

# HÍRADÁSTECHNIKA

## Gondolatok a csillapításról és a hullámparaméterekről

G Á L M I H Á L Y  
Postavezérigazgatóság

### 1. Bevezetés

A vezetékes átviteltechnikában a csillapítás több évtizede általánosan használt fogalom. Bizonyos esetekben előnyösen alkalmazható akár elosztott, akár koncentrált paraméterű hálózatok jellemzésére, elsősorban akkor, ha a teljesítmények csökkenésének mértékét kell kifejezni.

Annak ellenére, hogy a csillapítás nem új átviteltechnikai fogalom, egyes esetekben mégis mutatkoznak bizonyos értelmezési problémák, főleg az alábbiakkal kapcsolatban:

- Hogyan kell értelmezni a különböző csillapításfajtákra vonatkozó — idegen szakmai irodalomban használt — idegen nyelvű elnevezéseket?
- Üzemi lezárások között, elsősorban komplex impedanciák esetén, milyen összefüggés van a csillapítás mérőszáma és a teljesítményviszonyok között?

E problémák egy része viszonylag új keletű, mivel a komplex impedanciákkal lezárt négy-pólusok átvitelének vizsgálata a komplex normalizálás és más módszerek segítségével nem túl régen ismeretes.

E cikk célja az, hogy rámutasson ezekre az értelmezési problémákra, és kísérletet tegyen bizonyos újabb magyar elnevezések meghonosítására.

### 2. A csillapítás általános definíciója

A Nemzetközi Távközlési Egyesület (továbbiakban: UIT) definíciója értelmében ([1] 04.13) az átviteli csillapítás általános kifejezéssel élve azt mutatja, hogy az átvitelben egy ponttól egy másikig a jel teljesítményének csökkenése mekkora. Az átviteli csillapítást általában átviteli egységekben fejezik ki.

Az átviteli egységek két azonos dimenziójú mennyiség logaritmikusan viszonyai. Attól függően, hogy természetes alapú vagy tízes alapú logaritmust használunk, az átviteli egységet néperben vagy decibelben kifejezett egységben kapjuk. E cikkben az átviteli egységek a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően — kevés kivételtől eltekintve — decibelben szerepelnek.

Különböző szakirodalmi forrásokban található egy másfajta általános definíció is, amely szerint a csillapítás az ún. átviteli mérték valós része. Másképpen:

az átviteli mérték a valós csillapításból és a képzetes forgatásból tevődik össze, azaz:

$$g = a + jb,$$

ahol  $g$  az átviteli mérték,  $a$  a csillapítás,  $b$  a fázisforgatás.

Ismert továbbá, hogy az átviteli mérték:

$$g = \ln \Gamma, \text{ ahol } \Gamma \text{ az átviteli tényező.}$$

A fenti két összefüggés alapján:

$$\Gamma = \exp(g) = \exp(a + jb).$$

Ebből:

$$|\Gamma| = \exp(a).$$

Így a csillapítás az átviteli tényező abszolút értékével kifejezve:

$$a = \ln |\Gamma| \text{ (néper), illetve } a = 20 \lg |\Gamma| \text{ (decibel).} \quad (1)$$

### 3. Az üzemi és hullámcsillapítás

Az átviteli csillapítás általános definícióit közvetlenül csak ritkán használjuk. Ahhoz ugyanis, hogy a csillapítás nagyságát számszerűsíteni (számítani vagy mérni) tudjuk, ismernünk kell a teljesítményviszonyokkal definiált legfontosabb csillapításfajtákat. A félreértések elkerülése érdekében le kell szögezni, hogy nem többféle csillapításról, hanem csak többféle módon mérhető (vagy számítható) csillapításértékről van szó, ezek tehát nem a csillapításfogalom, hanem a csillapítás-mérőszám definíciók egyes változatai. Mivel ezek egymásba átszámíthatók, nem függetlenek egymástól, és bevezetésük okának számítási és mérés-technikai okok látszanak.

Az egyes csillapításfajtákat a következőkben egy lényeges irodalmi forrás — az UIT által kiadott LIST OF DEFINITIONS OF ESSENTIAL TELECOMMUNICATION TERMS c. könyv — alapján tekintjük át ([1]).

