

Magyar Mérnöki Kamara

Hírközlési és Informatikai Tagozat

I.

**Vezetékes távközlő hálózatok
elektromágneses hatásokkal szembeni
védelme**

Tervezési szempontok

Műszaki segédlet

Janklovics Zoltán

HI-SZ - Hírközlési és mérnöki informatikai szakértő

2012

Előszó

A távközlési szolgáltatások folyamatos biztosítása érdekében mind a kábelhálózatnak, mind a berendezéseknek megfelelő védelemmel kell rendelkezniük a leggyakrabban előforduló elektromágneses hatásokkal szemben, ezért a távközlési kábelhálózat (-beleértve az épületen belüli kábelezést is -) tervezésekor figyelembe kell venni a hálózatvédelmi szempontokat is. E műszaki segédlet célja, hogy áttekintést adjon a kábelhálózat üzemére veszélyt jelentő elektromágneses hatásokról, a jelenleg hatályban lévő, alkalmazandó szabványokra, előírásokra, azok újdonságaira felhívja a figyelmet, továbbá a vezetékes távközlő hálózat tervezőinek, beruházóinak összefoglalja azon alapismereteket, amelyek a hálózatvédelmi feladatok megoldásához szükségesek.

Tartalom

1. A túlfeszültségek, zavaró hatások eredete
2. Erősáramú indukálás elleni védelem
 - 2.1 Áttekintés
 - 2.2 Az erősáramú indukálás menedzselése az MSZE 19410 szabvány szerint
 - 2.3 Az indukálás számítása
 - 2.4 Védelmi módszerek alkalmazása a távközlési hálózatban az indukált feszültségek és áramok csökkentésére
 - 2.5 Megközelítés és keresztezés
 - 2.6 Az indukálási vizsgálat dokumentálása
3. Villámvédelem
 - 3.1 Védelmi módszerek (a hazai gyakorlat)
 - 3.2 A védelem szükségességének a meghatározása
4. Elektromágneses összeférhetőség
 - 4.1 Az elektromágneses összeférhetőség biztosításának hálózatos szempontjai
 - 4.2 Az épületen belüli létesítés, kábelezés szabályai az EMC biztosításához

1. A túlfeszültségek, zavaró hatások eredete

A távbeszélő központok, a vonali és végberendezések távközlési hálózathoz közvetlenül, fémesen csatlakozó részei ki vannak téve a vezetékes (fémvezetőjű) távközlési hálózatban keletkező túlfeszültségek hatásainak. (A fémmentes fényvezetőjű kábelekben túlfeszültség nem lép fel, ezért ezen kábelek és az optikai berendezések hozzájuk csatlakozó részeinek túlfeszültségvédelmével nem kell foglalkozni.) Mivel a berendezések távközlési kábelhálózathoz csatlakozó részei a túlfeszültségek következtében megsérülhetnek, mind a kábelhálózatnak, mind a

berendezéseknek a leggyakrabban előforduló túlfeszültségekkel szemben megfelelő védelemmel kell rendelkezniük.

Az informatika térhódítása, a műszaki fejlődés egyre kisebb méretű berendezéseket eredményez, s ezek energiadisszipációs képessége is kisebb, s ezért érzékenyebbek a túlfeszültségekre, mint a régebbi berendezések. E mellett egyre több berendezés kerül alkalmazásra ún. nem ellenőrzött környezetben (utcai kabinetben, előfizetői telephelyen), ezért a távközlési rendszerekben beépített, árnyékolt területen is komoly hibakövetkezményekkel járó túlfeszültségekkel kell számolni.

A távközlési berendezéseket veszélyeztető külső eredetű túlfeszültség, zaj, vagy rendellenes működést eredményező zavarás származhat erősáramú indukálásból és légköri hatásból. Továbbá a távközlési berendezések telepítési környezetében található más berendezések is olyan összetett elektromágneses környezetet hozhatnak létre, amely zavarhatja a távközlési berendezések normál üzemét.

Az elektromágneses (EM) indukálás az az elektromágneses jelenség (az elektromágneses csatolások alábbi három típusával kifejezve), amelyet egy villamosenergia-létesítmény hozhat létre egy szomszédos távközlési létesítményben, és amely veszélyeztetést, károsodást, vagy zavarást okozhat ez utóbbiban [1].

Az erősáramú rendszerek a távközlő rendszerekben a következő módokon hozhatnak létre veszélyes túlfeszültségeket:

- *Konduktív csatolás* - melynek egy speciális esete az erősáramú és távközlő rendszer vezetőinek közvetlen érintkezése - elsősorban úgy jön létre, hogy a távközlő vonal az erősáramú rendszer valamely földelőjének (alállomás, oszlop, stb.), vagy kábel köpenyének potenciálterében végződik, vagy azon áthalad.
- *Induktív csatolás* az együtthaladó erősáramú és távközlő vonal közötti ún. földvisszavezetési kölcsönös impedancia útján valósul meg, és veszélyes feszültség jöhet létre akkor, ha az erősáramú rendszer áramának jelentős része a földön át záródik.
- *Kapacitív csatolás* az egymást megközelítő vagy keresztező erősáramú szabadvezeték és a távközlő légvezeték között jön létre. (A legalább 1 pontban földelt alu fólia árnyékolás ezen hatás ellen tökéletes védelmet nyújt.)

Az erősáramú hatások mellett a túlfeszültségek másik fő forrása a **légköri elektromos tevékenység**, mely sztatikus feltöltődés és villámcsapás útján hozhat létre a távközlő összeköttetésekben veszélyes túlfeszültségeket:

- *Sztatikus vagy kapacitív feltöltődés*
A zivatarfelhők villamos feltöltődése során a föld felszíne közelében jelentős térerősség alakulhat ki. Ennek hatására a föld felett haladó, a földtől jól szigetelt vezető, amely a földdel egy kondenzátort képez, jelentős feszültségre töltődhet fel.
A feltöltődéssel kapcsolatos energiák kicsik, azonban a vonalhoz fémesen csatlakozó berendezésekben károsodást okozhatnak.
- *A villámcsapás*
A villámcsapás alatt gyorsan változó elektromágneses térrel, és a levegőben kialakuló ioncsatornában, valamint - a föld felé történő villámcsapásnál - a talajban

nagy (10 kA nagyságrendű) áramokkal kell számolni. Ezek a távközlő vonalakban a következők szerint ébreszthetnek túlfeszültségeket.

- ◇ *Közvetlen villámcsapás* során a villámáram részben vagy teljes egészében belép a távközlő kábelbe. Közvetlen villámcsapásveszélynek elsősorban a föld feletti hálózatok vannak kitéve. A földalatti kábeleket is érheti közvetlen villámcsapás pl. akkor, ha a kábel a villámcsapás talppontja környezetében kialakuló ionizált talajrészen halad át. A távközlő vonalakra a közvetlen villámcsapás jelenti a legnagyobb túlfeszültség (és túláram) veszélyt.
- ◇ *Konduktív csatolás* útján keletkezik túlfeszültség akkor, ha a távközlő vonal a villámáram által a talajban előidézett potenciáltér hatásának van kitéve. Ez a helyzet pl. az adótornyokba vezető kábeleknél, amelyek a torony földelőrendszerén villámcsapás hatására kialakuló potenciálteret hidalják át, vagy minden olyan esetben, amikor a kábel egy villámáramot levezető földelő potenciálterén halad át.
- ◇ *Elektromágneses csatolás* útján veszélyes túlfeszültséget a felhő-felhő vagy a felhő-föld közötti villámáram gyorsan változó elektromágneses tere hozhat létre ún. közvetett villámcsapás formájában. Az indukáló hatás akkor jelentős, ha a villámáram pályája - a levegőben vagy a földben - többé-kevésbé párhuzamos a vonallal. Számottevő túlfeszültséget a vonal 3 km-es környezetén belüli villámcsapások hozhatnak létre.

A villámcsapás a villámáram időbeli lefutásához hasonló időbeli lefolyású, rövid idejű (100-1000 μ s) túlfeszültséget idéz elő, amely a vonalon, mint megosztott paraméterű rendszeren, vándorhullám formájában terjed a csapás helyétől mindkét irányban.

2. Erősáramú indukálás elleni védelem

2.1 Áttekintés

A vezetékes távközlési hálózatok tervezésekor nem mindig sikerül megvalósítani, hogy a tervezett hálózat ne kerüljön energiaátviteli nagyfeszültségű vezetékek vagy villamosított vasútvonalak hatósávjába. A hatósávon belül elhelyezkedő fémvezetőjű távközlési hálózatra vizsgálatot kell végezni annak megállapítása céljából, hogy az erősáramú rendszerek (nagyfeszültségű hálózat és villamosított nagyvasúti vontatási rendszer) hatására a távközlő összeköttetésekben indukált feszültségek az elfogadható értéket túllépik-e.

A távközlő hálózatok befolyásolása szempontjából a nagyfeszültségű rendszereket (- melyek a városi helyi villamos üzemű közlekedési hálózatot leszámítva 50 Hz-es frekvenciájúak -) szabadvezetésekre, kábelekre és kapcsolóberendezésekre (alállomás) osztjuk fel. E csoportokon belül földkapcsolat szempontjából külön kell vizsgálni a földeletlen, földelt és kompenzált nagyfeszültségű hálózatokat. A villamos nagyvasúti vontatási rendszerek speciális esetnek tekinthetők. A vasúti tápáramkör közvetlenül földelt, egyvezetékes, sín és föld-visszavezetéses, tehát rendes üzemében is földben folyó árammal rendelkező aszimmetrikus rendszer. Az áram a táplálás helyétől a

vasúti pályán mozgó mozdonyig folyik, onnan pedig a sínekben és a földben tér vissza. Földhiba esetén a közvetlenül földelt nagyfeszültségű rendszerekkel analóg módon veszélyes induktív hatás, ezenkívül az üzemi áram több száz amperes nagysága és a hibáktól eltérően időbeli korlátozás nélküli tartalma miatt, tartós induktív veszélyes hatás lép fel a távközlő rendszerekben. Mindezen veszélyes hatásokhoz járul még a zavaró hatás, melyet a mozdony egyenirányítói miatt keletkező felharmonikus áramok keltenek. Fokozza a zavaró hatást, hogy a vasúti munkavezeték, sín, föld által alkotott áramkörnek 800 – 1200 Hz-en van a rezonanciafrekvenciája, s a hangfrekvenciás áramkörök erre a legérzékenyebbek.

A villamosenergia-rendszerek és a váltakozó áramú villamosvontatási-rendszerek által a vezetékes távközlési létesítményekben okozott elektromágneses (EM) hatások kezelése mivel mind erősáramú, mind távközlési ismereteket igényel, összetett feladat, s megoldásához szükséges az erősáramú oldal és a távközlő oldal együttműködése. Ezen együttműködés elősegítése érdekében a Magyar Szabvány Testület kiadta az MSZE 19410 (2007) jelzetű „Villamosenergia-rendszerek vezetékes távközlési létesítményekre gyakorolt elektromágneses indukáló hatásának menedzselése” című előszabványt [1]. (A régi magyar szabványsorozat (MSZ 13200) visszavonásra került, honosítható európai szabvány pedig nem került elfogadásra e témakörben. Így a hiány pótlására az ITU K.68 ajánlás alapján ún. előszabvány került kiadásra.) A 2.2 pontban áttekintjük azt, hogy ezen előszabvány szerint a villamosenergia-rendszerek és a váltakozó áramú villamosvontatási-rendszerek által a vezetékes távközlési létesítményekben okozott elektromágneses (EM) hatásokat hogyan kell menedzselni.

2.2 Az erősáramú indukálás menedzselése az MSZE 19410 szabvány szerint

Az előszabvány meghatározza az EM-indukálás elfogadhatóságának megállapítására vonatkozó eljárást, és megadja

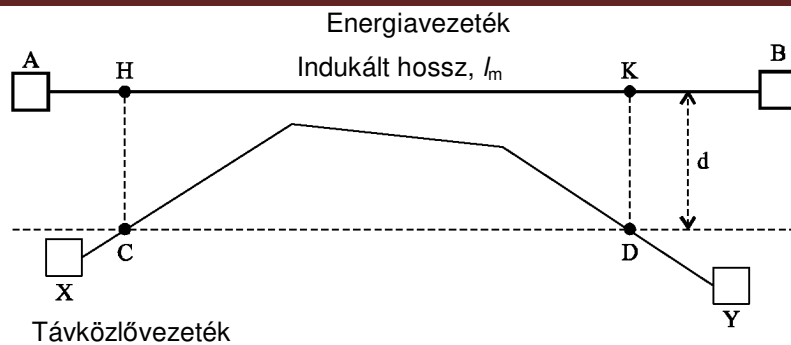
- azokat a kritériumokat, amelyek a vizsgálandó indukálási körülményeket meghatározzák;
- az alkalmazandó menedzsment-feszültségeket;
- a villamosenergia-rendszerekre, a villamosvontatási-rendszerekre és a vezetékes távközlési létesítményekre vonatkozóan azokat a létesítési feltételeket, amelyek esetén a menedzsment-feszültségek alkalmazhatók.

Az indukálás megállapítására vonatkozó eljárás megismerése előtt tisztázzuk a fontosabb szakkifejezéseket.

2.2.1 Szakkifejezések és meghatározásuk

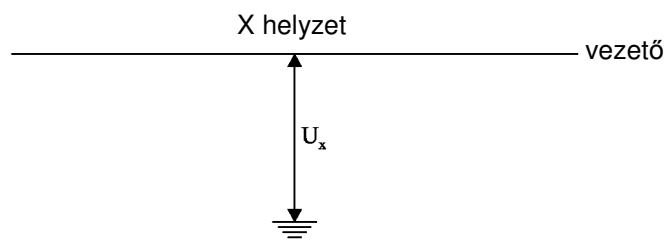
- induktív csatolás: Az a jelenség, amely során az áramot vivő (indukáló) vonal által okozott mágneses tér egy másik (indukált) vonalra hat. A csatolás a két közös földvisszavezetési vonal közötti kölcsönös impedanciával van mennyiségileg meghatározva. Az indukáló vezető által vitt áram az indukáló áram.

- kapacitív csatolás: Az a jelenség, amely során a feszültség alatt álló (indukáló) vonal villamos tere egy másik vonalra [az indukált vezető(k)re] hat. A vezetők közötti, illetve minden egyes vezető és a föld közötti csatolás kapacitástényezőkkel van mennyiségileg meghatározva. Az indukáló vezetők feszültsége az indukáló feszültség.
- konduktív csatolás: Az a jelenség, amely során egy vezető rendszerből [indukáló vezető(k)ből] a földbe folyó áram egy másik vezető szerkezetre (indukált vezetőre) hat. A csatolás e vezetők (szerkezetek) közötti konduktivitással van mennyiségileg meghatározva. Az indukáló vezetőből a föld felé folyó áram a konduktív csatolás indukáló árama.
- veszélyeztetés: Az indukálás olyan hatása, amely veszélyt jelent az indukált távközlési létesítménnyel érintkezésben levő személyre.
- károsodás: Az indukálás olyan hatása, amely az indukált távközlési létesítmény által nyújtott szolgáltatás minőségében tartós csökkenést okoz. A károsodás javítási beavatkozást igényel.
- zavarás: Az indukálás olyan hatása, amely az indukált távközlési létesítményben zajt vagy rendellenes működését eredményez.
- zaj: A zavarásnak az a típusa, amely az indukált távközlési létesítmény hangátvitelen alapuló szolgáltatásának minőségében romlást okoz.
- rendellenes működés: A zavarásnak az a típusa, amely az indukált távközlési létesítmény berendezéseiben olyan képességvesztést okoz, hogy a gyártó által rögzített funkciók nem tarthatók fenn, vagy a készülék EM kibocsátása meghaladja az elektromágneses összeférhetőség tervei szerinti határértéket.
- mértékadó hatótávolság (MHT): A villamosenergia-létesítménytől való azon legnagyobb távolság, ameddig az indukáló hatást figyelembe kell venni.
- indukált hossz: Egy távközlő vezetéknek egy villamosenergia-vezetékre vagy villamosvontatási-vezetékre eső vetülete attól a ponttól, amelynél a távközlő vezeték a villamosenergia-vezeték vagy villamosvontatási-vezeték MHT mértékadó hatótávolságán (az 1. ábrán d-n) belülré kerül (H-C), addig a pontig, amelynél a távközlő vezeték a mértékadó hatótávolságból kívülré kerül (K-D) (lásd az 1. ábrát). *Megjegyzés: Az indukáló hatást a vonal teljes hosszára meg kell vizsgálni, ha a vezeték egy része vagy az egész vezeték a mértékadó hatótávolságon belül van.*



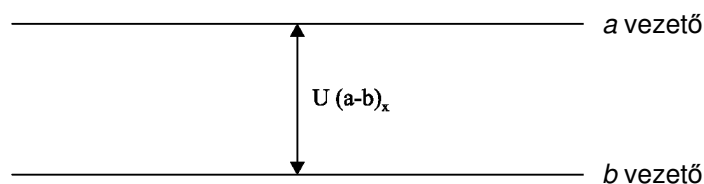
1. ábra: Az indukált hossz értelmezése

- indukált feszültség: Az indukált távközlési létesítményben egy vagy több indukáló villamosenergia-létesítmény által okozott feszültség.
- indukált közös módusú feszültség: Azonos közös módusú feltételekkel rendelkező vezetécsoport minden vezetőjére azonos földhöz képesti indukált feszültség a távközlő létesítmény egy adott helyén (lásd a 2. ábrát). *Megjegyzés: A legnagyobb közös módusú feszültség általában a vezető egyik végén lép fel, amikor a vezető másik vége földelt. Az így adódó közös módusú feszültséget hosszanti feszültségnek is szokás nevezni.*



2. ábra: Indukált közös módusú feszültség

- indukált differenciál módusú feszültség: A távközlési létesítmény bármely két meghatározott fém vezetője között egy adott helyen indukált feszültség (lásd a 3. ábrát). *Megjegyzés: Általában egy szimmetrikus vezetékpár két vezetője között fellépő feszültség a fontos.*



3. ábra: Indukált differenciál módusú feszültség

- pszofometrikus feszültség vagy áram: A pszofometrikus feszültség vagy áram a távbeszélővonalon fellépő, közös vagy differenciál módusú, alábbi kifejezésekkel megadott U_p feszültség vagy I_p áram:

$$U_p = \frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (p_f U_f)^2} \quad [\text{V}] \quad (1.a)$$

$$I_p = \frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (p_f I_f)^2} \quad [\text{A}] \quad (1.b)$$

ahol

U_f vagy I_f a feszültség [V] vagy az áram [A] f frekvenciájú összetevője;

p_f az f frekvenciához tartozó súlyozás, amely visszatükrözi az emberi fülnek ehhez az adott frekvenciához tartozó válaszát. Értékét – a pszofométer-specifikációhoz kötődően – az [1] szerinti súlyozó táblázat adja meg.

- menedzsment-feszültség: Általános kifejezés, amely magában foglalja az összes olyan indukált feszültséget, amelyekre tekintettel kell lenni annak megítélésakor, hogy a indukálási viszonyok elfogadhatók-e. Ilyen feszültségek:
 - a távközlési létesítményen dolgozó személyek veszélyeztetésére vonatkozó határértékek;
 - a zúgászavarra vonatkozó határértékek;
 - a távközlési létesítményhez csatlakozó berendezések feszültségálló-képességének minimális feszültség szintjei;
 - a távközlési létesítményhez csatlakozó berendezések szigetelési szilárdságának minimális feszültség szintjei;
 - a távközlési létesítményhez csatlakozó berendezések zavartűrésének minimális feszültség szintjei.

2.2.2 Eljárás az elektromágneses indukálás megállapítására

2.2.2.1 Általános szempontok

Indukálási vizsgálatot kell végezni a következő esetekben:

- ha indukáló létesítményt létesítenek;
- ha meglévő erősáramú létesítmény indukáló hatását befolyásoló bármilyen paraméter megváltozik;
- ha meglévő indukáló létesítmény mértékadó hatótávolságán belül új vezetékes távközlő hálózatot létesítenek;
- ha meglévő létesítmények esetén indukáló hatással kapcsolatos panasz vetődik fel.

Annak megítélése, hogy az indukálás körülményei elfogadhatóak-e, a 4. ábrán megadott lépések szerint történhet.

2.2.2.2 Indukálási keretkörülmények

A legnagyobb mértékadó hatótávolságnak megfelelően a lehetséges indukáló létesítményeket fel kell mérni. Ehhez a létesítmények tulajdonsaival való kapcsolatfelvétel szükséges. Ekkor - minden egyes létesítmény típusának megfelelően - a megfelelő csatlakozási típust ki kell választani és meg kell határozni az aktuális

mértékadó hatótávolságokat minden egyes csatolási típushoz és mindegyik lehetséges indukáló létesítményhez.

