

Mobil kapcsolóközpontok primer és szekunder villámvédelme

BABITS LÁSZLÓ

Pannon GSM Távközlési Zrt., lbabits@pannon.hu

SZEDENIK NORBERT, KISS ISTVÁN, SZÜCS LÁSZLÓ, LÉNÁRT FERENC, BERTA ISTVÁN

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

{szedenik, kiss}@ntb.bme.hu, {szucs, lenart}@mht.bme.hu, berta@shock.hu

Kulcsszavak: elektronikus berendezések és rendszerek elektromágneses impulzusok elleni védelme, villámfigyelő rendszerek

A mobiltelefon hálózatok fontos részei a központi állomások (MSC – Mobile Switching Centres). Ezeket – a környezetükből jelentősen kiemelkedő adótornyuk miatt – különösen veszélyeztetik a villámcsapások. A központok pedig – a bennük üzemelő nagyszámú elektronikus berendezés okán – érzékenyek a villámcsapás okozta túlfeszültségekre. A szerzők áttekintik az MSC központok villámvédelmének általános kérdéseit, és az üzemeltetés során fellépő jellemző problémákat. Tárgyalják a villámvédelmi szempontból veszélyes tipikus helyzeteket, a védelem kialakításának elméleti hátterét és azokat a tipikus hibalehetőségeket, amelyek a kivitelezés során előfordulhatnak.

1. Bevezetés

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, a Villamosmérnöki és Informatikai Karon működő villámvédelmi iskola évtizedek óta részt vesz a hazai és nemzetközi villám- és villámvédelmi kutatásokban. Kutatómunkájuk lényeges része a különlegesen érzékeny elektronikus eszközök és berendezések fokozott villámvédelmének tervezése és megvalósítása, e kérdés elméleti hátterének és gyakorlati problémáinak vizsgálata.

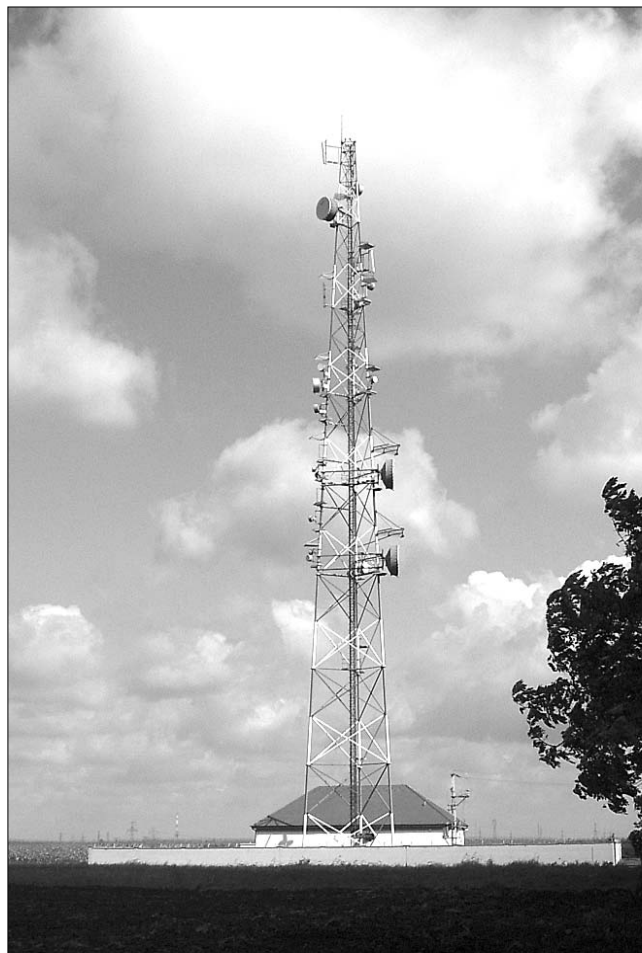
Napjainkra az ilyen eszközöket tartalmazó összetett rendszerek külső elektromágneses zavarok miatti sérülékenysége jelentősen megnőtt. Az elektromágneses zavarok egyik leggyakoribb forrása a villámcsapás, ezért az elektronikus berendezések, illetve rendszerek elsődleges és másodlagos villámvédelme kiemelkedő fontosságú. Különösen igaz ez olyan rendszerek esetén, amelyeknél az esetleges meghibásodásoknak kiterjedt következményei vannak (például különböző vállalatok, intézmények, közszolgáltatók számítógépes és telekommunikációs rendszerében alkalmazott információtechnológia).