A négy-pólusok csillapítása általában nemcsak magától a négy-pólustól függ, hanem annak lezárásaitól is. Ha a négy-pólus lezárásai nem egyeznek meg hullámimpedanciáival, akkor üzemi csillapításról szokás beszélni. Látni fogjuk, hogy az üzemi csillapítást az UIT kétféle módon is definiálja, ezért az üzemi csillapítás függését a különféle paraméterektől az alábbiak szerint szemléltetjük:

$$a_x = f(g_0; Z_0; Z_1; Z_2), \quad (2)$$

ahol  $a_x$  a valamilyen módon definiált üzemi csillapítás

Beérkezett: 1981. VII. 20.

tás,  $g_0$  a hullámátviteli mérték,  $Z_0$  a négy-pólus hullámimpedanciája (nem szimmetrikus négy-pólusoknál  $Z_0$  helyett  $Z_{10}$ -t és  $Z_{20}$ -t kell szerepeltetni),  $Z_1$ ,  $Z_2$  pedig a lezáró impedancia. Nonreciprok négy-pólus esetén a másik irányú hullámátviteli mértékkel is számolni kell. Az üzemi csillapítás tehát nemcsak a négy-pólustól függ. Ezzel szemben csak a négy-pólustól függ a hullámcsillapítás, amely:

$$a_0 = \operatorname{Re}(g_0),$$

azaz a hullámátviteli mérték valós része.

### 3.1 A hullámcsillapítás

Az UIT 05.08 definíciója szerint a hullámátviteli mérték (ang.: image transfer coefficient, fr.: exposant de transfert sur images) passzív lineáris négy-pólusokra:

$$g_0 = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \right) \quad (3a)$$

vagy

$$g_0 = 10 \log \left( \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \right), \quad (3b)$$

ahol  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  a feszültséget és áramot reprezentáló komplex mennyiség a bemeneten, ill. a kimeneten, ha a négy-pólus hullámimpedanciáival van lezárva. A feszültségek és áramok iránya az 1. ábra jelöléseinek felel meg.

Jóllehet a (3b) összefüggést kellene előnyben részesíteni a tizes alapú logaritmus használata miatt, a hullámforgatás szempontjából azonban (3a) előnyösebb, mivel ez  $b_0$  értékét közvetlenül radiánban adja meg.

Észre kell venni, hogy a (3a)-ban és (3b)-ben szereplő hányados — bár VA dimenziójú mennyiségek hányadosa — mégsem teljesítményviszony. Mégis szokás az átviteli mértéket (elsősorban az üzemi átviteli mértéket) úgy definiálni, mint teljesítményviszony logaritmusát (az, hogy ez milyen teljesítmények viszonyának logaritmus, külön kérdés). Ez a definíció nem látszik jogosnak, de az üzemi csillapításnál nem mindig zavaró.

A (3) összefüggésből kiindulva, a hullámcsillapítás:

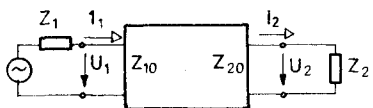
$$a_0 = \operatorname{Re}(g_0) = \operatorname{Re} \left( 10 \log \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \right) = 10 \log \left| \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \right|.$$

Mivel  $|U_1 I_1| = |U_1 I_1^*|$  (ahol  $I_1^*$  az  $I_1$  áram konjugált komplexe), felírható, hogy:

$$|U_1 I_1| = |U_1 I_1^*| = |S_1|,$$

azaz a négy-pólus által felvett látszólagos teljesítmény, hasonlóképp:

$$|U_2 I_2| = |S_2|$$



1. ábra

azaz a négy-pólus által leadott látszólagos teljesítmény, így felírható, hogy a hullámcsillapítás:

$$a_0 = 10 \lg \left| \frac{S_1}{S_2} \right|. \quad (4)$$

A hullámcsillapítást tehát a látszólagos teljesítmények viszonya, azaz a komplex teljesítmények abszolút értékének viszonya határozza meg.

(1) és (4) összevetésével definiálható az ún. hullámátviteli tényező abszolút értéke, amely:

$$|\Gamma_0| = \sqrt{\left| \frac{S_1}{S_2} \right|} = \left| \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} \right|. \quad (5)$$

Itt kell rámutatni arra, hogy hiba az (5) összefüggésből azt a következtetést levonni, miszerint a hullámátviteli tényező komplex értéke egyszerűen az abszolút érték elhagyásával kapható, és ezzel:

$$\Gamma_0 = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}}. \quad (6)$$

(3) alapján ugyanis a hullámátviteli tényező:

$$\Gamma_0 = \sqrt{\frac{U_1 I_1}{U_2 I_2}}, \quad (7)$$

márpedig általában:

$$\frac{S_1}{S_2} \neq \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2}$$

kivétel az az eset, ha  $S_1$  és  $S_2$  valós, ill. a hullámimpedanciák valósak.

