

Szabályozható RF-csillapító

Bus László okl. villamosmérnök, busl@dunaweb.hu

Az elektronikában, legyen az nagyfrekvenciás- vagy átviteltechnika, régóta használatos építőelemről van szó. Ez az eszköz képezheti egy áramkör egy részét, de önálló áramköri egységként is használatos. Műholdas vételnél vagy kábeltéves hálózatokban előszeretettel alkalmazzák a csillapítókat, de megtalálhatók kis- és nagyközösségi vevőrendszerekben is.

Bevezetés

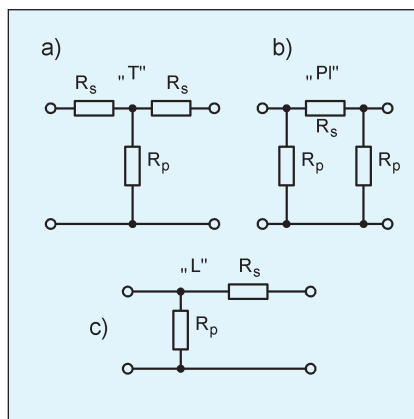
Problémát okoz mind a túlságosan kicsi, mind a túlságosan nagy vételi szint. Az előbbi zajossá teszi a vételt, az utóbbi túlvezérli a bemenetét. Mindkét esetben, legyen URH-rádió- vagy tv-vételről szó, a vétel minősége nem megfelelő, olykor élvezhetetlenné válik. Túl nagy szintű bemenőjel esetében a jelforrás és a bemenet közé iktatott, impedanciára illesztett csillapító tag alkalmazása jelenti e vételtechnikai probléma megoldását.

A csillapító olyan passzív négy-pólus, amelynek bemeneti és kimeneti ellenállása illeszkedik a rendszer Z_0 hullámellenállásához, amikor is érvényes a megadott csillapításérték.

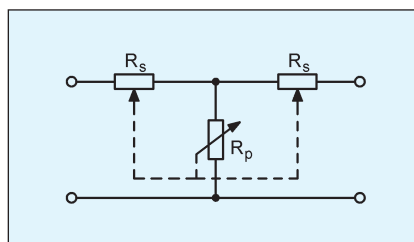
Felépítésüket tekintve a passzív csillapítók többnyire „T”- vagy „PI” tagból állnak, de létezik „L” tagos változat is, lásd a **1. ábrát**. A csillapítókat osztályozhatjuk a csillapítás beállítási módja szerint is:

- fix értékű,
- programozható (pl. csillapítás-szekrény, stb.),
- folyamatosan állítható.

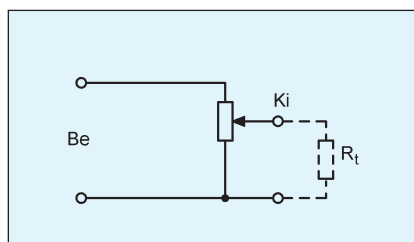
A gyakorlatban kiviteli formájukat tekintve két típus terjedt el: dobozos és a koaxiális. Elsősorban vételtechnikában nagy népszerűségnek örvend a szabályozható, T-kapcsolású, egyszerre három csúszkát mozgató elrendezés, melynek elvi rajzját a **2. ábra** mutatja. A konstrukciót egy árnyékoló dobozba építik be, a csúszkákat mozgató tengellyel együtt. Ezzel az áramköri elem-



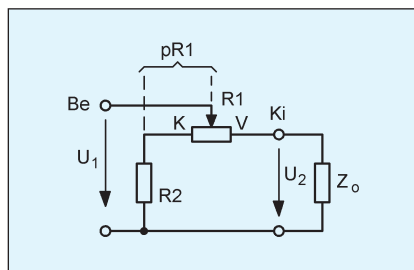
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

mel a csillapítás 0,5 és 20 dB között folyamatosan állítható, míg a reflexiós tényező kb. 30% alatt marad. Itt jegyezzük meg, hogy a „csillapító” elnevezés mellett a „szintszabályozó” kifejezéssel is gyakran lehet találkozni, amit a továbbiakban mi is használni fogunk.

Közleményünk további részében az L-tagos szintszabályozót és ennek konfigurációit fogjuk ismertetni, ahol a csillapítás folyamatos változtatása egy hagyományos potenciométerrel történik. Az egyszerű potméter önmagában szabályozásra nem alkalmas, mert a kimenetet terhelve, a csúszka állásának függvényében a bemenőellenállás tag határok közt változik, lásd a **3. ábrát!** Mi éppen ezt a problémát szeretnénk meghatározott korlátok közé szorítani, azaz kompromisszumos megoldást keresünk. Ezek után rátérünk az egyes változatok ismertetésére.

Alapkapcsolás

Analízis

Az alapkapcsolást a **4. ábrán** látjuk. Ha a csúszka R1 potenciométer „V” állásában van, akkor ez minimális csillapítást eredményez, amennyiben a csúszka „K” helyzetbe kerül, akkor kapjuk a csillapításmaximumot. Passzív négy-pólusoknál a csillapítás:

$$a = \frac{u_1}{u_2} \quad (1)$$

A híradástechnikában (legalább is a vezeték nélküliben, de a HF-

technikában is) a feszültségcsillapítást (és az erősítést is) decibelben szokás kifejezni, ami a feszültségáramny 10-es alapú logaritmusán alapul:

$$d = 20 \lg a. \quad (2)$$

A kifejezés természetéből adódóan, ha a bemeneti jel változatlan amplitúdóval kerül a kimenetre, akkor $d = 0$ dB, csillapítás beiktatásával $d > 0$ dB.

Az átszámítást sokszor „visszafele” is el kell végezni, azaz a dB-ben megadott csillapítást át kell számítani feszültségáramnyára:

$$a = 10^{d/20}. \quad (3)$$

(Passzív négy pólusoknál a feszültség-erősítés egynél kisebb, ilyenkor *csillapításról* beszélünk, és ezt a feszültségcsillapítás fejezi ki. A feszültségcsillapítás a feszültség-erősítés reciprokával egyenlő: $a_u = 1/A_u = u_1/u_2$.)

A kapcsolás a 4. ábra szerinti irányban működik illetéketten, azaz *a bemenetet és a kimenetet nem cserélhetjük fel!* Ezek után írjuk fel a kapcsolás bemenőellenállását a csúszka állásának függvényében. A csúszka állását „p” változóval fejezzük ki, ami 0...1 közötti értéket vehet fel (lásd az alapkapcsolást). A bemenőellenállás az alábbi:

$$R_{be} = (pR_1 + R_2) \times [(1-p)R_1 + Z_0]; \quad (4)$$

ahol $R_2 = Z_0$. A replusz műveletet „×”-el jelölve és a behelyettesítést elvégezve kapjuk:

$$R_{be} = Z_0 \cdot \frac{R_1 + Z_0}{R_1 + 2Z_0} + \frac{(p-p^2) \cdot R_1^2}{R_1 + 2Z_0}. \quad (5)$$

A későbbi méretezésekhez az (5) egyenlet egyszerűsített alakját fogjuk használni:

$$R_{be} = R' + (p-p^2)R''; \quad (6)$$

ahol:

$$R' = \frac{Z_0 \cdot (R_1 + Z_0)}{R_1 + 2Z_0} \quad (7a)$$

$$R'' = \frac{R_1^2}{R_1 + 2Z_0} \quad (7b)$$

Ehhez a két segédegyenlethez még visszatérünk az egyes változatok méretezésénél.

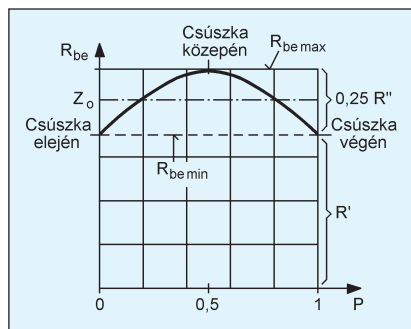
A (6) egyenletből jól látszik, hogy a bemenőellenállás nem konstans, hanem „p” szerint változik. A képletből az is látszik, hogy a bemenőellenállásnak lesz egy minimuma és egy maximuma. A kérdés az, hogy a csúszka mely állásánál? Ehhez a (6)-ot deriválni kell „p” szerint; ekkor $p = 1/2$ -et kapunk, vagyis a szélsőérték – esetünkben maximum – az ellenálláspálya közepére esik. Ezt az eredményt behelyettesítve (6)-ba kapjuk, hogy

$$R_{be\max} = R' + 0,25R'', \quad (8a)$$

$$R_{be\min} = R', \quad (8b)$$

$p = 0$ és $p = 1$ esetén.

Ez utóbbi két egyenletet ábrázolva, megkapjuk a bemenőellenállás változását a csúszka helyzetének függvényében, amit az 5. ábra szemléltet.



5. ábra

A négy pólus-elméletből a hullám-ellenállásra vonatkozó definíciós egyenletet átvéve és értelemszerűen alkalmazva kapjuk, hogy

$$Z_0 = \sqrt{R_{be\min} \cdot R_{be\max}}. \quad (9)$$

A definíciós egyenletbe az (8a) és az (8b) egyenletet behelyettesítve és elvégezve a négyzet-emelést:

$$Z_0^2 = R' \cdot (R' + 0,25 \cdot R'') = \frac{Z_0 \cdot (R_1 + Z_0) \cdot [Z_0 \cdot (R_1 + Z_0) + 0,25 \cdot R_1^2]}{(R_1 + 2Z_0)^2} \quad (10)$$

A szorzásokat, összevonásokat és az egyenletrendezést elvégezve R_1 -re kapjuk:

$$2Z_0 \cdot R_1 + 3Z_0^2 = 0,25 \cdot R_1^2 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{Z_0}\right). \quad (11)$$

Az egyenlet két oldalát derékszögű koordináta-rendszerben ábrázolva, a két görbe metszéspontja adja a megoldást:

$$R_1 = 3Z_0. \quad (12)$$

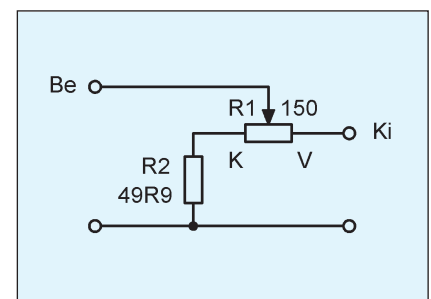
A (12)-ből egyértelmű, hogy R_1 a hullámellenállástól független.

Négy pólusok esetén, legyen szó aktívról vagy passzívról, fontos paraméter még a reflexió tényező, melyet Γ -val jelölve definíció szerűen az alábbi:

$$\Gamma = \left| \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \right|, \quad (13)$$

ahol: Z_0 a rendszer hullámimpedanciája, Z a terhelő vagy lezáró impedancia. Jelen esetben hullám-ellenállásról és terhelő- vagy lezáró-ellenállásról beszélünk.

Az alapkapcsolás, a számított értékek feltüntetésével, a 6. ábrán látható.



6. ábra

Adva van: $R_1 = 150$ ohm, $Z_0 = 50$ ohm; a kapcsolással a megadott elemértékek mellett az alábbi paraméterek érhetőek el: