

## [ Túlvezetés védelem elvi kérdései ]

## Bevezetés

A XX. század végén élő emberek mindennapi életét teljes egészében átszövi az elektronikus készülékek, berendezések és hálózatok használata. Gondolatban áttekintve egy átlagos ember körülményeit megállapíthatjuk, hogy otthonában telefon, televízió, videó és HIFI berendezés valamint háztartási gépek találhatók, míg a munkahelyén telefon és fax készülékek, fénymásolók és személyi számítógépek segítik munkavégzését. Egyre növekvő számban a munkahelyeken azonban nemcsak a termelést támogató "háttér" tevékenység, hanem egyáltalán az egész munkafolyamat nem képzelhető el elektronikus berendezések nélkül, gondoljunk csak például a bankokra, adatfeldolgozó hivatalokra, az iparban az összetett mérő-, vezérlő és szabályzó rendszerekre vagy a távközlés területére.

Az valószínűleg mindenki számára nyilvánvaló, hogy az elektronizáció még nem érte el fejlődésének határait, további folyamatos térhódítása várható. Ezek a rendszerek megkönnyítik és hatékonyabbá teszik mind otthoni életünket, mind pedig munkavégzésünket. Előnyeik mellett azonban új, eddig még nem tapasztalt problémák is felvetődnek. Minél nagyobb számban integrálódnak e rendszerek életünkbe, annál inkább meghatározóvá válnak az elektronikai berendezésekkel szemben támasztott üzembiztonsági és megbízhatósági követelmények. Az elektronika meghibásodása, tönkremenetele esetén ugyanis nemcsak annak pótlásából, javításából eredő közvetlen költségekkel kell számolnunk, hanem közvetett költségekkel is, melyek nagyságrendekkel meghaladhatják a közvetlen költségeket. Melyek ezek a költségek?

Az elektronika üzemzavarának időtartamára a termelés, adatfeldolgozás leáll, ami természetesen termelés kieséssel valamint adatvesztéssel jár. A leállásból eredő elmaradt haszon mellett felmerülhetnek kötbér gondok is, az adatvesztéskor megsemmisült adatállományt pedig pótolni kell. Mindezek mellett, a technológiától függően akár vészhelyzet vagy környezetszennyeződés is kialakulhat. Könnyen belátható, hogy a felsorolt közvetett károk valóban az összkár lényegesen nagyobb részét teszik, tehetik ki, mint magának az elektronikának a pótlásából eredő kár.

A világméretű felmérések és elemzések azt mutatják, hogy az elektronikus rendszerek meghibásodásának legfőbb oka a túlfeszültség. A túlfeszültségből eredő közvetlen és közvetett károk jelentősen növekvő tendenciát mutatnak. Ennek a folyamatnak összetett okai vannak, nevezetesen

- egyre több elektronikai rendszer üzemel;
- az elektronikai készülékek és alkatrészek méretcsökkenéséből adódóan túlfeszültség érzékenyséjük nő;
- az elektronikus berendezéseket rendszerbe foglaló hálózatok hossza és felülete egyre nagyobb;
- az erősáramú berendezésekbe beépített önálló (nem rendszer szintű) félvezető alkatrészek száma is növekszik.

Az eddigi eszmefuttatásból következően napjaink, illetve a közeljövő egyik leginkább előtérbe kerülő kérdésköre a túlfeszültség-védelem lesz, ami kiterjed mind a villámcsapás, mind pedig a kapcsolási műveletből keletkező túlfeszültségek elleni védőintézkedésekre.

Ebben az ismertetőben a túlfeszültség-védelem témaköréből a kiefeszültségű berendezés tervezők, építők munkáját érintő kérdésekre igyekszünk választ adni.

## Az elektromágneses összeférhetőség (EMC) fogalma

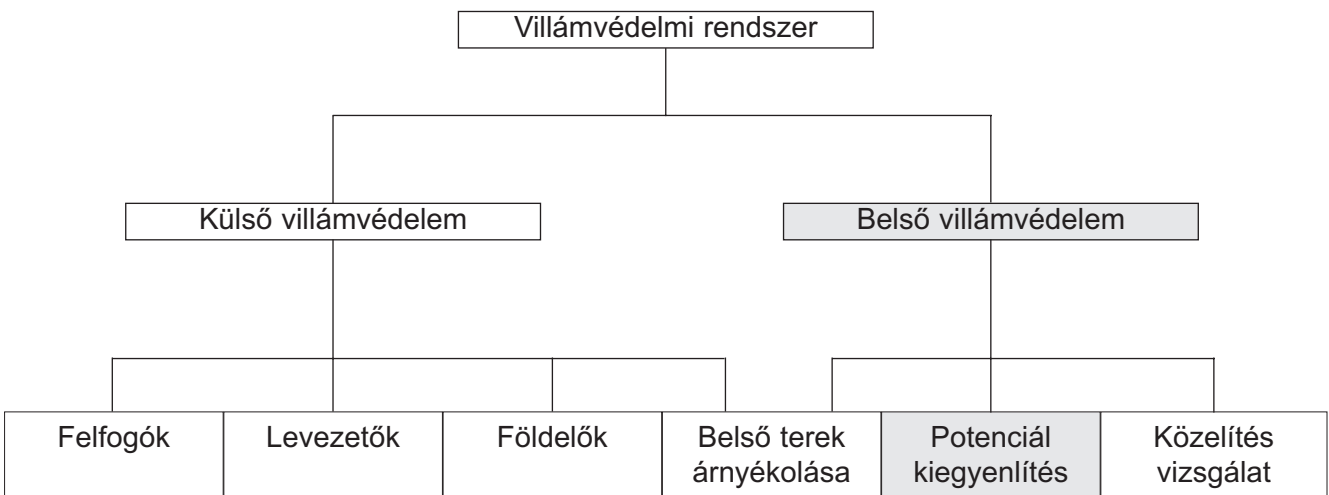
A villámcsapás egy nagy energiájú természeti jelenség, amelynek során, 100kA csúcsértékű villámáramot feltételezve, akár több száz MJ energia szabadulhat fel, míg az elektronikus berendezések károsításához néhány mJ energia is elegendő! Ha a villámcsapás köré rajzolható veszélyzónaköröket vizsgáljuk, akkor az 1. táblázatból látható, hogy 10km távolságban a villámcsapás helyétől még 20V túlfeszültség indukálódik egy 1m hosszú vezetőkben.

A villámcsapás helyétől mért távolság km	Függőleges irányú villamos erőtér V/m	1 méter hosszú vezetőkben indukált feszültség V
10	110	20
1	1100	200
0,1	11000	2000

1. táblázat

Elektronikus berendezéseinket tehát nemcsak a közvetlen villámcsapástól, hanem annak közvetett hatásaitól is védeni kell.

Az elektromágneses összeférhetőség (EMC: electromagnetic compatibility) fogalma olyan villámvédelmi berendezések és teendők együttesét jelenti, amelyeknek a segítségével a villámcsapás által keltett villamos és mágneses térerő és térerőváltozások csúcsértékei a védett tér védőzónáiban a vonatkozó MSZ EN 61 000 szabványban megadott értékek alá korlátozódnak. A korlátozás eredményeképpen nem károsodnak az elektronikai rendszerek illetve az élet- és vagyonbiztonság nő. A védelmi rendszer elvi felépítése az 1. ábrán látható:



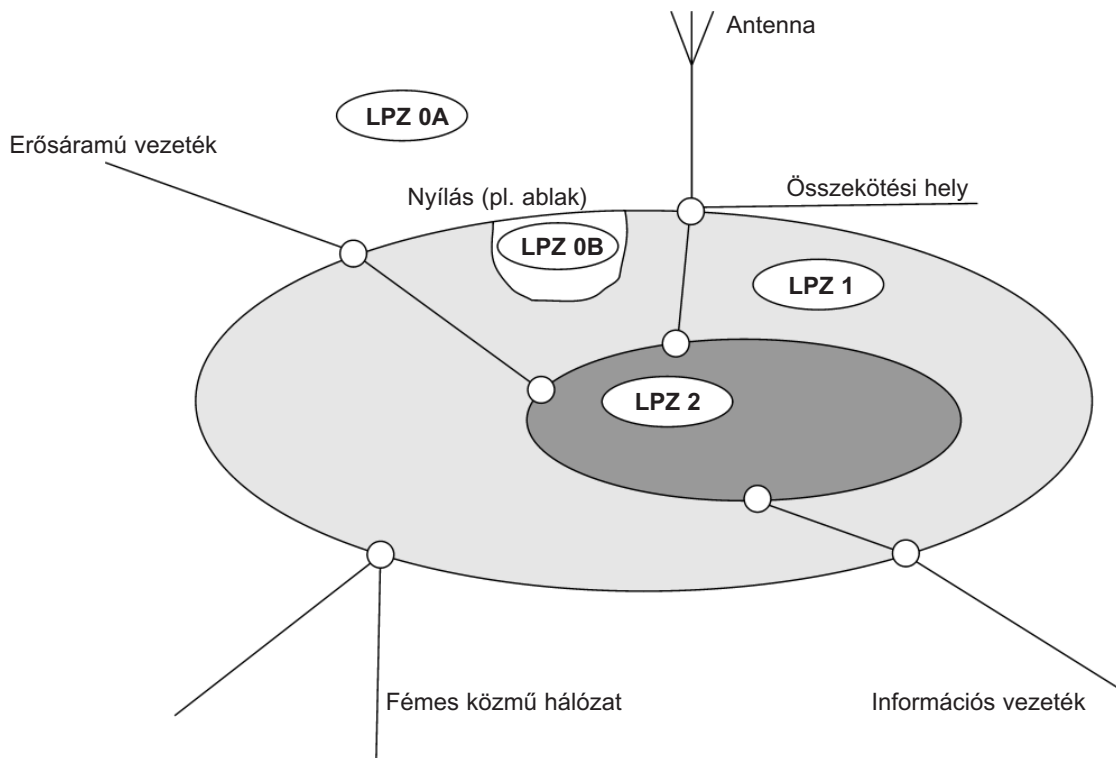
1. ábra

A felvázolt bonyolult és komplex villámvédelmi rendszernek csak az ábrán besötétített szegmensével fogunk a továbbiakban foglalkozni, mivel ez az a terület, amelyik szorosan kötődik a kisfeszültségű berendezés tervezéséhez és építéséhez. **Természetesen az ez alapján megtett intézkedések csak szükségszerű, de önmagában nem elégséges feltételei a teljes védelemnek!**

Mielőtt rátérnénk a gyakorlati problémák elemzésére, meg kell vizsgálnunk néhány elméleti fogalmat, amelyek nélkül a gyakorlati megoldások nem magyarázhatók meg.

## A villámvédelmi zónák (LPZ)

Az elektromágneses villámimpulzus ellen védendő teret védelmi zónákra (LPZ: lightning protection zone) kell osztani, amelyekben meg kell határozni a különböző elektromágneses hatásoknak kitett térrészeket és a zóna határon ki kell jelölni a csatlakozási pontokat. A zónák legfőbb jellemzője az, hogy a zónahatárokon az elektromágneses veszélyeztetés jelentősen lecsökken. A védelmi zóna felosztás elvét a 2. ábra mutatja (MSZ IEC 1312-1 szerint).



2. ábra

**LPZ 0A:** Az a védőzóna, ahol a berendezések közvetlen villámcsapásnak vannak kitéve és az elektromágneses erőter csillapítatlanul létrejön.

**LPZ 0B:** Az a védőzóna, ahol a berendezések nincsenek közvetlen villámcsapásnak kitéve, de az elektromágneses erőter csillapítatlanul létrejön.

**LPZ 1:** Az a védőzóna, ahol a berendezések nincsenek közvetlen villámcsapásnak kitéve és a zónán belül az áram minden vezetőszerkezetben korlátozva van a 0A és 0B zónákhoz képest, továbbá az árnyékolástól függően az elektromágneses erőter is csillapítva van.

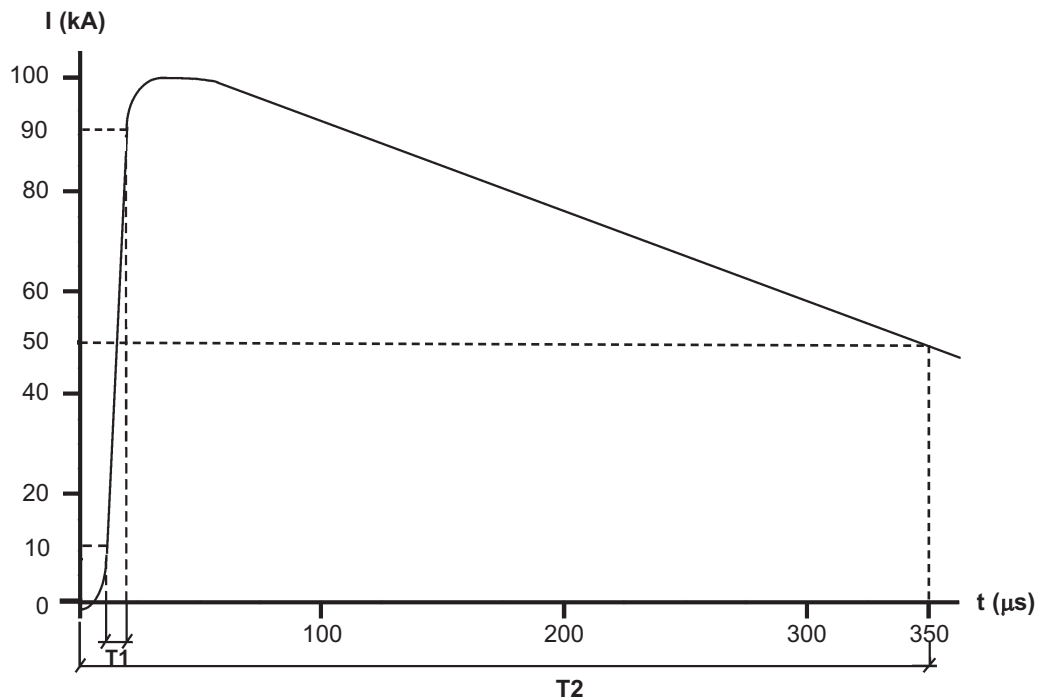
**LPZ2 és további magasabb rendű zónák:** ha még kisebb vezetési áramot és/vagy elektromágneses erőteret lehet megengedni. Az ezekkel a zónákkal szemben támasztott követelményeket a védendő rendszerre megengedett elektromágneses mikrokörnyezeti jellemzők határozzák meg.

## A villámáram

Egy épületet, létesítményt érő villámcsapás áramát bonyolult és költséges elemzések, számítások elvégzése után lehet prognosztizálni. E nehézkes és drága eljárás helyett van egy másik út is, nevezetesen amikor a leendő villámkisülés áramát a szabványokban megadott jelalakkal helyettesítjük. A szabványos villámáram egy impulzus, amely a következő paraméterekkel írható le:

- csúcserő (kA); I
- homlokidő ( $\mu\text{s}$ ); T1
- tetőesés félértékidő ( $\mu\text{s}$ ); T2

Ezek az adatok megjelennek a védelmi készülékek adattábláján is, mutatva az adott készülék felhasználási határait. Egy szabványos impulzus alakja a 3. ábrán látható, míg a 2. táblázat tartalmazza a különböző impulzusok adatait.



