetelőanyagok ($k_m >> 1$) alkalmazásával csökkenthető. Ezt a lehetőséget biztosítják a nagyfeszültségű szigeteléssel ellátott vezetékek, amelyeknél a kb. 1 cm vastag szigetelés 75 cm levegőréteg szigetelőképességével egyenértékű. Az ilyen speciális szigetelésű vezetékek alkalmasak elszigetelt villámhárító kialakítására, kivitelezésük azonban körültekintést igényel.

Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés

A villámvédelmi potenciálkiegyenlítés célja, hogy az építményt érő villámcsapás hatására se legyen valószínű másodlagos kisülések bekövetkezése. Fel kell hívni a figyelmet

arra, hogy ez a célkitűzés lényegesen különbözik az áramütés elleni védelem céljául szolgáló hibavédelmi potenciálkiegyenlítéstől, amely a potenciálkiegyenlítő összekötések helyének és minimális vezeték-keresztmetszeteknek különbözőségében is megnyilvánul.

A villámvédelmi rendszer és a vezetőképes részek közötti villámvédelmi potenciálkiegyenlítésről gondoskodni kell:

- a talajszinten, és ott
- ahol a köztük lévő távolság kisebb, mint a biztonsági távolság.

Elszigetelt villámvédelmi rendszer esetében a villámvédelmi potenciálkiegyenlítés csak a talajszinten valósítható meg, azaz a veszélyes megközelítések (másodlagos kisülések) ellen a villámhárító és a vezetőképes hálózat összekötésével nem lehet védekezni – ez esetben ugyanis a villámáram egy része megjelenne az építmény belső terében, ami ellentmondana az elszigetelt villámvédelmi rendszer definíciójának. Ha az elszigetelt villámhárító nem a védendő épületen kerül rögzítésre, akkor a villámhárító és az épület központi földelősínjének potenciálkiegyenlítő összekötése nem szükséges, de ha megvalósul, akkor azt mindenképp a talajszint magasságában kell kivitelezni.

A talajszinten történő potenciálkiegyenlítés követelménye miatt a központi földelősínt és a villámvédelmi földelőt legalább egy, de — különösen nagyobb építményekben — inkább több helyen, lehetőleg a talajfelszín magasságában egymással össze kell kötni. A villámvédelmi földelőt és a központi földelősínt összekötő vezetékek megengedett legkisebb keresztmetszetét a 10-20. táblázat adja meg (a keresztmetszetek függetlenek a villámvédelmi fokozattól).

10.-20. táblázat

A potenciálkiegyenlítő vezetők legkisebb keresztmetszete a központi földelősín és a villámhárító között

Anyag	Keresztmetszet mm^2
Réz	14
Alumínium	22
Acél	50

10.-21. táblázat

A potenciálkiegyenlítő vezetők legkisebb keresztmetszete a központi földelősín és a fémszerkezetek között

Anyag	Keresztmetszet mm^2
Réz	5
Alumínium	8
Acél	16

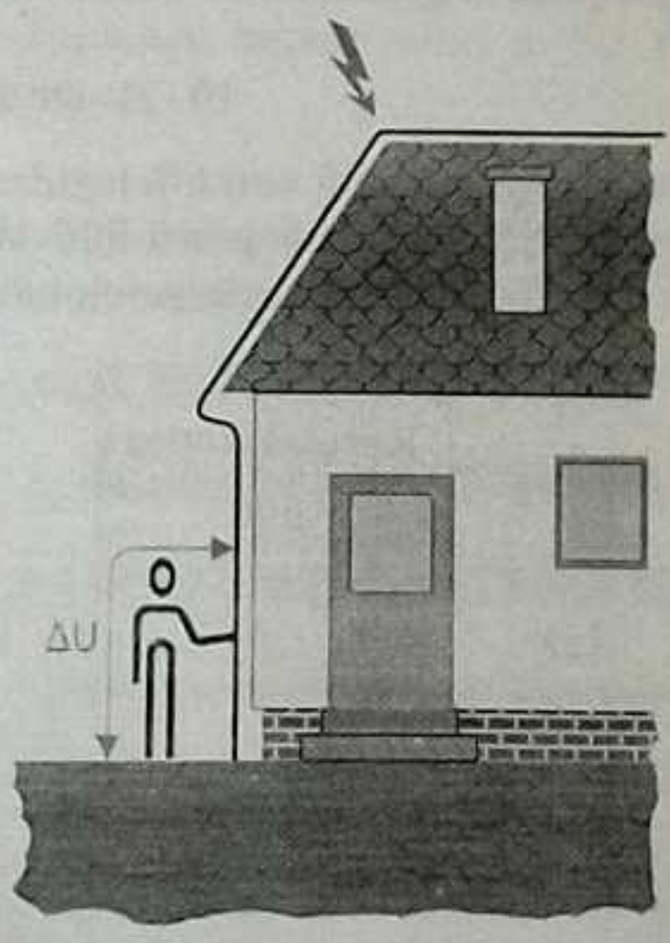
Az építménybe belépő — a távoli földpotenciálra csatlakozó — vezetőképes hálózatokat a belépési pont közelében kell a villámvédelmi potenciálkiegyenlítésbe bevonni. Ez a hálózat jellegétől függően történhet közvetlen összekötéssel, a szükséges levezetőképességre méretezett összecsatoló szikraközzel, vagy túlfeszültség-védelmi eszközzel. Az összecsatoló szikraközök, illetve túlfeszültség-védelmi eszközök védelmi feszültségszintjét úgy kell megválasztani, hogy az kisebb legyen, mint vezetőképes részek közötti szigetelés lökőfeszültség-állósága.

