

HÍRADÁS- TECHNIKA



A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

12

HÍRADÁS- TECHNIKA

1968. december, XIX. évfolyam, 12. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

DR. GÉHER KÁROLY: Érzékenységi módszerek a hálózatelméletben	353
DR. BUDINCSEVITS ANDOR: Termokompressziós kötések	366
Makó Zoltán kitüntetése	365
Hálózatelméleti nyári iskola — Prága	370
Párisi Híradástechnikai Alkatrész Kiállítás	372
Újdonságok a zürichi rádió- és tv-kiállításon	376
SZILÁGYI SÁNDOR: Az „RA” távbeszélő alközpontcsalád	379
Tartalmi összefoglalások	383
Обобщения	383
Zusammenfassungen	383
Summaries	383
Résumé	384

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA szerkesztő, SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, FLESCHE ISTVÁN, RUPPENTHAL PÉTER, VÁSÁRHELYI PÁL szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest, V., Szabadság tér 5—6. III. em. 320. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS, a műszaki tudományok doktora, KÓMÜVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VIG ISTVÁN

INDEX: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hirlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 33 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. Csekk számlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,036 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” P. O. B. 149 Budapest 62.

68.1489 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató



Dr. GÉHER KÁROLY

a műszaki tudományok kandidátusa
BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszék

Érzékenységi módszerek a hálózatelméletben*

ETO 621.372.2.001.2

A hálózatfüggvényeket az idő, a frekvencia és a komplex frekvenciatartományon kívül az áramköri paraméterek tartományában is vizsgálhatjuk (1. ábra). Ebben az esetben az $y=y(x_1, x_2, \dots, x_N)$ hálózatfüggvényen kívül — ahol N az áramköri paraméterek számát jelöli — a hálózatfüggvény parciális differenciálhányadosának kitüntetett szerep jut. Az

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (1)$$

parciális differenciálhányados a hálózatfüggvény abszolút toleranciaérzékenysége, amit a következőkben egyszerűen *érzékenységnek* nevezünk. Az áramköri paramétereknek természetes vagy mesterséges megváltozása a műszaki élet mindennapos jelensége, ezért érthető, hogy az érzékenység tulajdonságainak megismerése fontos feladatunk.

Bode úttörő munkáját követve az érzékenység témaköre több könyvben helyet kapott, melyek közül elsősorban Сигорский, Horowitz és Kuh-Rohrer munkáit ajánljuk az érdeklődők figyelmébe [63, 21, 30]. Az utóbbi években napvilágot látott néhány olyan könyv is, amelyek kizárólag toleranciával és érzékenységgel foglalkoznak [18, 50, 65]. E dolgozat irodalmi hivatkozásainak pusztán száma jól érzékelteti a témakörben mutatkozó tudományos aktivitást. Különösen figyelemre méltó, hogy az érzékenység rendszeresen szerepel az Annual Allerton Conference on Circuit and System Theory programjában [49]. A toleranciák problémájának az IMEKO 1967-ben Varsóban tartott konferenciáján több előadást és kerekasztal konferenciát szenteltek [24, 37, 53, 55]. Az ETAN 1968 augusztusában másodszer rendez nemzetközi symposiumot az érzékenységről Dubrovnikban [50, 57]. Az International Scientific Radio Union (URSI) pedig az 1969-es nagygyűlésének tudományos programjába kívánja iktatni a kérdés megvitatását [61].

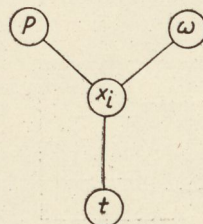
E sorok írójának már az 1965-ben megrendezett Hálózatelméleti Nyári Iskolán lehetősége volt a lineáris hálózatok toleranciájáról és érzékenységéről beszámolnia [10]. A dolgozat angol nyelven kívül magyarul változatlan formában, német nyelven rövidített alakban megjelent [11, 12] és időközben sok egyszerű példa kidolgozásával bővült [8].

Most figyelmünket először az áramköri paraméterek tartományára koncentráljuk. Az 1. fejezetben a bilineáris tételt általánosítjuk és így az áramköri elemektől való függésre bikvadratikus kifejezést kapunk. A 2. fejezetben megmutatjuk, hogy az $S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}$ érzékenység a hálózat *alapszámított tulajdonsága* és differenciálás nélkül közvetett úton meghatározható. Ezt a fontos eredményt különböző leírás módok (hibrid, állapotváltozó, reflexiós mátrix, hatásgráf) eseteire külön megvilágítjuk. Rátérünk S_i fizikailag megengedett függvényeinek a megállapítására, majd rámutatunk az érzékenység és a futási idő kapcsolatára. Az alkalmazások áttekintését a tolerancia-számítással kezdjük (3. fejezet). A változtatható paraméterű hálózatok tárgyalása után végezetül bemutatunk egy iteratív szintézis eljárást, mely a toleranciaérzékenységen és a lineáris programozáson alapul.

1. Az áramköri paraméterek tartománya

1.1. A bilineáris tétel

A hálózatfüggvénynek a legegyszerűbb esetben csupán az R , L és C áramköri elemektől való füg-



[H970-6K1]

1. ábra

* A szerzőnek a Csehszlovák Tudományos Akadémia által rendezett Hálózatelméleti Nyári Iskolán (Prága, 1968. jún. 28—júl. 12.) elhangzott előadása.

gését vizsgáljuk. Ha a 2. ábrának megfelelően a két-pólusú áramköri elemet a hálózatból kiemeljük, akkor egy Z impedanciával lezárt négy-pólust kapunk. A négy-pólus és a lezárás egyenleteit felírva az

$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\ U_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \\ -U_2 &= ZI_2 \end{aligned} \quad (2)$$

egyenletrendszert kapjuk, amit a $Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$ impedanciára megoldva, a következő ismert eredményt kapjuk:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{U_1}{I_1} = \frac{\Delta_z + ZZ_{11}}{Z_{22} + Z} = \frac{a(p) + Zb(b)}{c(p) + Zd(p)} \\ &= \frac{A(p) + xB(p)}{C(p) + xD(p)} \end{aligned} \quad (3)$$

Z_1 rögzített x esetén a p komplex frekvencia pozitív reális függvénye. Rögzített p esetén Z_1 az x áramköri elemek lineáris törtfüggvénye. Ez a bilineáris összefüggés transzfer függvényre is érvényes. Ebben az esetben a kétpólusú áramköri elem kiemelése a 3. ábrán látható módon egy hatpólusú vizsgálatára vezet. A vonatkozó egyenletrendszer:

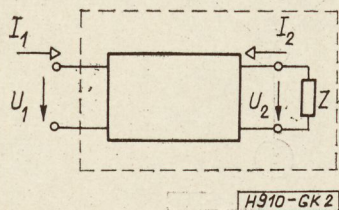
$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + Z_{13}I_3 \\ U_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + Z_{23}I_3 \\ U_3 &= Z_{31}I_1 + Z_{32}I_2 + Z_{33}I_3 \\ I_2 &= 0 \\ U_3 &= -ZI_3 \end{aligned} \quad (4)$$

A transzfer függvény két determináns hányadosa. Mindegyik determinánsban Z csupán egyszer szerepel, tehát a hálózatfüggvény Z -nek, és így x -nek is lineáris törtfüggvénye lesz:

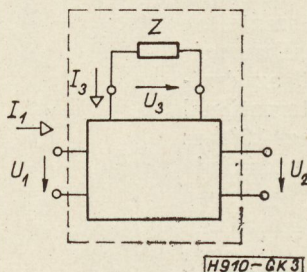
$$F = \frac{a(p) + Zb(p)}{c(p) + Zd(p)} = \frac{A(p) + xB(p)}{C(p) + xD(p)} \quad (5)$$

Az (5) kifejezésnek, mint körtartó konform leképezésnek matematikai tulajdonságai jól ismertek és a kördiagramok formájában széleskörűen felhasználásra kerülnek. A fizikai tartalom megvilágítása érdekében az x áramköri elem alkalmas megválasztásával állítsuk elő a $Z=0$ és $Z=\infty$ eseteket. Ekkor

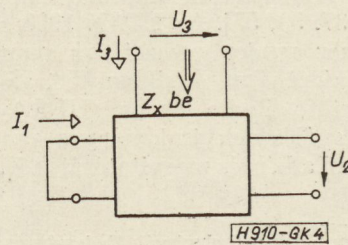
$$\begin{aligned} F(0) &= \frac{a}{c} & a &= F(0)c \\ F(\infty) &= \frac{b}{d} & b &= F(\infty)d \end{aligned} \quad (6)$$



2. ábra



3. ábra



4. ábra

Ezt (5)-be helyettesítve

$$F = \frac{F(0)c + ZF(\infty)d}{c + Zd} = \frac{F(0)\frac{c}{d} + ZF(\infty)}{\frac{c}{d} + Z} \quad (7)$$

A Z impedancia felől számított Thevenin bemenő impedanciát (4. ábra) jelöljük Z_{xbe} -vel. A (4) egyenletrendszer alapján rövid számolás után kapjuk, hogy

$$Z_{xbe} = \frac{U_3}{I_3} \Bigg|_{\substack{U_1=0 \\ I_1=0}} = Z_{33} - Z_{31} \frac{Z_{13}}{Z_{11}} \quad (8)$$

Az $F = \frac{U_2}{U_1}$ hálózatfüggvény pólusait szintén a (4) egyenlet alapján a

$$\begin{vmatrix} Z_{11} & Z_{13} & 0 \\ Z_{21} & Z_{23} & -1 \\ Z_{31} & (Z_{33} + Z) & 0 \end{vmatrix} = 0 \quad (9)$$

determinánsból a

$$Z = -\left(Z_{33} - \frac{Z_{13}Z_{31}}{Z_{11}} \right) = -Z_{xbe} \quad (10)$$

kifejezés szolgáltatja. A (7) egyenlet nevezőjének és a (10) kifejezés összehasonlítása mutatja, hogy

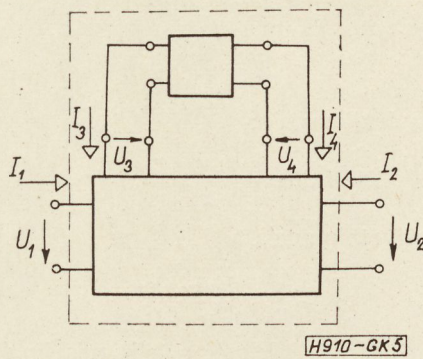
$$\frac{c}{d} = Z_{xbe} \quad (11)$$

vagyis a Z impedancia felől számított Thevenin bemenő impedancia. Ezzel a bilineáris tétel fizikai tartalmát jól kifejező

$$F = \frac{Z_{xbe}F(0) + ZF(\infty)}{Z_{xbe} + Z} \quad (12)$$

összefüggést kapjuk.

A hálózatfüggvény a vezérelt generátoroknak is bilineáris függvénye. Az állítás igazolása érdekében elegendő a négy-pólusú áramköri elemeket az eredeti négy-pólusból kiemelni. Így egy négy-pólussal lezárt nyolcpólusra jutunk (5. ábra). Például feszültség-



5. ábra

vezérelt feszültséggenerátor esetén a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + Z_{13}I_3 + Z_{14}I_4 \\ U_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + Z_{23}I_3 + Z_{24}I_4 \\ U_3 &= Z_{31}I_1 + Z_{32}I_2 + Z_{33}I_3 + Z_{34}I_4 \\ U_4 &= Z_{41}I_1 + Z_{42}I_2 + Z_{43}I_3 + Z_{44}I_4 \\ I_2 &= 0 \\ I_3 &= 0 \\ U_4 &= \mu U_3 \end{aligned} \quad (13)$$

Ha az egyenletrendszert determinánsokkal megoldjuk, akkor μ csak egyszer szerepel a determinánsokban. Tehát ismét a bilineáris összefüggést kapjuk:

$$F = \frac{a + \mu b}{c + \mu d} = \frac{A + xB}{c + xD} \quad (14)$$

Végeredményben megállapíthatjuk, hogy mind a bemeneti, mind a transzfer függvények az R, L, C kétpólusú áramköri elemeknek és a vezérelt generatoroknak lineáris tört függvényei. Ez a nevezetes Bode-féle bilineáris tétel. Jelentőségét nem lehet elegendően hangsúlyozni. Értelmezésével még napjainkban is több értékes dolgozat foglalkozik [43, 60].

1.2. A bikvadratikus tétel

Az R, L, C és a vezérelt generátorokon kívül a hálózatelméletben elterjedten használjuk az ideális transzformátort, az ideális girátort és az ideális negatív impedanciakonvertert. Ezen ideális áramköri elemek tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze [4]. Természetesen felvetődik a kérdés, hogy milyen módon függ a hálózatfüggvény a transzformátor áttételétől, a girátor ellenállásától és a ne-

1. táblázat

transzformátor IT	$U_2 = nU_1$ $I_1 = -nI_2$	$Z_{1be} = \frac{Z_2}{n^2}$	passzív reciprok
girátor IG	$U_1 = qI_2$ $U_2 = -qI_1$	$Z_{1be} = \frac{q^2}{Z_2}$	passzív nonreciprok
negatív impedancia konverter NIC	$U_1 = kU_2$ $I_2 = kI_1$	$Z_{1be} = -k^2Z_2$	aktív nonreciprok

gativ impedancia konverter konverziós tényezőjétől. A 6. ábra alapján a kérdésre egyszerűen válaszolhatunk [16]. A négy-pólusú áramköri elemeket emeljük ugyanis ki az eredeti négy-pólusból. Így egy négy-pólusú lezárt nyolcpólusra jutunk, melynek egyenletei pl. ideális transzformátor esetén a következők:

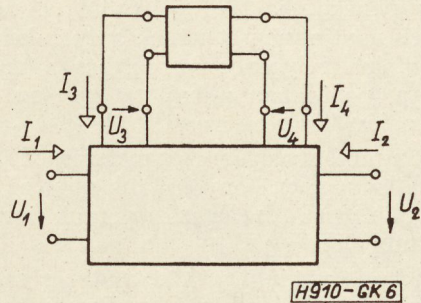
$$\begin{aligned} U_1 &= Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + Z_{13}I_3 + Z_{14}I_4 \\ U_2 &= Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + Z_{23}I_3 + Z_{24}I_4 \\ U_3 &= Z_{31}I_1 + Z_{32}I_2 + Z_{33}I_3 + Z_{34}I_4 \\ U_4 &= Z_{41}I_1 + Z_{42}I_2 + Z_{43}I_3 + Z_{44}I_4 \\ I_2 &= 0 \\ U_4 &= nU_3 \\ I_3 &= -nI_4 \end{aligned} \quad (15)$$

A hálózatfüggvényben szereplő determinánsokban most n mellett n^2 is fog szerepelni, tehát a hálózatfüggvény alakja:

$$F = \frac{a + nb + n^2c}{d + ne + n^2g} = \frac{A + xB + x^2C}{D + xE + x^2G} \quad (16)$$

Hasonló módon bikvadratikus összefüggést kapunk a girátor ellenállásától és a konverziós tényezőtől való függésre:

$$F(p, x) = \frac{A(p) + xB(p) + x^2C(p)}{D(p) + xE(p) + x^2G(p)} \quad (17)$$



6. ábra

(17) az áramköri elemektől való legáltalánosabb összefüggést mutatja, amely ideális transzformátor, ideális girátor vagy ideális negatív impedancia konverter esetén fordul elő. R, L, C és vezérelt generátor esetén az egyszerűbb (5) bilineáris kapcsolatra jutunk.

1.3. Gyök-helygörbék

A gyök-helygörbék segítségével az

$$A(p) + xB(p) = 0 \quad (18)$$

egyenlet gyökeinek változását vizsgálhatjuk az x áramköri elem függvényében. A (18) alakú gyök-helygörbék vizsgálata az automatikában széleskörűen elterjedt [21], hálózatelméleti alkalmazásra a [10, 11] irodalmi hivatkozásokban is találunk utalást, és pl. [55]-ben gyakorlati hatékony felhasználást. A (18) alakú egyenlettel vizsgálhatjuk a bilineáris tételt kielégítő áramköri elemek változásának hatását a hálózatfüggvény pólusaira és zérusaira.

A (17) bikvadratikus összefüggés azonban megkí-
vánja a gyök-helygörbék általánosítását az

$$A(p) + xB(p) + x^2C(p) = 0 \quad (19)$$

esetre is. Ily módon lehetővé válik a pólusok és zé-
rusok változásának a vizsgálata a transzformátor-
áttétel, a girátorellenállás és a konverziós tényező
függvényében.

A bizonyítások részletezése nélkül összefoglaljuk a
gyök-helygörbék általánosított tulajdonságait [13,
28]. A (19) másodfokú gyök-helygörcbe több eset-
ben a (18) elsőfokú gyök-helygörcbére redukálható.
Ez fordul elő akkor, ha (19) valamelyik tagja zérus,
vagy két tag polinom szorzója megegyezik. Ha
 $B^2(p) - 4A(p)C(p) = D^2(p)$, vagyis egy polinom négy-
zete, akkor a másodfokú gyök-helygörcbe két elsőfokú
gyök-helygörcbe szorzatára vezethető vissza. Az első-
fokú esethez hasonlóan érvényesek a következő sza-
bályok. $x=0$ -nál a gyök-helygörcbe $A(p)$ gyökeiből
indul és $x=\infty$ esetén $C(p)$ gyökeiben végződik. A
szétválasztható részek száma megegyezik $A(p)$, $B(p)$
és $C(p)$ fokszámai közül a legnagyobbal. A valós
tengelyen fekvő pontokra vonatkozóan megállapít-
hatjuk, hogy a gyök-helygörcbe egyszeres részei azok
a szakaszok, amelyekre $A(p)$ és $C(p)$ előjele ellen-
tétetes. Ezt A_0 és C_0 előjeléből és $A(p)$ gyökeinek va-
lamint $C(p)$ gyökeinek számából határozhatjuk meg.
Azon pontok, amelyeknél $A(p)$ és $C(p)$ előjele meg-
egyezik és $B(p)$ előjele ezzel ellentétetes, a helygörcbe
kétszeres pontjai, ha $|B|^2 \geq 4|C||A|$. A valós ten-
gely egyéb pontjai nem lehetnek a gyök-helygörcbén.
A másodfokú helygörcbe kezdeti és végpontjaira,
ezekben a pontokban a hajlásszögre az elsőfokú
esettel analóg képletek vezethetők le.

Az aszimptóták szögének és metszéspontjának ki-
számítása lényegesen bonyolultabb mint az elsőfokú
gyök-helygörcbénél. Az elágazási pontok számítása is
bonyolultabb lesz.

A [28] irodalom több példát mutat a másodfokú
gyök-helygörcbék készítésére. Az illusztratív példák
transzformátort, girátort, negatív impedanciakon-
vertert és potenciométert tartalmaznak. Az utóbbi-
nál a bikvadratikus összefüggés a potenciométer ellen-
állások közös paraméterezéséből $-x$ és $(R-x)$ —
adódik. A gyök-helygörcbék tehát nemcsak elsőfokú
esetben hasznosak, hanem másodfokú esetben is jó
segítséget nyújtanak. Erre az általánosításra min-
dig szükség van, ha a hálózatunk ideális transzfor-
mátort, ideális girátort vagy ideális negatív impe-
danciakonvertert tartalmaz. A gyök-helygörcbék ha-
tékonyságát mutatja, hogy a módszert elosztott pa-
raméterű RC hálózatokra [25] és időben változó
paraméterű áramkörökre [52] is általánosították.

2. Érzékenység

2.1. Definíciók

A félreértések elkerülése céljából néhány definíciót
ismertetünk. Az $y = y(x_1, x_2, \dots, x_N)$ hálózatjellemező
érzékenysége:

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}$$

A hálózatjellemező toleranciája:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^N S_i \Delta x_i \quad (20)$$

A relatív érzékenység:

$$S_i = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} = \frac{x_i}{y} S_i \quad (21)$$

és a relatív tolerancia

$$\frac{\Delta y}{y} = \sum_{i=1}^N S_i \frac{\Delta x_i}{x_i} \quad (22)$$

Ezenkívül használjuk még a félig relatív érzékeny-
ségeket:

$$Q_i = \frac{\partial \ln y}{\partial x_i} = \frac{1}{y} S_i \quad (23)$$

$$Q'_i = \frac{\partial y}{\partial \ln x_i} = x_i S_i \quad (24)$$

A különböző érzékenységek egymásba kölcsönö-
sen átszámíthatók és célszerűségi szempontok dön-
tik el, hogy mikor melyiket használjuk. Bármelyik-
nek kizárólagos használata kényelmetlenséget okoz-
na.

2.2. Az érzékenységek közvetett meghatározása

Az érzékenységek közvetlen meghatározása a dif-
ferenciálás elvégzésével történik. Bonyolultabb áram-
köröknél ez nagyon nehézkes és ezért sok esetben
célszerű a hálózatelméleti tételek alapján történő
közvetett érzékenységi meghatározása.

Az

$$F = \frac{Z_{xbe} F(0) + ZF(\infty)}{Z_{xbe} + Z} \quad (25)$$

bilineáris összefüggést Z szerint differenciálva:

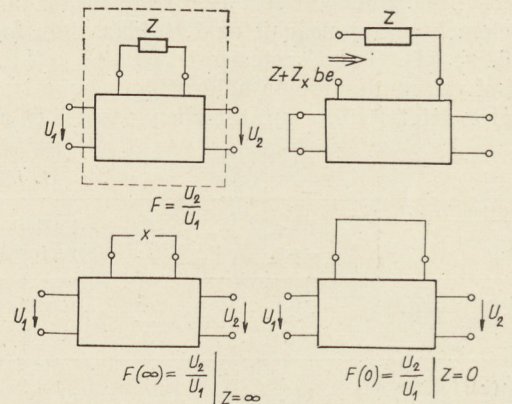
$$S = \frac{\partial F}{\partial Z} = Z_{xbe} \frac{F(\infty) - F(0)}{(Z_{xbe} + Z)^2} \quad (25)$$

(23) felhasználásával a félig relatív érzékenység

$$Q = \frac{\partial \ln F}{\partial Z} = Z_{xbe} \frac{F(\infty) - F(0)}{(Z_{xbe} + Z)[Z_{xbe} F(0) + ZF(\infty)]} \quad (26)$$

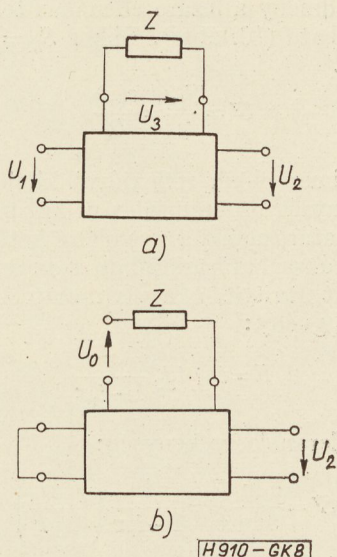
Látjuk, hogy az érzékenységek képletében Z_{xbe} ,
 $F(\infty)$, $F(0)$ és Z szerepel.

A 7. ábrán látható ábrarozzat a képletekben elő-
forduló mennyiségek értelmezését mutatja.



7. ábra

[H 970-0K7]



8. ábra

$F(\infty)=0$ esetben az

$$S = -\frac{Z_{x_{be}}F(0)}{(Z_{x_{be}}+Z)^2} \quad \text{illetve} \quad Q = -\frac{1}{Z_{x_{be}}+Z} \quad (27)$$

egyszerű összefüggést kapjuk. $F(0)=0$ esetén pedig

$$S = \frac{Z_{x_{be}}F(\infty)}{(Z_{x_{be}}+Z)^2} \quad \text{illetve} \quad Q = \frac{Z_{x_{be}}}{Z} \frac{1}{(Z_{x_{be}}+Z)} \quad (28)$$

Az érzékenység meghatározását *transzfer* függvényekre is visszavezethetjük. Mint ismeretes [10, 11, 12, 65], a $K_{21} = \frac{U_2}{U_1}$ transzfer függvény $S = \frac{\partial K_{21}}{\partial z}$ érzékenységét a következő módon határozhatjuk meg (8. ábra.)

1. Meghatározzuk a hálózat $K_{31} = \frac{U_3}{U_1}$ transzfer függvényét, ahol U_3 az érzékenység szempontjából vizsgált impedancián fellépő feszültség.

2. Az áramkört a Z impedanciánál megszakítva és a bemenetet rövidre zárva (8b. ábra) meghatározzuk a $K_{20} = \frac{U_2}{U_0}$ transzfer függvényt.

Ezek ismeretében az érzékenység

$$S = \frac{1}{Z} K_{31} K_{20} \quad (29)$$

amiből a relatív érzékenység:

$$S_r = \frac{K_{31} K_{20}}{K_{21}} \quad (30)$$

illetve a félig relatív érzékenységek:

$$Q = \frac{1}{Z} \frac{K_{31} K_{20}}{K_{21}} \quad (31)$$

$$Q^r = K_{31} K_{20} \quad (32)$$

A (29) összefüggést szemlélve látható, hogy az érzékenység meghatározásához két transzfer függvény ismerete szükséges. Az egyik a bemenettől a vizsgált

áramkörü elemig, a másik a vizsgált áramkörü elemtől a kimenetig. Kézenfekvő olyan hálózat felépítése, amelynél a kimenet az áramkörü elem felépő feszültség (illetve áram) és minden elemet kiegészítünk a megfelelő gerjesztő feszültség (illetve áram) generátorral [27, 33, 34]. Az eljárás különösen *állapotváltozós* analízis [29] esetén vonzó, mivel ekkor úgy is minden kapacitást és induktivitást külön áramkörü elemnek kell tekintenünk. Az állapotváltozók az induktivitások áramai és a kondenzátorok feszültségei, melyek az

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bw(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Dw(t) \end{aligned} \quad (33)$$

állapotegyenletnek tesznek eleget. Itt w a gerjesztésekből alkotott oszlopvektor, x pedig az állapotváltozókból alkotott oszlopvektor. A , B , C és D konstans mátrixok. A w bemenetet és az y kimenetet összekötő transzfer mátrix

$$T = C(pE - A)^{-1}B + D \quad (34)$$

ahol E az egységmátrix [29]. Az állapotváltozós analízist az érzékenységek meghatározására alkalmazva lényeges egyszerűsítést kapunk akkor, ha az áramkörben nincs kapacitív hurok és induktív vágat [27]. Ebben az esetben $C = E$, $D = O$ és $B = -A$, tehát a transzfer mátrix az egyszerű

$$T = -(pE - A)^{-1}A \quad (35)$$

alakot ölti. Mivel állapotváltozós analízis program számológépre elérhető [47], az eljárás gyakorlati elterjedése bizton várható.

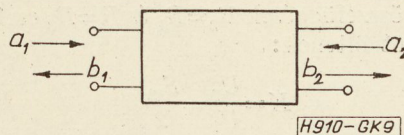
Az S *reflexiós mátrix* felhasználásával is kifejezhetjük differenciálás nélkül a hálózatfüggvény érzékenységét. E módszernek elsősorban elosztott paraméterű hálózatoknál van különös jelentősége, ahol az S mátrix elemei egyszerűen mérhetőek. Az S mátrixot részletesen kiírva négypólus esetén (9. ábra) a

$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 &= S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{aligned} \quad (36)$$

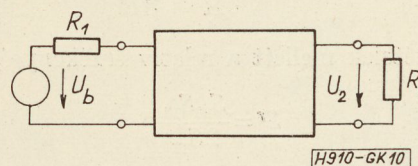
összefüggést kapjuk. A 10. ábrán feltüntetett passzív, reciprok négypólusra

$$S_{11} = r_1 = \frac{Z_{1be} - R_1}{Z_{1be} + R_1} \quad (37)$$

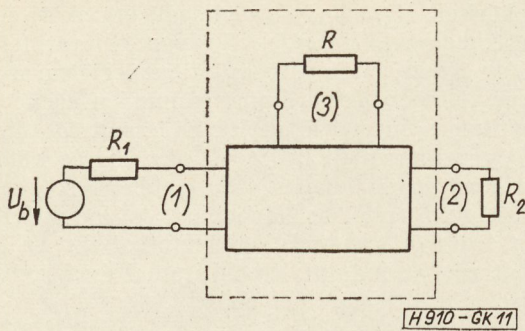
$$S_{12} = S_{21} = \frac{1}{\Gamma} \quad (38)$$



9. ábra



10. ábra



11. ábra

ahol $\Gamma = \frac{U_b}{2U_2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$, az átviteli tényező

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

Vizsgáljuk most a

$$K = \frac{U_2}{U_b} \tag{39}$$

transzfer függvény R ellenállásra vonatkoztatott érzékenységet (11. ábra).

Az R ellenállást a hálózatból kiemelve kétpólust kapunk, melynek reflexiós mátrixa, a (3) kapocspárt R_3 -ra normalizálva, a következő:

$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11} \frac{U_b}{2\sqrt{R_1}} + S_{13}a_3 \\ \frac{U_2}{\sqrt{R_2}} &= S_{12} \frac{U_b}{2\sqrt{R_1}} + S_{23}a_3 \\ a_3 \frac{R+R_3}{R-R_3} &= S_{13} \frac{U_b}{2\sqrt{R_1}} + S_{33}a_3 \end{aligned} \tag{40}$$

Rövid számolás után kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} K &= \frac{U_2}{U_b} = \frac{S_{12}}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} + \\ &+ \frac{S_{23}S_{13}}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \frac{R-R_3}{(R+R_3-RS_{33}+R_3S_{33})} \end{aligned} \tag{41}$$

és

$$S = \frac{\partial K}{\partial R} = \frac{S_{23}S_{13}}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \frac{2R_3}{(R+R_3-RS_{33}+R_3S_{33})^2} \tag{42}$$

Az utóbbi összefüggések $R_2=R_1$ és $R=R_3$ esetén egyszerű alakot öltenek:

$$K = \frac{U_2}{U_b} = \frac{S_{12}}{2} \tag{43}$$

$$S = \frac{\partial K}{\partial R} = \frac{S_{23}S_{13}}{4R} \tag{44}$$

Ilyen feltételek mellett a relatív érzékenység:

$$S^r = \frac{S_{23}S_{13}}{2S_{12}} \tag{45}$$

összhangban a [35, 54] irodalmi hivatkozásokkal.

A (45) eredmény a lezáró ellenállás toleranciájára jól alkalmazható (10. ábra). Ekkor $S_{23}=S_{12}$ és $S_{13}=S_{11}$. Tehát

$$S^r = \frac{S_{11}}{2} = \frac{r(p)}{2} \tag{46}$$

vagyis a primer oldali reflexióval kifejezhető [59].

Az érzékenység differenciálás nélkül történő, közvetett meghatározása jól szemléltethető *hatásgráffal* is. A 12. ábra hatásgráfiájában x az áramköri elemet, t_0 direkt átvitelt, t_v a visszacsatolást mutatja. A hálózatfüggvény:

$$F = t_0 + t_1 t_2 \frac{x}{1 - t_v x} \tag{47}$$

A relatív toleranciaérzékenység:

$$S^r = \frac{\partial \ln F}{\partial \ln x} = \frac{1}{1 - t_v x} \left(1 - \frac{t_0}{F} \right) \tag{48}$$

Ha a direkt átvitel zérus, akkor a jól ismert

$$S^r = \frac{1}{1 - t_v x} \tag{49}$$

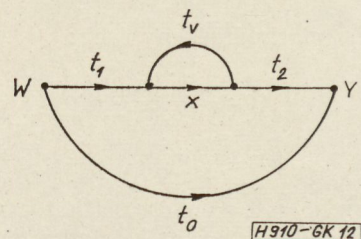
összfüggést kapjuk.

A 2.2 szakaszban leírtakkal igyekeztünk megvilágítani azt, hogy az érzékenység többféle leírásmóddal tárgyalható. A bilineáris összefüggés, a transzfer függvény szemlélet, az állapotváltozós analízis, a reflexiós mátrix segítségével történő leírás és a hatásgráffal történő szemléltetés meggyőzően mutatja, hogy az érzékenység a hálózat belső tulajdonsága. *A hálózat éppen úgy magában hordozza az érzékenységet, mint az impedanciákat vagy a transzfer függvényeket.* Az eredmények nagy jelentősége abban áll, hogy az érzékenység meghatározását analízis feladatra vezetik vissza, ami számítással vagy méréssel elvégezhető [24, 37].

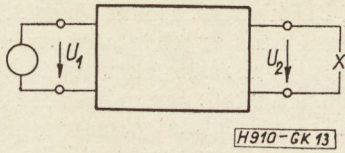
2.3. Az érzékenység megengedett függvényei

Mielőtt az érzékenység függvényeivel a $p = \sigma + j\omega$ komplex frekvencia tartományban foglalkoznánk, emlékeztetünk a transzfer függvények megengedett függvényeire. Ismeretes, hogy a transzfer függvények esetén különbséget kell tennünk a különböző típusú lezárások között (a primer oldalon ideális generátorok vagy belső ellenállással rendelkező generátor, a szekunder oldalon szakadás vagy ohmos ellenállás). A következőkben csak a 13. ábrán feltüntetett esettel foglalkozunk.

Az átvitelre jellemző mennyiség a $K = \frac{U_2}{U_1}$ transzfer



12. ábra



13. ábra

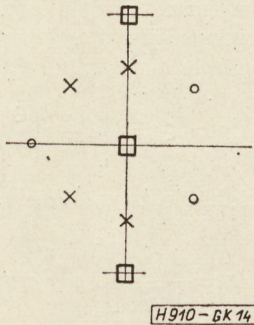
függvény. Lineáris, passzív, koncentrált paraméterű hálózat esetén

$$K(p) = \frac{A(p)}{G(p)} = \frac{\sum_{i=0}^m A_i p^i}{\sum_{i=0}^n G_i p^i} \quad (50)$$

racionális törtfüggvény, melyre

- α , az együtthatók valósak,
- β_1 , $m \leq n$, vagyis a számláló fokszáma kisebb vagy egyenlő a nevező fokszámával,
- β_2 , a zérusok az egész komplex számsíkon elhelyezkedhetnek (14. ábra). $G(p)$ olyan kvázi Hurwitz polinom, amelynek gyökei a bal fél-síkon és a $j\omega$ tengelyen vannak, az origó kivételével. Ebből és az $m \leq n$ megkötésből következik, hogy a jobb fél-síkon, továbbá az origóban és a végtelenben nincsenek pólusok. A 14. ábrán levő kis négyzetek ezt jelölik.

Az érzékenység megengedett függvényeit a komplex frekvenciatartományban megkaphatjuk, ha fel-



14. ábra

használjuk az érzékenységnek a transzfer függvényekkel kifejezett alakját. Ezzel a 2.2 szakaszban a 8. ábrával kapcsolatban részletesen foglalkoztunk. Legegyszerűbb, ha a félig relatív érzékenységekkel számolunk a (31) képlet szerint:

$$Q^r = K_{31} K_{20}$$

Mivel Z tetszőleges impedancia a K_{31} és K_{20} transzfer függvények a 13. ábrán feltüntetett esetnek felelnek meg, és így megengedett függvényei ismertek. Sőt továbbmenve, mivel K_{31} és K_{20} ugyanazon hálózat különböző transzfer függvényei, ezért pólusaik általában megegyeznek. Q^r megengedett függvényeire vonatkozó kritériumokat ezek után a következő módon fogalmazhatjuk meg [16]. A

$$Q^r = \frac{\partial K}{\partial \ln z} = \frac{A(p)}{G(p)} = \frac{\sum_{i=0}^m A_i p^i}{\sum_{i=0}^n G_i p^i} \quad (51)$$

félig relatív érzékenységnél

- α , az együtthatók valósak,
- β_1 , $m \leq n$, vagyis a számláló fokszáma kisebb vagy egyenlő a nevező fokszámával,
- β_2 , a zérusok az egész komplex számsíkon elhelyezkedhetnek (15. ábra). A pólusok a bal fél-síkon és a $j\omega$ tengelyen helyezkedhetnek el és páros multiplicitásúak,
- β_3 , az origóban és a végtelenben nincsenek pólusok.

Ha a hálózatfüggvény (3) bilineáris összefüggéséből indulunk ki, akkor az érzékenység

$$S = \frac{\partial F}{\partial Z} = \frac{bc - ad}{(c + Zd)^2} \quad (52)$$

kifejezéséből az áramköri elemtől való függést is kiolvashatjuk. Érdekes, hogy Z csak az érzékenység nevezőjében szerepel, ami a számítások ellenőrzésénél jól felhasználható. Érdemes megjegyezni, hogy $d \neq 0$ esetben ha Z tart a végtelenhez, akkor S zérushoz tart.

A megengedett függvényosztályok megállapítása az érzékenység többi definíciójára is kiterjeszthető [16]. Speciális esetekben a megengedett függvények osztálya lényegesen egyszerűsödik. Erre utalnak pl. a (27) és (46) eredményeink. E fontos kérdések részletezésére azonban nem térünk ki [36, 51, 54, 59].

2.4. Érzékenység és futási idő

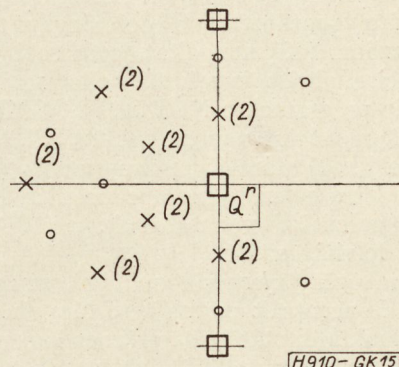
Az érzékenység a hálózatfüggvény áramköri elem szerinti parciális differenciálhányadosa:

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (1)$$

A hálózatelméletben azonban egy másik parciális differenciálhányadosnak, a frekvencia szerinti differenciálhányadosnak is fontos szerep jut. A $g = \ln \Gamma = a + jb$ átviteli mérték esetén a

$$\tau = \frac{db}{d\omega} \quad (53)$$

definícióval bevezetett futási idő tulajdonságai jól ismertek [9]. Nagyon tanulságos az érzékenység és a futási idő kapcsolatának tisztázása [2, 20, 26, 51].



15. ábra

Jelöljük $j\omega L_i$ -t és $j\omega C_i$ -t közösen $w_i = j\omega x_i$ -vel, $w = \sum_{i=1}^N w_i$, ahol N az induktivitások és kapacitások számának összege. A differenciálási szabályok és a relatív érzékenység definíciója alapján

$$\frac{\partial \ln \Gamma}{\partial \ln w} = \sum_{i=1}^N j\omega x_i \frac{\partial \ln \Gamma}{\partial x_i} \frac{\partial x_i}{\partial j\omega x_i} = \sum_{i=1}^N j\omega x_i \frac{\partial \ln \Gamma}{\partial x_i} \frac{1}{j\omega} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{\Gamma} \frac{\partial \Gamma}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^N S_i^r = \sum_{i=1}^N \operatorname{Re} S_i^r + j \sum_{i=1}^N \operatorname{Im} S_i^r \quad (54)$$

Másrészt viszont, ha a frekvencia szerinti differenciálhányadost használjuk:

$$\frac{\partial \ln \Gamma}{\partial \ln w} = w \frac{\partial \ln \Gamma}{\partial j\omega} \frac{\partial j\omega}{\partial w} = \frac{\partial(a+jb)}{\partial j\omega} w \frac{\partial j\omega}{\partial w} = \left(-j \frac{\partial a}{\partial \omega} + \tau\right) j\omega = \omega \frac{\partial a}{\partial \omega} + j\omega\tau \quad (55)$$

Az (54) és (55) kifejezéseket egymással egyenlővé téve

$$\sum_{i=1}^N \operatorname{Re} S_i^r = \omega \frac{\partial a}{\partial \omega} \quad (56)$$

$$\sum_{i=1}^N \operatorname{Im} S_i^r = \omega\tau$$

A kapott végeredmény mind elvi, mind gyakorlati szempontból jól gyümölcsöztethető.

3. Toleranciák számítása

3.1. Általános áttekintés

Kétségtelen, hogy az érzékenység ismerete legnagyobb segítséget az áramkörök $\Delta y = \sum_{i=1}^N S_i \Delta x_i$ (20) toleranciájának számításánál jelent. A toleranciák kérdésével világszerte foglalkoznak, hiszen fontos gyártási problémákhoz csatlakozik és jelentős gazdasági következményei vannak. Szigorú előírású áramkörök tervezésénél már régóta felmerült a toleranciaszámítás igénye. Az érdeklődés napjainkban az integrált áramkörök tervezése következtében fordult a toleranciák számítása felé. A felmerült igények kielégítését pedig számológép-programok biztosítják.

A gazdag irodalmi anyagból általános tájékoztatóra a [10, 11, 12, 44, 62] összefoglaló jellegű cikkeket és a [18] könyvet ajánljuk. A számológépek felhasználására vonatkozóan a Proceedings of the IEEE speciális száma [48] szolgáltat legfrissebb anyagot. A toleranciaanalízist is végző legkorszerűbb nagy számológép-programok a NET 2 és NASAP, melyek ismertető leírása szintén megjelent [19, 35]. A Magyarországon elérhető számológép-programokról, melyek elsősorban létra hálózatok és lineáris aktív hálózatok toleranciaanalízisére vonatkoznak, a [17] összeállítás nyújt felvilágosítást.

Az áramkörök toleranciaanalízise szempontjából a lineáris koncentrált paraméterű áramkörök és a logikai áramkörök statikus toleranciáinak meghatározása lényegében megoldott feladatnak tekinthető. Az utóbbi témakörre vonatkozóan legyen szabad

csupán a [23, 31] hivatkozásokat idézni. Sok megoldatlan probléma van az elosztott paraméterű LC áramkörök, tápvonalszakaszokat tartalmazó hálózatok [38], és az elosztott paraméterű RC áramkörök területén. A fő nehézséget a geometriai jellemzők és az anyagjellemzők közvetlen megjelenése okozza. Logikai áramkörök időtartománybeli, ún. dinamikus toleranciái, továbbá a nemlineáris áramkörök toleranciaanalízise [56] ma még alapvető nehézségekbe ütközik.

Az optimális érzékenységre és toleranciára történő tervezés, vagyis a szintézis lehetőségei elsősorban lineáris áramkörök esetén kezdenek kibontakozni. E kérdésre a 3.3 szakaszban röviden visszatérünk.

3.2. Az összegeződés hipotézisei

A toleranciák analízisének a $\Delta y_i = S_i \Delta x_i$ résztoleranciák összegeződésére vonatkozóan az alábbi feltételekkel élhetünk.

1. Legrosszabb esetre való tervezés. Ebben az esetben

$$\Delta y \leq \epsilon = \sum_{i=1}^N |S_i| |\Delta x_i| \quad (57)$$

ahol ϵ a toleranciahatár. Ez a módszer determinisztikus áramköri elem toleranciák és kis áramköri elemszám esetén alkalmazható.

2. Statisztikus tervezés. A résztoleranciákat valószínűségi változóknak tekintjük és bizonyos valószínűséggel megengedjük a selejtet. Gauss-eloszlást feltételezve a selejt valószínűsége

$$P(|\Delta y| > \epsilon) = 2 \left[1 - \varphi\left(\frac{\epsilon}{\sigma}\right) \right] \quad (58)$$

ahol ϵ a toleranciahatár, σ az eredő szórás, φ pedig a

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (59)$$

eloszlásfüggvény. A $\Delta y_i = S_i \Delta x_i = \xi_i$ valószínűségi változó szórása legyen σ_i . Akkor az eredő szórásnégyzet korrelálatlan esetben

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 \quad (60)$$

Korrelált változások esetén az eredő szórásnégyzet:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N R_{ij} \quad (61)$$

ahol

$$R_{ij} = M\{(\xi_i - \bar{\xi}_i)(\xi_j - \bar{\xi}_j)\} \quad (62)$$

a korrelációs együttható.

3. Csoportos tervezés. A ténylegesen előforduló érzékenységek nagyságrendje egy konkrét áramkörnél tág határok között változik. A kis érzékenységgű áramköri elemek hatását a toleranciák szempontjából elhanyagolhatjuk. Ezek alkotják az első csoportot. Az áramköri elemek második csoportjánál determinisztikus változást tételezünk fel és a résztole-

ranciák abszolút értékeit a legrosszabb esetre való tervezésnek megfelelően összegezzük. Az áramköri elemek megmaradó harmadik csoportját valószínűségi változóknak tekintjük és statisztikusan összegezzük.

4. Monte-Carlo eljárás. A számológéppel történő statisztikus szimulálás a toleranciák analizisére is felhasználható. Álvéletlen számokból kiindulva a számológép kisorsolja az áramköri elemek értékét, majd ezekkel az elemekkel elvégzi az áramköranalízist. Az eljárást sokszor megismételve a hálózatfüggvény statisztikus jellemzőit a gép kiértékeli. A módszer alkalmazásával több újabb közlemény foglalkozik [46, 58, 62].

3.3. Optimalizálás

A hálózatszintézis lényeges tulajdonsága, hogy ugyanazon hálózatfüggvényhez több ekvivalens kapcsolás tartozik. Az ekvivalens kapcsolások általános tulajdonságai iránt feltámadt érdeklődést [1, 68, 69] az érzékenység szempontjából optimális kapcsolások keresése is fokozza. A felmerült kérdések három probléma köré csoportosíthatók.

1. Hogyan lehet az áramköri elemek értékét úgy megválasztani, hogy az érzékenység minimális legyen? Az áramkör $\Delta y = \sum_{i=1}^N S_i \Delta x_i$ toleranciájának szórásnégyzete:

$$D^2 \left\{ \sum_{i=1}^N S_i \Delta x_i \right\} \quad (63)$$

Ha az áramköri elemek megváltozása nincs korrelációban, akkor

$$D^2 \left\{ \sum_{i=1}^N S_i \Delta x_i \right\} = \sum_{i=1}^N D_i^2 \quad (64)$$

Mivel egyenletes eloszlás esetén:

$$D_i^2 = \frac{|S_i|^2 d_i^2}{3} \quad (65)$$

kapjuk, hogy

$$3D^2 = \sum_{i=1}^N |S_i|^2 d_i^2 \quad (66)$$

Vezessük be a

$$d_i = c_i x_i \quad (67)$$

összefüggéssel a c_i relatív tolerancia és az x_i áramköri elem értékét. Ezzel

$$3D^2 = \sum_{i=1}^N |S_i|^2 c_i^2 x_i^2 \quad (68)$$

Feladatunk a D^2 szórásnégyzet minimalizálása az $y(x_1 \dots x_N) = \text{const.}$ mellékfeltétel, vagyis változatlan hálózatfüggvény mellett. Egyszerűbb esetekben a feladatot a kötött szélsőérték feladatok klasszikus módszerével, a Lagrange multiplikátor módszerrel megoldhatjuk [3]. A frekvencia tartományban az egyenleteket több frekvencián együttesen kell kielégíteni. Ebben az esetben a probléma lineáris programozási feladattá vezethető vissza [66]. Bonyolultabb esetben egyéb optimalizálási eljárásokhoz kell folyamodnunk. A rendelkezésre álló

módszerekről (direkt keresés, legmeredekebb csökkenés, Fletcher—Powell eljárás stb.) a [64] irodalom ad jó bevezető áttekintést. Az érzékenységminimalizálás elsősorban az aktív RC áramköröknél járt sikerrel [53, 55].

2. Hogyan lehet járulékos elemekkel az érzékenységet csökkenteni? Schoeffler módszerének gondolata az, hogy az áramkör megváltozását egy mátrix transzformációval írja le és egy új v változót bevezetve az áramkör változását lineáris differenciálegyenlet-rendszerre vezeti vissza. Az adjungált differenciálegyenlet félig relatív érzékenységek változását adja. Az eljárás szabad paramétereit úgy választja meg, hogy a relatív érzékenységek négyzetösszege minimális legyen. Az elmúlt években a módszert több esetben alkalmazták [34, 70] és korlátaira felhívták a figyelmet [39]. Említésre méltó gyakorlati tapasztalat [34], hogy ha $\sum_{i=1}^N |S_i|^2$ egy frekvencián minimális, akkor egyúttal minden frekvencián minimális értéket kapunk. Ha ez valóban általános érvényű, akkor a számítási munka lényegesen csökken, mert elegendő lesz csupán néhány kritikus frekvencián a számításokat elvégezni.

3. Hogyan lehet olyan áramköri elem toleranciákat választani, hogy az áramkör költsége minimális legyen? Az áramköri elemek költsége közelítőleg

$$C = \sum_{i=1}^N c_i \left(\frac{x_i}{d_i} \right)^p \quad (69)$$

ahol c_i és p alkalmasan választott állandók. A költségminimalizálás pl. az

$$\sum_{i=1}^N |S_i| d_i = \epsilon \quad (70)$$

mellékfeltétel mellett a Langrange multiplikátor módszerrel elvégezhető. Eredményül a

$$\frac{d_i}{x_i} = \epsilon \frac{\left(\frac{c_i}{|Q_i|} \right)^{\frac{1}{p+1}}}{\sum_{i=1}^N (c_i |Q_i|^p)^{\frac{1}{p+1}}} \quad (71)$$

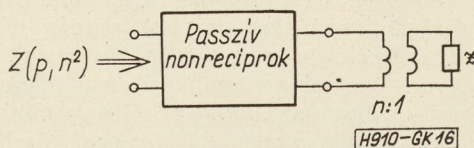
relatív áramköri tolerancia adódik. A módszer feltehetően kiterjeszhető a felület minimalizálására is, ami az integrált áramkörök szempontjából lényeges.

