

NAGYFESZÜLTSGŰ TÁVVEZETÉKEK VÉDŐVEZETŐIBEN INDUKÁLÓDÓ ÁRAMOK BEMUTATÁSA BIZTONSÁGTECHNIKAI SZEMPONTBÓL

PRESENTATION OF CURRENTS INDUCED IN THE GROUND WIRE OF HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINE FROM A SECURITY POINT OF VIEW

BAGI Tamás Zoltán

(ORCID: 0000-0002-1877-7892);

bagi.tamas@elinor.hu

Absztrakt

A közismert és a napi gyakorlatban előforduló villamos biztonságtechnikai kérdéseken (úgy mint érintésvédelem, villámvédelem, a villamos áram hatása az emberi szervezetre, villamos berendezések időszakos szabványossági felülvizsgálata, első (üzembe helyezés előtti) felülvizsgálat, kéziszerszámok, járművek, stb. felülvizsgálata) túl találkozhatunk olyan villamos biztonságtechnikai kérdésekkel is, amelyek esetenként még a képzett és gyakorlott villamos szakembereket is meglepi. Egy ilyen, a nagyfeszültségű villamos távvezetékek üzemeltetésénél tapasztalt veszélyforrás leírását, a jelenség mérését, a kialakulásának lehetséges okait, a veszélyforrás megszüntetésének módjait mutatom be a cikkben.

Kulcsszavak: nagyfeszültségű távvezeték, oszlopföldelés, védővezető, és indukált feszültség

Abstract

Besides the commonly asked questions related to electricity security (such as touch protection, lightning protection, the effects of the electrical currents on the human body, the periodic compliance checks, pre-operation checks, tool and vehicle checks etc.) we can easily come across ones that would be a surprise for even the seasoned and highly experienced professionals. I will present and analyze one such challenge, namely the dangers related to high-voltage transmission lines and introduce alternatives to avoid and/or avert them.

Keywords: high-voltage transmission line, column grounding, ground wire, induced voltage.

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2017.05.14.

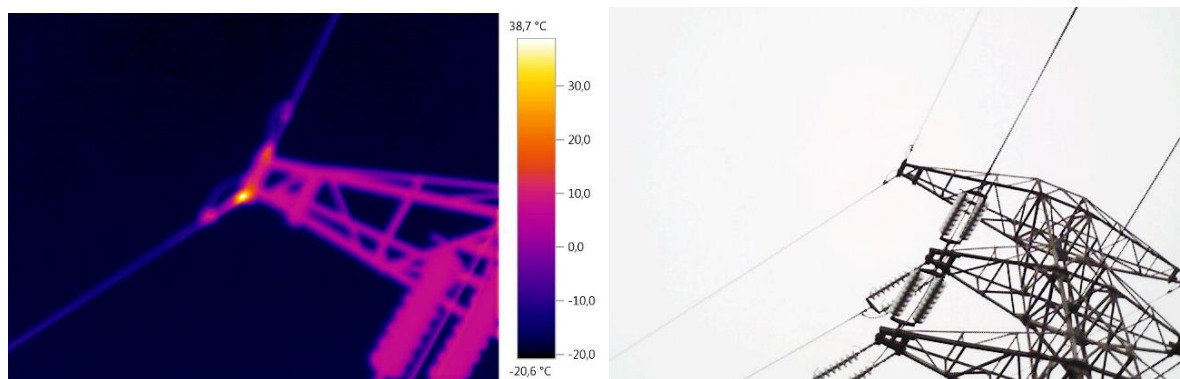
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2017.05.16.

BEVEZETÉS

Az objektumvédelem a vagyonvédelem legjelentősebb és leginkább szerteágazó területe. Az általam vizsgált objektumok egy sor sajátossággal rendelkeznek. Az egyik legfontosabb, hogy a villamosenergia-ellátó rendszerek és annak elemei a kritikus infrastruktúra, más elnevezéssel a létfontosságú rendszerek egyik fontos területe. A másik fontos sajátosság, hogy vonalas létesítmények, nagy kiterjedésűek, ezáltal kevésbé őrizhetőek, ugyanakkor sebezhetőek. Ez a veszélyeztetés lehet szándékos emberi, de lehet technikai jellegű is. Ezen cikkemben az utóbbival kívánok foglalkozni. [6],[8],[9]

VESZÉLYHELYZET BEMUTATÁSA

Az E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt. (továbbiakban: E.ON) a Dunaújváros OVIT – Ráckeve – Szabadszállás kétrendszerű 132 kV-os távvezetéken a védővezetőben normál üzemállapot mellett 3-4 oszlopközben, jól megközelíthető módon, lakott területen (iskola és park közelében) a védővezetőkben az indokolt értéknél nagyobb áramértékeket tapasztaltak az áramszolgáltató szakemberei karbantartás során a hőkamerás felvételeik alapján.

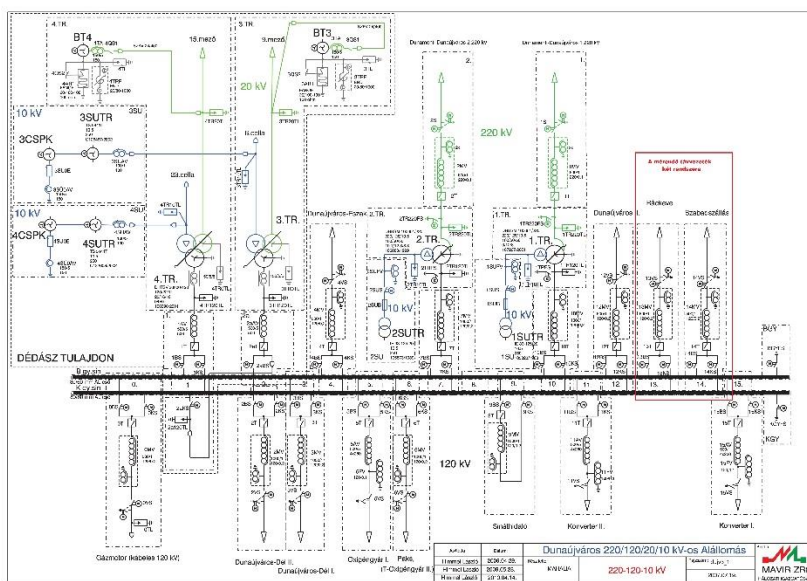


1. ábra Hőkamerás felvétel

Ez a jelenség azért rendkívüli, mert normál üzemállapotban a védővezetőben nem folyhatna ekkora áram, mivel a védővezető mindkét vége fémesen össze van kötve a rácsos szerkezetű oszlopokkal, melyek hatásosan földelt acélszerkezetek, és a földelési ellenállásuk $<5\Omega$. [2],[4]

Mivel a nagyfeszültségű távvezeték oszlopok a szabadban vannak, így nemcsak az üzemeltető villamos szakemberek, hanem bárki, aki a mezőgazdasági területet műveli, vagy akár az arra járó kirándulók hozzáérhetnek oszlopszerkezethez, és súlyos áramütést szenvedhetnek.

Ez a távvezeték több áramszolgáltatói területet is érint: E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt., DÉMÁSZ Zrt., és ELMŰ-ÉMÁSZ Hálózati Kft., ezért kiemelt jelentőségű. Ez a nagyfeszültségű távvezetékek a magyar villamos átviteli és elosztó hálózat részét képezi, és három nagyobb alállomást (transzformátorállomást) köt össze villamosan. Lakossági fogyasztók a vezetékre közvetlenül nem kapcsolódnak. A távvezeték főleg lakott területeken kívül halad, de a nyomvonal egyes részei belterületet is érinthetnek.