A fentiek ellenére igen gyakori a (6) szerinti téves definíció alkalmazása, és annak analóg kiterjesztése az üzemi átviteli tényezőre. Ez önkényes, azonban igazán csak akkor vezet helytelen következtetésekre, ha az üzemi átviteli tényező speciális eseteként ( $Z_1 = Z_{10}$ ,  $Z_2 = Z_{20}$ ) vizsgáljuk a hullámátviteli tényezőt.

Figyelembe véve azt is, hogy az üzemi átviteli tényező komplex értékére nemzetközi definíció nincs is, e cikk szerzőjének az a véleménye, hogy a nem hullámimpedanciáival lezárt négy-pólusnál alig van értelme az üzemi átviteli tényező és az üzemi átviteli mérték definiálásának.

Térjünk vissza a hullámcsillapítás (4) szerinti összefüggésére! Speciális esetben, ha a négy-pólus hullámimpedanciái valósak, akkor a látszólagos teljesítmények abszolút értékei azonosak a felvett hatásos teljesítményekkel, és felírhatjuk, hogy a hullámcsillapítás:

$$a_0 = 10 \lg \frac{P_1}{P_2},$$

ahol  $P_1$  a négy-pólus által felvett,  $P_2$  a leadott hatásos teljesítmény. Ez azonban valóban csak valós hullámimpedanciák esetén jogos.

A hullámcsillapítás mérése frekvenciafüggő hullámimpedanciájú négy-pólusok esetén igen nehézkes, hiszen a hullámimpedanciákat utánzó lezárásokat frekvenciáról frekvenciára változtatni kell. Egy másik módszer szerint a hullámcsillapítás-mérés

impedancia-mérésre is visszavezethető, mivel a négy-póluselméletből ismert, hogy reciproknak négy-pólus esetén a hullámcillapítás:

$$a_0 = \operatorname{Re} \left( \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_r}{Z_u}} \right),$$

ahol  $Z_r$  a szekunder kapesain rövidre zárt,  $Z_u$  a szekunder kapesain üresen hagyott négy-pólus primer oldali bemenőimpedanciája. E módszerrel azonban a hullámcillapítás csak viszonylag kis csillapítású (kb. 13 dB-ig terjedő értékű) négy-pólusok esetén állapítható meg.

A nem hullámimpedanciáival lezárt négy-pólusoknál üzemi csillapításról szokás beszélni. Itt érdemes megemlíteni, hogy eredeti angol nyelvű publikációkban egyértelműen üzemi csillapításnak fordítható kifejezést nem találni. Az üzemi csillapítás elnevezés feltehetően a német „Betriebsdämpfung” szó szerinti fordításából származik.

Kétségtelen, hogy az üzemi csillapítás értéke nemcsak a négy-pólus paramétereitől függ, viszont mérése általában egyszerűbb, és értéke a jel teljesítményének csökkenésével szorosabb kapcsolatban van egy adott elrendezést figyelembe véve.

Az UIT meghatározásaira alapozva a 3.2 és 3.3 pontban az üzemi csillapítás két definíciója szerepel. E cikk egyúttal kísérletet tesz ezek magyar elnevezésének meghonosítására is, mivel megkülönböztető magyar kifejezésük még nincs.

### 3.2 Összetett csillapítás

(ang.: Composite loss, fr.: Affaiblissement composite)

Az UIT 05.20 meghatározása alapján:

Egy  $Z_1$  impedanciájú generátor és egy  $Z_2$  impedanciájú terhelés közé beiktatott négy-pólus összetett csillapítása:

$$a_0 = 10 \lg \frac{|S_1|}{|S_2|} \text{ (dB)},$$

ahol  $|S_1|$  az a látszólagos teljesítmény, amit a  $Z_1$  impedanciájú generátor képes szállítani egy  $Z_1$  impedanciájú fogyasztónak,  $|S_2|$  pedig az a látszólagos teljesítmény, amit a  $Z_1$  impedanciájú generátor képes szállítani egy  $Z_1$  impedanciájú fogyasztónak,  $|S_2|$  pedig az a látszólagos teljesítmény, amit a generátor a négy-póluson keresztül a  $Z_2$  impedanciájú terhelésnek szállít. (Az UIT szerint ez a definíció nem használatos az Egyesült Királyságban és az Egyesült Államokban.)