4. Változtatható paraméterű áramkörök

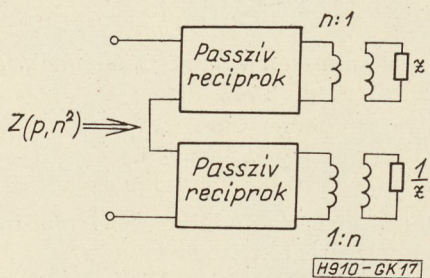
Az $S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}$ érzékenység alkalmazásának érdekes területe a változtatható (hangolható) áramkörök tervezése és az áramkörök beállításának problémája. Jóllehet a gyakorlatban változtatható csillapítókat, amplitúdó korrektorokat, fázistolókat, futási idő korrektorokat, szűrőket elterjedten használnak, a felmerülő alapvető nehézségek miatt általános elméletüket még nem dolgozták ki. Az összegyűjtött gyakorlati megoldások [7] egységes tárgyalása még nem történt meg. Az áramkörök beállításának elvi kérdéseivel is csak kevés közlemény foglalkozik [45].

A változtatható paraméterű hálózatok vizsgálatánál az áramköri elemek tartományában történő viselkedésről van szó. Így természetes, hogy a kiindulás az (5) ill. (12) egyenletekkel kifejezett bilineáris tételből történik. Parkernak és munkatársainak sikerült annak a feltételeit megállapítani, hogy csupán a hálózatfüggvény abszolút értéke változzék és a fázis változatlan maradjon [42]. Hasonlóan megtalálta annak feltételeit is, hogy a fázis változzék, de az abszolút érték változatlan maradjon [44]. Oono és Koga [40] a bilineáris tételből kiindulva a 16. ábrán látható kapcsolás primer oldali üresjárású és rövidzársú impedanciáját határozták meg, ami elegendő a passzív, nonreciprok négypólus realizálásához. A 17. ábrán látható kapcsolással a változtatható paraméterű kétpólus szintézise két passzív, reciprok négypólussal is megoldható.

A változtatható paraméterű áramkörök szintézise a hálózatelméletben a többváltozós komplex függvények felhasználását kívánja. E témakör tárgyalására, mely a koncentrált és elosztott paramé-



16. ábra



17. ábra

tereket tartalmazó hálózatok szempontjából is óriási jelentőségű, nem térünk ki. A gondolat hatékonyságát megépített változtatható paraméterű áramkörök bizonyítják [5, 6].

7. Iteratív szintézis

Az iteratív szintézis 18. ábrán feltüntetett vázlatából látjuk, hogy elvégzéséhez jó kiindulási áramkör, jó áramkör analízis program és jól megválasztott optimalizálási eljárás szükséges. Az alábbiakban megmutatjuk, hogy az érzékenység ismeretében az áramkörtervezés lineáris programozási feladatra vezethető vissza [14, 15, 22, 32, 67].

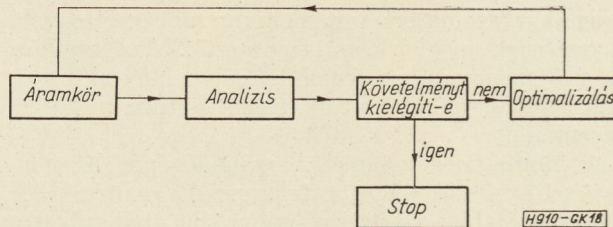
A lineáris programozás segítségével olyan

$$\mathbf{v} \geq 0 \tag{72a}$$

vektort határozhatunk meg, amelyek a

$$\mathbf{c}\mathbf{v} \tag{72b}$$

$$L^{(j+1)}(\mathbf{x}) = \text{Max}_{\omega \in \Omega} \frac{g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) - \sum_{i=1}^N S_i^{(j)}(x_i^{(j+1)} - x_i^{(j)})}{|g(\omega)|} \tag{79}$$



18. ábra

célfüggvényt minimalizálja az

$$\mathbf{A}\mathbf{v} \leq \mathbf{b} \tag{72c}$$

mellékfeltételek mellett. (\mathbf{c} és \mathbf{b} adott valós elemű vektor, \mathbf{A} valós elemű mátrix). A (72) típusú feladat, szimplex módszer segítségével egyszerűen megoldható. A relatív eltérés

$$d(\omega, \mathbf{x}) = \frac{|g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x})|}{|g(\omega)|} \tag{73}$$

ahol $g(\omega)$ a követelmény és $y(\omega, \mathbf{x})$ a hálózatfüggvény, mint a frekvencia és az áramköri elemekből alkotott vektor függvény. Célunk a relatív eltérés maximumának minimalizálása. Ha

$$D(\mathbf{x}) = \text{Max}_{\omega} d(\omega, \mathbf{x}) \tag{74}$$

akkor a definícióból következik, hogy

$$D \geq \frac{|g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x})|}{|g(\omega)|} \tag{75}$$

(75) két egyenlőtlenségbe írható át

$$\begin{aligned} \frac{g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x})}{|g(\omega)|} &\leq D \\ \frac{y(\omega, \mathbf{x}) - g(\omega)}{|g(\omega)|} &\leq D \end{aligned} \tag{76}$$

Rendezés után

$$\begin{aligned} g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x}) - |g(\omega)| D &\leq 0 \\ -g(\omega) + y(\omega, \mathbf{x}) - |g(\omega)| D &\leq 0 \end{aligned} \quad \omega \in \Omega \tag{77}$$

A (77) egyenlőtlenségek minden ω_i diszkrét frekvencián érvényesek. A (j)-edik iterációs lépésben az áramköri elemek értéke $\mathbf{x}^{(j)}$, a ($j+1$)-edik iterációs lépésben pedig $\mathbf{x}^{(j+1)}$. Írjuk fel (77) linearizált közelítését az $\mathbf{x}^{(j+1)}$ áramköri elem vektor esetén. Az

$$y(\omega, \mathbf{x}^{(j+1)}) \approx y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) + \sum_{i=1}^N \frac{\partial y}{\partial x_i} \Big|_{x_i^{(j)}} (x_i^{(j+1)} - x_i^{(j)})$$

Taylor közelítést alkalmazva és az érzékenységeket bevezetve:

$$y(\omega, \mathbf{x}^{(j+1)}) \approx y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) + \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j+1)} - \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j)} \tag{78}$$

A linearizálás következtében D szerepét

veszi át. (78) és (79)-et (77)-be helyettesítve:

$$\begin{aligned} g(\omega) - y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) - \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j+1)} + \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j)} - |g(\omega)| L^{(j+1)} &\leq 0 \\ -g(\omega) + y(\omega, \mathbf{x}^{(j)}) + \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j+1)} - \sum_{i=1}^N S_i^{(j)} x_i^{(j)} - |g(\omega)| L^{(j+1)} &\leq 0 \end{aligned} \quad (80)$$

A (80) egyenlőtlenségekben $g(\omega)$, $y(\omega, \mathbf{x}^{(j)})$ és $S_i^{(j)}$ az ismeretleneket a bal oldalra gyűjtve kapjuk, ismert, $L^{(j+1)}$ és $x_i^{(j+1)}$ ismeretlen. $|g(\omega)|$ -val osztva hogy

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j+1)} - L^{(j+1)} &\leq \frac{g(\omega)}{|g(\omega)|} - \frac{y(\omega, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega)|} + \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j)} \\ - \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j+1)} - L^{(j+1)} &\leq - \frac{g(\omega)}{|g(\omega)|} + \frac{y(\omega, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega)|} - \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j)} \end{aligned} \quad (81)$$

Vezessük be a jobb oldalon álló ismert mennyiségre a

$$k^{(j)} = \frac{g(\omega)}{|g(\omega)|} - \frac{y(\omega, \mathbf{x}^{(j)})}{|g(\omega)|} + \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j)} \quad (82)$$

jelölést. Ezzel

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j+1)} - L^{(j+1)} &\leq k^{(j)} \\ \omega \in \Omega & \quad (83) \\ - \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{(j)}}{|g(\omega)|} x_i^{(j+1)} - L^{(j+1)} &\leq -k^{(j)} \end{aligned}$$

A (83) egyenlőtlenségek m darab diszkrét frekvenciára vonatkoznak és összesen $2m$ darab egyenlőtlenséget jelentenek. (83)-ben az áramköri elemek nem negatívak, vagyis $x_i^{(j+1)} \geq 0$ és a relatív eltérés abszolút értékének maximuma sem negatív, azaz $L^{(j+1)} \geq 0$. Ily módon (83) teljes mértékben összhangban van a lineáris programozás (72) feltételeivel.

Hátra van még a célfüggvény, vagyis a minimalizálandó függvény felírása. A legegyszerűbb célfüggvénynek közvetlenül $L^{(j+1)}$ -t választani. A lineáris programozás tehát olyan megoldást szolgáltat, amelynél a követelmény és a hálózatfüggvény relatív eltéréseinek abszolút értéke minimális.

Eljárásunk az eltérés maximumát minimalizálja. A módszer szempontjából nem okoz különösebb problémát a relatív eltérés helyett abszolút eltéréssel, vagy súlyozott eltéréssel számolni. A hálózatfüggvény hullámosságát az áramköri elemek száma (N) határozza meg és a hullámosság csak közvetve függ a felvett diszkrét frekvenciák m számától. A tapasztalat szerint a diszkrét frekvenciák számát kb. az áramköri elemek számának 3–4-szeresére lehet felvenni, vagyis $3N \leq m \leq 4N$ választás ajánlatos.

A szimplex eljárás futtatása az $\mathbf{x}^{(j+1)}$ áramköri elemeket és az $L^{(j+1)}$ eltérést szolgáltatja. Az $\mathbf{x}^{(j+1)}$ áramköri elemekkel $d^{(j+1)}$ értékeit a különböző frekvenciákon kiszámoljuk és ha ezek maximuma az előírást meghaladja az $\mathbf{x}^{(j+1)}$ áramköri elemekkel újabb iterációt végzünk. A $d^{(j+1)}$ relatív eltérések tényleges kiszámításából adódó maximális érték el-

tér a lineáris programozással kapott $L^{(j+1)}$ -től, részben a (79) Taylor sorbafejtés, részben a számítási pontatlanságok következtében.

Az érzékenységen és a lineáris programozáson alapuló iteratív szintézisnek kétségtelen előnye, hogy az érzékenységek kiszámítása a toleranciaviszonyok megítéléséhez úgyis szükséges, továbbá szimplex szubrutint mindegyik számológépre kidolgoztak. Hátránya viszont, hogy a gépi idő igény nagyra adódik és a Taylor közelítés következtében, mivel $L^{(j+1)}$ és $D^{(j+1)}$ egymástól eltérhetnek, nehézségek léphetnek fel.

Az értékes szakmai megbeszélésekért, a hasznos észrevételekért és a dolgozat kéziratának elolvasásáért ezúton fejezem ki köszönetemet dr. Csurgay Árpád, dr. Gordos Géza, Halász Edith, Kiss Dénes, dr. Roska Tamás, dr. Solymosi János és Trón Tibor munkatársaimnak.

I R O D A L O M

1. B. D. O. Anderson—R. W. Newcomb—R. E. Kalman—D. C. Youla: Equivalence of Linear Time-Invariant Dynamical Systems. Journal of the Franklin Institute, Vol. 281, No. 5., May 1966, pp. 371—378.
2. M. L. Blostein: On the Effect of Loss in Filter Networks. Proceedings of the Third Annual Allerton Conference on Circuit and System Theory, University of Illinois 1965. pp. 421—429.
3. В. Л. Богуненко—Ю. С. Расцепляев: К вопросу об уменьшении разбросов выходных параметров электрических и электронных цепей. Электросвязь, № 6, 1967. ст. 39—44.
4. J. Braun: Analytical Methods in Active Network Theory. Acta Polytechnica — Práce CVUT v Praze, IV, 1, 1966. pp. 5—28.
5. V. Cimagalli: A Solution of Two Actual Problems on Variable One-Ports. Proceedings of the Third Colloquium on Microwave Communication. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968. pp. 283—287.
6. V. Cimagalli: Synthesis of a Class of Multi-Variable Network Functions Using Controlled Sources. Fondazione U. Bordani, Roma, 1967.
7. Faragó A.: Változtatható paraméterű áramkörök. Diplomaterv a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken, 1967.
8. Fővénnyessy A.: Toleranciák számítása. Diplomaterv a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken, 1966.
9. К. Гехер: Исследование характеристики группового времени запаздывания линейных систем. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae Tomus 42. Fasciculi 1—3. 1963. pp. 31—40.

10. K. Géher.: The Tolerance and the Sensitivity of Linear Networks. Letni Skola Teorie Obvodu, Praha, URE, 1965. Acta Polytechnica Práce CVUT v Praze IV. 2. 1966. pp. 11—38.
11. Géher K.: Lineáris hálózatok toleranciájáról és érzékenységről. Híradástechnika XVI. évf. 10. sz. 1965. 289—301. old.
12. K. Géher.: Die Berechnung von Toleranzen bei linearen Netzwerken. X. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der TH Ilmenau 1965. Heft 3. Nachrichtentheorie pp. 23—28.
13. K. Géher—G. Kóta: Root Loci in the Case of $A(p) + xB(p) + x^2C(p) = 0$. Periodica Polytechnica, Electrical Engineering, Vol. 11. No. 3. 1967. pp. 175—190.
14. Géher K.—Halász E.: Hálózattervezés lineáris programozással. Híradástechnika, XVIII. évf. 7. sz. 1967. 206—211 old.
15. K. Géher—E. Halász: Entwurf elektrischer Schaltungen mit Hilfe linearer Programmierung. XII. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der TH Ilmenau, 1967.
16. K. Géher: Dependence of the Network Function and Sensitivity on the Complex Frequency and on the Circuit Elements. Proceedings of the Third Colloquium on Microwave Communication. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968. pp. 263—272 old.
17. Géher K.: Számológép programok áramkörök tervezésére. Híradástechnika, XIX. évf. 6. sz. 1968. 169—173 old.
18. В. П. Гусев—А. В. Фомин: Расчёт электрических допусков радиоэлектронной аппаратуры. Советское Радио, 1963.
19. W. W. Happ: NASAP, Present Capabilities of a Maintained Program 1967. IEEE International Convention Record Part 5, pp. 64—88.
20. Herendi M.: A kontinuánsok és alkalmazásuk lánccapcsolású hálózatok gépi számítására. Híradástechnika, XIX. évf. 1. sz. 1968. 2—9 old.
21. I. M. Horowitz: Synthesis of Feedback Systems. Academic Press, New York, 1963.
22. Ishizaki, Y.—Watanabe, H.: An Iterative Method for Network Design as a Nonlinear Programming Problem. Nippon Electric Company Ltd. Monograph DEB 485. 1964. Japan.
23. Jávör R.: Logikai áramkörök tolerancia számítása. Diplomaterv a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken, 1967.
24. B. Kadinger: Degradationsfehler und Gerätetoleranzen. IMEKO-IV. Warszawa 1967.
25. J. J. Kelly—M. S. Ghauri—J. H. Mulligan: On the Analysis of Composite Lumped-Distributed Systems. 1966. IEEE Int. Conv. Rec. Part 7. pp. 308—318.
26. G. Kishi: Energy Theory of Sensitivity in LCR Networks. Department of Electronics, Tokyo Institute of Technology. 1966.
27. Kiss D.: Elemérzékenységek meghatározása differenciálás nélkül, az állapotváltozós analízis segítségével. Híradástechnika, XVIII. évf. 11. sz. 1967. 333—339 old.
28. Kóta G.: Gyök-helygörbék. Diplomaterv a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken, 1966.
29. E. S. Kuh—R. A. Rohrer: The State-Variable Approach to Network Analysis. Proc. IEEE, Vol. 53. July 1965. pp. 672—686.
30. E. S. Kuh—R. A. Rohrer: Theory of Linear Active Networks. Holden-Day, Inc. San Francisco, 1967.
31. M. Kummer: Eine Kenngröße zur Beurteilung der Stabilität von bistabilen Multivibratoren. Nachrichtentechnik 16. Jg. 1966, No. 7 pp. 266—267.
32. А. А. Ланне: О некоторых аппроксимационных задачах в теории электрических цепей. Электросвязь № 8. 1965. ст. 14—23.
33. J. V. Leeds: Transient and Steady-State Sensitivity Analysis. IEEE Trans. C. T. Vol. CT-13. No. 3. 1966 September, pp. 288—289.
34. J. W. Leeds—G. I. Ugron: Simplified Multiple Parameter Sensitivity Calculation and Continuously Equivalent Networks. IEEE Trans. on C. T. Vol. CT-14. No. 2. June 1967, pp. 188—191.
35. A. F. Malmberg: NET-2 Circuit Analysis Program. 1967. IEEE International Convention Record, Part 5. pp. 95—98.
36. G. Martinelli: The Relationship between Impedance Matching and Gain Sensitivity to the Active Component Variations in a Low-Pass Negative Resistance Amplifier. Proc. IEEE. Vol. 55, No. 5. May 1967. p. 709.
37. G. Martinelli: The Sensitivity of a Network Function to the Variations of the Component Values and its Direct Measurement. IMEKO-IV. Warszawa 1967.
38. Matkó Z.: Elosztott paraméterű hálózatok toleranciája. Diplomaterv a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken, 1967.
39. R. W. Newcomb: The Noncompleteness of Continuously Equivalent Networks. IEEE. Trans. on C. T. 1966 June. Vol. CT-13. No. 2. pp. 207—208.
40. Y. Oono—T. Koga: Synthesis of a Variable-Parameter One-Port. IEEE Trans. on C. T. 1963 June, pp. 213—227.
41. В. И. Пампуро: Вариация параметров схем. Электросвязь, № 7. 1966. ст. 50—58.
42. S. R. Parker—P. M. Chirlian—E. Peskin: The Perfect Gain Control. IEEE Trans. on C. T. 1965 June. pp. 211—214.
43. S. R. Parker—E. Peskin—P. M. Chirlian: Application of a Bilinear Theorem to Network Sensitivity. IEEE Trans. on C. T. 1965. September. pp. 448—450.
44. S. R. Parker: The Perfect Phase Shift Control. IEEE Trans. on C. T. 1966 December. pp. 444—445.
45. Ю. П. Пятошин: О возможности настройки прибора. Радиотехника, Т. 21. № 1. 1966. ст. 67—71.
46. Ю. Г. Поляк: О методике сравнительных испытаний точности и надёжности аппаратуры. Радиотехника, Т. 20. № 7., 1965. ст. 67—73.
47. C. Pottle: Comprehensive Active Network Analysis by Digital Computer — A State-Space Approach. Proceedings of the Third Annual Allerton Conference on Circuit and System Theory. 1965. University of Illinois. pp. 659—668.
48. Proceedings of the IEEE, Vol. 55. No. 11. 1967 November. Special Issue on Computer-Aided Design.
49. Proceedings of the Third (Fourth, Fifth) Annual Allerton Conference on Circuit and System Theory, University of Illinois, 1965, (1966, 1967).
50. L. Radanovic: Sensitivity Methods in Control Theory, Pergamon Press, London, 1966.
51. A. Reibiger—K. Reinschke: Über Zusammenhänge zwischen den Systemeigenschaften und Änderungen der Schaltelementwerte bei linearen Vierpolen. Nachrichtentechnik 17. 1967. H. 10. pp. 372—377.
52. Г. В. Румский: Уравнения корневых годографов систем автоматического управления с варьируемыми постоянными времени. Автоматика и телемеханика. № 6. 1967. ст. 38—42.
53. T. Roska: The Designing of Optimum Sensitive Linear Networks. IMEKO-IV, Warszawa 1967.
54. M. Saito—K. Ikeda: Gain and Sensitivity in Resistance Networks. IEEE Trans. on C. T. 1966 December, pp. 447—449.
55. L. Scultety: Electronic Circuit Design with Minimum Sensitivity. IMEKO-IV. Warszawa 1967.
56. W. Schuppe: Die Ermittlung des Einflusses der Toleranzen von Kennlinienparametern in nichtlinearen Schaltungen. Nachrichtentechnik 17. No. 9. 1967. pp. 344—346.
57. Second International Symposium on System Sensitivity and Adaptivity. Dubrovnik 1968.
58. V. Sobolka: Der Einfluss der Toleranzen von Bauelementen auf die Übertragungseigenschaften der linearen Netzwerke. Nachrichtentechnik 15, 1965, H. 6. pp. 207—212.
59. M. Sobral: Sensitivity Considerations in the Synthesis of Doubly Terminated Coupling Networks. IEEE Trans. on C. T. 1965 December, p. 633.
60. E. V. Sorensen: Some General Relations Governing the Exact Sensitivity of Linear Networks. Laboratory of Circuit Theory, Technical University of Denmark, Report 1967.
61. F. L. Stumpers: To the Official Members of Commission VI. International Scientific Radio Union, URSI Information Bulletin, No. 164, 1967 September, October, pp. 24—27.

62. *V. И. Сифоров—Р. М. Туркельтауб*: Некоторые вопросы анализа точности схем радиоэлектронной аппаратуры. Радиотехника, Т. 21. № 5. 1966. ст. 2—10.
63. *Сигорский В. П.*: Общая теория четырехполюсника. Изд. Ак. Наук УССР, Киев, 1955.
64. *G. C. Temes—D. A. Calahan*: Computer-Aided Network Optimization — The State-of-the-Art. Proc. IEEE. Vol. 55, No. 11. 1967 November pp. 1832—1863.
65. *R. Tomovic*: Sensitivity Analysis of Dynamic Systems. McGraw Hill, 1964.
66. *R. Vich*: Eine Verallgemeinerung der Filteranalyse und -synthese. X. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der TH Ilmenau 1965. Heft 3. Nachrichtentheorie pp. 7—12.
67. *R. Vich*: Iterative Synthesis of Electrical Networks by Digital Computer. Lecture held on a network Theory conference in Jablonna, Poland, 1965.
68. *Э. В. Зелях*: Метод получения эквивалентных много полюсников и четырёхполюсников. Радиотехника, Т. 20. № 1. 1968. ст. 1—9.
69. *Э. В. Зелях—В. А. Кисель*: К теории эквивалентных цепей, Радиотехника, Т. 23. № 1. 1968. ст. 65—71.
70. *Л. В. Зотов*: Оптимизация схем обратной связи на ЦВМ. Известия вузов СССР — Радиотехника, Т. X. № 7. 1967. ст. 740—742.

Makó Zoltán kitüntetése

Makó Zoltánnak nyugdíjbavonulásakor — a híradástechnikai ipar fejlesztésében kifejtett eredményes munkássága elismeréséül — a KGM Kiváló Dolgozója kitüntetést adományozták. Gratulálunk szerzett „Zoli bátyánknak” és kívánjuk, hogy még sokáig jó egészségben munkálkodjon körünkben.

Szerkesztőség

Kerek dugaszos csatlakozók

Dugaszos csatlakozók nyomtatott áramkörök részére

Lapos dugaszos csatlakozók armatúrával

az elektronika és elektrotechnika céljaira

a gép- és készülékgyártásban
a közlekedésnél

a repüléstechnika berendezéseiben
a szállítás- és emelőtechnikában

a kapcsolás-, mérés-, vizsgálás-, vezérlés-,
szabályozás- és híradástechnikában

az adatfeldolgozásnál / irodagépekben
az optika / finommechanikában

— Kérjük az alábbi szelvényt letépni, kitölteni, postai levelezőlapra felragasztani és címünkre feladni.

Póstaforrával küldjük részletes tájékoztatónkat.

Név _____ ✂

Cég _____

Uzletag _____

Város _____

Utca _____

AMPHENOL-TUCHEL ELECTRONICS GMBH

71 HEILBRONN/N., BRD, Postfach 920, Abt. C

Termokompressziós kötések

ETO 621.3.049.7:621.315.682:621.791.1

Elektromos huzalkontaktusokat vékonyfilmekre, integrált-áramkörökre, planar-tranzistorokra és mikrohullámú félvezető eszközökre, ma általánosan termokompressziós eljárással készítenek.

Az eljárás gyakorlati jelentősége egyedülálló a félvezető-technikában, ezt gyors elterjedése is igazolja.

A fizikai jelenség felismerése Bowden és Tabor-tól származik 1945-ből. Ők azt tapasztalták, hogy ha két planparallel fémet egymásra helyeznek, akkor az érintkező felületi pontok száma a mikroszkopikus kontakt pontokból adódva nem lehet több — az érintkező és a szabad felületek arányát tekintve — mint 1/100 000.

Az érintkező pontok kis számát növelni tudták, ha nyomást is adtak a két fémre, sőt ezt a hatást fokozni is lehetett azzal, ha az összenyomott fémekkel hőt is közöltek. A hőmérséklet növekedése azonban nem volt nagyobb, mint néhány száz C°, de minden esetben kisebb mint a két fém eutektikus hőmérséklete.

A két fémmel közölt hőenergia a felületi atomok energiáját növelte, és a diffúzió meggyorsulását eredményezte.

A tapasztalatok azt mutatták, hogy ez az effektus különösen érvényesül akkor, ha a fém párokat a plasztikus fémek közül választották ki.

A nyomás és a hőmérséklet hatására a kontakt pontok száma rohamosan megnőtt, és a megnövekedett diffúzió folytán a felületi atomok egymásba hatoltak és a hidegforrasztás jelensége volt tapasztalható.

A termokompressziós kötést vékony fémhuzalokkal elsőként 1957-ben Andersen, majd 1958-ban Kristiansen írták le.

Meghatározták a termokompressziós huzalkötések általános elveit, a kivétel szerkezeti megoldását, valamint rámutattak az alkalmazandó szerszámok alakjának jelentőségére a kötések szilárdságát illetően.

A termokompressziós eljárás a fémek plasztikus megfolyásán és a diffúzió együttes alkalmazásán alapszik, melynek eredményeként, egymást jól nedvesítő plasztikus fémek között szilárd kötés létesül.

A kötések igen jó elektromos vezetést, magasfokú megbízhatóságot és igen nagy százaléku reprodukálhatóságot biztosítanak.

A kötések, melyet termokompressziós eljárással készítenek, ellenállnak a mechanikai rezgéseknek, ciklikus hőmérséklet-változásoknak anélkül, hogy a kötések elektromos vezetőképessége és mechanikai szilárdsága károsodást szenvedne.

Az elmúlt években számos kísérletet végeztek és írtak le, megkísérelték a termokompressziós kötések általános elméletét kidolgozni, azonban az irodalomban csak részeredmények utalnak a jelenség komplex voltára.

A szigorú analízis szempontjából a plasztikus megfolyás modellje nem kielégítő. A folyamat teljes leírásához szükséges lenne tanulmányozni a fémek rácsdeformációját, a számos ötvözőanyag jelentős szerepét a fémek egymásra vonatkozó nedvesítésében, valamint a monometallikus fémek kötését. Ennek ellenére a kvalitatív eredmények máris hasznosnak bizonyultak a technológiai tervezés szempontjából. Tisztázták a félvezetőgyártásban korábban tapasztalt sikertelenségeket, melyeket a legtöbb esetben a helytelenül megválasztott fém párok okoztak.

Tárgyalásunkban az általánosan használt termokompressziós huzalkötést vesszük alapul, az Al-Au párokat, melyek jó vezetőképességük alapján és igen jó kötési szilárdságuk folytán bevált kontaktus anyagok.

A termokompressziós huzalkötések jelentős tényezője a megfelelő kötési geometria kiválasztása, mivel az elektromos vezetés és a mechanikai szilárdság a kötés alakjától nagymértékben függ. Számos kísérletet végeztek a kötési geometria és a szerszámok alakjának, méreteinek és anyagának pontos meghatározására. Mindezeket a kísérleteket elsősorban három geometriai alapformára redukálhatjuk: 1. ékkötés, 2. golyókötés vagy más néven gombostűféjkötés, 3. kúposkötés vagy más néven szemölcskötés.

A termokompressziós kötést ma úgy valósítják meg, hogy a hordozóra párolgatott alumínium filmet, a hordozóval együtt fűtött asztalra helyezik, melynek hőmérséklete mindenkor a két fém eutektikus hőmérséklete alatt marad és az alkalmazott fémektől függően 150 C° és 350 C° közötti. A réteggel párhuzamosan aranyhuzalt fektetnek a rétegre, a huzal átmérője 7 μ –50 μ . Ezután egy késalakú szerszámot nyomnak merőlegesen a huzal felületére, közben a hőmérséklet a fűtött asztalon a beállított értékre emelkedik. Ekkor a huzal a nyomás hatására plasztikus deformációt szenved és a hő hatására meggyorsult diffúzió útján tartós kötés keletkezik a két fém között. A kötés ideje 0,025 mm átmérőjű aranyhuzal esetén 1–5 s.

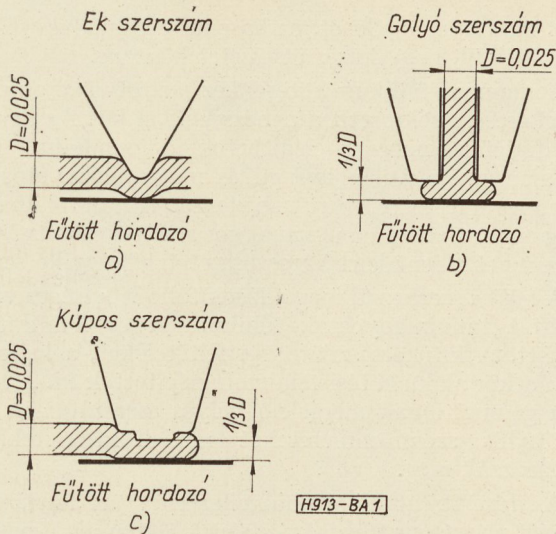
A három kötési geometriát és annak metszetét az 1. ábra szemlélteti.

Az 1a ábrán láthatunk egy ékkötést, melynél egy finom ék alakú szerszámot használnak, a szerszám rádiuszát az alkalmazott huzal átmérőjéből számolják:

$$r = I/4 D$$

A szerszámot finom szemcsézetű wolframkarbid acélból vagy egy kristályos zafirból készítik.

Az aranyhuzalt orsóról fejtik le vékony üvegdűzín keresztül és adagolják az alumíniumfilm felületére, a nyomás és a hőmérséklet fent leírt módon történő beállítása esetén termokompressziós kötés keletkezik a fémréteg és a huzal között.



1. ábra

Az 1b ábrán a golyókötés látható, ennél a módszerrel a huzal végére egy kis golyót olvasztanak, melyet a 2. ábrán részletezve láthatunk. Az ábra műveleti sort ábrázol, felbontva az egymást követő fázisokra: a huzalt itt is egy orsóról fejtik le és egy vékony furatú wolframkarbid tűzsin vezetik keresztül. Ezután kihúznak egy darabot az aranyhuzalból és a végére finom túllánggal golyót olvasztanak. A megolvadt aranyceppet a felületi feszültség szabályos golyóvá rántja össze. A golyó mérete 0,1 mm a példának választott 0,025 mm átmérőjű huzalnak megfelelően.

A golyót ezután a kötési geometriának megfelelően kialakított szerszámban visszahúzzák és a felületre nyomják — ez a 2c ábrán látható —, a golyó a nyomás következtében a központtól kifelé radiálisan plasztikus deformációt szenved és egy kötési felület képződik, mely a diffúzió következtében szilárd kötést biztosít.

A műveleti sor további lépése a 2d ábrán látható, a lekötött huzalt a tokozás kivezető csapjához vezetik és ismételt termokompressziós kötéssel a kromvas csaphoz kötik, majd a huzalt túllánggal elvágják. A példa egy planar tranzisztorra vonatkozik.

Végül az 1c ábrán egy kúposkötést láthatunk. Előnye, hogy a golyó készítése elmarad és alumíniumhuzal kötés is készíthető, ugyanis a golyó olvasztásakor alumíniumhuzalnál káros oxidáció következik be. A műveletet csonkakúp alakú szerszámmal végzik és a következőképpen hajtják végre.

A hordozót fűtött asztalra helyezik és vékony arany vagy alumíniumhuzalt fektetnek rá, ezután merőlegesen rányomják a kúpos alakra elkészített szerszámot. A csonkakúp alakú szerszám kör alakú szemölcsöt nyom a huzal felületére és a fenti módon termokompressziós kötést biztosít.

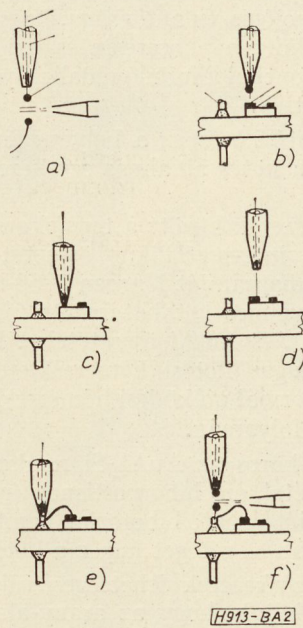
A felsorolt három kötési módszer közül a gyakorlatban a két utóbbi kötésforma terjedt el, a golyókötés és a kúposkötés, az ékkötésnél jelentkező keresztmetszet-csökkenés a kötési szilárdság romlását jelenti és technológiailag gyengébb eredményt ad.

A termokompressziós kötések szilárdsági vizsgálataira nagyszámú laboratóriumi mintán végeztek kísérleteket.

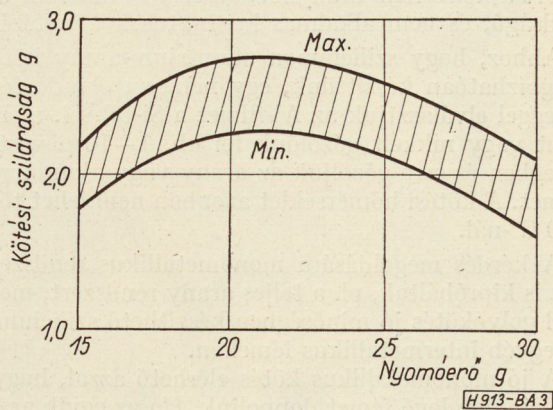
A kötés végleges alakját a plasztikus deformáció adja, mely nem választható el a kötési szilárdságtól. A gyakorlatban 15–25 g nyomóerő optimális határérték egy 0,025 mm huzalra vonatkoztatva, 30 g nyomáson túl a kötési szilárdság már rohamosan romlik. A 3. ábrán egy görbét láthatunk, ahol a szakítószilárdság gramokban és a huzalra gyakorolt nyomóerő szintén gramokban van megadva.

A szilárdsági vizsgálatokat kétféle módon is elvégezték a termokompressziós kötések: egyrészt centrifugálással, másrészt mikroszakítással. Centrifugálásnál a gyorsulás 60 000 g-t is elért egy planar tranzisztornál. A kötések megbízhatóságára jó korrelációt kaptak a két vizsgálati módszer között, ha figyelembe vették a huzal szakításának irányfüggését. Mikroszakítási tapasztalatok azt mutatták, hogy ha a huzal megrántásánál a felülettel bezárt szög nagyobb volt 30°-nál, akkor az eredmények erősen szórtak, és nem voltak reprodukálhatók. Ellenben 30° alatt a reprodukálhatóság kielégítő volt.

Mikroszakítási kísérleteket végeztek arany- és alumíniumhuzalok és vékonyrétegek között, a külön-



2. ábra



3. ábra

1. táblázat

Huzalanyag Ø 0,025 mm	Vékonyréteg- anyag	Ékkötés g	Golyókötés g	Kúposkötés g
Al	Al	0,8–1,5	–	2,5
Al	Si	0,5–1,0	–	1,9–2,7
Al	Kovar	–	–	2,2–2,7
Au	Al	2,0–4,0	6,0–8,0	5,0–6,0
Au	Si	1,0–2,0	–	2,5–4,0

böző kötési geometriákra vonatkoztatva, melyet az 1. táblázatban láthatunk.

A jó termokompressziós kötésnél a következő feltételeket kell kielégíteni: tiszta nyírásmentes plasztikus folyásnak kell bekövetkeznie oly mértékben, hogy az oldalirányú folyás megtörténjen és a kettős réteg megszakadjon (interface) ekkor tiszta fémfelületek kerülnek érintkezésbe egymással és diffúzió indulhat meg a tiszta fémfelületek között.

A kötési felület tisztaságát azzal biztosítják, hogy frissen párologtatott rétegeket használnak, azonban a planar-technológia tulajdonsága, hogy nyomokban előfordul a felületen photoresin és oxid szennyezés, melyet a központból kiinduló oldalirányú folyás kitol a kötési felületből.

A megbízható kötéshez a helyesen megválasztott geometria és a kötés alkalmas szerkezeti megoldása vezet.

Al-Au rendszerek között a termokompressziós kötés folyamán intermetallikus összetétel alakul ki, melynek fázisdiagramját Hansen 1958-ban írta le, és felhívta a figyelmet két határozott fázis kialakulására: az $AuAl_2$ és Au_2Al összetételre. Ezek gyorsan képződnek magas kötési hőmérsékleten, és sokkal lassabban a normál működési hőmérsékleten az egész élettartamuk folyamán.

Különösen káros az $AuAl_2$ -Si rendszer, mely egy ternier összetétel, ezt bíborpestisnek (purple plaque) is nevezik, és jól látható bíborszínű nemfémes kemény törékeny közbenső réteget képez a kötésen belül.

A kötési szerkezetek lehetséges változatait vizsgálva, azt találjuk, hogy az arany-alumínium-szilícium három komponensű ötvözetet képez, melynél az AuSi eutektikus hőmérséklete alacsony, $370\text{ }^\circ\text{C}$. Ezért a közvetlen aranykötés a szilíciumhoz kis szilárdságú, és nem alkalmas kontaktusok készítésére.

Ahhoz, hogy szilíciumon alumínium-arany kötés megbízhatóan készítsünk, egy nehezen olvadó réteggel elválasztjuk az Al-filmet a Si-től, pl. molibdént vagy nikkelt gőzölünk fel kb. $1-10\ \mu$ vastag rétegben és erre gőzöljük az arany vagy alumínium-filmet. A kötési hőmérséklet azonban nem lehet több $320\text{ }^\circ\text{C}$ -nál.

A kérdés megoldására monometallikus rendszereket is kipróbáltak, pl. a teljes arany rendszert, melylyel golyókötés jó minőségben készíthető szilíciumon és egyéb intermetallikus fémeken.

A jó monometallikus kötés elérhető azzal, hogy a szilíciumon levő fémot doppeljük. Ha az egyik arany komponens kis százalékban galliumot tartalmaz, pl.

99% Au-ot és 1% Ga-ot, ez hasznos a Si nedvesítéséhez anélkül, hogy káros ötvözetet képezne.

A monometallikus kötésekhez az ötvöző anyag megkeresése sok esetben nehézségekkel jár. Az ötvözés feltételei nehezen elégíthetők ki, gondolunk itt az alacsony olvadákonyságú és magas gőznyomású fém megkeresésére, e két tulajdonság ritkán található meg egyazon fémmel, ugyanakkor a keletkező ötvözet nem lehet a fent leírt káros összetételek egyike sem.

A kötési szerkezeti megoldások több lehetséges változatát tanulmányozták fémhuzalok és fémfilmek között. A kitűzött szilárdsági feltételeket, a legjobban a kör alakú kötési felületek elégítették ki. A kötési geometriának megfelelő helyes szerszámalak és optimális szerszámmereteket modell kísérletekkel határozzák meg.

A feszültségoptikai modellezésnél a módszert fémek plasztikus folyására elsőnek Green alkalmazta 1951-ben. Átlátszó plexi anyag modellben megfigyelhetjük, fémeknek tiszta nyírásmentes lassú folyamatát, valamint a plasztikus deformációtól származó anizotrópiát.

A feszültségoptikai modellezésnél a vizsgálatra kerülő mintának arányosan felnagyított mását készítjük el átlátszó plexi anyagból, ezeket a mintákat nyomás alatt poláros fényvel átvilágítjuk, majd egy analizátoron keresztül megfigyeljük.

A modell kvalitatív összehasonlításra alkalmas és lehetővé teszi a nyomás alatti plasztikus deformáció tanulmányozását.

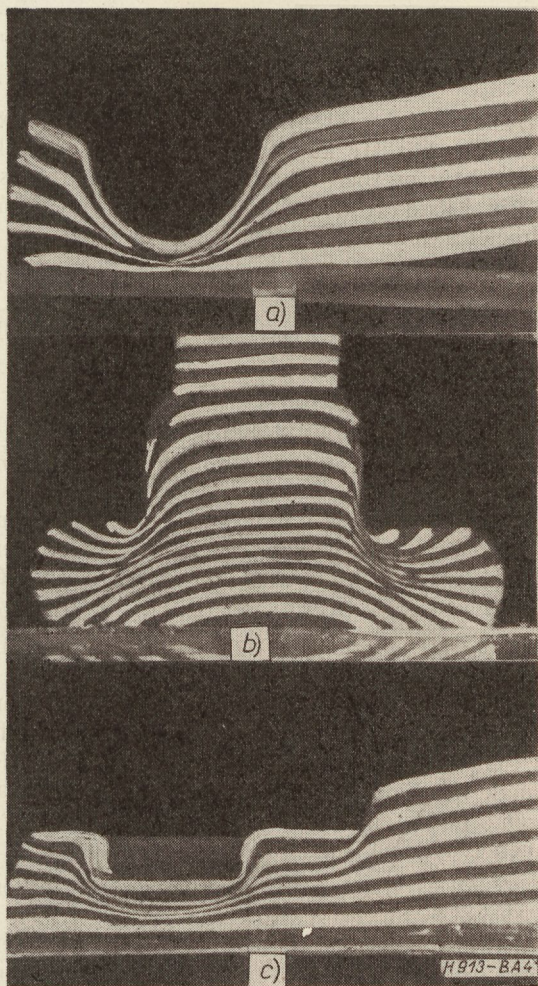
A modell alsó felületét grafitréteggel vonják be és egy kemény üveglaphoz nyomják, a nyomás következtében az erőhatásoknak megfelelően a mintában a törésmutató változásai lépnek fel.

A grafitréteg megszakadása a kettős réteg (interface) modellezését teszi lehetővé, ezért a nyomást a modellre a grafitréteg megszakadásig növelik és az ekkor fellépő törésmutató változásai során, egy adott nyomás mellett a belső feszültségek láthatóvá válnak.

A 4. ábrán a három kötési geometria feszültségoptikai képe látható. A feszültségoptikai képek az ék, golyó- és kúposkötés méretarányait, valamint összefüggéseit tárják fel. A legjobb kötési szilárdságra vonatkozó eredményeket akkor kapták, ha a huzal átmérője D és a kötési felület $3D$ volt, a váll és a kötési felület, illetve a szerszám közötti rés $1/3D$ -vel volt egyenlő.

Az ékkötésnél fellépő elvékonyodása a huzalnak, a modellen is jól felismerhető, és érthetővé teszi a gyengébb szakítási szilárdsági eredményeket.

Az 5. ábrán egy termokompressziós berendezést láthatunk. A vékonyréteg áramkört vagy félvezetőt a fűtött asztalra helyezük, a készülék golyókötéseket készít, a düzniből adagolt aranyhuzalra a háttérben levő túllánggal golyót készítenek és ezt nyomja a szerszám a kötési helyre. A készülék kritikus része a mechanikai impulzus-berendezés, mely $1-5$ sec intervallumban a beállított nyomóerővel a kívánt ideig a golyót a kötési helyre nyomja. A kötés a fent leírt módon a golyó plasztikus deformációja és a diffúzió együttes alkalmazása útján megkötődik.



4. ábra

Az elmondottak alapján a jó termokompressziós kötést a következő feltételek teljesülése esetén kaphatjuk:

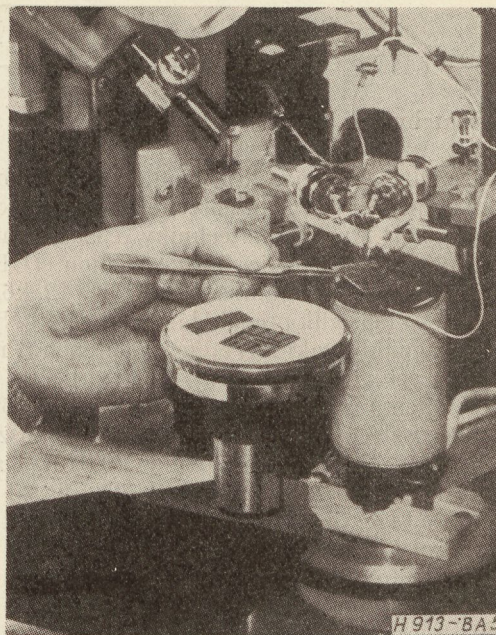
1. A fémhuzal plasztikus folyatásakor fellépő oldal-folyásnak minden esetben be kell következnie.
2. A nyomóerőt addig kell növelni, míg a kettős réteg (interface) megszakad, ekkor tiszta fémfelületek kerülnek érintkezésbe egymással.
3. A huzal keresztmetszetének csökkenése a kötés minőségének romlását jelenti.
4. Általános tapasztalat, hogy a kötési érintkező felületnek a huzal keresztmetszetének háromszorosát kell elérnie.

A 6. ábrán egy félvezető integrált áramkört termokompressziós huzalkötésekkel láthatunk.

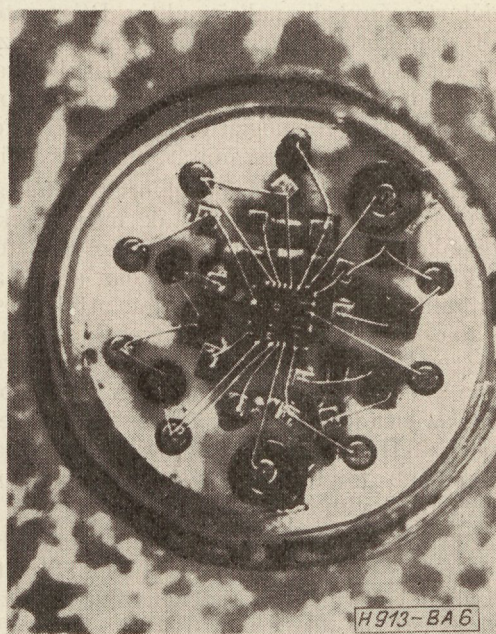
Termokompressziós kötések alkalmazásának gyors elterjedése a vékonyréteg integrált áramkörök, félvezető eszközöknél ezen technológia további sikeres alkalmazására enged következtetni.

IRODALOM

1. *Anderson O. L.*: Adhesion of Solids Principles and Application 1957 Bell Lab. Record 35,441



5. ábra



6. ábra

2. *Christenson H.*: Adhesion-bonding of electrical leads and Semiconductors 1958 Bell Lab. Record 36,127
3. *Hansen M.*: Constitution of Binary Alloys McGraw-Hill New York 1958. p. 69
4. *Marsh D. M.*: Micro-tensile testing machine 1961 J. Sci. Instrum. 38,229
5. *Kirby P. L.*: A practical Approach to Thin Film Circuits 1964 ápr. British Communication and Electronics
6. *Keonjian E.*: Mikro Electronics Theory Design and Fabrication McGraw-Hill New York 1963 p. 158.
7. *William Hume-Rothery*: Elektronok, Atomok, Fémek és Ötvözetek 1955. Akadémiai Kiadó

KÜLFÖLDI ESEMÉNYEK

Hálózatelméleti Nyári Iskola — Prága 1968

A Csehszlovák Tudományos Akadémia (Ceskoslovensko Akademie Ved) Rádiótechnikai és Elektronikai Intézete (Ustav Radiotechniky a Elektroniky) az International Scientific Radio Union (URSI) közreműködésével 1968. június 28. és július 12. között rendezte meg a második prágai Hálózatelméleti Nyári Iskolát a prágai Műszaki Egyetem épületében (Praha 6- Dejvice, Technicka 1902, A).

A konferencia résztvevői országok szerint a következőképpen oszlottak meg: Anglia (11 fő), Ausztria (1 fő), Belgium (3 fő), Csehszlovákia (97 fő), Dánia (2 fő), Egyesült Államok (10 fő), Hollandia (3 fő), Japán (3 fő), Jugoszlávia (4 fő), Lengyelország (4 fő), Magyarország (25 fő), NDK (23 fő), NSZK (26 fő), Olaszország (8 fő), Románia (8 fő), Svédország (4 fő), Svájc (1 fő), Szovjetunió (10 fő), Törökország (3 fő). Összesen 19 országból 246 résztvevő.

Összesen 108 előadás hangzott el az alábbi témakörökből: A hálózatelmélet axiomatikus megalapozása, időtartománybeli analízis, aktív RC szintézis, integrált áramkörök speciális problémái, elosztott paraméterű hálózatszintézis, nemlineáris hálózatok elmélete, számítógépes áramkörtervezés, mikrohullámú alkalmazások, topológiai vizsgálatok, érzékenység analízis — toleranciaszámítás, digitális szűrők.

A Nyári Iskola jellegét a meghívott előadók által tartott ún. főelőadások határozták meg. Ezek az egyes témakörök általában igen alapos, részletekbe menő feldolgozását adták, így kiválóan alkalmasak voltak tanulásra, az illető témakör áttekintésére. A főelőadások mellett a tudományos konferenciák általános gyakorlatának megfelelően 76 szerző rövid előadásban számolt be eredményeiről. A rövid hozzájárulások az előadott anyagok újdonságával szerencsésen egészítették ki a főelőadásokat. Az előadások két szekcióban folytak egymással párhuzamosan. Minden előadást vita követett.

A hazai résztvevők négy előadást tartottak a Konferencián. Géher Károly (Budapesti Műszaki Egyetem) főelőadásban ismertette az érzékenységi módszerek hálózatelméleti alkalmazásait, Berceli Tibor (Távközlési Kutató Intézet), Roska Tamás (Műszeripari Kutató Intézet) és Csurgay Árpád (Távközlési Kutató Intézet) rövid előadásban számoltak be egy-egy kutatási eredményükről. A magyar delegáció többi tagja (Távközlési Kutató Intézet, Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet, Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Laboratórium) a vitában való részvétellel, hozzászólásokkal vett részt a Nyári Iskola szakmailag igen értékes, élénk és tanulságos életében.

A következőkben röviden ismertetjük a főelőadásokat.

A. H. Zemanian (USA): Az általánosított függvények alkalmazása a hálózatelméletben.

Összehasonlította a hálózatelmélet axiomatikus megalapozása területén eddig alkalmazott három axiómarendszert (az ún. „P”, „S” és „Q” axiómákat) és

passzív hálózatok esetén megmutatta a három axiómarendszer közötti kapcsolatokat. Megjegyzéseket tett az aktív esetben alkalmazható axiómarendszerekről is. Előadása kitűnő összefoglalása volt a hálózatelmélet axiomatikus felépítése területének.

V. Dolezal (Csehszlovákia): Operátorok alkalmazása a hálózatelméletben.

Előadása a nemlineáris visszacsatolt rendszereket leíró operátoregyenletek

a) egyértelmű megoldhatósági feltételeivel,

b) a megoldás stabilitásával és

c) a nemlineáris rendszer stabilitásának problémájával

foglalkozik. Erőteljesen hangsúlyozza a funkcionális analízis jelentőségét a nemlineáris fizikai rendszerek elméletében, különösen pedig a stabilitás-vizsgálatokban.

J. Gregor (Csehszlovákia): A passzív hálózatfüggvények matematikai elmélete.

Az előadás a lineáris, passzív, invariáns, folytonos és kauzális hálózatokat a frekvenciatartományban leíró függvények, ill. operátorok lényeges tulajdonságainak áttekintésével foglalkozik és összefoglalja az ezen a területen az utóbbi években publikált eredményeket. Kitűnő irodalomjegyzéket ad.

E. Köhler (NDK): Mikroelektronikai áramkörök építőelemei és tervezési szabályai.

Általános, ismertető jellegű előadásban összehasonlítja az IC technika fő formáit (monolit, hibrid, vékony- és vastagréteg), és felhívja a figyelmet arra, hogy az új technika igen szoros együttműködést kíván az eszközt, az áramkört és a rendszert tervező szakemberek között.

J. G. Linvill (USA): Integrált áramkörök modellezése.

Integrált áramköri bipoláris tranzisztor helyettesítőképeinek a meghatározásával foglalkozik. A modell megszerkesztésénél figyelembe vett alapvető fizikai jelenség a kisebbségi töltéshordozók mozgása a drift hatás és a diffúzió következtében.

G. T. Wright (Anglia): Az integrált mikroelektronika lineáris elemei.

A lineáris áramkörök mikroelektronikai megvalósításának problémáival foglalkozik. A problémákat az eszköz-készítő technológus szemszögéből vizsgálja. Ezek a problémák: az RC elemek toleranciája, szórt paraméterek, a komplementer tranzisztorok megvalósításának nehézségei stb. Véleménye szerint lineáris áramkörökben a jövőben a monolit aktív elemek és a rétegtechnológiával létrehozott passzív elemek kombinációjából felépített hibrid áramkörök fognak elterjedni.

H. J. Carlin (USA): Távvezeték-hálózatok szintézise.

Összefoglaló áttekintés a frekvenciatranszformációval egyváltozós hálózatfüggvényekre visszavezethető elosztott paraméterű szintézisproblémákról.

Részletesen foglalkozik a láncba kapcsolt egységelemből felépített szűrők, korrektorok, illesztőtagok tervezésével. Végül például illusztrálja azt, hogy elosztott paraméterű illesztő hálózattal nagyobb sávzsélesség érhető el, mint koncentrált paraméterekkel.

J. Braun — M. Novák (Csehszlovákia): Aktív elosztott paraméterű RC hálózatok.

Kísérlet az aktív elosztott paraméterű hálózatok szintézismódszereinek osztályozására. Négyféle alapvető osztályozási lehetőséget írnak le, ezek közül három új, általuk javasolt. A kérdés az integrált áramkörök tervezése szempontjából lényeges.

H. Harmuth (NSZK): Szequenciális szűrők (Sequence filters).

Az integrált áramköri megoldású, olcsó kapcsoló elemek kedvező lehetőséget nyújtanak a szűrők digitális áramkörökkel történő realizációjához. Az előadás a digitális szűrőknek a Walsh-függvényeken alapuló elméletével foglalkozik. Összefüggéseket vezet le aluláteresztő és sávszűrőre.

A. L. M. Fettweis (NSZK): Rezonáns-transzfer áramkörök elmélete és alkalmazása szelektív áramkörökben.

A rezonáns-transzfer áramkörök kapcsolókat tartalmaznak, így időben periodikusan változó hálózattal írhatók le. A szerző egy olyan általános elméletet dolgozott ki, amely segítségével a fenti hálózatok állandó paraméterű hálózattal helyettesíthetők. Az elmélet felhasználásával szelektív áramkörök tervezhetők induktivitás nélkül.

W. Saraga (Anglia): Többutas szelektív rendszerek elmélete.

Időben periodikusan változó építőelemeket (sokszorozók, modulátorok, kapcsoló-áramkörök) tartalmazó hálózatokkal többutas terjedés esetén nagy szelektivitás-követelményeket lehet kielégíteni. Emellett ezek az ún. időben periodikusan változó RCT áramkörök toleranciákra kevésbé érzékenyek.

R. Vich (Csehszlovákia): Digitális szűrők szintézise.

A mikroelektronika növekvő térhódításával a digitális szűrők diszkrét és folyamatos jeleket átvivő rendszerekben egyaránt alkalmazást nyernek. A kvantált jelsorozatok — pl. mintavételezés után nyert jeleket — átvivő digitális szűrők tervezési kérdéseivel foglalkozik. A Z transzformációt és a diszkrét Laplace transzformációt használja eszközként.

A. W. Keen (Anglia): Műveleti erősítők analízise és szintézise.

Tetszőleges nemreciprok és nem passzív négy-pólusok analízisével és szintézisével foglalkozik. A vizsgált négy-pólust kompakt integrált áramköri technológiával készített műveleti erősítők segítségével realizálja. Megmutatja a negatív impedancia konverter és a girátor megvalósítási lehetőségét műveleti erősítők segítségével.

G. Martinelli (Olaszország): A negatív ellenállásokat tartalmazó hálózatok elméletének újabb eredményei.

A negatív ellenállásokat tartalmazó hálózatok elméletéből néhány kérdést vizsgál. Ezek a következők: Az S és N típusú negatív ellenállászakaszt tartalmazó fizikai eszközök (pl. alagút dióda) kisjelű lineáris helyettesítő kapcsolásának meghatározása. A he-

lyettesítő kapcsolásban negatív ellenállás és kiegészítő passzív áramköri elemek találhatóak. Negatív ellenállásokat tartalmazó hálózatok stabilitási kérdései. A negatív ellenállások tolerancia érzékenysége. A negatív ellenállásokat tartalmazó négy-pólusok zaviszonyai. Az előadó részletes irodalomjegyzéket is közölt.

J. Gensel (DDR): Aktív RC hálózatok.

Az aktív RC hálózatokat a jósági tényező szempontjából vizsgálja. Definiálja a hálózat jósági tényezőjének fogalmát. Megvizsgálja, hogy a jósági tényező hogyan függ az áramkör elemeitől. Kiszámítja a vizsgált áramkör tolerancia-érzékenységeit. Végül néhány konkrétan megadott aktív RC áramkör analízisét mutatja be. Előadásához részletes irodalomjegyzéket ad.

J. Bendik (Csehszlovákia): Aktív és nemreciprok négy-pólusok szintézise valós mátrix segítségével.

Egy számítási módszert ad arra, hogy milyen módon kell egy impedancia mátrixával megadott aktív és nemreciprok hálózatot realizálni. A számítások során a megadott mátrixot passzív és aktív részekre bontja. Az aktív rész mátrixot nullátorok és norrátorok segítségével megvalósítja.

M. S. Ghauri (USA): Koncentrált és elosztott aktív RC hálózatok elmélete.

Az előadásban rövid összefoglaló található az aktív RC hálózatok transzferfüggvényeinek szintézis módszereiről, és a módszerek felhasználásának elvi határaitól. Az előadó egy realizációs elrendezést és szintézis módszert ismertet, amely az elvi határok korlátozó hatását csökkenti. Áttekintést ad az elosztott paraméterű aktív RC hálózatok szintézis eljárásairól és röviden tárgyalja az elosztott és koncentrált aktív hálózatokat tartalmazó szűrők szintézis módszereit.

S. K. Mitra (USA): Az aktív hálózat szintézis legújabb eredményei és jövőbeni lehetőségei.

Általános ismertető jellegű előadás az aktív hálózat szintézis problémáiról. Célja az integrált áramkörök tervezési eljárásainak összefoglalása. Az előadó részletes irodalomjegyzéket adott a témához tartozó közleményekről.

A. G. J. Holt, J. K. Fidler, D. H. Horrocks (Anglia): Egy műveleti erősítőt tartalmazó visszacsatolt áramkörök számítógépes tervezése.

Az előadás a számítógépes tervezési módszerek fejlődéséről ad áttekintést a következő témakörökben: állapotváltozókkal történő analízis és topológiai eljárások, toleranciaszámítás, hibabecslés és optimalizálás. A szerzők a közölt topológiai módszert egy olyan RC hálózat vizsgálatára alkalmazzák, amely egyetlen műveleti erősítőt tartalmaz.

S. Bellert (Lengyelország): Elektromos rendszerek topológiai analízise és szintézise.

Új, a szerző korábbi munkáin alapuló számítási módszer. Segítségével a hálózat-analízis és szintézis problémák megoldása a klasszikus eljárásoknál egyszerűbb módon elvégezhető. A topológiai módszer különösen számítógépes hálózattervezésre alkalmas.

V. Belevitch (Belgium): Racionális függvények segítségével történő interpoláció és ennek alkalmazása a passzív hálózatok szintézisére.

Az előadó Amstutznak a racionális függvényekkel történő interpolációra vonatkozó eredményeit vizsgálja. Youla és Saito munkái alapján kiterjeszti ezeket az eredményeket a pozitív függvényekkel történő interpolációra. Új tételeket mond ki a Nevanlinna–Pick mátrixok rangjára. Végül egyértelmű leírási módot ad egy pozitív reális függvény számára.

Géher Károly (Magyarország): Érzékenységi módszerek a hálózatelméletben.

Az előadás a hálózatok toleranciaérzékenységének a témakörét tekinti át az alábbi csoportosításban: Az áramkörü elemek tartománya, az érzékenység, mint az áramkör alapvető jellemzője, toleranciaanalízis és szintézis módszerek; változtatható paraméterű hálózatok; iteratív szintézis.

G. Kishi (Japán): LRC hálózatok érzékenysége.

Megmutatja, hogy LRC hálózat esetén a hálózatfüggvény valamely elemre vonatkoztatott érzékenysége arányos az illető elemben tárolt, illetve disszipált energiával. Ily módon adott hálózat esetén a hálózatban disszipált, illetve tárolt energia ismeretében az egyes elemekre vonatkozó érzékenységekre alsó és felső korlát adható.

E. S. Kuh, R. N. Biswas (USA): Többutas visszacsatolt rendszerek szintézise és toleranciáinak optimalizálása.

A szerzők egy speciális többutas visszacsatolt rendszert ismertetnek, amelynek segítségével tetszőleges transzferfüggvény realizálható. Elvégzik a közölt rendszerre vonatkozó optimum szintézist úgy, hogy a rendszer tolerancia-érzékenységei minimálisak legyenek. Az optimum szintézis további eredménye, hogy az ajánlott hálózat érzékenységi függvényei egyformák. Az optimum szintézist másodrendű transzferfüggvényre analitikusan, magasabb rendű transzferfüggvényekre pedig számítógép program segítségével végzik.

A. F. Beleckij, A. A. Lanne (Szovjetunió): Lineáris áramkörök szintézisének aktuális problémái.

Az előadás célja az volt, hogy rövid áttekintést adjon az áramkör tervezésnél felmerülő problémákról. Ezzel kapcsolatban a szerzők összefoglalták az analízis és szintézis feladatok megoldásának módszerét. Kiemelték a számítógépek alkalmazásának jelentőségét a szintézis feladatok megoldásánál. Ennek egyik példjaként ismertették az optimum szintézis eljárást.

K. L. Su (USA): Állandó futási idejű áramkörök összehasonlítása.

Javaslatot ad állandó futási idejű hálózatok minőségének három számértékkel történő, az eddigiektől eltérő jellemzésére.

W. Schüssler (NSZK): Impulzus formáló hálózatok tervezése.

Az időtartománybeli szintézis feladatnak egy alkalmazási példája. A feladatot egy új áramkörü elrendezés segítségével oldja meg. Az új áramkörü elrendezés elemeinek értékét számítógép-program segítségével határozta meg.

O. Wing (USA): A numerikus inverz Laplace-transzformáció újabb számítógépes módszerei.

A szerző két eljárást közöl az inverz Laplace-transzformáció számítógéppel történő elvégzéséhez. Az első módszer a Colley–Tukey-algoritmust Laguerre-polinómok segítségével végzi el. A második módszer a Cooley–Tukey-eljárás direkt alkalmazása. A két eljárás összehasonlítása azt mutatja, hogy általában az első módszer hatásosabb és pontosabb eredményt ad. Néhány speciális függvény esetében viszont a második módszer alkalmazása előnyösebb.

Az előadásokat angol, illetve tolmácskészülékek segítségével, cseh nyelven lehetett meghallgatni. A fő előadások anyagát a kezdés előtt a résztvevők között szétosztották. Az előadások szüneteiben vagy az egésznapos kirándulásokon lehetőség volt értékes beszélgetésekre és részletesebb információk szerzésére.

Dr. Gonda József–Dr. Reiter György

Párisi Híradástechnikai Alkatrész Kiállítás — 1968

A francia elektronikai ipar az utóbbi évek folyamán jelentősen fejlesztette az elektronikai alkatrészek iparágát. Ezt mutatta elsősorban maga a kiállítás is, amely a kiállítók számában és alapterületben az előző évekhez képest kb. 30%-kal nőtt meg. A korábbi évekhez képest változást jelent az is, hogy a francia cégek kiállítása tovább nőtt és az alapterület 45–50%-át tette ki. A kiállítás alapterülete 45 000 m², a kiállítók száma kb. 1100 vállalat volt.

Lényeges vonása volt e kiállításnak, hogy fő témája a mikroelektronika volt mind a francia, mind az amerikai, angol, nyugatnémet és olasz gyárak kiállításában.

A kiállítással párhuzamosan az egyes cégek előadásokat tartottak, melyek közül ugyancsak a mikroelektronika témaköre foglalta el a legnagyobb részt.

Az alapvető híradástechnikai passzív alkatrészeken kívül félvezető eszközöket, elektromechanikai- és mechanikai alkatrészeket is kiállítottak. Ezenkívül bemutattak műszereket, elsősorban olyan elektronikus műszereket, amelyek az alkatrészek vizsgálatához szükségesek.

A francia elektronikai ipar átszervezése a korábbi évekhez képest tovább folytatódott. Ennek az átszervezésnek a jellemző vonása az, hogy a francia kis- és középvüzeteket folyamatosan trösztökbé szervezték. Jelenleg már az alkatrészipar túlnyomó többsége trösztökhöz tartozik. Ezek közül a legnagyobb tröszt a CSF (Compagnie Sans Fils). E szervezés további lépése egyes trösztök vagy nagyvállalatok összevonása, ezek között a CSF és a Thomson Houston tröszt fúziója. E két tröszt egyesülése jelenleg folyamatban van.

E két tröszt szakemberei elmondották, hogy a francia kormány nagy súlyt helyez az elektronikai ipar fejlesztésére. Magára vállalta a kutatás és fejlesztés költségei jelentős részének állami biztosítását. Az állami dotálás elsősorban az alapvető kutatásokat érinti, de kisebb részben az alkalmazott kutatások állami dotálását is biztosították.

Mikroelektronika

Franciaország és egyéb országok kiállításából megállapítható volt, hogy e tématerület áll a kutatás, fejlesztés — és ma már lehet mondani — a gyártás

középpontjában. Azt is meg lehetett állapítani, hogy a fejlett elektronikai iparral rendelkező országok e tématerületet igen sok oldalról művelik.

A félvezető alapú áramkörök és a vékony, illetve vastagréteg áramkörök láthatóan nem konkurálnak egymással. Meg lehetett állapítani, hogy a nagyobb cégek (mind a francia, mind egyéb nyugati cégek) e tématerület minden oldalát művelik és aszerint választják a megoldásokat, ahogy az az áramkört követelményeknek a legjobban megfelel.

Az amerikai cégek elsősorban a félvezető alapú áramkörök fejlesztésével és gyártásával foglalkoznak, vékonyréteg áramkörökkel legtöbbször hibrid kivitelű konstrukciókat dolgoznak ki. Az áramkörök választéka e cégeknél nagymértékben megnőtt és jellemző az integrálás mértékének növekedése is. Az áramkörökben igen gyakran jelentkezik a csoportos integrálás formája. Több amerikai cég a kiállításon is jelszóként hirdeti: „Computer on a slice” — (Számológép egy szeleten) elvet.

Ehhez képest némileg eltérő képet mutatnak a nyugat-európai országok fejlesztési elképzelései. Félvezető alapú áramkörök területén a választékuk jóval kisebb, mint az amerikai cégeké. Nagyobb szerepet játszanak a vékony- és vastagréteg áramkörök, különösképpen azok hibrid kivitelűi. Ezt a francia és egyéb európai gyárak szakemberei elsősorban azzal indokolják, hogy a sorozatnagyságok kisebbek, mint az Egyesült Államokban. Az a törekvésük, hogy hibrid megoldásokkal igyekezzenek választékukat bővíteni. E hibrid megoldásokban már szerepet kezd játszani a félvezető áramkörök és a vékonyréteg áramkörök integrálása is.

Az elmúlt években a szigetelő alapú vékony- és vastagréteg áramköröket csak kis sorozatokban állították elő. Ma már a CSF tröszt dijoni gyárában évi több 100 000 áramkört gyártanak. 100 000-es nagyságrendű gyártásról számolt be előadásában az Alcatel gyár is és közel ilyen nagyságrendű gyártásról beszélt a SESCO gyár. Az egyik jellemző tehát az, hogy ezeknek az áramköröknek a tömeggyártása Franciaországban megindult. Hasonló adatokat közöltek az angol gyárak is (Plessey, LTT, Welwyn).

A másik jellemző az, hogy ezek az áramkörök nem egyféle technológiával és konstrukcióban készülnek, hanem a gyárak az áramkört paramétereknek megfelelően választják meg a célnak legjobban megfelelő konstrukciót és technológiát. Kifejlesztettek olyan üzemeket, ahol az áramköröket alapvetően vákuumpárolgatással állítják elő, emellett vannak üzemek, amelyek csak vákuumporlasztással előállított áramköröket készítenek, és olyanok, amelyek vastagréteg áramköröket gyártanak. Megállapítható, hogy e 3 technológia az, amely ma a legfontosabb szerepet játsza. Az olyan áramkört igények esetében, ahol igen szűk tűrésű és nagy stabilitású passzív alkatrészekre van szükség, a vákuumporlasztással előállított áramköröket alkalmazzák.

A legelterjedtebb e területen a tantál áramkör. A vákuumporlasztás útján előállított tantál áramkörök ellenállásai ± 5 , ± 2 , ± 1 , $\pm 0,5$ és $\pm 0,2\%$ kezdő tűréssel készülnek. TaN (tantál nitrid) ellenállásokat készítenek reaktív vákuumporlasztás útján.

A tantálnitrid ellenállások stabilitása 70°C körületesi hőmérséklet és 100% névleges terhelés esetén:

$$\frac{\Delta R}{R} < 0,1\%$$

Ezek az ellenállások a mai ismeretek szerint a legstabilabbak és legnagyobb pontossággal készíthetők. E nagy stabilitású áramkörökben a kondenzátorok a $Ta-Ta_2O_5-Au$ rendszerűek. A kondenzátorok stabilitása: $\frac{\Delta C}{C} < 1\%$ és ± 10 , ± 5 , ± 2 , $\pm 1\%$ kezdő tűrésűek.

Közepes stabilitású áramkörök Ni-Cr ellenállásokkal és szilícium-monoxid dielektrikumú vákuumpárolgatott kondenzátorokkal készülnek. Az ellenállások stabilitása: $\frac{\Delta R}{R} < 0,5-1\%$ -kal jellemezhető.

A kondenzátorok stabilitása: $\frac{\Delta C}{C} < 2-3\%$.

Ez utóbbi áramkörök, a hazaáig eddig kifejlesztett áramkörökkel összevethetőek. Az esetek túlnyomó többségében az ellenállások a direkt-kontakt maszkos eljárással készülnek, amivel igen kis méretben állíthatók elő. Az ellenállások minimális vonal szélessége $30-50\ \mu\text{m}$.

A harmadik áramkörtípus a vastagréteg áramkör, amelyet elsősorban kisebb stabilitást igénylő áramkörök céljaira alkalmaznak. Az üvegpalládium keverékből szitanyomtatás útján készült ellenállás pasztákkal az ellenállások stabilitása: $\frac{\Delta R}{R} < 3-5\%$.

A vastagréteg áramköröket előállító vállalatok túlnyomó többsége közvetlenül csak kontaktusokat és ellenállásokat készít, a kapacitásokat már hibrid megoldással ülteti be az áramkörbe.

A vastagréteg áramköröket szitanyomásos eljárással készítik alumíniumoxid kerámia lapkákon. E lapkák előállításával több kerámia gyár foglalkozik. Az utóbbi időben egyes alkatrész-gyártó vállalatok is berendezkedtek saját előállításra. Az alumíniumoxid kerámialapkák előállítási ára a legutóbbi időben lényegesen csökkent. Egy átlagos áramkörhöz szükséges lapka ára kb. 10 centimes (kb. 1,2 Ft).

A vékony- és vastagréteg áramkörökre egyaránt jellemző a méretek nagymértékű csökkenése. A méretcsökkentés a technológia továbbfejlesztését, precízebb, nagyobb pontosságot igénylő eljárások alkalmazását tette szükségessé. A látottak azt mutatják, hogy ezt már nemcsak kutatási és fejlesztési szinten, hanem a gyártás szintjén is elérték. A vékonyréteg áramköröknél elérték az $50-200$ alkatrész/cm³ sűrűséget, a vastagréteg áramköröknél pedig a $10-30$ alkatrész/cm³ sűrűséget.

Ami az áramkörök előállítási költségeit illeti, ma már azt közlik, hogy megközelítették a klasszikus elemekből előállított áramkörök árait és elképzeléseik szerint a technológia továbbfejlesztése lehetővé teszi, az árak további csökkenését is.

Az 1. táblázatban ismertetett kondenzátorokban a kontaktusfelület vákuumban gőzölt aranyréteg. A chipke a kollektor kontaktus oldalával kerülnek a szigetelő alaplapon levő arany-kontaktussal közvetlen kapcsolatba úgy, hogy a chip méretével $(0,5 \times 0,5-$

Ellenállások

Előállítás módja	Érték-tartomány	Fajlagos disszipáció 70 °C-n mW/mm ²	Pontosság	Stabilitás (1000 óra) $\frac{\Delta R}{R}$	TK 10 ⁻⁶ /C°	Felületi ellenállás ohm/□	Helyfoglalás kohm/mm ²	Max. üzemi hőmérséklet
Szitanyomás	10 ohm – 10 Mohm	5 (porcelán) 20 (Al ₂ O ₃)	± 20%-tól ± 1%	70 °C 1 – 3%	± 500-tól ± 200-ig	1 – 200 000	150	150
Vákuum-párolgatás	10 ohm – 500 kohm	30 (üveg) 100 (Al ₂ O ₃)	± 5%-tól ± 0,5%-ig	125 °C 30 W/mm ² 0,3 – 0,1%	– 20-tól + 150-ig	50 – 500	15	150
Vákuum-porlasztás	10 ohm – 500 kohm	50 (üveg) 150 (Al ₂ O ₃)	± 5%-tól ± 0,01%-ig	125 °C 50 mW/mm ² < 0,1%	– 30-tól – 100-ig	5 – 200	4	150

Kondenzátorok (Kerámia fólia)

	A kapacitás hőmérséklet-függése 10 ⁻⁶ /C°	Kapacitás tartomány pF	Méreték mm	Névleges feszültség V	tg δ
I. típus	0 ± 30 – 30 ± 30 – 150 ± 30 – 750 ± 120	12 – 1800 12 – 1800 12 – 1800 27 – 4700	2 × 2-től 8,1 × 8,1-ig	63	C < 30 pF: 20 · 10 ⁻⁴ C > 30 pF: 10 · 10 ⁻⁴
II. típus	Z osztály – 55 + 125 °C $\frac{\Delta C}{C} = \pm 20\%$ W osztály – 55 – + 85 °C $\frac{\Delta C}{C} = -55 + 20\%$	470 – 150 000 100 000 – 500 000	2 × 2-től 8,1 × 8,1-ig	63	< 300 · 10 ⁻⁴

–1 × 1 mm) azonos méretű arany-szilícium ötvözetű lapkát helyeznek a tranzisztor és a vékonyréteg áramköri lapka kontaktusa közé. Az arany-szilícium ötvözet az eutektikum összetételének megfelelő és kb. 380 C° hőmérsékleten köthetővé válik.

A házbaépítés a különböző konstrukciós változatok szerint más és más. Leggyakrabban a műanyag házban történő kiöntést alkalmazzák, legtöbbször egyoldalon elhelyezett kivezetőkkel, 2,54 mm raszter távolsággal. A második burkolási módszer csak egy oldalról tartalmaz epoxi kiöntést, az áramkör másik oldala és a ház közt légréteg van. A kivezetőket ez esetben a lapka síkjára merőlegesen helyezik el. Az igen kisméretű áramkörök tranzisztortokba épülnek, s a kivezetők ez esetben kör mentén helyezkednek el.

A hordozó üveglapon vákuumpárolgatás útján készülnek az ellenállások, Ni – Cr ötvözetből. A kondenzátorok dielektrikumát szilíciummonoxid vákuumpárolgatásával állítják elő. A kapcsolás vezetői és a kontaktusok, vékony krómrétegre párolgatott 2000 Å vastagságú aranyrétegből készülnek. Bázislapként bőrűveget használnak, amelynek alkáli-ion tartalma < 0,1%.

Az ellenállásokat direkt kontaktmaszk technológiával állítják elő. A meander alakú ellenállások vonal-szélessége általában nem haladja meg az 50 μm-t.

2. táblázat

A Seseo gyár által előállított hibrid vékonyréteg áramkörök elemeinek főbb jellemzői

	Ellenállások
Kiinduló ötvözet Felületi ellenállás Hőmérséklet együttható Terhelhetőség Zajtényező Stabilitás (5000 óra 125 °C) $\frac{\Delta R}{R}$	Ni 80%, Cr 20% 250 ohm/□ + 50 · 10 ⁻⁶ /C° 2 W/cm ² < 0,1 μV/v < 2,5%
	Kondenzátorok
Dielektrikum Dielektromos állandó Veszteségi tényező (1 MHz) Hőmérséklet-együttható Átütési szilárdság Fajlagos kapacitás Feszültségtartomány	SiO 6 – 7 < 200 · 10 ⁻⁴ 60 – 500 · 10 ⁻⁶ /C° 2 · 10 ⁶ V/cm 20 nF/cm ² 1,5 – 35 V

A kondenzátorokat alumínium fegyverzettel látják el. Az alsó fegyverzet rétegvastagsága kb. 2000 Å, a felső fegyverzeté pedig kb. 1000 Å. A dielektrikum szilíciummonoxid, aminek a kondenzátor üzemi feszültségétől függően 1000–3000 Å a rétegvastagsága. A 10 V üzemi feszültségű kondenzátorok dielektromos rétegének vastagsága 1000 Å és közlés szerint 20 nF/cm² fajlagos kapacitást érnek el (2. táblázat).

Az áramkörök aktív elemei morzsa(chip) formában kerülnek beépítésre. A tranzistorok a CSF-hez hasonló felépítésűek.

A kollektor fegyverzet az egyik oldalon, a bázis-emitter kontaktus a másik oldalon. A chippek beültetése ón-arany ötvözetű kis lapkákkal (pogácsákkal) történik. Kb. 200 °C hőmérsékletű kemencében történik a beforrasztás. Ón-arany ötvözetet azért alkalmaznak, hogy csökkentse a kontaktus aranyrétegének az ónba történő diffundálását.

Az áramköröket légpárnás burkolással építik házba. Ezt elsősorban azért teszik, mert a SiO dielektrikumú kondenzátorok elveszítenék önregeneráló képességüket, ha felületükre vastag műgyantaréteg kerülne. A házak felső része a beépítéskor fedetlen. Utolsó műveletként a házakra fedőlemezke kerül, amit a házrészhez hozzáferrasztanak.

3. táblázat

Az Alcatel gyár szigetelő alapú vékonyréteg áramkörei elemeinek jellemző paraméterei

	Ellenállások
Értéktartomány	10 ohm – 1 Mohm
Tűrőhatárok	± 0,1, ± 0,2, ± 0,5, ± 1, ± 2, ± 5, ± 10%
Hőmérséklet-együttható	70 · 10 ⁻⁶ /C°
Legszűkebb még tartható TK érték	15 · 10 ⁻⁶ /C°
Megengedett terhelés (nagy stabilitás esetén)	10 mW/mm ²
Stabilitás 1000 óra, 70 °C	< 0,1%
Hőmérsékletváltozások	- 65 – + 125 C°
	Kondenzátorok Ta ₂ O ₅ dielektrikummal
Értéktartomány	2 nF – 0,2 μF
Tűrőhatárok	± 10, ± 20%
Feszültségtartomány	5 – 25 Volt
Hőmérséklet-együttható	+ 250 · 10 ⁻⁶ /C°
Veszteségi tényező (1 KHz)	0,005
	Kondenzátorok SiO dielektrikummal
Értéktartomány	50 pF – 20 nF
Tűrőhatárok	± 10, ± 20%
Feszültség	< 25 V
Hőmérséklet-együttható	< 250 · 10 ⁻⁶ /C°
Veszteségi tényező (1 MHz)	< 0,05%
	Kontaktusok
Felületi ellenállás	< 50 mohm/□

4. táblázat

Az LTT gyár vékonyréteg áramkörei egyes elemeinek főbb jellemzői

	Ellenállások (TaN)
Felületi ellenállás (fajlagos)	5 – 200 ohm/□
Értéktartomány	1 ohm – 470 kohm
Pontosság	± 0,1% -ig
Hőmérséklet-együttható	+ 200 – - 200 · 10 ⁻⁶ /C°
Stabilitás (1000 óra, 70 °C)	I. kat. nagy stabilitás < 0,1% II. kat. közepes stabilitás < 0,5%
Terhelhetőség	10 – 30 mW/mm ²
	Kondenzátorok (Ta ₂ O ₅ diel.)
Fajlagos kapacitás	300 – 1000 pF/mm ² (feszültségtől függően 50 V-ig)
Feszültség (üzemi)	< ± 5% (vagy 5 pF) közvetlenül
Pontosság	< ± 1% (vagy 1 pF) jusztirozással

5. táblázat

A Welwyn gyár szigetelő alapú vékony- és vastagréteg áramkörei elemeinek főbb jellemzői

	Ellenállások	
	Vastagréteg	Vékonyréteg
Felületi ellenállás ohm/□	30 – 30 000	2 – 1000
Értéktartomány	10 ohm –	0,5 –
Tűrőhatárok	- 1 Mohm	- 100 kohm
Ellenálláspárok közötti különbség egy lapkán belül	± 5%, ± 1%	± 5%, ± 1%
Zaj	± 0,5%	± 0,25%
	100 ohm/□ –	- 30 dB
	- 30 dB	
	30 kohm/□	
	- 20 dB	
		< 50 · 10 ⁻⁶ /C°
Hőmérséklet-együttható	< 300 · 10 ⁻⁶ /C°	50 ohm/□ alatt E felett ± 100 · 10 ⁻⁶ /C°
Működési hőmérséklet-tartomány	- 40 °C –	- 40 °C –
Stabilitás (2000 óra 70 °C)	- + 125 °C	- + 125 °C
	< 0,75%	< 0,1 – 0,5%
	Kondenzátorok	
Fajlagos kapacitás	5000 pF/cm ²	
Értéktartomány	20 pF – 4700 pF	
Tűrőhatárok	± 20%, ± 10%	
Veszteségi tényező 25 °C	1 kHz-n < 0,02 1 MHz-n < 0,03	
Veszteségi tényező 70 °C	1 kHz-n < 0,02 1 MHz-n < 0,05	
Üzemi feszültség	50 V	
Szigetelési ellenállás	> 50 000 Mohm 25 C°-n	
A kapacitás hőmérséklet-függése	ΔC ± 10%-n belül marad - 20 °C és 100 C° közt.	

Az Alcatel gyár vékony- és vastagréteg hibrid áramköröket állít elő. A vékonyréteg áramkörök hordozó lapkái alkáliion-szegény bórüveg anyagból készülnek (Corning gyártmány). Az ellenállásaik katódporlasztás útján előállított tantálnitrid ellenállások. Az ellenállásokat direkt kontaktmaszkkal készítik, igen nagy pontossággal és nagy stabilitással. A megengedett terhelés 1 W/cm^2 70°C° környezeti hőmérséklet esetén (3. táblázat).

Kontaktusként réz-palládium keverékreteget alkalmaznak. A réteg fajlagos ellenállása elhanyagolható a többi eleméhez képest, $0,05 \text{ ohm}/\square$ a fajlagos felületi ellenállás (4. és 5. táblázat).

A megbízhatóság vizsgálata

A kiállításon jelen volt a központi megbízhatósági vizsgáló laboratórium (Centre Laboratoire de Fiabilité) és bemutatta azokat a vizsgálati módszereket, amelyeket Franciaországban a megbízhatósági vizsgálatok területén alkalmaznak. A megbízhatósági vizsgálatok költségeit 50%-ban az állam, 50%-ban pedig az alkatrészeket előállító vállalatok fedezik.

A megbízhatósági vizsgálatoknál egyes új módszerek bevezetésére hívták fel a figyelmet. Ilyen vizsgálati módszer az ellenállások és kondenzátorok nonlinearitási tényezőjének vizsgálata. Abból kívánunk következtetéseket levonni, hogy az ellenállások karakterisztikája mennyiben tér el az Ohm-törvénytől, kondenzátoroknál pedig az impedancia aktív részének nonlinearitás változásaiból lehet következtetéseket levonni a meghibásodásokra nézve. E vizsgálat alap gondolata az, hogy amennyiben nem lineáris jellegű elemek szerepelnek az egyes alkatrészekben, úgy azok feltehetően a kontaktusok bizonytalanságából származnak. E módszer tehát a bizonytalan kontaktusok kimutatására látszik alkalmasnak, ugyanis a kontaktusok átmeneti ellenállása általában nem követi az Ohm-törvényt.

Vizsgálták azt is, hogy a tartós igénybevétel során a nonlinearitási tényező hogyan változik és arra a következtetésre jutottak, hogy ha nem is egyértelműen, de nagyszámú alkatrésznél adódik összefüggés a tönkremenetel és a vizsgálat kezdetekor mért nonlinearitási tényező között.

Egy másik vizsgálati módszer, amivel kísérleteznek, az ún. „step-stress” (lépcsőzetes feszítés) vizsgálati módszer. E vizsgálatoknál egyes alkatrészeket meghatározott program szerint lépcsőzetesen egyre nagyobb igénybevételnek vetnek alá. Megbízhatósági kritériumként azt az igénybevételt határozzák meg, amelynél a minta túlnyomó többsége tönkremegy. Ez a vizsgálati módszer viszonylag rövid ideig tart (párszor 10 óra), és megvan a lehetősége annak, hogy ez alatt az idő alatt képet alkothassunk a minta várható megbízhatóságáról. Ez a vizsgálat alkalmasnak látszik arra, hogy bizonyos tönkremenési folyamatot meggyorsítson, és amennyiben az alkatrészminta viselkedésére nézve jellemző, úgy viszonylag rövid idő alatt megbízhatósági adat állhat rendelkezésre. E vizsgálati módszer jelenleg még kidolgozás alatt áll Franciaországban, és várhatóan 1 év múlva fognak felhasználható adatok rendelkezésre állni.

Dr. Katona János

Újdonságok a zürichi rádió- és tv-kiállításon

Negyvenedszer rendezték meg ez évben augusztus 27. és szeptember 3. között Zürichben a FERA-t, a svájci rádió- és tv-kiállítást.

A FERA az utóbbi években egyre nagyobb jelentőséget kap az új fejlesztési eredmények és az új modellek bemutatása terén. Mind az európai, mind pedig az egyes tengerentúli neves gyárak képviselték magukat. Ennek a kiállításnak az adott különös jelentőséget — elsősorban a svájciak számára —, hogy ezen sugározták az első, saját élő színes tv-produkciót.

A kiállítás egyebekben is magán viselte a színes tv közeli bevezetésének jegyeit. A rendszeres adás kezdési időpontja 1968. október 1. Az adás rendszere: PAL. Az adás heti időtartama: 6–8 óra.

A rendszeres adás megindulását komoly előkészítő munka előzte meg mind a színvonalas adások biztosítása, mind pedig a vevőkészülékek választéka szempontjából. Európában a színes adásnál az a gyakorlat alakult ki, hogy az összes program 80%-át színes filmek, 20%-át pedig élő adások teszik ki. Az élő adások biztosítására 3 színes kamerát és egy színes képmagnót szereztek be. Több mint 30-féle színes játékfilm is az adások rendelkezésére áll. A technikai személyzet a színes adással kapcsolatos ismeretek elsajátítására közel másfél évet kapott. Előzetes kalkuláció szerint egy színes produkció adási költsége kb. 20%-kal haladja meg ugyanazon produkció fekete-fehér adásának költségeit.

Mint ismeretes, az NSZK-ban és még néhány nyugati államban a múlt év végén indult meg a rendszeres színes adás és már 1967 folyamán pl. az NSZK-ban közel 100 000 db színes vevőkészüléket adtak el. Ez a kezdeti lendület azonban ez év elejére lelassult, s ez tartott az év közepén át is. Csak az olimpiai játékokat megelőző időszakban számítanak az eladás újabb fellendülésére. Előzetes becslések szerint ez évben kétszer annyi készüléket adnak el, mint tavaly. A színes tv rohamos elterjedésének két fő akadálya van: a készülék viszonylag magas ára és az aránylag rövid műsoridő.

Bár az év elején némi árcsökkenést lehetett megfigyelni, ennek ellenére a színes tv-vevőkészülékek ára nagyarányú csökkenésének komoly akadályai vannak. Így elsősorban a drága képcsővek nem teszik ezt lehetővé. Pl. egy 63 cm-es árnyékmaskos képcső ára az NSZK-ban 1000 DM körül van s egy komplett vevőkészülék ennek kb. kétszerese. Nem oldja meg az árproblémát a franciák által fejlesztett Chromatron képcső sem, mert a jelenlegi információk szerint, gyártási költségei megközelítik az árnyékmaskos képcsőét. A Sony japán cég publikálta, de nem mutatta be az új színes tv képcsővet, melyet Trinitron rendszernek nevezett el. Állítása szerint ez a képcső kétszer világosabb és élesebb képet ad az árnyékmaskosnál, kitűnő kontraszttal. További előnyeit a képcső felépítésében, a nagyobb élettartamban jelölte meg. Ugyanakkor a képcső áramköreit egyszerűbb kapcsolással, kevesebb alkatrésszel lehet megépíteni. Pl. a konvergencia beállítását egy vagy két kezelőszervvel el lehet végezni. A képcső teljesítményfelvétele lényegesen kisebb az árnyékmaskosénál, így

elősegíti a színes vevőkészülékek tranzisztorizálási lehetőségeit.

Az egyes gyárak azzal próbáltak viszonylagos árcsökkenést elérni, hogy csökkentették a készülékek méreteit. Így a múlt évi túlnyomórészt 63 cm-es képátlójú képcsővel ellátott színes készülékek mellett megjelentek ez évben az 56 cm-es és 48 cm-es képcsőes készülékek is. További méretcsökkenést eredményezett a nagyarányú tranzisztorizálás, valamint egyes esetekben az IC elemek alkalmazása. Különösen az IC elemek alkalmazásával lehet nagyarányú méretcsökkenést elérni, mert pl. egy tv-készülék hang KF fokozatának IC elemből való felépítése mérethben egy közepes nagyságú tranzisztorral egyező. Azonban az IC elemek magas ára nem teszi lehetővé azok gyors elterjedését, bár számtalan színes tv áramkörre is találhatók már kidolgozott IC egységek.

Nem kedvez a színes tv gyors elterjedésének a viszonylag rövid műsoridő, valamint a produciók színvonala sem. Ha ebben a vonatkozásban az USA-ban kialakult helyzetet elemezzük, akkor kitűnik, hogy azokhoz az évekhez képest, amikor még csak néhány 100 000 db színes tv-t gyártottak, a jelenlegi 6 millió db-os gyártáskor a készülékek árának mindössze 10%-os csökkentését lehetett elérni. Az eladott db-számok ugrásszerű változását tehát nem az ár nagyarányú csökkenése hozta magával, hanem a műsoridő ugrásszerű növekedése. Ez elsősorban akkor jelentkezett, amikor már az összes sugárzott tv-műsorok 80–90%-át színesen is sugározták. Jelenleg mind az USA-ban, mind Japánban naponta minimálisan 10 óra a színes adásidő tartama.

Igen nagy problémát okozott a színes adások bevezetése után a készülékek szervizelése is, hiszen ezek a készülékek még magukban hordozták a „gyermekbetegségeket” és ugyanakkor a felhasználóknak is meg kellett tanulniuk a kezelést. Az egyéves tapasztalatok azt mutatják, hogy minden eladott színes vevőkészülékre 1 év alatt átlagban 5 javítás jut. A fekete-fehér készülékeknél jelenleg ez a szám 1,7.

Egy – másfél éves tanfolyamokon képezték ki a színes tv javító technikusait, és a bemutatott munkahelyeken fellelhetők az összes javításhoz szükséges műszerek. Mint ismeretes, a színes vevőkészülékek beállítása még szakember számára is bizonyos fokú nehézséget jelent. Ezen kívánnak segíteni az integrált UHF-VHF tunerek, melyek segítségével 4 gomb útján az UHF-tartományban, 4-gyel pedig a VHF-tartományban hangolhatunk és a megfelelő gomb benyomásával a tetszés szerinti program kiválasztható. A jelenleg alkalmazott szintelitetség-szabályzók lehetővé teszik a pasztell-színektől az igen erős színhatásokig történő folyamatos szabályzást. A szintónus-szabályzók a képcső megfelelő áramköreibe bekötve kisebb korrekciót biztosítanak a vörös és a kék tónus változtatására. Ezenkívül a készülékeknél megtalálható a szokásos fényerő kontraszt hangoló és hangszínszabályzó is. A konvergencia szabályzó-szerveit általában úgy helyezik el, hogy a beállítást végző személy a készülékkel szemben állva is dolgozhasson.

A vevőkészülék választékot 18 cég vonultatta fel, melyek nagy részét az ismert NSZK-gyárak alkották,

de jelen voltak saját termékeikkel a svájci gyárak is, így a Biennophon is.

Nagy érdeklődést váltott ki a Barco belga cég ún. 5-normás készüléke, mely alkalmas volt mind a PAL, mind pedig a SECAM színes rendszerek vételére, valamint a belga-, francia- és CCIR norma fekete-fehér vételére. A múlt évben Berlinben bemutatott színes vevőkészülékekhez képest viszonylag kevés új chassis-t lehetett látni. Egy új chassis a Philips K7, mely 8 csövet, 51 tranzisztort és 51 diódát tartalmaz. A múlt évi Philips chassis-nál a cső- és tranzisztor arány 27:13, illetve 28:13 volt. A készülék felépítése igen szellemes, kitűnő szervizelési lehetőséget nyújt a kifordítható chassis, valamint a feltűnően jelölt mérőpontok. A vízszintes és függőleges eltérítő egységek dugaszos kivitelűek. Az alkalmazott integrált tunerek közül a lepraktikusabb a Telefunkené, melynek nyomógombjai gombnyomásra kiugraszthatóak, külső állásban is rögzíthetőek, majd a megfelelő hangolások elvégzése után eredeti helyzetükbe visszanyomhatóak. A Telefunken az egyik készülékében 14 csövet, 35 tranzisztort és 73 diódát használ fel.

A színes televízió bevezetésétől eltelt 1 év alatt megmutatkozott, hogy a fekete-fehér tv további fejlődését nem gátolja a színes tv elterjedése, hanem csak a felhasználást illetően bizonyos szempontból módosítja. Ez a változás már mutatkozik az 1968-ban megjelent típusoknál is, mert a korábbi 59 cm-es képátlójú készülékek mellett egyre nagyobb számban lehet találni készülékeket, az ún. másodvevő kategóriában 31, 41 és 51 cm-es képcsővel. Megfigyelhető továbbá, hogy ezen kategóriájú készülékeknél is egyre inkább bevezetésre kerülnek az integrált UHF-VHF tunerek; ezzel ugyanolyan szolgáltatásokat nyújtanak, mint korábban a magasabb kategóriába tartozó készülékek.

Új formai kísérletekkel is találkozunk, így pl. a Blaupunkt Valencia típusú 59 cm-es készülékénél a kezelőszerveket teljesen elkülönítve egy dobozban helyezték el és 10 m-es csatlakozó zsinórral látták el. Érdekes kapcsolástechnikai kiegészítést is hozott ez a kivitel, mert pl. a hangszínszabályozásra egy külön tranzisztoros fokozatot hoztak létre, s a hangerőszabályzást egy FET-tel oldották meg. A kontrasztszabályzásra egy izzót helyeztek a készülék belsejébe, melynek fényerejét a távszabályzóval tudják változtatni. Az izzólámpával szemben egy fotoellenállást helyeztek el, mely ellenállását — mint ismeretes — a ráeső fény arányában változtatja. Áramkörileg a video-fokozatba van bekötve.

A nagyszámú japán kiállító elsősorban a hordozható kategóriában mutatott be nagy választékot. Pl. a Sharp gyár 12 TQ3 készüléke 30 cm-es képcsővel készül, UHF-VHF vételre alkalmas, hálózatról, 12 V-os telepről, valamint 12 V-os gépkocsi akkumulátorról is üzemeltethető. Mérete 330×335×285 mm. Súlya 8 kg; 29 tranzisztort és 17 diódát tartalmaz.

Mint további szolgáltatás-bővítés jelentkezik a kamerával ellátott video rekorderek elérhető áron történő gyártása.

A kiállítások nagyszámú rádió-vevőkészülékét is bemutattak.

Az asztali rádió-vevőkészülékek tranzisztoralizálása terén néhány éve megindult forradalmi változás ma már nyugvópontra jutott, ti. ezen a kiállításon már csak teljesen tranzisztoralizált kivitelek mutatnak be. Az asztali készülékek több kategóriára oszlanak, s néhány évvel ezelőtt még a merev határú kategóriák ma már elmosódtak. A legkisebb kategória is rendelkezik FM-sávval s emellett egy vagy két AM-sávval. 9–10 tranzisztoral, 4–6 diódával készülnek és általában ütészálló polystyrol kávéba kerülnek beépítésre. Nagyméretű fényes plexi skálával vagy fémskálával látják el őket. A pick-up, magnetofon és póthangszóró csatlakozási lehetőség általános. A közepes kategória részben összefonódik a nagy kategóriával. Ezek között egyaránt található mono és stereo készülék. Igen szép kávékban nyernek elhelyezést, divatos a dió, teak, palisander furnir használata, valamint az ún. Schleiflack kivitel. Divatos továbbá a fémnek, mint díszítő elemnek alkalmazása fényes és csiszolt felületben. Felhasználási területük: forgatógombok, díszítő szegélyek, skálák s mint fémrács hangszóróhelyem helyett is. Általános a lapos forma, a polcra helyezhető kivitel maximálisan 15 cm magassággal, sőt megjelent egy 10 cm-nél laposabb kivitel is, az Imperial GE RT265 típusú készüléke, ahol a hangszóró felfelé sugároz és a készülék a falra is akasztható. 11 tranzisztort és 7 diódát tartalmaz, 2,5 W a kimenő teljesítménye. A sztereo kivitelnél előfordul, hogy mindkét hangszóró egy laposan elnyújtott közös kávéban nyer elhelyezést, továbbá, hogy az egyik hangszóró formailag egyező, de külön dobozba kerül és így a sztereohatás érdekében a készüléktől távolabb is elhelyezhető.

A szokásos hullámsávokon kívül előszeretettel alkalmazzzák továbbra is a 49 m-es rövid sávot, valamint a külön 2. középhullámként a 1400–1620 kHz-ig terjedő sávot, ahol a nagy európai, elsősorban zenei műsort sugárzó adók találhatók.

Az asztali vevőkészülékekben csak elvétve található IC áramköri elem s az oly sokat publikált diódahangolás a középhullámon még nem került megvalósításra.

A hordozható készülékek terén elsősorban a legnagyobb kategóriában mutatnak be teljesen új modelleket. A többi kategóriában elsősorban formai és díszítő elemekben történtek változások. A készülékeknek igyekeznek maximális használhatóságot biztosítani, így üzemeltethetőek autóakkumulátorról, telepről, valamint hálózati adatterről is. Alkalmassak lemezzjátzó, magnetofon lejátszásra, valamint magnetofon felvételre s általában rendelkeznek mindazon szolgáltatásokkal és hullámsávokkal, melyeket az asztali készülékeknél megtalálhatunk. Fémek alkalmazása a hordozható készülékeknél is általános. Sőt még talán szélesebb körben szokásos, mint az asztali kategóriánál. Egészen szokatlan formát jelent a Nordmende Flamingo típusa, ahol a káva szokatlan kiképzésével teljesen eltértek a hagyományos fogantyú alkalmazásától. A nagy kategóriánál számos új típus jelent meg, így pl. a Blaupunkt Senator és Supernova készüléke, a Siemens Tounier RK 16, Electronic, Grundig sztereo Konzert-boy. Itt a fejlesztés elsősorban az FM sáv állomás-beállításának

megkönnyítésére irányul. Korábban ebben a kategóriában elsősorban a sok rövidhullámú sáv alkalmazását helyezték előtérbe 10–150 m-ig. Ma már inkább az FM sávon vezették be a diódahangolást, mellyel lehetővé válik 3–6 állomás előválasztás megvalósítása is. Egyaránt használják e kategóriában az URH adapterben a „Feldeffekt” (térvezérlésű) tranzistorokat, valamint integrált áramköri elemeket is. A hordozható kategóriában a rádió-vevőkészüléket kombinálják kazettás magnetofonnal, sőt esetenként beépített lemezzjátzóval is.

A színes tv-készülékeken kívül ma Nyugat-Európában az érdeklődés kétségkívül a HiFi lakáshangosító berendezések egységei iránt a legnagyobb. Látszik ez az évről évre megjelenő új típusokról. A választék meglehetősen nagy, ezért a múlt évben az NSZK-ban szabványban rögzítették azokat a minimális követelményeket, specifikációs adatokat, melyekkel rendelkeznie kell azoknak a készülékeknek, melyeket HiFi jelzővel látnak el. E berendezések tagjai egy sztereo FM-vevő, rendszerint a szokásos AM hullámsávokkal, egy hangfrekvenciás erősítő, többféle bemenettel, pl. mágneses kristály stb. pick-up, magnetofon, rádió, stb. A berendezéshez tartozik egy lemezzjátzó, valamint egy magnetofon-készülék és az FM-állomás gyors kiválasztására általános a 6 nyomógombos diódahangolású előválasztó. Az URH adapterben gyakori a „Feldeffekt” tranzistor alkalmazása. A sztereo-adást automatikus jelző mutatja. Az FM-állomások stabil vételét a beépített AFC kör biztosítja.

A hangfrekvenciás erősítők kimenő teljesítménye igen széles skálát mutat. A legkisebb teljesítmény 2×8 W, a legnagyobb 2×80 W. Ezek között a felhasznált végerősítő tranzistoroktól függően a legkülönbözőbb. A HiFi-berendezések által nyújtott lehetőségeket a megfelelő HiFi hangszóró berendezések fejlődése tette teljessé. Ezek az ún. hangdobozok méretben és külső megjelenésben szinte mindenfajta lakásberendezésben elhelyezhetők a modern svéd-faltól kezdve az antik bútorokig. A korábbi hangdoboz típusokat újabbak váltják fel, így pl. a Telefunken Acusta HiFi-sorozatához (1968-as modell) 2 db új hangszóródobozt is kifejlesztettek. Ez a 6 tagból álló berendezés számos elhelyezési variációra adott lehetőséget formai és méretbeni adottságai miatt (a rádió tuner és az erősítő a falra is akasztható). Formailag hasonló egységeket fejlesztett ki ez évben a Nordmende gyár is. Számos olyan HiFi-berendezés is található, ahol a rádió és erősítő egy dobozba kerül beépítésre (Steuergerät). Új modell a Loewe-Opta ST 260 típusú készüléke, a Siemens Klangmeister RS11, Philips Kapella Tonmeister, a Schaub-Lorenz 4000 L típusú Steuergerätjének magassága 10 cm alatt van és kimenő teljesítménye 2×40 W.

Az újdonságok teljes felsorolására és részletes ismertetésére egy ilyen cikk keretében nem kerülhet sor, de remélhető, hogy a híradástechnikai ipar eme ága iránt érdeklődők néhány kérdésre mégis választ kaphattak.

Kiss Ferenc (Elektroimpex)

Az RA távbeszélő alközpontcsalád

ETO 621.395.26 RA

A városi távbeszélőhálózatokban fontos szerepet játszanak az előfizetői hálózathoz csatlakozó alközpontok, melyek a városi hálózattal való kapcsolat mellett jelentősen tehermentesítik a városi központokat azaz, hogy a hozzájuk tartozó dolgozó közösség belső, hivatali forgalmát önállóan bonyolítják le. Az automata alközpontok a telefonközpontok automatizálásával nagyjából egyidőben jelentek meg és így belső forgalmuk tekintetében az utóbbiakkal egyenértékű szolgáltatásokat biztosítottak mellékállomásaiknak. Az automata alközpontok kezelőjének a munkája a bejövő hívásokkal kapcsolatos intézkedésekre korlátozódott.

A távbeszélőtechnika mai fejlettségi fokán, amikor már a magasabb rendű összeköttetések — a távválasztás — automatizálása folyik az alközpontoknál is, új műszaki feladatokat kellett megoldani. Az előfizetői hálózathoz csatlakozó alközpontok mellékállomásai a megfelelő irányválasztó számjegyek tárcsázása által beszédkapcsolatot építhetnek fel a távválasztó hálózaton keresztül is.

Az alközpontokhoz csatlakozó előfizetői vonalaknál a jogosság kérdése általában nem dönthető el, ezt a mellékállomások között, az alközpontban kell meghatározni. Ugyanakkor a díjelszámolás is új megoldást követel. Az eddigi gyakorlat szerint az alközponti vonalak után a vállalatok vagy intézmények átalányt, esetleg az alközponti vonalakra összegzett konkrét (számlálóról leolvasott) díjtételt fizetnek. A többszörös számlálás bevezetésével azonban a tényleges díjterhelés szórása ugrásszerűen megnő, hiszen az eddigi bizonylattal elszámolt interurbán beszélgetések díja is a vonalak normál díjtételében szerepel. A visszafélések meggátolása érdekében szükséges, hogy az alközpontban kimutatható legyen az egyes mellékállomások előfizetői távválasztó hívásainak díjterhelése külön-külön is.

A feladatok műszakilag sokféle módon oldhatók meg. A Beloianisz Híradástechnikai Gyár újonnan kifejlesztett alközpontjaiban („CA” és „RA” gyártmánycsalád) a megoldás feltételezi a következőket:

- a távolsági hívások díjelszámolása a többszörös számlálás elvén alapszik;
- a főközpont rendelkezik olyan berendezéssel, amely a számlálót működtető impulzusokat 16 kHz-es impulzusok formájában a beszédágra juttatja;
- az első számlálási impulzus a hívott fél jelentkezése után azonnal megérkezik;
- a városi központ helyi (nem távválasztó) összeköttetése esetén a díjelszámolási impulzus a beszélgetés befejezése után érkezik.

Az általában alkalmazott módszer szerint a kezelői készülék fővonalanként egy nullázható számlálóval és egy közös hívószámazonosító berendezéssel egészül ki. A távolsági hívás befejezése után kigyúl az illető

fővonalhoz tartozó lámpa és a hívószámazonosító táblán megjelenik annak a mellékállomásnak a hívószáma, amely előzőleg a távolsági beszélgetésben részt vett. Ezt a hívószámot és a nullázható számláló állását a kezelő feljegyzi és a számlálót visszaállítja alaphelyzetébe. Ezzel egyúttal törlődik a számazonosítás és a fővonal felszabadul. Ha a távválasztást olyan mellékállomás kísérelte meg, amelyik arra nem jogos, úgy az összeköttetés az első számlálóimpulzus hatására bomlik és a kezelőnél levő hívószámazonosító tábló „árulkodik” a jogtalan mellékállomás próbálkozásáról. Ezt a megoldást találhatjuk a BHG 20—2000 vonalkapacitású alközpontjainál, az úgynevezett „CA” családnál.

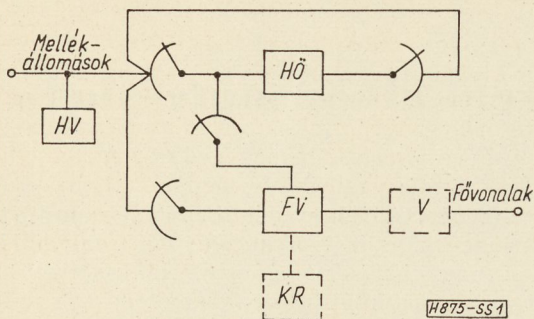
Kis vonalszám esetén gazdaságosabb minden mellékállomást egyéni számlálójelfogóval ellátni, melyek a távolsági hívások díjtételeit jegyzik fel. Ezzel megtakaríthatók a kezelői készülékhez a nagyobb központoknál szükséges kiegészítő berendezések (nullázható számláló, hívószámazonosító tábló), a hozzájuk tartozó áramkörök és tehermentesíthető a kezelő is. Ilyen megoldással rendelkeznek a 6—20 vonal közötti kapacitású „RA” alközpontok, melyek a Beloianisz Híradástechnikai Gyár — egyéb fejlesztési és korszerűsítési szempontok figyelembevételével — éppen a távválasztás új követelményei alapján fejlesztett ki.

1. Az RA alközpontok rendszertechnikai sajátosságai

Az alközpontok „RA” megjelölése a „relé” és „alközpont” szavak kezdőbetűiből származik és arra utal, hogy azokban a beszédutak jelfogók nemesfém nyomóérintkezőin keresztül épülnek fel. Ezzel az „RA” alközpontok a „CA” — „Crossbar Alközpont” — család folytatását képezik az egészen kis vonalkapacitású alközpontok területén. Kiépítésük a következő:

- RA-8:** 2 fővonal
6 mellékállomás
2 helyi összekötő áramkör
- RA-15:** 0...3 fővonal
12 mellékállomás
2 helyi összekötő áramkör
1 kezelői regiszter
- RA-24:** 0...4 fővonal
20 mellékállomás
3 helyi összekötő áramkör
1 kezelői regiszter

Az „RA” alközpontok alapvető építőeleme a BHG „D” típusú huzalrugós jelfogója; ilyen jelfogók záróérintkezői képezik a kapcsolómezőt is. Elvi felépítés szempontjából a közvetlen vezérlésű, elektromechanikus rendszerű automata központok közé tartoznak. A mellékállomásokhoz az egyes (fővonalai vagy összekötő) áramkörök jelfogócsoportokból álló „kapcsoló-

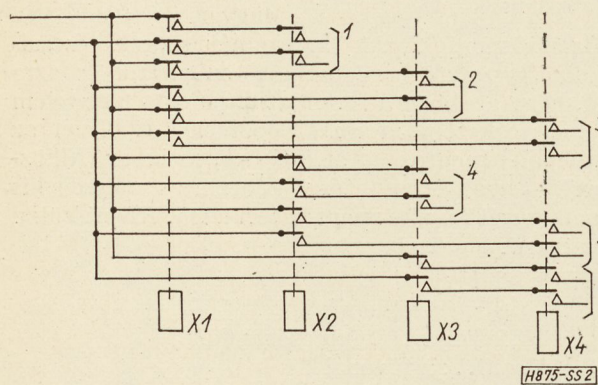


1. ábra. HV – helyi vonaláramkör; HÖ – helyi összekötő áramkör; FV – fővonalai áramkör; V – 16 kHz-es szűrő és vevő; KR – kezelői regiszter

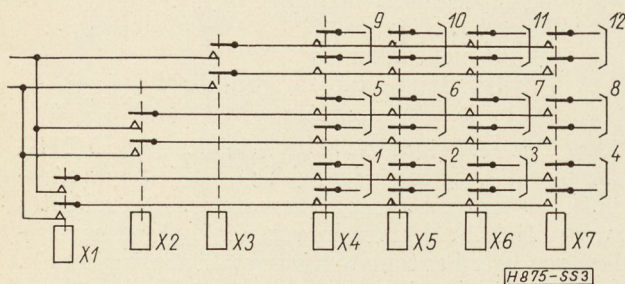
gépek” segítségével csatlakoznak. Az „RA” alközpontok általános kapcsolási vázlatát az 1. ábra mutatja.

A „kapcsológépek” közül az összekötő áramkörök hívóoldalán és a fővonalai áramköröknél található kizárólag záróérintkezőkből épülnek fel. A kapcsolt vezeték minden esetben 2–2 sorba kötött záróérintkezőn haladnak át. A jelfogókat működtető kódot a mellékállomások hívószámaihoz rendeljük hozzá. Ezt a kódot az RA-8 esetén a $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{4}{1})$ formulával jellemezhetjük, tehát a 6 mellékállomás kapcsolását 4 jelfogó végzi úgy, hogy minden mellékállomáshoz meghatározott két jelfogó meghúzott állapota tartozik (2. ábra).

Az RA-15 és az RA-24 típusoknál a kód a $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{4}{1})$, illetve a $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{7}{1})$ képlettel jellemezhető. A „kapcsológép” jelfogói itt két csoportra oszlanak; mindegyik csoportból egyidőben csak egy jelfogó működik. Az elvi felépítést az RA-15 esetére a 3. ábra mutatja.



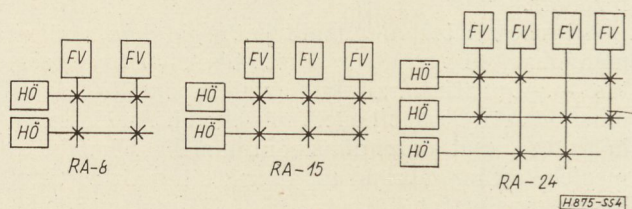
2. ábra



3. ábra

A helyi összekötő áramkörök hívott oldali „kapcsológépe” $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{4}{1})$, $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{7}{1})$, illetve $(\frac{3}{1}) \cdot (\frac{7}{1})$ kóddal jellemezhető, de a jelfogók működtető kódját az áramkör a tárcsázott hívószámból állítja elő és az átszámításban a „kapcsológép” jelfogói is aktívan részt vesznek. Ezért ezek az alközpontok a vezérlés szempontjából nagyon közel állnak a lépésenként működő vonalválasztógéppel felszerelt központokhoz.

A visszahívások céljára szolgáló kapcsolómező, amely a fővonalai és a helyi összekötő áramkörök között létesít kapcsolatot, olyan koordinátahálózattal ábrázolható, melynek függőleges bemeneteire a fővonalai áramkörök, vízszintes kimeneteire pedig a helyi összekötő áramkörök csatlakoznak (4. ábra). Minden keresztpontot egy-egy jelfogó kapcsol. Az RA-24 alközpont esetében a visszahívó kapcsolómező veszteséges, mert nem minden összekötő áramkör érhető el minden fővonalról, de ez a kis visszahívó forgalom miatt megengedhető.



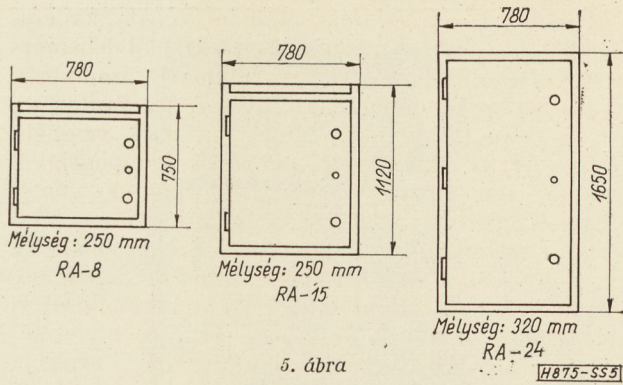
4. ábra

A jelfogócsoportokból álló „kapcsológépek” kimeneteire olyan vonaláramkörök csatlakoznak, melyek a szokványos hívó- és blokkolójelfogón kívül a tárválasztási díjterhelést feljegyző számlálójelfogót és egy memória-jelfogót tartalmaznak. Utóbbi az úgynevezett fővonalrendelésnél játszik szerepet (lásd a 3.1. alfejezetet).

2. Az RA alközpontok szerkezeti adatai

Az elsősorban jelfogókat tartalmazó áramköri egységek szabványos három-, ill. négsoros sávokon található. Az elektronikus hang- és időzítő áramkör, valamint a 16 kHz-es szűrőváltó és vevő áramkörök dugaszolható nyomtatott áramkörű lemezeken vannak elhelyezve. A jelfogósávok és az elektronikus áramkörök is magában foglaló vizsgálatábla-egység kihajtható szögvaskereten foglalnak helyet, melyet viszont pormentesen tömített, zárható szekrény foglal magába. A szekrényrel egybeépítve, annak felső részén található a vonalak, a táplálás és az esetleges kezelői készülék csatlakoztatására szolgáló rendezőrész. Az RA-8 és az RA-15 típusok szekrénye falra szerelhető, az RA-24 típus szekrénye viszont falhoz állítható kivitelű. A szekrények körvonalméreteit az 5. ábra mutatja. Az alközpontok áramkörei közül az elektronikus egységek a gyors cserélhetőség érdekében dugaszolhatóak. Az RA-15 és az RA-24 típus fővonalai áramkörei szintén dugaszolhatóak, ami viszont a fővonalai kapacitás rugalmas kialakítását szolgálja.

A kapacitás változtatása az alközpont gazdaságosságát kevésbé befolyásolja, mert a kapcsolómezőnek az illető fővonalai áramkörhöz tartozó jelfogócsoportja szintén a dugaszolható sávban van. Ugyancsak dugaszolható még a mellékállomási számláló jelfogókészlet és a tárválasztás-korlátozó és ellenőrző egység is, te-



5. ábra

hát az alközpontok távválasztásra nem alkalmas, olcsóbb kivitele könnyűszerrel előállítható.

A jelfogón kívül alkalmazott elektromos elemek általában megbízható, ipari kivitelű alkatrészek. Elektrolitos kondenzátor csak alárendelt célra (szűrés) került alkalmazásra.

A formatervezett kezelői készülékben a világító nyomóbillentyűk és a TRT új beszélőkészlete kerültek alkalmazásra.

3. Az RA alközpontok új szolgáltatásai

Részben a „CA” alközpontok megfelelő új szolgáltatásainak a biztosítása végett, részben a korszerűség és a világszínvonal elérése érdekében az „RA” alközponti családnál a következő új szolgáltatásokat vezettük be:

3.1. Fővonalrendelés

A mellékállomás tulajdonosa kimenő fővonalit hívást letett kézibeszélő mellett, földelőgombja lenyomásával rendelhet. Mihelyt van szabad fővonal, az a mellékállomásra kapcsolódik és csengetéssel jelez.

Közbejött helyi hívás tartamára a fővonalit hívásigény felfüggesztődik, majd a mellékállomás felszabadulása után ismét érvényesül. A rendelést az alközpont akkor törli, ha a rendelő mellékállomás valamelyik fővonalal beszédkapcsolatba került.

Mivel ilyen szolgáltatásnál várakozásos kimenő forgalom jön létre, a bejövő forgalom várakozás nélküli voltát némileg az ellensúlyozza, hogy az alatt, amíg a rendelt szabad fővonal a mellékállomáson csengetéssel jelentkezik, arra bejövő hívás futhat, mire a csengetés megszakad és a rendelés tovább tárolódik. A bejövő hívás a kezelőnél a szokásos módon jelentkezik.

3.2. Fővonalőrzés

Bejövő hívás esetén a fővonal a mellékállomás bontása után is tartva marad mindaddig, amíg a fővonalit hívó fél nem bontott. Ha ez nem következik be, úgy időzítés után a fővonal bejövő hívást jelez a kezelőnél.

3.3. Lánckapcsolás

A főközponti fél kérésére a kezelő úgy intézkedhet, hogy a mellékállomással való beszélgetés és utóbbinak a bontása után a fővonal azonnal visszakapcsolódik a kezelőhöz.

3.4. Automatikus átváltás éjszakai üzemmódra

Ha a bejövő hívás 40–60 mp-nél tovább várakozik a kezelőre, akkor az alközpont éjszakai üzemmódra vált és a bejövő hívást az éjszakai ügyeletes mellékállomáshoz kapcsolja.

3.5. Távválasztás díjszámolója és korlátozása

A fővonalit áramkörök egy-egy 16 kHz-es vevővel rendelkeznek, melyek a főközpontból érkező 16 kHz-es frekvenciájú ismételt számlálási jelzéseket egyen-áramú jellé alakítják. Ez a jel lépteti a távválasztásban részt vevő mellékállomás egyéni számláló jelfogóját. Ha a mellékállomás vonaláramkörében ilyen számláló nincs bekötve, a mellékállomás távválasztásra jogtalan és az összeköttetés az első impulzusra bomlik.

3.6. Elektronikus hangáramkör

Az alközpontokban alkalmazott hangjelzések szintjét, frekvenciáját és harmonikus tartalmát szigorú előírások szabályozzák, különös tekintettel a vívő-frekvenciás berendezésekre és a távválasztásban alkalmazott együttműködési jelzésekre. Az elektronikus hangáramkör táplálását a központ tápáramforrása végzi.

3.7. Kategóriák

A mellékállomások átkötések révén az alábbi kategóriákba sorolhatók:

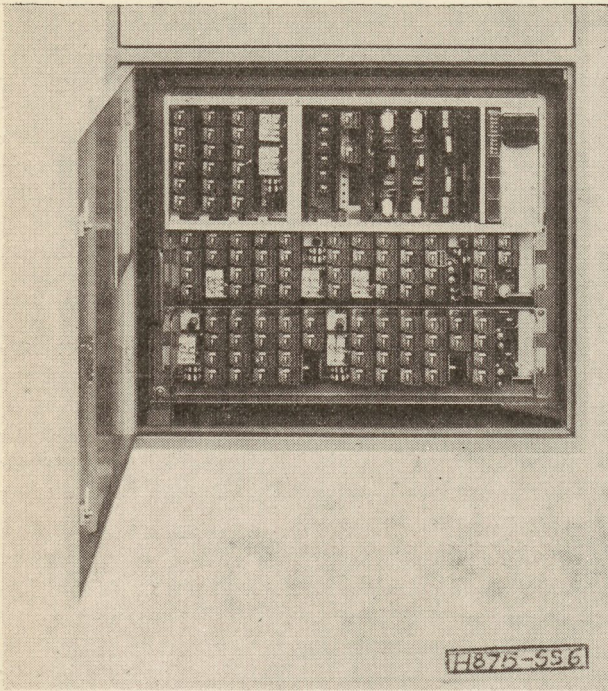
- csak helyi hívásra jogos;
- helyi és bejövő fővonalit hívásra jogos (féljogos);
- helyi és fővonalit hívásokra jogos (teljes jogú); (fővonalit kimenő hívás „0” tárcsázásával);
- fővonalit rendelésre jogos (fővonalit kimenő hívás rendeléssel, l. 3.1.);
- elsőbbségi jogos;
- távválasztásra jogos.

4. Üzemeltetési tulajdonságok

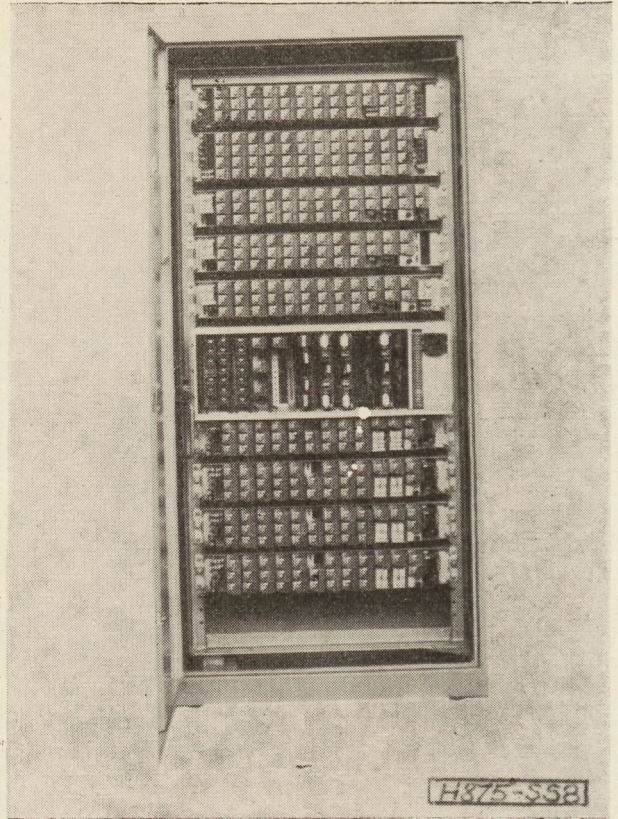
Az „RA” alközpontok sem felügyeletet, sem rendszeres karbantartást nem igényelnek. Ha az alközpontban biztosíték-kiégés fordulna elő, arról a kezelő lámpajelzést kap. Az „RA” alközponti család tagjainak egy-egy prototípusa a Magyar Postánál, ill. a Csehszlovák Posta bratislavai hálózatában üzemel, utóbbi helyen már egy éve. Tapasztalataink szerint a központok beváltották hozzájuk fűzött reményeinket, ami főleg a huzalrugós jelfogó megbízható működésének köszönhető. Utóbbinak konstrukciója ugyanis olyan, hogy érintkezői a jelfogó működése közben egymáson kis mértékben sűrűlnek is, aminek következtében még viszonylag kevésbé porvédett helyen sem kell számolni az érintkezők porosodási veszélyével.

5. Az RA alközpontok jellemző adatai

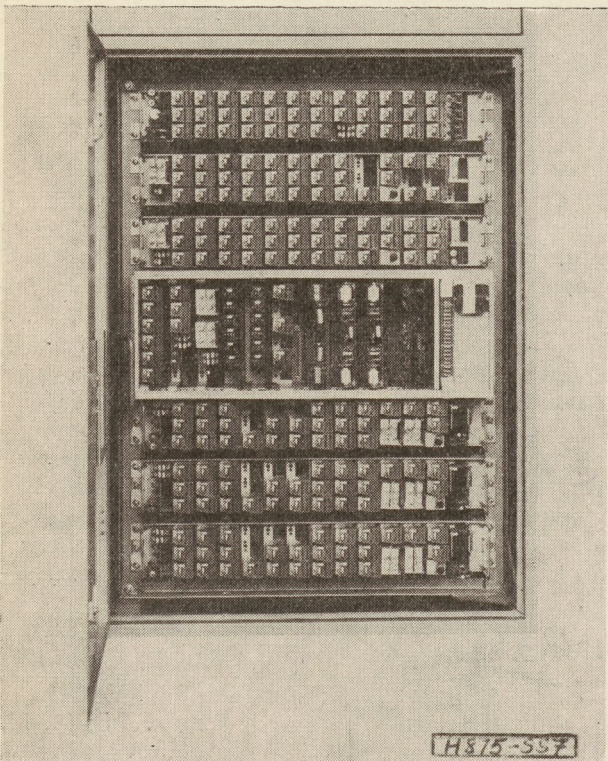
5.1. Tépesszültség:	48 ± 4 V
Áramfelvétel:	max. 1,5; 2., ill. 2,5 A
5.2. Mellékállomási vonaladatok:	
max. hurokellenállás készülékkel együtt	1200 Ω
min. levezetés	20 kΩ
max. vonalkapacitás	1 μF
szám tárcsasebesség	9–11 imp/s
impulzustényező	1,3–1,9
készülékillesztés	600 Ω
5.3. Fővonalit adatok:	
Huroklezáró egyenáramú ellenállás	200 Ω ± 10%



6. ábra. RA-8 alközpont



8. ábra. RA-24 alközpont



7. ábra. RA-15 alközpont

Áthallás csillapítás	min. 9 Np
Szimmetria csillapítás	800 Hz-en
	min. 4,5 Np

A 6., 7. és 8. ábrákon az RA alközpontok egyes típusai láthatók.

6. Az RA család továbbfejlesztése

Az elektromechanikus rendszerű „RA” alközpontok a jelenleg elfogadott és megszokott műszaki megoldásokkal valósítanak meg világszínvonalú szolgáltatásokat. Kétségtelen, hogy idővel ezeket felváltják a korszerűbb, kvázielektronikus vagy elektronikus rendszerek, azonban ma még ilyenekkel a magyar ipar nem képes kielégíteni a kül- és belföldi igényeket. Ezért a megtérülés megalapozott reményével tekintünk olyan továbbfejlesztési munkák elé is, amelyek az „RA” típusokat teszik alkalmassá kezelő nélküli, beválasztásos üzemre, vagy hivatali mellékközpontként való együttműködésre.

7. Összefoglalás

Az „RA” alközpontcsalád kifejlesztésének jelentőségét az alábbi pontok tükrözik:

- a) a huzalrugós jelfogó alkalmazása sorozatban gyártott berendezésben;
- b) a régi, nem nemesfém érintkezést adó, forgógépes kis alközpontok kiváltása;
- c) a CA család minőségileg egyenragú kiegészítése a kis kapacitások területén;
- d) dugaszolható áramkörök révén gazdaságos kiépítés lehetősége;
- e) karbantartás és felügyelet kiküszöbölése;
- f) a távválasztás-korlátozás és díjelszámolás bevezetése.

min. csengetőfesz. a fővonal
kapcsain 50 V
(15–50 Hz)

3.4. Hangjelzések frekvenciája: 425 ± 25 Hz
Csengetés frekvenciája 25 ± 8 Hz

5.5. Átviteltechnikai paraméterek:
Beiktatási csillapítás 800 Hz-en
helyi viszonylatban max. 0,10 Np
fővonalon viszonylatban max. 0,05 Np

ETO 621.372.2.001.2

Géher K.:

Érzékenységi módszerek a hálózatelméletben

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968.) 12. sz.

A hálózatfüggvény a kétpólusú áramköri elemeknek és a vezérelt generátoroknak bilineáris függvénye. Az ideális transzformátor át-tételétől, az ideális girátor ellenállásától és a negatív impedancia-konverter konverziós tényezőjétől bikvadratikus formában függ. Ez megkívánja a gyök-helygörbék módszerének általánosítását kvadratikus esetre. A hálózatfüggvény áramköri elem szerinti parciális differenciálhányadosát érzékenységek nevezzük. Meghatározása differenciálás nélkül, közvetett úton is történhet. Ez azt mutatja, hogy az érzékenység a hálózatnak a hálózatfüggvényhez hasonló belső tulajdonsága. Az érzékenység a bilineáris tételből, a transzfer függvényekből, az állapotváltozók segítségével, a reflexiós mátrixból és a hatásárból egyaránt meghatározható. A cikk megadja az érzékenységet megengedett függvényeit a p komplex frekvenciartományban és megvilágítja kapcsolatát a futási idővel. Az érzékenység ismerete az áramkörtervezési problémák széles körében felhasználható. Az áramkörök toleranciaanalízise és érzékenység optimalizálása az integrált áramkörök elterjedése következtében különösen fontos. Az érzékenység az iteratív szintézisnél nemcsak a gradiens-képzésnél használható fel, hanem segítségével az áramkörtervezés lineáris programozási feladattá vezethető vissza.

ETO 621.3.049.7:621.315.682:621.791.1

Dr. Budincevits A.:

Termokompressziós kötések

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 12. sz.

Termokompressziós huzalkontaktusokat ma általánosan használnak, planártranszisztoroknál, vékonyréteg áramköröknél, integrált áramköröknél és mikrohullámú félvezető eszközöknél. A fizikai jelenség leírását a kötések három fő geometriai típusának ismertetése követi.

A kötések mechanikai szilárdságát a megbízhatóságát mikroszkopikus és centrifugálási vizsgálatokkal ellenőrzik. Meghatározzuk az aranyhuzal és alumíniumfilm kötéseknek kialakuló összetételeket, az interfáca képződését, valamint tanulmányozzuk modellkísérletekkel fémeknek plasztikus megfolyását. Kitérünk a monometallikus kötések néhány kérdésére. A kialakult berendezés és technológia részletes ismertetését adjuk.

ETO 621.395.26 RA

Szilágyi S.:

Az RA távbeszélő alközpont család

HÍRADÁSTECHNIKA XIX. (1968) 12. sz.

Az előfizetői távvalasztás bevezetése új követelményeket támaszt az alközpontok iránt. A BHG RA tiszta jellegű felépítésű új alközpontjai, melyek a legkorszerűbb szolgáltatásokat valósítják meg, ezt a feladatot mellékállomásonként egyéni számláló alkalmazásával oldják meg. A cikk röviden ismerteti az RA alközpontok legfontosabb rendszertechnikai és konstrukciós jellemzőit, valamint szolgáltatásait.

Zusammenfassungen

DK 621.372.2.001.2

K. Géher:

Empfindlichkeitsmethoden in der Netzwerktheorie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 12.

Die Netzwerkfunktion ist eine bilineare Funktion der Zweipolstromkreiselemente und der gesteuerten Generatoren. Sie hängt ab von dem Übersetzungsverhältnis des idealen Transformators, vom dem Widerstand des idealen Girators und ist abhängig in einer bikvadratischen Form von dem Konversionsfaktor des negativen Impedanzkonverters. Dies fordert die Verallgemeinerung der Methode der Wurzel-Orts-Kurve der Wurzel für den quadratischen Fall. Der Partialedifferentialquotient der Netzwerkfunktion gemäss des Stromkreiselementes wird Empfindlichkeit genannt. Seine Bestimmung kann auch ohne Differentierung unmittelbar erfolgen. Das weist darauf hin, dass die Empfindlichkeit ähnlich zu der Netzwerkfunktion eine innere Eigenschaft des Netzes ist. Die Empfindlichkeit kann aus dem bilinearen Satz, aus den Übertragungsfunktionen, durch die Zustandsvariablen, aus den Reflexionsmatrizen und Wirkungsgrafen gleicherweise bestimmt werden. In dem Artikel werden die zulässige Funktionen der Empfindlichkeit in dem komplexen Frequenzbereich p gegeben und ihr Zusammenhang mit der Laufzeit erklärt. Die Kenntnis der Empfindlichkeit kann in einem weitem Kreise der Stromkreisentwurfprobleme angewendet werden. Die Toleranzanalyse der Stromkreise und Optimierung der Empfindlichkeit ist infolge der Verbreitung der integrierten Stromkreise sehr wichtig. Die Empfindlichkeit kann nicht nur bei der Gradientenbildung angewendet werden, sondern mit deren Hilfe kann der Stromkreisentwurf auf eine lineare Programmierungsaufgabe zurückgeführt werden.

DK 621.372.2.001.2

K. Гехер:

Методы чувствительности в теории сетей

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 12.

Функция сети является билинейной функцией двухполосниковых элементов сети и возбужденных генераторов. Эта зависит от коэффициента трансформации идеального трансформатора и коэффициента преобразования конвертера отрицательного импеданса в биквадратной форме. Это делает необходимым обобщение метода кривых мест корней для квадратного случая. Парциальная производная функции сети по элементу сети называется чувствительности. Его определение может быть исполнено тоже без дифференциации, косвенным путем. Это показывает, что чувствительность является внутренним свойством сети, подобным функции сети. Чувствительность может быть определена одинаково из билинейной теоремы приведенных функций, с помощью переменных состояния, из матрицы отражения и графа действия. Даны допустимые функции чувствительности в области комплексной частоты p и выясняет их взаимосвязь со временем распространения.

Знание чувствительности может быть использовано в широких областях проектирования цепей. Анализ допусков цепей и оптимизация чувствительности является особенно важным вследствие распространения интегральных схем. Чувствительность может быть использована при повторном синтезе не только в составлении градиента, но задача может быть преобразована с её помощью в задачу линейной программировки.

DK 621.3.049.7:621.315.682:621.791

Д-р А. Будиневич:

Соединения термическим сжатием

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 12.

Контакты проводов термическим сжатием вообще применяются в настоящее время в тонкопленочных схемах, интегральных цепях и микроволновых полупроводниковых приборах. Описание физических явлений следует изложение трёх основных геометрических типов соединений. Механическая прочность и надёжность соединений проверяются испытаниями микро-отрыва и центрифугой. Определяются состав соединений золотого проволока и алюминиевой фольги, формирование промежуточного слоя и тоже изучаются экспериментами образцов пластическое протекание металлов. Упомянуты некоторые вопросы однометаллических соединений. Дано подробное описание разработанной аппаратуры и технологии.

DK 621.395.26 RA

Ш. Силади:

Семейство телефонных коммутаторных установок

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XIX. (1968) № 12.

Введение дистанционного набора абонентов вызывает новые требования по отношению к телефонным коммутаторным установкам. Новые коммутаторные установки завода ВНГ применяющие исключительно реле, создающие съёмные современные услуги, решают эту задачу применением отдельного счётчика для каждой подстанции. Излагаются важнейшие параметры по системе и конструкции, а также по услугам коммутаторных установок RA.

Summaries

UDC 621.372.2.001.2

K. Géher:

Sensitivity Methods in the Network Theory

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) № 12.

The network function is the bilinear function of the two-pole circuit elements and driven generators. It depends in a bikvadratic form on the transmission ratio of the ideal transformer, the resistance of the ideal girator and of the conversion factor of the negative impedance converter. This requires the generalisation of the method of root locus curves for the quadratic case. The partial differential quotient of the network function according to the circuit element is called sensitivity. It can be determined even without differentiation indirectly. This shows that the sensitivity is an intrinsic property of the network like the network function. The sensitivity can be determined equally from the bilinear theorem, the transfer functions by variables of state, from the reflection matrix and the effect graphs. The paper gives the permissible functions of the sensitivity in the complex frequency domain p and shows its relation to the delay time. The knowledge of the sensitivity can be used in a wide range of circuit design. The tolerance analysis of the circuits and the optimization of the sensitivity is in consequence of the spreading of the integrated circuits especially important. The sensitivity can be used not only for computing the gradient by iterative synthesis, but the circuit design can be reduced by its aid to a linear programming task.

DK 621.3.049.7:621.315.682:621.791.1

Dr. A. Budincsevits:

Bindungen mit Thermokompression

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 12.

Drahtkontakte mit Thermokompression werden zur Zeit für Planartransistoren, Dünnschichtstromkreise, integrierte Stromkreise und Mikrowellenhalbleiternmittel allgemein angewendet. Die Beschreibung der physikalischen Erscheinung wird durch die Erörterung der geometrischen drei Haupttypen der Bindungen gefolgt. Die mechanische Festigkeit, die Zuverlässigkeit der Bindungen wird durch Mikro-Zug und Zentrifugalprobe geprüft. Es werden die bei den goldenen Draht- und Aluminiumfilmbindungen sich entwickelnden Verbindungen, die Bildung der „Interface“ bestimmt und die plastische Formung der Metalle mit Modellversuchen studiert. Es werden einige Fragen der monometallischen Bindungen diskutiert. Zuletzt wird eine eingehende Erörterung über die entwickelten Einrichtungen und der Technologie gegeben.

DK 621.395.26 RA

S. Szilágyi:

Nebenstellenanlagenfamilie RA

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) Nr. 12.

Die Einführung der Teilnehmerfernwahl bedeutet neue Anforderungen gegen den Nebenstellen. Die neuen Nebenstellen Typ RA von reiner Relaiskonstruktion der BHG, welche die modernsten Leistungen bieten, lösen diese Aufgabe mit der Anwendung von individuellen Zählern für jeden Teilnehmer. In dem Artikel werden die wichtigsten systemtechnischen und Konstruktionskennwerte der RA Nebenstellen und deren Leistungen kurz erörtert.

CDU 621.372.2.001.2

K. Géher:

Méthodes de sensibilité dans la théorie des réseaux

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968.) Nr. 12.

La fonction de réseau est une fonction bilinéaire des éléments bipolaires de circuit et des générateurs commandés. Elle dépend dans une forme biquadratique du rapport de transformation du transformateur idéal, de la résistance du girateur idéal et du coefficient de conversion du convertisseur d'impédance négative. Pour cette raison la généralisation de la méthode des courbes des lieux des racines est nécessaire pour le cas quadratique. Le quotient différentiel partiel selon l'élément de circuit de la fonction de réseau s'appelle sensibilité. Celle-ci peut être déterminée même sans différentiation, par une méthode indirecte. Ce signifie que la sensibilité est une caractéristique intrinsèque du réseau semblable à la fonction de réseau. La sensibilité peut être déterminée du théorème bilinéaire, des fonctions de transfert, à l'aide des variables d'état, ainsi que de la matrice de réflexion et des graphes d'effet. L'article donne les fonctions de la sensibilité admissible dans le domaine de la fréquence complexe p et expose sa relation avec le temps de propagation.

La connaissance de la sensibilité peut être utilisée dans un domaine étendu des problèmes du projet des circuits. L'analyse des tolérances des circuits et l'optimisation de la sensibilité est particulièrement importante en raison de l'extension des circuits intégrés. La sensibilité peut être utilisée non seulement pour la détermination du gradient au cours de la synthèse itérative mais le projet des circuits peut être ramené à une tâche de programmation linéaire à l'aide de celle-ci.

UDC 621.3.049.7:621.315.682:621.791.1

Dr. A. Budincsevits:

Junctions with Thermocompression

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 12.

Junctions with thermocompression are used nowadays generally for planar transistors, thin film circuits, integrated circuits and microwave semiconductor devices. The description of the physical phenomena is followed by the illustration of three main geometrical types. The mechanical strength and the reliability of the junctions is checked by micro tensile stress and centrifugal tests. The compounds developed at the golden wire and aluminium film junctions, the development of the interface is determined and the plastic forming of metals with model tests is studied. Some problems of the monometallic junctions are dealt with. The developed equipment and the technology is presented in detail.

UDC 621.395.26 RA

S. Szilágyi:

RA Telephone Private Branch Exchange Family

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 12.

The introduction of the subscriber's toll dialing gives rise to new requirements concerning P.B.-exchanges. The RA new P.B.-exchanges produced by the BHG are constructed purely of relays, their service is most modern and solve this problem by the use of an individual counter for each extension. In the paper the most important characteristics of system engineering and construction of the RA P.B.-exchanges and its services are briefly presented.

Résumés

CDU 621.3.049.7:621.315.682:621.791.1

Dr. A. Budincsevits:

Jonctions à compression thermique

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 12.

Contacts des filaments à compression thermique sont généralement utilisés pour transistors planaires, circuits à couche mince, circuits intégrés et dispositifs semi-conducteurs à microondes. Après la description des phénomènes physiques suit une exposition des trois types principaux géométriques des jonctions.

La résistance mécanique et la fiabilité sont contrôlées par des essais de micro-rupture et centrifuges. Les compositions des jonctions d'or et des pellicules d'aluminium, la formation de «l'interface» sont déterminées ainsi que l'écoulement plastique des métaux est étudié par essais des modèles. Quelques questions des jonctions monométalliques sont mentionnées. Une description détaillée de l'appareillage et technologie est donnée.

CDU 621.395.26 RA

S. Szilágyi:

La famille des standards téléphoniques d'abonné RA

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XIX. (1968) N° 12.

L'introduction de l'appel interurbain des abonnés émet des nouvelles exigences aux standards téléphoniques d'abonné. Les standards d'abonnés de l'usine BHG comprenant seulement des relais et donnant des services les plus modernes acquittent cette tâche par l'application d'un compteur individuel pour chaque poste d'abonné. L'article décrit brièvement les caractéristiques de système et de construction ainsi que les services les plus importantes des standards d'abonné RA.



Korszerű vobulátoros mérés technika

Telonic

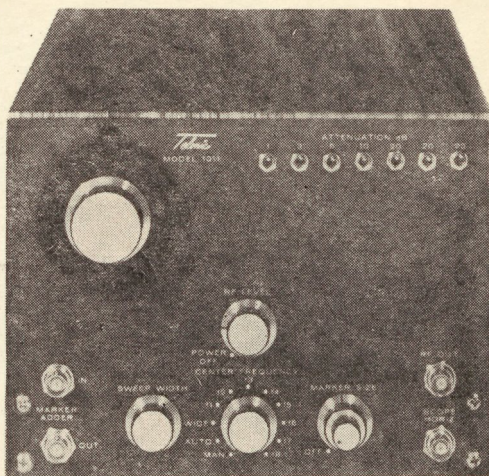
SZÉLESSÁVÚ VOBULÁTOR

URH részére

különösen alkalmas

AUTOTRACK-kal*

racionalis tuner-hangolásra



Műszaki adatok:

Típusjelzés	1011	1006
Frekvenciatartomány	5...250 MHz	450...910 MHz
Változtatható frekvencialöket	5-245 MHz	5-460 MHz
Kimenőfeszültség	0,5 Volt/eff.	50 Ω-ra szabályozott
Amplitúdómenet	+0,5 dB az egész tartományban	
Szintbeállítás	Megválasztás szerint: 5×10 dB, 11×3 dB, 10×10 dB 0-50 dB kcnt., 60-60 vagy 75 Ω	
Jelrendszer	Lebegési jelek és impulzusjelek csatorna meghatározására és KF ellenőrzésre	
Kivitel	Teljesen tranzisztorszívált modulfelépítésben	

* A vizsgáló TV-tuner működtetése által a középfrekvencia automatikusan hangolódik

Kívánatra részletes tájékoztatót és árajánlatot küldünk. Készülékeinket minden kötelezettség nélkül szívesen bemutatjuk.

Telonic

INDUSTRIES GMBH

Frankfurt am Main, Holzhauserstrasse 16

Telefon: 0611-551086, Telex: 04-14275



TRANSZFORMÁTOR KTSZ

Budapest, VII., Nefelejts utca 39.

Telefon: 428-969, 228-401

Nagyfeszültségű készülékek:

anyagvizsgáló röntgenberendezések
elektrosztatikai készülékek

Feszültség gyors szabályozók:

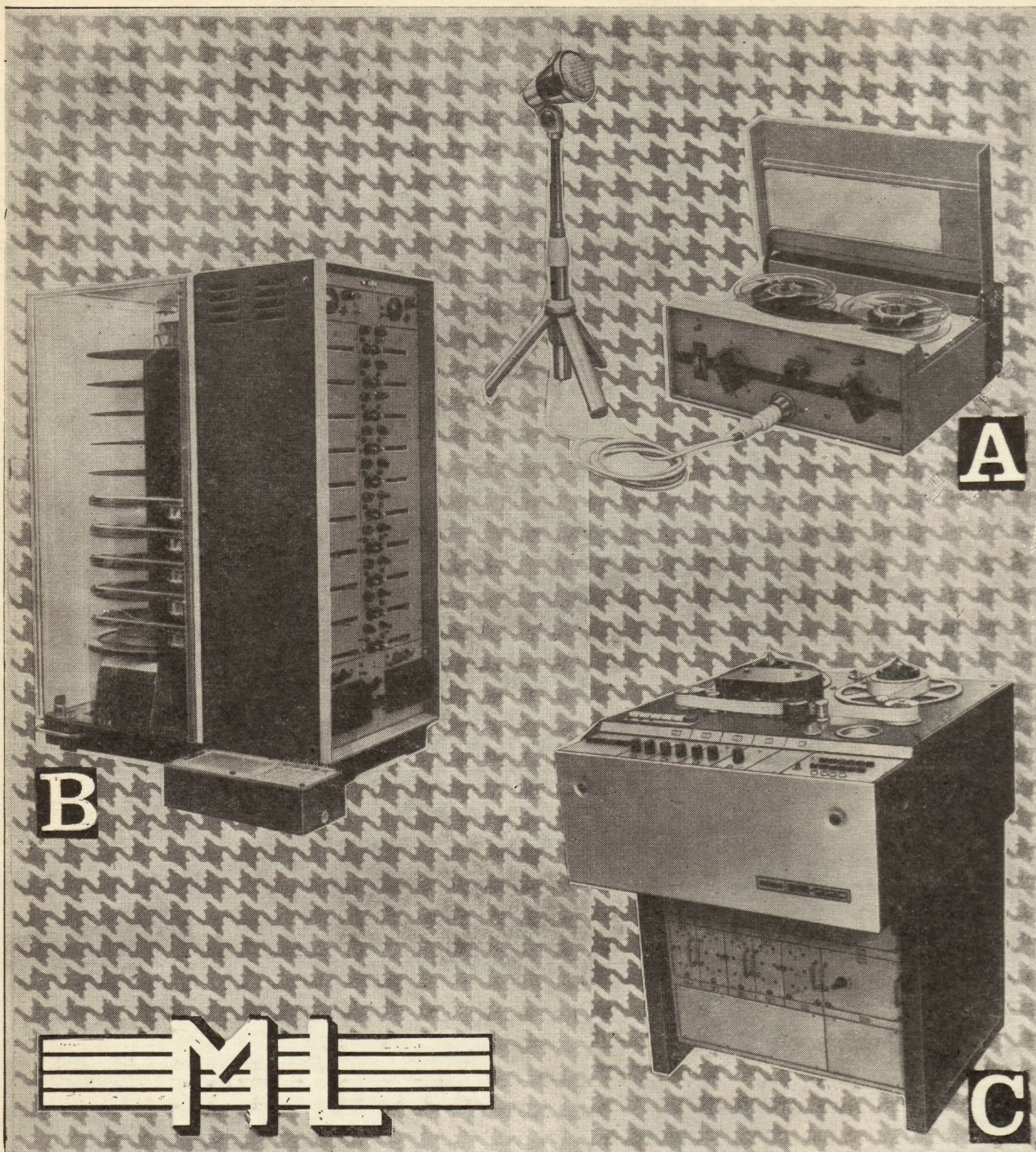
váltakozó áramú stabilizátorok
generátor gyors szabályozók

Feszültség szabályozók:

kézi, motoros és automatikus működésű mozgótekerceses vagy toroidrendszerű szabályozóberendezések

Transzformátorok:

egy- és háromfázisú sorozat, különleges transzformátorok,
valamint híradástechnikai transzformátorok



MECHANIKAI LABORATÓRIUM
 HÍRADÁSTECHNIKAI KÍSÉRLETI VÁLLALAT
 Budapest, Gorkij fasor 25—27.

- A RIPORTERMAGNETOFON**
 Teljesen kontaktusok nélküli egyenáramú elektromotor alkalmazásával készült. A beépített dinamika-kompresszor a tízszeres hangerő növekedést kevesebb mint 4/1000 mp alatt szabályozza le önműködően normál szintre.
 Szalagsebesség: 9,5 és 19,05 cm/mp
- B INFORMÁTOR-AUTOMATA**
 Mágnesesen rögzített és tárolt hanginformációt távindításra lejátszik. Hálózati táplálással működik, a felvétel mikrofonról történik.
 Műsorideje: 2 × 10 csatorna esetében csatornánként max. 5 perc.
- C STM-220 NÉGYCSATORNÁS (PLAY-BACK) STÚDIÓMAGNETOFON**
 Alkalmazásával sztereo műsorok elkészítése lényegesen egyszerűbbé válik.
 Csíkszélesség: 4,5 mm. Minden csík külön törölhető és rájátszható.
 Szalagsebesség: 38,1 és 19,05 cm/mp Max. tekercsátmérő: 300 mm
 Alkalmazott szalag: 25,4 mm széles.