

1. Mit nevezünk túlfeszültségnek, és miben nyilvánul meg hatása?

A **túlfeszültség**, a villamos, és elektronikus hálózatokban, illetve azok berendezéseiben a **megengedett legnagyobb feszültség csúcsértékét meghaladó feszültség**. A túlfeszültség, nagyságától függően kétféle hibát okozhat.

- Ha a túlfeszültség nagysága a megengedett legnagyobb üzemi feszültség értékét meghaladja, de nem lépi át a szigetelések szilárdsági határértékét, akkor a berendezések üzemmenetében, illetve az elektronikus berendezések programjaiban okoz hibát. Ebben az esetben a berendezések hibásan működnek, de a túlfeszültség megszűnése után a berendezés üzeme helyreállítható (Szoftver hibák.)
- Ha a túlfeszültség nagysága meghaladja a szigetelések szilárdsági határértékét, akkor a szigetelések leggyengébb pontján átütés, azaz rövidzárlat keletkezik, ami a hálózatot, illetve berendezést üzemképtelenné teszi. (Hardver hiba.)

2. Honnan erednek a túlfeszültségek?

A túlfeszültségek lehetnek **külső eredetűek**, amelyek a villamos és elektronikus rendszeren kívül keletkeznek, és csatlós útján hatnak a rendszer működésére. Lehetnek **belső** eredetűek, amikor a túlfeszültségek a villamos, vagy elektronikus rendszer működése során jönnek létre.

- A **külső eredetű** túlfeszültséget a **légtörő kisülések (villámok)**, vagy a különböző szigetelőanyagok, (műanyagok) elektrosztatikus feltöltődésének kisülése (ESD) okozza.
- A **belső eredetű** túlfeszültségek (tranzien jelenségek) a zárlatok, védelmek működése, olvadó biztosítók kioldása, nagy fogyasztók ki/be kapcsolása, hirtelen terhelésváltozás következtében jönnek létre.

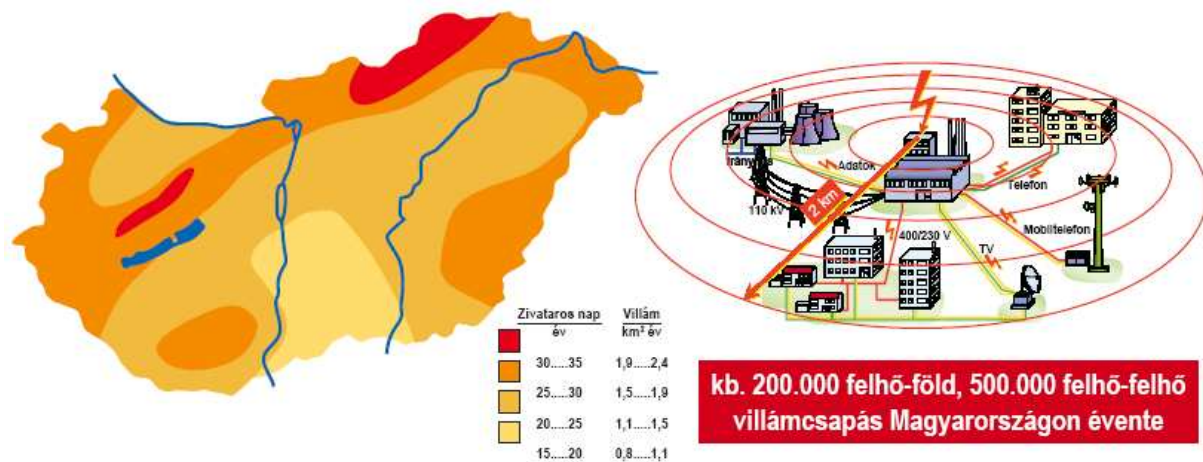
3. Külső eredetű túlfeszültségek

3.1 A villámokról

A napsugárzás a föld-közeli, nedves légrétegeket felmelegíti, azok könnyebbé válva gyorsan felemelkedve, kialakul a zivatar cella. A gyorsan emelkedő légtömegek lehűlnak, páratartalmuk kicsapódik és felhők képződnek. Mivel a vízcseppek kiválása halmazállapot változással jár, a vízpára rejtett hője is „melegíti” a levegőt és ez, a felfelé áramlást tovább gyorsítja. A felfelé emelkedő levegő hőmérséklete 0 °C alá csökkenve a vízcseppekből hó, és jégkristályok képződnek, és a halmazállapot újabb változása további rejtett hő felszabadulást eredményez. Ez tovább gyorsítja a levegő felfelé áramlását. Az igen gyors felfelé áramló légtömegek belső sűrűsödése a semleges víz, és jég-részecskékről elektronokat szakít le, aminek következtében a felhőben pozitív és negatív töltésű ionok jönnek létre. A pozitív töltések általában a zivatarcella felső részén, a jégkristályokon tömörülnek, míg a negatív töltések a

zivatarcella alsó részén, az esőcseppeken sűrűsödnek össze. A cella alsó részének negatív töltése a töltésmegosztás révén földfelszín közelében pozitív töltéseket hoz létre. Ezek töltések a kiemelkedő tereppontokon, fák, templomtornyokon összesűrűsödve előbb ún. korona-kisülést majd ívkisülést, azaz felhő-föld villámkisülést eredményeznek. A villámkisülés nemcsak felhő-föld között, hanem felhő-felhő között is létrejöhét. A villámkutatásban a felhő-föld villámokat a kisülés iránya szerint (lecsapó, vagy felcsapó) a kiinduló töltésgóc töltése szerint pedig pozitív, vagy negatív villámoknak csoportosítják. A zivatarcella a légkörben 10 -15 km magasra nyúlik fel, és a felhőzet alsó szintje 1,5 -2 km magasan van a talaj felett. Minden cella általában 30 percig aktív, és ez alatt percenként két-három villám keletkezik.

Magyarországon a villámok általában a nyári zivatarok során keletkeznek. Az évente előforduló 15-35 zivataros napon, 2-4 felhő-föld villámcsapás/km² alakul ki. A zivataros napok, és a villámcsapások területi eloszlását az **1. ábra** szemlélteti.



1. ábra

A zivataros napok száma, és a villámok előfordulási gyakorisága Magyarországon

A megfigyelések szerint a villám 98%-ának áramerőssége kisebb, mint 200 kA. A villámcsatorna átmérője néhány cm, hossza néhány métertől többször tíz kilométer lehet. Hőmérséklete 30.000 °C, sebessége kb. 300 km/sec. Az 1. ábra alapján a villamos és elektronikus berendezésekre a 2 km-es sugarú körön belüli villámcsapás jelent közvetlen veszélyt. Így azt lehet mondani, hogy Magyarországon évente legalább tizenkét olyan alkalom van, amikor villamos és elektronikus berendezések közvetlen villám veszélynek vannak kitéve.

3.2 A kapcsolási túlfeszültségekről

A **nagyfeszültségű** berendezésekben kapcsolási műveletek keltette túlfeszültségek különösen kapacitív csatolás révén hatnak a kisfeszültségű és szekunder berendezésekre, és ott egyes esetekben a 15 kV-os túlfeszültség tüskéket is okozhatnak. A nagyfeszültség oldalon végrehajtott kapcsolási műveletek az alábbi esetekben válhatnak ki túlfeszültségeket.

- Terheletlen nagyfeszültségű vezeték, (vagy kondenzátor) lekapcsolásakor a vezeték kapacitása a hálózat pillanatnyi feszültségére van feltöltve. A kapcsoló érintkezőinek ms-os időtartományban lejátszódó bontásakor a lekapcsolt vezeték és a hálózat között olyan nagy feszültségkülönbség jön létre, hogy az, az érintkezők közötti csekély távolságot átüti, azaz a távolodó érintkezők között akár többször is visszagyújtás jön létre. A vezeték feszültsége így ingadozni fog a hálózati feszültség pillanatnyi értéke és a két kapcsoló-érintkező közötti ív kioltása között. Ez a folyamat többször megismétlődhet, ami a mindenkori hálózati feszültségre szuperponálódó csillapodó kapcsolási túlfeszültséget okoz, mely a hálózati feszültség értékét többszörösen meghaladhatja, frekvenciája jellemzően 100 kHz-es nagyságrendű.
- Terheletlen transzformátorok lekapcsolásakor a transzformátor mágneses energiája összeomlik, és feltölti a tekercsek saját kapacitását. A transzformátor induktivitásából és kapacitásából képződő rezgőkörben létrejövő lengéseket annak ohmos ellenállása csillapítja. Az így keletkező csillapodó kapcsolási túlfeszültség amplitúdója elérheti a hálózati feszültség többszörösét.
- Földeletlen hálózatok földzárata esetén eltolódnak a vezetékrendszer és a föld közötti feszültségek. Amikor a földzárlat megszűnik, hasonló jelenségek játszódnak le, mint a terheletlen vezeték, illetve kondenzátor lekapcsoláskor.

A nagyfeszültségű oldalon jelentkező, a kisfeszültségű hálózatra főleg kapacitív úton csatolódo kapcsolási túlfeszültségek mellett a nagyfeszültségű hálózatok gyors áramváltozásai induktív csatolás útján is okozhatnak túlfeszültséget a kisfeszültségű berendezésekben, a következő esetekben:

- nagy terhelések be-, és kikapcsolásakor,
- rövidzárlat keletkezésekor, és megszűnésekor.

A **kisfeszültségű** hálózaton kapcsolási túlfeszültségeket és hálózati visszahatásokat okozó műveletek az alábbiak lehetnek:

- induktivitások, fojtótekercsek, motorvédő kapcsolók és relék tekercseinek kikapcsolása,

- áramkörök szándékos, vagy véletlen megszakítása, biztosítók, vagy védőkapcsolók lekapcsolása, vezetékek szakadás,
- fázishasításos üzemmódú vezérlés, csúszógyűrűk kefetüze, forgógépek és transzformátorok terhelésének hirtelen elmaradása.

A különböző kisfeszültségű hálózatokon végzett mérések azt mutatják, hogy a legjelentősebb túlfeszültségeket a kapcsoló készülékek működésekor a villamos ív zavarkisugárzása okozza. A villamos berendezések kapcsolási műveletei elektromágneses úton gyakrabban okoznak hibát, mint a villámcsapás. A vezetett úton tovaterjedő kapcsolási túlfeszültségek áramértéke elérheti az 5-15 kA-es (8/20 μ s hullámalak) értéket. A kisebb energiájú, sugárzás útján tovaterjedő túlfeszültség tüskék csatoló kapacitásokon keresztül jutnak az energiaellátó és híradástechnikai vezetékekbe.

3.3 Az elektrosztatikus kisülésekről (ESD)

Ismeretes, hogy a műanyag padlón, vagy a műanyag ruhaneműben való mozgás sztatikus feltöltődéshez vezet, és ha ilyen állapotban földelt berendezéshez közelítünk, villamos szikrán keresztül egyenlítődik ki a töltéskülönbség. Az ilyen kiegyenlítődés főleg az elektronikus áramköröket veszélyezteti, mivel a feszültség értéke elérheti a 7-35 kV-ot, áramértéke pedig a 40-70 A-t. Ezek az értékek messze meghaladják az integrált, elektronikus elemek szigetelési szilárdságát, és védelmi intézkedések nélkül tönkre teszi azokat. A védelmi intézkedéseket itt főleg az antisztatikus padlóburkolatok és antisztatikus szerszámok alkalmazása, valamint a munkavégző személyek földelt karpereccel való ellátása jelenti.

4. A védekezés két oldaláról

4.1 Készülék (berendezés) oldali feltételek

A villamos és elektronikus készülék **szigetelésének minőségét**, a készülékek elektromágneses **zavar-kibocsátó** és **zavartűrő** képességét, a gyártók a szabványok által megkövetelt minőségűre készítik. Arról, hogy a készülék a minőségi elvárásoknak eleget tesz, és kereskedelmi forgalma hozható, a gyártó tanúsítványt ad ki, azaz tanúsítja az elektromágneses kompatibilitás előírásainak teljesítését. (CE tanúsítvány). A tanúsítvány megadja, hogy a készülék mekkora **vezetett túlfeszültséget** tud meghibásodás nélkül elviselni a villamos energiaellátási, és a jelvezetési csatlakozásokon keresztül, továbbá mekkora **sugárzott zavart** képes elviselni, illetve a környezetébe általa **kisugárzott elektromágneses zavarás** mértéke kisebb a megengedettnél.

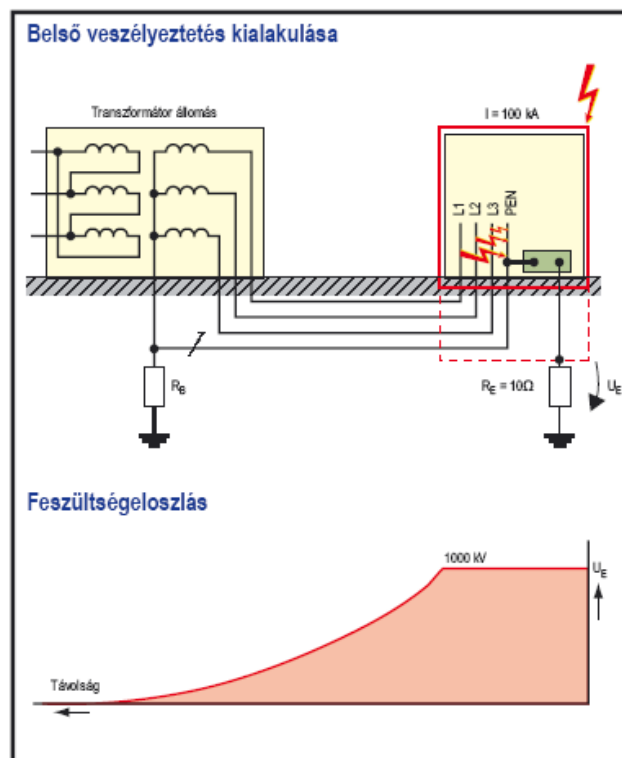
(A fenti elektromágneses minősítés hasonló a villamos berendezések általánosan ismert szilárd anyag (por) és a víz behatolása elleni védeettségi besorolásához, ahol az IP besorolással megadják, hogy a készülék milyen méretű szilárd szemcsék behatolása ellen, és milyen jellegű víz-behatolás ellen védett.)

4.2 Környezeti adottságok, védekezési lehetőségek

A környezetben, ahol az adott villamos, és elektronikus készülék üzemel, gyakran keletkeznek a villámok, a kapcsolási tranziensek, következtében nagyobb elektromágneses hatások, mint amit az adott készülék EMC tulajdonsága megenged. Ha nem gondoskodunk a készülék működését veszélyeztető hatások kivédéséről, a készülék meghibásodik.

Sokan azt gondolják, hogy az **elektromágneses árnyékolás** alkalmazásával a környezeti ártalmak elkerülhetők. A készüléket, vagy a készülékeket fém burkolatba zárják, (Faraday kalicka) amely fémárnyékolás a külső elektromágneses zavaró hatásokat kizárja. Ez a megoldás nagy berendezések esetében egyrésztől drága, másrésztől pedig a kívülről bevezetett kábeleken és fém vezetékeken keresztül a távoli potenciálok bejutnak az árnyékolt tér belsejébe, így a „Faraday-lyukon” keresztül behatolhat a károsító túlfeszültség is. **Tehát önmagában a fémárnyékolás csak akkor lehet megoldás, ha nincs rajta elektromágneses lyuk.**

A túlfeszültség behatolását a **2. ábra.** szemlélteti.



2. ábra

Tételezzük fel, hogy egy földelt fém konténerben vannak az elektromos berendezéseink, amelyeket egy távoli transzformátorról táplálunk meg. A transzformátor állomás csillagpontja ugyancsak le van földelve. Ha a konténerünket villámcsapás éri, a konténer 10 ohmos földelési ellenállásán keresztül a 100 kA-es villámáram hatására a konténer potenciálja a távoli földponthoz viszonyítva,

(esetünkben a transzformátor csillagponti földeléséhez viszonyítva) 1000 kV-ra emelkedik meg. A bevezetett tápkábel szigetelése ezt a feszültséget nem képes elviselni és átüt. Az átütés által megindított zárlatot a transzformátor utánfolyó zárlati árama égetéssel, rombolással kiteljesíti, és a fémárnyékolás ellenére a konténer belsejében villám okozta károk keletkeznek. Hasonló bajt okozhat például egy fém csővezeték is, ha az a konténer belépési pontjánál szigetelten lép be. Ott is fellép a csővezeték és a konténer fémteste közötti 1000 kV-os potenciálkülönbség, ami helyi átütést okoz, annak károsító hatásával együtt.

Az ilyen veszélyeztetések elhárítására dolgozták ki a villámvédelmi zónakoncepciót, melyet ma már világszerte alkalmaznak, mint szabványos megoldást. Eszerint a teret villámvédelmi zónákra osztják fel és a zónák megjelöléséhez az angol megnevezés betű-rövidítését az LPZ megjelölését használják, figyelembe véve a zónahatárok elektromágneses csillapító hatását.

LPZ 0/A zóna a tér azon része, ahol a villámcsapási talppont kialakulhat és a villámáram elektromágneses hatása csillapítás nélkül érvényesül.

LPZ 0/B zóna a tér azon része, ahol villámcsapási talppont már nem alakulhat ki, de a villámáram elektromágneses hatása csillapítás nélkül érvényesül. Ez a térrész egy szabadban álló kiemelkedő tereptárgy, fém oszlop stb. védett tere lehet, ahová a villám nem tud lecsapni.

LPZ 1 zóna a tér azon része, ahol villámcsapási talppont már nem alakulhat ki és a villámáram elektromágneses hatása is csak csillapítással érvényesül. Ez a térrész lehet egy épület belső tere, ahol a falak elektromágneses csillapítása miatt, az elektromágneses (induktív, kapacitív) hatás csökken.

LPZ 2 és magasabb számú zónák a tér azon részei, ahol villámcsapási talppont már nem alakulhat ki és a villámáram elektromágneses hatása is az újabb zónahatár további csillapításával csökkentve érvényesül. Ez a térrész lehet például egy épület belső terében lévő villamos elosztó szekrény, amelyben a fém burkolat további csillapítással csökkenti a villám elektromágneses hatását.

A hatásos védekezés módja tehát az, hogy az egyes zónahatárokon átlépő minden fém vezetékét egymással, és a földeléssel össze kötünk, vagy összezsacatolunk. Az összekötések keresztmetszetének és az összezsacatolások módjának olyannak kell lenni, hogy az előforduló legnagyobb áramot (lökőáramot) üzemszerűen képes legyen levezetni.

Abban az esetben, ha nem villamos célú vezetékek lépnek át zónahatáron, a megfelelő keresztmetszetű összekötések egyszerűen megvalósíthatók. Abban az esetben azonban, amikor villamos, vagy elektronikus célú vezeték lépi át a zónahatárt, ott két ellentétes feltételnek kell eleget tenni.

- Az alapfeladathoz, a vezetékek ereit egymáshoz, és a földhöz képest megfelelő szigeteléssel kell ellátni.

- Ha bármilyen okból, az adott helyen, a vezetékek között, és/vagy a vezetékek és a föld között az üzemi feszültséget meghaladó túlfeszültség lép fel, akkor gondoskodni kell a túlfeszültségek levezetéséről, a normál üzemmenetet a lehető legkisebb zavarása mellett. Más-szóval, a vezetékek közé, és a vezetékek és a föld közé olyan méretezett szigetelési szilárdságú elemeket (túlfeszültség-levezetőket) kell beépíteni, amelyek előbb lépnek működésbe, mint ahogy a vezetékek szigetelése átütne.

5. Csatolási módok

Tekintsük át, hogy a túlfeszültségek hogyan terjednek egy villamos-, és elektronikus rendszerben.

5.1 Galvanikus (ohmos) csatolás

Legyen épületünk villamos energiaellátása a **3. ábra** szerint földkábelen keresztül egy 20/04 kV-os transzformátorról megtáplálva, ahol a transzformátor csillagpontja mereven földelve van.



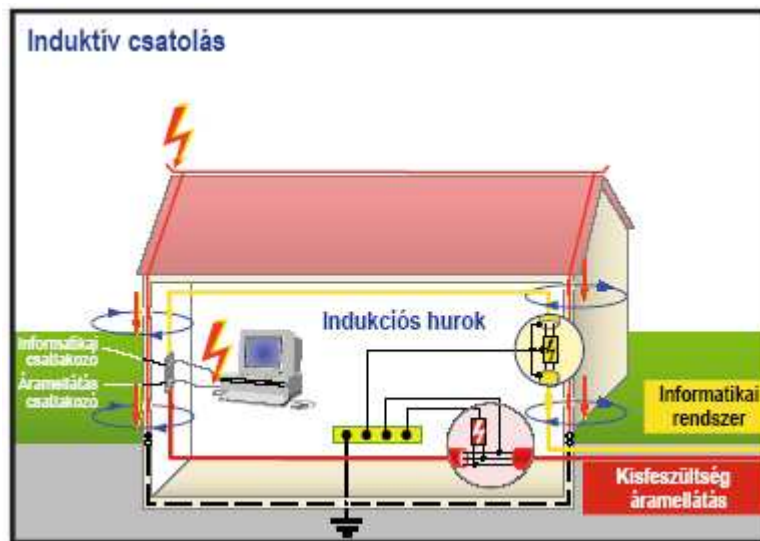
3. ábra
Galvanikus csatolás

Épületünk külső villámvédelemmel ellátott, és a külső villámvédelem földelése az épület EPH főcsomópontjával össze van kötve. Ugyanezen főcsomóponthoz van „földelve” a zöld-sárga PE vezetőkkel a fűtőrendszer csővezetéke, a számítógépek, és egyéb villamos berendezések fém burkolata. Egyszerűség kedvéért tételezzük fel azt, hogy az épület földelési ellenállása 1 ohm. (A gyakorlatban általában a földelési ellenállás értéke ennél nagyobb.) Ha az épületet 100 kA-es villámcsapás éri, az egész épület potenciáljával együtt, a számítógép burkolata is 100 kV-ra emelkedik a transzformátor csillagponti potenciáljához képest. Tehát a számítógép dugaszoló csatlakozóján a fázis és a nulla vezető, valamint a PE pontok között is megjelenik a 100 kV, amit a szigetelések nem bírnak elviselni, és átütnek. A védekezés módja: a védendő berendezés kapcsai elé túlfeszültség-védő készülék beépítése, amivel

meggátolható, hogy a készülék kapcsaira annak szigetelési szilárdságát meghaladó túlfeszültség jusson.

5.2 Induktív csatolás

Az energiaellátó és informatikai vezetékek általában eltérő nyomvonalon haladnak. Az így kialakuló hurokban a villámhárítón lefutó villámáram gyorsan változó mágneses tere feszültséget indukál, melynek nagysága egyrészt a villámáram változásának sebességétől, másrészt a vezetékhurok nagyságától és elhelyezkedésétől függ.

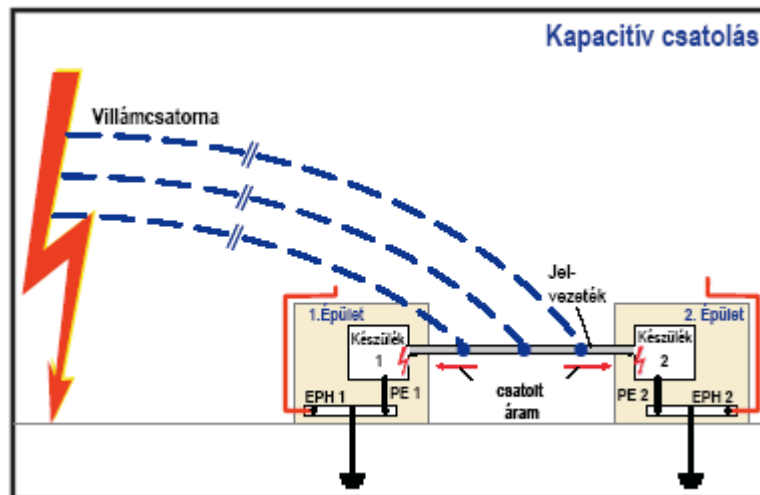


4. ábra
Induktív csatolás

A túlfeszültségek mértékét a vezetékek nyomvonalának célszerű megválasztásával (az indukciós hurok méretének csökkentésével) befolyásolni lehet, de a védekezés módja itt is a védendő berendezés kapcsai elé túlfeszültség-védő készülék beépítése, amivel meggátolható, hogy a készülék kapcsaira annak szigetelési szilárdságát meghaladó túlfeszültség jusson.

5.3 Kapacitív csatolás

A felhő-felhő, vagy a felhő-föld közötti villámcsatorna árama az **5. ábrán** példaként feltüntetett jelvezetékekkel kapacitív csatolásban is van. A csatoló kapacitást a villámkisülés feltölti, és az 1. és a 2. készülék szigetelésének átütésekor néhányszor 10 A-es áramot hoz létre, amely két készüléken keresztül folyik a föld felé.



5. ábra
Kapacitív csatolás

6. Ágáramok megoszlása

Az előző ábrákból látható, hogy a külső villámvédelem a villámcsapás következtében létrejövő igen nagy potenciálkülönbségeket nem tudja megakadályozni, és létrejöhetnek az igen nagy villám-ágáramok. A villámok (töltésmennyisége) áramerőssége tág határok között változhat a többször tíz kA-es 10/350 μ s-os hullámalakú impulzustól a több száz kA-es impulzusig.

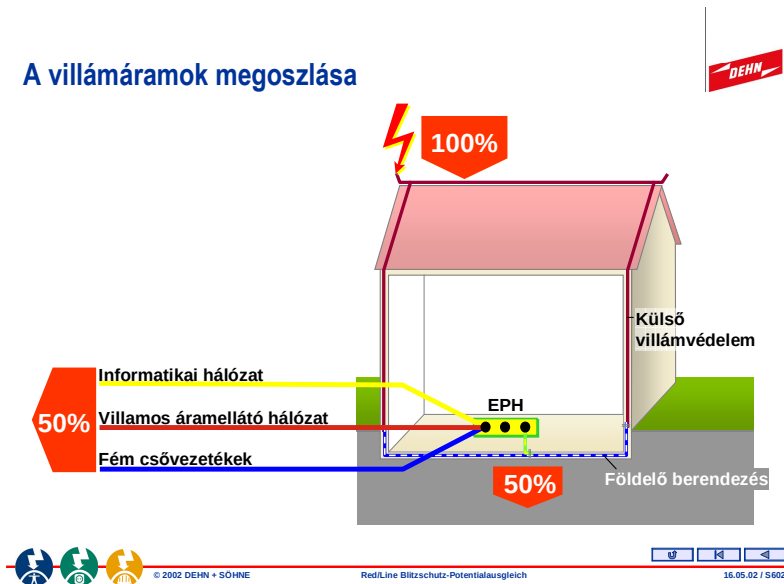
A belső villám-, és túlfeszültség-védelem védekezési módszereit és a szabványok kidolgozását a biztosító társaságok tapasztalatai indították el. A technikai fejlődés következtében a villamos és elektronikus hálózatok mérete és nélkülözhetetlensége egyre nagyobb. Mivel a nem várt katasztrófa helyzetre biztosítást kötnek, a biztosító számára nem mindegy, hogy egy katasztrófa helyzet következtében mekkora biztosítási kártérítést kell fizetni. Alapállásuk szerint a befolyó biztosítási összegeknek fedezni kell a katasztrófák következtében kifizetett kártérítések összegét. A nagy elektromos és elektronikus hálózatok kialakulásával a kockázat jelentősen nőtt, csökkentésére új műszaki megoldások kialakítása vált szükségessé.

Érdeemes elgondolkozni azon, hogy például egy bankban, ahol számtalan számítógép és szerver köti össze a bankot a világ minden tájával, és a pénzforgalom elektronikus úton éjjel-nappal megállás nélkül zajlik, mit jelent, ha áramkimaradás, vagy adatátviteli hiba következtében a szolgáltatás megszakad: pár órás kimaradás a bank tönkremenetelével jár.

A védekezés műszaki szempontjaira a létrehozott szabványok olyan megoldásokat és határértékeket állapítottak meg, amelyben a védelem költségei és az elhárított kár értéke egymással szoros összefüggésben áll. Mivel a legnagyobb igénybevételeket a villámok, a leggyakoribbakat pedig a kapcsolási túlfeszültségek jelentik, a védekezés határadatait a villámcsapások nagyságához igazítva határozták meg. A 100 kA-nál (10/350 μ s hullámalak) kisebb a villámok 80-90%-a. Ezt az értéket a családi házak, vagy ahhoz hasonló létesítmények belső villám-, és túlfeszültség-védelmének kell

kivédeni. A 150 kA-nál (10/350 μ s hullámalak) a villámok 95%-a kisebb. Ezt az értéket az egyszerűbb ipari berendezések, vagy irodák, vagy ahhoz hasonló létesítmények belső villám-, és túlfeszültség-védelmének kell kivédeni. A 200 kA-nál (10/350 μ s hullámalak) a villámok 98%-a kisebb. Ezt az értéket az ipari berendezések, elektronizált irodák, vagy ahhoz hasonló létesítmények belső villám-, és túlfeszültség-védelmének kell kivédeni. A 200 kA-es a határértékeket meghaladó villámcsapások is előfordulhatnak, de számuk kevesebb, mint a villámcsapások 2%-a. Gazdasági megfontolásokból a technikai védekezés eszközeit és módszereit úgy állították össze, hogy a 200 kA-es villámnál kisebb villámok hatását a védelmi rendszer a védett berendezések, és a védőkészülékek meghibásodása nélkül tudja kivédeni. Az ezt meghaladó igénybevételek esetén a védőkészülékek, vagy a védett berendezések valamelyike meghibásodhat. **Tehát abszolút biztonság nincsen, csupán tervezhető kockázat van.** A nyugateurópai biztosító társaságok ipari villámkár biztosítást csak úgy kötnek, ha a szabványoknak megfelelő műszaki védelmi rendszer ki van építve. Ebben az esetben a maradék (2%, 5%, 10-20%) kockázat terheit vállalja magára a biztosító azzal, hogy a káresetek következményeit megtéríti.

A villámáramok %-os megoszlását a **6. ábra** szemlélteti. A villámáram 50%-a a külső villámvédelmi földelőn keresztül folyik a föld felé, a másik 50% pedig az épülethez csatlakozó valamennyi fém vezetéken fog azok impedanciájának megfelelően a távoli földpont felé folyni. Mennél több vezető, kábel csatlakozik az épülethez, annál kisebb ágáram esik egy-egy vezetékre.



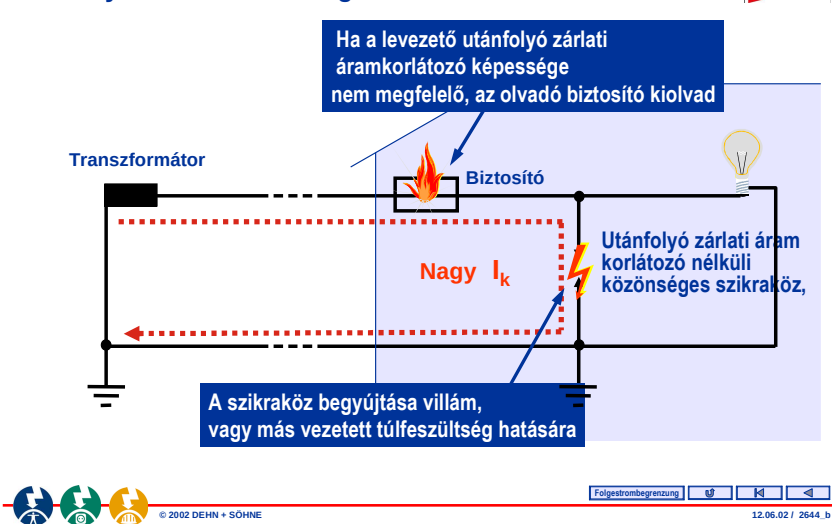
6. ábra
A villámáramok megoszlása

6. Az utánfolyó zárlati áramról

Ha azt akarjuk, hogy a védett berendezésünket a túlfeszültség ne tegye tönkre, akkor a berendezés elé túlfeszültség-védelmet (korlátozást) kell beépíteni. A túlfeszültség-korlátozás vázlatát. A 7. ábra szemlélteti.

Az áramellátás biztonsága?

Utánfolyó zárlati áram megszüntetése - korlátozása



7. ábra

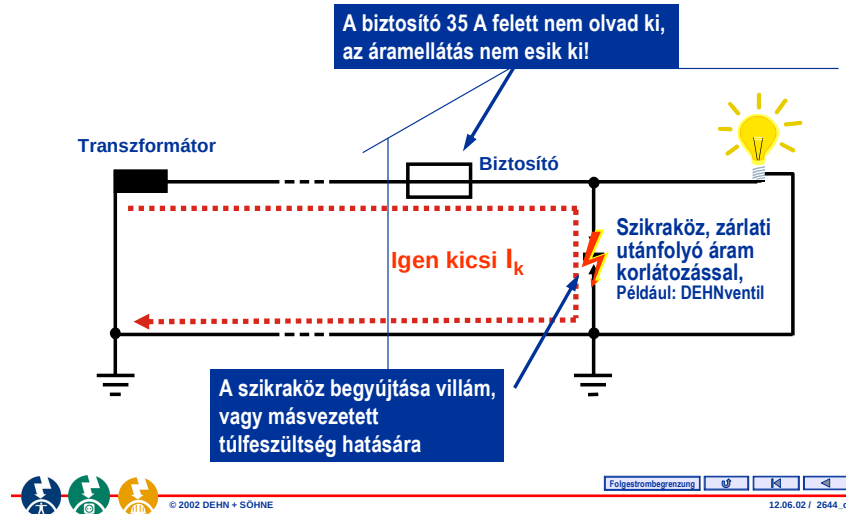
A túlfeszültség korlátozása zárlati áram korlátozás nélkül

Látható, hogy a túlfeszültség-védelem működése azzal jár, hogy a transzformátor a szikraköz égési feszültségét táplálja és ez nagy zárlati áramot idéz elő, és az olvadó biztosító túlterhelődik és kiolvad. Ezzel a megoldással megvédtük ugyan a túlfeszültségtől a fogyasztót, de megszakad a villamos energiaellátás, és ezzel lehet, hogy ugyancsak kárt okoztunk! Tehát a túlfeszültség-levezetőknek úgy kell működniük, hogy a túlfeszültség korlátozás mellett azok működését a villamos hálózat észre se vegye, és az energiaszolgáltatás ne szakadjon meg.

Ezért a túlfeszültség-védő eszköznek olyannak kell lennie, hogy **a méretezett túlfeszültség korlátozás** mellett **méretezett utánfolyó zárlati áram korlátozással** is rendelkeznie kell.

Az eddigiekben a külső eredetű (villámok) okozta túlfeszültségekről beszéltünk. Hasonló hatásúak a kapcsolási túlfeszültségek is, csak azok nagyobb gyakorisággal fordulnak elő és energiatartalmuk kisebb. A kapcsolási túlfeszültségek kezelési módja megegyezik a villámok okozta túlfeszültségével.

**Az áramellátás biztonsága?
Utánfolyó zárlati áram megszüntetése - korlátozása**



8. ábra
A túlfeszültség korlátozása zárlati áram korlátozással

7. A belső villám-, és túlfeszültség-védelem építőelemei

A belső villám-, és túlfeszültség-védelem készülékeit ma háromféle építőelemből készítik:

- szikraközökből,
- feszültségfüggő ellenállásokból,
- félvezető diódákból.

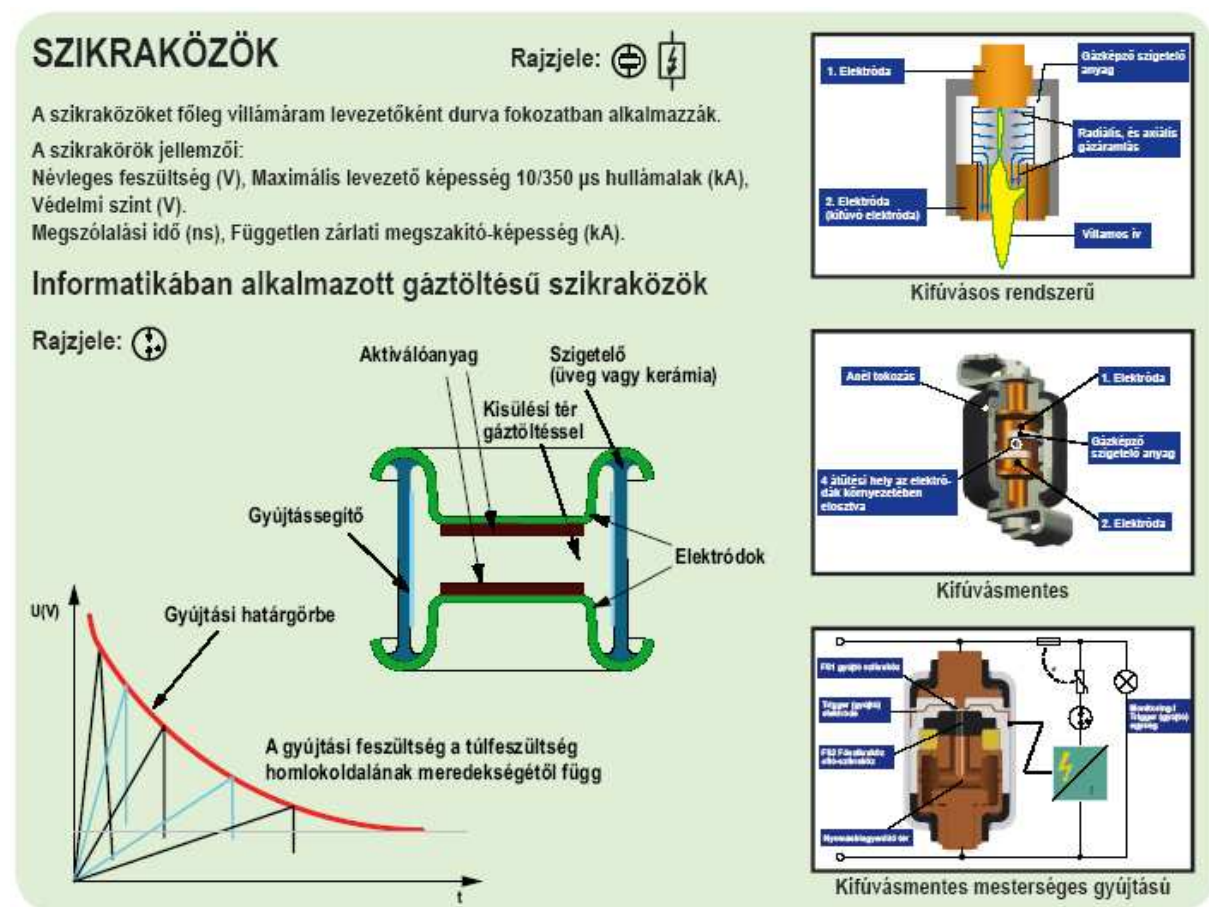
7.1 Szikraközök

A szikraközöknek igen sokféle konstrukciós változata létezik. Ezeket többféle szempontból lehet csoportosítani.

- Az elektródák elrendezése szerint lehetnek normál, és kúszó szikraközök.
- Az elektródákat körülvevő atmoszféra szerint lehetnek lég-szikraközök, és gáztöltésű szikraközök.
- Az ívkifúvás szempontjából lehetnek kifúvásos rendszerű, vagy zárt, kifúvásmentes szikraközök.
- A begyújtás szempontjából lehetnek természetes gyújtású, vagy mesterséges gyújtású szikraközök.

A konstrukció kialakításánál az a jellemző törekvés, hogy

- a névleges feszültséget a lehető legkisebb mértékben meghaladó feszültségnél már lépjen működésbe,
- a levezető képessége (impulzus áramterhelhetősége) a lehető legnagyobb legyen,
- az égési feszültsége a lehető legalacsonyabb legyen,
- igen rövid időn belül szólaljon meg,
- az utánfolyó (független) zárlati áram megszakítóképesége a lehető legnagyobb legyen,
- A túlfeszültség-védelem és a túláram védelem illesztése a lehető legegyszerűbb legyen. (Lehetőleg ne kelljen előtét biztosítókat alkalmazni.)



9. ábra
A szikraközök és legfontosabb tulajdonságai

A lég-szikraközöket általában a villamos energiaellátásban, a gáztöltésű szikraközöket pedig az informatikai hálózatokban alkalmazzák. A szikraközök jellemzője, hogy a gyújtási feszültség nagysága erősen függ a túlfeszültség impulzus meredekségétől. Lásd a gyújtási határgörbét. Például egy 90V-os névleges feszültségű gáztöltésű szikraköz gyújtási feszültsége az 1kV/ μ s meredekségű

túlfeszültség tüske esetén kb. 900 V. Ha ugyanerre a szikraközre a rákapcsolt feszültséget lassan növeljük, azt tapasztaljuk, hogy, a szikraköz kb. 90 V-nál begyújt.

A 9. ábra jobb oldalán a villamos energiaellátásban alkalmazott légszikraközök láthatók. Az elektródák elrendezésével érik el azt, hogy a névleges feszültség felett, ahhoz mennél közelebb gyújtson be a szikraköz. Az ív hatására az elektródák közötti szigetelő anyagból képződő gáz az ívet igyekszik összenyomni, (keresztmetszetét csökkenteni) és a hosszá megnövelni (az ívet elfújni) Ez a folyamat történhet úgy, hogy a szikraköz az ívet a szabadba fújja ki, vagy történhet úgy, hogy a folyamat zárt acél kapszulába zárva zajlik le. A gyújtási feszültség itt is a feszültség-impulzus meredekségétől függ. Ha a szikraköz rendelkezik egy harmadik, ún. gyújtó elektródával, amelyre a túlfeszültség impulzussal szinkronban külön gyújtó-feszültséget kapcsolunk, akkor a fő szikraköz begyújtása természetes gyújtási feszültség alá csökkenthető. Ennél a konstrukciónál elérhető, hogy egy készülékben megvalósul az alacsony (kisebb, mint 1,5 kV) gyújtási feszültség, és a nagy (75 kA) levezető képesség. A szikraközök működésével kapcsolatosan lásd a mellékelt video anyagot.

7.2 Varisztorok

A varisztorok olyan nem lineáris ellenállások, amelyeknek az áram-feszültség jelleggörbáját a 10. ábra szemlélteti. Az ábrán egy 440 V-os varisztor jelleggörbéje látható.

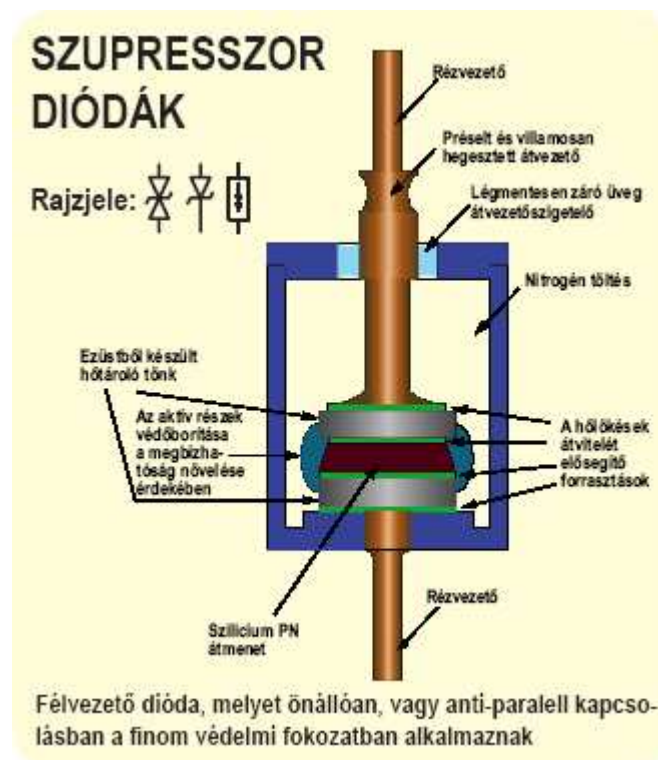


10. ábra
Varisztorok jellemzői

A varisztorokat fémoxidokból, jellemzően cinkoxidból, préseléssel és szinterezéssel (égetéssel) állítják elő. A varisztor lapkák a névleges feszültség alatt szigetelőként viselkednek, szivárgó áramuk igen kicsi. A névleges feszültség közelében a jelleggörbén van egy lépcső, ahol a feszültség-változás hatására a szivárgó áram ugrásszerűen megnő, azaz a varisztor átmegy vezető állapotba, és innen igen kis feszültség-változás is igen nagy ellenállás csökkenést okozva azt eredményezi, hogy a feszültség alig nő a kapcsain, csak az átfolyó áram nő. Ezt a tulajdonságát használják ki a túlfeszültség-védelemben. A varisztorokat túlfeszültség levezetőként, általában a közepes, vagy finom védelmi fokozatokban alkalmazzák, jellemzőit 8/20 μ s hullámalakra adják meg. a különböző névleges feszültségű varisztorok jelleggörbéje hasonló a 10. ábrán bemutatottakhoz, de a „lépcső” más feszültség értéknél van.

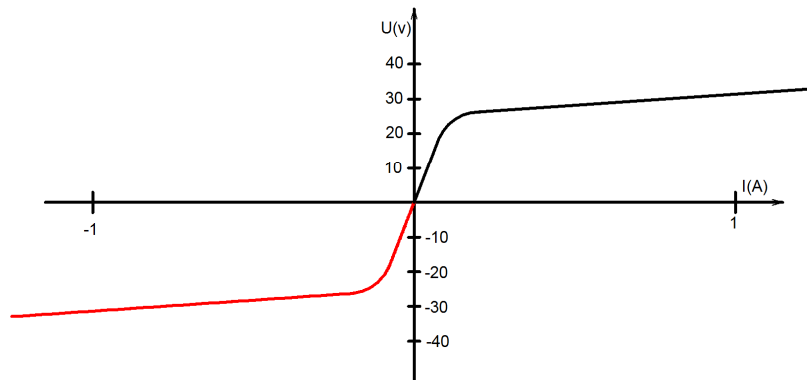
7.3 Szupresszor diódák

A szupresszor diódákat a túlfeszültség-védelem finom fokozataiban alkalmazzák feszültség korlátozásra. Jelleggörbéjét a 12. ábra szemlélteti. Túlfeszültség levezetőben vagy egyedül, vagy antiparalell kapcsolásban építik be. Terhelhetőségét 8/20 μ s hullámalakra adják meg. A terhelhetőséget (kA) a dióda hőelvezető képessége határozza meg.



11. ábra
Szupresszor dióda felépítése

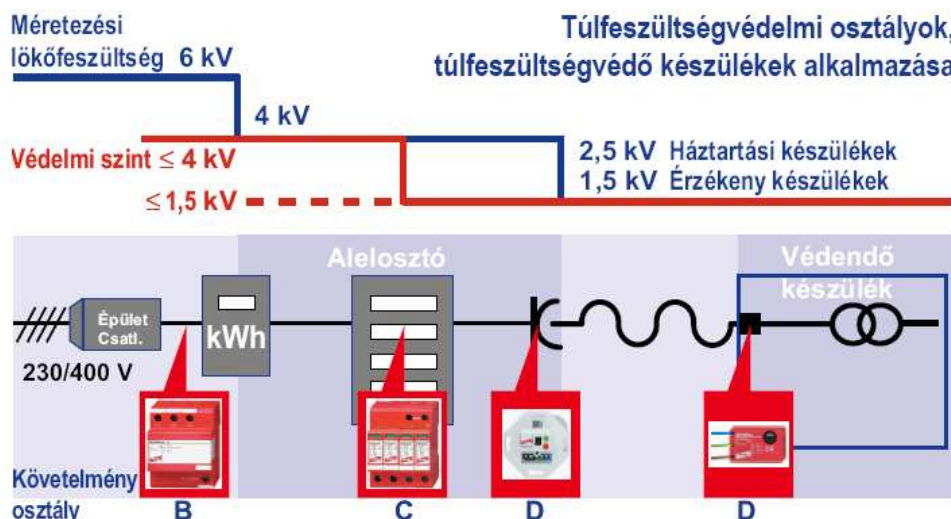
A dióda jelleggörbéjének „könyökpontját” a dióda konstrukciójával alakítják ki.



12. ábra
Szupresszor dióda áram-feszültség jelleggörbéje

8. A 3x 400/230 V 50 Hz-es hálózatok belső villám-, és túlfeszültség-védelme

A 3x230/400 V 50 Hz feszültségű hálózatokon a technika mai állása szerint a túlfeszültség-védelmet több lépcső kiépítésével oldják meg. A több fokozat azért szükséges, mert villámimpulzus nagy energiatartalmat csak több fokozatban lehet levezetni úgy, hogy a maradék túlfeszültség alatta maradjon a védendő készülék szigetelési szilárdságának.