3. ábra

Impulzus		10/350*	8/80	8/20
Csúcserő	I(A)	100	100	5
Homlokidő	T1( $\mu\text{s}$ )	10	8	8
Tetőesés	T2( $\mu\text{s}$ )	350	80	20
Töltés	(As)	50	10	0,1
Spec.energia	kJ/ $\Omega$	2500	500	0,4

A \*-gal jelölt impulzus látható a 3. ábrán.

2. táblázat

A 2. táblázat első két oszlopában lévő villámáramok az LPZ 0 védőzónában csillapítatlanul lépnek fel. Az LPZ 1 és ennél magasabb zónákban a csillapítások figyelembevételével a villámimpulzus zavaró hatása megadható üresjárásban egy lökőfeszültség-impulzussal, rövidzárban pedig egy lököáram-impulzussal, amelyekkel az adott védelmi rendszerek vizsgálhatók és minősíthetők. A lökőfeszültség és a lököáram csúcsértékeinek hányadosa a zavarimpedancia. Az LPZ 1 védőzónában az erősáramú és távközlési jelvezetékeken fellépő villámzavarok a 3. táblázatban láthatók.

Védelmi követelmény	$U_1$ 1,2/50 kV	$I_k$ 8/20 kA	$Z_s$ $\Omega$
magas	10	10	1
normális	10	5	2

ahol  $U_1$  az üresjáratú lökőfeszültség csúcsértéke  
 $I_k$  a zárlati lököáram csúcsértéke  
 $Z_s$  a zavarimpedancia  
 az impulzust jellemző  
 első szám a homlokidő,  
 a második pedig a tetőesés félértékidő  $\mu$ s-ban

### 3. táblázat

A megfelelően csökkentett amplitúdójú zavarok természetesen a magasabb védelmi zónákban is felléphetnek.

#### Az erősáramú berendezések kapcsolásából eredő túlfeszültség

Az erősáramú berendezések kapcsolásával (üzemi és túláramvédelmi egyaránt) előidézett elektromágneses zavarok a gyakorlatban lényegesen többször lépnek fel, mint a villámáram keltette zavarok. Ipari telepeken különösen a munkaidő kezdetén és végén, valamint műszakváltásokkor lehet megfelelő műszerrel rengeteg túlfeszültségtűskét regisztrálni.

A vezetékeken fellépő, kapcsolási eredetű szélessávú zavarokat a szabvány energiadús és energiaszegény impulzusokra osztja. Az energiadús zavarok az LPZ 1 villámvédelmi zónában villámhatásként jelentkező villámzavarral azonosíthatók, így az előző pontban ismertetett lököimpulzusokkal modellezhetők, míg az energiaszegény zavarok rákényszerített 5/50ns-os feszültségimpulzussal jellemezhetők.

## A villamos energiaellátó hálózat többlépcsős villám- és túlfeszültség-védelme

Az elektronikus berendezések hibamentes működése érdekében a készülék környezetében a villamos és a mágneses térerő és térerőváltozás csúcserőit az előírt határokon belül kell tartani. Emiatt, az eddigiekből következően, a villámvédelmi zónahatárokon a vezetékeken terjedő túlfeszültség-impulzusok korlátozására potenciál kiegyenlítő túlfeszültség-levezetőket kell elhelyezni. **Elmondható tehát, hogy a túlfeszültség-védelem egymásután telepített, egymással összehangolt túlfeszültség-levezetők telepítését követeli meg az energiaellátó hálózaton.**

A szabványos túlfeszültség hullámok paramétereiből kitűnik, hogy az egyre magasabb számú LPZ határokon beépítendő túlfeszültség-levezetők impulzus igénybevétele egyre kisebb. Az LPZ 0/1 határon lévő készülékeknek a teljes villámáramot kell tudniuk levezetni, míg a többi készülék impulzusterhelése lényegesen kisebb!

A beépítendő túlfeszültség-levezetők kiválasztása során azok lépcsőzetesen csökkenő védelmi szintjeit és a beépítési hely után következő vezeték szakasz előírt méretezési lökőfeszültségeit össze kell hasonlítani és ellenőrizni kell, hogy

- a túlfeszültség-levezető védelmi szintje a készülék utáni szakaszon az ott előírt lökőfeszültség-határérték alá korlátozza-e a vezetéken fellépő impulzusok csúcserőit,

- a védelmi készülék képes-e az adott helyre jellemző szabványos impulzust levezetni.

A hálózatok méretezési lökőfeszültség értékeit a 4. táblázat, a levezetők védelmi szintjeit pedig az 5. táblázat tartalmazza.

Föld és vezető közötti feszültség (V)	Túlfeszültség osztályok méretezési lökőfeszültség értékei (V)			
	I.	II.	III.	IV.
50	330	500	800	1500
100	500	800	1000	2500
150	800	1500	2500	4000
300	1500	2500	4000	6000
600	2500	4000	6000	8000
1000	4000	6000	8000	12000

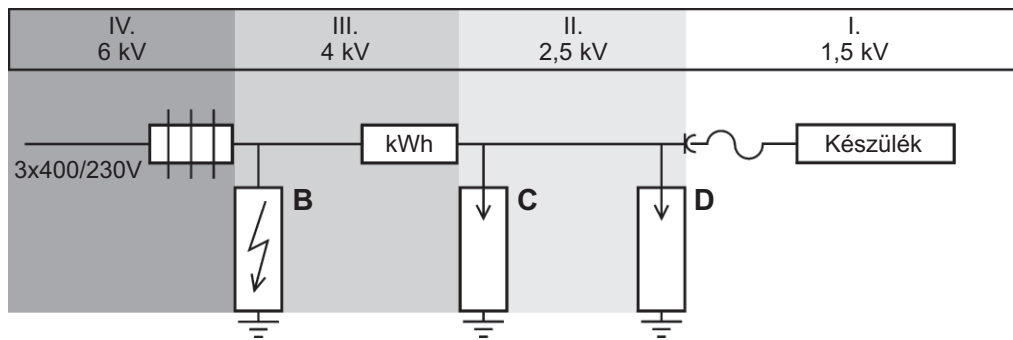
A 300V-os sor vonatkozik a 400/230V, 50Hz-es hálózatra.

### 4. táblázat

Méretezési lökőfeszültség kategória:	I.	II.	III.	IV.
A védőkészülék osztálya:	A	B	C	D
A készülék védelmi szintje:		4 kV	2,5 kV	1,5 kV
A készülék levezető-képessége:		100 kA	10 kA	1,5 kA
Vizsgáló impulzus:		10/350	8/20	8/20
Spec. energia:		2500 kJ/Ω	500 kJ/Ω	0,4 kJ/Ω

### 5. táblázat

A többlépcsős védelmi rendszer elvi felépítése a 4. ábrán látható.



4. ábra

A többlépcsős védelem tehát általában három védelmi készülékből áll:

- B osztályú villámáram-levezető,
- C osztályú túlfeszültség-védelem,
- D osztályú túlfeszültség-védelem ("finom védelem").

Az eddigi elméleti fejtegetéseket a berendezésgyártás gyakorlati nyelvére lefordítva az általános telepítési elv a következő:

- a főelosztóba B osztályú villámáram-levezetőt,
- az alelosztókba C osztályú túlfeszültség-védelmi készüléket,
- a védendő készülék elé pedig D osztályú finom védelmet

kell telepíteni.

A védelem fordított működésű, azaz mindig a legalacsonyabb védelmi szintű készülék (D) szólal meg először és kezd levezetni, vagyis a védelmi lépcsőben elhelyezett készülékek a hullámterjedés irányával ellentétes sorrendben, visszafele lépnek működésbe. Nagy impulzus energia levezetése esetén a D és C készülékek közötti vezetékszakasz impedanciáján, mint csatoló impedancián fellépő feszültségemelkedés hozzáadódva a D készülék védelmi feszültség szintjéhez működésbe hozza a C készüléket is, amikor az így kialakuló feszültség hullám csúcsértéke eléri a C készülék védelmi szintjét. A B készülék hasonló módon, de legutoljára szólal meg. Kiseb impulzusterhelés esetében előfordulhat, hogy a B készülék nem is lép működésbe.

A védelem működési leírásából kitűnik, hogy a védelem méretezésekor, telepítésekor két lényeges szempontot kell figyelembe venni:

- az egymásután telepített védelmi készülékek közötti előírt távolságot mindig be kell tartani, hogy a két készülék közötti vezetékszakasz impedanciája kellően nagy legyen ahhoz, hogy létrejöjjön a megfelelő feszültségemelkedés az előrébb lévő készülék begyújtásához,
- a készülékek védelmi szintje, áram levezető képessége, megszólalási ideje össze legyen hangolva, mert ellenkező esetben a védelem nem korlátoz a megfelelő szintre és a beépített védelmi készülékek felrobbannak valamint a védendő berendezés is meghibásodik.

**Összehangolt működés teljes biztonsággal csak akkor várható, ha a védelem megfelelően méretezett készülékeit egy gyártótól választjuk!**

## Telepítési szempontok

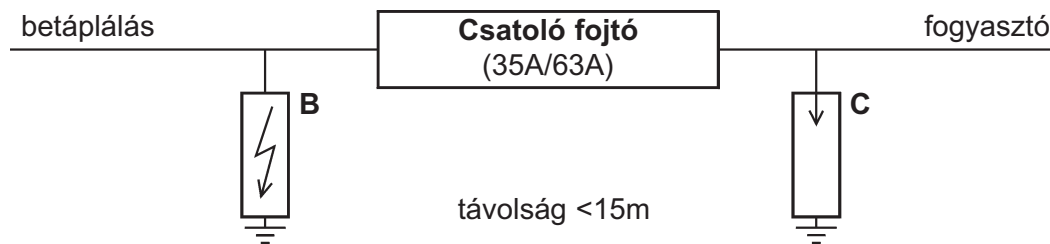
A készülékekhez adott leírás ugyan tartalmazza, de fontosságuk miatt, külön kiemelve, néhány lényeges telepítési, készülék beépítési szempontra szeretnénk felhívni a berendezés építők figyelmét.

A villámáram levezetésére alkalmas egyes B osztályú készülékek működése során ív kifújás léphet fel. Emiatt feltétlenül be kell tartani az előírt védő távolságot mind az egyéb készülékektől, mind pedig a tokozattól. Kis légterű, nagy tömítettségű tokozat esetében csak villámáramra bevizsgált, speciális (rugós) fedelű tokozat használható, mert különben az ív kifújásból származó légnyomás növekedés szétveti a tokozatot.

A védelmi készülékek bekötésénél törekedni kell a minél rövidebb vezetékek alkalmazására, aminek az indoka a következő:

A túlfeszültség-védelmi készülékekre megadott védelmi szintek csak a készülék kapcsain igazak. Ehhez a feszültséghez még hozzáadódik a bekötő vezetéken fellépő feszültségemelkedés is, amely nagy villámáram, indokoltnál hosszabb vezeték és nagy távolságú EPH csomópont esetében - jó védelmi készülék ellenére - a megengedettnél nagyobb túlfeszültség kialakulását eredményezheti a védett szakaszon.

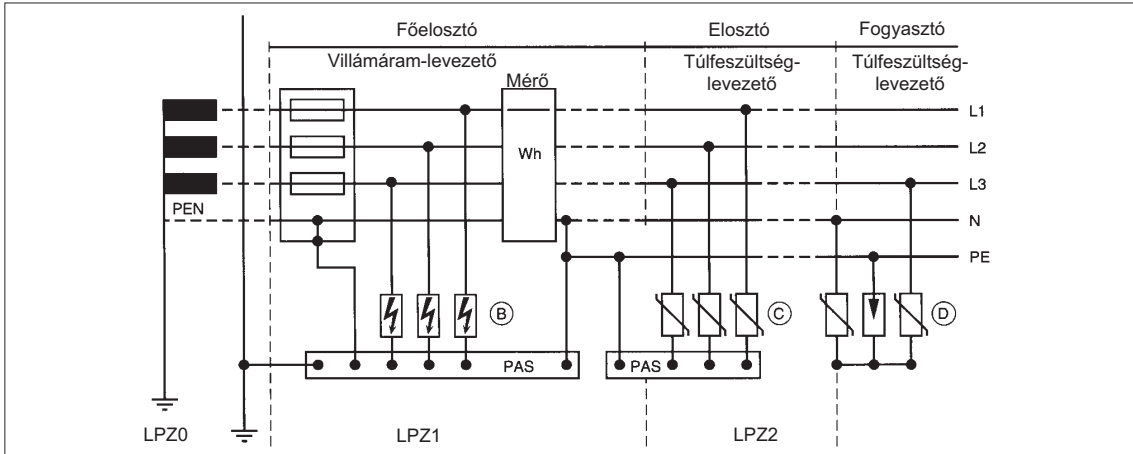
A több lépcsős védelem biztonságos működésének előfeltétele, hogy az egyes készülékek egymásután meg tudjanak szólalni. A szükséges feszültségemelkedés kialakulásához nélkülözhetetlen, hogy az egyes készülékek közötti vezeték szakasz impedanciája az előírt értékű legyen. Ennek értelmében telepítési követelmény, hogy a B és C osztályú levezetők között min. 15 méter vezeték legyen. Kisebb létesítmények esetében ezt a kritériumot nem lehet betartani, ezért ilyen esetekben úgynevezett "csatoló fojtó" beépítése szükséges (5. ábra).



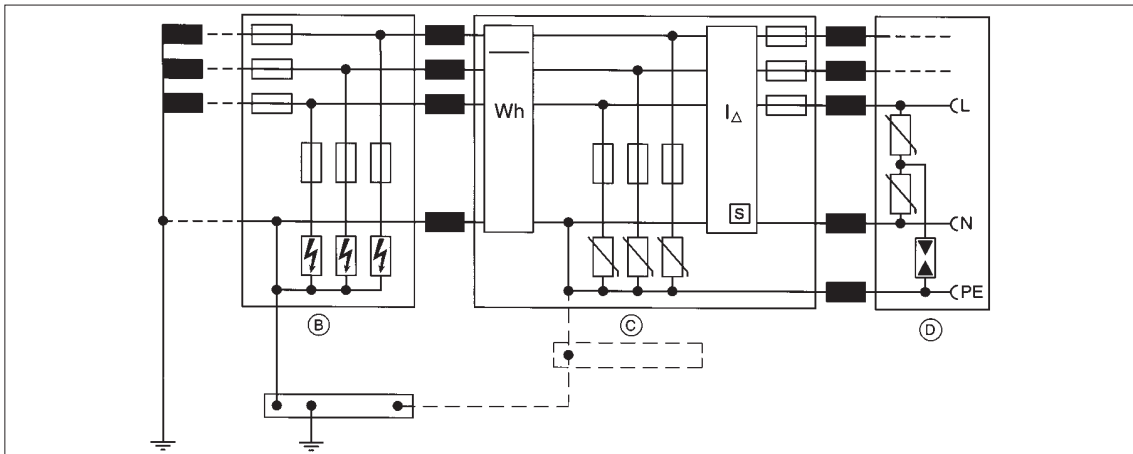
5. ábra

# Túlfeszültség-védelem elvi felépítése

## Védelmi készülékek elvi elhelyezése



## Levezetők alkalmazása TN-C/S rendszerben



## Levezetők alkalmazása TN-S rendszerben