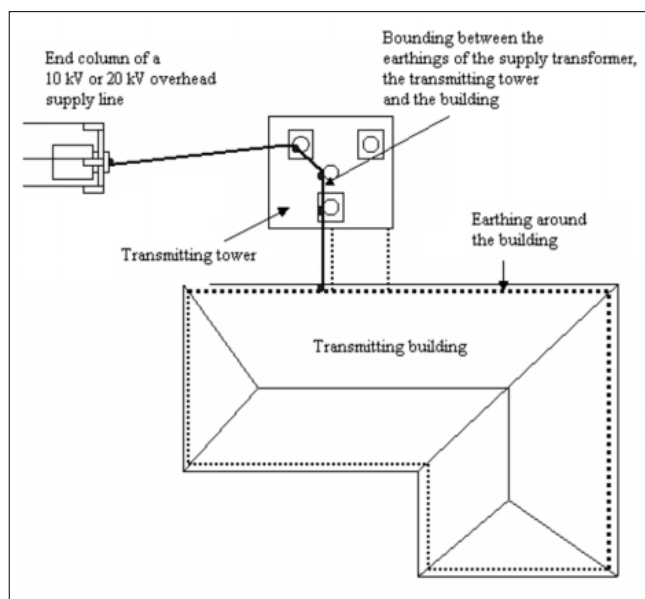
2. Az MSC állomásokon villámcsapás esetén fellépő problémák

A mobil kapcsolóközpontok (MSC – Mobile Switching Center) különösen fontos szerepet játszanak a mobil telefonhálózatban. Gyakorlatilag a telefonközpontokhoz hasonlóan összeköttetést képeznek a mobil telefonhálózat és egy másik telefonhálózat között. Az MSC kezeli a hívási folyamatokat, az átadásokat, az előfizetői szolgáltatásokat stb. Az MSC általában különálló egység, és többnyire vidékre telepítik. Két fő része az adóépület és az adótorony. Ezek a tornyok rendkívül magasak, általában 100 m körüliek. Minden MSC lega-

lább egy külső galvanikus kapcsolattal rendelkezik (energia betáplálás), de további vezetékes kapcsolatok is lehet, mint például telefonkapcsolat, vagy más központokkal kialakított vezetékes kapcsolat. Egy tipikus MSC képét láthatjuk az 1. ábrán, míg a központ sematikus felépítését a 2. ábra mutatja.

1. ábra Tipikus kapcsolóközpont képe





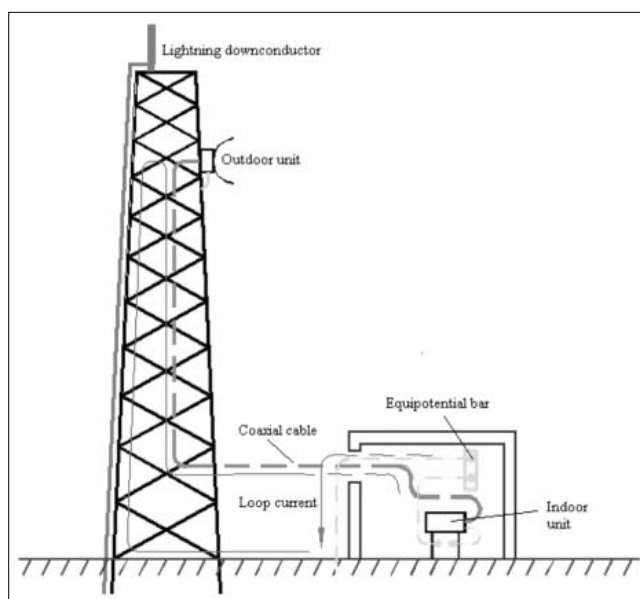
2. ábra Kapcsolóközpont tipikus felépítése

Az adóépület belsejében lévő berendezések és a tornyon elhelyezett kültéri egységek, valamint antennák között számos belső galvanikus összekötés létezik. Ez a felépítés az állomást rendkívül érzékennyé teszi a villám káros hatásaival szemben. A tornyot érő közvetlen villámcsapás bekövetkezési valószínűsége egy átlagos épülettel összehasonlítva viszonylag nagy. Közvetlen villámcsapás esetén a földbe levezetett villámáram a torony és minden hozzá kapcsolódó földelt rész potenciálját megemeli. Ha néhány berendezés „távoli földpotenciálhoz” is csatlakozik, a kialakuló áramok tönkreteszhetik az elektronikát (3. ábra). A villámáram bizonyos hányada a vezetékvezésen keresztül a tornytól közvetlenül a berendezésekhez jut. Ez az áram károsíthatja a berendezések bemeneti részeit.

A meghibásodások másik forrása a villám másodlagos hatása. Mind a közvetlen villámcsapás, mind pedig a közelben bekövetkező villámcsapás esetén nagy indukált feszültség keletkezik a nagyméretű vezető hurokban. Ha egy ilyen hurok érzékeny berendezéshez csatlakozik, az indukált feszültség, amely a 30-40 kV-ot is elérheti, meghibásodásokat okoz.

3. A kapcsolóközpontok túlfeszültségvédelme

A túlfeszültségek okozta igénybevételekkel szembeni védelem hiányában az MSC berendezései károsodhatnak. A meghibásodások két csoportra oszthatók. Egyrészt azokra a túligénybevételekre, amelyek a berendezések fizikai károsodását okozzák, másrészt olyanokra, amelyek hibás működést eredményeznek. A káresemény költsége szintén két részre osztható, a fizikai károsodás költségére és a szolgáltatás kiesése miatti költségre. Bizonyos esetekben az utóbbi sokkal nagyobb lehet, mint a károsodást szenvedett berendezés javításának, vagy cseréjének költsége.



3. ábra Potenciálkülönbségeket okozó tipikus áramutak

A korszerű védelemnek valamennyi fajta túlfeszültséggel szemben hatásosnak kell lennie. Egyik legtöbb gondot okozó hatás a központot a környezettel összekötő valamely vezetőláncra érkező, úgynevezett vezetett túlfeszültség. A vezetett túlfeszültség elleni védelmet valamennyi, a központba befutó vezetékre (vezető anyagból készült összekötésre) ki kell építeni. A túlfeszültségvédelmi eszközöket (SPD – Surge Protective Device) az úgynevezett villámvédelmi zónák határára kell elhelyezni. A zónák definícióját a vonatkozó szabványban találjuk [1]. Az SPD-ket mind az energiaellátás, mind a kommunikációs rendszer vezetékein el kell helyezni. A túlfeszültségvédelmi eszközökből a villámvédelmi zónák szerint kell koordinált védelmi rendszert kialakítani és különös figyelmet kell fordítani a túlfeszültségimpulzusok várható energiaszintjére. Az általános egyenpotenciálra hozás alapvető fontosságú, különösen a villámvédelmi zónák határán, valamint az egymáshoz közel lévő földelések összekötésénél.

A megelőző intézkedések másik részének célja az indukált feszültségek elleni védelem. Annak érdekében, hogy az utóbbi típusú túlfeszültségek csökkenthetők legyenek, a lehető legkisebbre kell korlátozni a lehetséges hurokakat. Ez részben megfelelő nyomvonalak (elrendezések) kialakításával, részben a veszélyeztetett berendezések bemenetén megfelelő finomvédelmi eszközök (D osztályú) alkalmazásával érhető el.

4. Esettanulmány egy feltételezett villámcsapás vizsgálatára

Az előbbieken tárgyalt jelenségek alapján belátható, hogy villámcsapás esetén a megfelelő védelemmel nem rendelkező berendezések károsodhatnak. Ennek szemléltetésére tekintsünk át egy lehetséges forgatókönyvet, amelynek eseményeit az 1. táblázat alapján követhetjük nyomon. Ez olyan információkat tartalmaz, ame-

lyeket egy zivatart követően különböző forrásokból gyűjthetünk össze. A legfontosabb információforrás maga a GSM szolgáltató, amelynek rendszere rögzíti a villámcsapást megelőző és az azt követő eseményeket, valamint a kapcsolóközpontban szolgálatot teljesítő őrt, aki szem- és fültanúja lehet a zivatarnak, illetve a villámcsapásnak. A másik forrás az áramszolgáltató, melynek nyilvántartásában szerepelnek az energiaellátás zavaraihoz kapcsolatos események. A harmadik forrás a meteorológiai szolgálat villámfigyelő rendszere által gyűjtött adatsor. Magyarországon a SAFIR nevű villámfigyelő rendszer működik, az Országos Meteorológiai Szolgálat üzemeltetésében [8]. A SAFIR rendszer által gyűjtött adatok lehetővé teszik a villámok különböző paramétereinek, becsapási helyének és időpontjának meghatározását. A helymeghatározás pontossága néhány kilométer. Szintén rendelkezésre állnak a zivatarfelhő haladásáról készített radarfelvételek.