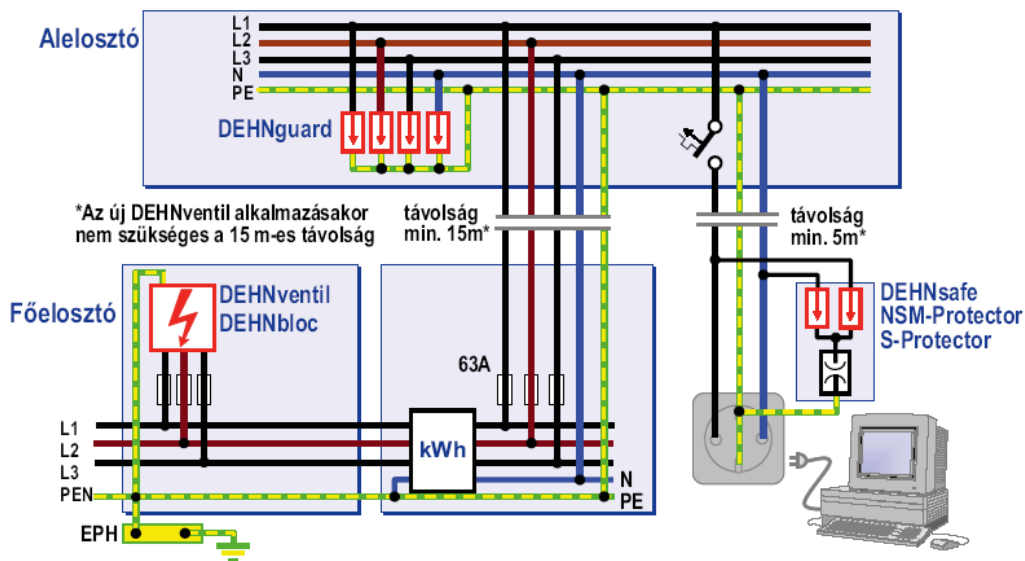


13. ábra
Áramellátás többlépcsős védelme

Az épület csatlakozás előtti áramszolgáltatói területre a szabványok **6 kV**-ban határozzák meg a túlfeszültségtűrés szintjét. Az épületen belül, a fogyasztásmérő és az alelosztók közötti hálózati szakaszra **4 kV**, az alelosztók és a fogyasztói csatlakozások közötti szakaszra **2,5 kV**, az érzékeny fogyasztókra pedig **1,5 kV**. Ez azt jelenti, hogy az adott szakaszon belül alkalmazott minden berendezésnek ezt a túlfeszültség-igénybevételt el kell tudni viselni. Tehát a különböző helyekre beépített védőkészülékeknek **e határadatok alá** kell korlátozni a túlfeszültség mértékét a lökhullám energiájának ülemszerű levezetése mellett.

Ennek az elvnek megfelelő többlépcsős védelmet szemléltet a 13. ábra. Látható, hogy az ábrán a „D” fokozat kétszer szerepel. Ez azt az esetet szemlélteti, amikor a védendő készülék minősítése szerint 1, 5 kV-os túlfeszültség-tűskét visel el, és azt a fali csatlakozótól 5 m kábeltávolságon kívül használják. Ekkor a „D” védelmet közvetlenül a készülék kapcsain meg kell ismételni. Ugyanis a hosszú csatlakozó vezeték csatolás révén képes annyi túlfeszültséget összeszedni, amivel a fali csatlakozónál lévő 1,5 kV-os túlfeszültség-határolás ellenére a készülék bemenete káros mértékű túlfeszültséget kaphat.

TN-C-S hálózat koordinált védelme



14. ábra
Áramellátás többlépcsős védelme

Az **MSZ 447:1998/1M:2002** szabvány, a kisfeszültségű hálózatokra kapcsolás feltételeivel foglalkozik. Ez a szabvány az áramszolgáltatói részre (a fogyasztásmérő elé) a villámáram levezető beépítését a fogyasztó költségén engedi meg. Az alkalmazott villámáram levezetőnek szivárgóáram-mentesnek kell lennie, hogy az áramszolgáltató méretlen hálózatán a védelem a veszteségeket ne növelje.

A 14 ábrán vázolt megoldásban ennek a feltételnek kétfajta villámáram levezető tehet eleget. A DEHNventil egy olyan villámáram levezető, amelyben két levezető fokozat van egybeépítve. A levezető „B” fokozata egy tokozott, mesterséges gyújtású

szikraköz, amely képes a 100 kA-es villám (ág) áram levezetésére, és a „C” fokozat, amely gáztöltésű szikraközből, varisztorból és gyújtóegységből áll, és biztosítja azt, hogy a fogyasztásmérőt már csak max. 1,5 kV-os túlfeszültség igénybevétele érje. Ez a „kombi” levezető ma a legmodernebb, mert egyesíti a nagy levezető-képességet és az alacsony védelmi szintet.

A DEHNbloc/3 villámáram levezető tokozott szikraközökből áll, amelyek együttesen a 100 kA-es villám (ág) áram levezetésére alkalmasak, 4 kV-nál kisebb túlfeszültség határolás mellett.

A fogyasztásmérő után, az alulosztó (k) ban a „C” osztályú DEHnguard varisztoros túlfeszültség-levezetők szolgálnak a csatolás útján behatoló 8/20 µs-os hullámalakú túlfeszültségek 2,5 kV-os érték alá való korlátozására.

A fogyasztói csatlakozásoknál a „D” osztályú DEHN-safe, az NSM-Protector, S-Protector, vagy a DEHNflex-M túlfeszültség-levezető szolgál a 8/20 µs-os hullámalakú túlfeszültségek 1,5 kV-os határérték alá való korlátozásra.

Villámcsapás, vagy a kapcsolási műveletek keltette tranziensek esetén először mindig a legérzékenyebb „D” osztályú védelmi fokozat lép működésbe: összezárja a vezetékeket, és a földelést. Ekkor a védőkészülékre rákényszerített zárlati áram egyre nő, és nem szabad megengedni, hogy ez a rákényszerített áram meghaladja a védőkészülék levezető képességét. Gondoskodni kell arról, hogy mielőtt elérné a védőkészülék levezetési határértékét, a megelőző fokozat vegye át a levezetést, azaz kommutáljon át a folyamat a „C” osztályú fedővédelemre. Ha a túlfeszültség olyan nagy, hogy a „C” osztályú védőkészülék határ-igénybevételehez közelít, tovább kell kommutálni a zárlati áramot a „B” osztályú fokozatra. Ezt a kommutációs folyamatot a fokozatok közötti vezetékek induktivitása vezérli. A fokozatok közötti vezeték hosszra előírás, hogy a „B” és „C” osztályú levezetők között legalább 15 m vezeték, vagy kábelhossz, a „C” és „D” osztályú védőkészülékek között pedig legalább 5 m vezeték, vagy kábelhossz legyen. A kommutáció ugyanis úgy zajlik le, hogy a túlfeszültség levezető működésekor a vezetéken átfolyó (zárlati) áram a vezeték induktivitásán, (az ohmos ellenállást elhanyagoljuk) $-L di/dt$ feszültséget hoz létre, ami hozzáadódik a levezető „égési” feszültségéhez. Ha e két feszültség összege eléri a megelőző védő-készülék gyújtási feszültségét, a fedővédelem begyújt, és a levezetés átkommutál a fedővédelemre. Ha a fokozatok közötti illesztés nem megfelelő, vagy a fedővédelem hiányzik, a szükségesnél kisebb levezető-képességű fokozat felrobban!