

Erősítőtervezés S-paraméterek segítségével programozható kalkulátorral

SZALAY ISTVÁN

BHG Fejlesztési Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk kalkulátorral támogatott erősítő tervezést mutat be. A tervezési eljárás egy TI-59 tip. vagy hasonló kalkulátoron alapul, amely segítségével (mágneskártyán tárolt programokkal) tetszőleges frekvenciasávra tervezhető optimálisan lineáris erősítők. A programok segítségével egyben kézben tartható, ill. méretezhető az erősítők stabilitása is. A tervezési eljárás tartalmaz hagyományos, kézi számításokat is, amelyeket azonban nagy mértékben támogatnak a különböző segédprogramok. A tervezés fázisában, bizonyos paraméterek módosításával, a programon keresztül figyelemmel kísérhetjük az áramkör alakulását. A megtervezett, sokszor bonyolult áramkör megépítése és megmérése előtt lehetőség van arra, hogy a megtervezett áramkör elemelnek a gépbe való táplálásával ellenőrizzük, hogy a kitzótt specifikáció teljesül-e (ellenőrző program).

Bevezetés

Ma már a nagyfrekvenciás technika területén nagyobb teljesítményekre is egyre gyakrabban alkalmaznak tranzisztoros erősítőket. A nem ritkán több kW-os kimenőteljesítményű erősítőláncok általában hibridekkel összekapcsolt egyedi tranzisztoros erősítők soros és párhuzamos kapcsolásából állnak. A jó hatásfok, elfogadható méretek és nem utolsósorban a kedvező árfekvés elérése megköveteli, hogy a rendszert a lehető legoptimálisabban tervezzük. Ennek egyik összetevője a hibridrendszeren kívül a tranzisztoros erősítők maximális kihasználása, optimális méretezése, mivel egy-egy nagyobb teljesítményű erősítő igen tekintélyes számú speciális, drága nagyfrekvenciás tranzisztorból épül fel.

A nagyfrekvenciás erősítők tervezése jó néhány éve túlnyomó többségében az S-paraméterekből kiindulva történik. Az S-paraméterek előnye a többi ismert tranzisztor-paraméterrel szemben (pl. H, Y vagy Z) vitathatatlan, hiszen e paraméterek mérési körülményei felelnek meg legjobban a tranzisztor tényleges üzemi állapotának (hullámimpedanciás lezárások). Ma már a nagyfrekvenciás tranzisztorokat előállító cégek többsége ezt a paramétermegadást használja, s az ismert hálózatanalizátorok segítségével is könnyen mérhetőek az S-paraméterek.

Ha egy nagyfrekvenciás tranzisztoros erősítőre a mért vagy megadott S-paraméterekből kiindulva felírjuk az eszközzel elérhető teljesítményerősítést, akkor ez három részre bontható:

$$G_T = G_1 \cdot G_0 \cdot G_2 \quad (1a)$$

Ebből $G_0 = |S_{21}|^2$, ami tulajdonképpen az illesztetlen, hullámimpedanciával mindkét oldalon lezárt tranzisztorral elérhető maximális erősítés. G_1 és G_2 esetében a bonyolult képletet mellőzve, a tranzisztorot egyirányú eszközznek tekintve ($S_{12} = 0$) a következőt kapjuk:

Beérkezett: 1984. X. 30. (#).

SZALAY ISTVÁN

Egyetemi tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán végezte, ahol 1974-ben diplomát kapott a híradástechnika szak műsorközlő ágazatán. Még ebben az évben lépett be az Elektromechanikai Vállalathoz, ahol először tv-adók video fokozataival, valamint távkezelő és automata egységek fejlesztésével foglalkozott. Részt vett több tv-adó telepí-

tési munkáiban, majd 1976-tól a BHG Fejlesztési Intézetben (az EMV jogutódjánál) egy új URH-adó kifejlesztésében (erősáramú elosztó, tápegységek, rendszer). 1978-tól tv átjátszótechnikával foglalkozik. Az 1-10-100 W-os új átjátszócsalád több részegységét fejlesztette ki (vevőegységek, oszcillátorok, erősítők stb.), valamint tevékenyen részt vett a rendszertechnika és a konstrukció kidolgozásában is.

$$G_1 = \frac{1 - |\Gamma|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_s|^2} \quad (1b)$$

ill.

$$G_2 = \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2} \quad (1c)$$

Γ_s , ill. Γ_L a tranzisztor bemenő, ill. kimenő illesztő transzformátorhálózatának tranzisztoroldali reflexiója; S_{11} és S_{22} pedig a tranzisztor bemenő, ill. kimenő reflexiója.

Ebből a szemléletes felírásból látható, hogy egy tranzisztorral elérhető erősítés G_0 -on kívül függ G_1 -től és G_2 -től, ahol G_1 csak bemenőoldali, G_2 pedig csak kimenőoldali paramétereket tartalmaz. Az eszközből kivehető maximális erősítés pedig akkor érhető el, ha $\Gamma_s = S_{11}^*$, $\Gamma_L = S_{22}^*$.

Teljesítményerősítőknél a maximális erősítés azonban nem az egyetlen tervezési szempont, ennél majdnem fontosabb az eszközből kivehető maximális teljesítmény elérése. A bemenő illesztőhálózat méretezése a szükséges bemenő állóhullámarányra csak a tranzisztorból kivehető maximális erősítést célozza. A kimeneten viszont, ha nincs optimálisan illesztve az áramkör, azon túl, hogy kisebb lesz az erősítése, a kivezérelhetősége is csökken. Azaz azonos követelmények mellett (torzítás, intermoduláció stb.) kisebb kimenőteljesítményt ad le, vagy fogalmazható úgy is, hogy azonos kimenőteljesítménynél rosszabb lesz az eszköz, azaz rosszabb lesz a linearitása. Teljesítményerősítők esetében ez legalább olyan fontos kérdés, mint az erősítés. Pl. 10 dB-es reflexiócsillapítású illesztés esetén az erősítésben még észrevehető csökkenés alig következik be, a kivezérelhetőség viszont dB-es nagyságrendben is csökkenhet. Ez a csökkenés az illesztőhálózat felépítésén kívül attól is

függ, hogy mennyire használjuk a tranzisztort a teljesítőképessége határán.

Adva van tehát a feladat: illesszünk optimálisan, azaz zárjuk le a tranzisztort mindkét oldalon komplex konjugált lezárással. Igen ám, de ez több nehézségbe ütközik. Egyrészt gyakorlati korlátai vannak, pl. az illesztőhálózat bonyolultsága, másrészt elvi nehézségek is adódnak. Valójában egy tranzisztort bemenetén és kimenetén optimálisan illeszteni igen bonyolult feladat, amely hagyományos, numerikus módszerekkel alig-alig oldható meg. A nagyobb számítógépek, ill. ma már a személyi számítógépek is rendelkeznek olyan kapacitással, amely alkalmas megfelelő illesztőprogramok írására és befogadására; ezek azonban nem mindenki számára hozzáférhetők, vagy csak igen drágán érhetők el.

Egy kis gyakorlattal azonban, és ma már egyszerűnek mondható programozható kalkulátorral (pl. TI-59 vagy PTK 1096) szintén megoldható a feladat.

Tervezés maximális erősítésre

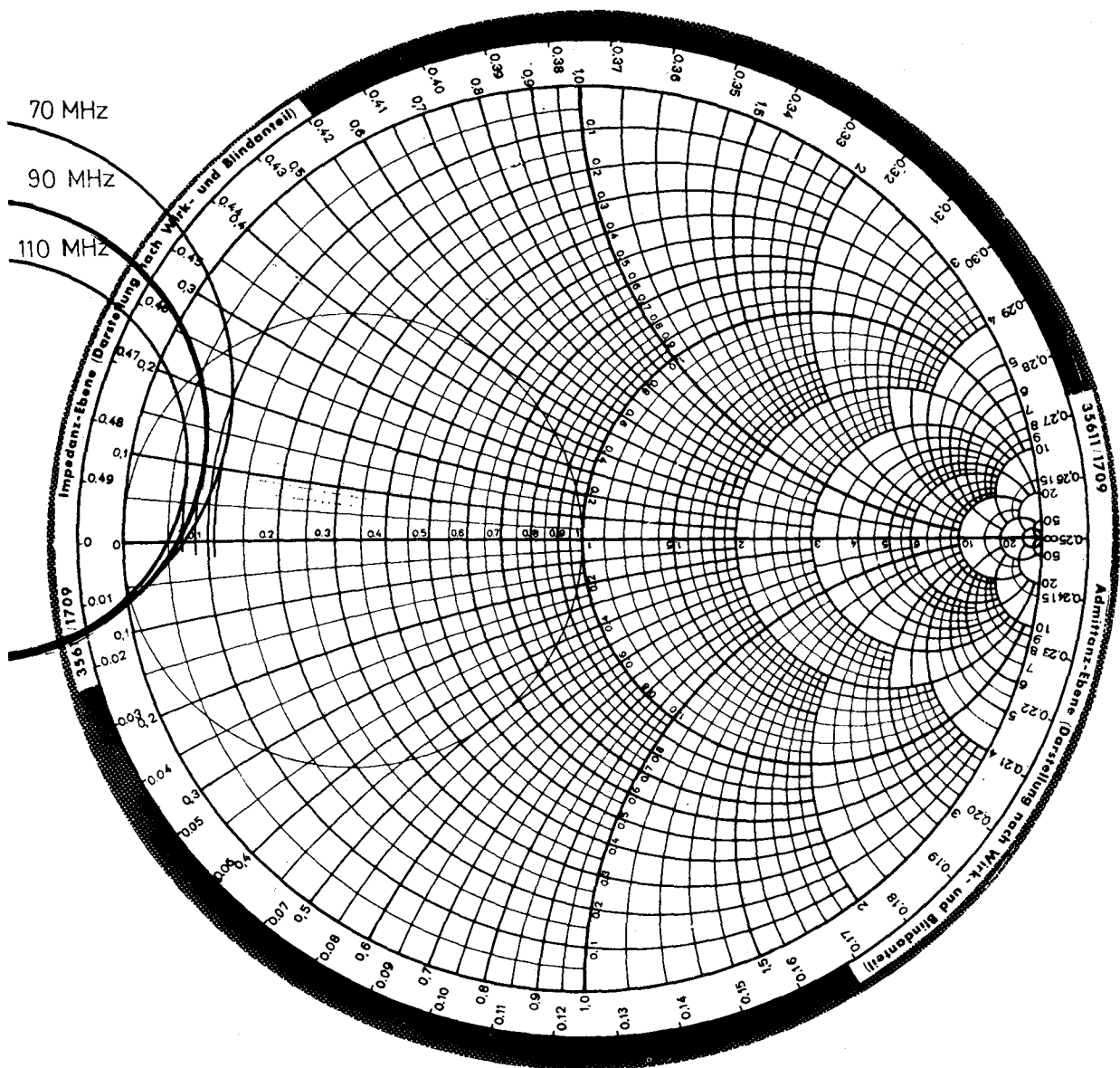
A következőkben egy olyan programsorozatot mutatunk be, amelyet a BHG Fejlesztési Intézet adóberendezés fejlesztési osztályán dolgoztunk ki, s amely segítségével tetszőleges frekvenciasávra tervezhetők szélessávú lineáris erősítők. Hangsúlyozandó, hogy a programok segítségével, tehát a programok „csak” támogatják a tényleges tervezést.