Az építményen belüli fémszerkezeteket és vezetékrendszereket a talajszinten a 10.-21. táblázatnak megfelelő keresztmetszetekkel kell csatlakoztatni a központi földelősínhez. Ugyanezt a keresztmetszetet kell alkalmazni a villámhárító és a fémszerkezetek összekötésére

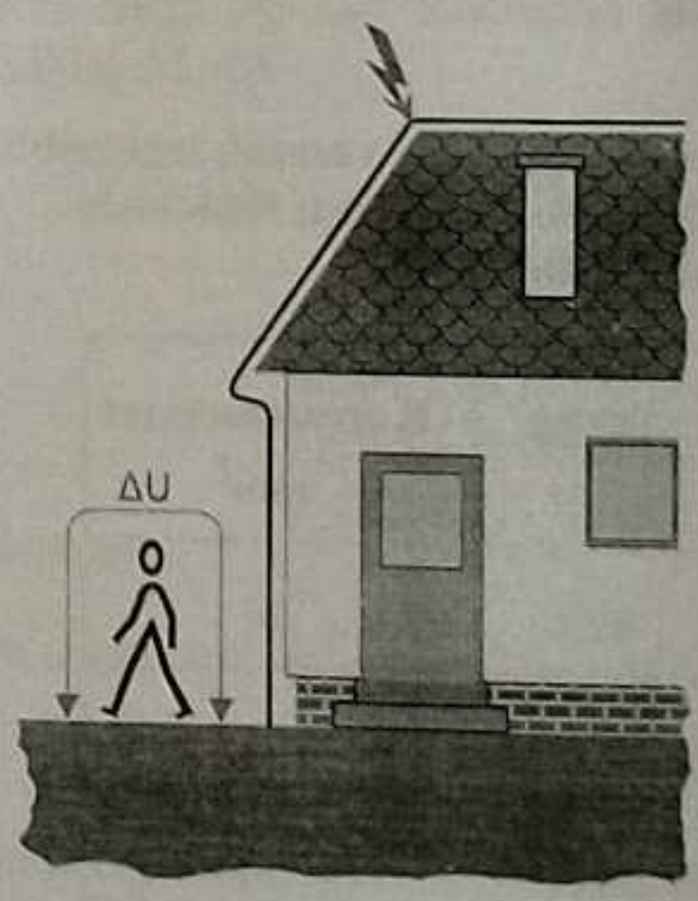
a veszélyes megközelítés helyén, építményen belül. Az építményen kívüli összekötés keresztmetszete a 10.-20. táblázat értékeinek feleljen meg.
Hangsúlyozni kell, hogy a 10.-21. táblázatban megadott keresztmetszetek azokra az összekötésekre vonatkoznak, amelyeket **kifejezetten a villámvédelmi potenciálkiegyenlítés érdekében** kell létesíteni, így mindenekelőtt a fémszerkezetek és vezetőképes hálózatok talajszinten, illetve veszélyes megközelítés helyén történő összekötésére, ahol a villámáram jelentős részének megjelenésével számolni kell.
Nem szabad megfeledkezni arról, hogy veszélyes megközelítés helyén alkalmazott potenciálkiegyenlítő összekötésnél — függetlenül attól, hogy az közvetlenül, összecsatoló szikraközön vagy túlfeszültség-védelmi eszközön keresztül történik — az összekötés a villámáram megosztását és a belső vezetőképes hálózaton történő megjelenését eredményezi.
A villamos és elektronikus rendszerek itt tárgyalt villámvédelmi potenciálkiegyenlítésének célja csak a villámcsapásból eredő fizikai károsodások (tűz és mechanikai sérülés) bekövetkezésének megakadályozása. A belső rendszerek villámcsapás eredetű meghibásodása elleni védelmet a túlfeszültség-védelmi rendszer (LPMS) hivatott biztosítani.

10.3.3.6. Érintési- és lépésfeszültség elleni védekezés

A veszélyes érintési feszültség (10.3.-9. ábra) a villámáram levezetésekor a levezető alsó (a járófelületen állva elérhető) szakasza és a felszín között kialakuló potenciálkülönbség, amely a levezető közelében tartózkodó emberek vagy haszonállatok áramütését okozhatja.



10.3.-9. ábra. A veszélyes érintési feszültség értelmezése



10.3.-10. ábra. A veszélyes lépésfeszültség értelmezése

A veszélyes érintési feszültség elleni védelem az alábbi feltételek legalább egyikének teljesülése esetén biztosított:

- A levezető nem közelíthető meg, vagy az emberek (vagy haszonállatok) nagyon rövid ideig tartózkodnak a levezető közelében.
- A villámvédelmi levezető kialakítása olyan, hogy a felszín és a levezető alsó része között valószínűtlen olyan nagyságú érintési feszültség kialakulása, amely veszélyes lenne.
- A talajfelszínt borító anyag megfelelő villamos szigetelőképességű.

A feltételek teljesülését a levezető alsó szakaszán, 2,5 magasságig és a felszínen, a levezető alsó szakaszának 3 m sugarú környezetében, az építményen kívül kell vizsgálni. Abban az esetben, ha a villámvédelmi kockázat csökkentése az érintési feszültségből eredő veszélyek miatt szükséges, az alábbi intézkedések alkalmazhatóak:

- A levezetők megközelítésének akadályozása (elkerítés);
- Figyelmeztető feliratok;
- A talajfelszín villamos szigetelése a levezető 3 m-es környezetében, pl. 5 cm vastag aszfalt-, vagy 15 cm vastag kavicsréteggel;
- A levezető kézzel elérhető szakaszának villamos szigetelése.

A felsorolt intézkedések természetesen különböző mértékben csökkentik a veszélyes érintési feszültségből eredő kockázatot, amit a kockázatelemzés az egyes intézkedésekhez rendelt különböző P valószínűségi tényezőkkel vesz figyelembe.

A **veszélyes lépésfeszültség (10.-10. ábra)** a levezető környezetében a földelő felett a talajfelszínen kialakuló olyan potenciáleloszlás, amely a levezető közelében tartózkodó emberek vagy haszonállatok áramütését okozhatja. A veszélyes lépésfeszültség elleni védelem az alábbi feltételek legalább egyikének teljesülése esetén biztosított:

- A levezető nem közelíthető meg, vagy az emberek (vagy haszonállatok) nagyon rövid ideig tartózkodnak a levezető közelében;
- A villámvédelmi földelő kialakítása olyan, hogy a felette a felszínen nem jön létre olyan potenciáleloszlás, amely veszélyes nagyságú lépésfeszültséget eredményez;
- A talajfelszínt borító anyag fajlagos szigetelési ellenállása legalább 5 kΩm.

A feltételek teljesülését a levezető alsó szakaszának 3 m sugarú környezetében, az építményen kívül kell vizsgálni. Abban az esetben, ha a villámvédelmi kockázat csökkentése a lépésfeszültségből eredő veszélyek miatt szükséges, az alábbi intézkedések jöhetnek szóba:

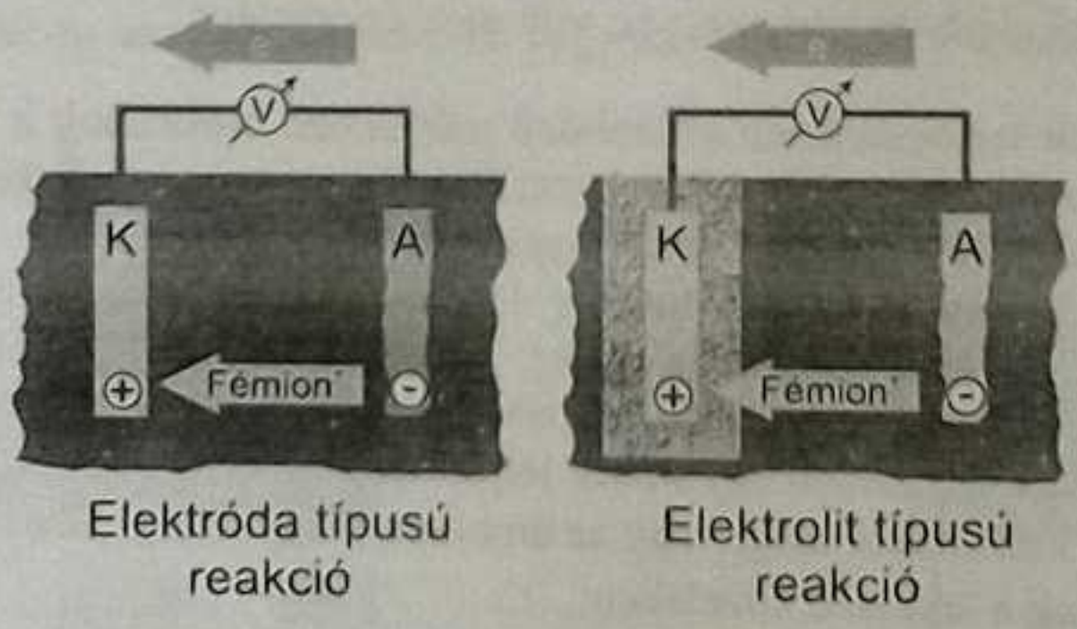
- A levezetők megközelítésének akadályozása (elkerítés);
- Figyelmeztető feliratok;
- Olyan („B" típusú vagy „potenciálvezérelt") földelők alkalmazása, amelyek a felszínen egyenletesebb potenciáleloszlást biztosítanak;
- A talajfelszín villamos szigetelése a levezető 3 m-es környezetében, pl. 5 cm vastag aszfalt-, vagy 15 cm vastag kavicsréteggel.

10.3.3.7. A korrózió hatása a villámvédelmi rendszer részeire

A villámvédelmi rendszer kialakításához felhasznált fémszerkezetek korrózió hatásának vannak kitéve. A korrózió következtében romlik villámáram-terhelhetőségük, mechanikai stabilitásuk. Annak érdekében, hogy a villámhárító hosszú időn át képes legyen feladatát

ellátni, a fémszerkezetek korrózióvédelmét biztosítani kell. A korrózió jellege, mértéke és megjelenésének formája jelentősen különbözik az egyes részeken. A felfogó és a levezető, tehát a levegővel érintkező szerkezeti elemek elsősorban a **kémiai korrózió**nak vannak kiszolgáltatva, amely lényegében oxidáció formájában jelentkezik. A kémiai korrózió mértéke, amelyet a fémszerkezetek anyagminősége és az időjárás hatásainak való kitettsége befolyásol, a felületeken (azonos anyagminőségeket feltételezve) nagyjából egyenletes. A kémiai korrózió elleni védekezés módja a fémszerkezetek anyagának körültekintő megválasztása, korrózióvédő bevonatok alkalmazása, vagy a felhasznált szerkezetek keresztmetszetének növelése lehet, a fémszerkezet villámvédelmi feladatával összhangban.

Jelentősebb a hatása az **elektrokémiai korrózió**nak, melynek során a fémek elektrolitban oldódnak. Az elektrolit szerepét a talaj, a beton vagy más nedves közeg tölti be. Az elektrolittal érintkező különböző fémek potenciálja anyagminőségtől függő, ezért az elektrolitba merülő fémek összekötésekor villamos áram jelenik meg (ezt nevezzük elektródatípusú elektrokémiai reakciónak). A villamos áram az összekötő vezetékben negatív elektronok, az elektrolitban pozitív fémionok vándorlásában jelenik meg, utóbbi az anódként (a létrejövő galvánelem negatív pólusaként) szolgáló fémelektróda fogyásához vezet (10.3.-11. ábra).



10.3.-11.ábra. Elektrokémiai korrózió típusai

Az elektrokémiai korrózió legkellemetlenebb sajátossága, hogy az anyagfogyás mértékét az áramsűrűség határozza meg, ami jelentős mértékben az elektródák geometriájától függ. Ezért az elektrokémiai korrózió mértéke — szemben a kémiai korrózióéval — lokálisan jelentős (nagyságrendi) különbségeket mutathat. Fokozza az elektrokémiai korrózió kellemetlenségét, hogy e hatásnak leginkább a földelő részei vannak kitéve, amelyek állapotáról szemrevételezéssel nem lehet meggyőződni, sőt erről az ellenállásmérések is csak nagyon áttételes információt szolgáltatnak.

