

Csillapítók frekvenciahatárának kiterjesztése

NYERGES ERNŐ—POLGÁR ENDRE
ORION Rádió és Villamossági Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk kereskedelmi típusú kapcsolókkal megvalósított kaszkád felépítésű nagyfrekvenciás csillapítókkal foglalkozik. Tárgyalja a veszteséges induktivitással helyettesíthető kapcsolók alkalmazásának elméleti alapjait és a kivitelezés problémáit. Megadja a megvalósított csillapítók műszaki adatait.

NYERGES ERNŐ
1967-ben szerzett diplomát a **BME Villamosmérnöki Kar esti tagozatán**. Az **ORION Rádió és Villamossági Vállalat Műszerosztályán fejlesztőként a gyártmányok**

bevizsgálásához szükséges célműszerek készítésével foglalkozik. 1980-ban színes TV szakmérnöki diplomát szerzett. A **Kandó Kálmán Villamosipari Főiskolán** másodállásban oktató.

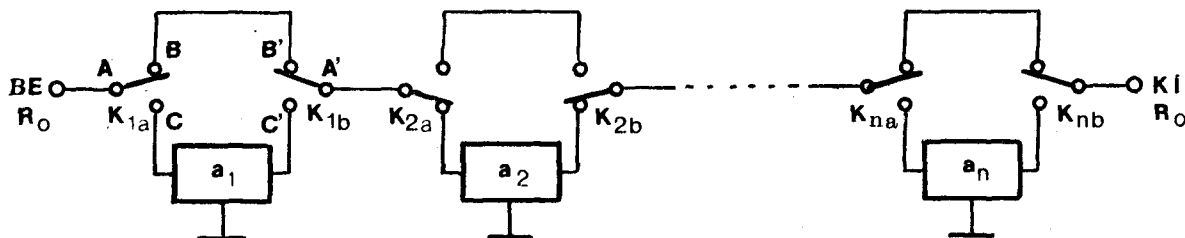
1. Bevezetés

A kaszkád felépítésű nagyfrekvenciás változtatható csillapítók (1. ábra) legnehezebben megvalósítható elemei a $K_1 \dots K_n$ kapcsolók. A csillapító szükséges nagyfrekvenciás paraméterei ugyanis csak úgy biztosíthatók, ha a kapcsolók a csillapítóval azonos hullám ellenállással és alacsony reflexiók tényezővel rendelkeznek. Ennek megvalósítása — mind mechanikus, mind elektromos működtetés esetén — nagyon bonyolult és munkaigényes. Ez hűen tükröződik a csillapítók árában is.

Megvizsgálva a kereskedelemben kapható egyébként más célra gyártott kapcsolók alkalmazhatóságát kaszkád felépítésű csillapítóknál, arra az eredményre jutottunk, hogy ez korlátozott frekvenciatartományban (1 GHz alatt) lehetséges [1], ha a kapcsoló bizonyos — a későbbiekben részletezett — követelményeknek eleget tesz. Egy ilyen tipizált kapcsoló felhasználásával megvalósítottunk két 6—6 tagból álló, 300 MHz-ig, illetve 600 MHz-ig alkalmazható és 0—39 dB között 1 dB-es lépésekben beállítható csillapítót.

2. A kapcsoló illesztése a csillapítóhoz

Egy kapcsoló nagyfrekvenciás helyettesítő képét mutatja a 2. ábra. Ebben L_k a kapcsoló csatlakozási pontjai között fellépő induktivitás, C_k az ugyanezen pontok között levő szórt kapacitás, R_k pedig az érintkezők közötti átmeneti ellenállás.



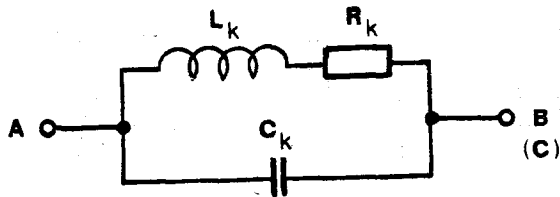
Amennyiben C_k az alkalmazott frekvenciasávban elhanyagolható és R_k hatását első közelítésben nem vesszük figyelembe, az L_k induktivitás két kapacitás felhasználásával a csillapítóéval megegyező hullámellenállású aluláteresztő szűrővé egészíthető ki. Így a csillapító egy tagjára a 3. ábrán látható elrendezést kapjuk. A 3.a. ábra a kiiktatott, a b. ábra a beiktatott csillapítótag esetét mutatja. Látható, hogy a csillapító egy tagjához két aluláteresztő szűrő tartozik, amelyek a csillapítótag kiiktatott és beiktatott állapotában egyaránt jelen vannak. Ezáltal a csillapító frekvencia-menete — ideális csillapítótag esetén — mindkét esetben azonos. Ennek feltétele azonban olyan szimmetrikus felépítésű kapcsoló alkalmazása, amelynek induktivitása a kapcsoló mindkét állásában megegyező.

3. Az aluláteresztő szűrő tervezési szempontjai

A csillapítósor egyes tagjait összekötő vezetékek, valamint a kiiktatott csillapítótagnál szükséges „átkötések” a 3. ábrán is láthatóan R_0 hullámellenállású vonalszakaszokkal vannak megvalósítva, ezért az egyes aluláteresztő szűrők nem vonhatók össze. Így n számú csillapítótag esetén 2n azonos aluláteresztő szűrő együttes hatását kell figyelembe venni. Ebből következik, hogy a csillapítótagok száma a csillapító tulajdonságait befolyásolni fogja.

H-218-1

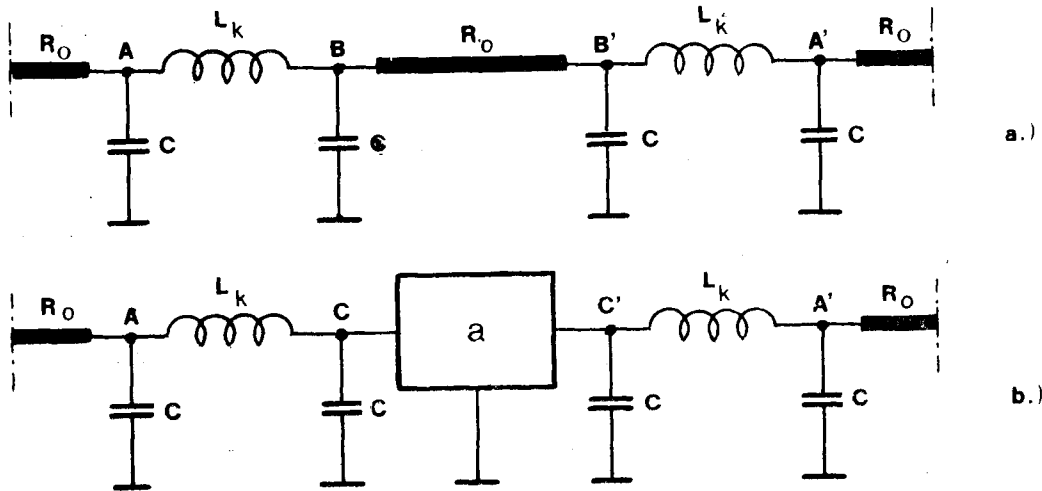
Beérkezett: 1986. VI. 5. (*)



H-216-2



1957-ben végzett a BME Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakon. Azóta az ORION Rádió-és Villamossági Vállalat Műszerosztályának dolgozója, jelenleg a Műszenfejlesztési csoport vezetője. Fő érdeklődési területe a nagyfrekvenciás mérés-technika.



H-216-3

A szűrősortnak az alábbi követelményeket kell kielégítenie:

alacsony bemeneti reflexió,
egyenletes frekvencia karakterisztika és
kis beiktatási csillapítás.

Az n tagból álló csillapító sor esetén egy aluláteresztő állóhullámaránya 0 dB csillapítóállásban, a legrosszabb esettel számolva

$$r = (r_{\max})^{1/2n} \quad (1)$$

lehet, ahol r_{\max} a teljes csillapító megengedett maximális állóhullámaránya. A meghatározásnál nem vettük figyelembe az egyes szűrőtagokat összekötő vonalszakaszok hatását, mivel azok elektromos hossza a gyakorlatban kisebb, mint $0,05\lambda$.

Amennyiben kikötjük, hogy bármelyik csillapítótag bekapcsolása esetén is r_{\max} a megengedett legnagyobb állóhullámarány, az egyes csillapítótagok max. állóhullámarányát jó közelítéssel szintén az egyes szűrőtagokra meghatározott értékekben határozhatjuk meg, mivel legrosszabb esetben az n -edik csillapítótag $2n-1$ szűrőtag lezárását adja.

A szűrőtag méretezésénél a kapcsoló adott L_k inuktivitásából és a fentiekben meghatározott r

állóhullámarányból kell kiindulnunk. Egy szűrőtag határfrekvenciája

$$\omega_n = \frac{R_0}{L_k} l, \quad (2)$$

ahol l a szűrő inuktivitásának relatív értéke. Az állóhullámarányra előírt követelményt vagy megfelelő reflexiójú Csebisev szűrő választásával, vagy egy Butterworth szűrőnek a megengedett reflexióig történő kihasználásával elégíthetjük ki. Bizonyítás nélkül közöljük, hogy a Csebisev szűrő határfrekvenciája 50%-kal magasabb, mint az azonos reflexióig használt Butterworth szűrő kihasználható frekvenciatartománya.

Hosszabb csillapító sor esetén a szűrő tervezésénél az átviteli karakterisztika ingadozását nem kell figyelembe venni, mert a megvalósítandó szűrő alacsony reflexiója miatt az elhanyagolhatóan kicsinyre adódik. A veszteséges elemekből megvalósított szűrők az átviteli sávban csillapítást okoznak, amely a csillapító beiktatási csillapításának felel meg. Egy szűrőtag veszteségi csillapítása (2-ből):

$$a_v = \frac{27,2875}{Q} \Omega T \quad [\text{dB}], \quad (3)$$

ahol Q a szűrő elemeinek jósági tényezője, Ω a relatív frekvencia és T a relatív futási idő.

Mint látható, a veszteségi csillapítás frekvenciafüggő és azért a csillapító beiktatási csillapítása is frekvenciafüggő lesz. Tekintetbe véve, hogy a felhasználható kapcsolók jósági tényezője nem túl magas, a veszteségi csillapítás hatása nem hanyagolható el.

4. Gyakorlati megvalósítás

Az előző pontban tárgyalt szempontok alapján a rendelkezésünkre álló Isostat rendszerű kapcsolóval általunk optimálisnak ítélt 6 tagból álló csillapítósort valósítottunk meg. Ebbe 1, 2, 3, 3, 10 és 20 dB-es csillapítókat beépítve 0—39 dB között 1 dB-os lépésekben változtatható csillapítót kapunk. A csillapító természetesen más csillapítótagokkal is felépíthető a műszaki paraméterek változása nélkül. (Pl. 0—100 dB 10 dB-es lépésekben).

A csillapítótagokat 0,125 W terhelhetőségű, indukciószegény és axiális huzalkivezetésű fémréteg ellenállásokból építettük fel. Értékeik a csillapítótagokhoz tartozó névleges csillapításnak megfelelőek és 1% tűrésűek. A tervezési szempontok között a max. 1,2 állóhullámarány mellett fontos feladat volt a jó reprodukálhatóság. A csillapítósor a csillapítótagokon és a kapcsolókon kívül más koncentrált elemet nem tartalmaz. A csillapító nyomtatott áramköri kivitelben készült, ahol az aluláteresztő C tagjait és az R_0 hullámellenállású vezetőket nyomtatással alakítottuk ki. A nyomtatott áramköri lap anyaga kétoldalasan fólirozott üvegszálalás epoxi, ill. üvegszálalás teflon lemez. A teflon lemez használatát az tette szükségessé, hogy magasabb frekvenciákon az epoxi lemezből készült csillapítósor beiktatási csillapítása a hordozó veszteségei miatt megnövekedett. Az átszórások megakadályozására az egyes csillapítótagokat és kapcsolókat elárnyékkoltuk egymástól. A nagyfrekvenciás csatlakozók BNC vagy SMA típusúak.

5. Eredmények

A kivitelezett csillapítók műszaki adatait az alábbiakban közöljük.

CZ-9 típusú változtatható csillapító:

Impedancia: 50 Ω

Terhelhetőség: 0,125 W

Működtetés: mechanikus

Csillapítás: 0—39 dB, 1 dB-es lépésekben állítható

Üzemi frekvencia-tartomány:

0—300 MHz

A csillapítótagok

értékei:

1, 2, 3, 3, 10 és 20 dB

A csillapítók

pontossága:	0—100 MHz	100—300 MHz
1 dB	$\pm 0,1$ dB	$\pm 0,1$ dB
2 dB	$\pm 0,1$ dB	$\pm 0,1$ dB
3 dB	$\pm 0,1$ dB	$\pm 0,15$ dB
10 dB	$\pm 0,15$ dB	$\pm 0,2$ dB
20 dB	$\pm 0,1$ —0,2 dB	$\pm 0,1$ —0,25 dB

Alapcsillapítás:

max.

max.

0,175 dB

0,45 dB

Max. csillapítás:

39 dB

$\pm 0,3$ dB

$\pm 0,5$ dB

Állóhullámarány

1,15

1,2

C2-10 típusú változtatható csillapító:

Impedancia: 50 Ω

Terhelhetőség: 0,125 W

Működtetés: mechanikus

Csillapítás: 0—39 dB, 1 dB-es lépésekben állítható

Üzemi frekvencia-

tartomány:

0—600 MHz

A csillapítótagok

értékei:

1, 2, 3, 3, 10 és 20 dB

A csillapítótagok

pontossága:

0—300 MHz

300—600 MHz

1 dB

$\pm 0,1$ dB

$\pm 0,1$ dB

2 dB

$\pm 0,1$ dB

$\pm 0,1$ dB

3 dB

$\pm 0,1$ dB

$\pm 0,15$ dB

10 dB

$\pm 0,15$ dB

$\pm 0,2$ dB

20 dB

+0,1
—0,2 dB

+0,1
—0,5 dB

Alapcsillapítás:

max. 0,3 dB

max. 0,45 dB

Max. csillapítás:

39 dB

$\pm 0,3$ dB

$\pm 0,8$ dB

Állóhullámarány:

1,15

1,2

A műszaki adatokat három sorozatban készült nagyobb darabszámú csillapítón ellenőriztük. A mérések az egyes paraméterek jellegét is azonosnak mutatták. Az aluláteresztő szűrők megvalósításának pontosságát az elért állóhullámarány és a várt monoton átviteli görbe tükrözi.

I R O D A L O M

[1] ORION Rádió és Vili. Váll. (Froemel Károly, Nyerges Ernő, Polgár Endre): Nagyfrekvenciás csillapító tipizált kapcsolóval 1000 MHz frekvenciahatárig. (Szabadalom)

[2] Pfitzenmaier: Tabellenbuch Tiefpasse. Siemens Aktiengesellschaft, 1971.