- A tervezés lépései: — stabilitásvizsgálat,
 — az erősítő stabilitási tétele,
 — az optimális lezáróimpedancia meghatározása,
 — a bemenőoldali illesztés tervezése,
 — a kimenőoldali illesztés tervezése,
 — ellenőrzés.

STABILITY CIRCLE			STABILITY CIRCLE			STABILITY CIRCLE		
FREQ. (MHZ)			FREQ. (MHZ)			FREQ. (MHZ)		
70.			90.			110.		
S11	(MAG. ANG.)		S11	(MAG. ANG.)		S11	(MAG. ANG.)	
	0.871			0.871			0.871	
	-175.6			-177.2			-178.8	
S12	(MAG. ANG.)		S12	(MAG. ANG.)		S12	(MAG. ANG.)	
	0.0299			0.031			0.032	
	35.8			38.6			41.8	
S21	(MAG. ANG.)		S21	(MAG. ANG.)		S21	(MAG. ANG.)	
	10.4			8.71			7.24	
	93.6			91.2			88.8	
S22	(MAG. ANG.)		S22	(MAG. ANG.)		S22	(MAG. ANG.)	
	0.398			0.398			0.398	
	-150.4			-152.8			-155.2	
.								
R			R			R		
	1.403	MAG.		1.354	MAG.		1.314	MAG.
	166.	ANG.		169.	ANG.		172.	ANG.
P			P			P		
	0.596			0.506			0.426	
.								
OUTSIDE			OUTSIDE			OUTSIDE		
*			*			*		

1. ábra. Stabilitáskörök számítása

H23-1



$$r_L = \frac{|S_{12} S_{21}|}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

$$\Delta = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21}$$

$$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

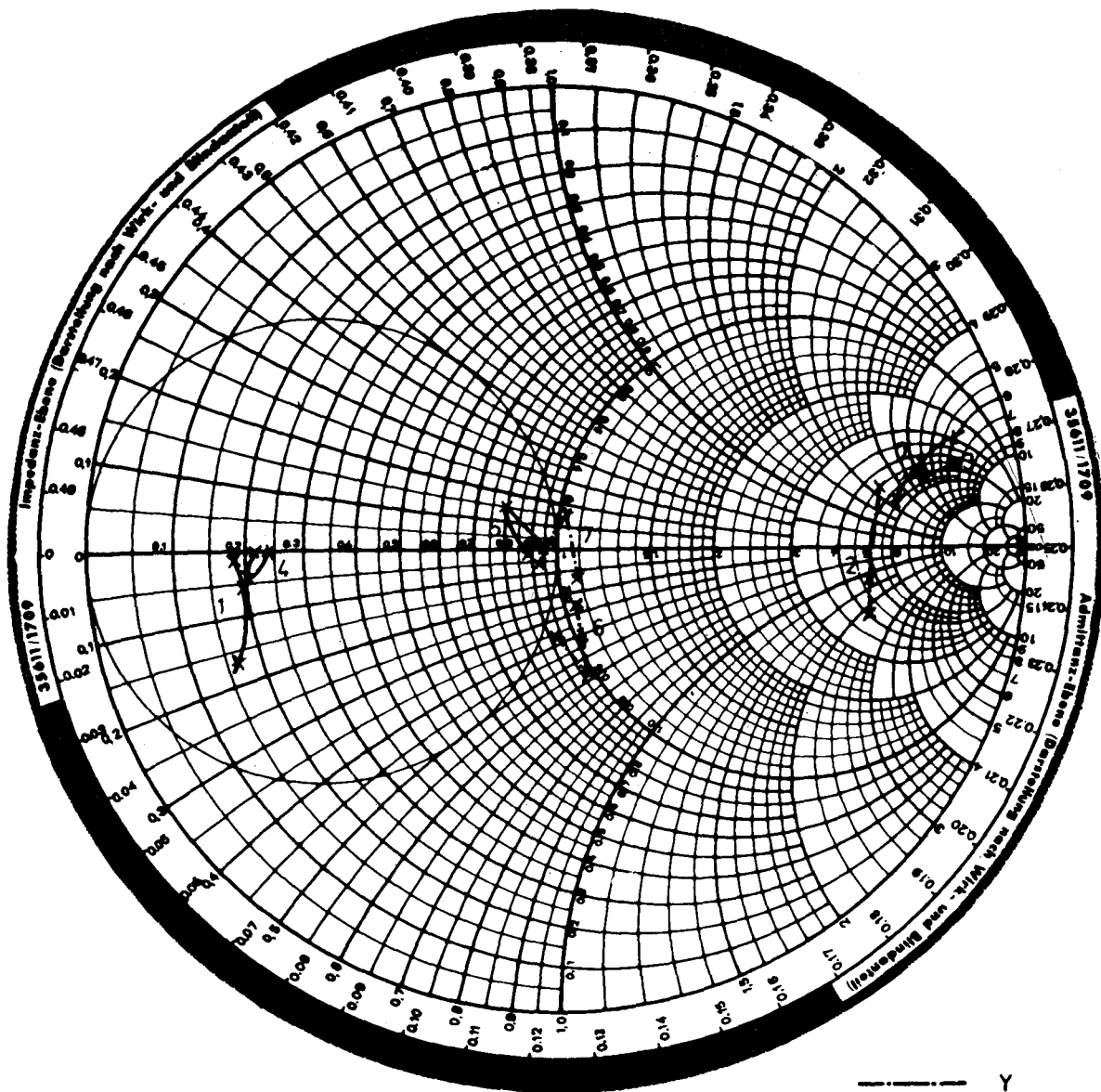
2. ábra. Stabilitáskörök

H23-2

Tervezési példaként vizsgáljuk egy 70...110 MHz frekvenciatartományban működő szélessávú 1 W-os A osztályú erősítő méretezését, amelyhez egy Philips gyártmányú, BLX 93A típusú tranzisztort használ-

tunk fel. A tranzistor S-paramétereit a katalógus tartalmazza.

Az első lépés annak megvizsgálása, hogy stabil lesz-e az erősítő. Egy igazi stabilitásvizsgálat tulaj-



3a ábra. Tervezési lépések

H23-3a

donképpen annak az f_{krit} frekvenciának a meghatározását jelenti, ami alatt a tranzisztor csak feltételesen lesz stabil, azaz csak bizonyos pozitív lezársoknál lesz $Re Z_{be}$ és $Re Z_{ki}$ pozitív. Ha ez az f_{krit} jóval kisebb, mint a tervezett működési sáv, a stabilitásvizsgálat gyakorlatilag elhagyható, s egyszerű módszerekkel biztosíthatjuk, hogy a tranzisztor a működési sáv alatt se gerjedjen (pl. tápellátás). Ha viszont belesik a sávba, vagy annál nagyobb, a tranzisztor nem lesz feltétel nélkül stabil, azaz az előbbi feltétel nem teljesül bármilyen pozitív lezársnál. Ha a tranzisztor alkalmazási adatai nem ismertek, vagy olyan frekvenciasávban kívánjuk alkalmazni, amelyre a katalógus nem ajánlja kifejezetten (pl. alacsonyabb frekvencián, ahol várható, hogy gerjedékeny lesz), akkor feltétlenül kell stabilitásvizsgálatot végezni.

A stabilitásvizsgáló program az ún. stabilitáskörök meghatározásán alapul (1. ábra). A program lekér-

dezi a működési frekvenciasáv néhány frekvenciáján (általában elég három frekvenciaértéket alkalmazni: sávközép és sávszélek) a tranzisztor S-paramétereit. A kalkulátor ennek alapján kiszámítja a stabilitáskörök sugarát és középpontját normalizált alakban. Mint ismeretes, e körökön belüli tartományban válik a tranzisztor instabillá. Ha biztosak akarunk lenni abban, hogy semmilyen körülmények közt nem fog gerjedni az eszköz (feltétel nélküli stabilitás), akkor e köröknek a Smith-diagramon kívül kell elhelyezkedni. Mint a 2. ábrából látható, ez esetben ez nem teljesül.

A stabilitáskörök Smith-diagramon kívülre való tolását a tranzisztor bemenetére csatlakoztatott soros vagy párhuzamos veszteséges elemmel végezhjük el. Ez esetben soros ellenállást alkalmaztunk. Az ellenállás szükséges minimális értékének meghatározása a körök középpontjának és sugarának ismeretében egyszerű módon történhet meg. Jelen esetben az eszköz 6 ohmos soros ellenállással (10%-os

stabilitástartalékkal) feltétel nélkül stabilá tehető a működési sávban.

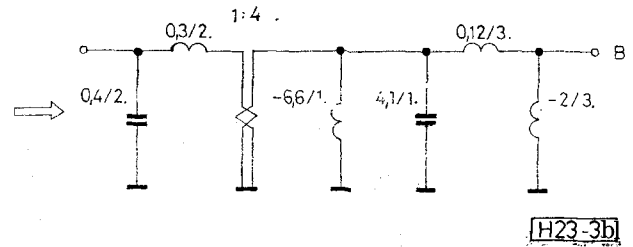
A további számításokhoz szükségünk van a már soros ellenállással megtöltött négy pólus eredő S-paramétereire. Össze kell tehát vonnunk az R ellenállás és a tranzisztor S-paramétereit. Ez célszerűen úgy történhet meg, hogy közben áttérünk T-paraméterekre, mivel az S-paraméterekkel a műveletek nem végezhetőek el egyszerűen. Ebben az esetben viszont a T-mátrixok szorzata adja az eredő paramétereket. A következő programunk ezt az S-T konverziót végzi el. A tranzisztor S-paramétereit beadva a három frekvencián T-paramétereket kapunk. Így már elvégezhető a mátrixszorzás.

A következő program alapján a kalkulátor a T-S konverziót végzi el. Ennek eredményeképpen hozzájutunk az ellenállással megtöltött négy pólus eredő S-paramétereikhez.

Ennek ismeretében elvégezhető az optimális illesztéshez szükséges Z-, Y-, ill. Γ -paraméterek meghatározása. Az S-paraméterek, definíciójuk értelmében, ugyanis csak akkor adják meg — többek között — a tranzisztor bemenő és kimenő reflexióját, ha a tranzisztor a definiált hullámimpedanciával van lezárva. Ha viszont egyik oldalt erre illesztjük, akkor a másik oldalon természetesen már más reflexiós tényezőt fogunk mérni, s ha ezt meg is mérjük, és erre is illesztünk, akkor az előző illesztőáramkör válik használhatatlanná, mert ott lesz más a reflexiós tényező. Az optimális impedanciák meghatározása tehát a tranzisztor mindkét oldalát optimálisan lezáró (illesztő) illesztőhálózat tranzisztor-oldali impedanciáinak vagy Γ -értékeinek meghatározását jelenti. A következő program ezeket az értékeket határozza meg. A program végeredménye a K stabilitási tényező (ez a Linwill-faktor reciproka), az adott frekvencián elérhető maximális erősítés, valamint az előbb említett illesztőhálózat reflexiós tényezői és normalizált impedancia, ill. admittancia adatai. Itt az optimális lezáróimpedanciák mellett látható, hogy K értéke nagyobb, mint 1. Ha nem végeztünk volna az elején stabilitásvizsgálatot, és ennek alapján nem tettük volna stabilá a tranzisztort, ez a program nem futhatott volna le, mert K értéke 1-nél kisebb lett volna. Megjegyzendő azonban, hogy ha K nagyobb, mint 1, ez még nem jelent feltétel nélküli stabilitást, csak feltételes stabilitást a frekvenciasávban. $K > 1$ ugyanis csak szükséges, de nem elégséges feltétele az abszolút stabilitásnak.

Most már hozzáfoghatunk a tényleges illesztőhálózat megtervezéséhez. Itt már a program alkalmazásához, az illesztőhálózat tervezéséhez nem nélkülözhető bizonyos nagyfrekvenciás illesztésben való jártasság. A kalkulátor ugyanis nem helyettünk dolgozik, hanem „segít” a tervezésben.

Az illesztőhálózat tervezése többféleképpen történhet. Pl. úgy, hogy előbb valóssá tesszük a tranzisztor bemenő-, ill. kimenőimpedanciáját, majd a szükséges transzformációs arányra szűrőtáblázatból határozzuk meg a szükséges illesztőhálózatot. Ebben az esetben kalkulátort csak az illesztéstervezés első fázisában használunk. Jelen esetben az illesztőhálózat tervezéséhez semmilyen szűrőtáblázatot nem használunk.

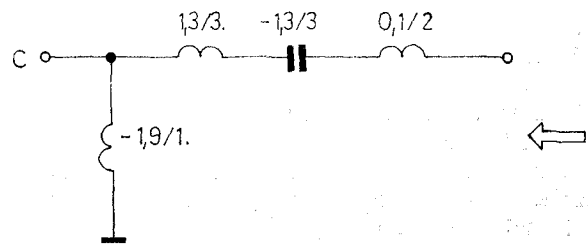


3b ábra. Bemenő illesztő áramkör

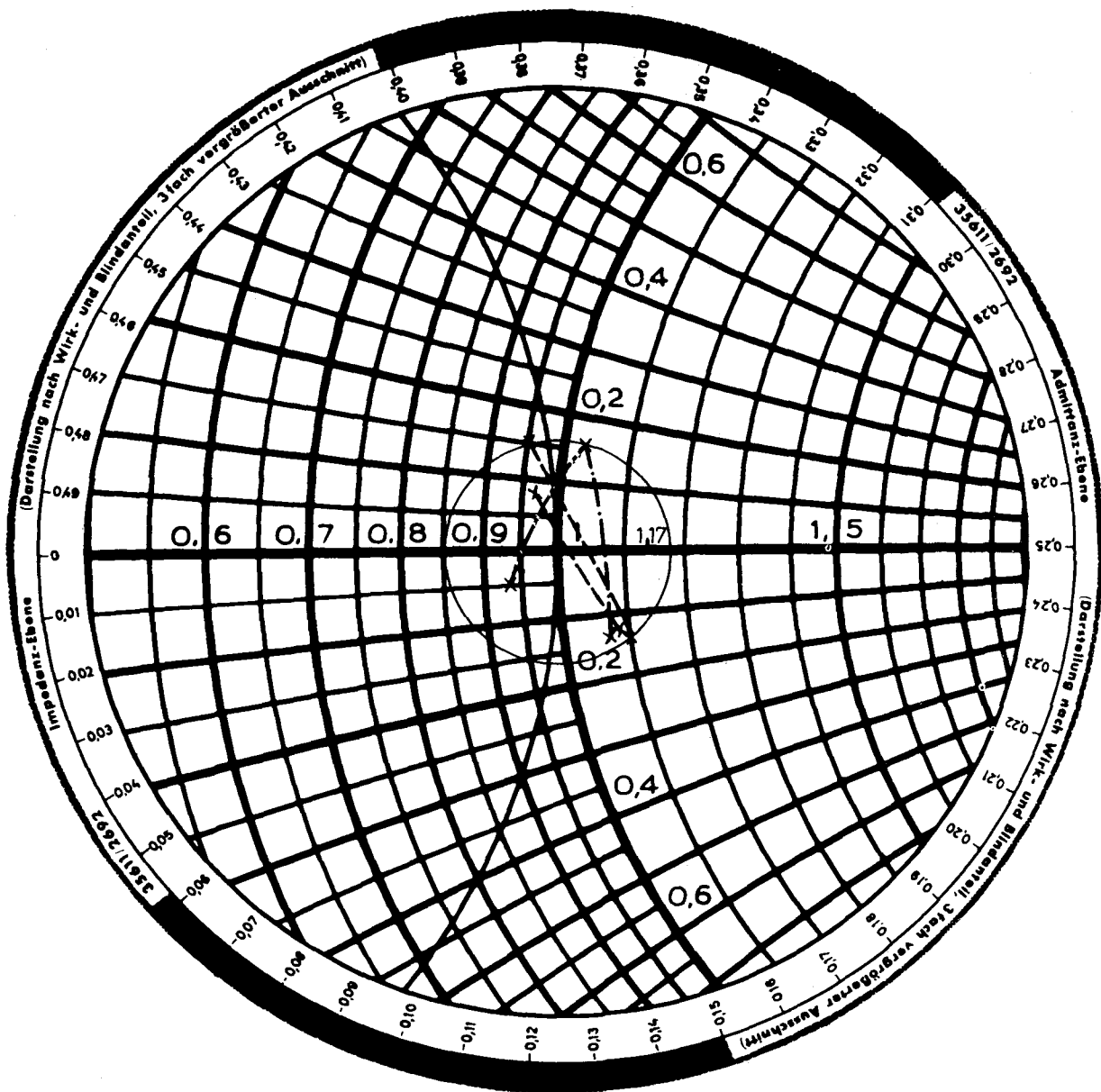
Az optimális lezáróimpedanciákat megadó program végeredményeként kapott impedancia-, ill. admittanciaadatokat felhasználva tervezzük meg az illesztőhálózatot. A tervezés lépésenként történik, a Smith-diagramon figyelemmel kísérve az illesztőhálózat alakulását, ill. az illesztés menetét. A kalkulátor csak a számításokat végzi el helyettünk, a grafikus módszernél sokkal pontosabban, a kézi numerikus módszernél pedig sokkal gyorsabban.

Nézzük meg először a tranzisztor bemenetének illesztését. A program szerint a kalkulátornak meg kell adni az egyszerre kezelt frekvenciaértékek számát. Ez maximálisan öt lehet. Jelen esetben csak a frekvenciasáv már említett három pontján számolunk. Meg kell adni a hullámimpedanciát, majd a frekvenciaértékeket. Ezután azt, hogy impedanciából vagy admittanciából akarunk-e kiindulni, s az egyes frekvenciákon ezután be kell írni a megfelelő értékeket.

Az illesztőáramkör szintéziséhez minden lépésnél meg kell adni a frekvenciát (mivel normalizált értékekkel folyik a tervezés), s utána lehet a megfelelő tolélemet beadni. Ez lehet pozitív vagy negatív előjelű szuszceptancia vagy admittancia, valós elem, transzformátor (amelyet az impedancia áttételével kell megadni), valamint tápvonal hosszával és impedanciájával jellemezve. A szintézis minden lépése után kinyomtatható az éppen aktuális bemenőimpedancia, ill. -admittancia, s az eredmény a Smith-diagramon rögtön felrajzolható annak érdekében, hogy vizuálisan lássuk, hol tartunk az illesztésben. A program bonyolultsága miatt (tárhiány) a beadott értékeket (frekvenciát és tolélemet) lépésről lépésre nekünk kell felrajzolni. A gép ugyan tárolja, de ki nem nyomtatja. Maximálisan nyolc illesztőelemet képes tárolni. Ha valamelyik lépés után, annak helytelenségéről meggyőződve, egy vagy több lépéssel vissza akarunk lépni, akkor ezt kódolt CLEAR jelzéssel jelezzük a kalkulátornak. Ezután az utolsó nem törölt értéktől, az eredeti impedanciáról vagy admittanciáról folytathatjuk a szintézist. Admittan-



4. ábra. Kimenő illesztő áramkör



ciáról impedanciára és viszont természetesen bármely programlépés után át lehet térni. Az illesztő-áramkör szintézist addig végezzük, amíg az előírt, szükséges Γ -körön belülre nem kerülünk. Hogy ezt hány lépéssel és milyen bonyolult áramkörral érjük el, a követelményeken és a tranzisztor adatain kívül természetesen függ a gyakorlatunktól is. Jelen esetben a végeredmény egy hételemes illesztőhálózat, amelyet a 3b. ábrán normalizált értékekkel és a viszonyítási frekvenciákkal együtt láthatunk. Ugyancsak láthatjuk a Smith-diagramon a szintézis egyes lépéseinek eredményét is (3a. ábra).

A tranzisztor kimeneti illesztése ugyanilyen módon történik, csak jelen esetben jóval kevesebb illesztőelemmel. A végeredmény pedig egy négyelemes illesztőhálózat, amely háromelemessé vonható össze (4. ábra).

A végeredményként kapott bemenő- és kimenő-impedanciákat nyújtott Smith-diagramon az 5. ábrán

Bemenőimpedancia

Kimenőimpedancia

H23-5

5. ábra. 70–100 MHz-es erősítő bemenő és kimenő impedanciája

láthatjuk. Itt látható ugyancsak az is, hogy az állóhullámarány mind a bemeneten, mind a kimeneten 1,17-es belül van.

A gép a betáplált tolélemekeket tárolja. Ennek a törlési lehetőségen kívül még egy előnye van, amelynek a későbbiekben kívánjuk hasznát venni. Kidol-

CORR. MATCH. / 0	FREQ. (MHZ)		CORR. MATCH. / 0	FREQ. (MHZ)		CORR. MATCH. / 0	FREQ. (MHZ)	
	470.			636.			860.	
S11	(MAG. ANG.)		S11	(MAG. ANG.)		S11	(MAG. ANG.)	
	0.68			0.68			0.69	
	167.			154.			141.	
S12	(MAG. ANG.)		S12	(MAG. ANG.)		S12	(MAG. ANG.)	
	0.06			0.07			0.08	
	35.			38.			40.	
S21	(MAG. ANG.)		S21	(MAG. ANG.)		S21	(MAG. ANG.)	
	4.2			3.3			2.4	
	72.			58.			43.	
S22	(MAG. ANG.)		S22	(MAG. ANG.)		S22	(MAG. ANG.)	
	0.32			0.34			0.4	
	-128.			-131.			-133.	
Z'S	(RE. IM.)		Z'S	(RE. IM.)		Z'S	(RE. IM.)	
	0.12			0.17			1.18	
	-0.61			-0.23			0.18	
Γ L	0.146	MAG.	Γ L	0.533	MAG.	Γ L	0.396	MAG.
	69.	ANG.		95.	ANG.		136.	ANG.
Z*L	1.065	RE.	Z*L	0.522	RE.	Z*L	0.489	RE.
	0.297	IM.		0.775	IM.		0.319	IM.
Y*L	0.871	RE.	Y*L	0.598	RE.	Y*L	1.434	RE.
	-0.243	IM.		-0.887	IM.		-0.936	IM.
*			*			*		

6. ábra. Korrigált kimeneti illesztés I/O adatai

H23-6

gozás alatt áll ugyanis az a részprogram, amely a normalizált alakban tárolt elemeket a méretezés befejezése után átszámolja tényleges értékekre, és sorban kiírja az illesztőhálózat elemeit.

A számítások ellenőrzésére szolgál a négy pólusok átvitelét vizsgáló program. E program használatához szükséges az illesztőhálózat gráfja és a tényleges elemértékek ismerete, valamint egy egyszerű kódrendszer, amely segítségével a kiszámolt hálózatot betáplálhatjuk a gépbe. Első lépésként a hálózat gráfját kell beadni, majd az elemértékeket. Természetesen a tranzistor helyettesítőképének is szere-

pelnie kell benne. A program ennek alapján a bemenő, ill. a kimenő illesztőhálózatra kiírja a veszteséget az elméletileg optimálisan illesztett erősítőhöz képest. Ezzel ellenőrizhetjük, hogy az illesztőhálózat tervezése helyes volt-e, vagy esetleg azt is, hogy nem követtünk-e el valamilyen hibát a normalizált elemértékeknek tényleges elemértékekre való átszámítása során (ez utóbbi természetesen csak kézi számítás esetén). A program végeredményeként még a futási idő is megjelenik, de ezt jelen esetben nem használjuk fel. (A program I/O adatait terjedelmük miatt nem közöljük.)

Tervezés konstans erősítésre

Szólni kell még néhány szót az elillesztett erősítők tervezéséről is. Tudvalevő ugyanis, hogy a nagyfrekvenciás tranzisztorok erősítése a frekvencia növekedésével általában 6 dB/okt. meredekséggel csökken. Ezt kompenzálni csak úgy lehet, hogy valamelyik illesztőhálózattal nem optimálisan illesztünk, hanem a frekvencia csökkenésével elillesztjük a tranzisztort (teljesítményerősítőknél a kivezélhetőség érdekében a bemeneten szokásos). Így a tranzisztor csak a sáv tetején van optimálisan illesztve, s ettől lefelé az elillesztés mértéke oly módon nő, hogy a reflexió következtében fellépő veszteség éppen kompenzálja az $|S_{21}|$ növekedését. A bemeneti reflexió azért nem okoz problémát, mert ezeket az eszközöket általában 3 dB-es hibridekkel összekapcsolva paralel szokták üzemeltetni, s ilyenkor a hibrid bemenetén — ha a két erősítő közel egyforma — kis reflexió jelenik meg, a reflektált jelet a balaszt ellenállás emészti fel.

Ezt a tervezést egy $iV-V$. sávi erősítő rövid tervezési példáján mutatjuk be. A felhasznált eszköz BLW 32 típusú Philips gyártmányú tranzisztor, amelynek S-paramétereit mérésrel határoztuk meg.

A tervezéshez két további program szükséges. Egyrészt meg kell határozni a konstans erősítésű köröket, azaz azokat a köröket, amelyek mentén haladva, egy adott frekvencián az erősítés állandó marad. A program egy-egy frekvencián lekérdezi a tranzisztor S-paramétereit, valamint a kívánt erősítést. Ezt az erősítést úgy kaphatjuk meg, hogy az optimális illesztéshez szükséges programot felhasználva a legnagyobb üzemi frekvencián (esetünkben 860 MHz-en) kiszámítatjuk az elérhető maximális erősítést. Ezt az értéket vagy ennél valamivel keve-

sebbet kell a továbbiakban, mint lehető legnagyobb konstans erősítést elfogadnunk. A konstans erősítésű körök ismeretében már lehet méretezni az elillesztőhálózatot táblázatból vagy a „Smith-program”-ot felhasználva. A bemeneti hálózat után a kimeneti illesztőhálózatot kell méreteznünk, ezt viszont már optimális illesztésre. Ehhez viszont előbb ki kell számítani a bemenet illesztetlensége folytán megváltozott új, optimálisan illesztendő kimenőimpedanciát. Ezt végzi el a következő program (6. ábra), amely a frekvenciasáv tetszőleges frekvenciáján számítja ki a bemeneti illesztőhálózat Γ vagy Z adataiból és az eredeti S-paraméterekből a kimenet optimális illesztéséhez szükséges korrigált paramétereket. Az illesztés realizálása ezek után már azonos lehet a már bemutatott ii. sávi erősítő illesztésével.

Ezzel az erősítőméretezéshez szükséges program-sorozat ismertetésének a végére értünk. Befejezőként hangsúlyozni kívánjuk, hogy a bemutatott programok különösen azok számára hasznosíthatók jól, akik esetenként foglalkoznak erősítőtervezéssel, s e munkájukhoz nem áll rendelkezésükre megfelelő apparátus (software és hardware). A programsorozat ugyanakkor jó alapját képezheti egy későbbi — nagyobb gépre megírandó — komplett programnak is.

I R O D A L O M

- [1] Szalay—Sziebold—Szombati: S-paraméteres erősítőtervezés programozható kalkulátorral (HTE előadásanyag, 1984. május).
- [2] S-parameter Design (HP Application Note 154).
- [3] S-parameter Techniques for Faster More Accurate Network Design (HP Application Note 95-1).
- [4] Program collection HP-65, E.E. Pac 2.