2.2.2.3 Az indukáló létesítmények villamos jellemzőinek begyűjtése

Ha egy indukáló létesítményt kiépítenek, vagy átalakítanak, a tulajdonosnak tájékoztatnia kell az érintett (indukált) létesítmények tulajdonosait (közműegyeztetés!). Ebben az esetben az indukáló létesítmény tulajdonosának, vagy megbízottjának a feladata az indukálás mértékének a vizsgálata.

2.2.2.4 Az indukálási eredmények értékelése a menedzsment-feszültségekkel való összehasonlítással

a. Háttéralapelvek

Az indukált létesítmény típusának függvényében, az indukálási helyzet mindegyik indukáló létesítményére vonatkozóan a tervezőnek kell

- kiválasztania azokat az indukáló hatásokat, amelyeket figyelembe kell venni;
- megállapítania az előző lépésben kiválasztott hatás mindegyikére az indukálás eredményeit;
- számításokat vagy méréseket, vagy e kettő megfelelő kombinációját elvégeznie azért, hogy megállapítsa a szükséges indukálási eredményeket. A vizsgálandó indukálási helyzeteket a legrosszabb esetre kell kiválasztani.

b. Első értékelés

Számításokkal vagy mérésekkel, vagy e kettő megfelelő kombinációjával a menedzsment- feszültségeknek való megfelelést értékelni kell.

Ha az indukálási körülmények elfogadhatóak, nem szükséges további tervezői tevékenység.

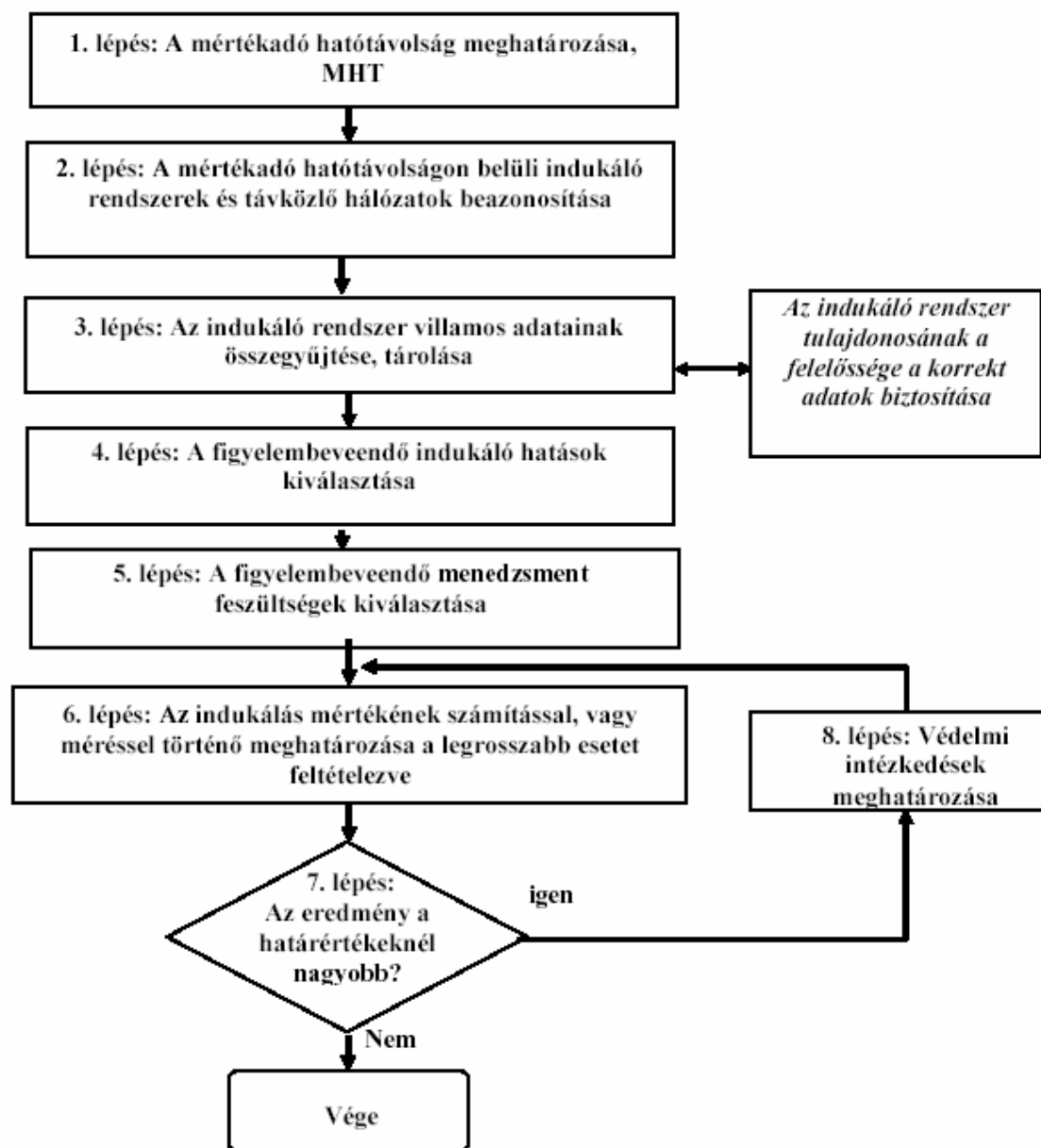
Ha az indukálási körülmények nem fogadhatóak el, óvintézkedéseket kell alkalmazni.

c. Óvintézkedések tervezése, további értékelés

A tervezőnek ki kell választania a lehetséges óvintézkedéseket, és számításokkal vagy mérésekkel, vagy e kettő megfelelő kombinációjával értékelést kell végeznie az indukált rendszerhez illeszkedő megoldás érdekében.

Az, hogy milyen óvintézkedéseket kell alkalmazni és, hogy az óvintézkedéseket az indukáló vagy az indukált rendszeren kell-e végezni, függ az indukálás típusától és mértékétől, az óvintézkedések költségétől, valamint attól, hogy a rendszerek már léteznek-e vagy még tervezési fázisban vannak. Mint minden tervezői tevékenységnél, a legjobb megoldás a műszaki és gazdasági igények közötti jó kompromisszum.

MEGJEGYZÉS: Általában - az alállomások meglévő konduktív csatolásának és a villamos vontatási rendszer induktív csatolásának kivételével - a körülmények elfogadhatóak, ha az indukált vezeték földelt fémköpenyben vagy árnyékoláson belül van, és mindkét végén túlfeszültség-levezetővel van ellátva.



4. ábra: Összefoglaló folyamatábra az EM- indukálás értékeléséhez

2.2.3 Vizsgálandó indukálási viszonyok

2.2.3.1 Figyelembe veendő csatolási módok

A következő 1., 2. és 3. táblázat meghatározza azokat a csatolási típusokat, amelyeket vizsgálni (számítani vagy mérni) kell az új létesítmény üzembe helyezése előtt. Az 1. táblázat egyfázisú földzárlati viszonyokra vonatkozik arra alapozottan, hogy a szigetelt és a kompenzált csillagpontú rendszerek hibaárama kicsi.

A konduktív csatolást olyan esetben kell figyelembe venni, amikor a távközlési létesítmény belép a villamosenergia-rendszer földelőhálójának potenciálemelkedési zónájába.

1. táblázat: A villamosenergia-rendszer különböző földelési viszonyai esetén figyelembe veendő csatolási típusok;

A villamosenergia-rendszer létesítménytípusa		A távközlési létesítmény típusa		
		Légkábel		Földkábel
		Fémköpeny nélkül	Földelt fémköpennyel	
2 és 3 fázisú földfeletti villamosenergia-rendszer	közvetlenül vagy kis impedanciával földelt csillagpont	induktív konduktív	induktív konduktív	induktív konduktív
	szigetelt vagy kompenzált csillagpont	-	-	-
2 és 3 fázisú villamosenergia-kábelrendszer	közvetlenül vagy kis impedanciával földelt csillagpont	induktív konduktív	induktív konduktív	induktív konduktív
	nem közvetlenül földelt csillagpont*	-	-	-
Villamosvontatási rendszer		induktív konduktív	induktív konduktív	induktív konduktív

* Kettős földzárlat (2Ff) hatásának vizsgálata egyes esetekben indokolt lehet. (L. 2.3 pont)

2. táblázat: A villamosenergia-rendszer normál üzeme esetén figyelembe veendő veszélyeztetést, vagy károsodást okozó csatolási típusok,

A villamosenergia-rendszer létesítménytípusa		A távközlési létesítmény típusa		
		Légkábel		Földkábel
		Fémköpeny nélkül	Földelt fémköpennyel	
3 fázisú földfeletti villamosenergia-rendszer	minden típusú csillagpont-földelésnél	induktív, kapacitív	induktív	induktív
3 fázisú villamosenergia-kábelrendszer	minden típusú csillagpont-földelésnél	-	-	-
Villamosvontatási rendszer		induktív	induktív konduktív	induktív konduktív

3. táblázat: A villamosenergia-rendszer normál üzeme esetén figyelembe veendő csatolási típusok, amelyek a távközlési létesítmények zavarását okozhatják;

A villamosenergia-rendszer létesítménytípusa		A távközlési létesítmény típusa		
		Légkábel		Földkábel
		Fémköpeny nélkül	Földelt fémköpennyel	
3 fázisú földfeletti villamosenergia-rendszer	minden típusú csillagpont-földelésnél	induktív	induktív	induktív
3 fázisú villamosenergia-kábelrendszer	minden típusú csillagpont-földelésnél	-	-	-
Villamosvontatási rendszer		induktív	induktív konduktív	induktív konduktív

2.2.3.2 Mértékadó hatótávolság (MHT)

A távközlési létesítménytől a mértékadó hatótávolsággal (MHT) egyenlő vagy attól kisebb távolságra lévő villamosenergia-létesítményt a távközlő létesítményt indukáló létesítménynek kell tekinteni. Ez szükségessé teszi az indukált távközlési létesítményre vonatkozó indukálási keretviszony vizsgálatát.

Egy adott villamosenergia-rendszer létesítménytől a mértékadó hatótávolsággal (MHT) egyenlő vagy attól kisebb távolságra lévő távközlési létesítményt indukált létesítménynek kell tekinteni. Ez szükségessé teszi az indukáló villamosenergia-létesítményre vonatkozó indukálási keretviszony vizsgálatát.

Az MHT szerepe az, hogy korlátozza a vizsgálatoknak a számát.

Az MHT-konceptió azonban nem jelent felmentést az érdekelt felek számára a felelősség alól az olyan indukálási esetre, amely az MHT-nál nagyobb távolság esetén is felléphet.

Az MHT-t a villamosenergia-vezeték középvonalának a földre vett vetületétől, a nyomvonalra merőlegesen kell mérni.

Az MSZE 19410 előszabvány részletes javaslatokat tartalmaz MHT-értékekre.

Induktív csatolás esetén az MHT meghatározásának egyszerű módja grafikon használata. Az előszabvány egy könnyen kezelhető grafikus eszközt ad az MHT meghatározására.

Az alábbiakban az előszabvány által javasolt MHT értékek közül szemléltetésképpen a vasúti váltakozó áramú villamosvontatási-vonal üzemi frekvenciájú indukálásra vonatkozó MHT értékei találhatók:

- A szimpla sín/föld visszavezetési (RR) villamosvontatási-vonalakra a 4. táblázat adja meg az MHT-értékeket.
- A 5. táblázat különleges táplálási rendszerű [autótranszformátoros (AT)] 50 Hz-es villamosvontatási-vonalakra adja meg az MHT-értékeket.

Ezek a táblázatok az MHT-értékeket árnyékolatlan, rövid (pl. elérési hálózati) és hosszú (pl. helyközi) távközlési vonalakra adják meg a fajlagos talajellenállás

függvényében, mind vidéki, mind pedig városi környezetre, föld feletti vontatási vonalak esetén.

**4. táblázat: MHT-értékek szimpla sín/föld visszavezetések
50 Hz-es villamosvontatási vonalakra**

Energiarendszer/ Környezet	Egyenértékű talajellenállás Ωm	Mértékadó hatótávolság (MHT), m	
		Távközlő rendszer	
		Rövid vonal	Hosszú vonal
Föld feletti/vidéki	50	700	1350
	500	2200	4300
	5000	7000	13500
Föld feletti/városi	50	140	600
	500	250	1600
	5000	300	3500

**5. táblázat: MHT-értékek különleges táplálási rendszerű (AT)
50 Hz-es villamosvontatási vonalakra**

Energiarendszer/ Környezet	Egyenértékű talajellenállás Ωm	Mértékadó hatótávolság (MHT), m	
		Távközlő rendszer	
		Rövid vonal	Hosszú vonal
Föld feletti/vidéki	50	160	600
	500	500	2000
	5000	1000	2800
Föld feletti/városi	50	*	130
	500		240
	5000		300
* Nem kell indukáló hatással számolni.			

Magyarországon autóttranszformátoros (AT) villamos vontatási rendszert a délbalatoni vasútvonalon alkalmaznak.

(Mivel az előszabvány általános esetekre javasol értékeket, a tervezés során célszerű lehet az adott körülményekhez illesztett MHT-t kiszámolni, s azt alkalmazni. Pl.: a javasolt értékek 50, 500 és 5000 Ωm egyenértékű talajellenállásra vannak megadva, de a vizsgálandó terület fajlagos talajellenállása pl. 100 Ωm .)

2.2.4 Menedzsment-feszültségek

2.2.4.1 A menedzsment-feszültségek alkalmazásának kritériumai

A 6. táblázat tartalmazza a figyelembe veendő hatásokat és a mérlegelendő elektromágneses indukálás eredményét annak érdekében, hogy azokat a legrosszabb helyzetekre minősíthessük.

6. táblázat: Figyelembe veendő hatások és a megfelelő eredmények

Hatás az indukált létesítményre	Indukáló létesítmény	Figyelembe veendő eset?	Az indukálás eredménye:
Veszélyeztetés	normál üzemben	Igen	földhöz képesti feszültség
	hibás állapotban	Igen	földhöz képesti feszültség
Károsodás	normál üzemben	Igen	földhöz képesti feszültség
	hibás állapotban	Igen	földhöz képesti feszültség
Zúgászavar	normál üzemben	Igen	vezetékpar két vezetője közötti feszültség
	hibás állapotban	Nem	-----

A megfelelő menedzsment-feszültségeket a következő szakaszok tartalmazzák.

2.2.4.2 A veszélyeztető feszültségek határértékei

a. Általános kérdések

Ez a szakasz a távközlő létesítményekben a közelben lévő villamosenergia- vagy villamosvasúti létesítmények által normál üzemi vagy hibás állapotban indukált feszültségeknek azt a nagyságát és időtartamát adja meg, amelynek az előidézése az indukált távközlési létesítményben bármilyen típusú elektromágneses csatolás útján megengedett a villamosenergia-létesítmény vagy a vasút üzemeltetője részéről anélkül, hogy az a távközlő létesítményen munkát végző személyekre veszélyt jelentene. A hibás állapot időtartamát az indukáló hálózat alap- vagy tartalékvédelmének működési idejéből kiindulva kell megállapítani, figyelembe véve azt, hogy a védelem is meghibásodhat.

Megjegyzés: Célszerű az indukáló létesítmény üzemeltetőjétől a védelmi működési időkről nyilatkozatot kérni, s azt a tervhez becsatolni.

b. Hibás üzemállapot

Az indukált távközlési létesítmény bármely pontjában a földhöz képesti indukált közös módusú feszültség határértékei a 7. táblázat szerintiek.

7. táblázat: A személyek veszélyeztetésére vonatkozó határértékek a villamosenergia-rendszerek hibás üzemi állapotakor okozott elektromágneses indukálás esetén

A hibás állapot időtartama, t s	Indukált effektív feszültség V
$t \leq 0,10$	2000
$0,10 < t \leq 0,20$	1500
$0,20 < t \leq 0,35$	1000
$0,35 < t \leq 0,50$	650
$0,50 < t \leq 1,00$	430
$1,00 < t \leq 3,00$	150
$3,00 < t$	60

c. Normál üzem

Az indukálás keretkörülményeiben érintett valamennyi indukáló villamosenergia-létesítmény együttes hatása által a távközlési létesítmény bármely pontjában a földhöz képesti indukált közös módusú feszültség határértéke normál üzem esetén $60 V_{\text{eff}}$.

2.2.4.3 Károsodást okozó feszültségek

Ezen rész a távközlési létesítményekben a közelben lévő villamosenergia- vagy villamos vasúti létesítmények által normál üzemi vagy hibás állapotban okozott indukált feszültségeknek azt a nagyságát és időtartamát adja meg, amelynek az előidézése az indukált távközlési létesítményben bármilyen típusú elektromágneses csatolás útján megengedett a villamosenergia-létesítmény vagy a vasút üzemeltetője részéről anélkül, hogy felelős lenne a távközlési létesítmény szigetelésének és/vagy készülékeinek károsodása elleni védelmi intézkedésekért.

Az indukált távközlési létesítmény bármely pontjában a földhöz képesti indukált közös módusú feszültség azon értékei, amelyek károsodást okozhatnak a villamosenergia-létesítmény hibás üzemi állapota esetén, a következők:

- 1) A 8. táblázatban megadott értékek, melyek a távközlési létesítményekhez csatlakoztatott készülékek legkisebb feszültségállósági szintjei.
- 2) $1000 V_{\text{eff}}$, ami a távközlési létesítmények minimális szigetelési szilárdsága, beleértve a papírszigetelésű szimmetrikus kábeleket is, függetlenül a hiba mértékadó időtartamától;
- 3) $2000 V_{\text{eff}}$ a koaxiális kábelekre, függetlenül a hiba mértékadó időtartamától;
- 4) $2000 V_{\text{eff}}$ a fém szerkezeti részeket tartalmazó fényvezető kábelekre, függetlenül a hiba mértékadó időtartamától.

Megjegyzés: A távközlési létesítmény szigetelés- és/vagy készülékkárosodása elleni védelem biztosítva van, ha az indukált vonal földelt köpenyű vagy árnyékolású kábelének vezetői és az összes vezető mindkét végén villámvédelmi levezetővel van ellátva.

8. táblázat: Távközlési létesítményekhez csatlakoztatott készülékek minimális feszültségállósági szintje a villamosenergia-létesítményben fellépő hiba időtartama függvényében

A hibás állapot időtartama, t s	Indukált effektív feszültség V
$T \leq 0,20$	1030
$0,20 < t \leq 0,35$	780
$0,35 < t \leq 0,50$	650
$0,50 < t \leq 1,0$	430
$1,0 < t \leq 2,0$	300
$2,0 < t \leq 3,0$	250
$3,0 < t \leq 5,0$	200
$5,0 < t \leq 10,0$	150
$T > 10,0$	60

2.2.4.4 Zavartűrési feszültségek

Az indukálás keretkörülményeiben érintett valamennyi indukáló villamosenergia-létesítmény együttes hatása által normál üzem esetén indukált feszültségek, amelyek a távközlési létesítményekhez csatlakozó berendezésekben rendellenes működést idézhetnek elő, a következők:

- $60 V_{\text{eff}}$ az indukált távközlési létesítmény bármely pontjában a földhöz képesti indukált közös módusú feszültségre;
- $60 V_{\text{eff}}$ az indukált távközlési létesítmény bármely pontjában, ugyanazon a helyen lévő két fém szerkezeti rész között indukált feszültségre.

2.2.4.5 A zavarfeszültség határértéke

Az indukálás keretkörülményeiben érintett valamennyi indukáló villamosenergia-létesítmény együttes hatása által normál üzem esetén indukált pszofometrikus feszültség - ami le tudja rontani az indukált távközlési létesítmény által felkínált hangfrekvenciás alapú szolgáltatások minőségét – határértéke $0,5 \text{ mV}$ az indukált távközlő létesítmény bármely kapcsán.

1. megjegyzés: A differenciál módusú zavarfeszültségre vonatkozó $0,5 \text{ mV}$ határérték akkor teljesül, ha az indukált közös módusú (hosszanti) feszültség pszofometrikus értéke a távközlési létesítmény bármely kapcsán nem haladja meg a 200 mV -ot, feltéve, hogy az áramkör szimmetriájára teljesül az ITU-T K.10 ajánlásban[3] a hossz-/ keresztkonverzióra (LCL) előírt minimumkövetelmény.

2. megjegyzés: A villamosvontatási rendszertől eredő EM-indukálás esetén, ha az indukált pszofometrikus feszültség értéke nagyobb, mint a fentiekben megadott 0,5 mV, de kisebb, mint 2,5 mV, a zaj elfogadható, ha bármely egy percig tartó időszakban a 0,5 mV-ot meghaladó pszofometrikus feszültségértékek és a hozzájuk tartozó időtartamok szorzatainak az összege kisebb, mint 30 mVs.

(Vizsgálatok szerint a beszéd érthetőségét a fenti zajfeszültség még érdemben nem befolyásolja.)

2.2.5 A mértékadó hatások feltételei

2.2.5.1 Általános szempontok

Az előszabvány csak irányelveket tud adni a mértékadó hatás feltételeire, ami fokozottan igaz az összetett létesítményekre (pl. autótranszformátoros villamos vasútra). Tekintettel arra, hogy sok paraméterről van szó, a legtöbb esetben nem lehetséges előzetes jelleggel meghatározni a legkedvezőtlenebb hatásviszonyokat.

Az indukálás valamennyi eredményének teljes körű vizsgálata alapján a hatások különböző viszonyainak értékelése azon célból, hogy a legrosszabb helyzet megállapítható legyen a tervező felelősségi körébe tartozik.

2.2.5.2 Az indukáló létesítményekre vonatkozó feltételek

I. Váltakozó áramú villamosenergia-rendszer

I.1 Hibás üzemállapot

A figyelembe veendő hibás üzemállapot az egyfázisú földrövidzárlat. A következő adatok szükségesek a vizsgálathoz:

- a zárlati áram értéke. Az áramadatnak magában kell foglalnia a létesítmény rövidzárlati áramsintjének a tervezett növekedését;
- az egyfázisú földrövidzárlati áram az indukáló létesítmény hossza mentén minden pontban, beleértve az alállomást és az indukáló vezeték minden olyan pontját, amely lehetséges hibahely;
- az egyfázisú földrövidzárlati áram értéke, mint tényleges indukáló áram diagram, összefüggés vagy táblázat formában, figyelembe véve a csökkentő hatást, mint pl. a földelővezető hatását, továbbá
- a hiba mértékadó időtartama, vagy a relévédelem-beállítás vagy a vizsgálat tárgyát képező létesítmény hibastatisztikai adatai alapján. (Figyelembe kell azt is venni, hogy a védelem is meghibásodhat! [L.2.2.4.2.a pontot])

a. Konduktív csatolás

Alállomásnál a konduktív csatolás következtében a távközlő rendszerben megjelenő feszültségeket mérésrel lehet pontosan meghatározni, mivel helyileg jelentős változások lehetnek.

(Egy állomásban a konduktív csatolás útján a távközlő rendszerben fellépő feszültség számítható, ha az állomási földelőháló paraméterei és a földelőhálón átfolyó áram ismert. Ha a paraméterek nem ismertek vagy az állomás városi jellegű területen van, vagy a talaj az állomás közelében jelentősen inhomogén, szükséges a feszültség mérése.)

b. Induktív csatolás

Azt a hibahelyet, amelyet figyelembe kell venni a határértékekkel összehasonlítandó indukálás eredményének értékeléséhez, a tervezőnek úgy kell kiválasztania, hogy az egy meghatározott távközlővonal esetén a legrosszabb indukálási helyzetnek feleljen meg.

I.2 Normál üzem

Az induktív csatolás tekintetében az indukáló áram a folyamatos (névleges) szimmetrikus üzemi áram, 2% lehetséges aszimmetriával. Sántaüzem (egy fázis kikapcsolt állapota melletti üzem) számításba vétele esetén a figyelembe veendő indukáló áram a távvezeték normálüzemi mértékadó terhelőáramának 2/3-a. (L.2.3 pontot) A kapacitív csatolás esetén az indukáló feszültség a névleges feszültség 110%-a.

II. Váltakozó áramú villamosvontatási-rendszer

II.1 Hibás üzemállapot

A figyelembe veendő hibás állapot a vontatási vonal egyik vezetőjének földrövidzárlati árama

A legrosszabb indukálási helyzetnek megfelelő hibahelyet kell figyelembe venni a határértékekkel összehasonlítandó indukálás eredményének értékeléséhez.

A legrosszabb hibahely megállapítása érdekében szükséges lehet különböző esetek vizsgálata.

II.2 Normál üzem

A vasút üzemeltetőjének meg kell adnia az üzemi és a harmonikus áramok értékét, illetve a számításhoz szükséges paramétereket. (L.2.3 pont)

2.2.5.3 A távközlési létesítményekre vonatkozó feltételek

A távközlési létesítményre a referenciacéltétel az, amelyet a létesítmény megvalósítására vonatkozó terv előírt.

Az indukálás elleni védelem hatásosságának a fenntartás hiánya miatti csökkenése nem fogadható el, azt nem lehet figyelembe venni.

Ha szükséges, akkor az aszimmetriát leíró paramétereket (L.ITU-T K.10 [3]) is a tervező rendelkezésére kell bocsátani.

2.2.6 A menedzsment-feszültségnek való megfelelés meghatározása

2.2.6.1 Általános szempontok

Annak érdekében, hogy megállapítsuk a menedzsment-feszültségnek való megfelelést, az indukált feszültség szintjét számítással, méréssel vagy a kettő megfelelő kombinációjával kell meghatározni.

A személyek veszélyeztetése esetén az indukált feszültségek nem lehetnek nagyobbak, mint a veszélyeztető feszültségek, azaz a 2.2.4.2 szakaszban megadott veszélyeztető feszültség-határértékek.

A berendezések károsodására vonatkozóan

- 1) az indukált feszültségnek azon a ponton, ahol a berendezés el van, vagy el lehet helyezve, nem szabad nagyobbak lennie, mint a 2.2.4.3 szakaszban a károsodásra megadott feszültség, vagy
- 2) az indukált feszültség azon a ponton, ahol a berendezés el van, vagy el lehet helyezve, nagyobb lehet, mint a 2.2.4.3 szakaszban a károsodásra megadott feszültség, feltéve a következők valamelyikét:
 - a) megfelelően védeni kell azt a berendezést, amelynek a feszültségálló-képességi szintje kisebb vagy egyenlő, mint a 2.2.4.3 szakaszban megadott érték;
 - b) olyan megnövelt állóképességű berendezést kell beépíteni, amelynek a feszültségálló-állóképesség szintje nagyobb a 2.2.4.3 szakaszban megadott értéknél.

A berendezések rendellenes működésére vonatkozóan

- 1) az indukált feszültségnek azon a ponton, ahol a berendezés el van, vagy el lehet helyezve, nem szabad nagyobbak lennie, mint a 2.2.4.4 szakaszban a rendellenes működésre megadott feszültség, vagy
- 2) az indukált feszültség azon a ponton, ahol a berendezés el van vagy el lehet helyezve, nagyobb lehet, mint a 2.2.4.4 szakaszban a rendellenes működésre megadott feszültség, kikötve azt, hogy olyan megnövelt zavartűrésű berendezést kell beépíteni, amelynek a zavartűrés-szintje nagyobb, mint a 2.2.4.4 szakaszban megadott érték.

A zaj vizsgálata esetén, az indukált távközlési létesítmény bármely kapcsánál egy vezetékpárt képező két vezeték között meghatározott pszofometrikus feszültségnek kisebbnek vagy egyenlőnek kell lennie a 2.2.4.5 szakaszban a zajra megadott határértéknél.

2.2.6.2 A hatások összegezése (szuperpozíciója)

Az indukált rendszer indukálási keretviszonyainak vizsgálatakor a következő feltételezések alkalmazandók:

- az indukáló létesítményen a rövid időtartamúnak feltételezett hibák nem lépnek fel egyidejűleg. Ez azt jelenti, hogy az indukált létesítményen

fellépő indukálás következményét egyetlen indukáló rendszer hibás állapotának esetére kell meghatározni, és ezt kell összevetni a megfelelő menedzsment-feszültséggel;

- valamennyi indukáló létesítmény normál üzemi állapota egyidejűleg áll fenn. Ez azt jelenti, hogy az indukált létesítményen fellépő indukálás következményét az összes indukáló létesítmény normál üzeme esetére kell meghatározni és ezt az összegezett eredményt kell összevetni a megfelelő menedzsment-feszültséggel.

Megjegyzés: Egy indukáló rendszer normál üzemi állapota mellett (pl. villamosvontatási-rendszer) egy másik független indukáló rendszer hibás állapota is bekövetkezhet. Ilyen esetben a két hatás összegzett eredményét kell figyelembe venni.

2.2.6.3 A megfelelés megállapítása számításokkal

A megfelelés számítás alapján való megállapítását gyakran alkalmazzák. (Mérés esetén is, a mérendő viszonylatok számának csökkentése érdekében, célszerű lehet számítást végezni.)

A számításokat az érdekelt felek közös megállapodása szerint (az ITU Direktívák figyelembevételével) kell végezni. (L.2.3 pont)

2.2.6.4 A megfelelés megállapítása mérésekkel

Ezt ritkábban alkalmazzák, általában azért, mert egy nagyterjedésű távközlő hálózat átfogó mérőszorozata költségigényes, azonban bizonyos esetekben a védelmi költségek csökkentése érdekében gazdaságosabb lehet a mérés. (A nem a legrosszabb indukálási viszonyok mellett végzett mérések eredményei további számítással történő feldolgozást kívánnak annak érdekében, hogy megkapjuk a menedzsment-feszültségekkel összehasonlítható értékeket.)

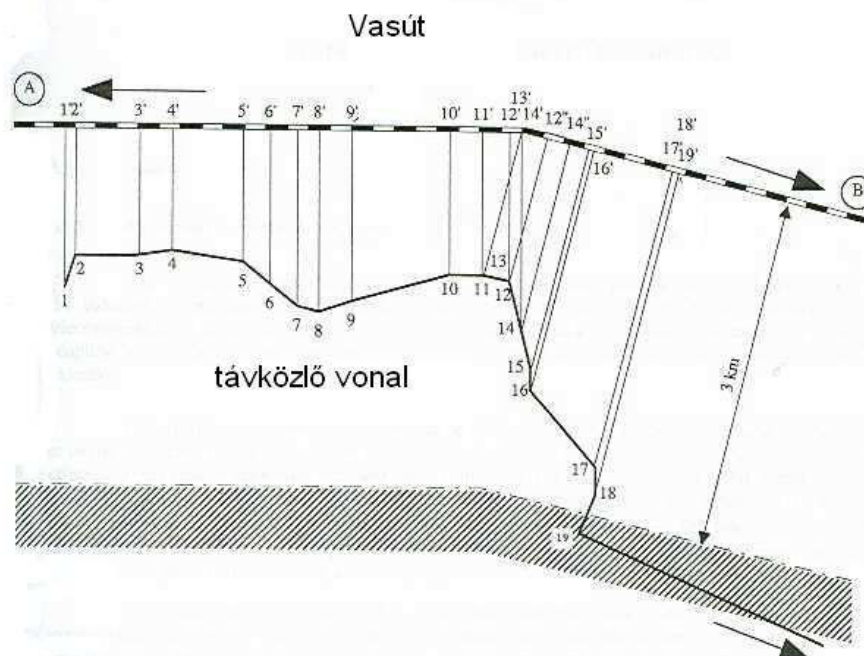
Több esetben a mérések számítások helyetti alkalmazása mégis előnyösebb, pl., ha a számításokhoz szükséges bemenő adatok korlátozott pontossággal ismertek vagy, ha a számítási algoritmus közelítő jellegű. (Pl. a zavarás mérése előnyösebb lehet, mint a számítása. Városi területen a civilizációs tényező miatt célszerű a mérés. A védelmi költségek jelentősen csökkenthetők a mérés alapján.) Kritikus esetekben az üzembe helyezéshez kapcsolódóan ellenőrző méréseket kell végezni a megfelelés megállapítására. Kritikus esetnek kell tekinteni például, ha a számítás egyes paramétereinek (bemenő adatainak) bizonytalansága miatt a számított érték elfogadhatósága megkérdőjelezhető. Viszont, ha a számított érték kisebb a menedzsment-feszültség 50%-ánál, az indukálás mértéke – a gyakorlati tapasztalatok szerint – a bizonytalan bemenő adatok ellenére is elfogadható.

MEGJEGYZÉS: Az üzembehelyezéshez kapcsolódó megfelelés megállapításának méréssel való ellenőrzésére vonatkozó javaslat – a bemenő adatok esetleges korlátozott pontossága és az alkalmazott számítási algoritmus ismeretében – a tervezési fázisban a számításokat végző tervező hatáskörébe tartozik.

2.3 Az indukálás számítása

Az előszabvány [1] a korábbi előírásokkal ellentétben nem írja le részletesen a számítási módszert. A számítást az ITU direktívák [2] szerint kell végezni. (A direktívák II. kötete tartalmazza a gyakorlatban alkalmazható számítási módszereket.) E pont betekintést nyújt a számítás menetébe, a szükséges paraméterekbe.

Az indukálás mértékét az erősáramú hálózatot és a távközlő hálózatot egyaránt tartalmazó alkalmas léptékű térkép felhasználásával, a hatósávon belüli távközlő hálózatra kell számítani. Az induktív és a konduktív csatolásnál a hatósávon belüli részt számítási szakaszokra kell osztani. E számítási szakaszok mindkét végét az indukáló vezetékre merőleges egyenesek határolják. Új számítási szakaszt kell képezni az indukáló vezeték iránytörésénél, az indukált vezeték iránytörésénél, valamint minden olyan helyen, ahol a indukálás mértékét meghatározó tényezők valamelyike megváltozik (pl.: kifejlődési oszlopnál, a távközlési vezeték elágazásainál, stb.). A számítási szakaszokra történő osztást mutatja be az 5. ábra. A számítási képletek párhuzamos együtt haladásra vonatkoznak, s csak olyan szakaszokban alkalmazhatóak, ahol az indukáló és az indukált vezeték közötti távolság legfeljebb 1:3 arányban változik. Ilyen szakaszokban az indukáló és az indukált vezeték közötti átlagos távolságnak a szakasz két végén mért távolság mértani középátlányosát kell tekinteni.



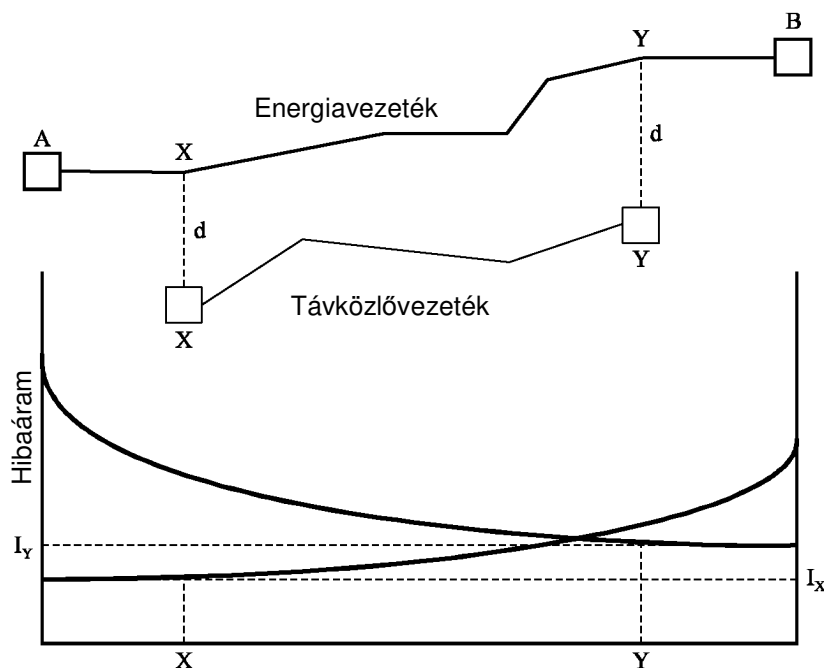
5. ábra Az indukálás számítása, szakaszolás

Az indukálás mértékét meghatározó tényezők közül csak néhányat ismertetünk:

- **Áramadatok:** Az indukálás meghatározásánál zárlati, üzemi és zavaró áram fordul elő.

A veszélyes induktív hatásoknál közvetlenül földelt csillagpontú hálózatok vezetékeinél az egysarkú földrövidzárlat alkalmával – az indukáló vezetékszakaszon – fellépő szubtranzienst áram effektív értékét kell figyelembe venni. A számításokhoz a hibahelyet úgy kell feltételezni, hogy a távközlési berendezésben a legkedvezőtlenebb hatás jöjjön létre. Az esetek jelentős részében, akkor adódik a legnagyobb indukált feszültség, ha a hibahelyet a megközelítés, befolyás szempontjából kedvezőtlenebb végén tételezzük fel. A mértékadó hibahely meghatározásának a módját szemlélteti a következő két eset (6. és 7. ábra).

A 6. ábra az *A* és a *B* alállomás felől folyó hibaáram hossz menti változását mutatja a hibahely távvezeték menti helyének a függvényében. A szemléltetett esetben a távvezeték és a föld közötti hibahelyi impedancia minden helyen azonos, pl. $0\ \Omega$.



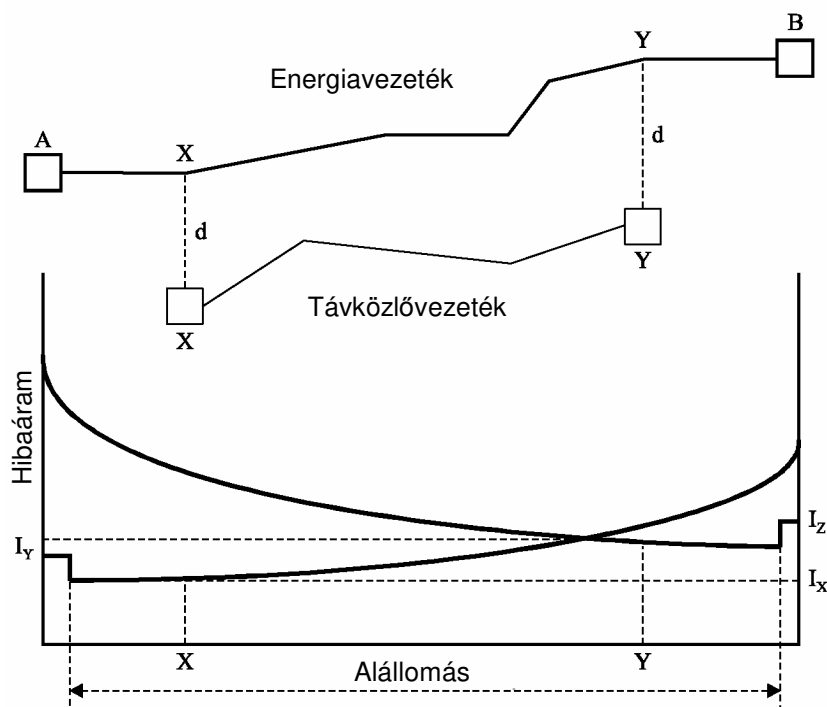
6. ábra: Az egyfázisú földrövidzárlati áram tipikus változása a hibahely függvényében (pl. X és Y) egy adott létesítményre, amelynél a hibahelyi impedancia a vezeték mentén változatlan (az ábrázolt esetben $0\ \Omega$)

Az *A* alállomás felől folyó hibaáram csökken a vezeték mentén az *A*-tól a *B* alállomás felé. Az *Y* helyen fellépő hiba (ami az *X*-*Y* közötti távközlő vezeték egyik végének a vetülete) fogja eredményezni normálisan az *A* állomástól eredő legnagyobb indukált feszültséget.

A *B* alállomástól folyó áram az *X* helyen fellépő hiba esetén fogja a legnagyobb indukált feszültséget eredményezni. Mivel I_Y nagyobb, mint I_X , a rosszabb helyzetet I_Y jelenti.

A 7. ábra azt az esetet mutatja, amikor a távvezeték hibahelyi impedanciája a föld felé kisebb a végeknél, mivel az alállomásokban az impedancia – az ívellenállástól eltekintve - gyakorlatilag 0Ω . A távvezeték mentén bármely pontban az impedancia pl. 15Ω lehet. Ezért az áramprofilban lépcső lehet az alállomáson kívül, és ezért a hibaáramot ellenőrizni kell és össze kell vetni nemcsak az X és Y végeknél fellépő hibával, hanem a tápláló A és B alállomásokban bekövetkezőkkel is.

Ebben az esetben az A alállomásból folyó áram (I_Z) fogja eredményezni a legnagyobb feszültséget, mivel ez nagyobb, mind az I_X , mind pedig az I_Y értékénél.



7. ábra: Az egyfázisú földrövidzárlati áram tipikus változása a hibahely függvényében (pl. X és Y) egy adott létesítményre, amikor a hibahelyi impedancia a végeken (alállomásoknál) kicsi, és a vezeték mentén pedig nagyobb

A veszélyes konduktív hatás számításához a földrövidzárlati áram földelési rendszeren átfolyó részét kell számításba venni.

A közvetlenül földelt csillagpontú hálózat nagyfeszültségű távvezeték üzemeltethető úgynevezett sántaüzemben, amikor az egyik fázis ki van kapcsolva, illetve szakadt. (A sántaüzem a gyakorlatban általában úgy jön létre, hogy bekapcsoláskor az egyik fázis megszakítója nem kapcsol be.) A sántaüzem általában a 120 kV-os feszültségszintre korlátozódik. Az ilyen üzemállapot esetenként több órán keresztül is fenntartható. Sántaüzem alatt a földben folyó (indukáló) áram nagysága gyakorlatilag megegyezik az ép fázisok üzemi áramával. Sántaüzem alatt az átvitt teljesítmény és ezért az áram is a normális állapot esetén megengedett érték 70-80 %-a.

A sántaüzem által okozott indukálást tartós indukálásnak kell tekinteni, amelyre a normál üzemre vonatkozó menedzsment-feszültség alkalmazandó. A nem közvetlenül földelt csillagpontú hálózatok esetében a következő háromféle csillagpont- kialakítású hálózat lehetséges:

- 1) szigetelt csillagpontú (általában ipartelepi hálózaton használatos, közcélú hálózaton nem;)
- 2) kompenzált csillagpontú (tipikusan a vidéki középfeszültségű (20 kV-os) elosztóhálózat);
- 3) nagy impedancián (általában ellenálláson) át földelt csillagpontú (jellemzően a nagyvárosok kábeles középfeszültségű hálózatán, valamint a városkörnyéki vegyes szabadvezetékes és kábeles hálózatokon alkalmazzák).

A nem közvetlenül földelt csillagpontú hálózat (I_{Ff}) földzárlati árama nem rövidzárlati típusú áram, nagysága általában az üzemi áramnál is kisebb. Különösen ez a helyzet a rezonáns induktivitással földelt kompenzált hálózaton. Ezért az ilyen hálózat földzárlati áramának indukáló hatásával nem kell számolni.

A nagy ellenálláson át földelt csillagpontú hálózat földzárlati árama is kicsi. Értéke a csillagpont-földelő ellenállás nagyságától és a hibahelyi impedanciától (ívellenállás és földelési ellenállás összege) függ.

Hazai viszonyok között alkalmazott csillagponti ellenállás:

- a 20 kV-os hálózatokon 100 Ω (ideiglenesen bekapcsolódó), ami legfeljebb 115 A hibaáramot hoz létre;
- a 10 kV-os hálózatokon 25 Ω , ami legfeljebb 230 A hibaáramot hoz létre.

A földzárlat fennállásának időtartama 1 s-on belül van, ezért az 1 s-hoz tartozó menedzsment-feszültség alkalmazandó.

A kettős földzárlat (2Ff), azaz két különböző fázisban, térben két különböző helyen szimultán fellépő földzárlat előfordulási gyakorisága a földzárlathoz képest kicsi, viszont a kettős földzárlati áram nagysága rövidzárlati jellegű és a két hibahely között földvisszavezetési indukáló árammal jár, ezért nem lehet figyelmen kívül hagyni. (L. 1. táblázat.)

- Vasúti munkavezetékek üzemi áramdiagramját a munkavezeték sín és földvisszavezetés (hosszfüggő) impedanciájából, a táptranzformátor impedanciájából és az átvihető maximális teljesítményből lehet meghatározni. (Ez utóbbi a 26,5 kV-os tápfeszültség és a mozdonyok 19 kV-os minimális működési feszültségének különbségéből adódik.) Az üzemi áramnak van egy a védelem által megszabott felső korlátja (500-800 A). A zárlati áram a fenti paraméterekből származtatható. A szükséges paraméterek a vasút üzemeltetőjétől szerezhetőek be. (Megjegyezzük, hogy Magyarországon üzemel egy ún. 2x25 kV-os auto transzformátoros villamos vontatási rendszer is, melynek esetében az árameloszlás összetettebb, bonyolultabb módon számítható.)

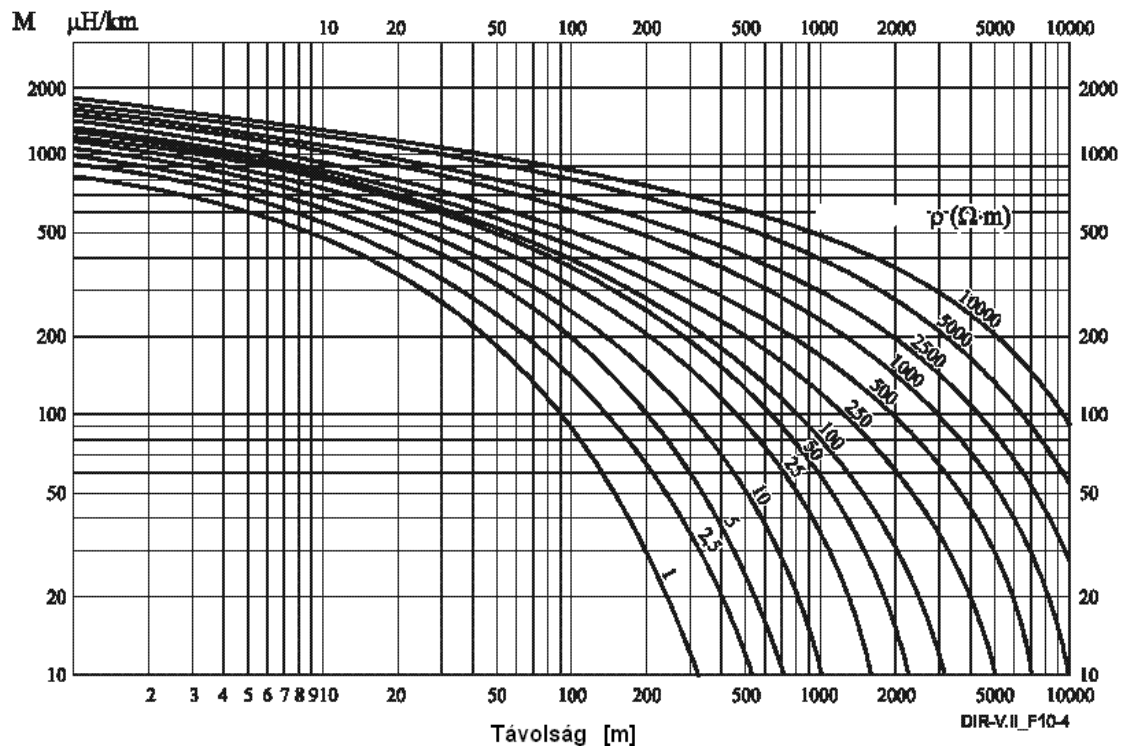
A zavaró áram (I_p) a felharmonikus áramok pszofometrikus súlyozásával

határozható meg. Vasút esetében gyakorlati mérések alapján a számításokhoz a következő összefüggés alkalmazható:

$$I_p(X) = 40 / (1+X) \text{ [A]}$$

ahol X a munkavezeték relatív hossza, az állomásonál $X=0$, a fázishatárnál (a tápszakaszhatára) $X=1$.

- **Kölcsönös impedanciák.** Az induktív hatások számítása az erősáramú vezeték és a föld, valamint a távközlő vezeték és a föld alkotta áramkörök közötti kölcsönös impedancián alapul. A kölcsönös impedancia a két rendszer közötti távolságtól, a talaj fajlagos vezetőképességétől és az indukálás frekvenciájától függő komplex szám. A számítást a veszélyeztetéshez 50 Hz-re, a zavaráshoz 800 Hz-re kell elvégezni, pl. abszolút értékkel számolva. Ehhez diagramok formájában rendelkezésre állnak a kölcsönös impedancia értékek (pl. L. 8. ábra). (Külön-külön diagram van 50 Hz-re és 800 Hz-re, a paraméter a talaj fajlagos vezetőképesség.) Az ITU direktívában találhatóak olyan összefüggések is amelyekkel a kölcsönös impedancia számítható.



8.ábra Diagramm az 50 Hz-es kölcsönös impedancia meghatározásához (paraméter a talaj fajlagos ellenállás: ρ)

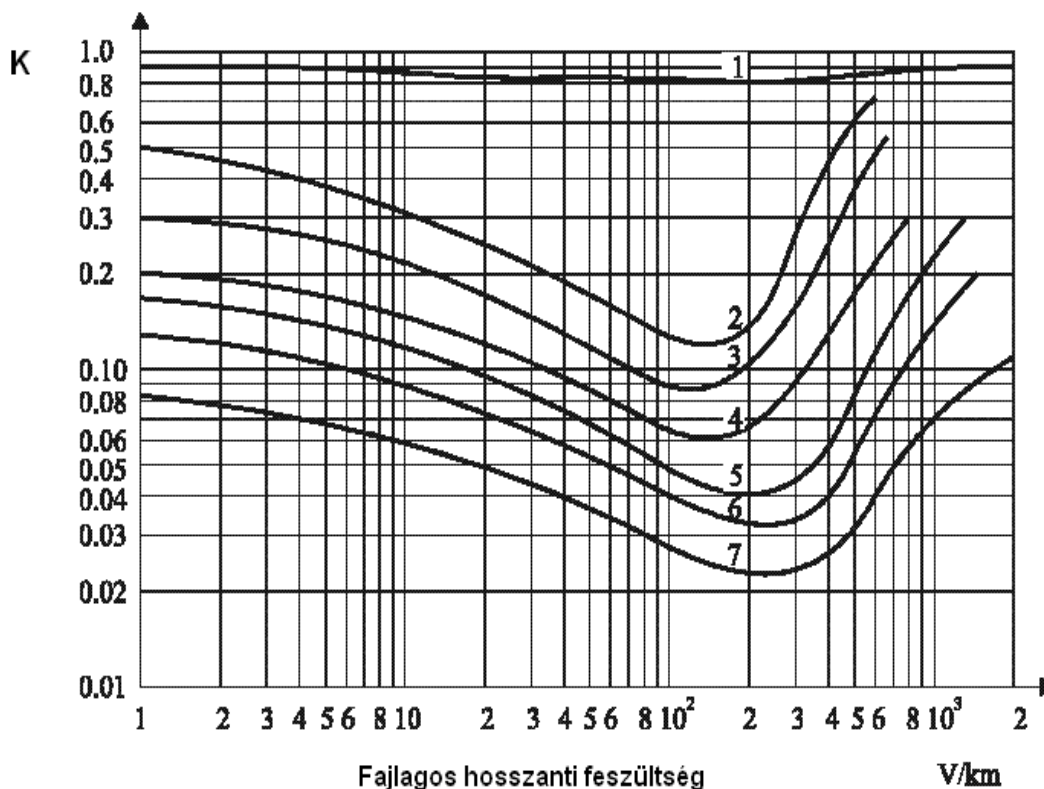
- **Talaj fajlagos vezetőképesség.** A talaj fajlagos vezetőképességétől függően a kölcsönös impedancia, s vele az induktív befolyás, különösen az egymáshoz távolabb lévő vezetékek esetén igen jelentősen eltér. Pl. 50 Hz-re vonatkozóan a talaj fajlagos vezetőképesség 1 nagyságrendi változása 10 m-es kölcsönös távolságban 20-30 %-al, 100 m-es távolságban már közel 100 %-al, 1000 m-es kölcsönös távolságban pedig 500-600 %-al változtatja meg a kölcsönös impedancia értékét.

- A talaj fajlagos vezetőképesség a geológiai viszonyok függvényében rendkívül különbözőképpen változhat. Ezért a számításokhoz lehetőleg mért értéket kell használni.
- **Földelési ellenállás.** A befolyások figyelembe veendő esetei közül a konduktív befolyásnál a nagyfeszültségű rendszer földelésén átfolyó áram okozta potenciálemelkedés idéz elő káros hatást. A számításokat mért értékkel (az adatot az erősáramú rendszer üzemeltetője szolgáltatja) kell elvégezni. (Tervezett alállomás földelő rendszerének földelési ellenállásaként a tervezett értéket kell alapul venni, a berendezés létesítése után méréseket kell végezni.)
- **Távközlési vezetékek érzékenységi tényezője.** Az induktív zavaró hatások számításánál játszik szerepet. E tényező az áramkör vezetői közötti (keresztirányú) elektromotoros erő és a földvisszavezetési áramkörben ugyanakkor mérhető hosszanti elektromotoros erő hányadosa. Az érzékenységi tényező a távközlési összeköttetés aszimmetriáját fejezi ki. (A hosszirányú feszültségből mekkora keresztirányú feszültség konvertálódik.) Az összeköttetés érzékenysége a vezetők aszimmetriáján kívül függ a végberendezés aszimmetriájától, a vezeték hosszától, az indukálás hossz menti eloszlásától és a frekvenciától. A zavarásra vonatkozó számításokat az alkalmazott statisztikai átlagértékek miatt fokozottan ellenőrizni kell zavarás mérésekkel, mivel az indukált vezetékek aszimmetriái különbözőek, az átlag alkalmazása erősen eltérhet a valóságos értéktől. (A számított érték általában nagyobb, mint a mért érték.) Az összeköttetések aszimmetriájára az ITU-T K.10 ajánlása [3] tartalmaz előírásokat.
- **Az indukálás mértékét csökkentő kompenzáló (védő) hatások.** A kölcsönös impedanciákat azzal a feltétellel határozták meg, hogy csak az indukáló és az indukált vezeték van a megközelítés környezetében. A valóságban azonban szinte mindig van más vezető is a közelben. Ha ezek a vezetők földeltek, az indukció hatására bennük áram folyik, amely az indukált vezetőben eredetileg keltett hatást csökkenti. Ezt a hatást nevezzük kompenzáló hatásnak, melyet a számításokban a kompenzáló tényezővel (k) veszünk figyelembe. A kompenzáló tényező egy 1-nél kisebb pozitív szám, értéke $=1$, ha nem érvényesül kompenzáló hatás. Az eredő kompenzáló hatás az egymástól függetlenül ható földelt fémvezetők esetében a kompenzáló hatások szorzata. Az egymástól nem független kompenzáló hatások eredője a szorzatuktól kedvezőtlenebb.

Különböző kompenzáló hatások:

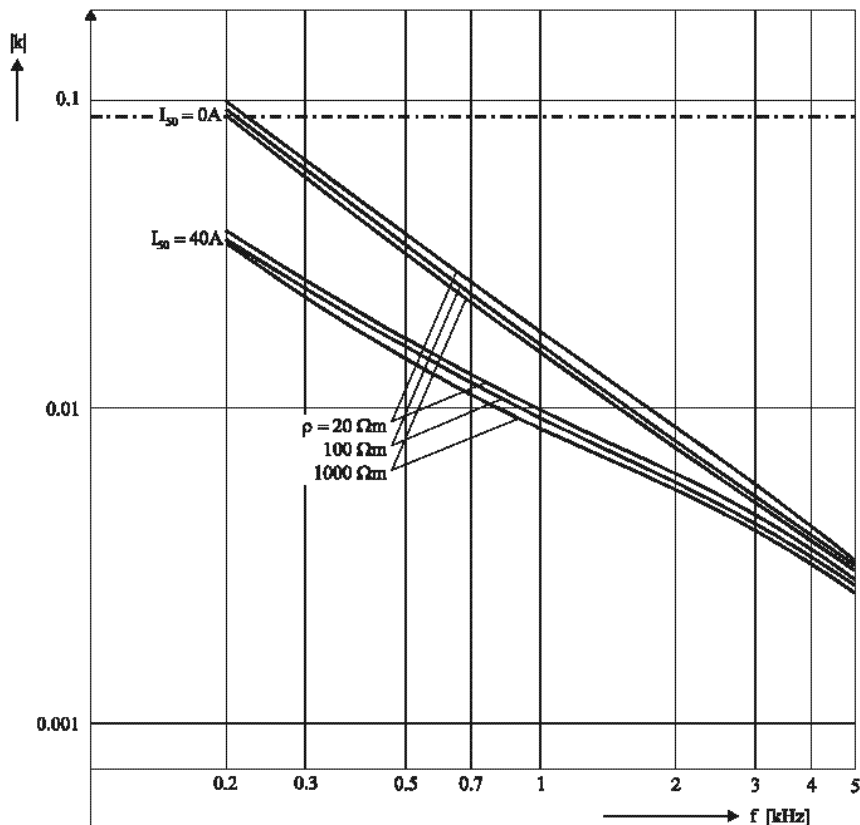
- **A kábelek fém burkolatának kompenzáló hatása** (kábel védőtényező):
A kábel védőtényező a fémköpeny belső impedanciájának (külső visszavezetéssel) és a kábelburkolat és a föld alkotta hurok impedanciájának a hányadosa. Jó védőhatás jó vezetőképességű köpeny anyaggal és nagy impedanciájú (páncélozott) burkolattal érhető el. Páncélozott távközlő kábelek védőtényezője a fajlagos hosszanti feszültség (a köpenyben folyó áram) függvényében változik a ferromágneses páncélzat gerjesztésfüggő impedanciája miatt. (Az ilyen kábelek védőtényezőjét számítási szakaszonként kell megállapítani.) 800 Hz-en a permeabilitás csak kis mértékben függ a gerjesztéstől. A kábelburkolat védőhatása próbadarabokon

végzett méréssel határozható meg. (A védőtényező érvényesülésének feltételeit a 2.4.1.2. pont tartalmazza.) A 9. ábra alu köpenyű páncélozott kábelek 50 Hz-es védőtényezőjét adja meg a fajlagos hosszanti feszültség függvényében. A 10. ábra a védőtényező frekvenciafüggését szemlélteti. A számítás pontosságának a növelése érdekében, ha rendelkezésre áll, mért védőtényező értékeket kell használni.



Jelölés	Kábellélek Átmérő	R_{dc} Ω/km	Alu köpeny vastagsága (mm)	Páncél vastagsága (mm)
1	10	1,5	1,0	2x0,5
2	10-20	0,8	1,0	2x0,5
3	20-30	0,4	1,1	2x0,5
4	30-40	0,2	1,4	2x0,5
5	40-50	0,2	1,4	2x0,5
6	50-60	0,2	1,8	2x0,5
7	60-70	0,07	2,6	2x0,5

9. ábra Alu köpenyű páncélozott kábelek 50 Hz-es védőtényezője



10. ábra Alu köpenyű páncélozott kábel védőtényezőjének frekvenciafüggése (paraméter: talaj fajlagos ellenállás ρ és az 50 Hz-es köpenyáram)

- Nagyfeszültségű vezetékek villámvédő vezetőinek kompenzáló hatása:**
 A hibahely környezetében az áram nagy része a védővezetőben folyik, majd a hibahelytől távolodva az oszlop-földeléseken át fokozatosan kilép a földbe. Ennek megfelelően a kedvező hibahelyi kompenzáló hatás is fokozatosan rosszabbodik az állandósult állapot eléréséig. Ez az ún. véghatásos védőtényező is figyelembe vehető a számításoknál, de minden esetben ellenőrizni kell, hogy a hibahely változtatásával nem adódik e kedvezőtlenebb eredmény. (A villámvédő vezető(k) kompenzáló hatását állandósult állapotra táblázat, a hibahely környezetére diagram formájában szokás megadni. Pl. 1 védővezetős rendszernél értéke 0,55 és 0,9 között változik.)
- Vasúti sínek kompenzáló hatása:**
 A villamosított vasutaknál a sínek fémes folytonosságát sín-átkötők biztosítják, így jelentős kompenzáló hatással lehet számolni. A védőtényező a földelt sínszálak számától függően változik. (Pl.: 1 vágányú pálya 1 földelt sínszállal: $k_r = 0,61$; 1 vágányú pálya 2 földelt sínszállal: $k_r = 0,44$; 2 vágányú pálya 4 földelt sínszállal: $k_r = 0,28$; Ezen állandósult értékek akkor vehetők figyelembe, ha a távközlő vezető viszonylag messze van a sínektől.) A számításoknál célszerű figyelembe venni a sín védőtényezőjének frekvenciafüggését is [2]. Olyan esetben, amikor az indukáló vezeték nem a vasúti munkavezeték, a sín csak akkor kompenzál jelentősen, ha a távközlő vezeték a sín közelében van.

- **Földben lévő fémek védőtényezője (civilizációs tényező)**

Víz, gáz s egyéb vezetékek kompenzáló hatását (a városi közmű hálózat kompenzáló hatását civilizációs védőtényezőnek is nevezik) megbízható adatok hiányában nehéz számolni. (Irányértékeket a 9. táblázat tartalmaz.) Ezért – ha lehetőség van rá - célszerű méréssel megállapítani a figyelembe vehető értéket, s ezt használni a számításokhoz. Másik gazdaságos megoldás, ha a civilizációs hatások figyelembevétele nélkül elvégzett számítás szerint kritikus viszonylatokat a hálózat védelembe helyezése előtt méréssel ellenőrzik. (l. 2.2.6.4 pont)

9. táblázat: Irányértékek a civilizációs tényezőre

	Környezet	
	Városias terület	Vidékes terület
Civilizációs tényező k_u	0,1 – 0,4 – 0,7 *	1,0
* Nagyvárosra és nagy földellenállás esetén: 0,1		

Meg kell jegyezni, hogy a városi területeken a kompenzáló hatás egyre kisebb (a civilizációs tényező nő), mert a közművekben egyre csökken a fémes rendszerek (csővezetékek) használata.

Az indukálási számításokhoz szükséges összefüggéseket az ITU Direktiva II. kötete [2] tartalmazza. Szemléltetésképpen pl. az induktív veszélyeztetés számítását nézzük meg:

A távközlési vezeték és a földvisszavezetés által alkotott áramkörben keletkező indukált hosszanti feszültség értékét egy számítási szakaszra (a szakaszokra bontást az 5. ábra szemlélteti) az alábbi összefüggéssel számíthatjuk:

$$U_i = I \times Z_k \times l \times k$$

ahol

- I - a mértékadó indukáló áram;
- Z_k - az erőáramú vezeték és a földvisszavezetés, valamint a távközlési vezeték és a földvisszavezetés által alkotott áramkörök közötti kölcsönös impedancia az indukáló áram frekvenciáján;
- l - a megközelítési szakasz hossza;
- k - az indukálás mértékét csökkentő kompenzáló tényezők eredője.

A távközlési összeköttetésre vonatkozó, teljes indukált hosszanti feszültséget az egyes számítási szakaszokra kapott értékek vektoros összege adja. A vektoros összegzés helyett az algebrai összegzés is megengedett.

Az indukálás mértéke nagymértékben függ az alkalmazott átviteltechnikai rendszertől, közegetől, illetve a távközlési vonalhoz csatlakoztatott berendezés minőségétől (pl. a berendezés földszimmetriájától). Ezért vannak olyan védelmi intézkedések, amelyek alkalmazását már a távközlési összeköttetés vagy rendszer tervezése során meg kell fontolni (pl. a távközlési összeköttetés nyomvonalának helyes megválasztása, jó védőtényezőjű kábel alkalmazása), s vannak olyan intézkedések, amelyeket már létező távközlési rendszeren kell alkalmazni (pl. túlfeszültség-levezető). Az adott esetben

alkalmazott védelmet - műszaki szempontok figyelembevételével - gazdasági megfontolások alapján kell kiválasztani.

A nagyfeszültségű hálózat vagy a villamosított vasútvonal által a távközlési hálózatban okozott veszélyeztetés vagy zavarás elkerülése, illetve csökkentése érdekében a gazdaságos védelem megvalósításához a következőket kell figyelembe venni.

2.4 Védelmi módszerek alkalmazása a távközlési hálózatban az indukált feszültségek és áramok csökkentésére

A 10. táblázat összefoglalja a távközlési hálózatban az erősáramú befolyásolás következtében fellépő feszültségek és áramok csökkentésére alkalmazható védelmi módszereket. (A táblázat az indukálás különböző eseteire csoportosítva adja meg az adott esetben alkalmazható védelmi módszereket. A megadott módszerekből nem mindegyik terjedt el Magyarországon.) Ezen módszerek tervezése során az alábbiakat is célszerű figyelembe venni.

2.4.1 Az indukált feszültségek és áramok csökkentése

2.4.1.1 Nyomvonal kiválasztás

Költséges védőeszközt nem igénylő védelmi módszer a távközlő hálózat és az indukáló hálózat közötti távolság növelése. Elsősorban új távközlési hálózat tervezése során alkalmazható megoldás a káros hatások elkerülésére a távközlési hálózat nyomvonalának olyan megválasztása, hogy az indukáló- és a távközlési hálózat közötti megközelítési távolság "elegendően nagy" legyen.

"Elegendően nagy" a távolság, ha az indukált feszültségek értéke kisebb, mint a menedzsment feszültség értéke. A nyomvonal helyes megválasztásánál szem előtt kell tartani azt, hogy *az erősáramú hálózatra merőleges nyomvonal vezetésű kábelszakaszokban nem indukálódik feszültség.*

2.4.1.2 Jó védőtényezőjű kábel alkalmazása

Káros túlfeszültség elleni védelem hatásos eszköze a kábelburkolat kompenzáló hatásának felhasználása.

A kompenzáló hatás mértékét a kábel védőtényezője adja meg. Páncélozás (acél szalag) esetén a védőtényező értéke a köpenyáramtól, illetve az indukált hosszanti feszültségtől függ. A kábel fémköpenyének, páncélozásának hosszirányban folytonosnak kell lenni. A kompenzáló hatás érvényesülése érdekében a fémköpenyt és a páncélozást legalább a megközelítési szakasz két végpontján földelni kell. A végponti ellenállás értékét a védőtényező szükséges értéke határozza meg. Nem folyamatosan földelt köpenyű kábel esetén a védőhatás csak megfelelő, méretezett földeléssel érvényesül. (Általában ahhoz, hogy a védőtényező számottevő értékű legyen a kábel két végpontjánál lévő földelési rendszer földelési impedanciáinak

összege legalább egy nagyságrenddel kisebb kell hogy legyen, mint ezen szakasz kábelköpeny ellenállása.) A szükséges kis értékű földelésből, továbbá az ún. véghatásból következik hogy rövid, néhányszor 100 m-es hosszúságú Qvr kábelszakasz esetén a védőhatás gyakorlatilag nem számottevő. Ezért ilyen rövid szakaszokra Qvr kábelt nem szabad betervezni!

A kábelburkolat védőtényezőjénél kedvezőbb eredő védőtényező jön létre akkor, ha az erek egy része túlfeszültség-levezetőkön át a földhöz csatlakozik. A földelt erektől származó rejtett védőtényezőt is figyelembe kell venni.

Páncélozott kábeleknél a névleges védőhatás a következő feltételek egyidejű teljesülése esetén érvényesül:

- ⇒ a kábel fémköpenye és páncélzata villamosan folytonos, minden kötőhelyen egymással párhuzamosan kapcsolt;
- ⇒ a kábelburkolat folyamatosan vagy szakaszosan földelt és a teljes hosszra vonatkozóan a kábelburkolat átvezetése a föld felé kisebb, mint egyenáramú ellenállásának 10%-a;
- ⇒ a kábel végpontjai az indukált szakasz végpontjain legalább $l = 3/\gamma$ - nak megfelelő távolságra túlnyúlhatnak.

Az összefüggésben:

γ a kábelburkolat és a föld alkotta áramkör terjedési együtthatója [1/km]

l az indukált szakaszon túlnyúló kábel hossza [km]

2.4.1.3 Fényvezető kábel alkalmazása

Mivel a külső elektromágneses térnek a fényvezető szálra nincs káros hatása, a fényvezető szál tökéletes védelmet nyújt még különleges esetben is, feltéve, hogy az alkalmazott fényvezető kábel fém alkotórészt nem tartalmaz. (A fém alkotórészt tartalmazó fényvezető kábel védelméről gondoskodni kell!)

2.4.1.4 Kompenzáló vezetők

A következő (földelt) fémszerkezetek rendelkeznek számottevő kompenzáló hatással: kábelek fém köpenye, távközlési kábelek földelt vezetői (koaxiális kábelek külső vezetői, szimmetrikus kábelek távközlési áramkörként fel nem használt érpárjai), sínek, csővezeték, kompenzálás céljából fektetett földelt vezetők, megfelelő hosszúságú egyéb, nem specifikálható fém szerkezetek.

- a) A nem specifikálható fém szerkezetek védőtényezőjének az indukált feszültségek (áramok) számítása során történő figyelmen kívül hagyása jelentős hibát okoz. Különösen városi, illetve ipari környezetben számottevő ez a védőhatás.

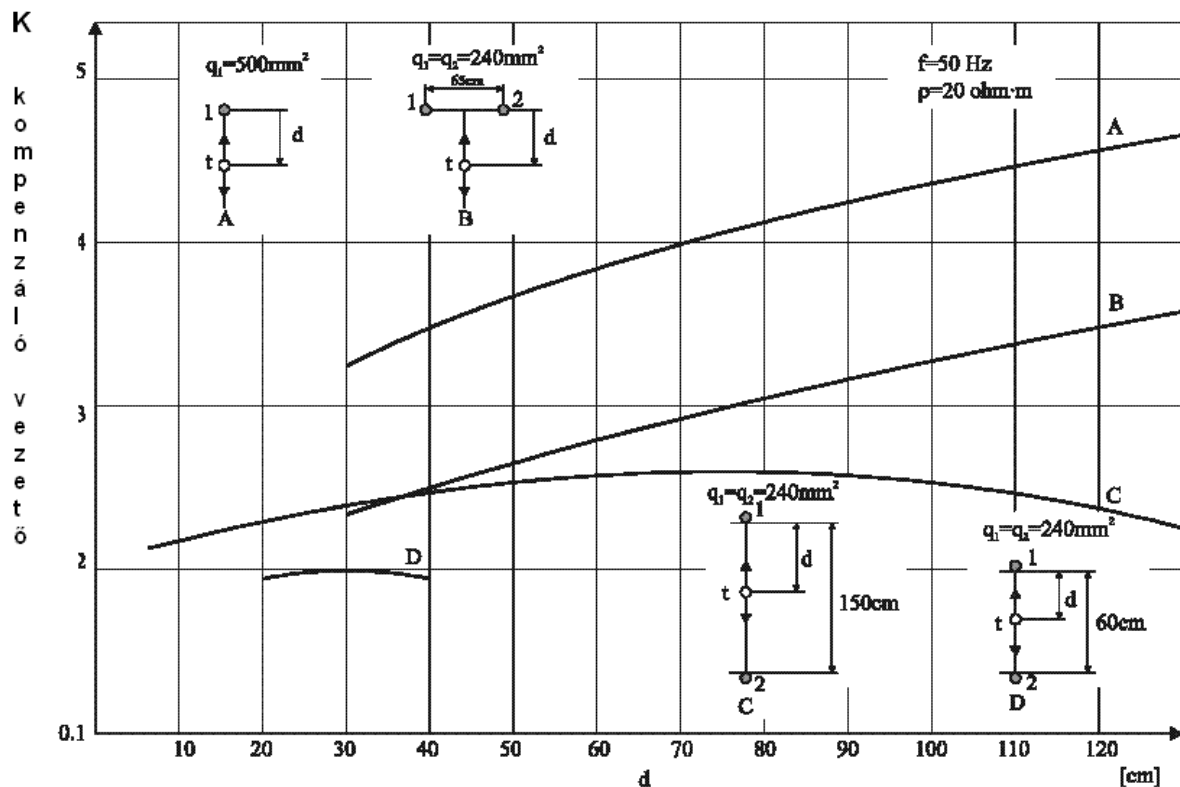
E kompenzáló hatást pontosan csak mérésrel lehet meghatározni.

Mivel e kompenzáló hatás figyelmen kívül hagyása indokolatlan védelmi megoldások (pl. Qvr kábel) alkalmazásához vezet - ahol lehetséges - meg kell határozni ezen ún. "civilizációs védőtényező" értékét, s ezt, mint az adott területre (nyomvonalra) jellemző mérőszámot, a számítás során fel kell használni.

A civilizációs védőtényező értékét a meglévő távközlési hálózatban

- ◇ vagy korábban elvégzett mérési és számítási eredmények összehasonlításából (ha rendelkezésre áll),
- ◇ vagy a tervezés során elvégeztetett mérésből és a tervező által elvégzett számításból kell meghatározni.

b) Meglévő alépítményes hálózat bővítése miatt veszélyeztetetté (vagy zavarttá) váló hálózat esetében a Qvr kábelcsere helyett gazdaságosabb megoldás lehet a kompenzáló vezető alkalmazása. A kompenzáló vezetőt üres csőnyílásba csak akkor szabad behúzni, ha a tervező meggyőződött arról, hogy az további kábel behúzására nincs a közeljövőben kijelölve. Szabad csőnyílás hiányában LPE béléscsővezéssel (ikercső) kell a kompenzáló vezető részére csőnyílást biztosítani a már kábelrel elfoglalt nyílások egyikében. Ezen megoldás gazdaságosságát számításokkal ellenőrizni kell. Az ikercsőes megoldás alkalmazhatóságának vizsgálatakor - a gazdaságossági szempontok mellett - a technológiai előírásokat is figyelembe kell venni. A 11. ábra kompenzáló vezetők védőhatását szemlélteti. Látható, hogy a védőhatást befolyásolja a távközlő kábel kompenzáló vezetőhöz viszonyított helyzete.



11. ábra Kompenzáló vezetők 50 Hz-es védőtényezője (q = alu kábel keresztmetszete)

2.4.2 Védelem a távközlési összeköttetésbe iktatott berendezéssel

A rövid idejű veszélyeztetés elleni védelem gazdaságos eszköze a túlfeszültség-levezető. A túlfeszültség-levezetővel való védelem alapja az, hogy a túlfeszültségek hatására a levezetők működésbe lépnek („megszólalnak”) és az eret - az ívellenálláson át - a helyi földelőnek megfelelő potenciálra kötik. A megszólalt levezetők a vonalat

rövidre zárják, de a túlfeszültség megszűnése után a levezetők kialszanak és a vonal üzemképessé válik.

A túlfeszültség-levezető védelmet méretezni kell. A levezető típusát, helyét és a földelési ellenállás értékét úgy kell meghatározni, hogy

- ◇ az egy éren folyó áram kisebb legyen a levezetőre megengedett váltakozó áramnál,
- ◇ továbbá a földelőn a feszültségemelkedés kisebb legyen, mint a megengedett érték.

Rövid idejű veszélyeztetés (pl. távvezetékek 1 FN zárlata) elleni védelemre Qvr kábel helyett - amennyiben ezt kizáró ok nincs - túlfeszültség-levezetőt kell tervezni. (Nem elegendő a túlfeszültség-levezető védelem, ha a fenti két feltétel nem elégíthető ki, illetve a levezető működése alatt is szükséges a jelátvitel. Nem teljesíthetők az előzőek szerinti feltételek pl. nagy zárlati áramú, magas potenciálemelkedésű alállomásba bevezető rövid kábelek esetén.)

Általában az MSZ 17016 [10] szerinti légköri eredetű túlfeszültségekkel szembeni védelemre alkalmazott fém-kerámia típusú túlfeszültség-levezetők alkalmazhatók az erősáramú hatásokkal szembeni védelemre is.

(A légköri eredetű túlfeszültségekkel szembeni védelemre alkalmazott túlfeszültség-levezetők névleges váltakozóáramú áramlevezető-képessége általában $10 A_{eff}$, rendezőkben a 2000-es évektől $5 A_{eff}$, de korábban néhány $20 A_{eff}$ névleges értékű típus is beszerzésre, s alkalmazásra került.) A nagysűrűségű rendezők, végelzárók 6x8 mm-nél kisebb túlfeszültség-levezetői esetében ellenőrizni kell, hogy azok áramlevezető-képessége elegendő-e.

10. táblázat A védelmi módszerek alkalmazása a távközlési oldalon az indukálás különböző eseteire

		Az indukálás következménye						
		Veszélyeztetés				Zavarás		
Csatolás típusa		Személyek veszélyeztetése		Berendezések károsodása		Zaj	Rendellenes működés	
		Rövid idejű	Tartós	Rövid idejű	Tartós		Rövid idejű	Tartós
Induktív		x	x	x	x	x	x	x
Kapacitív			x		x	x		x
Konduktív	közvetlen érintkezés		x		x			
	földpotenciál emelkedés	x		x			x	
Védelmi intézkedés fajtája								
1.	A távközlési vonal és az indukáló hálózat közötti távolság növelése	x	x	x	x	x	x	x
2.	A légvezeték cseréje árnyékolt kábelre		x	1/x	1/x	x	x	x
3.	Jó védőtényezőjű kábel alkalmazása	x	x	x	x	x	x	x
4.	Fényvezető kábel alkalmazása	x	x	x	x	x	x	x
5.	Kompenzáló vezetők	x	x	x	x	x	x	x
6.	Túlfeszültség-levezető	x	x		x	x		
7.	Feszültség-korlátozó félvezető elemek			x	x			

1./ Ha a nagyfeszültségű hálózat szakadása esetén a föld alatti távközlő kábelre veszélyes feszültség kerülhet, kiegészítő védelemként a kábelt műanyag védőcsőbe kell húzni.

2.5 Megközelítés és keresztezés

Ha a vezetékes távközlő hálózat erősáramú (vagy nagy áramot levezető) rendszert közelít meg, vagy ilyen rendszert keresztez, akkor annak megfelelőségét külön vizsgálni kell.

Az erősáramú befolyásolásnál az erősáramú rendszer által a távközlő hálózatban keltett feszültségeket és áramokat vizsgáljuk, megközelítésnél és keresztezésnél a két rendszer közötti geometriai távolság vizsgálandó. Két különböző esetről van szó, nem szabad összekeverni őket!

2012. január 26.-án megjelent a kötelező hatályú **8/2012. (I. 26.) NMHH rendelet** [4] az elektronikus hírközlési építmények egyéb nyomvonalas építményfajtákkal való keresztezéséről, megközelítéséről és védelméről. E mellett különböző szabványok is tartalmaznak keresztezésre és megközelítésre vonatkozó távolság-értékeket. (A szabványok nem kötelezőek!) Az MSZ 17200-6 szabvány [5] a nyomvonalas távközlő létesítmények és az erősáramú vezetékek, villámhárító berendezések, földelési rendszerek közötti megközelítési és keresztezési előírásokat tartalmazza. (Nem tárgya a szabványnak a nyomvonalas távközlési létesítmény építményen belüli részének megközelítése, ill. keresztezése.) Az erősáramú rendszerek és a nyomvonalas távközlő létesítmények megközelítési és keresztezési helyzeteire az MSZ 17200-6 szabvány előírásain kívül az MSZ 151-1 [6], az MSZ 151-8 [7], és az MSZ 13207 [8] is tartalmaz előírásokat.

(Az alapkövetelmények a következők szerint foglalhatóak össze: Nem megengedett az erősáramú vezeték és a nyomvonalas távközlő létesítmény olyan térbeli elhelyezkedése, ahol az erősáramú vezeték vagy a nyomvonalas távközlő létesítmény:

- a másik létesítmény rendeltetésszerű működését zavarja,
- a másik létesítmény karbantartását, meghibásodása esetén annak hibaelhárítását akadályozza,
- meghibásodása esetén a másik létesítményt és/vagy kezelőiknek életét, testi épségét veszélyezteti.)

A rendeletben megadottak néhány esetben eltérnek a hatályos magyar szabványoktól, az eddig alkalmazott gyakorlattól. Ilyen esetben célszerű megvizsgálni a következőket:

I. A rendelet szerinti védelemnél nagyobb fokú védettség alkalmazása indokolt-e.

(Pl. középfeszültségű szabadvezeték földalatti része és földalatti elektronikus hírközlési vezeték külterületen történő megközelítések.) Egy – egy adott eset megközelítési és keresztezési szabályának, kialakításának megadásakor az előzetes egyeztetések, a tervezési, engedélyezési eljárások során célszerű megnézni mind a 8/2012. (I. 26.) NMHH rendelet, mind az MSZ 17200-6 szabvány szerinti előírást. Ha a vonatkozó szabvány az adott esetre nagyobb betartandó távolságot ír elő, mint a rendelet, akkor a távközlő hálózat védelmében annak nagyobb fokú védettségét biztosító előírás alkalmazását – hivatkozva a rendelet 2.§(1) pontjára – javasolt kérni az erősáramú hálózat tervezőjétől. A nagyobb fokú védelem indoka a következő: Külterületen az erősáramú oszlopot érő villámcsapás valószínűsége lényegesen nagyobb, mint

beépített belterületen. (L. pl. MSZ EN 62305-2 [9]) A villámcsapás miatt a távközlő kábelhez történő, azt károsító átívelés kiegészítő védőintézkedések alkalmazásával előzhető meg. Ilyen pl. az, ha a belterületen alkalmazottnál, illetve a rendelet mellékletében megadottnál nagyobb távolságot tartunk. Ha az MSZ 17200-6 szabvány szerinti távolság nem tartható (pl. helyhiány miatt), akkor más – az adott konkrét esetre alkalmazható védőintézkedéssel lehet biztosítani a kábel védelmét. Pl.: elszigetelés, az erősáramú oszlop földelőjének a távközlő kábellel ellentétes oldalon történő elhelyezése.

II. A rendelet szerinti távolságnál kisebb érték alkalmazása szükséges

A fémes és a villamos vezetőanyagot nem tartalmazó fémmentes hírközlő hálózatokra a rendelet ugyanazokat a követelményeket adja meg. Mivel a fémmentes fényvezetőjű kábelek esetén indukált feszültséggel nem kell számolni, azok más potenciálra nem kerülhetnek, egyes esetekben a keresztezésre és megközelítésre vonatkozó kisebb távolságok indokolhatóak. A fémmentes hírközlő hálózatokra vonatkozó előírások a hatályos szabványok szerint alkalmanként enyhébbek, mint a rendeletben megadottak. Ha a rendeletben megadott előírások nem tarthatók be, akkor az eltérésre a rendelet 3.§(3) pontja lehetőséget biztosít.

Ha a rendelet helyhiány miatt nem tartható be, és az MSZ 17200-6 szabvány szerinti legkisebb távolság kisebb, mint a rendelet szerinti, célszerű olyan elhelyezést választani, amely még teljesíti a szabvány szerinti követelményeket.

Megközelítés és keresztezés vizsgálatakor még az alábbiakat kell figyelembe venni: Erősáramú szabadvezetékek esetében a legkisebb vízszintes vagy függőleges távolságot a legkedvezőtlenebb kilengés és a legnagyobb belógás figyelembevételével a két létesítmény egymáshoz legközelebb lévő szerkezeti részei között kell mérni.

A szabadvezetékkel közös oszlopsorra szerelt vezetékes távközlő berendezés létesítésének előírásait az MSZ 151 sorozat tartalmazza.

A nyomvonalas távközlő létesítmény és több (esetleg eltérő névleges feszültségű) erősáramú létesítmény megközelítésekor minden eseti megközelítési helyzetre vonatkozó előírást, és ha a megközelítés egyben keresztezés is, akkor az eseti keresztezési helyzetre vonatkozó előírást is be kell tartani.

2.6 Az indukálási vizsgálat dokumentálása

a) A számítással végzett vizsgálat eredményeit dokumentációban kell rögzíteni.

A dokumentációnak tartalmaznia kell:

- a kiindulási adatokat, megjelölve azok forrását,
- az indukáló és az indukált vezetékek földrajzi elhelyezkedését és kölcsönös helyzetét ábrázoló léptékhelyes térképet, valamint áttekintő térképet,
- az elektromágneses indukálás mértékét meghatározó számításokat, ezek összefoglaló kimutatását,
- a vizsgálat eredményeinek értékelését,
- az esetleg szükséges védelmi megoldásokra vonatkozó javaslatokat,
- s a választott védelmi módszer gazdaságosságának indoklását.

- b) Az előzetes befolyásolási vizsgálatot, valamint annak dokumentálását a fejlesztési tervek készítésének idején el kell készíteni, mert az esetleges védelem tervezésének hatása lehet a kábel nyomvonal vezetésére, illetve beruházási költség felhasználására.
- c) Az előzetes vizsgálat elvégzése nem mentesíti a tervezőt a kiviteli terv készítésének időszakában a véglegesített nyomvonalra, illetve a választott műszaki megoldásra vonatkozó számítás elvégzése és dokumentálás alól.
- d) A védelmi okból szükséges végleges intézkedéseket, ha azok távközlési vezeték létesítése, bővítése, átalakítása miatt szükségesek, maga a távközlési vezeték kivitelezési terve tartalmazza.

A kivitelezési terv adja meg azokat az építési, szerelési előírásokat, amelyek a védelem érdekében szükségesek.

Ez esetben az indukálás vizsgálati dokumentáció a védelem hatékonyságát, illetőleg a tervezett megoldás alkalmazásával létesített, bővített, átalakított távközlési vezeték veszély- és zavarmentességét, a védelem indokoltságát bizonyítja.

Azokban az esetekben, amikor befolyásoló vezeték létesítése, bővítése, jellemzőinek változása miatt szükséges védelmi kiviteli terv, annak egyetlen célja a védelem megvalósítása, a távközlési vezeték védettségének kialakítása.

3. Villámvédelem

A villámvédelem szükséges mértékének a kockázat becslésen kell alapulnia figyelembe véve a költséget, a rendszer fontosságát, az elektromágneses környezetet, a helyi sajátosságokat és a károsodás valószínűségét. A védelmi szint és a védelmi módszer kiválasztásánál figyelembe kell venni az installálás költségét. A technika mai állása szerinti "teljeskörű", maximális kiépítettségű védelem rendkívül költséges lenne. (Pl. Nincs értelme a maximális, kis valószínűséggel előforduló villámáramra (L. 12. ábra) méretezni a védelmet.)

A túlfeszültségek feltűnési valószínűségének a meghatározása és a meglévő távközlő rendszer túlfeszültségálló-képességének az ismerete lehetővé teszi az optimális védelem kialakítását az egész rendszer számára.

A károsodás kockázata a teljes rendszer esetében számos tényezőtől függ. A következőkben a teljes rendszer védelméből a vezetékes távközlő hálózatok (központ – végberendezés közötti szakasz) védelmi kérdéseivel foglalkozunk.

3.1. Védelmi módszerek (a hazai gyakorlat)

A távközlő összeköttetések elmúlt közel két évtizedben alkalmazott túlfeszültség-védelmi rendszere azon az elképzelésen alapult, hogy a hálózatban megjelenő túlfeszültséget a hálózat tulajdonosa a hálózatban alkalmazott védőintézkedésekkel egy meghatározott szintre korlátozza. A vezetékekhez csatlakozó berendezéseknek pedig olyan túlfeszültségálló-képességgel kell rendelkeznie, hogy a hálózatvédelem korlátozási szintjének megfelelő túlfeszültség hatására a berendezés ne károsodjon, azaz a berendezéseknek olyan beépített védelemmel, konstrukcióval kell rendelkezniük, hogy a vonalvédelem korlátozási szintjének megfelelő, vagy attól kisebb túlfeszültséget károsodás nélkül elviseljék.

A légköri eredetű, villámcsapásból származó túlfeszültségekkel szembeni vonalvédelem a ma már visszavont MSZ 17016 magyar szabvány [10] szerint a következőképpen került kialakításra. (Ez a szabvány már nincs hatályban, de a jelenleg üzemelő vezetékes hálózat jelentős részének védelmi szempontból ezen előírásoknak kell megfelelnie. Az e pontban leírtak alkalmazhatóak pl. egy meglévő hálózatrész védelmének felmérésekor.) A megadott védelmi kapcsolások az átlagosan villámveszélyes területeken várható veszélyes túlfeszültségeket olyan szintre korlátozzák, amelyet a vezetékek és a berendezések (szükség esetén beépített védelemmel) károsodás nélkül el tudnak viselni. (Átlagosan villámveszélyes terület az, ahol a zivataros napok száma évenként legfeljebb 25 és a fajlagos talajellenállás legfeljebb 100 ohm.m. A zivataros napok számát, az ún. izokeraunikus szintet Magyarország villámgyakorisági térképe tartalmazza.) A túlfeszültség-védelem elsődleges (primer) védőeszköze a gáztöltésű fém-kerámia alapanyagú túlfeszültség-levezető (továbbiakban TL). A feszültségkorlátozás szintjét az alkalmazott TL-k megszólalási és maradék feszültsége adja. A TL-eket túlfeszültség-veszélyes vezetékhez csatlakozó központnál és előfizetői berendezésnél, valamint túlfeszültség-veszélyes vezeték és nem túlfeszültség-veszélyes vezeték, illetve különböző túlfeszültség-érzékenységgű vezetékek csatlakozási pontjánál kell beépíteni. (A védelmi kapcsolás elemei a TL, a feszültségkiegyenlítő vezető és a földelés. A védelmi kapcsolás hatásosságát e három védelmi elem együtt biztosítja.) Túlfeszültség-veszélyes hálózatnak minősül a föld feletti vezeték, ha hossza egy, a terület beépítettségétől (árnyékolt vagy nem árnyékolt terület) függő értéket meghalad. Egy nyílt terepen, nem árnyékolt területen haladó légkábel túlfeszültség-veszélyes, ha a hossza nagyobb, mint 250 m, árnyékolt (beépített) területen haladó légkábel túlfeszültség-veszélyes, ha a hossza nagyobb, mint 500 m. A túlfeszültség-veszélyes vezetékek védelmére erősítés nélküli hálózaton 230 V-os névleges megszólalási egyenfeszültségű, legalább 10 A_{eff} névleges váltakozóáramú, 10 kA névleges (8/20 µs hullámformájú) lökőhullámú áram levezetésére képes TL-t kell alkalmazni. A központok védelmére szolgáló TL lökőhullámú áramlevezető képessége 5 kA is lehet. Nem kell védelmet alkalmazni légköri túlfeszültség ellen átlagosan villámveszélyes területen azoknál a hálózatoknál (hálózatrészeknél), amelyek:

- végig föld alatti kábelekből állnak,
- föld alatti kábelekkel központot nagyelosztókkal, vagy központokat egymással kötnek össze és nincsenek közbenső túlfeszültség-veszélyes csatlakozási pontjai,
- föld alatti kábelekkel központot, nagyelosztót védett oszlopelosztóval kötnek össze, és föld feletti szakaszaik is vannak, de ezek nem túlfeszültség-veszélyesek.

Az eddig ismertett védelmi megoldások átlagosan villámveszélyes területen nyújtanak megfelelő védelmet. Fokozottan villámveszélyes területen kiegészítő védelmet is alkalmazni kell. Egy távközlési vezeték fokozottan villámveszélyes, ha fokozottan villámveszélyes területen létesül, és nem érvényesülnek árnyékoló hatások, vagy magas, villámveszélyes épülethez (pl. adótoronyhoz) csatlakozik, vagy annak közelében halad el. (A hazai gyakorlatban általában a fokozottan villámveszélyes területen is csak az átlagosan villámveszélyes területre vonatkozó szabályokat alkalmazták a tervezők, s az egyes esetekben szükséges kiegészítő védelmi intézkedések (pl. védővezető) nem kerültek alkalmazásra.)

A szabvány szerint a távközlési kábeleken és vezetékeken létesített földelések földelési ellenállása - amennyiben azt egyéb előírás nem szabályozza - 20 ohm-nál nagyobb nem lehet. (Ezen értéket önállóan, a becsatlakozó kábelek nélkül kell teljesíteni a földelésnek.)

A berendezések túlfeszültségekkel szembeni zavartűrését más előírások tartalmazzák. A hazai szabályozás a túlfeszültségek várható feltűnési valószínűsége alapján adta meg azt, hogy a vezetékes távközlő hálózatban hol és milyen védelmi intézkedés szükséges annak érdekében, hogy a keletkezendő túlfeszültséget egy elfogadható szintre korlátozzuk. A hazai szabvány tartalmazta a beépítéshez szükséges technológiai szempontokat is. (A szabvány túlfeszültség-levezetők alkalmazását csak föld feletti hálózat esetében írta elő akkor, ha a föld feletti hálózat hossza meghaladott egy a terület árnyékoltságától függő hosszt.) A szabvány hátránya, hogy csak a központ –előfizetői hozzáférési pont közötti vonalszakaszt veszi figyelembe, s pl. egy előfizetői telephely helyi hálózatára már nem alkalmazható.

3.2. A védelem szükségességének meghatározása

2001-ben honosításra, bevezetésre került az MSZ EN 61663-2 [11] európai szabvány, melynek tárgya a kültéri, fém erű, a távközlő központ és az NT közötti távközlő vonalak, valamint a különböző épületekben elhelyezett berendezéseket összekötő távközlő és jelzésátviteli vonalak villámvédelme oly módon, hogy a védelem a közvetett és a közvetlen villámcsapásból származó kárt egy elfogadható kockázati szintre korlátozza. (A fém szerkezeti részt tartalmazó optikai kábelek védelmi követelményeit az MSZ EN 61663-1 [12] szabvány tartalmazza.)

Az MSZ EN 61663-2 szabvány szerint kockázatszámítást kell végezni az elfogadható védelmi szint kialakításához. Az alkalmazott vizsgálati módszer menetét a 13. ábra szemlélteti, ez alapján foglaljuk össze - a jobb áttekinthetőség kedvéért kissé leegyszerűsítve - az alkalmazott kockázatszámítás módját.

A kockázatszámítás abból indul ki, hogy az alkalmazott berendezéseknek rendelkezniük kell egy minimális túlfeszültségálló-képességgel. [13] Ha ez nem teljesül a berendezések védelmére kiegészítő védőeszközök elhelyezése szükséges.

A kockázatszámítás első lépéseként az egy-egy faktorról jellemzett környezeti (K_e), installálási (K_i) és árnyékolási (K_s) feltételek vizsgálatára, ezen faktorok meghatározására kerül sor. A környezeti tényező pl. túlfeszültség-veszélyes, nem beépített környezetre $K_e=1$; nem túlfeszültség-veszélyes, 6 szintnél magasabb épületekkel beépített lakótelepekre $K_e=0$; 1-2 szintes épületeknél $K_e=0,5$; 3-6 szintes épületeknél $K_e=0,1$. Az installálási tényező föld alatti hálózatra $K_i=0,5$, föld feletti hálózatra $K_i=1$. Az árnyékolási tényező a kábelköpeny egyenáramú ellenállásából (r) a következő képlettel számítható:

$$K_s = \frac{1}{1 + \frac{46}{r}}$$

A központ – előfizetői létesítmény közötti vonal ún. átmeneti pontokkal (T) úgy van szakaszokra osztva, hogy egy szakaszon belül e fenti három faktor értéke állandó. Minden egyes szakaszra a szakasz tényleges hosszából (L) kiszámítható az átmeneti

ponthoz tartozó ún. konvencionális hossz (L_c), amelynek értékével a káresemények gyakorisága egyenesen arányos:

$$L_c = K_e \times K_i \times K_s \times L$$

Az összeköttetés konvencionális hossza az egyes szakaszok hosszának összege. Abban az esetben, ha a vonalon mindkét oldalán túlfeszültség-levezetővel védett, földelt berendezés van, az védelmi szempontból két, önállóan vizsgálendő részre osztja az összeköttetést.

Az átmeneti pontokban a károsodások évente várható gyakorisága a következők szerint határozható meg:

A villámcsapás közvetett hatása által okozott károsodás gyakorisága (F_{pi}):

$$F_{pi} = a \times T_d \times L_c \times \sqrt{\rho} \times V_p^{-1,8}$$

ahol: T_d = az évenkénti zivataros napok száma;

ρ = a talaj fajlagos ellenállás;

V_p = lökőhullámú túlfeszültségálló képesség, értéke a berendezésnek, vagy a kábelszigetelés lökőhullámú átütési feszültsége;

a = végponttól függő állandó.

F_{pi} értéke a berendezések előírt túlfeszültségálló képessége esetén:

- a központban (T_E): $F_{piT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_E}$;

- az előfizetői hozzáférési pontban (T_s): $F_{piT_s} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_s}$;

Károsodási gyakoriság közvetlen villámcsapás esetén feltételezve, hogy minden egyes, a távközlő vonalat ért villámcsapás kárt okoz:

- föld alatti hálózatra: $F_{pb} = K_e \times K_d \times N_g \times 2DL \times 10^{-6}$;

- föld feletti hálózatra: $F_{pa} = K_e \times C_e \times N_g \times 2 \times 10^{-6} \times F_d \times H \times L$;

ahol: K_e = a környezeti tényező;

N_g = a talajt négyzetkilométerenként, évente ért villámcsapás sűrűsége;

D = egyenértékű átívelési távolság (pl. $D=0,482 \sqrt{\rho}$ ha $\rho \leq 100$

Ωm);

L = a nyomvonal hossza;

K_d = kár korrekciós tényező (jelen esetben 1);

C_e = környezeti együttható;

$C_e = 0,25$ ha a föld feletti hálózat környezetében lévő szerkezetek (pl. fák, erőáramú oszlopok) magasabbak, vagy azonos magasságúak mint a távközlő vonal;

$C_e = 0,5$ ha a föld feletti hálózat környezetében lévő szerkezetek alacsonyabbak mint a távközlő vonal;

$C_e = 2$ hegyoldalon, dombon lévő légkabel esetén.

$F_d =$ becsapási tényező ($F_d = 3$);

$H =$ a vonal magassága m-ben.

Vizsgálni kell azt, hogy a közvetlen villámcsapásnak kitett épületbe belépő távközlő vonalra milyen hatása van az épületet érő villámcsapásnak. Az épületet érő közvetlen villámcsapás árama az épület földelő rendszerén átfolyik, s egy része belép az épületbe becsatlakozó különböző rendeltetésű földelt fém vezetőkbe. Így a távközlő kábel fém köpenyébe, vagy a kábel erekbe is belép a villám áram, amely vagy az ér és a köpeny közötti szigetelés átütését okozza, vagy megolvasztja a kábel eret, illetve annak szigetelését. A létesítményt érő közvetlen villámcsapás által okozott károsodási gyakoriság (F_{ps}) a következőképpen számítható:

$$F_{ps} = N_d \times P(I)$$

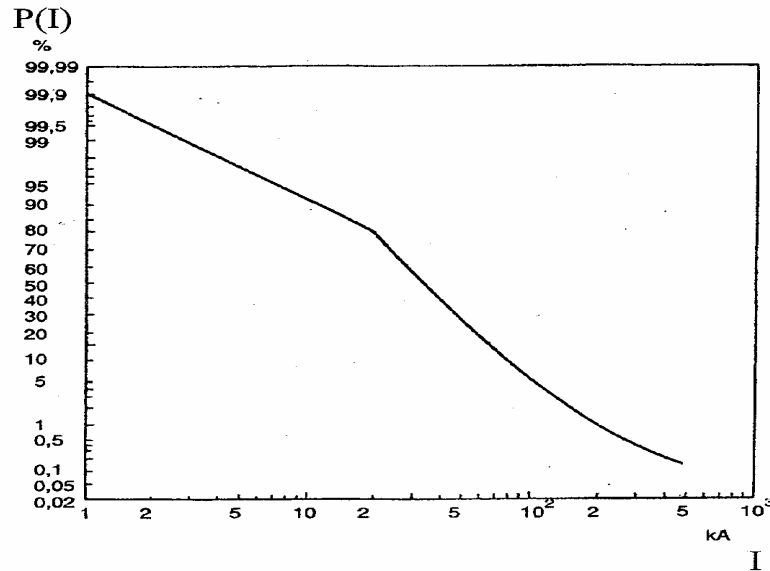
ahol $N_d =$ a szerkezetet érő közvetlen villámcsapás éves átlagos száma:

$$N_d = N_g \times C_e;$$

$I =$ a szerkezetet érő, a kábelben kárt okozó villámáram csúcsértéke;

$P(I) =$ a szerkezetet érő villámáram csúcsértékének a valószínűsége, amely a 12. ábra alapján határozható meg.

(Az extrém nagy villámáramok valószínűsége, mint az a 12. ábrából látható, igen kicsi, ezért gazdasági szempontból megfontolandó nagy áramokra (pl. 100 kA feletti) tervezni a védelmet.)



12. ábra A károsodást okozó villámáram (I) valószínűsége P(I)

A szerkezetet érő, a kábelben kárt okozó közvetlen villámcsapás áramának csúcserőteke a következő feltételezésekkel számítható:

A villámáram 50 %-a a szerkezet földelési rendszerén folyik el. A másik 50 % megoszlik a szerkezetbe belépő különböző (n számú) fémvezetékek között. A távközlő hálózatba belépő teljes áram vagy az árnyékolt kábel árnyékolásán, vagy árnyékolatlan kábelnél a kábel ereken (m számú) folyik. Árnyékolatlan kábel esetében

$$I = 16 \times n \times m \times S_c \text{ (kA), vagy}$$

$$I = 2 \times n \times m \times U_b / (R_c \times l_c).$$

Ahol S_c = a kábelér keresztmetszete mm^2 -ben;

R_c = a kábelér ellenállása Ω/km -ben;

l_c = a kábel hossza km -ben;

U_b = a kábelér lökőhullámú átütési feszültsége.

Árnyékolt, túlfeszültség-levezető nélküli kábel esetében:

$$I = 2 \times n \times U_b \times 10^6 / (R_i \times l) \text{ (A).}$$

Ahol R_i = a kábelárnyékolás ellenállása Ω/km -ben;

l = a kábel hossza m -ben a szerkezet és az árnyékolás legközelebbi földelési pontja között.

Árnyékolt, túlfeszültség-levezetővel ellátott kábel esetén:

$$I = 2 \times n \times I_f$$

Ahol I_f a kábelárnyékolásba és a kábel ereibe belépő áram, amelynek értéke a következő kétféleképpen számított értékből (az első a kábelárnyékolást, a második az eret károsító áram) a nagyobb:

$$I_f = (U_b \times 10^6 / R_i \times l) \times (R_i + R_c/m) / (R_c/m) ;$$

$$I_f = m \times 8 \times S_c \times (R_i + R_c / m) / R_i .$$

A szerkezetet érő, a kábelben kárt okozó villámáram csúcsértékének ismeretében meghatározható a közvetlen villámcsapás által okozott károsodási gyakoriság (F_{ps}). (Ha a $3 \times F_{ps} \leq 1$ feltétel nem teljesül védőintézkedés szükséges a szerkezetet érő közvetlen villámcsapás hatásainak csökkentésére.)

A villámcsapás a távközlő hálózatban elfogadhatatlan mértékű szolgáltatás kiesést okozhat. A döntés, hogy vajon szükséges e védelem, vagy nem, az adott vonalra számított károsodási kockázat és az elfogadható károsodási kockázat (R_a) összehasonlítása alapján történik (l. folyamatábra: $R_p \leq R_a$). Figyelembevételre kerül mind a távközlő vonalban, mind a csatlakoztatott berendezésekben várható károsodás, melyet a villámcsapás közvetett hatása, vagy a távközlő hálózatot, illetve a létesítményt - melybe a távközlő hálózat belép – ért közvetlen villámcsapás okoz. A károsodási kockázat a károsodási gyakoriságból (F_p) az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$R_p = F_p \times \delta$$

Ahol $\delta =$ a káreseményenkénti kár-következmény tényező :

$$\delta = t' / 8760 \quad (a \text{ szolgáltatás kiesés időtartama órában} / \text{egy év óraszám})$$

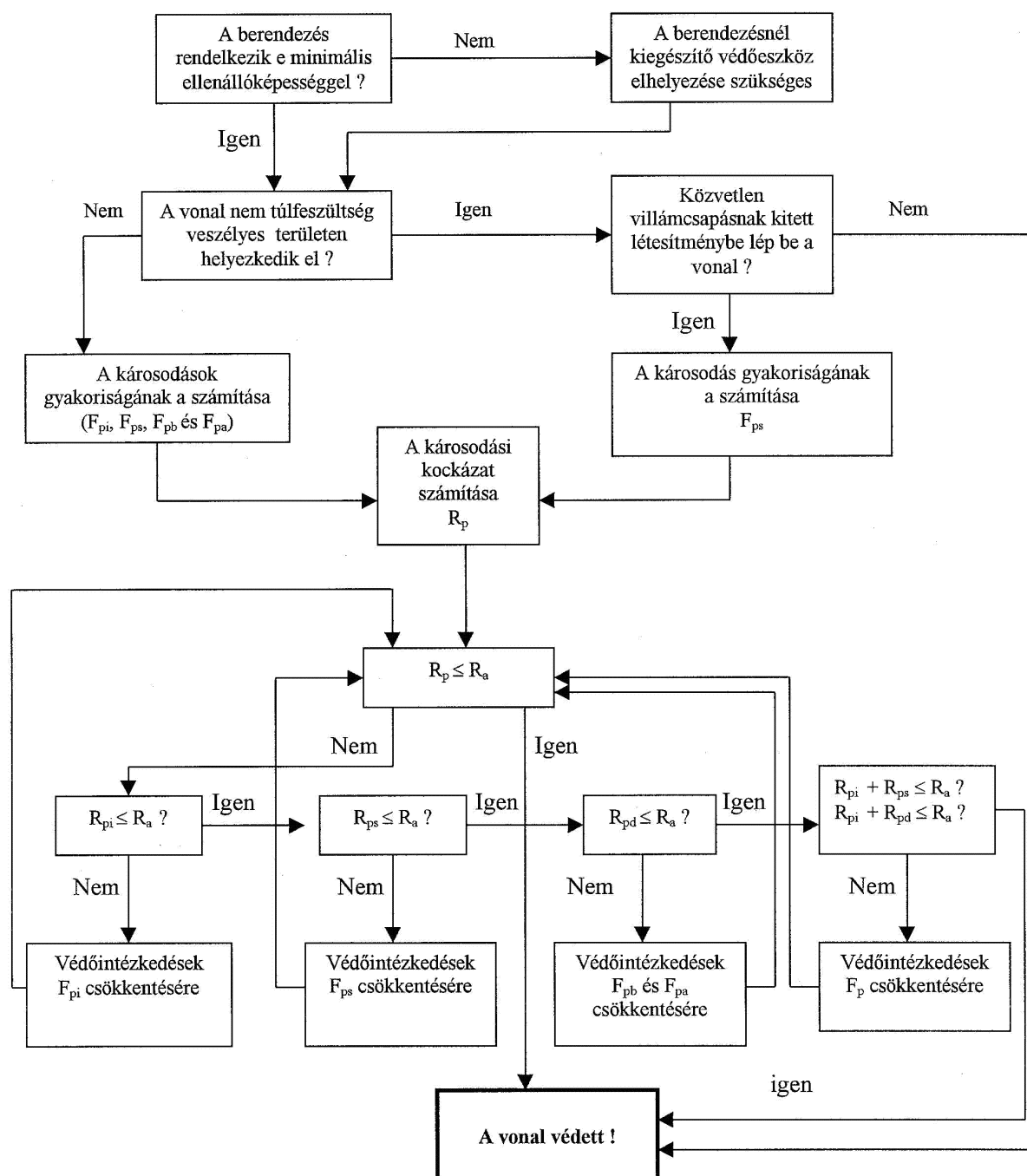
A különböző átmeneti pontokhoz különböző hibaelhárítási idők vehetők fel. Pl. az előfizetői telephelyre 27 órás hibaelhárítási időt feltételezve $\delta_s = 3,1 \times 10^{-3}$, a központra 9 órás hibaelhárítási időt feltételezve: $\delta_E = 1,0 \times 10^{-3}$.

Az ajánlott elfogadható károsodási kockázat (R_a) értéke 10^{-3} .

A különböző védőintézkedések károsodási gyakoriságot csökkentő hatása, ha az nem a hálózat valamilyen paraméterét változtatta meg (-mely esetben F_p értéke változik-) egy ún. védőtényezővel (K_p) kerül figyelembevételre :

$$F'_p = F_p \times K_p$$

Védőintézkedésként új építés esetén alkalmazható megoldás pl. föld feletti hálózat helyett indokolt esetben föld alatti hálózat építése, javított védőtényezőjű, árnyékolt kábel alkalmazása, közvetlen villámcsapás elleni védelemként védőcső alkalmazása. Mind új, mind meglévő hálózatra alkalmazható védőeszköz a túlfeszültség-levezető (TL), mely valamilyen átmeneti pontban kerül beépítésre. A megfelelő paraméterekkel rendelkező, a berendezések túlfeszültségálló-képességével összehangolt TL esetén a védőtényező értéke: $K_p = 0,01$.



13. ábra A kockázatszámítás folyamatábrája

A két módszert összehasonlítva a következők állapíthatóak meg: Mindkét szabvány a túlfeszültségek várható feltűnési valószínűségéből indult ki. A korábbi magyar szabályozás a kritikus esetekre konkrétan előírva az alkalmazandó védelmi módszereket a gyakorlatban könnyen használható módon adta meg a szükséges intézkedéseket. Ez a közelítés azt eredményezte, hogy egyes paraméterek (pl. föld

alatti hálózat hossza) nem kerültek figyelembevételre. A honosított új előírás kockázatszámítási módszert ad meg, mely a korábbi szabályozásban „elhanyagolt” paraméterekkel is számol, s így módon, kiterjesztve korábban figyelembe nem vett hálózatrészekre is, pontosabb eredményt ad. Hátránya azonban, hogy minden egyes összeköttetésre, a központ – előfizető szakaszra el kell végezni a számítást, azaz a korábbi módszerrel szemben jelentős tervezési munkát igényel. A védelem szükségessége nem ítélt meg olyan egyszerűen, mint a korábbi szabályozásban. További különbség a két szabályozás között, hogy a korábbi szabályozás a védelem helyes beépítéséhez szükséges technológiai szempontokat is megadta, míg a honosított szabvány e kérdéssel nem foglalkozik.

A villámvédelemmel kapcsolatban nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy a távközlési hálózatok túlfeszültség-védelme eddig a távközlő hálózatban elhelyezett védelemre koncentrált. Azonban egyre több berendezés kerül ki előfizetői környezetbe, egyre több az előfizetők által beszerzett, az épületen belüli hálózaton át a távközlő hálózathoz csatlakoztatott adatátviteli berendezés (esetenként nem biztos, hogy ezek illeszkednek a hálózatvédelemhez). Az ilyen berendezések külön, komplex védőeszközök beépítését igénylik. Ennek hiányában a berendezések károsodhatnak.

4. Elektromágneses összeférhetőség

Az EMC fogalmát a Nemzetközi elektrotechnikai szótár EMC- re vonatkozó kötete [14] az alábbiak szerint adja meg: „Valamely berendezésnek vagy rendszernek az a képessége, hogy a saját elektromágneses környezetében kielégítően működik anélkül, hogy a környezetében bármi számára elviselhetetlen elektromágneses zavarást idézne elő”.

Az elektromágneses zavarás (EMI) valamely készülék, berendezés, vagy rendszer működőképességének csökkenése elektromágneses zavar következtében. Elektromágneses zavar minden olyan jelenség, amely valamely készülék, berendezés vagy rendszer működőképességét rontja, vagy élő vagy élettelen dologra káros hatást fejt ki.

Az élet valós helyzeteiben rendszerint sok mesterséges és természetes forrás bocsát ki elektromágneses zavart, amelyek olyan elektromágneses környezetet hoznak létre, amelyben potenciális zavarnyelők találhatók. A különböző lehetséges helyzetek miatt az elektromágneses környezet rendkívül összetett, mind a berendezéseket, mind a köztük lévő csatlakozási utakat vizsgálni kell [15].

Az elektromágneses zavarást vezetett vagy sugárzott zavarjelek idézik elő. Valamely berendezés egyidejűleg mind kibocsátó, mind zavarnyelő (potenciális „áldozat”) lehet. Az elektromágneses összeférhetőséggel kapcsolatban három fő terület vehető figyelembe:

- kibocsátók: zavarforrások, amelyeket befolyásol a berendezés konstrukciója;
- csatlakozási utak: ezeket befolyásolja a telepítési gyakorlat;
- zavarnyelők: ezeket befolyásolja a berendezés konstrukciója.

Az elektromágneses összeférhetőség biztosítása érdekében, szükség szerint, háromféle intézkedést kell tennünk:

- a kibocsátónál: a kibocsátás csökkentése;
- a csatlakozásnál: a csatlakozás csökkentése;

- a zavarnyelőnél: a zavartűrés növelése.

A következőkben áttekintjük, hogy hálózatos oldalról milyen óvintézkedési eljárások alkalmazhatóak, részletesen foglalkozunk a csatolási utaknál a csatolás csökkentése érdekében megtehető, a telepítési gyakorlattal összefüggő intézkedésekkel.

4.1. Az elektromágneses összeférhetőség biztosításának hálózatos szempontjai

Az elektromágneses összeférhetőség biztosítása érdekében a vezetékes távközlési kábelhálózatban egyrészt minimalizálni kell a kívülről bejutó zavaró jeleket, másrészt korlátozni kell a hálózat által esetleg kisugárzott zavarsszintet. Ennek legfőbb eszköze az árnyékolás és a megfelelő földelés.

A rádiófrekvenciás zavarok ellen, illetve a kisugárzás megakadályozására már a fóliaárnyékolás is megfelelő védelmet jelent, de a kisfrekvenciájú (50 Hz és felharmonikusai) erősáramú zavarok ellen kis impedanciájú fémköpeny szükséges.

A földelés kialakítását több szempont befolyásolja, ezért ezzel kicsit részletesebben foglalkozunk.

A földelés feladata, hogy a távközlési berendezések és a talaj között villamos vezetési kapcsolatot létesítsenek annak érdekében, hogy:

- a talajt egy üzemi áramkör részeként lehessen felhasználni;
- zavaró és veszélyeztető áramokat a talajba lehessen levezetni;
- egyértelműen meghatározott vonatkoztatási potenciál meghatározható legyen és
- túl magas érintési és indukált feszültségek ellen (adott esetben védőberendezések alkalmazásával) védekezni lehessen.

A műanyagcső, ill. a műanyag burkolat dielektromos szilárdsága igen nagy, így a benne lévő kábelek közvetlen villámcsapásnak csak minimális valószínűséggel vannak kitéve. Ezért villámvédelmi szempontból az volna a leghelyesebb, ha a köpenyt (- itt a köpeny alatt a kábelköpeny fém szerkezeti részei értendők -) egyáltalán nem földelnénk. A földelés ugyanis lehetőséget ad arra, hogy a föld felől lépjen a villámáram a köpenyre és a következő földelésen lépjen ki. Ekkor viszont a jó szigetelés (a ritkán alkalmazott földelés) hátrány, mivel a köpenyre rávitt áram nagy hosszon kénytelen a köpenyen folyni. Ez jelentős feszültséget eredményez a köpeny és az ér között. A köpeny szigetelt állapota az erősáramú hatások miatt nem valósítható meg, ugyanis a köpeny védőhatása (az ún. kábelköpeny-védőtényező) akkor tud érvényesülni, ha a köpeny-föld körben hosszirányú áramok folynak. Ezért elvileg legalább a két végpontján a köpenyt megfelelően kis ellenállású földelővel földelni kell. A védőtényező zúgászavar, impulzus jellegű zavarok és rádiófrekvenciás zavarok esetén még fólia árnyékolású kábelnél is számottevő, ezért célszerű a kialakításához szükséges feltételeket (köpeny folyamatosság és földelés) biztosítani. Mivel a köpeny szigetelt állapota az előző okok miatt nem engedhető meg, és garantáltan nem is volna biztosítható, a légköri eredetű túlfeszültségek szempontjából is azt kell kedvező állapotnak tekinteni, ha köpeny minél gyakrabban földelt.

A kábelhálózatban mind a villámvédelem mind az erősáramú és rádiófrekvenciás hatásokkal szembeni védelem követelményeit kielégítő földelő rendszert kell kialakítani [16].

A földelés kialakításának legfőbb gyakorlati szempontjai a következők:

- A kábelhálózatban létesített földelések földelési ellenállása - amennyiben azt egyéb előírás nem szabályozza - 20 Ohmnál nagyobb ne legyen. (Ezen értéket önállóan, a becsatlakozó kábelek nélkül kell teljesítenie a földelésnek.)
- Minden olyan helyen, ahol túlfeszültség-levezető alkalmazása szükséges földelést kell létesíteni.
- Légekábelek elágazás nélküli szakaszának végpontjain a tartókötelet és a légekábel fóliáját össze kell kötni és földelni kell. Közbenső helyeken átlagosan villámveszélyes területen úgy kell a tartósodronykötél és a fólia földelését megtervezni, hogy nem árnyékolt területen 500, árnyékolt területen 1000 m-nél hosszabb földeletlen szakasz ne legyen.
- Légekábel két vagy több légekábelre történő elágazásának helyén a csatlakozó légekábelek tartókötelei és fóliái között potenciálkiegyenlítő kötést kell létesíteni, és azt földelni kell.
- A kiefeszültségű szabadvezetékekkel közös oszlopsoron épített légekábel tartókötelét és árnyékoló fóliáját a következő helyeken kell összekötni és földelni:
 - a légekábel közös oszlopon lévő végpontjain, ha ott kábelkifejtés van,
 - légekábelek elágazási helyein,
 - földelt erősáramú oszlopokon, amennyiben ott kábelkifejtés van,
 - transzformátor-körzet határán, amennyiben ott kábelkifejtés van.
- Előfizetői végponton elhelyezett védelmet lehetőleg az épület egyesített földelő rendszere (EPH) útján kell földelni. A magas villámcsapás kockázatú épületekhez közel eső kábelek földelését az épülettől távol kell elhelyezni. Ezekben az esetekben a távközlési hálózatot nem szabad földelni az épület földelésének potenciálterében.
- Általában, ha az előfizetői leágazó kábel hossza nagyobb, mint 100 m, akkor azt az előfizetői végponton földelni kell. Rádiózavarok fellépése esetén az előfizetői leágazó kábelt az előfizetőnél földelni kell.
- A légekábel és ez előfizetői leágazó kábel csatlakozási pontjában potenciálkiegyenlítést kell alkalmazni.

Nem szabad elfelejtkezni arról, hogy a jó védőtényezőjű kábelek védőhatásának biztosítása érdekében ezen kábeleknél a földelést minden esetben méretezni kell! (A 20 ohm nem elegendő, a szükséges földelés értéke az elérni szándékozott védőtényezőtől függ.)

Oda kell figyelni arra, hogy létezik olyan optikai légekábel, amely tartó, illetve merevítő fémszálat tartalmaz. E fémszálaban kapacitív, konduktív vagy induktív úton a fémszálat érintő személyekre veszélyes szintű feszültség jelenhet meg. Ennek elkerülése érdekében az ilyen optikai légekábel védelmét tervezni kell. Pl. a veszélyes feszültségek ellen a fémszál megfelelő földelésével lehet védekezni. (A földelés mellett alkalmazott védekezési módszer még a földeletlen egyenpotenciálrahozás. Ez ott alkalmazható, ahol nincs kiépített földelés. Ebben az esetben egyenpotenciálra kell hozni az érinthető fém részeket, de nem kell külön kiépíteni a földelést.)

Földelőként rúdföldelőt vagy huzalföldelőt lehet használni. (Előbbi a talajba verve, utóbbit a kábelárokba fektetve.) A rúdföldelő átmérője 18-20 mm, a huzalföldelő minimális átmérője korrózióvédett (pl. horgany) kivitelben 8 mm. A rúdföldelőhöz min. 8 mm átmérőjű korrózióvédett köracél vezetőt kell csatlakoztatni, s ezt felvezetni a földelőtől a föld feletti csatlakozási pontig.

4.2. Az épületen belüli létesítés, kábelezés szabályai az EMC biztosításához

Annak érdekében, hogy a távközlési berendezések az adott környezetben minőségromlás nélkül működjenek, szükséges a különböző berendezések, valamint üzemi környezetük elektromágneses összehangolása, s ennek többek között egyik lépése a csatolás csökkentése. ***Ez a pont egy információtechnológiai létesítmény kialakítása, az információtechnológiai hálózat telepítése során a zavarcsökkentés érdekében megteendő intézkedéseket foglalja össze.***

Irodai, kisipari célú nagy kiterjedésű létesítés esetén az elektromágneses környezetet az ott alkalmazandó technológia függvényében külön vizsgálni kell.

4.2.1. Létesítési szempontok

Az EMC biztosításának érdekében a létesítmények tervezése, kivitelezése során alapvetően a következőkben megadott szempontokat célszerű figyelembe venni [17]:

- Az információtechnológiai berendezések *elhelyezésére* szolgáló terület lehetőleg ne a potenciális zavarforrások közvetlen környezetében kerüljön kialakításra. A közép / kisfeszültségű transzformátorok, a gyűjtő sín rendszerek kisfrekvenciás mágneses tere miatt az ilyen berendezésekkel szomszédos falon, illetve ezen berendezések felett lévő helyiségben sem helyezhető el távközlési berendezés. (Számítógépes munkahely létesítését is kerülni célszerű ilyen területen. Az 50 Hz-es mágneses tér által okozott tipikus jelenség a katódsugárcsőves monitorok képernyőjén látható torzulás, a kép hullámozása, mely munkaegészségügyi szempontból nem megengedhető.) A kisfrekvenciás terek hatása nagy permeabilitású fémlamezzel történő árnyékolással, a teret csökkentő hurokelrendezéssel csökkenthető. A tápellátó rendszerben lehetőleg 1 x 3 fázisú kábelt, vagy kis mágneses terű gyűjtő sín rendszert kell alkalmazni.
- Ha a kisfeszültségű 0,4 kV-os hálózat és a távközlő hálózat közös szekrényben végződik, akkor elkülönítetten kell őket elhelyezni oly módon, hogy a két különmű rendszerhez külön-külön lehessen hozzáférni. A szekrény fém részeit földelni kell.
- A létesítmények *földelési* rendszerének tervezésekor, annak megvalósításakor a villamos biztonságtechnikai előírásokon túlmenően kiemelt figyelmet kell fordítani arra, hogy a földelő rendszer az EMC szempontjainak is megfeleljen.
 - Az információtechnológiai berendezések optimális földelési, összekötési rendszere kis impedanciájú, hálószerűen kialakított egyenpotenciálra hozó hálózat (ún. Mesh-BN). [A kis impedanciájú összekötés érdekében az EPH hálózatba bevonandó fémszerkezeteket több pontban csatlakoztatni kell az EPH hálózathoz. Pl. két szomszédos szintet

valamennyi olyan vezető kapcsolattal (kábelcsatorna, csövek) össze kell kötni, amelyek átmennek a szinten.]

- Az EMC követelmények teljesítése érdekében az információtechnológiai berendezéseket a rendszerföld referencia pontjához (síkjához) kell csatlakoztatni. Előnyös, ha a berendezések EPH hálózathoz történő csatlakoztatásra szolgáló egyenpotenciálra hozó vezetékek minél rövidebbek. Ezért az EPH hálózatot úgy kell kiépíteni, hogy az aktív (tápellátást igénylő) berendezések, továbbá a 10 m-nél hosszabb kábelezések végpontjának tervezett helyén, azok közvetlen közelében legyen egy, az EPH hálózathoz történő csatlakoztatásra szolgáló földelő csatlakozó.
- A létesítményekben ki kell építeni egy EPH csomópontot úgy, hogy ennek közelében legyen a létesítmény váltakozóáramú tápellátó hálózatának elosztója, továbbá a távközlő kábelek épületbe történő belépési pontja. Az információtechnológiai hálózat méretétől és összetettségétől függően az EPH csomópontot célszerű egy, a létesítmény belső kerülete mentén, vagy az IT gépteremben elhelyezett EPH körvezetővel kiterjeszteni.

4.2.2. Kábelezési szempontok

A kábelhálózat kiépítésének főbb szempontjait a következőkben adjuk meg [18]:

- A különböző *vezetékek épületbe történő bevezetése* során az alábbiak megvalósítására kell törekedni, illetve az ezek megvalósításához szükséges feltételeket kell biztosítani:
 - A fémcsöveket és kábeleket az épületbe lehetőleg ugyanazon a helyen kell beléptetni.
 - A fémcsöveket és a kábelek fémköpenyét a zavaró áramok és feszültségek épületbetörténi belépésének minimalizálása érdekében az épület EPH hálózatához kell csatlakoztatni kis impedanciájú vezetővel.
- A *tápellátó kábel és az információtechnológiai kábel* közötti, a zavarás elkerüléséhez szükséges *legkisebb távolság* számos tényező függvénye, mint pl.:
 - A kábelezéshez csatlakoztatott berendezések zavartűrési szintje a különböző elektromágneses zavarokkal szemben,
 - A helyi elektromágneses környezet (az egyidejűleg fellépő zavarok),
 - A párhuzamosan futó kábelek hossza (csatolási zóna),
 - A kábelek típusa,
 - A kábelcsatorna rendszer típusa, kialakítása módja.

Feltételezve, hogy a tápellátó rendszer a vezetett és a sugárzott zavarok szempontjából kielégíti az elektromágneses környezetre vonatkozó MSZ EN 61000-6-3 szabványt [19] az épületen belüli kábelnyomvonal kiválasztása, kialakítása során a következő gyakorlati szempontokat kell figyelembe venni:

- A távközlő kábelnek és a tápellátó kábelnek az induktív hurok csökkentése érdekében lehetőleg közös nyomvonalat kell választani megfelelő elkülönítéssel.

Ugyanakkor a függőleges nyomvonal a létesítmény villámlevezetőjétől lehetőleg távol legyen.

- Az erősáramú és az információtechnológiai kábelek között szükséges elkülönítési távolság a tervezés fázisában pontosan nem határozható meg, mivel az számos tényező függvénye. (Pl. párhuzamos együttfutás hossza; alkalmazott kábel típusa, árnyékolása, stb.).
Az adott konkrét esetben biztosítandó elkülönítési távolság értékét a 11. táblázat adja meg. E szerint a legnagyobb elkülönítési távolság mellyel számolni kell, s a tervezési fázisban is figyelembe vehető 200 mm. Ezen érték árnyékolatlan kábelekre vonatkozik, s a csatornában elhelyezett fém csatornaosztóval csökkenthető. (A kábelcsatornában a kábelek megfelelő rögzítésével kell biztosítani azt, hogy az előírt legkisebb távolság a kábelek között minden helyzetben meg legyen. Ennek hiányában az osztó vastagságát kell tekinteni a kábelek közötti távolságnak.) Az elektromágneses környezet függvényében azonban – ha a vezetett és sugárzott zavarok meghaladják az MSZ EN 61000-6-3 szabványban megadott értéket - esetenként ennél nagyobb távolságra is szükség lehet. (Megjegyezzük, hogy a hazai gyakorlatban az árnyékolt kisfeszültségű erősáramú kábelek alkalmazása nem terjedt el.)
- Az információtechnológiai kábel a neon, fluorescent, higanygőz, vagy más hasonló jellegű világítótesteket ne közelítse meg.
- A különböző célú kábeleket nem szabad ugyanabban a kötegben elhelyezni, ezért a kábelcsatornában külön szegmenseket kell kialakítani a különböző kábelek számára. A kábelek elkülönítésének javasolt sorrendje a következő: erősáramú kábelek→működtető, riasztó kábelek (pl.: tűzjelző, ajtónyitó stb.)→információtechnológiai kábelek→érzékeny áramkörök (pl. ha van mérő-, vezérlőáramkör)
- *Árnyékolt kábelek* alkalmazása az elektromágneses tér által okozott zavarás csökkentésének egyik módja. Az árnyékolás hatásossága függ az árnyékoló fém köpeny szerkezeti kialakításától és annak egymáshoz és a helyi földeléshez történő csatlakoztatásának módjától. Az árnyékolás jó hatásfoka az alábbiak betartásával biztosítható:
 - Az árnyékolásnak folytonosnak kell lennie az összeköttetés teljes hosszában, és mindkét végén a berendezéshez, vagy a rendezőhöz (elosztó rendszerhez) kell csatlakoztatni. Az árnyékolásnak teljes hosszban teljes egészében körbe kell vennie a kábelt.
 - Ügyelni kell a csatlakoztató elemek kiválasztásakor arra, hogy azok a Faraday kalitka elvének megfelelően teljes mértékben körbe véve az árnyékolást biztosítsák a kis impedanciájú kontaktust. Az árnyékolás csatlakozó vezetékkel történő bekötése magasabb frekvenciákon csökkenti az árnyékolás hatásosságát. El kell kerülni azt, hogy az árnyékolásban folytonossági hiányok legyenek. A hullámhossz 1-5 %-ának megfelelő árnyékolás kimaradás hatástalanná teheti az árnyékolást. Az ethernet kábelek esetében is előnyös lehet az árnyékolt, nagyobb zavartűrést biztosító kábelek alkalmazása.
- A *kábelcsatorna rendszer* anyagának és formájának a kiválasztásakor több szempontot kell mérlegelni. [Pl.: az elektromágneses tér erőssége a nyomvonal

mentén (a vezetett és sugárzott zavart kibocsátó berendezések közelsége), a kábelezés típusa (árnyékolt, szimmetrikus, optikai), az IT kábelezési rendszerhez csatlakoztatott berendezések zavartűrése, a külső környezeti feltételek (mechanikai, klímátikai, stb.), a kábelezési rendszer jövőbeli fejlesztése.] A kábelcsatorna rendszer tervezése, kiválasztása, kivitelezése során a következő gyakorlati irányelveket célszerű szem előtt tartani:

- A kábelcsatorna lehet fém, vagy nem fém anyagú. Nem fém (műanyag) csatorna akkor alkalmazható, ha az elektromágneses környezetben a zavar szint állandó jelleggel alacsony, ha a kábelezési rendszer zavarkibocsátása kicsi, vagy ha optikai kábeleket alkalmaznak. (Zavar szint szempontjából kritikus környezet pl. a nagy teljesítményű közép és rövidhullámú rádióadók környezete, az ipari környezet.)
- Fém kábelcsatorna esetében annak jól vezető anyagból kell készülnie, s teljes hosszában folytonosnak kell lennie. Elektromágneses szempontból a legjobb a teljesen zárt csatorna. A kábelrögzítéshez perforált csatornából a legjobb az, amelyiken a kis nyílások a tálca tengelyével párhuzamosan helyezkednek el. A csatorna mérete olyan legyen, hogy a kötegelt kábelek magassága is jelentősen kisebb legyen, mint a tálca oldalfala. A tálcára a fedelet átfedéssel kell felhelyezni.
- Szerelésnél az elemek összekötésére különösen ügyelni kell. Jó villamos vezetést kell megvalósítani az összekötendő elemek között. (Erre alkalmas pl. a hegesztés, csavarkötés, szegecselés. Az érintkező felületen festés, vagy szigetelő burkolat leronthatja a villamos vezetőképességet.) Faláttöréseknél a fémes folytonosságot biztosítani kell.
- A fémcsatornát mindkét végén a helyi földeléshez kell csatlakoztatni. 50 m-nél hosszabb csatorna esetében közbenső pontokban is földelni kell a csatornát. A földelő vezeték minél rövidebb legyen. A fém tálca fedelére is a fentiek érvényesek. A teljes hosszban minél több kontaktus legyen a tálca és a fedél között. Ha ez nem valósul meg, a két végén 10 cm-nél rövidebb fémszalaggal kell összekötni a fedelet a tálcával.

4.2.3. További zavarcsökkentési szempontok

- Nagy távolságú kábelezés esetén a berendezések között fektetett ún. *párhuzamos földelő vezetékkel* (PEC) csökkenthető a zavaró földhurok mérete. Fém csatorna esetében ezt a PEC vezetőt a csatornán kívül kell elhelyezni. Műanyag kábelcsatorna esetén a zavarok csökkentése érdekében létesített PEC vezetőt a csatornán belül kell elhelyezni. Megjegyezzük, hogy a fentiek szerint kialakított folytonos fém kábelcsatorna rendszer is párhuzamos földelő vezetőként viselkedik.
- *Álpadló* építése esetén az antisztatikus padló hatása nem érvényesül, ha nincs villamos érintkezés a padlólapok között, vagy a kontaktus a tartókonzolon át nem garantált. Előnyös, ha a tartókonzolkok össze vannak kötve egy rézvezetővel úgy, hogy egy földelő rácsot képezzenek. A rács mérete max. 1,5 - 2 m legyen. Az összekötő réz vezető keresztmetszete min. 10 mm².

- *Zavarszűrők* alkalmazása az energiaellátó rendszerben és az információtechnológiai rendszerben akkor szükséges, ha a létesítési, zavarcsökkentési irányelvek betartása ellenére a zavarkibocsátás szintje meghaladja a telepített berendezés zavartűrési szintjét. A zavarszűrők kiválasztásakor ügyelni kell arra, hogy feladatukat úgy lássák el, hogy közben azon áramkörök üzemszerű működését ne befolyásolják, melyekbe beépülnek. A zavarszűrőknek kettős hatásuk van: egyrészt csökkentik a berendezésekből kijutó zavarokat, másrészt védik a berendezést a külső zavarokkal szemben.
 - A szűrőt a zavaró vagy a zavart berendezésben, vagy annak közelében kell elhelyezni, annak érdekében, hogy a csatlakozás impedanciája minél kisebb legyen.
 - Ha túlfeszültség-védelem alkalmazása is szükséges, akkor azt a szűrő előtt kell elhelyezni.
 - A szűrők bemeneti és kimeneti vonalait elkülönítetten kell vezetni, továbbá a szűrt és a szűretlen áramkörök keveredését el kell kerülni a csatoló hatások minimalizálása érdekében.
 - Amennyiben a szűrőhöz árnyékolt kábel csatlakozik, akkor a csatlakozás olyan típusú legyen, mely megfelelően árnyékol (ún. EMI tömszelence).
 - A szűrő megfelelő szerelése legalább olyan fontos, mint annak a típusa. Az egyébként jó szűrő nem megfelelő telepítéssel nem az elvárások szerint fog működni. A védett berendezésnél megjelenő közös módusú zavarok elkerülése érdekében a föld csatlakozás impedanciája olyan kicsi legyen, amilyen csak lehet.
 - Ha a szűrőt fém kábelcsatornában helyezjük el, valamennyi ott futó kábelt védeni kell, mert egyébként a kábelek közötti csatolás rontja a szűrő hatásosságát.
 - A tápellátó hálózatba a berendezésen kívül elhelyezett szűrő nem szakíthatja meg a berendezéshez csatlakozó védővezető folytonosságát, továbbá a szűrő és a berendezés közötti vezetékeket összesodorva, a védővezetőhöz közel kell vezetni.
- A közös módusú zavaró jelek, illetve a tápkábelek és az IT kábelek által képzett nem kívánt hurkok megelőzésének elsődleges eszköze a *villamos leválasztás*, mely történhet szigetelő transzformátorokkal, vagy optocsatolókkal. Az optocsatolók (beleértve a fényvezetős kábeleket is) alkalmazása esetén amellet, hogy a galvanikus elválasztással a vezetett zavarok elkerülhetőek, további előny, hogy nem kell számolni sugárzással.
- Sugárzott zavarok hatásai a következő főbb intézkedésekkel csökkenthető:
 - A kábel (EMC szempontok szerint kialakított) fémcsatornába történő helyezésével;
 - Megfelelően földelt árnyékolt kábel alkalmazásával;
 - Kiegészítő párhuzamos földelt vezetők alkalmazásával;
 - A földhurok méretének csökkentésével, mely 2 berendezés közötti kábel hosszának és magasságának csökkentésével érhető el. (A két berendezés→földelő sík→kábel alkotta hurok mérete kisebb lesz, ha a kábelt közelebb helyezzük el a földelő síkhoz, azaz pl. a berendezésnél felső

bevezetés helyett alsó kábelbevezetést alkalmazunk. Ez álpadlós megoldásnál egyszerűen kivitelezhető.)

Megjegyezzük, hogy erősen zavart környezetben, vagy ha az információ biztonsága szükségessé teszi, az árnyékolásra vonatkozó maximális követelményként árnyékolt terem alkalmazható.

- A berendezések károsodását okozó áram és feszültség tranziensek –melyek mind külső mind belső eredetűek lehetnek- a tápellátó hálózatban, valamint az információtechnológiai kábelekben is feltűnhetnek. A védőeszközök kiválasztását számos tényező befolyásolja (Pl. a tranziens jelek energiatartama, előfordulási valószínűsége, megengedhető szintje, védendő áramkörök típusa, differenciál és/vagy közös módusú a védelem, stb.), melyekkel nem foglalkozunk, de a telepítés legfontosabb szempontjaira kitérünk:
 - Az erősáramú rendszerek által a kábelhálózatba indukált feszültségekkel szembeni védelemre alkalmazott túlfeszültség-levezetőkkal a veszélyeztetett kábel valamennyi érpárját védeni kell (függetlenül a hozzá csatlakozó berendezések zavartűrésétől), s a levezetőket az épület EPH csomópontjához olyan közel kell elhelyezni, amennyire csak lehet.
 - A potenciálkülönbség csökkentése érdekében a védőeszközök földelő vezetője olyan rövid legyen, amilyen csak lehet.
 - Többfokozatú védelem alkalmazása esetén a védelem elhelyezésének tervezése szükséges. Ügyelni kell arra, hogy a fokozatok között a védelmek összehangolt működését biztosító távolság meglegyen, vagy ennek hiányában a szükséges csatoló elemek beépítésre kerüljenek. A finom védelmi fokozatokat a védendő berendezéshez minél közelebb célszerű telepíteni.

Megjegyezzük, hogy a kábelcsatorna rendszerek, a vezető részek és a fém kábelárnyékolások összekötése, legfeljebb 10 Ω -os ellenállású úton át történő földelése is csökkenti a károsodás kockázatát.

11. táblázat Az erősáramú kábelek és az információtechnológiai (IT) kábelek közötti távolság

Kábeltípus	Távolság [mm]		
	Osztó nélkül, vagy nemfémes osztóval	Alumínium osztó	Acél osztó
Árnyékolatlan erősáramú kábel és árnyékolatlan IT kábel	200	100	50
Árnyékolatlan erősáramú kábel és árnyékolt IT kábel	50	20	5
Árnyékolt erősáramú kábel és árnyékolatlan IT kábel	30	10	2
Árnyékolt erősáramú kábel és árnyékolt IT kábel	0	0	0

A szövegben hivatkozott szabványok, rendeletek, ITU dokumentumok

[1]	MSZE 19410 (2007): Villamosenergia-rendszerek vezetékes távközlési létesítményekre gyakorolt elektromágneses indukáló hatásának menedzselése
[2]	ITU-T DIRECTIVES concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines (Volume I – IX)
[3]	ITU-T Recommendation K.10 (1996), Low frequency interference due to unbalance about earth of telecommunication equipment
[4]	8/2012. (I. 26.) NMHH rendelet az elektronikus hírközlési építmények egyéb nyomvonalas építményfajtákkal való keresztezéséről, megközelítéséről és védelméről.
[5]	MSZ 17200-6 Nyomvonalas távközlő létesítmény megközelítési és keresztezési előírásai, 6. rész: Erősáramú kábelek és vezetékek, villámhárító berendezések, földelési rendszerek
[6]	MSZ 151-1 Erősáramú szabadvezetékek. 1 kV-nál nagyobb névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai
[7]	MSZ 151-8 Erősáramú szabadvezetékek. A legfeljebb 1 kV névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai
[8]	MSZ 13207: 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erősáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége.
[9]	MSZ EN 62305-2: Villámvédelem. 2. rész: Kockázatkezelés
[10]	MSZ 17016 Vezetékes távközlő összeköttetések védelme légköri túlfeszültségek hatása ellen.
[11]	MSZ EN 61663-2 Villámvédelem – Távközlő vonalak, 2. rész: fémvezetőjű vonalak
[12]	MSZ EN 61663-1 Villámvédelem – Távközlő vonalak, 1. rész: fényvezetőjű létesítmények
[13]	MSZ EN 50468(2009): Távközlési bemenettel ellátott berendezések légköri eredetű túlfeszültségekkel és túláramokkal szembeni ellenálló képességének követelményei
[14]	MSZ IEC 60050(161) Nemzetközi elektrotechnikai szótár. 161. kötet: Elektromágneses összeférhetőség
[15]	MSZ IEC 61000-5-1 Elektromágneses összeférhetőség (EMC) 5. rész: Létesítési és zavarcsökkentési irányelvek 1. fejezet: Általános megfontolások, EMC alapszabvány
[16]	MSZ-17-214:1992 Föld alatti és föld feletti távközlési kábelek és vezetékek földelési előírásai
[17]	EN 50310: Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment (August 2000)
[18]	EN 50174-2 : Information technology – Cabling installation, Part 2: Installation planning and practices inside buildings, (August 2000)

[19]	MSZ EN 61000-6-3 Elektromágneses összeférhetőség. 6.3. rész: Általános szabványok. Lakóhelyi, kereskedelmi és az enyhén ipari környezetek zavarkibocsátási szabványa
------	--

Témával kapcsolatos további dokumentációk

Janklovics Z.- Varjú Gy.	Improved method for calculating noise voltages induced by electric railways in telecommunications lines	PKI Review Vol. 2.. 1988.
ITU-T	Recommendation K.68 :Management of electromagnetic interference on telecommunication system due to power systems*	ITU-T; 2006
Janklovics Z.	Zavarcsökkentési, földelési irányelvek az elektromágneses összeférhetőség biztosításához	PKI Közlemények, 46. Kötet; Távközlési kiadó 2002.
Janklovics Z.	Változások a távközlő hálózatok túlfeszültség-védelmében	Magyar Távközlés, 2003/5-6; 2003. december
Janklovics Z.	Távközlő hálózatok elektromágneses hatásokkal szembeni védelme. Változások a szabályozásban	PKI Közlemények, 50. Kötet; Magyar Telekom NyRt. 2006.

* Az MSZE 19410 [1] ez alapján készült, jelenleg a K.68 ajánlás 2008.-ban módosított verziója van érvényben „Operator responsibilities int he management of electromagnetic interference on telecommunication system due to power systems” címmel