1. táblázat

Egy zivatar során feltételezett eseménysor idődiagramja

Idő	MSC biztonsági őr	MSC	Országos Meteorológiai Szolgálat	Áramszolgáltató	Ok
02:45		A zivatar miatti leállások az állomástól 100 km távolságra	Zivatarfelhők a környéken		Villámlás, szakaszcsillapítás növekedés az eső miatt
04:25:48	Nagy dörrenés	A térvilágítás kialudt, a kaputelefon tönkrement	Radarfelvételen zivatarfelhő az MSC felett	Közele 20 kV-os transzformátor-nál földzárlat, magától megszűnt	Valószínű villámcsapás a 20 kV-os szabadvezetéken
04:31:12	Nagy dörrenés, ég a 20 kV-os túlfeszültség-levezető	A kültéri, beltéri és a felügyeleti eszközök tönkrementek	Radarfelvételen zivatarfelhő az MSC felett		Valószínű villámcsapás a toronyba
04:39	Kisebb dörrenés		Radarfelvételen zivatarfelhő a környéken	Földzárlat	Valószínű villámcsapás a 20 kV-os távvezetéken
05:44		A dízelgenerátor az áramkimaradás érzékelését követően indul		Kézi lekapcsolás	A rendszer többi részén bekövetkezett hibák elhárítása miatt
05:45				Visszakapcsolás	
05:51-07:39		A dízelgenerátor az áramszünet érzékelése miatt többször indul			Az elszakadt fázisvezető időnként hozzáér a földelt tartóoszlophoz
07:39		A dízelgenerátor indul		A transzformátor előtti oszlopkapcsoló kézi kikapcsolása	Hibaelhárítás
08:24		A dízelgenerátor leáll		Visszakapcsolás	
09:19		Hibaelhárítás kezdete			
03:58		Hibaelhárítás befejezése			

5. Magyarázat

A különböző jelenségek okai a bekövetkezett események sorrendjének tanulmányozásával azonosíthatók. Feltetésünk szerint a villámcsapások egyike akkor történt, amikor a zivatarfront délnyugati irányból érkezve elérte a 20 kV-os körvezetékét 04:25:48-kor az MSC közelében. Tételezzük fel, hogy ennek a villámnak az árama 98 kA. (Ez az érték a SAFIR adataiból állapítható meg.) Ezt a villámáramot az MSC betáplálási pontjánál található 20 kV-os távvezeték-oszlopon elhelyezett levezetők szállították a föld felé. Erre utal az áramszolgáltató jelentésében regisztrált zárlat, amelyet automatikusan elhárítottak. A másodlagos hatások, mint például az indukált feszültség, károsították az udvar világítását, valamint a kaputelefont, amely feltételezésünk szerint nem rendelkezett D osztályú finomvédelemmel. Ekkor az MSC-ben más meghibásodás nem történt, a védelmek tökéletesen működtek, az érzékeny alkatrészeket megvédték a túlfeszültségekkel szemben.

A feltételezett esettanulmány szerint rövidesen egy újabb villámcsapás történt 04:31:12-kor. Tegyük fel, hogy ennek a villámcsapásnak az árama egy rendkívül nagy érték, a SAFIR adatai alapján 107 kA. Feltetésünk szerint ez a villám közvetlenül az adótoronyba csapott. Ennek eredményeként számos kültéri és beltéri berendezés hibásodott meg. A berendezések nagyobbik része azonnal tönkrement, de néhány közülük csak pár órával később. A túligénybevételt jelentősen korlátozta az érzékeny alkatrészek szigetelésének villamos szilárdsága. Teljes átütés ugyan nem következett be, de a túligénybevételeket elszenvedő alkatrészek a továbbiakban nem működtek megfelelően és röviddel a villámcsapás után javíthatatlanokká váltak. A rádiótelefon-forgalom a reggeli órák során növekedett meg annyira, hogy a redundancia hiányában ezek a meghibásodások kiderültek.

A 20 kV-os távvezeték-oszlop tetején elhelyezkedő levezetők szintén károsodtak (4-5. ábra). A beltéri 0.4 kV-os hálózati berendezések nem sérültek, mert ezek nem voltak a toronnyal galvanikus kapcsolatban.

A meghibásodások magyarázata az, hogy a toronyba csapó villám a torony potenciálját jelentősen megnövelte, hiszen a villámáram a földbe a torony levezetési impedanciáján keresztül jut el. Ez azt eredményezi, hogy minden, a toronnyal összekötött földelésnek is megnövekszik a potenciálja, ezáltal jelentős feszültségkülönbségek alakulnak ki a bemeneti csatlakozók és a készülékek távoli földpotenciálra kapcsolódó részei között.

Azoknál a berendezéseknél, ahol ezek a feszültségkülönbségek meghaladták a szigetelések számára elviselhető értéket, meghibásodások léptek fel. Jellemzően a tápegységek és a több berendezéssel is kapcsolatban lévő távfelügyeleti egységek vonalmeghajtó áramkörei hibásodtak meg, hiszen itt alakulhattak ki a legnagyobb potenciálkülönbségek. A kültéri egységnek is a tápegysége hibásodott meg a túlfeszültségre jellemző módon kormos átívelési nyomokat hagyva a nyomtatott áramköri lemezen. A távfelügyeleti berendezésekben



4. és 5. ábra
Meghibásodott 20 kV-os túlfeszültség-levezetők

az integrált áramkörök meghibásodása (szétrobbanás) szintén a túlfeszültségekre jellemző tünet.

Különösen fontos valamennyi vezeték árnyékolásának földelése az épületbe való belépés pontján (villámvédelmi zónahatár!), hiszen a csak a toronyhoz földelt árnyékolás a tornyot ért villámcsapás esetén korlátozás nélkül beviszi a veszélyes zavaráramokat a helyiségben lévő egységekbe. A kialakuló potenciálkülönbségek nagysága csak a levezetett villámáram nagyságától függ, így egy, a fentihez hasonló rendkívül nagy áramú villámcsapás esetén nagy valószínűséggel sok egység hibásodik meg. A gyakrabban jelentkező kisebb villámok esetén nem lépnek fel a berendezések meghibásodását okozó feszültségkülönbségek.

Külön kell szólnunk a 20 kV-os túlfeszültséglevezető meghibásodásáról. Példánkban ezt a meghibásodást is a földelt oszlop potenciálemelkedése okozta. A túlfeszültséglevezetők elektródjai között túlságosan nagy feszültségkülönbség alakulhatott ki. Ez az – előző villámcsapásban már működött, valószínűleg már mechanikai sérülésekkel rendelkező – egyik túlfeszültséglevezető átíveléséhez vezetett. A meggyengült szigetelésű túlfeszültséglevezetőn a 20 kV-os hálózati feszültség tartotta fent az ívet, a villámcsapást követően még órákon keresztül is. Az íváram ugyanis kisebb volt, mint a hálózati védelmek beállítási értékei, így azok nem kapcsoltak le. A tartósan lobogó ív azonban roncsolta a szigetelőtestet, sőt az alumínium sodronyt is megolvasz-

totta. Az elszabadult fázisvezetőt a szél időnként a földelt oszlophoz fújta és ez már sorozatos rövididejű lekapcsolással járt. Ez a magyarázata annak, hogy a dízelgenerátor időnként próbált bekapcsolni.

A meteorológia szolgálat adatai szintén segíthetnek megérteni a jelenségeket. A 2. táblázatban a SAFIR rendszer által egy példaként bemutatott zivatar során gyűjtött adatok találhatók. A táblázat a villámcsapások legfontosabb jellemzőit tartalmazza, így a csúcsáramot, a di/dt értékét, az energiát és a töltést.

A SAFIR rendszer adatait a villámcsapások helyének meghatározásához is fel lehet használni. Egy jellemző diagramot mutat a 6. ábra, amelyen a feltételezett adótorony helyét is bejelöltük.

6. Esettanulmány egy feltételezett villámcsapás vizsgálatára

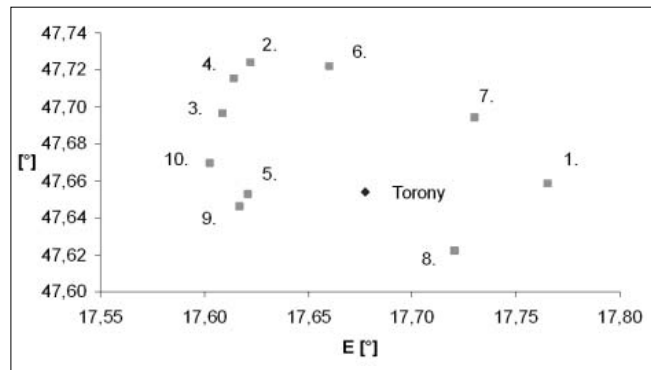
Egy feltételezett villámcsapás során bekövetkező meghibásodások a következők:

- mikrohullámú berendezések meghibásodása (a tornyon és/vagy az átviteltechnikai helyiségben);
- meghibásodások az épületfelügyeleti berendezés (EMS) központi PLC-jében az RS 232-es csatlakozások áramkörei (dízel, DC áramellátó);
- kaputelefon tönkremenetele.

Első lépésként az Országos Meteorológiai Szolgálattól kell az adatokat begyűjteni. A feltételezett esetben a kapott adatok szerint a villámok közvetlenül a tornyot érték, becsaptak az állomást tápláló 20 kV-os légvezetékbe, illetve ezeket elkerülve, de az állomás néhány km-es környezetében csaptak le.

Nézzük először azt a feltételezést, hogy a villám a tornyot érte. Ebben az esetben a mikrohullámú berendezések meghibásodását a toronyból érkező koaxiális kábelben megjelenő feszültségemelkedés idézte elő. Ez akkor valószínű, ha csak azok a berendezések mentek tönkre, amelyek legutoljára lettek telepítve, és a túlfeszültségvédelmük még nem volt kiépítve. A kábelek ár-

6. ábra A torony közelében lecsapó villámok helye



2. táblázat Egy példaként bemutatott zivatar során detektált villámok jellemzői

	Időpont		Ic	di/dt	W	Q
	<i>h/m/s</i>	<i>Ms</i>	<i>kA</i>	<i>kA/μs</i>	<i>A²s</i>	<i>As</i>
1	04:30:41	599,6	-22,1	-4,1	4636	-0,31
		731,6	-21,9	-8,4	5078	-0,35
		824,3	-25,7	-3,1	7142	-0,42
2	04:30:19	101,7	-41,3	-11,8	19647	-0,71
		258,5	-33,8	-4,2	11866	-0,53
3	04:32:08	504,4	-13,9	-2,9	1459	-0,16
4	04:32:16	349,2	-25,0	-7,1	5296	-0,32
	04:32:16	937,6	-29,3	-5,9	7445	-0,38
5	04:32:21	007,1	-22,1	-4,7	4195	-0,29
		108,0	-34,0	-9,7	15243	-0,67
		321,9	-25,8	-2,5	8340	-0,48
		597,0	-24,6	-8,2	5045	-0,31
		779,8	-15,9	-3,0	6080	-0,57
6	04:33:09	78,9	-48,6	-6,2	52732	-1,63
7	04:33:40	745,8	-98,4	-12,1	106964	-1,63
8	04:34:02	589,3	+15,2	+3,8	2092	+0,21
9	04:34:38	955,2	-107,0	-11,1	204464	-2,87
10	04:34:42	558,3	-13,2	-3,3	1211	-0,14
		938,7	-21,4	-8,6	3585	-0,25

nyékolásait a falon való átlépésük előtt le kell földelni, a mikrohullámú berendezéshez való csatlakozásuknál pedig túlfeszültségvédelmi eszközt kell elhelyezni. Mivel feltételezésünk szerint ezek a berendezések nem voltak a torony felől érkező túlfeszültségvédelemmel ellátva, így a tornyot ért villámcsapás esetén gyakorlatilag teljesen védtelenek voltak. Ez megmagyarázza a meghibásodásukat.

Az épületfelügyeleti berendezés (EMS) RS 232-es áramkörei hosszú vezetékvezéssel csatlakoznak a központi PLC áramköreihez, ahol az egyik ér földelt. Ezért a közelben lecsapó villám hatására jelentős indukált feszültség keletkezik a kápcok között, amely tönkretelheti az érzékeny elemeket.

A kaputelefon meghibásodásának oka az épület és a kapu között kialakított kedvezőtlen nyomvonalvezetés lehet. Ilyen esetben minden, a közelben lecsapó villám olyan mértékű túlfeszültséget indukál a vezetékvezetésben, amely meghibásodást okoz. Ez az eset jó példa arra, hogy csak műszaki és gazdasági szempontok együttes figyelembevételével célszerű villámvédelmet kiépíteni. Jelen esetben a kaputelefon megvédésének költsége lényegesen nagyobb, mint az esetleg fellépő kár.

A második feltételezés szerint a villámcsapás a 20 kV-os hálózatot érte az állomás közelében. Feltételezzük, hogy az állomás területén álló oszlop tetején az egyik fázison a 20 kV-os túlfeszültségvezető a villámcsapás során tönkrement. Ha ennek a helyreállítása nem történt meg, akkor újabb villámcsapás esetén az egyik fázis védtelen volt. Így módon a betápvezetéken a túlfeszültségvédelmet csak a B, illetve C osztályú védelmek látták el, amelyek önmagukban nem tudják megfelelően korlátozni a túlfeszültséget. A helyzetet súlyosbíthatja, ha az állomáson a 20/0,4 kV-os oszloptranzformátor és az állomás földelése nincs összekötve.

A közelben becsapó, de sem a tornyot, sem a 20 kV-os vezetékét nem érő villám esetén a meghibásodásokat az indukált feszültség okozza. Ekkor csak azok a berendezések mennek tönkre, amelyekhez nagy kiterjedésű, a zónahatárokon szabadon – azaz túlfeszültségvédelmi intézkedés nélkül – áthaladó vezetékek csatlakoztak.

7. Következtetések

A fenti feltételezett – de tipikus gyakorlati helyzeteket bemutató – esettanulmányokból jól látható, hogy átgondolt, következetes túlfeszültségvédelem hiányában az érzékeny elektronikus berendezések komoly veszélynek vannak kitéve. A hasonló üzemzavarok elkerülése érdekében rendkívül fontos a korszerű túlfeszültségvédelem kiépítése, különös tekintettel az alábbi intézkedésekre:

- valamennyi földelés (épület, torony, 20 kV-os oszlop földelések) összekötése a földben (lásd a 2. ábrát);
- többlépcsős, koordinált túlfeszültségvédelem az energiaellátás felől;

- az épület falát (zónahatárt) átlépő koaxiális kábelek árnyékolását a falon kívül össze kell kötni a földelősinnel;
- az épület falát (zónahatárt) átlépő kábelekhez csatlakozó berendezések megfelelő szintű túlfeszültségvédelmének kiépítése.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk a Pannon GSM Távközlési Zrt-nek a kutató-fejlesztő munka támogatásáért, valamint néhány tipikus helyszínről és néhány jellemző, túlfeszültség okozta eszközserüléstről készített felvétel rendelkezésünkre bocsátásáért.

Irodalom

- [1] MSZ IEC 61312-1:1997,
Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem.
1. rész: Általános alapelvek
- [2] MSZ EN 62305:2006,
Villámvédelem
- [3] Gulyás, A., Németh, B., Szonda, S., Berta, I.:
„Application of preventive measures in lightning protection”, Proc. of 28th Int. Conference on Lightning Protection, Kanazawa, Japan, 2006.
pp.1211–1216.
- [4] R. Markowska, A. W. Sowa, L. K. Augustyniak:
„Lightning effects on external and internal cabling in telecommunication centres with towers”.
Proc. of 26th Int. Conference on Lightning Protection, Cracow, Poland, 2002. pp.568–573.
- [5] Szedenik, N., Kiss, I., Babits, L., Berta, I.:
„Lightning Protection of Mobile Services Switching Centres”, Proc. of 28th Int. Conference on Lightning Protection, Kanazawa, Japan, 2006.
pp.1316–1321.
- [6] Horváth, T.:
Computation of Lightning Protection,
Research Studies Press, Tauton, 1991.
- [7] Horváth, T.:
Understanding Lightning and Lightning protection.
Whiley, RSP, 2006.
- [8] Dombai, F.:
Magyarországi villámlás-lokalizációs hálózat 2005-2006.
Magyar Elektrotechnikai Egyesület,
XVII. Villámvédelmi Konferencia, 2006. november 7.