A négy-pólus lezárásai között, valamint a viszonyítási elrendezést a 2. ábra mutatja.

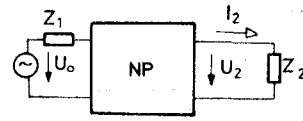
Az ábra alapján:

$$|S_1| = |U_1 I_1^*| = |U_1 I_1|.$$

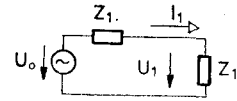
$$\text{Mivel } U_1 = \frac{U_0}{2}, I_1 = \frac{U_0}{2Z_1}, \text{ ezért } |S_1| = \frac{U_0^2}{4Z_1}.$$

Ugyancsak az ábra alapján:

$$|S_2| = |U_2 I_2| = \frac{U_2^2}{Z_2}.$$



a/ Négy-pólus a lezárásokkal



b/ Viszonyítási elrendezés

H806-2

2. ábra

A fentiek alapján az összetett csillapítás:

$$a_0 = 20 \lg \left( \frac{|U_0|}{2|U_2|} \sqrt{\frac{|Z_2|}{|Z_1|}} \right) \text{ (dB)}. \quad (8)$$

A szakmai irodalomban több helyen (pl. [3] 30. old., [4] 61. old. stb.) éppen a fenti összefüggés és kizárólag ezen összefüggés alapján határozzák meg az üzemi csillapítást. Az üzemi csillapítások e fajtája hullámcillapításba megy át, ha a lezárások a hullámimpedanciákkal azonosak.

### 3.3 Átalakítási csillapítás

(ang.: Transducer loss, fr.: Affaiblissement transductique)

Az UIT 05.21 meghatározása alapján:

Egy  $Z_1$  impedanciájú generátor és egy  $Z_2$  impedanciájú terhelés közé beiktatott négy-pólus átalakítási csillapítása:

$$a_4 = 10 \lg \frac{P_0}{P_2} \text{ (dB)},$$

ahol  $P_0$  az a maximális hatásos teljesítmény, amit a  $Z_1$  impedanciájú generátor a  $Z_2$  impedanciájú terhelésnek egy ún. ideális átalakítón keresztül leadni képes,  $P_2$  pedig az a hatásos teljesítmény, amit a generátor a négy-póluson keresztül a  $Z_2$  impedanciájú terhelésnek lead.

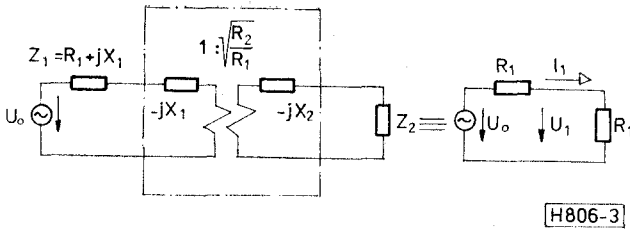
A definíciónak része az ideális átalakító meghatározása is, és ez valóban nagyon fontos. Eszerint az ideális átalakító a reaktanciákat mindkét irányban érvényteleníti, és tartalmaz még egy optimális áttételű ideális transzformátort is.

A fentiek alapján a viszonyítási elrendezést az ideális átalakítóval és annak ekvivalensét a 3. ábra mutatja.

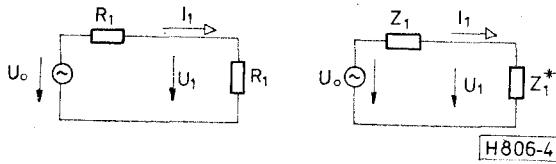
Fel kell ismernünk, hogy a viszonyítási elrendezést 3. ábra szerinti ekvivalense a 4. ábra szerint is ekvivalens, tehát  $P_0$  lényegében a generátorból kivethető maximális hatásos teljesítmény.

Az ábra alapján:

$$P_0 = \operatorname{Re}(U_1 I_1^*) = \frac{|U_0|^2}{4R_1}.$$



3. ábra



4. ábra

A 2. ábra alapján:

$$P_2 = \operatorname{Re}(U_2 I_2^*) = \dots = \frac{|U_2^2| R_2}{|Z_2^2|}$$

Így az átalakítási csillapítás:

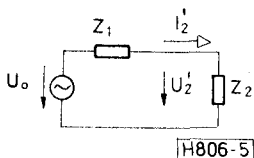
$$a_4 = 20 \lg \left| \frac{U_0}{2U_2} \frac{Z_2}{\sqrt{R_1 R_2}} \right| \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

(9) alapján belátható, hogy komplex hullámimpedanciáknál az átalakítási csillapítás hullámimpedanciákkal való lezárás esetén nem megy át hullámcsillapításba, ha a hullámcsillapítást a hullámátviteli mérték valós részeként értelmezzük, márpedig a hullámátviteli mérték definíciójának mindenkor a (3) összefüggést kell tekinteni.

Az eddigiekből látható, hogy az összetett és átalakítási csillapítás komplex impedanciák esetére is értelmezett. Abban az esetben viszont, ha a lezáró impedanciák reaktanciamentesek, akkor az összetett és az átalakítási csillapítást meghatározó összefüggések azonossá válnak és az alábbi alakot veszik fel:

$$a_6 = a_4 = 20 \lg \left( \left| \frac{U_0}{2U_2} \right| \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \right) \quad (10)$$

Meg kell említeni, hogy egyes szakirodalmi források éppen a (10) kifejezést tekintik a csillapítás definíciójának. Nem szabad elfelejteni azonban, hogy komplex lezárások közé beiktatott négy-pólusnál a (10) kifejezésnek egyszerűen nincs értelme, azaz



5. ábra

ebben a formában a csillapításdefiníció teljesen önkényes, mivel ez esetben (10)-nek semmi konkrét kapcsolata nincs a teljesítményviszonyokkal.

#### 4. Néhány egyéb csillapításfajta

A lezárások között elhelyezkedő négy-pólus teljesítményviszonyaira üzemi körülmények között egyéb csillapításfajták is jellemzőek. Ezeket azonban talán tradicionális okok miatt nem soroljuk az üzemi csillapítások közé. Ezek egyike a beiktatási csillapítás. Jól ismert csillapításfajta, e cikk csupán azért tér ki rá, hogy most már konzekvensen bemutassa a teljesítményviszonyokkal való kapcsolatát, és a (8), (9) összefüggésekhez hasonló értelmezését tetszőleges komplex impedanciák esetén.

A másik csillapításfajta, ami említésre kerül, és éppencsak említésre, a hatékony csillapítás. Említésének oka a magyar nyelvű szakmai irodalomban való ismeretlen volta. Magyar elnevezését e formában először e cikk szerzője alkalmazta, mert úgy találta, hogy a csillapítás lényegét talán az elnevezés német nyelvű eredetije fejezi ki a legjobban.

##### 4.1. Beiktatási csillapítás

(ang.: Insertion loss, fr.: Affaiblissement d'insertion)

Az UIT 05,22 meghatározása alapján:

Egy  $Z_1$  impedanciájú generátor és egy  $Z_2$  impedanciájú terhelés közé beiktatott négy-pólus beiktatási csillapítása:

$$a_b = 10 \lg \frac{|S_2'|}{|S_2|} \quad (\text{dB}),$$

ahol  $|S_2'|$  az a látszólagos teljesítmény, amit a  $Z_1$  impedanciájú generátor szállítana a  $Z_2$  impedanciájú terhelésnek a négy-pólus beiktatása előtt,  $|S_2|$  pedig az a látszólagos teljesítmény, amit a generátor a négy-póluson keresztül a  $Z_2$  impedanciájú terhelésnek szállít.

A referenciaelrendezést az 5. ábra mutatja.

Az 5. ábra valamint a 2. ábra alapján levezethető, hogy a beiktatási csillapítás:

$$a_b = 20 \log \left| \frac{U_0}{2U_2} \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| \quad (\text{dB}) \quad (11)$$

##### 4.2 Hatékony csillapítás

(ang.: Overall loss, am.: Net loss, fr.: Équivalent d'un circuit, ném.: Wirksame Dämpfung)

A CCITT Narancs könyveiben szereplő újabb magyar kifejezés e csillapításfajta a tiszta csillapítás.