2. ábra Dunaujváros OVIT állomás bemutatása



3. ábra Nyomvonalrajz részlet

A rácsos szerkezetű, eltérő méretű 25-40 m magas acéloszlopokon kétrendszerű távvezeték lévén 6 db fázisvezető (250/40 mm² ACSR¹), illetve az oszlopcsúcsban 2 db védővezető (95/55 mm² ACSR). Az oszlopokon a sodronyok egymástól oszloptípustól függően kb. 5-9 m-re helyezkednek el. Általában elmondható, hogy a távvezeték szakasz teljes hosszában azonos a védővezető kialakítás, de jelen távvezeték esetében ez nem így van. A távvezeték szakaszon a védővezetők kialakítása a következő képpen alakul: 2x95/55 mm² ACSR, kivéve

¹ ACSR - Aluminium conductor steel-reinforced cable, azaz alumínium vezetéksodronyok acélhuzal erősítéssel

a 10/B -11. számú oszlop között, ahol $1 \times 95/55 \text{ mm}^2$ ACSR, valamint a Duna keresztezése után, ahol a két rendszer szétválik, onnantól $2 \times 50 \text{ mm}^2$ AV4². [1],[3],[5]

A VESZÉLYHELYZET ELŐFORDULÁSI HELYSZÍNE ÉS KÖRÜLMÉNYEI

Mint már említettem a Dunaújváros OVIT – Ráckeve – Szabadszállás 132 kV-os távvezetékén a védővezetőjében észlelték a nagy indukált áramot. Ez a távvezeték több áramszolgáltatói területet is érint, ezért fokozott jelentőségű. Ezek a vezeték nagyobb alállomások (transzformátorállomások) között húzódnak. Lakossági fogyasztók a vezetékre közvetlenül nem kapcsolódnak. Főleg lakott területeken kívül halad a vezeték, de esetenként belterületen is előfordulhat. Rácsos szerkezetű, 25-40 m magas acéloszlopokon kétrendszerű távvezeték lévén 6 db fémes színű, csupasz vezetéksodrony és az oszlopcsúcsban 2 db védővezető látható. Az oszlopokon a vezeték egymástól kb. 5-9 m-re helyezkednek el. [7]



4. ábra Dunaújváros OVF oszloprészlet

A VESZÉLYHEZET SÚLYOSSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA, MÉRÉSEK ELVÉGZÉSE

A probléma meghatározásához, azaz a Dunaújváros OVIT – Ráckeve – Szabadszállás 132 kV-os kétrendszerű távvezeték védővezetőiben kapacitív, induktív vagy konduktív módon indukálódó áramok meghatározásához egy 10 különböző mérésből álló mérési programot állítottunk össze, melyet el is végeztünk az egyes áramszolgáltatók által biztosított képesített szakszeméllyel.

² AV4 – Zinc-coated steel wire for power conductors, az MSZ 273 szabvány szerinti acélhuzal, ahol az AV4 az acél anyag megjelölése

Mérési program

- 08:00 – 09:00 – Mérés összeállítása, próba mérés elvégzése
09:00 – 09:30 – Normál üzemállapot, mindkét rendszer bekapcsolt állapotban
09:30 – 10:00 – Szabadszállás rendszer kikapcsolt állapotban, míg Ráckevei rendszer normál üzemállapotban
10:00 – 10:30 – Ráckevei rendszer kikapcsolt állapotban, míg a Szabadszállás rendszer normál üzemállapotban
10:30 – 11:00 – Mindkét rendszer üresjáratban, feszültség alatt.
11:00 – 11:30 – Mindkét rendszer lekapcsolt állapotban, feszültség mentesen
12:00 – 12:30 – Kiszigetelés után, normál üzemállapot, mindkét rendszer bekapcsolt állapotban
12:30 – 13:00 – Kiszigetelés után, szabadszállás rendszer kikapcsolt állapotban, míg Ráckevei rendszer normál
13:00 – 13:30 – Kiszigetelés után, szabadszállás rendszer bekapcsolt állapotban, míg Ráckevei rendszer kikapcsolt
13:30 – 14:00 – Kiszigetelés után, Mindkét rendszer lekapcsolt állapotban, feszültség mentesen

Felhasznált műszerek

- PARMA VAF-A(C) vektoros árammérő
- Tektronix TDS 210 oszcilloszkóp
- SCOPIX OX 7104-C oszcilloszkóp
- Egyedileg a méréshez külön legyártott mérőszinór, amely 100Ω-os munkaellenállással van illesztve

Mérési helyszínek

- Dunaújváros OVIT alállomás
- Szabadszállás alállomás
- Ráckeve alállomás
- 10/C számú oszlop

KÖVETKEZTETÉSEK

A mérési eredmények alapján a problémás 3-4 oszlopköz esetén a 10/C oszlopra vonatkozó táblázata alapján valószínűsíthető, hogy a távvezeték fázisvezetőinek induktív hatása kelti a 20-30A-es áramot a védővezetőben. Ennek az a magyarázata, hogy a távvezeték lekapcsolt, ill. feszültségmentes állapotában elhanyagolható áramérték tapasztalható a védővezetőben a problémás szakaszon.

Idegen eredetű befolyásoló hatás esetén a fázisvezetők „áramtalanítása” nem okozna lényegi változást a mért értékekben. Ennek egyik ellenőrzési módja lehet, ha a fázisszögeket összehasonlítjuk. (Indukált feszültség esetén ellenfázis.)

Az összemérhető és kis térbeli távolságok (Fázisvezető - Fázisvezető ill. Fázisvezető - Védővezető) és az adott rendszer aszimmetrikus elrendezése következtében, viszonylag rövid nyomvonalszakaszon is keletkezhet akkora indukált feszültség, mely a kis értékű impedanciákon már jelentős áramot hajt át.

Az egyszerűség kedvéért egy gyors számítással fussunk végig a fentebbi gondolatmeneten: az induktív és kapacitív összetevőket elhanyagolva, egy 300 m-es oszlopközben az oszlopok 2Ω körüli földelési ellenállása mellett elhanyagolható a védővezető 0,1Ω ellenállása (95/55 ACSR sodrony esetén ez 0,3 Ω/km) és ideális esetben az oszlop csatlakozások

átmeneti ellenállása is közel rövidzárnak tekinthető. Az indukált feszültség adott, a hurokban folyó áramot a földelési ellenállás és a csatlakozások átmeneti ellenállása határozza meg. Esetünkben (ideális kötések esetén) 4-5 V elég az 1 A-es hurokáram kialakulásához.

Mivel sajnos a valóság sosem közelít az ideálshoz, érdemes átgondolni azt is, hogy mi történik akkor, ha egy, vagy több oszlop kimarad, mert az oszlop csatlakozások átmeneti ellenállása jelentősen megnőtt, miközben a védővezető áramkötései jók? A feszültség az oszlopközök számával szorozódik, miközben a kör impedanciája alig változik, tehát az indukálódó áram is ezzel arányosan növekszik. (Feltételezve, hogy az induktív összetevő jelen van és az is szorozódik, de súlyában ekkora hosszban még nem dominál.)

Az elkészített egyszerűsített kézi (Excel-es) számítás alapján, amely figyelembe veszi a jelenlegi kialakításokat a 250 A-es terhelés mellett 17,4 A amper indukálódik az egyes védővezetőkben.

A mérési jegyzőkönyvek adatait tovább elemezve a következők állapíthatók meg:

- A Szabadszállás/Ráckeve felől megjelenő áram szinte csökkenés nélkül halad a Dunaújváros OVIT állomás felé. Ennek az lehet az oka, hogy a két védővezetőnek alig van kapcsolata a 10/C oszlop földelésével. A Ráckeve rendszer védővezetőjének áramkötése a távolabbi végen (11-12. oszlop felé) rossz.
- A védővezető áramát a fázisvetetők induktív hatása okozza.
- Az induktív hatás legfeljebb a 15. oszlopig terjedően, kb. 2,1 km-en keletkezik, mivel az eredmények a két rendszerre megegyeznek, annak ellenére, hogy Ráckeve távvezeték 32 km, Szabadszállás hossza 23 km.
- A Dunaújváros OVIT állomás irányából a 10/C oszlopig keletkező indukált feszültség az oszlopföldelésen keresztül 3 A-es áramot hajt át. Következtetés: az egy vezetős csatlakozás átmeneti ellenállása nem rossz.

A 10/C és 15. oszlopok közötti szakasz ellenőrzése, különös tekintettel a védővezető-oszlop csatlakozásokra. Ráckeve rendszer áramkötésének javítása a 10/C-15 szakaszon.

A javításokat követően, az oszlop földeléseken folyó áramok ismételt ellenőrzése. A 0 és az 5-6 A-es érték egyaránt feltételezhetően nem megfelelő. Javítás után nagyjából kiegyenlített, alacsonyabb értékekre számíthatunk, mivel a teljes viszonylaton indukált feszültséget oszlopköznyi kis darabokra vagdaltuk.

A másik megoldási lehetőség, hogy a védővezetőt az érintett szakaszon kiszigeteljük. Ez megoldást jelenthet az érintés következtében esetlegesen bekövetkező áramütés ellen, viszont nem rontja a védővezető funkcióját, hatásosságát, ugyanis villámcsapás esetén a szigetelő átüt, és így a keletkező villámáram is levezetésre kerül.

A biztonság kedvéért, javasoljuk az ellenőrző hőkamerás mérések elvégzését a közvilágítás bekapcsolását megelőzően és közvetlenül utána a külső hatások kizárása végett. Elméletileg észrevehető eltérés nem lehet a védővezető kötésekénél! Ha mégis eltérést tapasztalunk, akkor az idegen eredetű, konduktív hatások kivizsgálása a következő feladat. Ennek a cselekvési/mérési programját csak akkor fogjuk elkészíteni, ha szükség lesz rá

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VARGA T., SZEDENIK N., KRUPPA A., VASVÁRI-NAGY S.: *Villámvédelem 2009. Tervezőknek, Műszaki ellenőröknek, Felülvizsgálóknak*, Magyar Elektrotechnikai Egyesült kiadványa Budapest, 2009, ISBN: 978-963-9299-14-6
- [2] ARATÓ CS.: *Erősáramú berendezések felülvizsgálóinak kézikönyve*, Magyar Elektrotechnikai Egyesült kiadványa, Budapest, 2011, ISBN: 978-963-9299-16-0

- [3] HORVÁTH T.: *Villámvédelem felülvizsgálók tervezők és kivitelezők kézikönyve*, Magyar Elektrotechnikai Egyesült kiadványa, Budapest, 2007
ISBN: 978-963-9299-09-02
- [4] ARATÓ CS., MAGYAR G.: *Érintésvédelmi felülvizsgálók kézikönyve*, Magyar Elektrotechnikai Egyesült kiadványa Budapest, 2012, ISBN: 978-963-9299-17-7
- [5] KRUPPA A.: *Villámvédelem a gyakorlatban, bővített átdolgozott kiadás*, OBO Bettermann, 2012
- [6] *Biztonságtechnikai ismeretek*; http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/biztonsagtechnika.pdf
(letöltve: 2017.04.29)
- [7] *A magyar villamosenergia-rendszer*, <http://villany.uw.hu/>,
(letöltve: 2017.04.29)
- [8] BEREK Lajos: *Biztonságtechnika*, NKE, Budapest, 2014. <http://nbn.urn.hu/N2L?urn:nbn:hu-13270>
- [9] BEREK Lajos, BEREK Tamás, BEREK László: *Személy és vagyonbiztonság*, ÓE, Budapest, 2016. ISBN 978-615-5460-94-4
http://asp01.ex-lh.hu:80/R/-?func=dbin-jump-full&object_id=23873&silo_library=GEN01