

Távközlő kábelekben indukált zavaró feszültség és az aszimmetria közötti kapcsolat vizsgálata

VARJÚ GYÖRGY

BME Villamosművek Tanszék



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk az erősáramú hálózat által a vezetékes áramkörökben indukált zaj számításával foglalkozik. A zavartatás számítására alkalmas modell meghatározása után numerikus módszereken alapuló számítás-sorozat eredményeit összegezi a kábel paraméterek, a lezárások és a kölcsönhatásban levő hálózatok helyzetének különböző jellegzetes eseteire. A számított nagyszámú változat alapján a cikk megadja a zavartatásra vonatkozó több jellegzetességeket, valamint az aszimmetria jellemzők mérése és a konverzió viszony közötti kapcsolatot.

1. Bevezetés

A vezetékes áramkörökben keletkező zajt a CCITT G sorozatú ajánlásai rögzítik, így elsősorban a G 103. Ajánlás (Elméleti referencia-összeköttetések), a G 222. Ajánlás (Zajjal kapcsolatos célkitűzések 2500 km-es vivőáramú átvitel tervezésénél), valamint a G 123. Ajánlás (áramköri zaj a belföldi hálózatban).

A zajok forrása a legkülönbözőbb lehet, mint pl. áthallás, termikus zaj vagy erősáramú vezetékek által indukált zaj.

Az erősáramú rendszerek hatásából eredő zajjal az említett G 123. Ajánlás külön is foglalkozik és kimondja, hogy az így előidézett zaj pszofometrikus forrásfeszültsége az előfizetői készülékeket a nemzetközi központtal összekötő távbeszélővonalon nem haladhatja meg az 1 mV-ot.

Jelen cikk az erősáramú hálózat által indukált zaj számításával foglalkozik. Az utóbbi időben a kérdés vizsgálata előtérbe került, mivel a félvezetőik egyre kiterjedtebb alkalmazása az ipari elektronikában azzal jár, hogy általánossá válnak a nemlineáris jellegű terhelések a villamos hálózaton. Ezeknek szinuszos hullámalakú feszültség esetén is szinusztól eltérő az áramuk. Ami végső soron azt jelenti, hogy a villamos hálózat elemein, így a távvezetéseken is, az alapharmonikuson kívül jelentős mértékű különböző rendszámú felharmonikus áramok is folynak. A felharmonikusok — mindenekelőtt a pszofometrikus súlyozás jellegéből adódóan — lényegesen nagyobb induktív zavarást okozhatnak, mint az alapharmonikusok. Különösen jelentős a villamosvasút induktív hatása, mivel itt az áram jelentős részének visszavezetése a földön át történik. Ilyen esetekben a légvezeték zavarás mentessége — részben az áramkörbe való közvetlen beindukálás, részben pedig a szimmetriafeltételek teljesítésének bizonytalansága miatt — gyakorlatilag nem biztosítható, tehát kábelt alkalmaznak. Ezért a kábel áramkörön fellépő zavarás vizsgálatával foglalkozunk.

A CCITT Irányelvekben [1] és az ezen alapuló

VARJÚ GYÖRGY

A villamosmérnöki oklevelet 1961-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte meg. Ettől kezdve a BME Villamosművek Tanszékének oktatója, adjunktus. 1964-től a Posta Kísérleti Intézetben dolgozik mellékfoglalkozás keretében. Speciális tématerülete a vezetékes

távközlési összeköttetések védelme légköri eredetű túlfeszültségek és erősáramú befolyásolás ellen. Ebben a témában képviseli a Magyar Postát a CCITT. V. Tanulmányi Bizottságban. A tématerületen számos hazai és külföldi publikációja jelent meg. Tudományos munkássága elismerésül 1982-ben „Békésy-díjat” kapott.

hazai szabványokban [2] a kábelekben keletkező zavarás számítására vonatkozó módszer lényege az, hogy az egyenértékű (800 Hz-es) indukáló áram alapján meghatározunk egy indukált hosszanti feszültséget, majd ebből az ún. érzékenységi tényezővel való szorzással nyerjük a keresztirányú zavaró feszültséget. A számított és mért értékek összevetése azt mutatja, hogy a szabványban rögzített módszer a ténylegesnél lényegesen kedvezőtlenebb — gyakran több mint egy nagyságrenddel nagyobb — értéket ad, így elsősorban gazdasági megfontolások miatt lényeges a valóságos viszonyokat az eddiginél pontosabban jellemző módszer kidolgozása. Cikkemben ezt a feladatot oldom meg számítógépes analízisek felhasználásával. Ennek során az erősáramú hálózat által indukált hosszanti feszültségnek, a vonal aszimmetria hatására történő keresztirányú feszültségre való konverziójára adok méretezési eljárást.

Az indukált zavaró feszültség keletkezési mechanizmusának tisztázása után a számítógépes analízisek eredményei alapján vizsgálom az aszimmetria és az indukált zavaró feszültség közötti kapcsolatot. A cikk az eredményeket az aszimmetria mérés módszere és az egyszerűsített számítás lehetősége szempontjából is értékeli.

2. Az alkalmazott számítási eljárás

A számítás egy adott (alap vagy felharmonikus) frekvenciára az 1. ábra szerinti kábel áramkörre a következő lépésekben történik.

a) Meghatározzuk az indukált elektromotoros erőt (eme-t) hosszegységre vonatkoztatva, a vizsgált távközlő kábel nyomvonalra mentén, a hely függvényében. Ez a „hagyományos módon” az indukáló áram és a kölcsönös impedancia szorzataként adódik. Felharmonikusok esetén az indukáló vonal mentén a terjedési jelenségek gyakran nem hanyagolhatók el,

Beérkezett: 1985. I. 28. (□)

ezért az indukáló áram, illetve annak abszolút értéke és szöge a hely függvénye.

A kölcsönös impedancia helytől való függését eredményezi az is, ha az erősáramú hálózat és az általa zavart távközlő hálózat közti távolság a nyomvonal mentén változik.

b) Meghatározzuk a kábelköpenyen belüli hosszanti eme-t egységnyi hosszra vonatkoztatva, a hely függvényében. Hosszú, folyamatos földelt köpenyű kábel esetén ez az a) pont szerinti értéknek a köpenyvédőtényezővel* való szorzása útján adódik. Általános esetben viszont a hosszanti eme-t a köpenyáram és a belső felületi-, külső áramvissavezetési köpenyimpedancia szorzata adja. A köpenyáramot mint a hely függvényét a köpeny-föld kör, mint megoszló paraméterű rendszer megoldásából kapjuk [1. b) ábra].

c) Meghatározzuk a keresztirányú feszültséget az érpár egyes vezetői és a köpeny – mint megoszló paraméterű egymással csatolt – rendszerek egyenleteinek megoldásával [1. c) ábra].

Az áramköri egyenletek megoldása numerikus módszeren alapuló számítógépi eljárással történik [3], [4]. A módszer részleteinek ismertetésétől eltekintve, a numerikus eljárás lényege az, hogy a megoszló paraméterű rendszert egymáshoz kapcsolódó szakaszokként (lépésközök) kezeli. Az áramkörben ható eme-k, valamint az áramköri paraméterek lépésközönként előírhatók. Ily módon lehetővé válik a hossz mentén előírt módon ható eme-nek, valamint előírt módon jelentkező kapacitív aszimmetriának a vizsgálata. Az áramkörök kívánt lezárása a peremfeltételek megfelelő előírásával biztosítható. A peremfeltételek feszültségforrást is tartalmazhatnak, ami lehetőséget ad az áramkörök végponton való táplálására és ezzel a szimmetria mérés viszonyainak szimulálására.

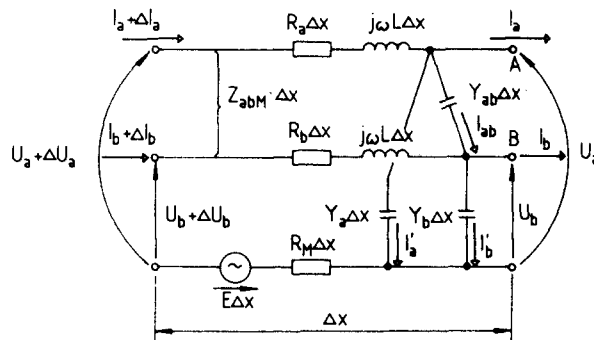
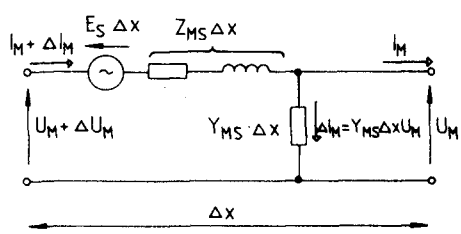
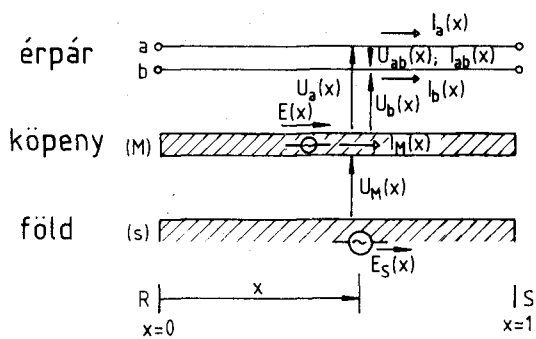
3. Áramköri paraméterek és számított esetek

Mivel a vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy a kábelben indukált hosszanti feszültség milyen mértékben konvertálódik keresztirányú feszültséggé (hossz-kereszt konverzió viszony), a számításokat egy szimmetrikus érpárból és a köpenyből álló áramkörre végeztük el. A vizsgált érpár egy csillagsodrású négyes, 0,9 mm átmérőjű rézerű papírszigetelésű 34 nF/km üzemi kapacitású párja volt. A fenti érpár-köpeny áramkör helyettesítő kapcsolását és az áramkör paramétereit a 2. ábra szemlélteti.

A számításokat 800 Hz-en 10 km hosszú kábelre végeztük el több változatban, a következő feltételezésekkel:

– az érpár 3. ábrának megfelelő lezárási változatait az 1. táblázat adja meg (3 változat), ahol $z_L(R)$ és $Z_L(S)$ az érpár-föld kör vevő, illetve adó oldali lezáró impedanciáját jelenti. Megjegyzés: 10^{10} szakadást reprezentál,

* A köpenyvédő-tényező a kábelben a köpeny jelenlétében fellépő hosszanti (közös módusú) eme-nek a viszonya ahhoz az eme-hez, amely a köpeny jelenléte (vagy hatástalansága) nélkül indukálódna.



H-37-1

1. ábra. Kábeláramkörök modellje:
a) fizikai modell,
b) köpeny-föld kör helyettesítő áramköre
c) érpár-köpeny kör helyettesítő áramköre

– a hosszanti feszültség beiktatási helyét a 4. ábra szemlélteti (5 változat).

Minden változatnál a hosszanti körökbe beiktatott feszültség 100 V,

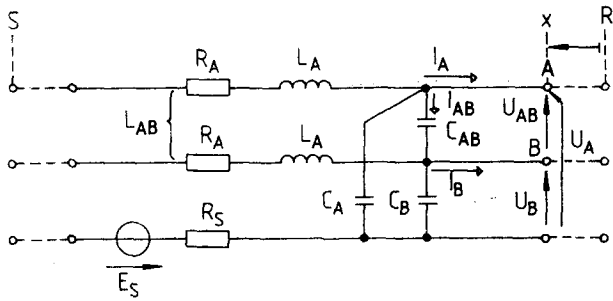
– a ΔC kapacitív aszimmetria értéke és eloszlása az 5. ábra szerinti (6 változat).

Ezen a 90 változaton kívül a legfontosabb eseteket 3 és 30 km hosszra, valamint 300 és 3000 Hz-re is kiszámítottuk.

4. Eredmények

4.1. Ér-köpeny feszültségek

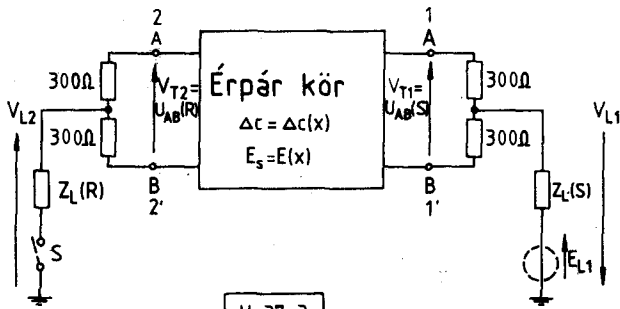
Az ér-köpeny kapacitások (2. ábrán C_A és C_B) és természetesen a kapacitív aszimmetria (ΔC) az ér-



H-37-2

2. ábra. A vizsgált érpár-köpeny kör helyettesítő kapcsolása és paraméterei:

$$\begin{aligned}
 R_A &= 28,3 \text{ } \Omega/\text{km}, & C_{AB} &= 18,55 \text{ nF}/\text{km}, \\
 R_S &= 0,1 \text{ } \Omega/\text{km}, & C_0 &= 30,9 \text{ nF}/\text{km}, \\
 L_A &= 0,7 \text{ mH}/\text{km}, & C_A &= C_0 + \frac{1}{2} C, \quad C_B = C_0 - \frac{1}{2} C \\
 L_{AB} &= 0,35 \text{ mH}/\text{km}, & C &= C(x)
 \end{aligned}$$



H-37-3

3. ábra. Az érpár-köpeny kör peremfeltételeit meghatározó lezárások

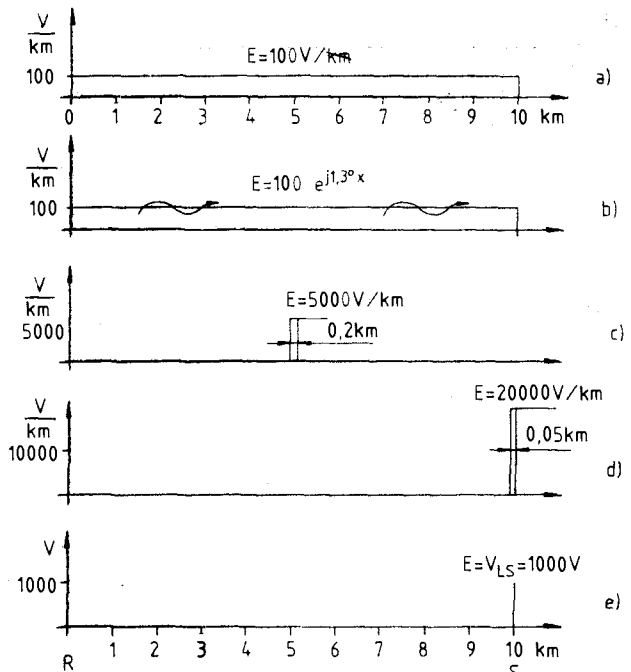
1. táblázat

Az érpár-öld kör lezárási változatai

A végpontok jelölése	Z értékel (ohm)		A hosszirányú áramkör állapota
	Z _{L(R)}	Z _{L(S)}	
10 ¹⁰ /10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	Mindkét vég nyitott
150/150	150	150	Mindkét vég zárt
10 ¹⁰ /150	10 ¹⁰	150	R vég nyitott

köpeny feszültség hatásának vannak kitéve. Következésképpen az induktív hatás folytán létrejövő érköpeny feszültség hosszmenti eloszlásának ismerete fontos a kapacitív aszimmetria által okozott keresztirányú feszültség meghatározásához. A feszültségeloszlást lényegében két dolog szabja meg. Nevezetesen az érpár-köpeny körben ható eme eloszlása (lásd 4. ábrát), valamint a hosszanti kör lezárása (lásd a 3. ábrát és az 1. táblázatot). Ezzel szemben a kapacitív aszimmetria gyakorlatilag nem befolyásolja az érköpeny feszültségeket.

Az ér-köpeny feszültség szempontjából jellegzetes eseteket a 2. táblázat foglalja össze, a feszültségek eloszlását pedig a 6–8. ábrák szemléltetik. (A rövidítés kedvéért eltekintettünk a 300 és 3000 Hz-re, valamint a 3 és 30 km-re vonatkozó eredmények közlésétől.) Az ábrákon feltüntettük az érköpeny



H-37-4

4. ábra. A hosszanti eme helyfüggése:
 a) egyenletes,
 b) egyenletes, fázisforgatással
 c) közepén koncentrált
 d) S végén koncentrált
 e) feszültségforrás S végén

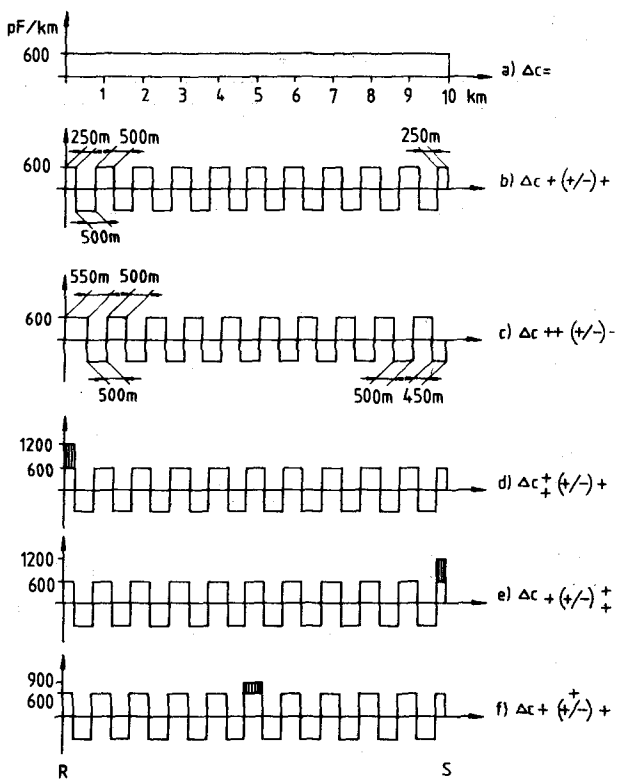
2. táblázat

Az ér-köpeny feszültség jellegzetes eseteit szemléltető ábrák áttekintése

f Hz	l km	Eme beiktatás jellege	Lezárás a köpenyhez		
			10 ¹⁰ /10 ¹⁰	150/150	10 ¹⁰ /150
800	10	egyenletes	6. ábra		
		egyenletes forgatással	hasonló a 6. ábrához		
		közepén	7. ábra		
		S végén	—	8. ábra	
		S végi lezársban	—	hasonló a 8. ábrához	

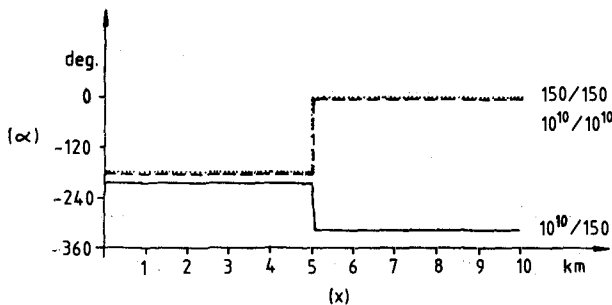
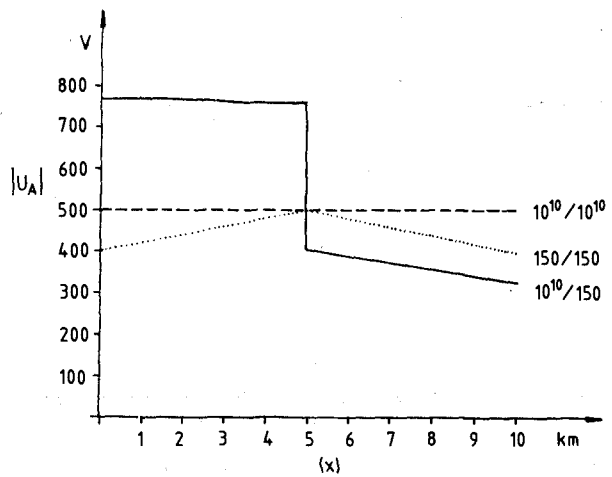
feszültség abszolút értékét (1000 V hosszanti eme-t feltételezve), valamint a feszültség szögét a beiktatott feszültséghez, illetve az S végén (x=10 km) ható eme-hez képest mérve. Az ábrák alapján a következő jellegzetességeket érdemes kiemelni:

a) Ha az eme állandó (fázisforgatással vagy anélkül) a vonal mentén vagy a vonal közepére koncentráltan iktatódik be, és a hosszanti kör szimmetrikusan van lezárva (10¹⁰/10¹⁰ vagy 150/150) az érköpeny feszültségek nagysága a vonal két felén a középpontra szimmetrikus pontokon egymással egyenlő, az irányuk viszont ellenkező (lásd 6. és 7. ábrát).