Ez a csillapításfajta a lineáris hálózatok elmélete szempontjából nem érdekes. Jelentősége a vezetékcsatlakozásban van, és az átviteli szintekkel összefüggésben megérdemelne egy külön publikációt (jelenleg megemlíthető forrás [1] mellett még [2]). A szerző

## 1. táblázat

Elnevezés	Kifejezés	Viszonyítási elrendezés
Összetett csillapítás	$a_0 = \begin{cases} 10 \lg \frac{ S_1 }{ S_2 } \\ 20 \lg \frac{U_0}{2U_2} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \end{cases}$	
Átalakítási csillapítás	$a_a = \begin{cases} 10 \lg \frac{P_0}{P_2} \\ 20 \lg \frac{U_0}{2U_2} \frac{Z_2}{\sqrt{R_1 R_2}} \end{cases}$	
Beiktatási csillapítás	$a_b = \begin{cases} 10 \lg \frac{ S_2 }{ S_1 } \\ 20 \lg \frac{U_0}{2U_2} \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \end{cases}$	

H806-1T

e cikk keretében ezzel a csillapításfajttal nem kíván részletesebben foglalkozni, bár a hatékony csillapítás alkalmazásának gyakorlati jelentősége nem elhanyagolható.

## 5. A csillapításfajták összehasonlítása

A 3.2, 3.3 és 4.1 pontban felsorolt csillapításokat az 1. táblázat foglalja össze és teszi egyszerűen összehasonlíthatóvá.

## 6. Csillapítás mint a négy-pólus-paraméterek függvénye

A 2. pontban felidéztek az alábbi, általánosan használt összefüggést, miszerint:

$$a = 20 \lg |\Gamma|.$$

A lineáris hálózatok elméletében az átviteli tényezőt gyakran a négy-pólus-paraméterekkel fejezik ki. Például impedancia-paraméterek és valós lezárások esetén:

$$\Gamma = \frac{(Z_{11} + R_1)(Z_{22} + R_2) - Z_{12}Z_{21}}{2Z_{21}\sqrt{R_1R_2}}. \quad (12)$$

[5] választ ad arra a kérdésre, hogy ez a  $\Gamma$  miként van értelmezve a feszültségekkel és a lezáró ellenállásokkal. [5] szerint ugyanis (3.3.3 fejezet) a (12)-ben szereplő  $\Gamma$ :

$$\Gamma = \frac{U_0}{2U_2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}.$$

(10) alapján világos, hogy az így értelmezett (12)-ből kiszámítható csillapítást akár összetett, akár átalakítási csillapításnak vagy egyszerűen üzemi csillapításnak is nevezhetjük. Fel kell azonban figyel-

nünk arra, hogy [5] alapján  $\Gamma$  kifejezését egyszerűen  $|\Gamma|$ -hó az abszolút érték jelének elhagyásával kaptuk, ami egy lehetséges, de teljesen önkényes értelmezése  $\Gamma$ -nak. Megismétlődik ezért a kérdés, hogy  $\Gamma$  speciális esetének tekinthető-e  $\Gamma_0$ . Erre a válasz csak az lehet, hogy

$$\Gamma \rightarrow \Gamma_0, \text{ ha } R_1 \rightarrow R_{10} \text{ és } R_2 \rightarrow R_{20}.$$

Ki kell hangsúlyozni tehát azt, hogy (12) szerint  $\Gamma$ -ból  $\Gamma_0$ -t meghatározni csakis valós hullámimpedanciájú négy-pólusok esetén lehet, minden más esetben  $\Gamma$  (12) szerinti képlete önkényes, és nem konzekvens az UIT hullámátviteli mértékre vonatkozó definíciójával, tehát  $\Gamma$ -ból  $\Gamma_0$ -at meghatározni, vagy fordítva, nem lehet.

A következő kérdés, amit érdemes megvizsgálni, hogy  $\Gamma$  (12) szerinti kifejezése milyen csillapítást definiál akkor, ha a szokásoknak megfelelően (12)-ben  $R_1$ -et  $Z_1$ -re,  $R_2$ -t  $Z_2$ -re cseréljük. A válasz (10) és (8) kifejezések összevetésével az, hogy az így kapott  $\Gamma$ -ból az összetett csillapítást kaphatjuk meg, ezért helyénvaló az önkényesen definiált üzemi átviteli tényezőt komplex lezáró impedanciák esetén összetett átviteli tényezőnek nevezni, ami így:

$$\Gamma_{\text{ö}} = \frac{(Z_{11} + Z_1)(Z_{22} + Z_2) - Z_{12}Z_{21}}{2Z_{21}\sqrt{Z_1Z_2}}.$$

Ismét megjegyzendő, hogy  $\Gamma_{\text{ö}}$  nem megy át  $\Gamma_0$ -ba  $Z_1 = Z_{10}$  és  $Z_2 = Z_{20}$  helyettesítéssel, ellenben  $|\Gamma_{\text{ö}}| = |\Gamma_0|$ -ba megy át. A definíció pedig azt jelenti, hogy

$$\Gamma_{\text{ö}} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}}. \quad (13)$$

Ez a hullámátviteli mérték és hullámátviteli tényező definíciójával nem konzekvens és önkényes, de elterjedten használt definíció, tehát fizikai értelme is van, hiszen a komplex teljesítmények viszonyának gyökével azonos. Ha azonban  $\Gamma_{\text{ö}}$ -t az átalakítási csillapítással szoros kapcsolatban levő  $|\Gamma_{\text{á}}|$ -ból hasonlóképp, azaz az abszolút érték jelének elhagyásával kívánnánk definiálni, ennek aligha volna fizikai értelme, hiszen a 3.3 pont alapján:

$$|\Gamma_{\text{á}}| = \sqrt{\frac{P_0}{P_2}}$$

valós érték.

Igaz viszont, hogy (9) alapján felírhatnánk, hogy:

$$\Gamma_{\text{á}} = \frac{U_0}{2U_2} \frac{Z_2}{\sqrt{R_1R_2}},$$

ennek azonban aligha lenne értelme.

## 7. Néhány következtetés

Az eddigiek, de különösen (13) alapján e cikk szerzője úgy véli, hogy az üzemi átviteli tényezőre vagy üzemi átviteli mértékre vonatkozó meghatározásokat a magyar nyelvű szakmai irodalomban, de elsősorban a kézikönyvekben, a következő kiadások megjelenése előtt felül kellene vizsgálni, hogy azok valóban konzekvensenek és pontosak legyenek.

A lineáris hálózatok elméletével foglalkozó magyar szakkönyvekben, egyetemi jegyzetekben kissé zavarónak tűnik az, hogy az üzemi csillapítás kétféle lehetséges és használt értelmezése talán nem eléggé tűnik ki. Kétségtelen, hogy mindennek nem volt semmi fontossága mindaddig, amíg komplex lezáró impedanciákkal nem foglalkoztunk, de ma már a komplex normalizálás, egyéb más — komplex lezárások esetén használható — számítási módszer és ezek alkalmazása (pl. a szélessávú illesztés) igénylik a pontosításokat. Rá kell mutatni, hogy a négypólus-elmélet és alkalmazásai általánosságban a csillapítást látszólagos teljesítmények viszonyára alapozza, más helyeken azonban, ahol ez indokolt (pl. a reflexiós mátrix elemeinek és a hullámparamétereknek a kapcsolatában), a csillapítást valós teljesítmények viszonyára alapozva használjuk.

Azok a valóságos és látszólagos anomáliák, amelyek a csillapítások és hullámparaméterek definíciói körül ma a magyar nyelven megjelenő könyvekben fellelhetők, nem teljesen új keletűek és nem is egye-

dülállóak. A forrásmunkák között feltüntetett könyveken kívül számos újabban és régebben megjelent könyvben és cikkben találkozhatunk velük. Ha e cikk szerzőjének véleménye vitatható is, akkor is tény, hogy a szakmai irodalomban bizonyos csillapítás- és egyéb fogalmak használata nem egységes, itt-ott egymásnak ellentmondó.

## I R O D A L O M

- [1] List of definition of essential telecommunication terms. UIT Genf, 2nd impression — 1961.
- [2] Gál M.: Relatív szint és hatékony csillapítás jelentése és alkalmazása a vezetékes távközlésben. *Posta*, 30. évf. 10–11. sz.
- [3] Lehrbuch der Fernmeldetechnik. Fachverlag Schiele & Schön GmbH. Berlin, 1970.
- [4] Dr. Izsák M. főszerk.: Távközléstechnikai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
- [5] Dr. Géher K.: Lineáris hálózatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979. (Negyedik, javított kiadás.)
- [6] Hennyey Z.: Lineáris áramkörök elmélete. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1958.