Az elektrokémiai korrózió nemcsak a földelő részein (a talajba vagy betonba ágyazott fémszerkezeteken) jelenik meg, hanem a különböző anyagok (talaj, beton, levegő stb.) határfelületén átvezetett fémszerkezeteken is, a határfelület környezetében (elektrolit-típusú reakcióként). Ugyancsak elektrokémiai korrózió jelenik meg a felfogó és a levezető olyan részein, ahol különböző anyagminőségű fémek érintkeznek egymással.

Az elektrokémiai korrózió elleni védekezés módja a fémszerkezetek anyagának körültekintő megválasztása, a fémszerkezetek és az elektrolit érintkezésének akadályozása (pl. vízszigeteléssel), illetve a fémszerkezetek összekötésének megszüntetése lehet, a fémszerkezet villámvédelmi feladatával összhangban.

10.3.4. A túlfeszültség-védelmi rendszer (LPMS)

A túlfeszültség-védelmi rendszer (LPMS-Lightning Pulse Measuring System) feladata a villamos és elektronikus hálózatok és berendezések — a szabvány terminológiájával élve: belső rendszerek — védelme a villám elektromágneses hatásaival (LEMP – Lighting Electromagnetic Pulse) szemben. Ezek a hatások (és ennek megfelelően a védelmi intézkedések is) összetettek, köszönhetően a villám, mint zavarforrás által keltett zavarok „vezetett" és „sugárzott" terjedési módjának.

10.-22. táblázat

A villámvédelmi szint, az LPMS fokozata és a méretezés alapjául szolgáló villámáram-értékek összefüggése

Villámvédelmi szint	LPMS fokozata	Maximális villámáram
LPL I	LPMS I	200 kA
LPL II	LPMS II	150 kA
LPL III	LPMS III-IV	100 kA
LPL IV		

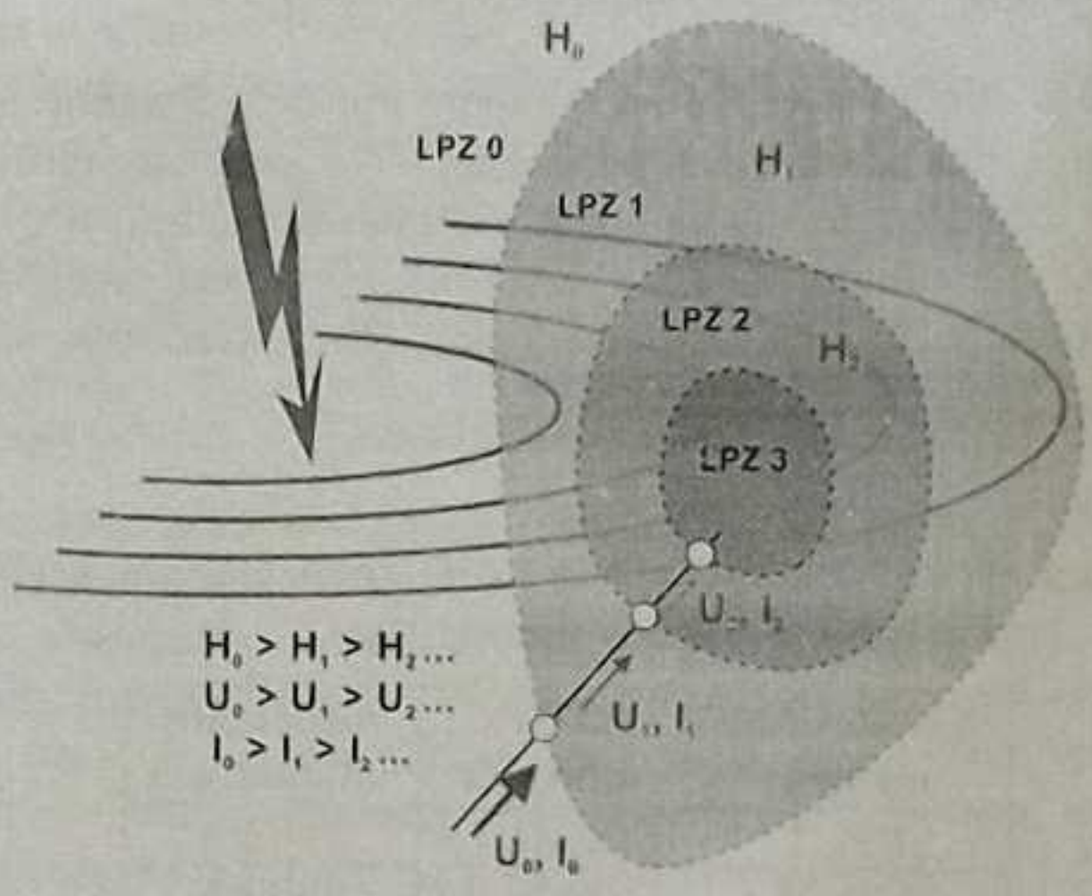
A túlfeszültség-védelmi rendszer az alábbi részekből és intézkedésekből áll:

- Földelő;
- Potenciálkiegyenlítés (ennek részeként: összekötő hálózat kialakítása és koordinált túlfeszültség-védelmi eszközök alkalmazása);
- Elektromágneses árnyékolás;
- Nyomvonalkialakítás.

Az túlfeszültség-védelmi rendszernek, mint védelmi intézkedésnek a hatékonyságát összességében határozza meg, hogy a koordinált túlfeszültség-védelmi eszközöket milyen **villámvédelmi szint**re méretezték (10.-22. táblázat), milyen az alkalmazott épületszerkezetek mágneses árnyékolóképessége és milyen az építményen belüli vezetéknyomvonalak kialakítása, következésképp ezek a paramétereket a kokázatelemzés is tartalmazza.

10.3.4.1. Villámvédelmi zónakoncepció

A z LPMS kialakításának elvi alapját a villámvédelmi zónakoncepció képezi. Ennek lényege, hogy a védeni kívánt rendszereket olyan zónákban helyezzük el, amelyeken belül a villám hatására megjelenő zavarok nagysága kisebb, mint a rendszerek (berendezések) zavartűrő képessége. Az egyes villámvédelmi zónákban (LPZ – Lightning Protection Zone) a zavarok nagyságának fizikai jellemzői kívülről (a villámtól, mint a zavarok forrásától) befelé, azaz a kisebb sorszámú zónától a nagyobb felé haladva csökkennek (10.3.-12. ábra).
A zavarok csökkentése, ezáltal a zónák határának térbeli kijelölése az LPMS részét képező eszközökkel és intézkedésekkel történik, ezért nem szükségszerűen kötődik olyan határfelületekhez, mint pl. falak vagy burkolatok.



10.3.-12. ábra. A villámvédelmi zónák és az EM zavarok nagyságának elvi összefüggése

10.3.4.2. A földelő

A túlfeszültség-védelmi rendszer részeként megnövekszik a földelőnek a potenciál kiegyenlítésben, és az építményen belül kialakuló elektromágneses tér paramétereinek csökkentésében betöltött szerepe. A túlfeszültség-védelmi rendszer földelőjére — a villámvédelmi rendszernél leírtakon túlmenően — az alábbi követelmények vonatkoznak:

- Lehetőleg „B" típusú földelőt kell alkalmazni;
- A földelő (vagy az azt kiegészítő összekötő hálózat) lehetőleg hálós kialakítású legyen, legfeljebb 5 m hálóosztással.

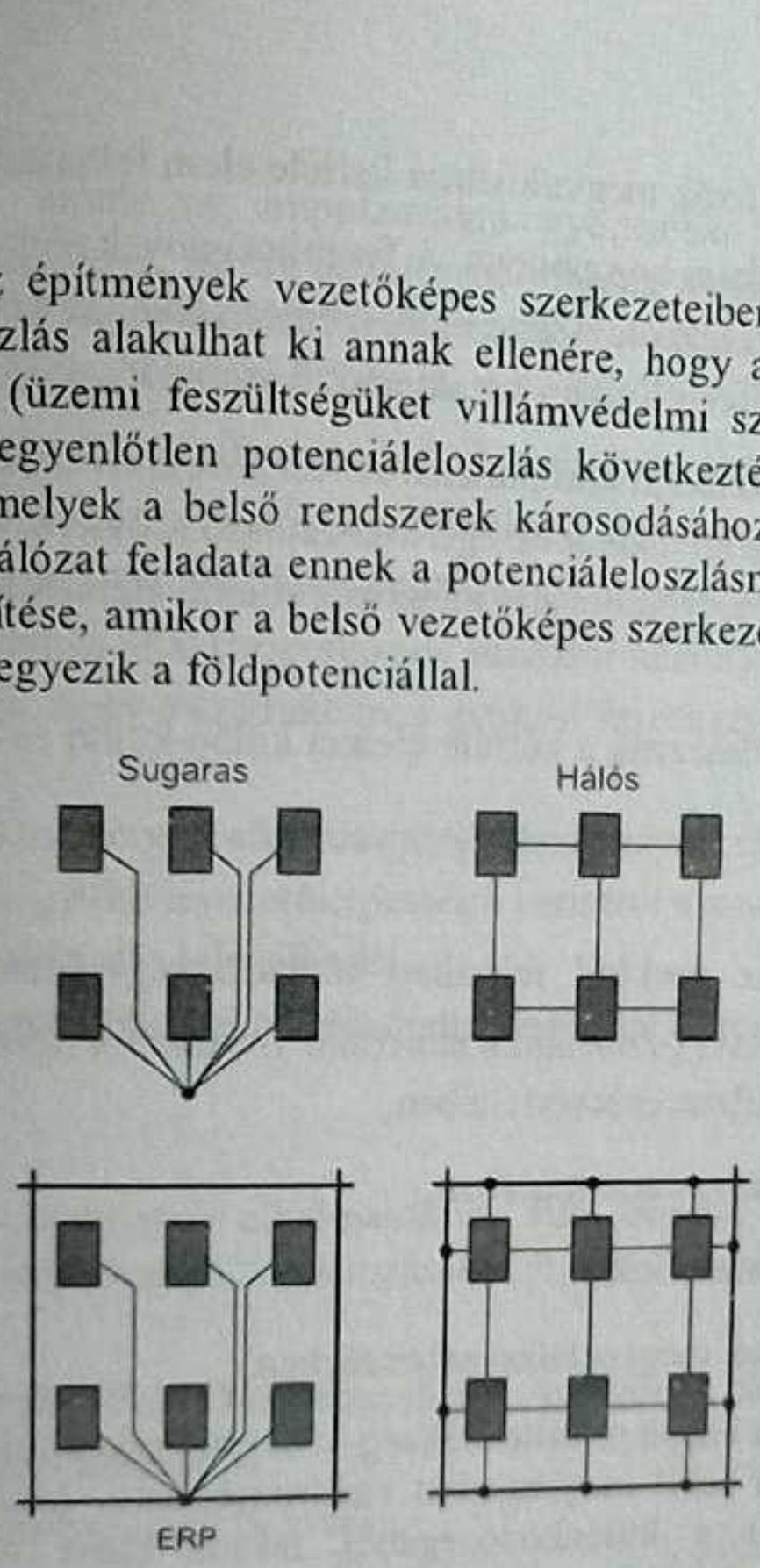
A csatlakozó hálózatokon fellépő maximális villámáram-értékeket csökkenteni lehet a földelő ellenállásának csökkentésével, ezért javasolt a lehető legkisebb szétterjedési ellenállású földelő megvalósítása.

10.3.4.3. Potenciálkiegyenlítés

Az villámvédelmi rendszer részeként a villámvédelmi potenciálkiegyenlítés célja, hogy az építmény (vezetőképes) részei között ne alakuljon ki olyan nagyságú potenciálkülönbség, amely pl. másodlagos kisülés bekövetkezéséhez, azaz fizikai károsodásokhoz vagy áramütéshez vezet. Ez a célkitűzés azonban önmagában nem biztosítja, hogy az érzékeny villamos és elektronikus berendezések működésében ne állhasson elő zavar, és ennek következtében veszteségek (különösen gyógyászati célú, vagy robbanásveszélyes építményeknél). Ezért a potenciálkiegyenlítéssel szemben a túlfeszültség védelmi rendszer részeként nagyobb elvárásokat támasztunk, mint a villámhárító részeként (hasonló a helyzet a földeléssel szemben támasztott követelmények esetében is). Ezek az elvárások az összekötő hálózat kialakítására, illetve a túlfeszültség-védelmi eszközök alkalmazására vonatkozó követelményekben testesülnek meg.

Összekötő hálózatok

Villámcsapás hatására az építmények vezetőképes szerkezeteiben és hálózataiban nagyon egyenlőtlen potenciáleloszlás alakulhat ki annak ellenére, hogy a vezetőképes szerkezetek általában földeltek vagy (üzemi feszültségüket villámvédelmi szempontból elhanyagolva) annak tekinthetőek. Az egyenlőtlen potenciáleloszlás következtében jelentős kiegyenlítő-áramok jöhetnek létre, amelyek a belső rendszerek károsodásához vagy meghibásodásához vezetnek. Az összekötő hálózat feladata ennek a potenciáleloszlásnak a „simítása", annak az ideális állapotnak a közelítése, amikor a belső vezetőképes szerkezetek tetszőleges pontjának potenciálja konstans, megegyezik a földpotenciállal.



10.3.-13.ábra. Összekötő hálózatok alaptípusai és lehetséges kombinációjuk

(Meg kell jegyezni, hogy egyes esetekben — összhangban a villámvédelmi zónakoncepcióval — nem cél a tényleges földpotenciál elérése, mert ezt a szerepet egy ún. referencia-potenciál is betöltheti.) Az összekötő hálózat akkor megfelelő, ha a vezetőképes szerkezetek és a földelő között alacsony impedanciájú és megfelelő geometriájú az összeköttetés (10.3.-13.ábra).

10.3.4.4. Túlfeszültség-védelmi eszközök (SPD)

A zónahatárt átlépő hálózatokat a belépési ponton be kell vonni a potenciálkiegyenlítésbe. Azokat a hálózatokat, amelyeknél közvetlen összekötés nem valósítható meg, **túlfeszültség-védelmi eszközön** (SPD – Surge Protective Device) keresztül kell bevonni a potenciál kiegyenlítésbe.

A túlfeszültség-védelmi eszközökkel szemben három alapvető követelményt támasztunk:

- Normál üzemi körülmények között viselkedjenek szigetelőként, biztosítva a különböző (üzemi) potenciálú vezetőképes részek elválasztását;
- Villám eredetű túlfeszültség hatására kerüljenek vezető állapotba, kössék össze a különböző (üzemi) potenciálú vezetőképes részeket;
- A túlfeszültség-impulzust követően álljanak vissza eredeti állapotukba, ezáltal biztosítva a belső rendszerek zavartalan működését.

Az túlfeszültség-védelmi eszközök megvalósítása kétféle elem felhasználásával történik:

- Kapcsoló karakterisztikájú komponens. A feszültségnövekedés hatására egy adott feszültségértéknél szigetelőképessége ugrásszerűen nullához közeli értékre csökken, a feszültség letörését váltva ki. Ilyen karakterisztikát mutatnak a szikraközök.
- Nemlineáris karakterisztikájú komponens. A feszültségnövekedés hatására egy adott feszültségérték felett szigetelőképessége fokozatosan csökken, a feszültség további növekedését korlátozva. Nemlineáris karakterisztikájú elemek a varisztorok és a szupresszor-diódák.

A gyakorlatban egyaránt alkalmazzák a kétféle elemet külön-külön és kombinálva is (sorosan vagy párhuzamosan kötve).

Koordináció

A különböző elemek és az ezekből felépített túlfeszültség-védelmi eszközök nemcsak karakterisztikájukban, hanem más lényeges jellemzőkben is különböznek, így pl.:

- a levezethető áramimpulzus csúcsértékében,
- a levezethető áramimpulzus energiájában,
- a feszültségkorlátozás mértékében,
- reakcióidejükben (az ún. megszólalási sebességben).

A különböző zónák határain beépített túlfeszültség-védelmi eszközökkel szemben eltérőek az elvárásaink, ami a zónákon belül megengedett elektromágneses jellemzők nagyságának (és gyakorlati szempontoknak) a különbözőségéből fakad. Ezért a túlfeszültség-védelmi eszközöket csoportokba soroljuk aszerint, hogy legfontosabb jellemzőik milyen követelményeknek felelnek meg. A csoportosítás az MSZ EN 61643 szabvány szerint történik, „erősáramú" és „gyengeáramú" hálózatokra eltérő módon. A különböző követelményosztályoknak megfelelő túlfeszültség-védelmi eszközöket erősáramú hálózaton római sorszámmal jelzett típusokba, gyengeáramú hálózaton **nagybetűvel** jelzett kategóriákba soroljuk. Az egyes zónahatárokon alkalmazott túlfeszültség-védelmi eszközök szokásos típusát, illetve kategóriáját a 11.-23. táblázat ismerteti.

11.-23. táblázat

Zónahatárok és SPD-k egymáshoz rendelése

Zónahatár	Erősáramú hálózat	Gyengeáramú hálózat
LPZ0/1	1. típus	D. kategória
LPZ1/2	2. típus	C. kategória
LPZ2/3	3. típus	C. kategória

A különböző túlfeszültség-védelmi eszközök jellemzőiknek megfelelően eltérően reagálnak a túlfeszültség-impulzus megjelenésére. Összehangolt működésüket a koordináció hivatott biztosítani. A koordináció jelentőségét fokozza, hogy a nagyobb energiájú túlfeszültség-impulzusok levezetésére általában a lassabban, nagyobb feszültségértéknél megszólaló

szikraközök alkalmasak, amely az impulzusokra gyorsabban reagáló, kisebb energiák levezetésére szolgáló varisztorok, illetve szupresszor-diódák tönkremeneteléhez (járulékosan pedig a védett berendezés meghibásodásához) vezethet. A koordináció biztosítása többféle módon történhet attól függően, hogy azt milyen elemek között kell megvalósítani:

- Gyújtásvezérelt szikraközök alkalmazásával (szikraköz és varisztor között), amelynek lényege, hogy a szikraköz megszólalási feszültségét annyira csökkentik, hogy azelőtt nyisson, mielőtt a varisztor által levezetett energia a varisztor sérülését okozná.
- Koordináló induktivitás által (szikraköz és varisztor között), amelyen létrejövő feszültség biztosítja, hogy a szikraközre a gyújtási feszültségnél lényegesen nagyobb feszültség jusson.
- A karakterisztika töréspontok alkalmas megválasztásával (varisztorok között), amely biztosítja, hogy a nagyobb levezetőképességű varisztor azonos feszültségnövekedés hatására jobban csökkentse ellenállását.

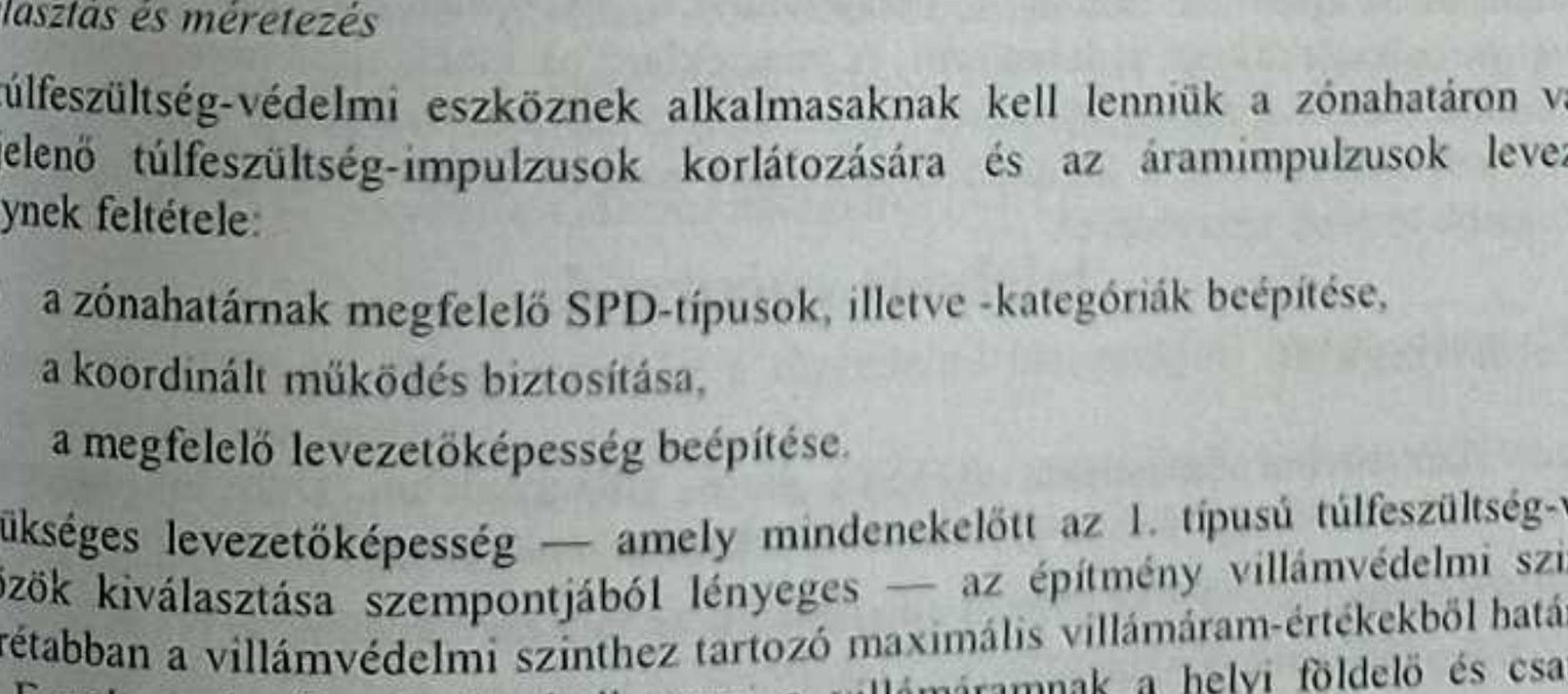
A gyakorlatban a koordináció különböző változatai általában egyszerre is jelen lehetnek.

Kiválasztás és méretezés

Az túlfeszültség-védelmi eszköznek alkalmasaknak kell lenniük a zónahatáron várhatóan megjelenő túlfeszültség-impulzusok korlátozására és az áramimpulzusok levezetésére, amelynek feltétele:

- a zónahatárnak megfelelő SPD-típusok, illetve -kategóriák beépítése,
- a koordinált működés biztosítása,
- a megfelelő levezetőképesség beépítése.

A szükséges levezetőképesség — amely mindenekelőtt az 1. típusú túlfeszültség-védelmi eszközök kiválasztása szempontjából lényeges — az építmény villámvédelmi szintjéből, konkrétabban a villámvédelmi szinthez tartozó maximális villámáram-értékekből határozható meg. Ennek során figyelembe kell venni a villámáramnak a helyi földelő és csatlakozó hálózatok közötti megoszlását (10.3.-14. ábra).



10.3.-14. ábra. A villámáram megoszlásának figyelembe vétele az SPD-k méretezésénél az elméletben és a gyakorlatban

10.3.4.5. Mágneses árnyékolás

Árnyékolás alkalmazásával az (elektro)mágneses térerősség csökkenthető, ezért a térrészt határoló árnyékolás egyúttal villámvédelmi zónahatárt is megtestesíthet. A helyiséget (vagy nagyobb térrészt) határoló árnyékolás a **térbeli árnyékolás**; ha az árnyékolás vezetékekre korlátozódik, akkor vezetékárnyékolásról beszélünk. Az árnyékolás jelentősége, hogy csökkenti az árnyékolt térrészen belüli mágneses térerősséget, ezáltal a térrészen belüli hurkokban indukálódó feszültség, illetve áram nagyságát is. A hatékony árnyékolás kialakítása általában speciális intézkedéseket kíván, az épületszerkezetek részét képező fémszerkezetek (jellemzően a betonvasalás, vagy homlokzati- és födémburkolatok) a szokásos formában kivitelezve többnyire nem csillapítják kellő mértékben a mágneses teret. A mágneses árnyékolást elsősorban kiemelt fontosságú építmények és helyiségek esetén alkalmazzuk a túlfeszültség-védelmi rendszer részeként.

10.3.4.6. Nyomvonalkialakítás

A térbeli árnyékolás alkalmazásának célja, hogy csökkentsük az árnyékolt térrészen belüli (nyitott vagy zárt) vezetékhurkokban indukálódó feszültség és/vagy áram nagyságát. Ezt az eredményt azonban árnyékolás nélkül, a vezetékhurkok méretének csökkentésével, azaz átgondolt nyomvonalkialakítással is lehet érni. A vezetékhurkok kialakulása szempontjából a védendő berendezéshez csatlakozó különböző vezetőképes anyagú hálózatok által közrezárt hurok méretét kell csökkenteni, a különböző hálózatok azonos nyomvonalon, egymáshoz a lehető legközelebb történő vezetésével.

10.3.5. Felülvizsgálat

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) és a villámvédelmi szabvány egyaránt megköveteli a villámvédelem felülvizsgálatát, melynek célja annak megállapítása, hogy

- a villámvédelem (az LPS és LPMS) megfelel-e a kiviteli terveknek és az MSZ EN 62305 szabványnak,
- az LPS és LPMS részei jó állapotban vannak-e, alkalmasak-e feladatuk ellátására,
- az előző felülvizsgálatot követően létesített építményrészek villámvédelme megfelelően van-e kialakítva.

A felülvizsgálatot, amelynek szemrevételezés és mérés is részét képezi, eseti és rendszeres jelleggel kell végezni,

- az építmény kivitelezése közben, az LPS és LPMS később eltakarásra kerülő részeinek ellenőrzése céljából,
- a kivitelezést követően,
- rendszeres időközönként (az időközt a hatályos OTSZ határozza meg, a villámvédelmi fokozattól függően),
- változtatások vagy javítások után, vagy az építményt érő villámcsapást követően.

A felülvizsgálat tartalmát, módját a villámvédelmi szabvány, az elvégzésére jogosultak körét a hatályos OTSZ határozza meg.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Szerk. Arató Csaba: *Érintésvédelmi Felülvizsgálók kézikönyve:* Magyar Elektrotechnikai Egyesület, Budapest 2010.

[2] Dr. Geszti P. Ottó: *Villamosenergia-rendszerek.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.

[3] Dr. Horváth Tibor: *Villámvédelem.*, Magyar Elektrotechnikai Egyesület, Budapest, 2001.

VONATKOZÓ JOGSZABÁLYOK

Törvény

- *1995 évi XXVIII. törvény (módosította : 2001. évi* CXII. törvény) a nemzeti szabványosításról;
- *1996.évi XXXI. törvény* a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról;
- *2001. évi CXII. törvény* a mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény és a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény módosításáról;
- *2007. évi LXXXVI. törvény* a villamos energiáról (VET);

Kormány rendelet

- *116/1996. (VII. 24) Korm. rendelet* a tűzvédelmi biztonságról (módosította: 177/2000. (III.7.) Korm. rendelet);
- *273/2007.(X.19.) Korm. rendelet* a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról;
- *176/2008.(VI.30.) Korm. rendelet* az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról;
- *191/2009. (IX.15) Korm. rendelet* az építőipari kivitelezési tevékenységről

Miniszteri rendelet

- *8/1981. (XII.27.) IpM rendelet* a Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzatáról;
- *35/1996. (XII.29) BM rendelet* az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról (OTSZ) korábban: 4/1980. (XI.25.) BM rendelet (módosítva: 9/2000. (II.16.) BM rendelettel) ;
- *79/1997. (XII.29.) IKIM rendelet* az egyes villamossági termékek biztonsági követelményeiről és az azoknak való megfelelőség értékeléséről (módosította: 3/2001. (I.31.) MeHVM rendelet) (Kisfeszültségű Direktíva) ;
- *8/2001. (III. 30.) GM rendelet* a Villamosmű Műszaki-Biztonsági Követelményei Szabályzat (VMBKSZ) hatályba léptetéséről (módosítva: 127/2005. (XII.29.) GKM rendelet)
- *2/2002. (I.23.) BM rendelet* a tűzvédelem és a polgári védelem műszaki követelményeinek megállapításáról;
- *72/2003.(X.29.) GKM rendelet* a Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági szabályzatának kiadásáról;
- *2/2003. (X.29.) GKM rendelet* a Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági Szabályzatának kiadásáról (FAM Szabályzat, módosítva: 60/2005. (VII.18.) GKM rendelet)
- *9/2008. (II.22.) ÖTM rendelet* az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról