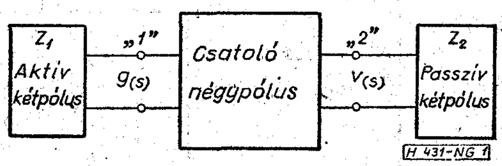
NEMESSZEGHY GYÖRGY
Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola

Induktív transzformátor nélküli aszimmetrikus csatoló négypólusok számítógépes szintézise

ETO 621.372.512.24.011.73:681.32.06

A lineáris hálózatok csatoló négypólusaihak fogjuk nevezni azokat a négypólusokat, amelyeket a Z_1 operátor-impedanciájú, ismert aktív kétpólus és az előre megadott, Z_2 operátor-impedanciájú passzív négypólus közé kell iktatni azért, hogy az 1. ábra 2-es kapcsaihoz tartozó Laplace-transzformált $v(s)$ vá-

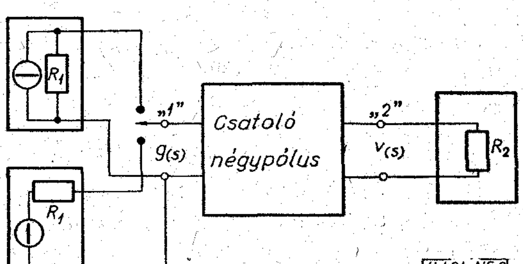


1. ábra

laszfüggvény az előírt értékű legyen. Az 1-es kapcsokhoz tartozó $g(s)$ gerjesztő függvényt felhasználva definiálhatjuk a csatoló négypólus átviteli függvényét

$$F(s)=\frac{v(s)}{g(s)}.$$

Ebben a dolgozatban elsősorban a csatoló négypólusoknak azon igen gyakran használt speciális esetével kívánunk foglalkozni, amelyeknél az aktív kétpólus, ohmos belső ellenállású áram-, illetve feszültség-generátor, a passzív kétpólus pedig ohmos ellenállás (2*a*, 2*b* ábra).



2. ábra

Az előírt $v(s)$ válaszfüggvény ilyenkor a 2-es kapcsokhoz tartozó feszültség- vagy teljesítményfüggvény Laplace-transzformáltja. Sok esetben az 1. ábrán látható elrendezést a 2. ábrán felrajzolt speciális elrendezésre alakíthatjuk át úgy, hogy a Z_1, illetve Z_2 impedanciák egy részét a csatoló négypólushoz tartozónak tételezzük fel. Később utalni fogunk arra, hogyan végezhető el a csatoló négypólus szintézise, ha az előbb említett átalakítás nem hajtható végre. Helyhiány miatt nem térhetünk ki az 1. ábrának arra a speciális esetére, amikor például az aktív kétpólus impulzusgenerátor, és az előírt függvény a 2-es kapcsokon megjelenő feszültségidő függvény.

Jelöljük a 2. ábra R_2 ellenállásán megjelenő Laplace-transzformált teljesítményt P_2-vel, P_1-gyel pedig az aktív kétpólus által leadott teljesítményt. Vezessük be a $G(s)=\sqrt{P_2/P_1}$, illetve $\Gamma(s)=\sqrt{P_1/P_2}$ átviteli függvényeket. A $|G(j\omega)|$-t amplitúdó-karakterisztikának, az arc $G(j\omega)$-t fázis-karakterisztikának nevezzük. A 2-es kapocspárhoz tartozó $v(s)$ függvény úgy adódik, hogy előírjuk az amplitútó-karakterisztika (illetve fázis-karakterisztika) tulajdonságait. Tehát az induktív transzformátor nélküli csatoló négypólusok szintézisét úgy kívánjuk elvégezni, hogy adott R_1 és R_2 ellenállásokhoz megkeressük azt az *LC* csatoló négypólust, amely az előírt amplitúdó-, illetve fázis-karakterisztikát eredményezi. Dolgozatunk az alábbi fejezeteket tartalmazza:

1. A transzformáló *I* és *J* osztályú négypólusok című fejezetben választ adunk arra, hogy mi a feltétele annak, hogy maximális számú ω_i körfrekvencián jöjjön létre reflexiómentes illesztés:

$$|\Gamma(j\omega_i)|=1.$$

Természetesen az ω körfrekvenci‹kon a csatoló négypólusnak, amely nem tartalmaz induktív transzformátort, impedancia transzformátormációt is kell végeznie.

2. Illesztő négypólusok és azok osztályozása című fejezetünkben az illesztő négypólusokat a csatoló négypólusok részhalmazaként definiáljuk, és a bővített karakterisztikus lüggvény zérus-pólus helyei alapján osztályozzuk.

3. A számítógépes szintézis című fejezetben ALGOL programjaink könnyebb megírása érdekében új számítási módszert vezetünk be: a kapcsolási paraméterek relatív értékeit a karakterisztikus függvény zérushelyeivei fejezzük ki. Ezenkívül az iterációs eljárásokat felhasználó programjainkat az általunk bevezetett új fogalomra az *illesztési helygörbére* építjük [4].

4. A tranzisztoros erősítő fokozatok csatolásánál nem feltétlenül szükséges az illesztés, hiszen az elillesztésből származó teljesítményveszteségeket az erősítéstartalékból pótolhatjuk. Elillesztés csatoló négypólussal című fejezetünkben azt vizsgáljuk, mi a feltétele annak, hogy a szelektív erősítőknél az amplitúdó-karakterisztika ingadozása adott frekvencia-tartományban előírt értékek között maradjon. Ilyenkor nem lesz olyan frekvencia, amelyhez zéras reflexió tartozik, de viszonylag nagy sávszélesség érhető el, az amplitúdó karakterisztika oldalfal meredeksége kis értékre süllyeszthető, és megfelelő stabilitás biztosítható.

Beérkezett: 1975. XI. 26.

Végül a miniatürizálás és integrálás érdekében válaszolnunk kell arra a kérdésre, hogyan lehet a passzív LC csatoló négypólusokat aktív áramkörökkel szimulálni. Erre a kérdésre az [5] irodalomban a részletes választ megadtuk, így erre most nem térünk ki.

1. Transzformáló I és J osztályú négypólusok

Számításainkban az a, b, c, d láncparaméterekből és a $\varphi(s)$ karakterisztikus függvényből indulunk ki. Ismeretesek az alábbi összefüggések:

$$\Gamma(s)=\frac{H(s)}{N(s)},\quad \varphi(s)=\frac{h(s)}{N(s)},\quad r(s)=\frac{h(s)}{H(s)},$$

ahol r(s) a reflexiós polinom, $H(s)$ Hurwitz-polinom és $|\Gamma|=\sqrt{1+|\varphi|^2}$.

Az R_1 és R_2 lezárással bővített LC csatoló négypólus karakterisztikus függvénye:

$$\varphi(s)=0{,}5\left[aü-\frac{d}{ü}+cR-\frac{b}{R}\right] \tag{1}$$

ahol

$$ü=\sqrt{R_2/R_1},\qquad R=\sqrt{R_1R_2}.$$

A fenti összefüggésekből következik, hogy reflexiómentes frekvenciák csak akkor lesznek, ha a $h(s)$ függvény zérushelyei a képzetes tengelyre esnek. Azokat az LC csatoló négypólusokat, amelyeknél $h(s)$ zérushelyei mind a képzetes tengelyre esnek, I osztályú négypólusoknak neveztük el. Azokat a négypólusokat, amelyeknél $\varphi(s)$ pólushelyei mind a képzetes tengelyre esnek, J osztályú négypólusoknak fogjuk hívni [4].

Annak szükséges feltétele, hogy a $h(s)=0$ egyenletnek csak képzetes gyökei legyenek az, hogy az s változónak csak páros hatványkitevői legyenek. Mivel az origo is rajta van a képzetes tengelyen, ezért az I osztályú négypólusok karakterisztikus függvényének a számlálója $s^n h_p(s)$ alakú is lehet, ahol n pozitív egész szám és a $h_p(s)$ polinom hatványkitevői csak páros számok lehetnek. Az I osztályhoz tartozás elégséges feltételét a következőképpen fogalmazhatjuk meg: az a négypólus I osztályú, amelynél a $h(s)=0$ egyenletbe $s=j\omega$-t helyettesítve az $x=\omega^2$ redukcióval kapott egyenlet gyökei mind pozitív valós számok. Ismeretes, hogy a pozitív gyökök léte a Descartes-jelszabállyal eldönthető.