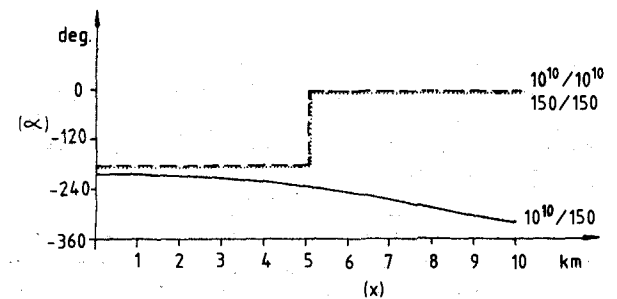
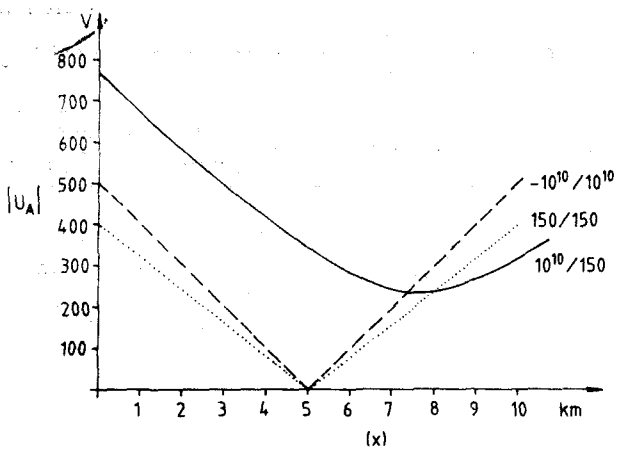
H-37-5

5. ábra. A ΔC kapacitív aszimmetria eloszlásának változatai (a jobb oldalon látható jelölések a ΔC jellegére utalnak)



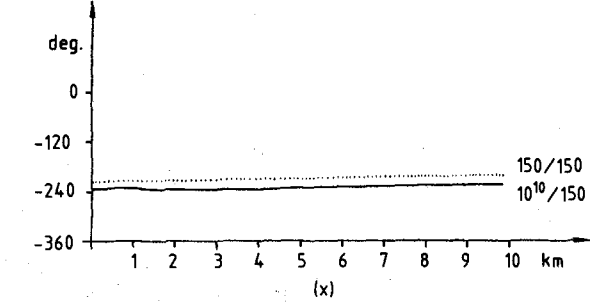
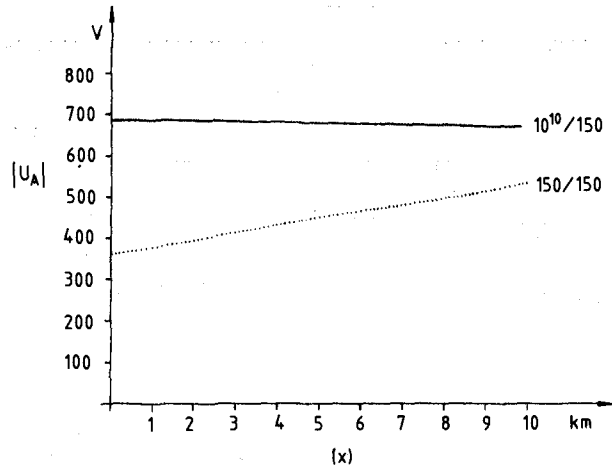
H-37-7

7. ábra. \bar{E}_r - köpeny feszültségek abszolút értéke és szöge; eme középén, $f=800$ Hz



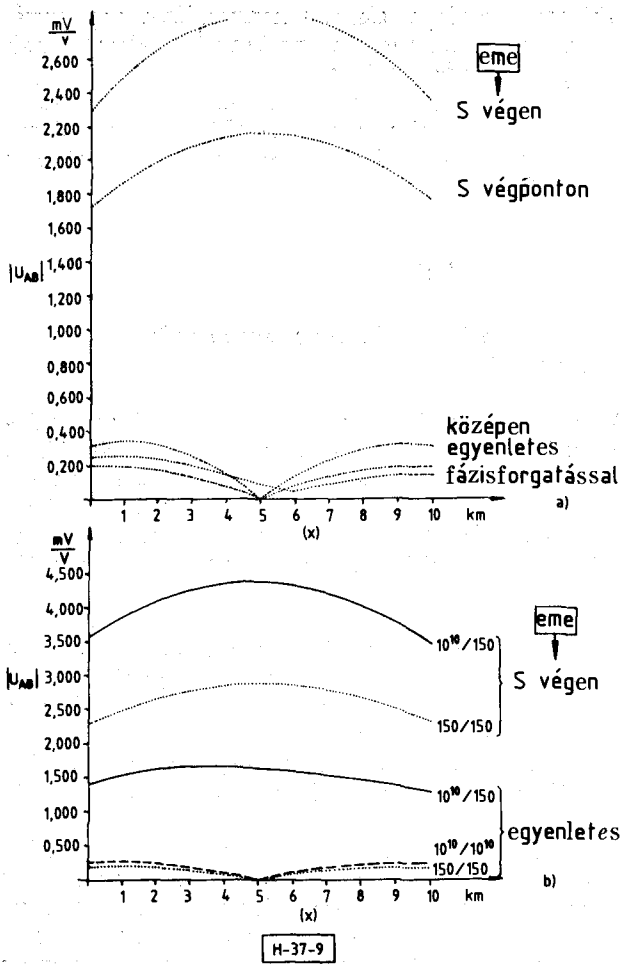
H-37-6

6. ábra. \bar{E}_r - köpeny feszültségek abszolút értéke és szöge; eme egyenletes, $f=800$ Hz



H-37-6

8. ábra. \bar{E}_r - köpeny feszültségek abszolút értéke és szöge; eme S végén, $f=800$ Hz



9. ábra. A vonal keresztirányú feszültsége „ $\Delta C =$ ” kapacitással, $f = 800$ Hz
 a) eme elosztás hatása, 150/150 lezárással
 b) végpont—föld lezárás hatása

b) Ha az eme a végpont közelében koncentrálódik vagy a lezárában koncentrált feszültség van (mint szimmetria mérésnél) az ér-köpeny feszültség nagysága és iránya állandó jellegű (lásd 8. ábrát).

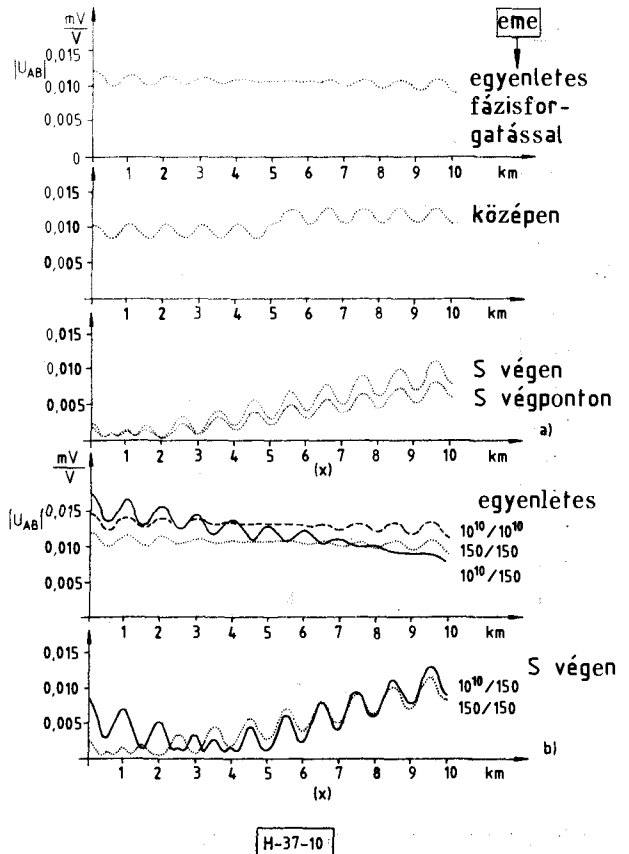
c) Ha a hosszanti kör az egyik végen ($R, x=0$) nyitott, a másik végen pedig 150 ohmon keresztül földelt, az ér-köpeny feszültségek értéke — az előzőekhez képest — a nyitott vég felőli oldalon nagyobb, míg a másik vég közelében kisebb. A feszültség fázishelyzete folyamatosan változik és a két végponti feszültség közötti szög nem éri el a 180° -ot (lásd: az ábrák $10^{10}/150$ jelű görbéit).

d) A $10^{10}/150$ és a $150/150$ lezárások esetén mérhető feszültségek közötti eltérés csökken:

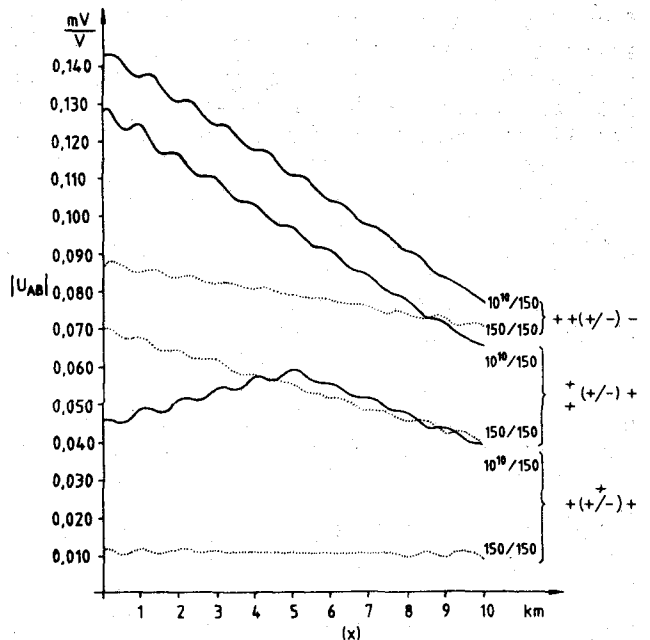
- a vonalhossz növekedésével, valamint
- a frekvencia növekedésével.

4.2. Keresztirányú feszültségek

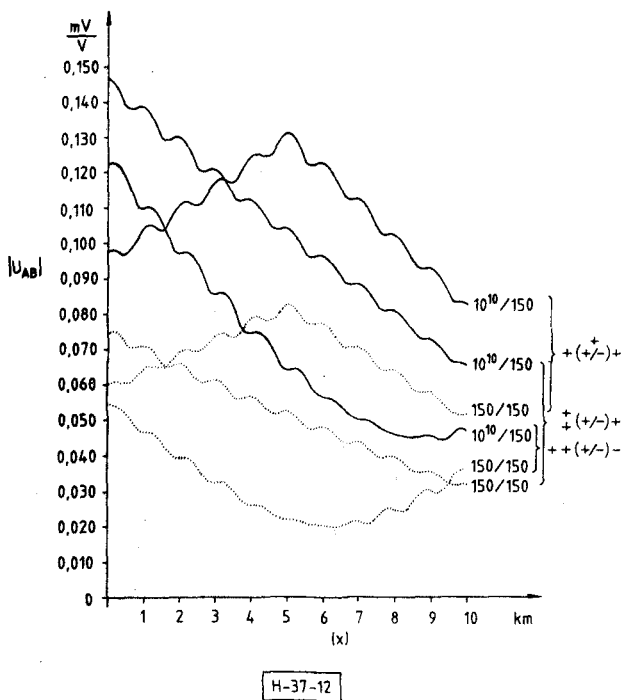
Az előzőekben tárgyalt ér-köpeny körüli feltételekre és az 5. ábra szerinti kapacitív aszimmetria eseteire meghatározott keresztirányú feszültségek abszolút értékét a vonal mentén a 9—12. ábrák szemléltetik. Pontosabban az ábrákon a keresztirányú feszültség



10. ábra. Keresztirányú feszültsége $(\Delta C + (+) - / +)$, $f = 800$ Hz
 a) eme elosztás hatása 150/150 lezárással
 b) a végpont—föld lezárás hatása



11. ábra. A vonal keresztirányú feszültsége keresztirányú és helyi aszimmetriával; eme egyenletes, $f = 800$ Hz



és a hosszanti körben ható eme viszonya van feltüntetve mV/V-ban. Az eredményekről a 3. táblázat ad áttekintést, amely a kereszt-hossz feszültség konverzió viszonyt dB-ben adja meg.

A kereszt-hossz konverzió mechanizmusának lényege a következő. Egy adott részzszakaszon keletkező keresztirányú feszültség mértéke nő a kapacitív aszimmetria mértékével és az ér-köpeny feszültség nagyságával, előjele pedig e két jellemző előjelétől függ. Két részzszakasz konverziója összegeződő jellegű akkor, ha ezeken mind a ΔC előjele, mind pedig az érköpeny feszültség iránya megegyezik. Egyébként a két szakasz aszimmetriájának hatása egymást csökkentő jellegű. Ez a mechanizmus a vizsgált esetekben a következők szerint érvényesül.

a) Tételezzük fel, hogy a kapacitív aszimmetria azonos nagyságú és irányú teljes hosszön (jelölése „ $\Delta C =$ ”). Erre az esetre vonatkozó eredményeket összegezi a 3. táblázat 2. oszlopa. A 3. táblázat 1. oszlopában feltüntettük az ér-köpeny feszültség eloszlásának jellegzetes eseteit.

Az előbbieken említett mechanizmus szerint a 2. oszlop és 2. sor szerinti esetben adódik a legnagyobb konverzióviszony, mivel a ΔC azonos előjele, valamint az ér-köpeny feszültség közel azonos iránya miatt az aszimmetria hatása a teljes hosszön összegeződő jellegű.

Egyenletesen beindukált eme, vagy a vonal közepén beiktatott hosszanti feszültség esetén is viszonylag nagy marad a keresztirányú feszültség akkor, ha a hosszanti kör aszimmetrikusan van lezárva ($10^{10}/150$ -es lezárás). Viszont a hosszanti kör szimmetrikus lezárásakor ($150/150$ vagy $10^{10}/10^{10}$ esetek), amikor a vonal két felén az ér-köpeny feszültség ellenkező irányú, a konverzióviszony lényegesen csökken.

b) Ha a kapacitív aszimmetria kiegyenlített (3.

táblázat 3. oszlopa) akkor a konverzióviszony lényegesen kisebb és az ér-köpeny feszültség eloszlásának szerepe is lényegesen kisebb.

c) A járulékos aszimmetria (lásd 3. táblázat 4. oszlopát) konverzióviszonyt növelő hatása annál nagyobb, minél nagyobb a kérdéses helyen az ér-köpeny feszültség.

5. Következtetések

5.1. A keresztirányú feszültség számításának szempontjai

Az olyan számítási módszer, amely lehetővé teszi a vizsgálandó megoszló paraméterű vonal számítását, akkor ha annak paraméterei, valamint az eme a hossz mentén tetszés szerint változik, lehetővé teszi a zavaró feszültség pontos számítását. A pontos számítás további feltétele az, hogy ismerjük a szükséges paraméterek pontos értékét. A kereszt-hossz konverzió számításához különösen fontos a kapacitív aszimmetria értékének és eloszlásának ismerete. A gyakorlatban ennek pontos értéke a legkritikább esetben áll rendelkezésre. Ezzel szemben a kábel gyári adatai, valamint szerelése (sorolás, kiegyenlítés, lezárás stb.) alapján jellegre ismerjük a kábel aszimmetriáját. A befolyásolási számításból* kiolvasható az indukált eme értéke és eloszlásának jellege.

A pontos számítási módszer szerepe az, hogy lehetővé teszi a gyakorlatban várható esetekre vonatkozó számítássorozatok végzését. Ilyen módon meghatározható egy, a tipikus esetekre vonatkozó mintasorozat, amelyből a ΔC és eme eloszlás ismerete alapján az adott esethez legközelebb álló minta kiválasztható. A pontos számítás további szerepe abban áll, hogy lehetővé teszi az aszimmetria jellemzők hatásának vizsgálatát és ezzel az egyes beavatkozások hatásának megítélését.

5.2. Az aszimmetria mérésének szempontjai

A vonal aszimmetriájának mérésére az irodalomban különböző kapcsolások találhatók [6], [7]. Ezek a feszültség beiktatásának és a hosszanti kör lezárásának módjában különböznek. Ennek következtében más-más ér-köpeny feszültségeloszlás alakul ki. A pontos számítási módszer lehetővé teszi az egyes mérési módszerek szimulációját és a különböző módszerek összehasonlítását. Az előzőekben ismertetett számítássorozatból megállapítható, hogy egyetlen méréssel nem határozható meg olyan aszimmetria jellemző, amely a konverzióviszonyt egyértelműen jellemzi. Viszont a különböző ér-köpeny feszültségeloszlást eredményező mérési változatok alapján megállapítható az aszimmetria mértéke és eloszlásának jellege. Ilyen változatok: a hosszanti kör egyik, majd másik vég felől való táplálása, valamint a nem táplált végen a hosszanti kör nyitott, majd kis ellenálláson (általában 150 ohmon) zárt helyzete. Célszerű

* A „befolyásolási számítás” az MSZ 13 200 szabványban használt terminológia.

3. táblázat.

Kereszt-hossz konverzió viszony (20 log $\frac{U_{kereszt}}{E_{hossz}}$)

	1	2	3	4
	<p>Ér - köpeny feszültség eloszlása különböző eme. illetve lezárás feltételei mellett</p> <p>eme lezárás</p>	<p>A ΔC kapacitív aszimmetria eloszlása azonos nagyságú és irányú ΔC =</p>	<p>tökéletesen kiegyenlített ΔC + (+/-) +</p>	<p>helyi járulékos aszimmetria ΔC (++) (+/-) +</p>
1				
2	<p>aszimmetrikus 10/150</p> <p>S végén</p>	<p>-50 dB (-53 dB)</p>	<p>-100 dB (-103 dB)</p>	<p>-77 dB (-83 dB)</p>
3	<p>egyenletes 10/150</p>	<p>-57 dB</p>	<p>-95 dB</p>	<p>-78 dB</p>
4	<p>szimmetrikus 150/150 (+)</p> <p>(-) középen</p>	<p>-72 dB</p>	<p>-98 dB</p>	<p>-83 dB</p>

H 37 - T 2

olyan módon is mérni, hogy a hosszanti kör a vonal közepén legyen táplálva. Ennek megvalósítása sok esetben meglehetősen körülményes, de az irodalomból [8] ismert. Annak érdekében, hogy az aszimmetria mérések a számítógépi szimuláció eredményeivel megfelelően összehetők legyenek, a mért szakasz mindkét végén mérni kell a keresztirányú feszültséget, valamint a középpont és a köpeny közötti feszültségeket is. A különböző frekvenciákon és lezárásokkal végzett mérések lehetővé teszik annak a megítélését is, hogy az aszimmetria a kapacitív aszimmetriából, illetve a hosszanti aszimmetriából adódik-e.

5.3. A zavarásszámítás és aszimmetriamérés alkalmazásának szempontjai

Valamely kábelvonal áramköreiben keletkező zavarás meghatározásában mind a zavarásszámítási eljárásnak, mind pedig az aszimmetria mérésének szerepe van. A kettő egymáshoz való viszonya a feladat jellegétől függ.

Olyan új kábelvonal tervezésekor, amely zúgás-zavar hatásnak lesz kitéve, az indukált zavaró feszültség meghatározása számítással történik. Ennek alapja a befolyásolás viszonyaira vonatkozó adatok (indukáló áram, kölcsönös impedancia, védőtényezők), valamint az aszimmetria nagyságára (kábel jellemző) és jellegére (a kábelvonal szereléséből pl. kiegyenlítéséből) vonatkozó információk. Ilyen esetben az aszimmetriamérés szerepe annak ellenőrzése, hogy a megépített vonal megfelel-e a tervezésnél feltételezett szimmetriafeltételeknek.

Ha egy meglévő kábelvonal mentén utólag alakul ki induktív zavarás — pl. vasútvillamosítás hatásként — akkor a kábelaszimmetriának mértékét és jellegét mérésrel kell felderíteni, és ebből kiindulva számítással lehet meghatározni a várható zavarás mértékét.

I R O D A L O M

- [1] CCITT Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines. UIT, 1963 (New-Delhi, 1960).
- [2] MSZ 13 200 — Távközlési összeköttetések védelme nagyfeszültségű hálózat káros hatásai ellen.
- [3] CCITT COM-V-No. 78. (Hungarian Administration) Calculation of electromagnetic induction on telecommunication cables by numerical calculation method. (CCITT Period, 1977—1980.)
- [4] *Varjú, György*: Berechnungsmethode der durch induktive Beeinflussung in Fernmeldekabeln hervorgerufenen Geräuschspannung. Fernmelde-technik 20/1980. H. 5. 175—177.
- [5] CCITT COM-V-No 38. (Hungarian Administration). Study of relation between unbalance and induced transverse voltages. (CCITT Period 1981—1984.)
- [6] CCITT — Recommendation K. 10; Unbalance of telecommunication installations. Yellow Book. Volume IX. Protection. Geneva, 1981.
- [7] IEEE Standard Test Procedure for Measuring Longitudinal Balance of Telephone Equipment Operating in the Voice Band. American National Standard ANSI/IEEE Std. 455—1976.
- [8] *Erwin Widl*: Geräuschmessungen an Fernmeldekabeln mit künstlicher Nachbildung der Störbeeinflussung durch Stromrichterlokomotiven. Frequenz, Band 21. Nr. 8 (August 1967). p. 235—242.