Az (1) összefüggésből látszik, hogy a karakterisztikus függvény kifejezése az alábbi két feltétellel rövidíthető:

a) $aü-d/ü=0$, vagyis $R_2/R_1=d/a$, ilyenkor
$$\varphi(s)=cR-b/R, \tag{2}$$

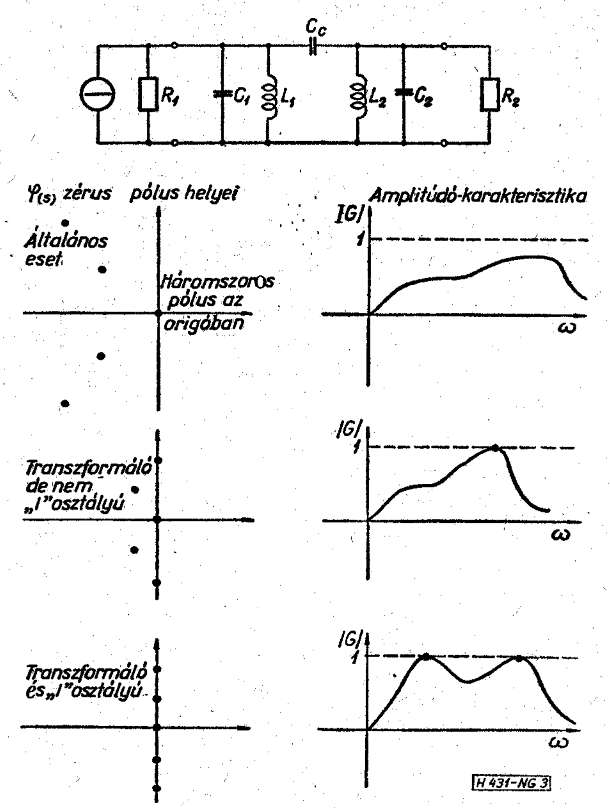
b) $cR-b/R=0$, vagyis $R_2R_1=b/c$, ilyenkor
$$\varphi(s)=aü-d/ü. \tag{3}$$

A (2) feltétel teljesülésekor a szimmetrikus felépítésű és szimmetrikus lezárású szűrőkével azonos karakterisztikus függvényt kapunk. Ekkor ugyanis $R_2=R_1$ és $a=d$. A (3) feltétel teljesülésekor viszont a karakterisztikus függvény az antimetrikus szűrők karakterisztikus függvényével egyezik meg.

Mivel a d/a hányados a szekunder (Z_{2h}) és primer (Z_{1h}) hullámellenállás hányadosát adja, ezért a (2) feltételt így is írhatjuk: $R_2/R_1=Z_{2h}/Z_{1h}$.

Ekkor tehát a hullámellenállások hányadosa frekvenciafüggetlen, és az ohmos lezáró ellenállások hányadosával egyezik meg. Az ilyen négypólusokat transzformáló négypólusoknak neveztük [4].

Az I és a nem I osztályú transzformáló négypólusok előnyösen használhatók fel csatoló négypólusként. *Példák:* 1. Transzformáló I osztályú négypólus a 3. ábrán felvázolt felső kapacitív csatolású sávszűrő.



3. ábra

Abban az esetben, ha $L_2(C_1+C_c)=L_2(C_2+C_c)$ és $ü^2=L_2/L_1$, akkor a négypólus transzformáló lesz. Határfrekvenciák:

$$\sqrt{1/L_1(C_1+C_c)},\quad \sqrt{1/L_2(C_2+C_c)},$$
$$\sqrt{1/[C_1+C_c(1-ü)]L_1}$$

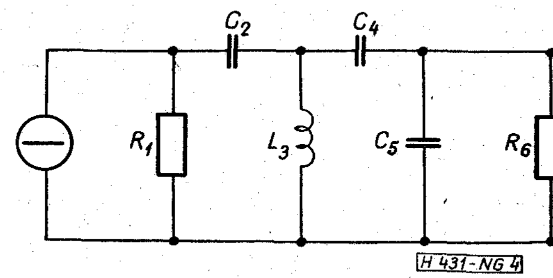
Látjuk, a transzformáló négypólus esetén az első két határfrekvencia egybeesik. A transzformáló négypólus karakterisztikus függvényében nem szerepelnek már páratlan hatványkitevők:

$$\varphi(s)=\frac{1}{2s^3}\left[s^4\sqrt{R_1R_2}\left(\frac{C_1C_2}{C_c}+C_1+C_2\right)+\right.$$
$$+s^2\left\{\frac{\sqrt{R_1R_2}}{L_2}\left(\frac{C_1}{C_c}+1\right)-\frac{1}{C_c\sqrt{R_1R_2}}+\right.$$
$$\left.\left.+\frac{\sqrt{R_1R_2}}{L_1}\left(\frac{C_2}{C_c}+1\right)\right\}+\frac{\sqrt{R_1R_2}}{L_2L_1C_c}\right].$$

Az I osztályba tartozás *szükséges* feltételét így megkaptuk. Az I osztályba tartozás *elégséges* feltétele azt követeli meg, hogy az s^2-es tag együtthatója pozitív legyen. *Látjuk*, ez az időállandók között jelent kapcsolatot.

2. A nem I osztályú transzformáló négypólusra példát a 4. ábrán látunk. A transzformáló négypólushoz tartozás feltételei:

$$C_4=C_2+\frac{C_4C_5}{C_4+C_5} \quad \text{és} \quad \frac{R_6}{R_1}=\frac{C_2}{C_4+C_5}.$$



4. ábra

A transzformálóvá tett négypólus karakterisztikus függvényében most sem szerepelnek páratlan hatványkitevők, azonban a konstans tag negatív előjele miatt nem lehet az összes gyök képzetes, így nem kaphatunk I osztályú négypólust:

$$\varphi(s)=0{,}5\,\frac{s^4L_3C_2C_5C_4R^2+s^2[R^2(C_2C_4+C_4C_4)-L_3(C_4+C_4)]-\mathrm{i}}{s^3L_3C_2C_4R},$$

ahol $R=\sqrt{R_1R_6}$.

2. Illesztő négypólusok osztályozása

Az illesztő négypólusokat a következőképpen definiáljuk: azok a négypólusok az illesztő négypólusok, amelyeknek a lezárásukkal bővített karakterisztikus függvényük olyan, hogy zérushelyek csak az S sík tengelyeire (képzetes vagy valós) esnek. Még azt is kikötjük, hogy a *képzetes tengelyen annyi zérushelypárnak kell lennie, ahány LC párt tartalmaz az illesztő négypólus.* A párnélküli induktivitások, és kondenzátorok illesztő négypólus esetében csak valós tengelyen hozhatnak létre zérus helyeket, illetve újabb pólushelyeket. Mivel nem építhetünk ideális elemekből LC illesztő négypólusokat, ezért azt is meg kell engednünk, hogy a karakterisztikus függvény zérushelyei a tengelyek körül felvett e_v és e_k szélességű sávba essenek.

Számítógépes szintéziseinket ideális kapcsolási elemekre végeztük el, és számítógépes analízissel vizsgáltuk meg a nem ideális kapcsolási elemek veszteségeinek hatását [4].

A fentiek szerint definiált illesztő négypólusokat aszerint osztályoztuk, hogy milyen a karakterisztikus függvényük zérus-pólus elrendezése. Helyhiány miatt táblázatunkból csak részleteket közlünk.

Példa II.

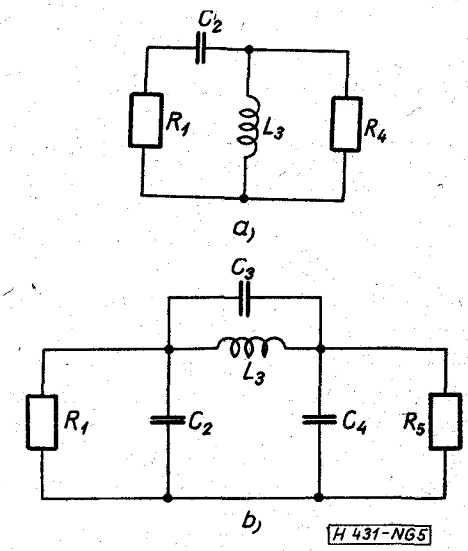
1. A $h(s)$ és $N(s)$ másodfokú eset lehetséges megvalósítását az 5a ábrán láthatjuk.

Az illesztő négypólushoz tartozás feltételei:

$$C_2\sqrt{R_1R_4}=\frac{L_3}{\sqrt{R_1R_4}} \quad \text{és} \quad ü=\sqrt{\frac{R_4}{R_1}}>1.$$

Az illesztési körfrekvencia:

$$\omega_\mathrm{i}=\sqrt{\frac{ü^2}{(ü^2-1)L_3C_2}}.$$



5. ábra

Az I osztályú négypólus karakterisztikus függvénye:

$$\varphi(s)=0{,}5\,\frac{s^2L_3C_2(ü^2-1)+ü^2}{üs^2L_3C_2}.$$

2. A $h(s)$ harmadfokú és $N(s)$ másodfokú eset lehetséges megvalósítását az 5b ábrán láthatjuk.

A képzetes zérushelypárt $\pm j\omega_\mathrm{i}$-vel jelöljük. Az illesztési körfrekvencia:

$$\omega_\mathrm{i}=\sqrt{\frac{C_2+C_3}{L_2(C_2C_3+C_2C_3+C_2C_4)}-\frac{1}{R^2(C_2C_3+C_2C_1+C_2C_3)}}$$

A valós zérushely:

$$z=ü\,\frac{C_2+C_3}{R(C_2C_3+C_2C_3+C_2C_3)}-\frac{1}{ü}\,\frac{C_2+C_1}{R(C_1C_3+C_2C_3+C_2C_S)},$$

ahol $R=\sqrt{R_1R_5}$.

A karakterisztikus függvény:

$$\varphi(s)=0{,}5\,\frac{s^3RL_2(C_1C_3+C_2C_1+C_2C_3)+s^2L_2\left[ü(C_2+C_3)-\frac{1}{ü}(C_2+C_1)\right]+sR(C_2+C_3)-sL_2/R)+ü-1/ü}{1+s^2L_2C_2}.$$

1. táblázat

$\varphi(s)=\frac{h(s)}{N(s)}$	Illesztő négypólushoz tartozás feltételei	$\varphi(s)$ zérus-pólus elrendezése	Megvalósítási lehetőség min. induktivitás számmal
$h(s)=As^2+Bs+C$ $N(s)=K$ $N(s)=Ks^2$	$A>0 \quad C>0 \quad B=0$ (I osztályú) (J osztályú)	Zérus helypár a képzetes tengelyen. Pólushely a végtelenben. Pólushely az origóban.	Egy induktivitás és egy kapacitás.
$h(s)=As^3+Bs^2+Cs+D$ $N(s)=K$ $N(s)=Ks$ $N(s)=Ks^2$ $N(s)=K+Rs^2$	$A>0$ és $C/A=D/B>0$ $K>0,\ B>0$ (J osztályú)	Zérushelypár a képzetes tengelyen, zérushely a valós tengelyen. Pólushely a végtelenben. Pólushely az origóban. Pólushelypár a képzetes tengelyen.	Egy induktivitás és két kapacitás. Egy induktivitás és három kapacitás.
$h(s)=As^4+Bs^3+Cs^2+Ds+$ $+E$	$B=0,\ D=0$ (Transzformáló, de nem „I" osztályú)	Egy zérushelypár a képzetes tengelyen, egy zérushelypár a valós tengelyen.	Egy induktivitás és három kapacitás.
$N(s)=K$ $N(s)=Ks$ $N(s)=Ks^3$ $N(s)=Ks(t+s^2R)$	$A>0$ és $E>0$, $B=0,\ D=0$ (I osztályú) $K>0,\ R>0$ (J osztályú)	Két zérushelypár a képzetes tengelyen. Pólushely a végtelenben. Pólushely az origóban. Pólushelypár a képzetes tengelyen.	Két induktivitás és két kapacitás (Puskás-szűrő). Két induktivitás és 3 kapacitás. (Felső kapacitív csatolású szűrő).
$h(s)=As^5+Bs^4+Cs^3+Ds+$ $+Es+F$ $N(s)=K$ ⋮	$\frac{F}{D}=\frac{E}{C}>0$ és $\frac{D}{B}=\frac{C}{A}>0$ ⋮	Két zérushelypár a képzetes tengelyen, egy zérushely a valós tengelyen. ⋮	Két induktivitás és három kapacitás (Alsó kapacitív csatolású sávszűrő). ⋮

Az illesztő négypólushoz tartozás feltétele:

$$z\cdot\omega_i^2=\frac{ü^2-1}{ü}\,\frac{1}{RL_2(C_1C_3+C_2C_3+C_2C_3)}.$$

A pólushelyhez tartozó körfrekvencia:

$$\omega_p=\sqrt{\frac{1}{L_2C_2}}.$$

3. A negyedfokú $h(s)$ megvalósítható egy induktivitással és két induktivitással is. Egy induktivitás esetében egy, két induktivitás esetében két illesztési frekvencia lehet. Egyetlen induktivitást tartalmazó lehetséges megvalósítást a 4. ábrán láthatunk. A transzformáló, de nem I osztályú négypólus két valós zérushelyének az abszolút értékét egyformának vettük [$h(s)$-nek lehet zérushelye a jobb félsíkban is].

A valós zérushely:

$$z=\sqrt{\frac{1}{C_2C_5R^2}}.$$

Az illesztési körfrekvencia:

$$\omega_i=\sqrt{\frac{C_4+C_5}{L_3C_4C_5}-\frac{1}{R^2C_4C_5}}.$$

Az illesztő négypólushoz tartozás feltételei most a transzformáló négypólushoz tartozás feltételeivel megegyeznek (Lásd: 1/2. példa).

A negyedfokú $h(s)$ megvalósítására két induktivitással ad egy lehetséges példát a 3. ábrán felrajzolt I osztályú, felső kapacitív csatolású sávszűrő. Ebben az esetben az illesztő négypólushoz tartozás feltételei az I osztályhoz tartozás feltételeivel megegyeznek.

Az ötödfokú $h(s)$-re példa az alsó kapacitív csatolású sávszűrő, amit á [3] irodalomban már ismertettünk.

3. A számítógépes szintézis

A csatoló négypólusok számítógépes szintézisének a megkönnyítésére több, az irodalomban eddig még nem szereplő, új fogalmat vezettünk be.

A négypólusokat az átviteli függvény zérus-pólus elrendezésével szokás jellemezni. Az előző fejezetben láttuk, hogy az illesztő négypólusokat a karakterisztikus függvény zérus-pólus elrendezése alapján definiáltuk és osztályoztuk. Nyilvánvaló, hogy a karakterisztikus függvény zérus-pólus elrendezése és az átviteli függvény zérus-pólus elrendezése között szoros kapcsolat van. Az illesztő négypólus karakterisztikus függvényének zérusai és pólusai, definíciónk szerint csak a tengelyeken (valós, illetve képzetes) helyezkedhetnek el. Az illesztő négypólusok ezen zérus-, ill. pólushelyeinek tengelymenti mozgatásakor az átviteli függvény zérus-, ill. pólushelyei helygörbéket írnak le a komplex S síkon. Ezeket a helygörbéket *illesztési helygörbéknek* neveztük el. Az iterációs eljárásaink során gépidő-megtakarítást jelentett az, hogy a megoldást adó átviteli függvény zérus-pólus elrendezést csupán az illesztési helygörbéken kell a számítógépnek megkeresnie. A futási idő további csökkenését értük el azáltal, hogy a kapcsolási paraméterek relatív értékeit a karakterisztikus függvény zérus-, illetve póIushelyeivel fejeztük ki. Amint a számítógép megtalálta a karakterisztikus függvénynek azt a zérus-pólus elrendezését, amelyhez az átviteli függvénynek a megoldást adó zérus-pólus elrendezése tartozik, a kapcsolási paraméterek relatív értékei a karakterisztikus függvény zérus-pólus helyeiből azonnal adódnak.

Példa III.

1. Jelöljük a karakterisztikus függvény képzetes zérushelypár relatív értékét $\pm\, jy$-nal. A 4. ábrán felvázolt illesztő négypólus kapcsolási paramétereit a következőképpen számíthatjuk ki:

$$C_4=\frac{ü^2+1-y^2}{(1-ü^2)(1-y^2)};\qquad C_5=\frac{1}{C_4(1-y^2)};$$

$$C_2=ü^2(C_4+C_5);\qquad L_3=C_4.$$

A C és L betűk most relatív értékeket jelentenek, és kiszámításuk azzal a feltétellel történt, hogy a valós zérushelyek abszolút értéke egyforma. A valós zérushely abszolút értéke a frekvenciaegység kiválasztásakor kiadódik. A számítógéppel így csak y értékét kell zérus és egy között változtatni, és a legmegfelelőbb érték kiválasztása után a kapcsolási paraméterek azonnal adódnak.

2. A 3. ábrán felvázolt I osztályú négypólus zérushelyeinek relatív értékeit $\pm jy_1 \pm jy_2$-vel jelöljük. A kapcsolási paraméterek:

$$L_1=\frac{1}{ü}\,\frac{\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}}{y_1y_2};\qquad L_2=ü\,\frac{\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}}{y_1y_2};$$

$$C_1=\frac{(ü-1)+(1+ü)y_1^2y_2^2}{2y_1y_2\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}};$$

$$C_2=\frac{1-ü+(1+ü)y_1^2y_2^2}{2y_1y_2ü\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}};$$

$$C_c=\frac{1}{2}\,\frac{1-y_1^2y_2^2}{y_1y_2\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}}.$$

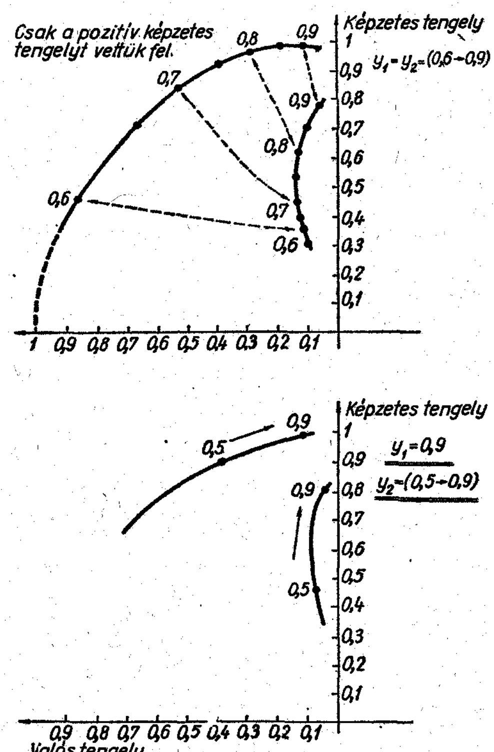
A megvalósítás feltétele:

$$y_1^2y_2^2>\frac{1-ü}{1+ü}.$$

A 6. ábrán az illesztési helygörbéket látjuk. Ha ü kicsi (R_1 és R_2 nagyon különböző), akkor az illesztési helygörbéknek azon részei passzív áramkörökkel, nem valósíthatók meg, amelyekhez nagyobb sávszélesség tartozik.

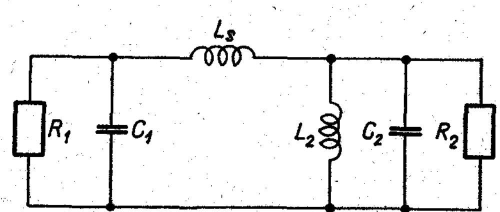
A transzformáló I osztályú négypólus karakterisztikus függvénye olyan, mint szimmetrikus esetben, vagyis ha $L_1=C_1$, $L_2=C_2$ és $R_1=R_2$, akkor:

$$\varphi(s)=\frac{y_1y_2}{(1-y_1^2y_2^2)\sqrt{(1-y_1^2)(1-y_2^2)}}\cdot\frac{(s^2+y_1^2)(s^2+y_2^2)}{s^3}.$$



Átviteli függvény komplex zérushelyeinek a mozgáspályája, miközben a karakterisztikus függvény képzetes zérus helye (y) változik. H431-NG6

6. ábra



H 431-NG 7

7. ábra

3. A két képzetes zérushelypárral rendelkező illesztő négypólusok közül a legkevesebb eleme és legnagyobb sávszélessége a 7. ábrán felvázolt Puskás-szűrőnek van. A [3] irodalombán még a nem I osztályú Puskás-szűrő amplitúdó-karakterisztikáit közöltük, látjuk csak egyetlen frekvencián történt illesztés. A két frekvencián történő illesztés, vagyis az I osztályba tartozás feltételei:

$$\frac{L_2}{L_s}=\frac{ü^2}{1-ü^2},\qquad C_1=ü^2C_2.$$

A kapcsolási paraméterek:

$$L=\sqrt{\frac{1+ü}{ü^2}\left[(1-y_1^2)+(1-y_2^2)-ü(y_1^2+y_2^2)\right]},$$

$$L_2=L_s\frac{ü^2}{1-ü^2},\qquad C_2=\frac{1}{L_s}\cdot\frac{1+ü}{ü^2},\qquad C_1=ü^2C_2.$$

Látjuk, hogy az y_1 és y_2 értékét nem választhatjuk meg egymástól függetlenül, mint ahogy azt az előbbi példánkban tettük.

Megjegyzés: Amennyiben I és J osztályú négypólusokat kívántunk szintetizálni a képzetes tengelyen levő póIushelyek abszolút értékét a képzetes tengelyen levő zérushelyek abszolút értékének a reciprokával tettük egyenlővé, és így a kapcsolási paraméterek relatív értékei a zérushelyek relatív értékeivel kifejezhetők ebben az esetben is.

ALGOL nyelven írt számítógépprogramjaink bemenő adatai:

— R_1 és R_2 lezáró ellenállások értékei,
— az áteresztési sáv és az ott megengedhető maximális reflexiós tényező,
— a zárási tartomány és az ott megengedhető minimális reflexiós tényező.

Kimenő adatok a kapcsolási paraméterek számértékei. Kiegészítő információként közölni kell azt, hogy hány frekvencián kívánunk reflexiómentesen illeszteni.

4. Elillesztés csatoló négypólussal

Az elillesztés problémáját csupán másodfokú $h(s)$-re kívánjuk bemutatni. Az itt elmondottak természetesen magasabb fokú $h(s)$-re is értelemszerűen alkalmazhatók.

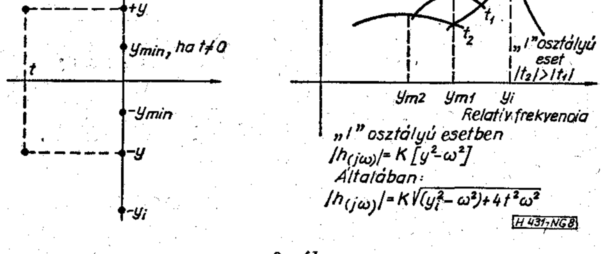
Említettük már, hogy a $h(s)=As^2+Bs+C$ másodfokú egyenletnek tiszta képzetes gyökei vannak, ha $B=0$, $A>0$ és $C>0$. Használjunk relatív értékeket és jelöljük a képzetes gyököket $\pm jy_i$-vel, akkor a gyökök valós része zérus: $t=0$. Amennyiben a fenti I osztályba tartozás feltétele nem teljesül, a komplex gyökpár jelölése: $t\pm jy$. Az I osztályú négypólus amplitúdó-karakterisztikájának az y_i frekvencián szélső értéke van; amennyiben a gyök komplex, a szélső érték eltolódik és nem lesz egyenlő a gyök képzetes részével. A gyök képzetes részét y-nal, a szélső értékhez tartozó relatív frekvenciaértéket y_m-mel jelölve a következő összefüggéseket kapjuk:

$$y=\sqrt{y_i^2-t^2}, \quad y_m=\sqrt{y^2-t^2}, \quad y_m=\sqrt{y_i^2-2t^2}.$$

A 8. ábrán felrajzoltuk a $h(s)$ függvény zérushelyeit, valamint felírtuk $h(s)$ abszolút értékeit is. $N(s)$-t konstansnak feltételezve felvázoltuk az amplitúdó-karakterisztikákat, paraméter a gyök valós része (t). A 8. ábrán látjuk, hogy t növelésével növekszik a csillapítás és a sávszélesség, és csökken az oldalfal-meredekség. Ha a szintézis során túl nagy sávszélességet írunk elő, akkor lehet, hogy az nem valósítható meg illesztő négypólussal. Ekkor programjaink alapján a számítógép t értékét mindaddig növeli, amíg az előírt sávszélességet meg nem kapjuk. Ezután a gép a kapcsolási paraméterek értékei mellett a max $|G|$ értékét is kinyomtatja.

A magasabb fokú karakterisztikus függvényeknél arra kell vigyázni, hogy a sok zérushely elhelyezkedése olyan legyen, hogy az amplitúdó-karakterisztika ingadozása az áteresztési tartományban ne legyen az előírtnál nagyobb, az amplitúdó-karakterisztika függvénygörbéje bent maradjon az előírt sávban. Ezért a csatoló négypólusok szintézisét az illesztő négypólusok szintézisével kezdjük, a tengelyeken beállítjuk a zérus-pólus helyeket, majd a valós tengellyel párhuzamosan eltoljuk a karakterisztikus függvény zérus-pólus elrendezését olyan mértékben, hogy a szükséges sávszélességet vagy a stabilitás miatt előírt kis oldalfal-meredekséget elérjük.

Az általunk ismertetett, számítógép által támogatott csatoló négypólus szintézis jól kézben tartható és viszonylag rövid futási idejű.



8. ábra

IRODALOM

[1] *Géher K.:* Lineáris hálózatok. Műszaki Könyvkiadó
[2] *Nemesszeghy Gy.:* Aluláteresztő tulajdonság szemléltetése pólusmozgással. Híradástechnika, 1969. szeptember.
[3] *Nemesszeghy Gy.:* Aszimmetrikus illesztő négypólusok számítógépes szimulációja. Híradástechnika, 1972. szeptember.
[4] *Nemesszeghy Gy.:* Számítógépes módszerek hatványszűrők és aszimmetrikus csatoló négypólusok szintéziséhez. KTMF Tudományos Ülésszak kiadványa, Győr, 1975. április.
[5] *Nemesszeghy Gy.:* LG négypólusok szimulálása aktív áramkörökkel. Híradástechnika, 1975. augusztus.
[6] *Nemesszeghy Gy.:* Gazdaságosság az áramkörtervezésben. Operációkutatás a gyakorlatban '72. Előadásgyűjtemény, Pécs, 1972.
[7] *Nemesszeghy Gy.:* Rechnergestützte Synthese von passiven und aktiven Filtern ohne Transformatoren. A drezdai „Fridrich List" Főiskola 10. Tudományos Napok-on német nyelven elhangzott előadás.