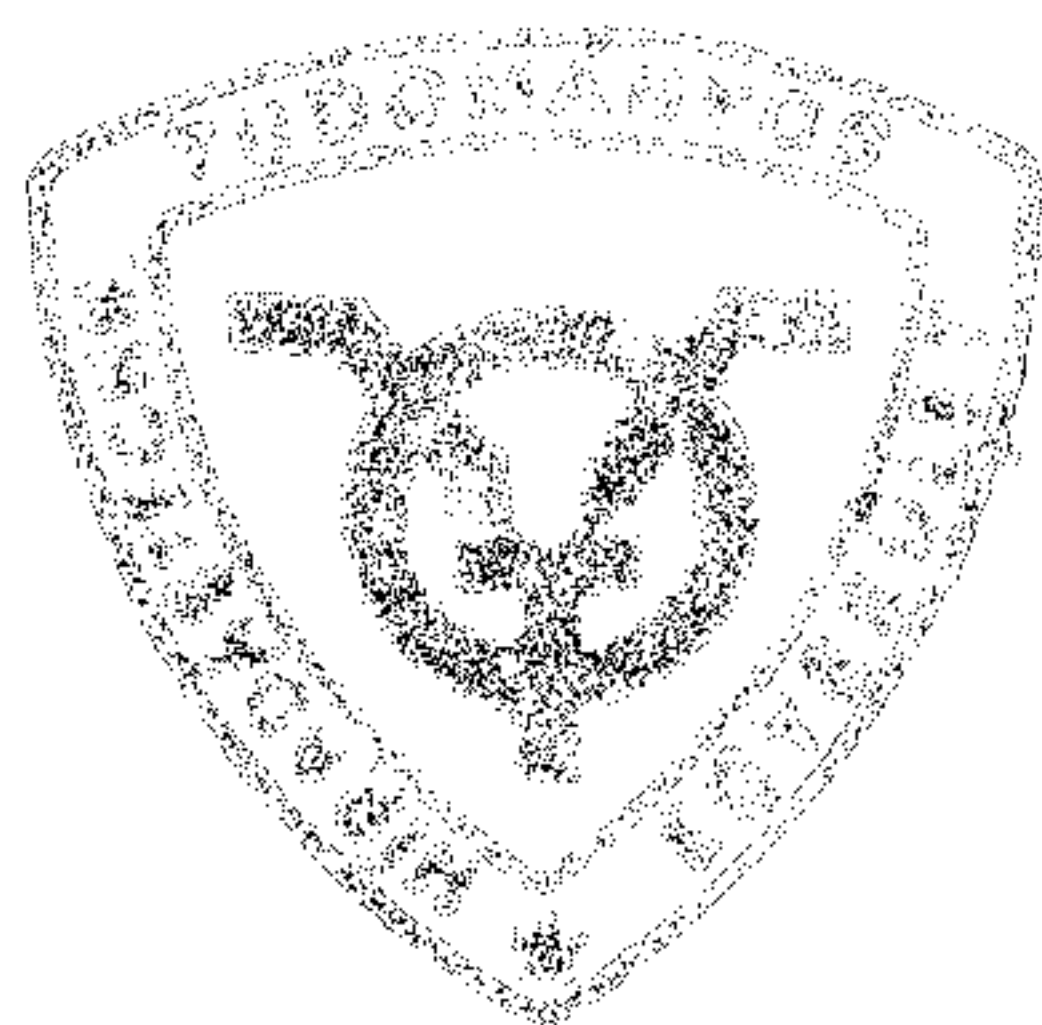


HÍRADÁS- TECHNIKA

A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

8



HÍRADÁS- TECHNIKA

1977. augusztus, XXVIII. évfolyam, 8. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

SONKOLY AURÉL: Univerzális aktív RC szűrők hibridáramkörüi kivitelben	225
GÉRESI KÁLMÁN: Az elektrolitfejlesztés jelenlegi helyzete és irányai	233
DR. BUDINCSEVITS ANDOR: Vákuumfizika a híradástechnikában	237
DR. GÉHER KÁROLY: Számítógép-programok katalógusa, 1976.	244
SZABÓ CSABA: Vivő-szinkronizáló módszerek tulajdonságainak összehasonlítása digitális fázismoduláció (PSK) esetén	249
Szemle	236, 243
Tartalmi összefoglalások	254
Обобщения	255
Zusammenfassungen	255
Summaries	256
Résumés	256

Operatív szerkesztő bizottság: BOGLÁR GYULA szerkesztő, BALOGH PÁL
DR. FLESCHE ISTVÁN, MAY PÉTER, MÉREY IMRÉNÉ. — Szerkesztőségi
és kéziratokkal kapcsolatos ügyekben felvilágosítást ad: SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ.
Telefon: 495-098

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Boglár Gyula. Szerkesztőség címe: 1055 Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. Telefon: 113-027. Kiadja: a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin krt. 9—11., telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223. Felelős kiadó: Siklósi Norbert. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodánál (KHI, 1900 Budapest, József nádor tér 1.) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest. Postafiók 149



Készült az Egyetemi Nyomda fennállásának 400. évében

77.1508 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

Index: 25 375

SONKOLY AURÉL

Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

Univerzális aktív RC szűrők hibridáramköri kivitelben

ETO 621.372.54.049.776;621.372.57.011.732.24

A kisfrekvenciás, hagyományos LC elemekből felépített szűrőknél nagy gondot jelent a nagy értékű induktivitás realizálása. Az áramkörökben szereplő induktivitás kiküszöbölhető, ha olyan elektronikus kapcsolást használunk, amelyik szimulálja az induktivitást. Az ilyen áramkör csak ellenállásokat, kapacitást és aktív elemeket tartalmaz. A szimulált induktivitás értéke kiszámítható, és a bemérés során könnyen változtatható. Az ilyen típusú realizálásnak az az előnye, hogy az eredetileg már kiszámított LC szűrő struktúráját nem kell megváltoztatni. Sajnos a szimulált induktivitásnak általában valamekkora soros ellenállása is van, amely pozitív és negatív is lehet. Ez a tervezésnél és a realizálásnál külön problémát jelent. Hátrányként elmondható még, hogy földfüggetlen induktivitás csak bonyolultabb áramkörrel hozható létre.

Ha nem ragaszkodunk az eredeti LC szűrő struktúrájához, akkor más megoldást is választhatunk. Az egyik legjobb megoldás a biquadratikus kaszkád felbontás. Páros fokszám esetén mindig realizálható a szűrő másodfokú alaptagok kaszkád kapcsolásával. Páratlan fokszám esetén egy elsőfokú tagot is realizálni kell. A kaszkád kapcsolat azzal az előnnyel jár, hogy az egyes alaptagok egymástól függetlenül hangolhatók be. Az összekapcsolás után az egyes alaptagok egymást nem hangolják el, mivel az aktív RC szűrőkben levő műveleti erősítők kimeneti ellenállása a visszacsatolások miatt gyakorlatilag zérus.

Integrátoros aktív RC szűrők

A szakirodalomban a különböző aktív RC szűrő alapkapsolások száma már szinte megszámlálhatatlan. Általánosan elmondható, hogy a kapcsolások bonyolultsági foka és érzékenysége között szoros kapcsolat van. Időnként az irodalomban csodakapcsolások jelennek meg, amelyekről rövid vizsgálat után kiderül, hogy érzékenységben és behangolási problémákban drágán kell megfizetni a megtakarított műveleti erősítőket.

Az aktív RC szűrőknél külön előnyt jelent, ha valamilyen sorrendben az áramkör paraméterei egymástól teljesen függetlenül behangolhatók. Ez a tulajdonság a hibridáramköröknél nagyon fontos, mert az ellenállások értékét trimmeléssel csak növelni tudjuk. Az ellenállások csökkentése csak külső elem segítségével lehetséges.

Az állapotváltozós kapcsolásoknak az a nagy előnyük, hogy az alapvető struktúrát megtartva, segítségével bármilyen típusú szűrő kialakítható. Ez az univerzális tulajdonság a hibridáramköröknél nagyon jól alkalmazható, hiszen így a különböző szűrőtípusok azonos topológiával gyárthatók.

A HIKI-ben kifejlesztett UI-01 univerzális integrátoros hibrid aktív szűrő áramkör az eddig felsorolt összes előnyös tulajdonsággal rendelkezik. Összesen hétféle szűrőtípus realizálható az áramkörrel, de az ábrázoláshoz elegendő négy kapcsolási rajz, mert az elemek más megválasztásával is kialakulhat különböző szűrőtípus.

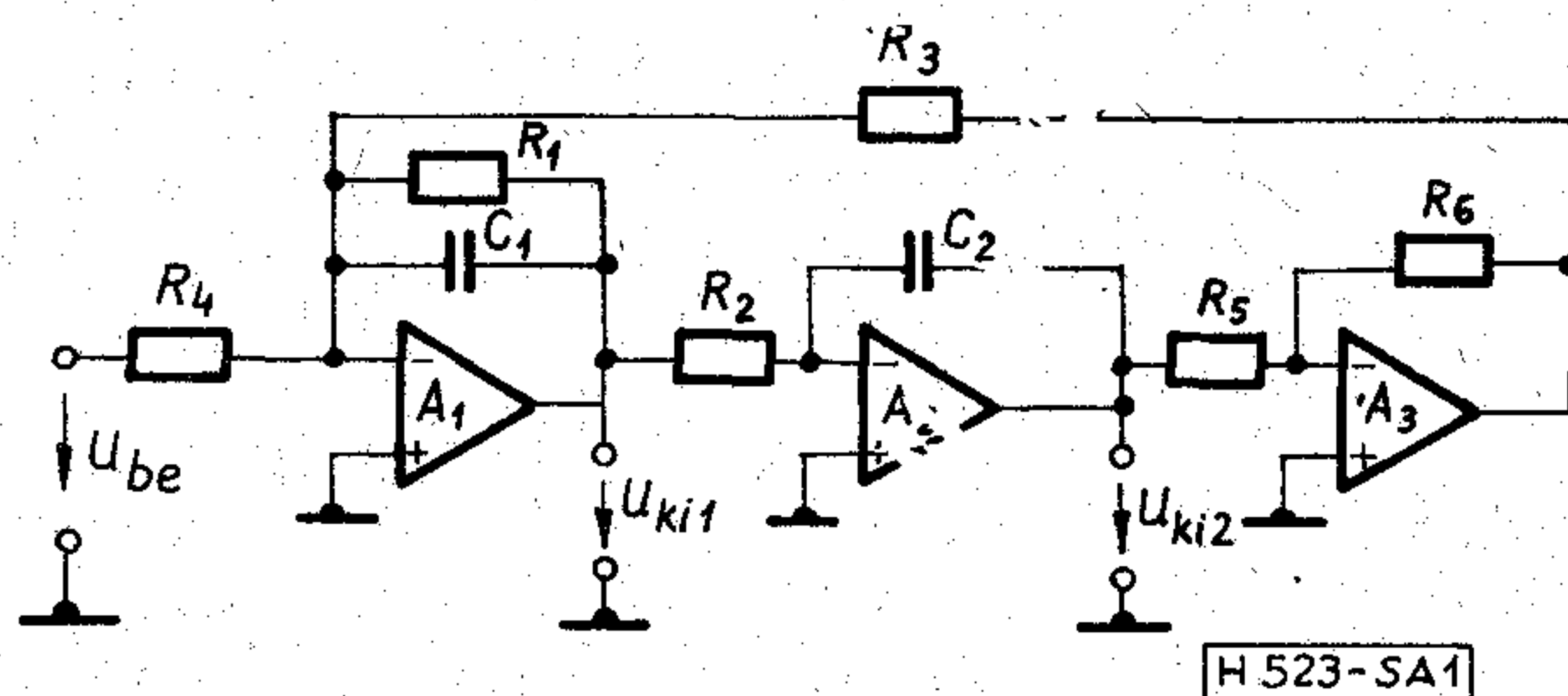
A szűrők alapját az 1. ábrán látható kapcsolat képezi. A negyedik műveleti erősítő összeadóként működik, és a szűrőtípusoknak megfelelő helyekről kapja az összeadandó jeleket.

Az egységes és egyszerűbb leírás érdekében érdemes két áramköri paramétert kiemelni:

$$\omega^* = \sqrt{\frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2}},$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_1^2 C_1}{R_2 R_3 C_2}},$$

ahol ω = körfrekvencia, Q = jósági tényező.



1. ábra

Ezek a paraméterek minden szűrőtípusnál szerepelnek, és a betűknek a későbbiekben mindig ez a konkrét jelentésük.

Aluláteresztő aktív RC szűrő

A szűrő kapcsolási rajza az 1. ábrán látható. Az áramkör kimenete U_{ki2} . Az általános biquadratikus aluláteresztő transzfer függvény a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = K \frac{1}{p^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} p + \omega_p^2},$$

ahol ω_p = pólusfrekvencia, Q_p = pólusjóság, K = átviteli konstans.

A tényleges kapcsolás transzfer függvénye a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki2}}{U_{be}} = \frac{1}{R_2 R_4 C_1 C_2} \frac{1}{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}.$$

A két transzfer függvényt összehasonlítva az egyes jellemző paraméterek megkaphatók:

$$\omega_p = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}}.$$

Ha a frekvencia a zérushoz tart, akkor a szűrő egyenfeszültségű átvitelét kapjuk meg, amelynek értéke:

$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow 0} = \frac{K}{\omega_p^2} = \frac{R_3 R_5}{R_4 R_6}.$$

A szűrő frekvenciamenete az 5. ábrán látható. A szűrő töréspontos levágási meredeksége 12 dB/oktáv. A kiemelés mértéke a pólusjóságtól függ.

Sáváteresztő aktív RC szűrő

A szűrő kapcsolási rajza szintén az 1. ábrán látható, de az áramkör kimenete U_{ki1} .

Az általános biquadratikus sáváteresztő átviteli függvény a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = K \frac{p}{p^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} p + \omega_p^2}.$$

A konkrét kapcsoláshoz tartozó transzfer függvény a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki1}}{U_{be}} = -\frac{1}{R_4 C_1} \frac{p}{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}.$$

A transzfer függvények összehasonlítása után a szűrő paraméterei a következők:

$$\omega_p = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}}.$$

Az átviteli függvény értéke a pólusfrekvencián a következő:

$$T(p) \Big|_{\omega = \omega_p} = K \frac{Q_p}{\omega_p} = -\frac{R_1}{R_4}.$$

A sáváteresztő szűrő frekvenciamenete a 6. ábrán látható.

A töréspontos levágási meredekség 6 dB/oktáv. A szűrő erősítése az R_1 és R_4 ellenállások értékétől függ.

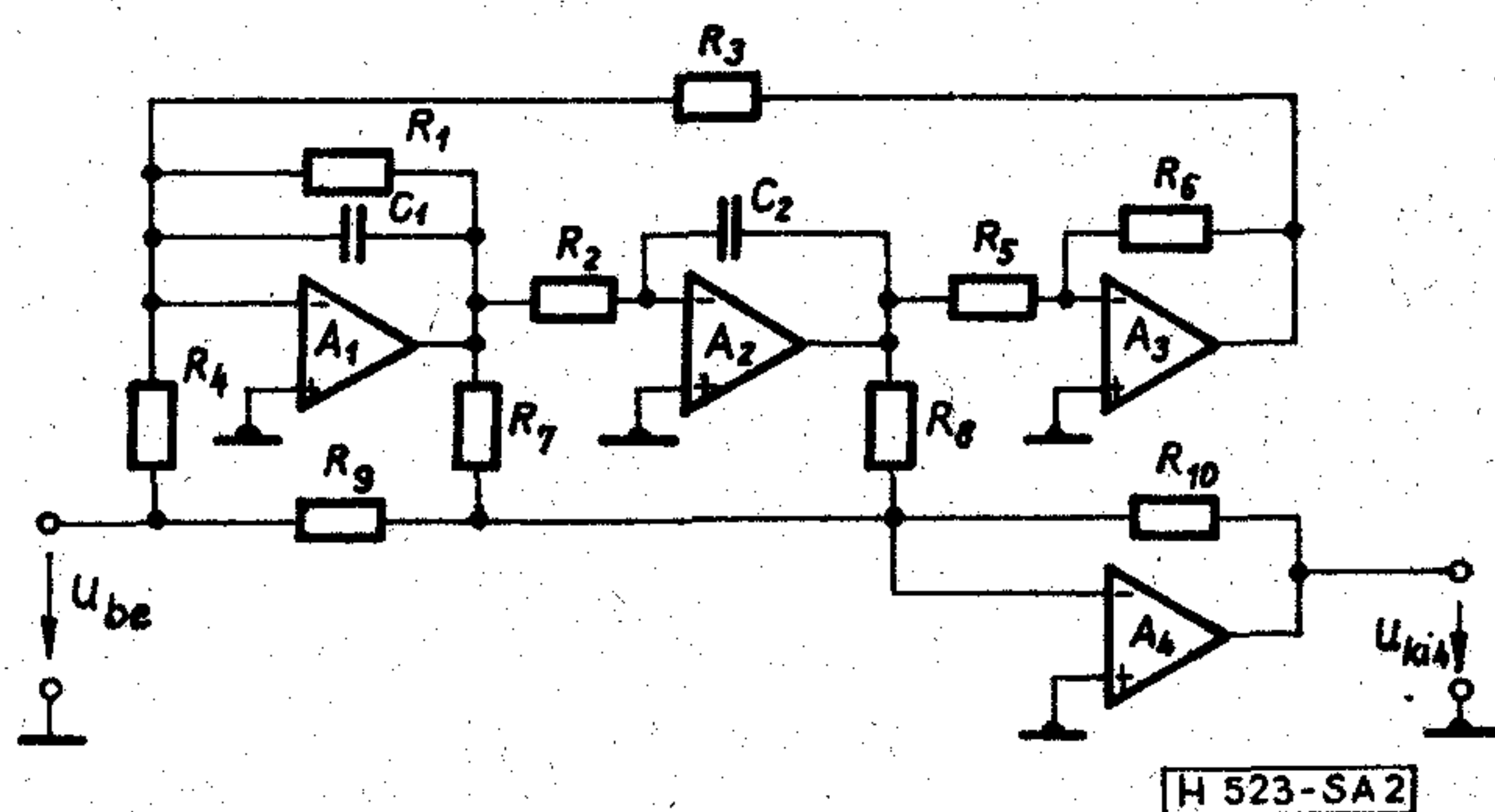
Elliptikus aluláteresztő aktív RC szűrő

A szűrő kapcsolási rajza a 2. ábrán látható. A szűrő kialakításához már külön összegző erősítőre is szükség van.

Az általános biquadratikus transzfer függvény a következőképpen írható fel:

$$T(p) = K \frac{p^2 + \frac{\omega_z}{Q_z} p + \omega_z^2}{p^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} p + \omega_p^2}, \quad (1)$$

ahol ω_z = zérus frekvencia, Q_z = zérus jóság.



2. ábra

Ez az átviteli függvény akkor lesz biquadratikus elliptikus aluláteresztő, ha $Q_z \rightarrow \infty$ és $\omega_z > \omega_p$. Így:

$$T(p) = K \frac{p^2 + \omega_z^2}{p^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} p + \omega_p^2}.$$

A tényleges áramkör átviteli függvénye a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki4}}{U_{be}} = -\frac{R_{10}}{R_9} \frac{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} \left(1 - \frac{R_1 R_9}{R_4 R_7}\right) p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \left(\frac{R_6}{R_5} + \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8}\right)}{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}.$$

A transzfer függvények megfelelő részeinek össze-

hasonlítása után az egyes hálózatjellemzők a következők:

$$\omega_n = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$\omega_z = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5} + \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8}},$$

$$Q_z = Q \frac{\sqrt{\frac{R_6}{R_5} \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8}}}{1 - \frac{R_1 R_9}{R_4 R_7}},$$

$$K = -\frac{R_{10}}{R_9}.$$

A képletből jól látható, hogy a zérus jóság végtelenné tehető, ha

$$\frac{R_1 R_9}{R_4 R_7} = 1.$$

Vizsgáljuk meg a transzfer függvény viselkedését kis és nagy frekvencián!

Ha a frekvencia zérushoz tart, akkor az egyenáramú átvitelt kapjuk meg:

$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow 0} = K \left(\frac{\omega_z}{\omega_p} \right)^2.$$

Ha a frekvencia végtelenhez tart, akkor

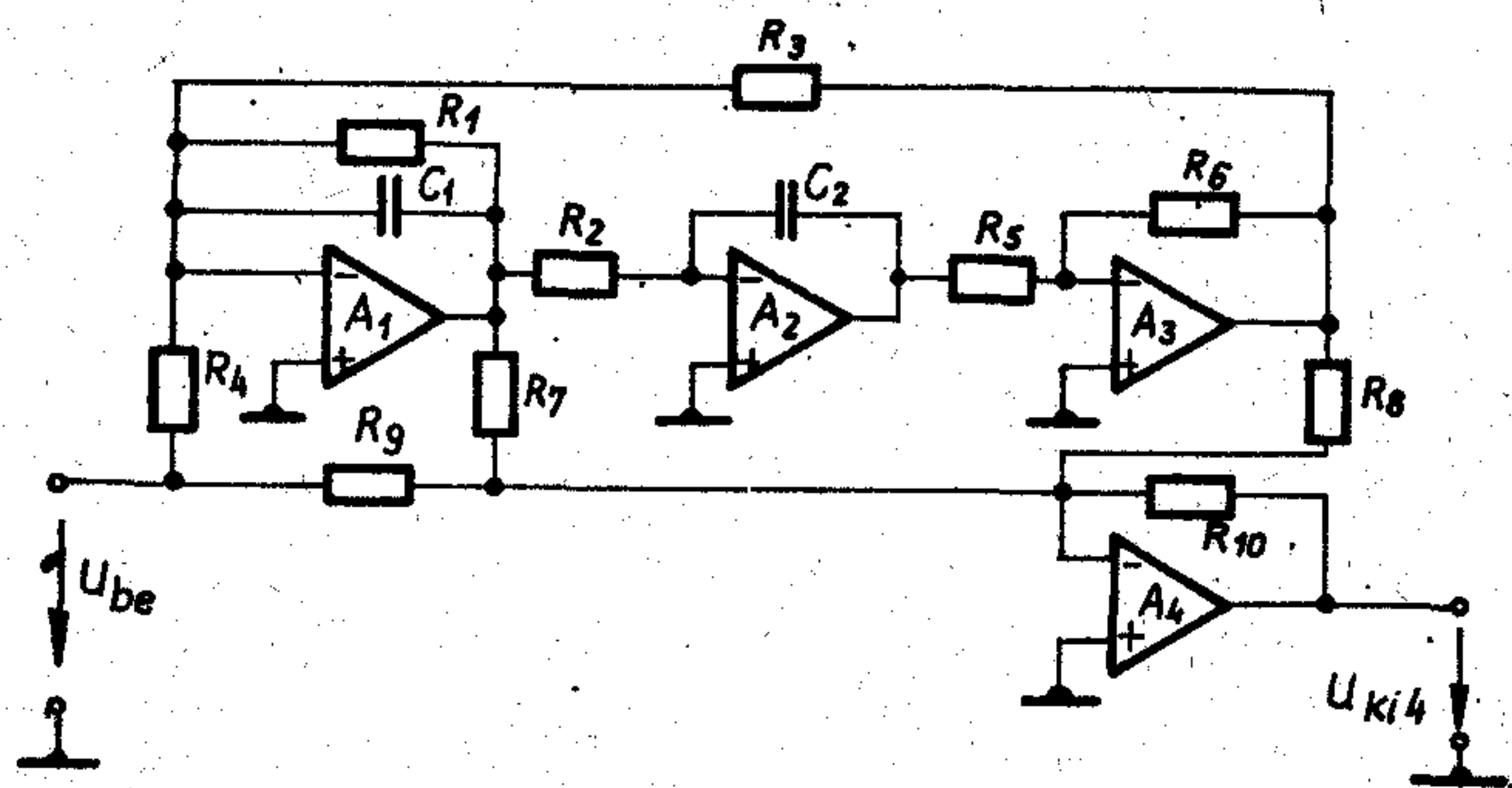
$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = K.$$

Az elliptikus aluláteresztő szűrő frekvenciamenete a 7. ábrán látható.

Az elliptikus alaptagokra INVERZ CSEBISEB, CAUER és GENERAL PARAMÉTERES szűrők realizálásánál van szükség. Segítségükkel nagy oldalmeredekség érhető el.

Elliptikus felületáteresztő aktív RC szűrő

Az áramkör kapcsolási rajza a 3. ábrán látható. Az általános biquadratikus transzfer függvényből (1) úgy juthatunk el az elliptikus felületáteresztő átviteli függvényhez, ha $Q_z \rightarrow \infty$ és $\omega_z < \omega_p$.



3. ábra

A konkrét áramkör transzfer függvénye a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki4}}{U_{be}} = -\frac{R_{10}}{R_9} \frac{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} \left(1 - \frac{R_1 R_9}{R_4 R_7} \right) p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \left(1 - \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8} \right) \frac{R_6}{R_5}}{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}. \quad (2)$$

Az összevetés után kapott jellemző paraméterek a következők:

$$\omega_p = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$\omega_z = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}} \sqrt{1 - \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8}},$$

$$Q_z = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}} \sqrt{\frac{1 - \frac{R_3 R_9}{R_4 R_8}}{1 - \frac{R_1 R_9}{R_4 R_7}}},$$

$$K = -\frac{R_{10}}{R_9}.$$

Nyilvánvaló, hogy $Q_z \rightarrow \infty$, ha $\frac{R_1 R_9}{R_4 R_7} = 1$.

Nézzük meg a transzfer függvény viselkedését kis és nagy frekvencián!

Ha a frekvencia zérushoz tart, akkor

$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow 0} = K \left(\frac{\omega_z}{\omega_p} \right)^2.$$

Ha a frekvencia végtelenhez tart, akkor

$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = K.$$

Az elliptikus felületáteresztő frekvenciamenete a 8. ábrán látható.

Felületáteresztő aktív RC szűrő

A szűrő kapcsolási rajza a 3. ábrán látható.

Az általános biquadratikus felületáteresztő átviteli függvény a következő:

$$T(p) = K \frac{p^2}{p^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} p + \omega_p^2}.$$

Ez a függvény megfelel egy elliptikus transzfer függvénynek, ha $\omega_z = 0$.

A konkrét áramkör transzfer függvénye teljesen megegyezik az elliptikus felületáteresztő szűrő átviteli függvényével (2).

ω_z akkor tart zérushoz, ha

$$\frac{R_3 R_9}{R_4 R_8} = 1.$$

Ha ez a feltétel már teljesül, akkor az áramkör paraméterei a következők:

$$\omega_p = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$K = -\frac{R_{10}}{R_9}.$$

Az áramkör átvitele nagy frekvencián:

$$T(p) \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = K.$$

A felüláteresztő szűrő frekvenciamenete a 9. ábrán látható.

A szűrő oldalmeredeksége 12 dB/oktáv.

Sávzáró aktív RC szűrő

Az áramkör kapcsolási rajza a 4. ábrán látható. Az elliptikus szűrők egyik speciális esete a sávzáró vagy lyukszűrő. Ha egy elliptikus szűrőnél a zérus frekvenciája megegyezik a pólus frekvenciájával: $\omega_z = \omega_p = \omega_0$ és $Q_z \rightarrow \infty$, akkor sávzáró szűrőt kapunk.

Így az általános biquadrátikus sávzáró transzfer függvénye a következő:

$$T(p) = K \frac{p^2 + \omega_0^2}{p^2 + \frac{\omega_0}{Q_p} p + \omega_0^2}.$$

A 4. ábrán látható kapcsolat átviteli függvénye a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki4}}{U_{be}} = -\frac{R_{10}}{R_9} \frac{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} \left(1 - \frac{R_1 R_9}{R_4 R_7}\right) p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}{p^2 + \frac{1}{R_1 C_1} p + \frac{1}{R_2 R_3 C_1 C_2} \frac{R_6}{R_5}}. \quad (3)$$

Az összehasonlítás után a jellemző paraméterek a következők:

$$\omega_0 = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_p = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

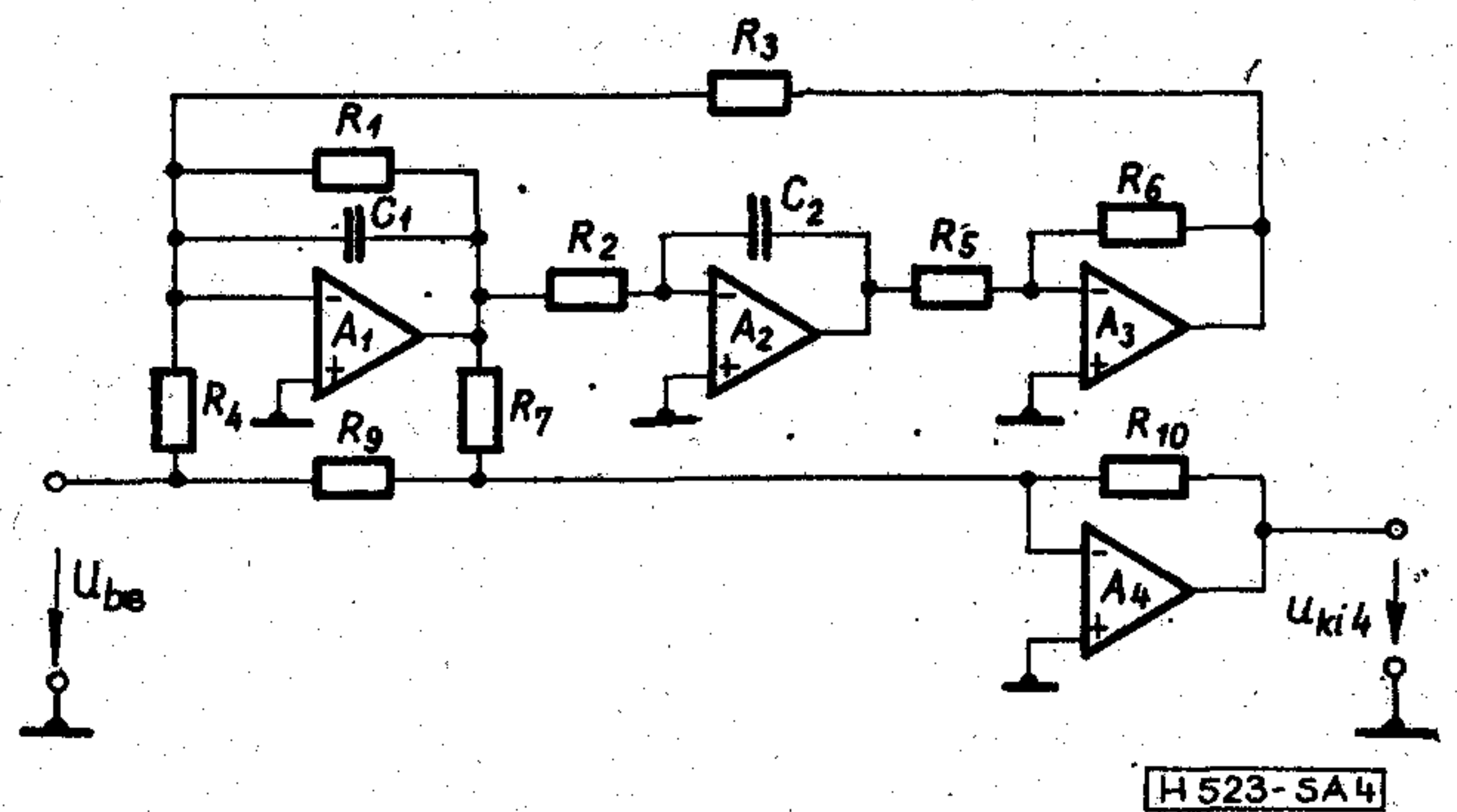
$$K = -\frac{R_{10}}{R_9}.$$

A sávzáró szűrő frekvenciamenete a 10. ábrán látható.

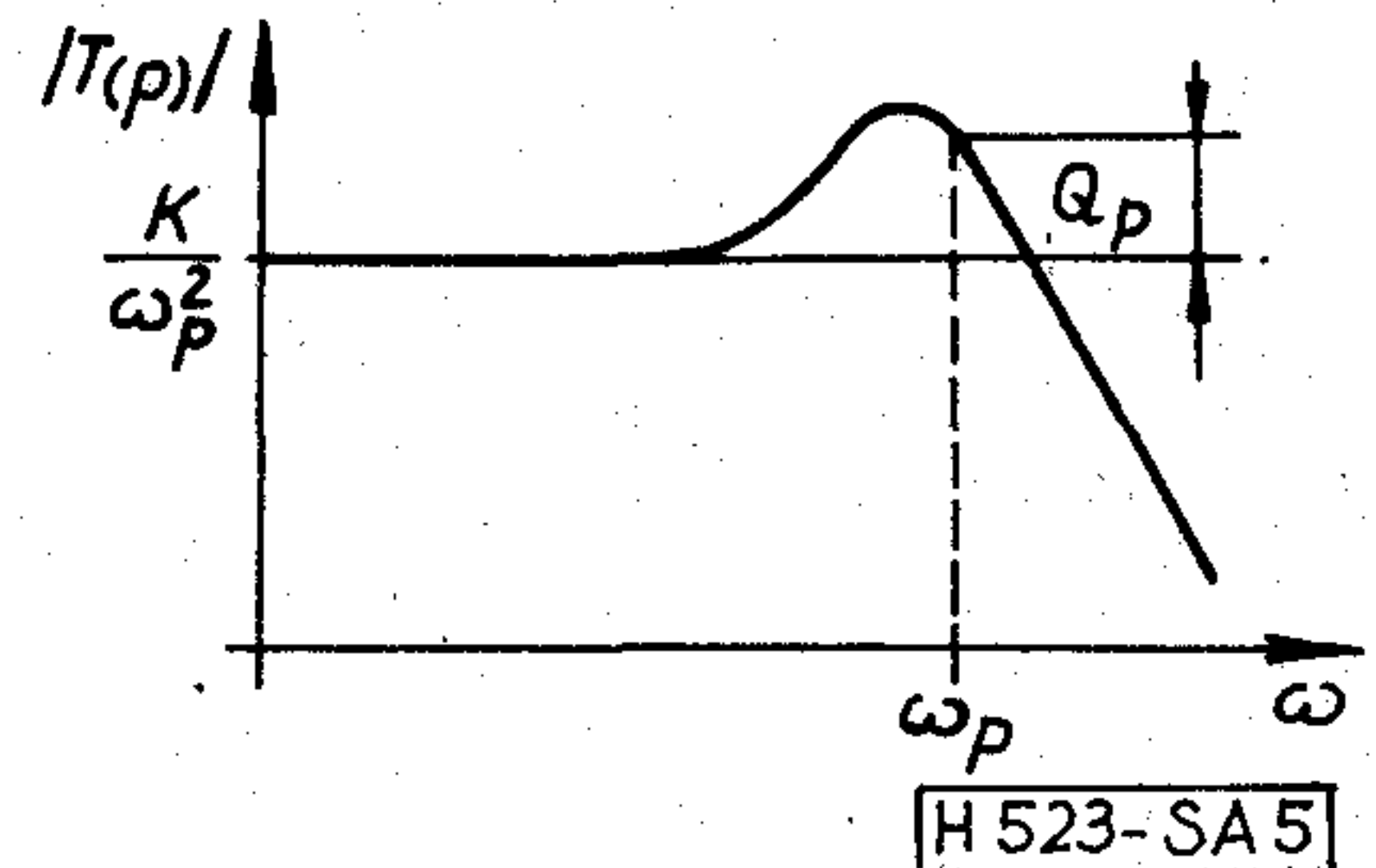
A sávzáró szűrők kiválóan alkalmasak egy bizonyos zavaró frekvencia kiszűrésére.

Mindentáteresztő aktív RC szűrő

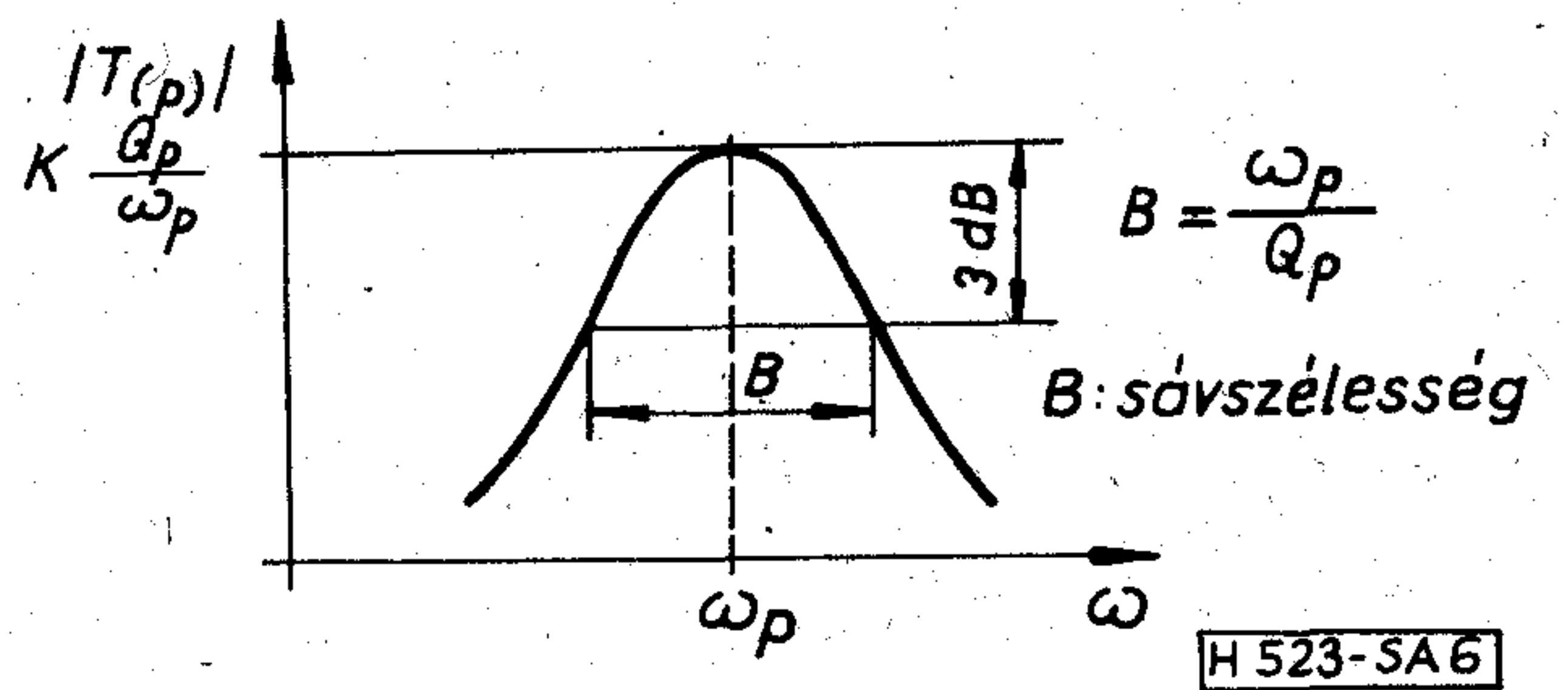
A mindentáteresztő kapcsolási rajza a 4. ábrán látható. A futási idő korrektorok építőeleme a mindentáteresztő.



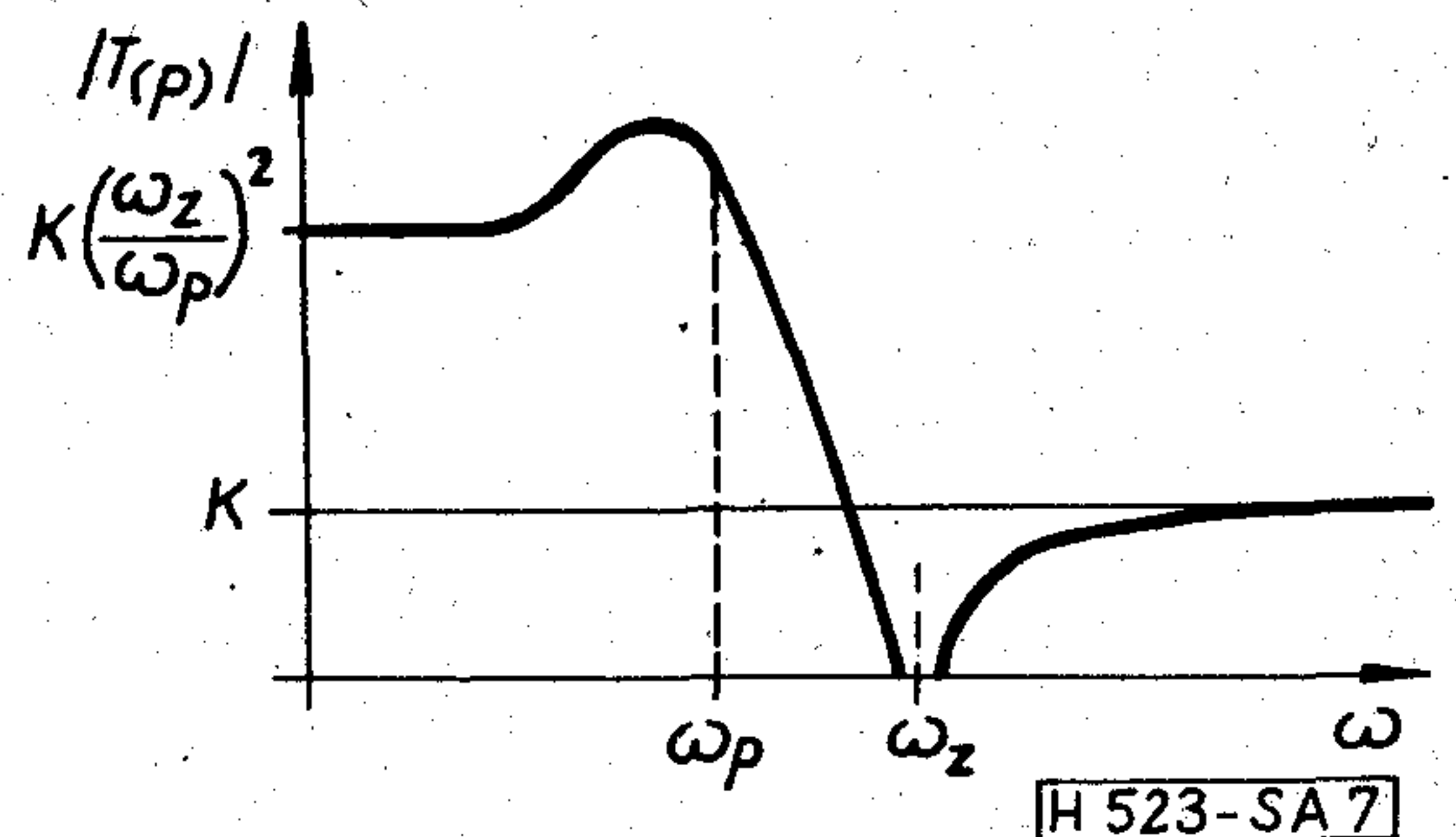
4. ábra



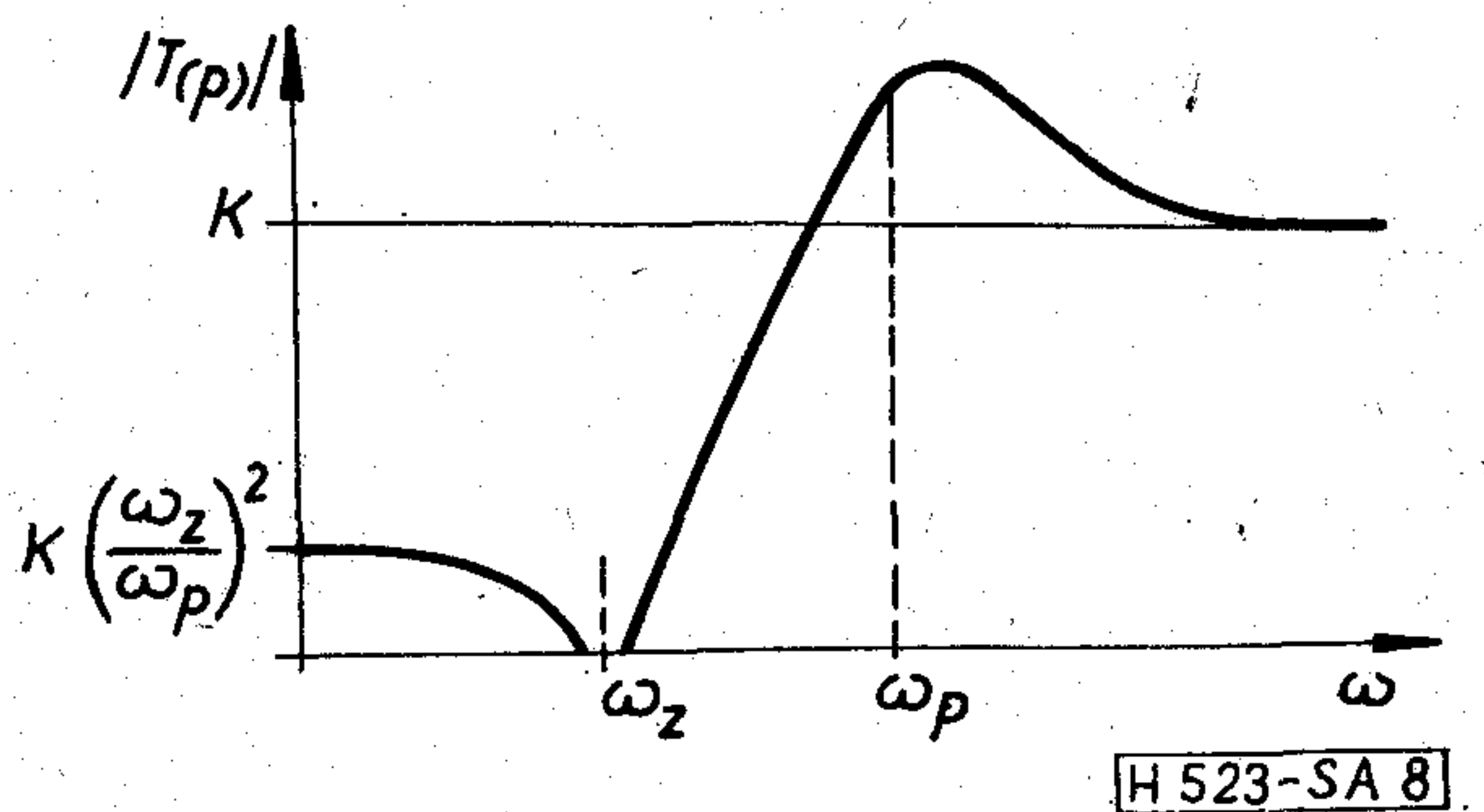
5. ábra



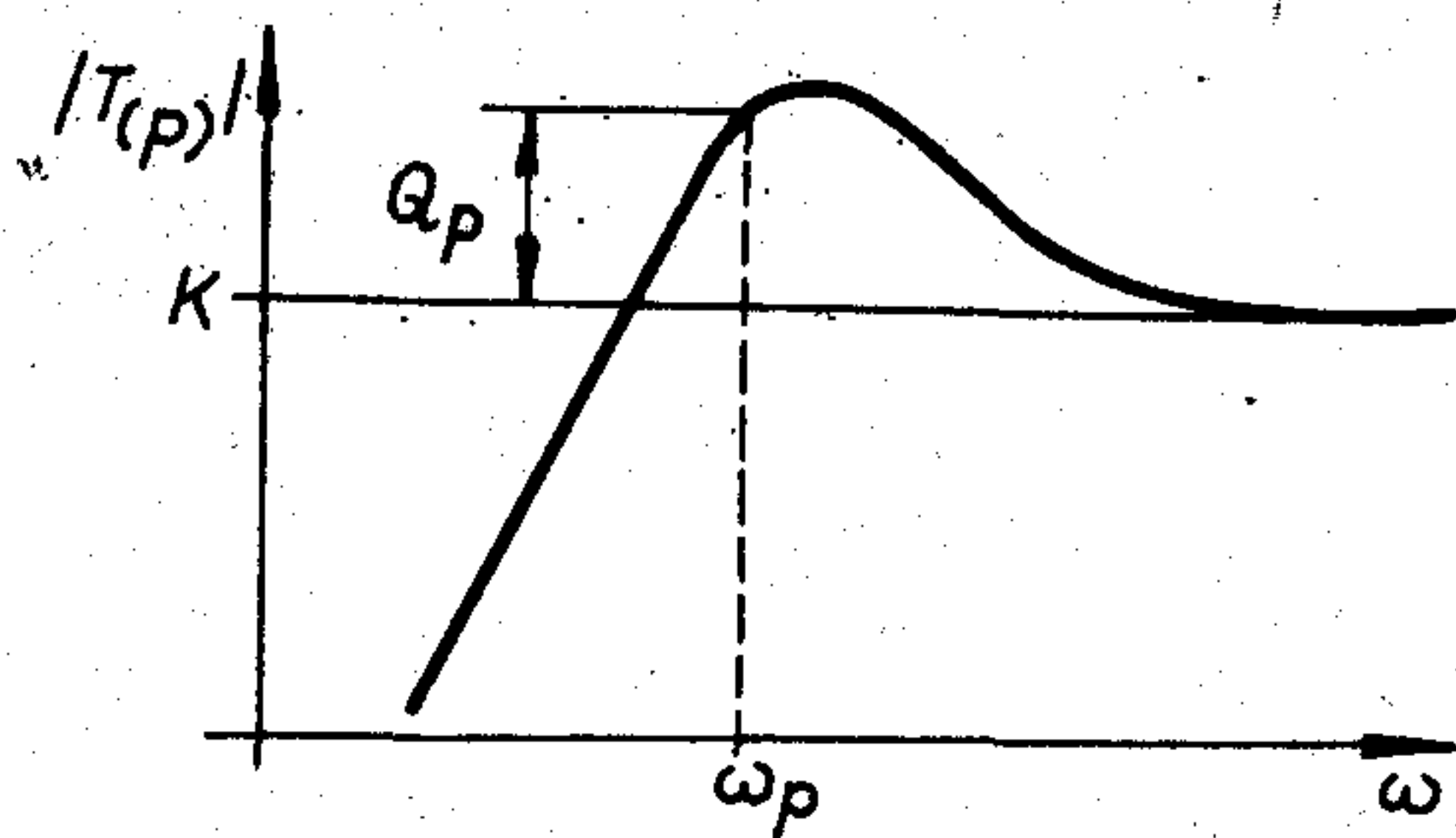
6. ábra



7. ábra



8. ábra



H 523-SA 9

9. ábra

Az általános biquadrátikus mindentáteresztő transzfer függvénye a következő:

$$T(p) = K \frac{p^2 - \frac{\omega_0}{Q_0} p + \omega_0^2}{p^2 + \frac{\omega_0}{Q_0} p + \omega_0^2}$$

A függvény nevezője és számlálója csak az elsőfokú tag előjelében különbözik. Ha erősítés nem szükséges, akkor $K=1$. A tényleges áramkör transzfer függvénye megegyezik a sávzáróéval (3).

Ahhoz, hogy a (3) függvény mindentáteresztő transzfer függvény legyen, a következő feltételnek kell teljesülnie:

$$\frac{R_1 R_9}{R_4 R_7} = 2.$$

Ha ez a feltétel már teljesült, akkor az áramköri paraméterek a következők:

$$\omega_0 = \omega^* \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$Q_0 = Q \sqrt{\frac{R_6}{R_5}},$$

$$K = -\frac{R_{10}}{R_9}.$$

A mindentáteresztő frekvenciamenete és fázismenete a 11. ábrán látható.

Az amplitúdómenet természetesen csak pontosan behangolt mindentáteresztőnél konstans.

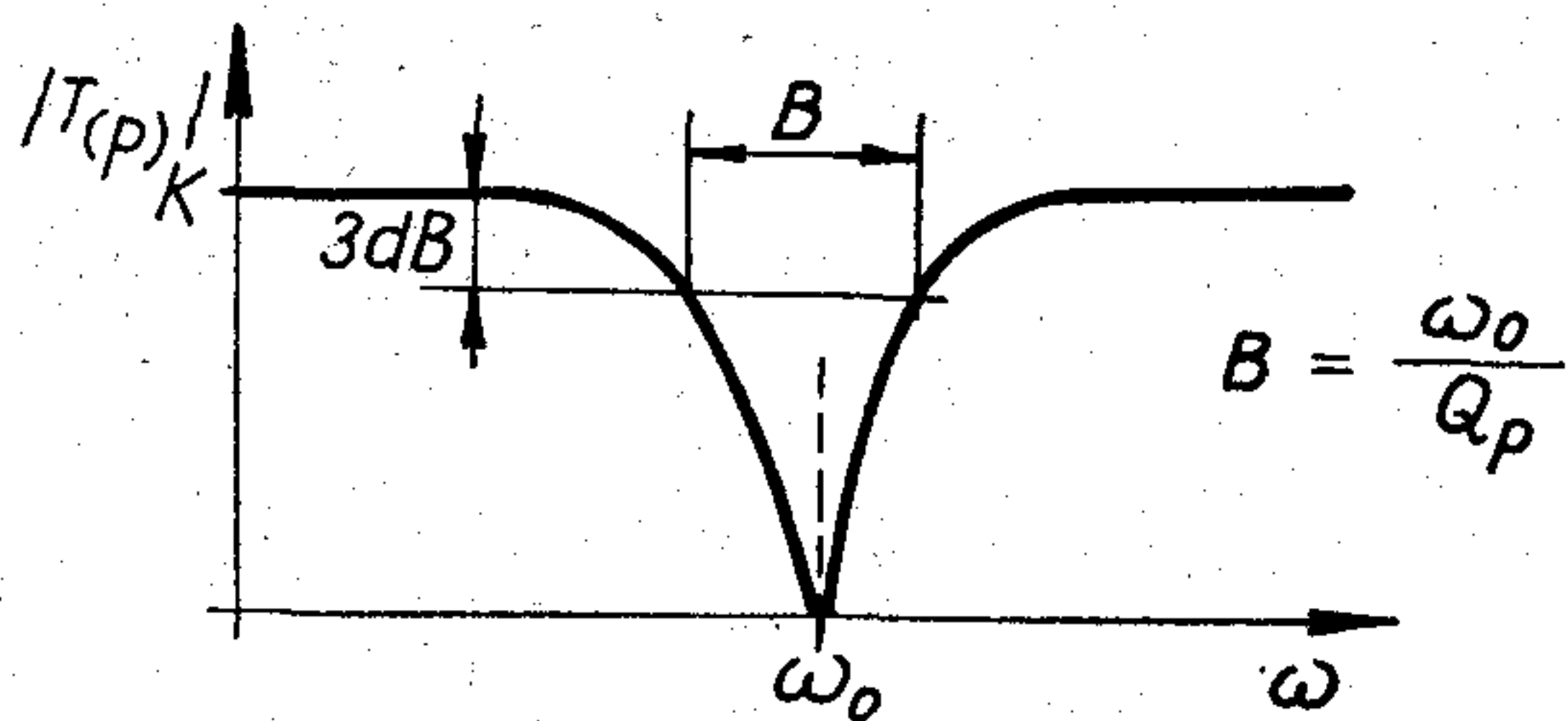
Különleges megfontolások

Elég gyakran előfordul, hogy az R_1 és R_4 ellenállás értéke a méretezés során túl nagyra adódik. Az ellenálláscsökkentő módszereket vékonyréteg-technikában érdemes alkalmazni, mert a nagy ellenállás csak nagy felületen valósítható meg.

A 12. ábrán látható két kapcsolás ekvivalens egymással.

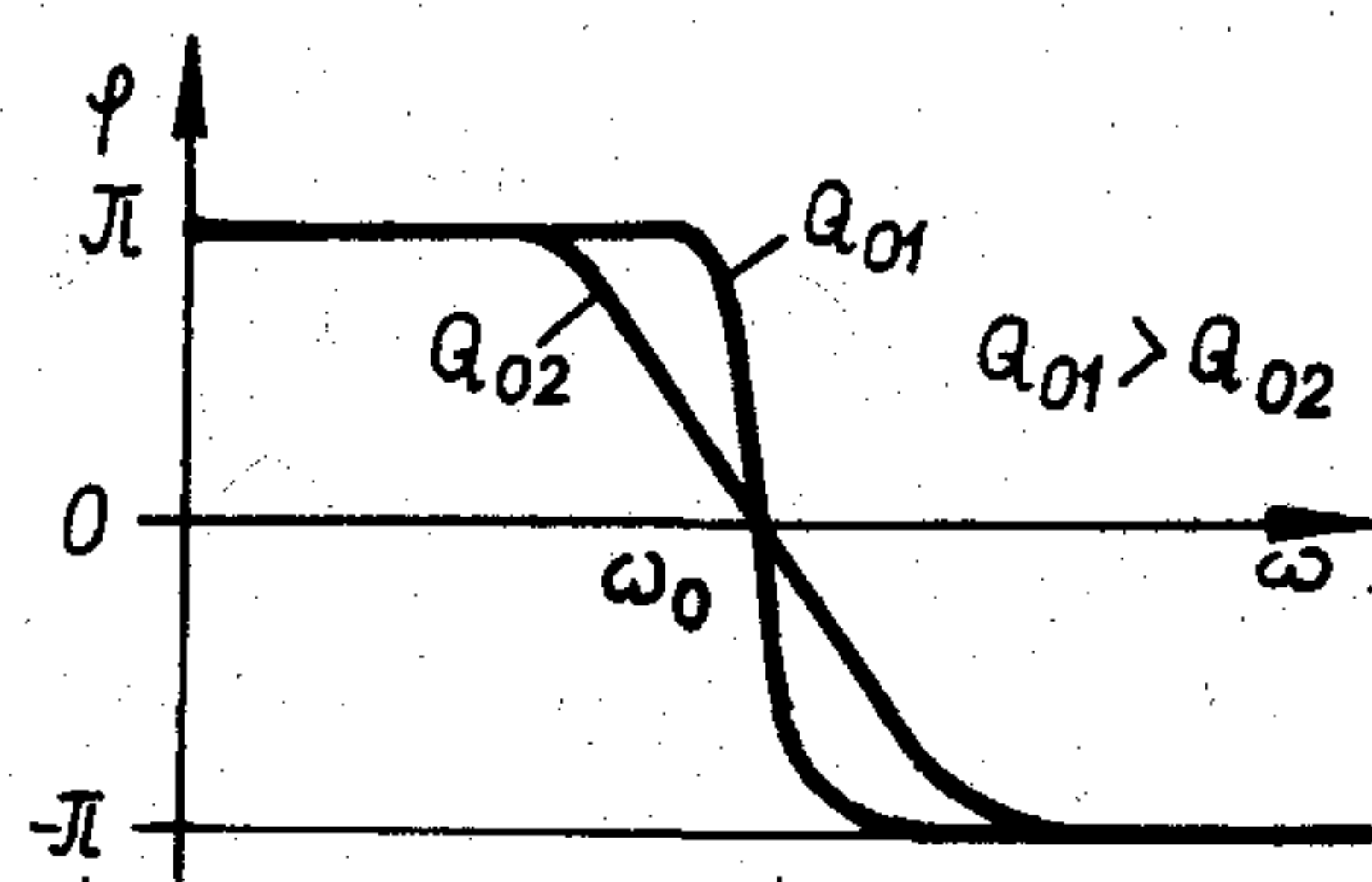
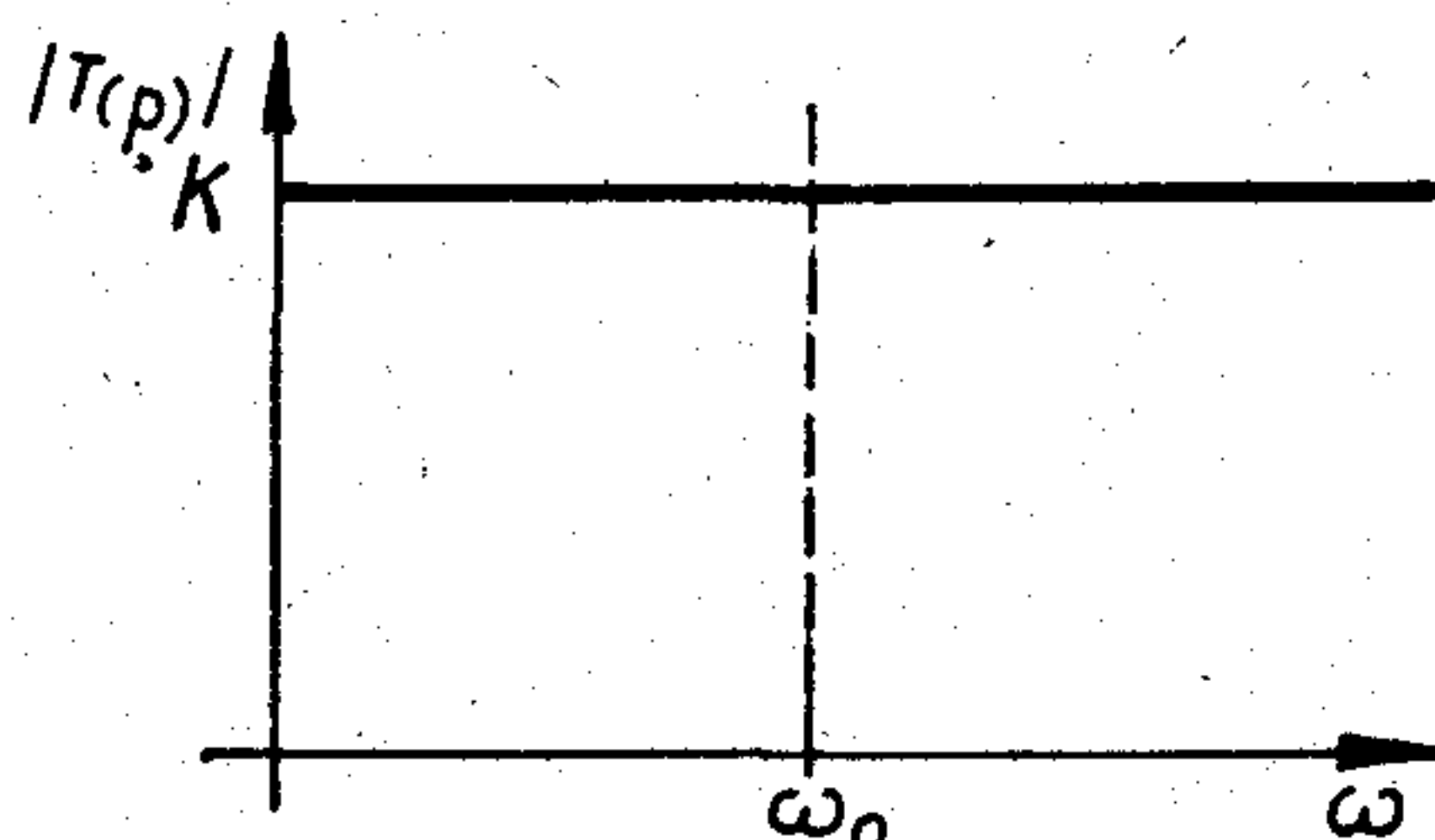
Az áramköri egyenleteket felírva és megoldva, a következő végeredmény adódik:

$$R_{11} = \frac{R_{13}(R_1 - R_{12})}{R_{12} + R_{13}}.$$



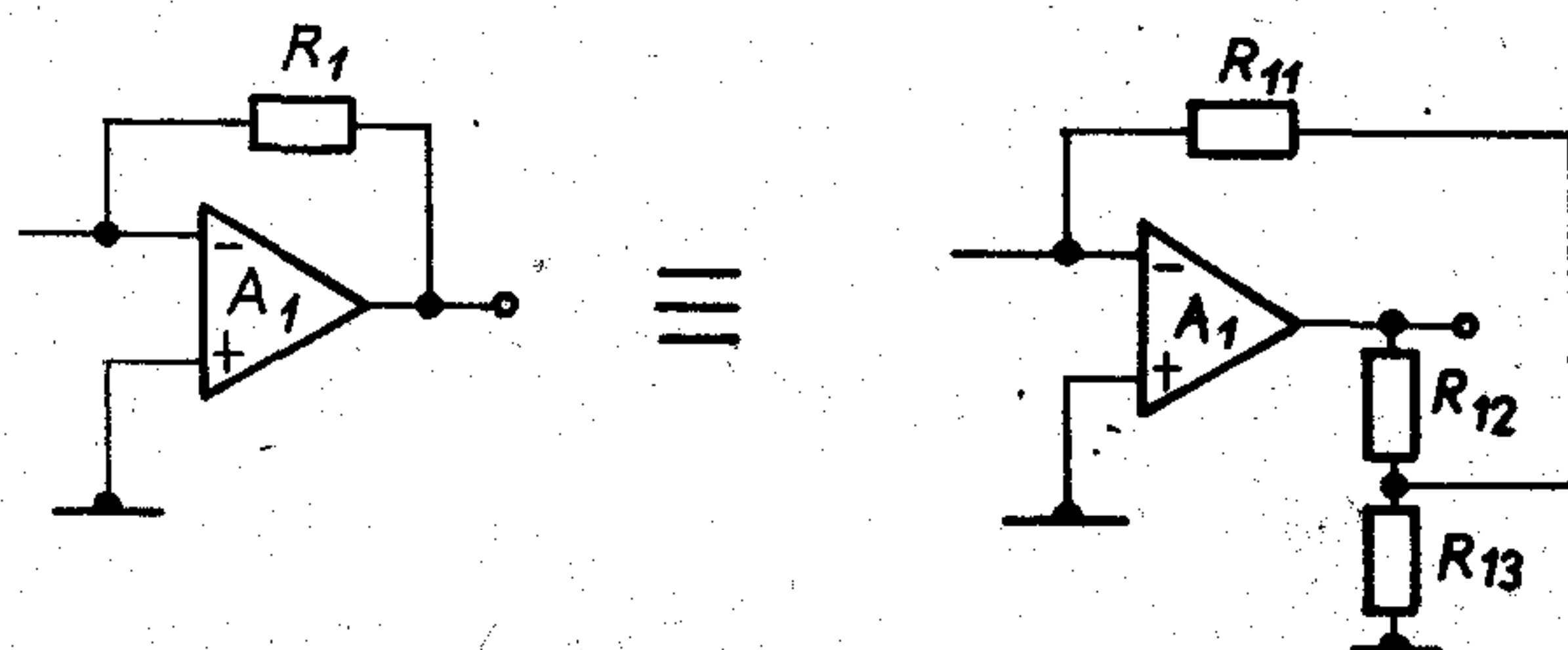
H 523-SA 10

10. ábra



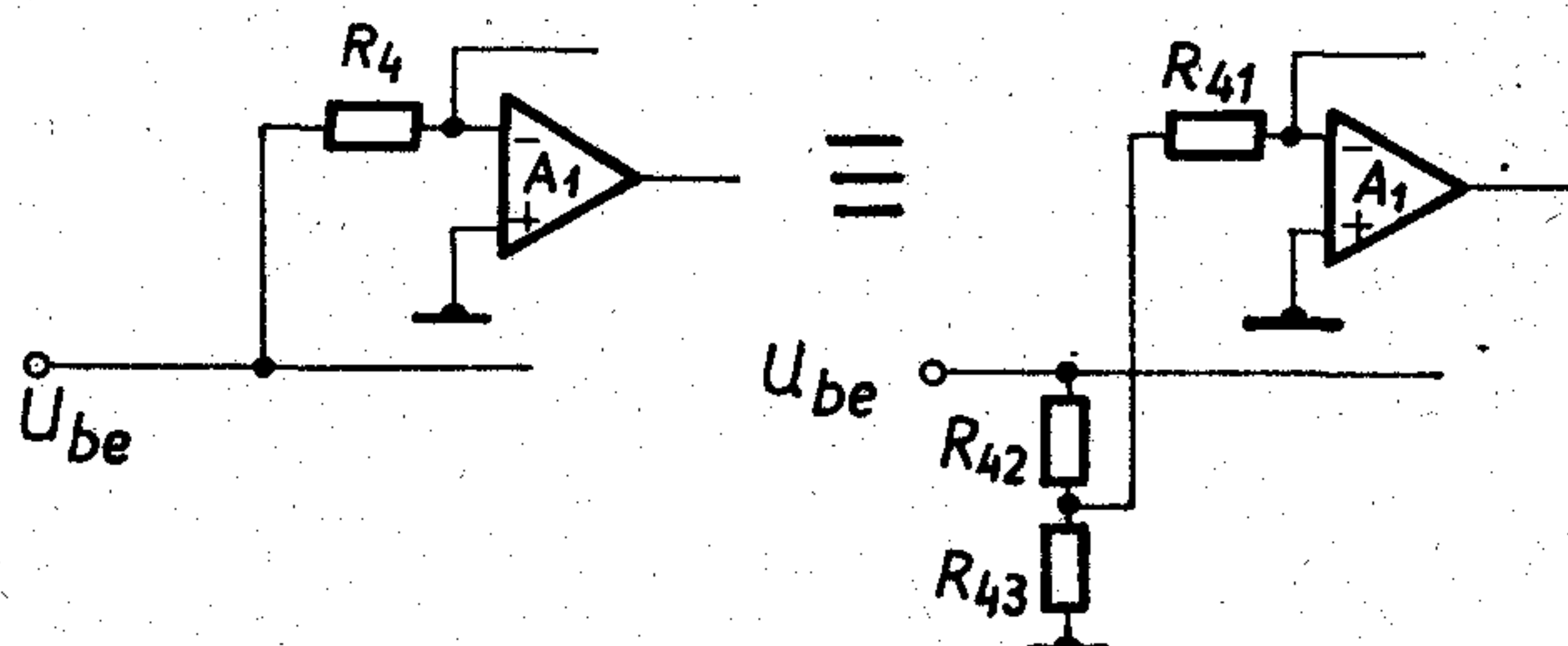
H 523-SA 11

11. ábra



H 523-SA 12

12. ábra



H 523-SA 13

13. ábra

Az elemek megválasztásánál vigyázni kell arra, hogy $R_{12} + R_{13}$ értéke terheli a műveleti erősítő kimenetét (R_{11} már elhanyagolható mértékben).

A 13. ábrán látható két kapcsolás ekvivalens egymással, ha a bemenet feszültséggenerátorral van vezérelve.

Az áramköri egyenleteket megoldva a következő adódik:

$$R_{41} = \frac{R_{43}(R_4 - R_{42})}{R_{42} + R_{43}}.$$

Ez a megoldás csökkenti a szűrő bemeneti ellenállását.

Az elsőfokú tagok realizációja

Mint tudjuk, páratlan foksámú approximáció esetén elsőfokú építőelemekre is szükség van.

Elsőfokú aluláteresztő

Az áramkör kapcsolási rajza a 14. ábrán látható. A transzfer függvény a következő:

$$T(p) = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{1}{1 + pRC}.$$

Ha a C kapacitást egyéb áramkör terheli, akkor azt is be kell számítani.

Az integrátoros kapcsolás összegző műveleti erősítője is kialakítható elsőfokú aluláteresztőként. Ez a 15. ábrán látható.

Ez a megoldás azért célszerű, mert a kimenet a műveleti erősítőre megengedett mértékig terhelhető.

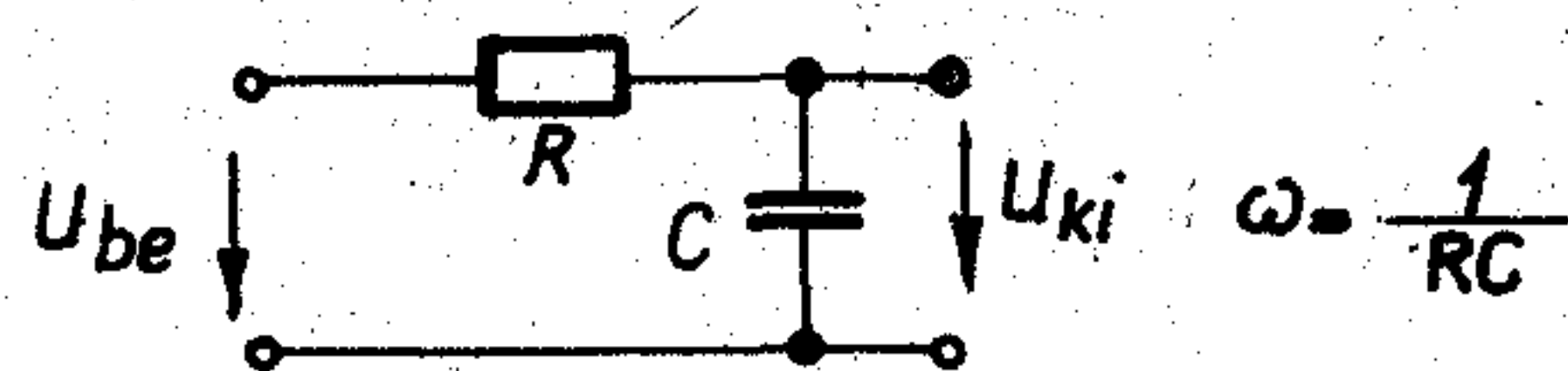
Elsőfokú feluláteresztő

Az áramkör rajza a 16. ábrán látható.

Az átviteli függvény a következő:

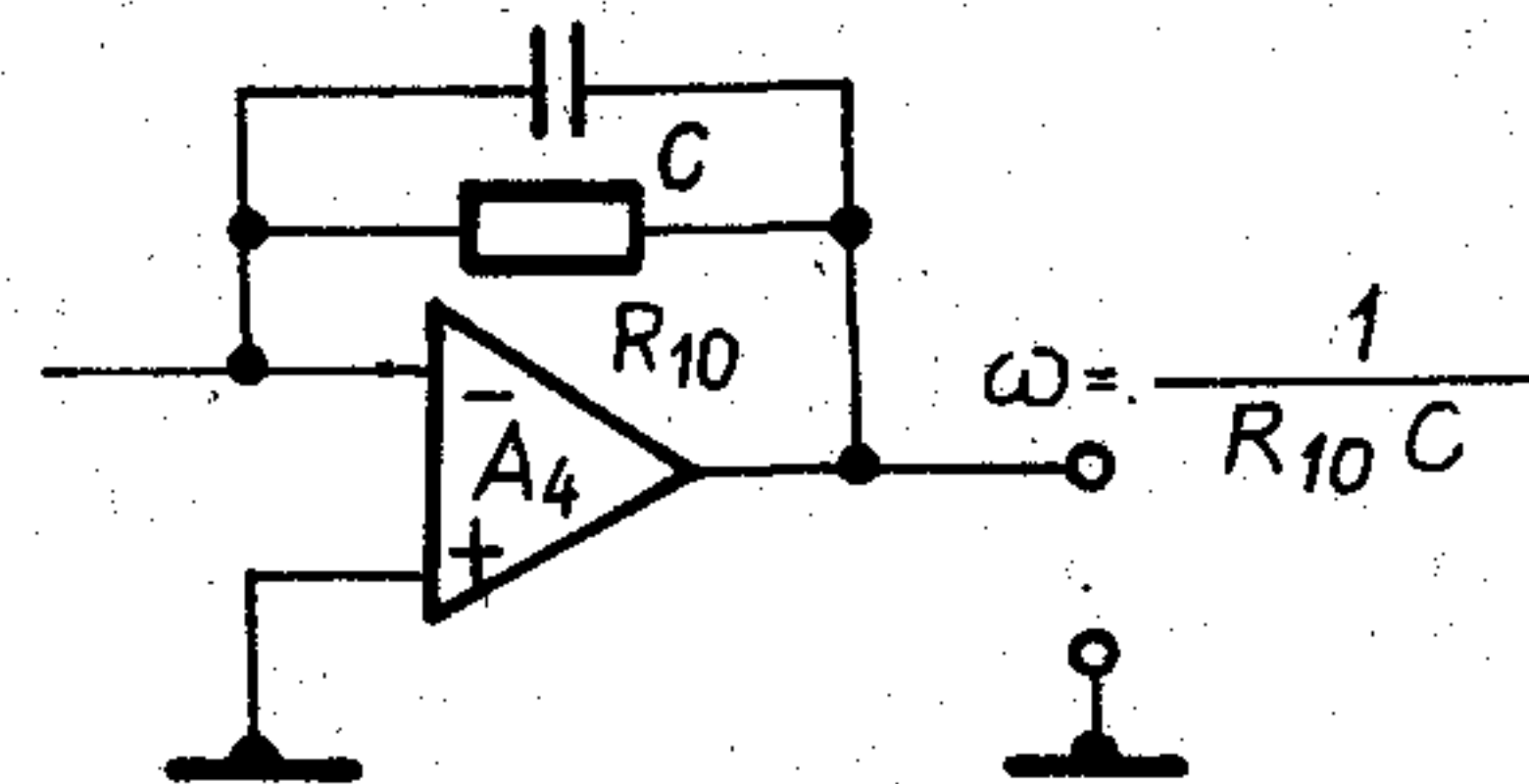
$$T(p) = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{pRC}{1 + pRC}.$$

Ha az R ellenállást más áramkör terheli, akkor az átviteli függvényt aszerint kell módosítani.



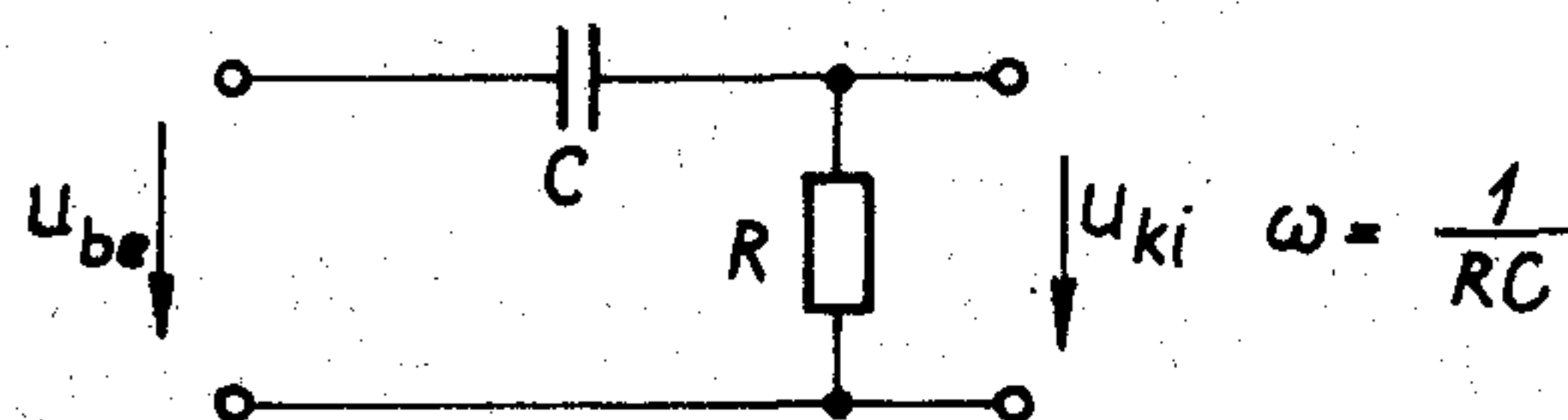
H 523-SA 14

14. ábra



H 523-SA 15

15. ábra



H 523-SA 16

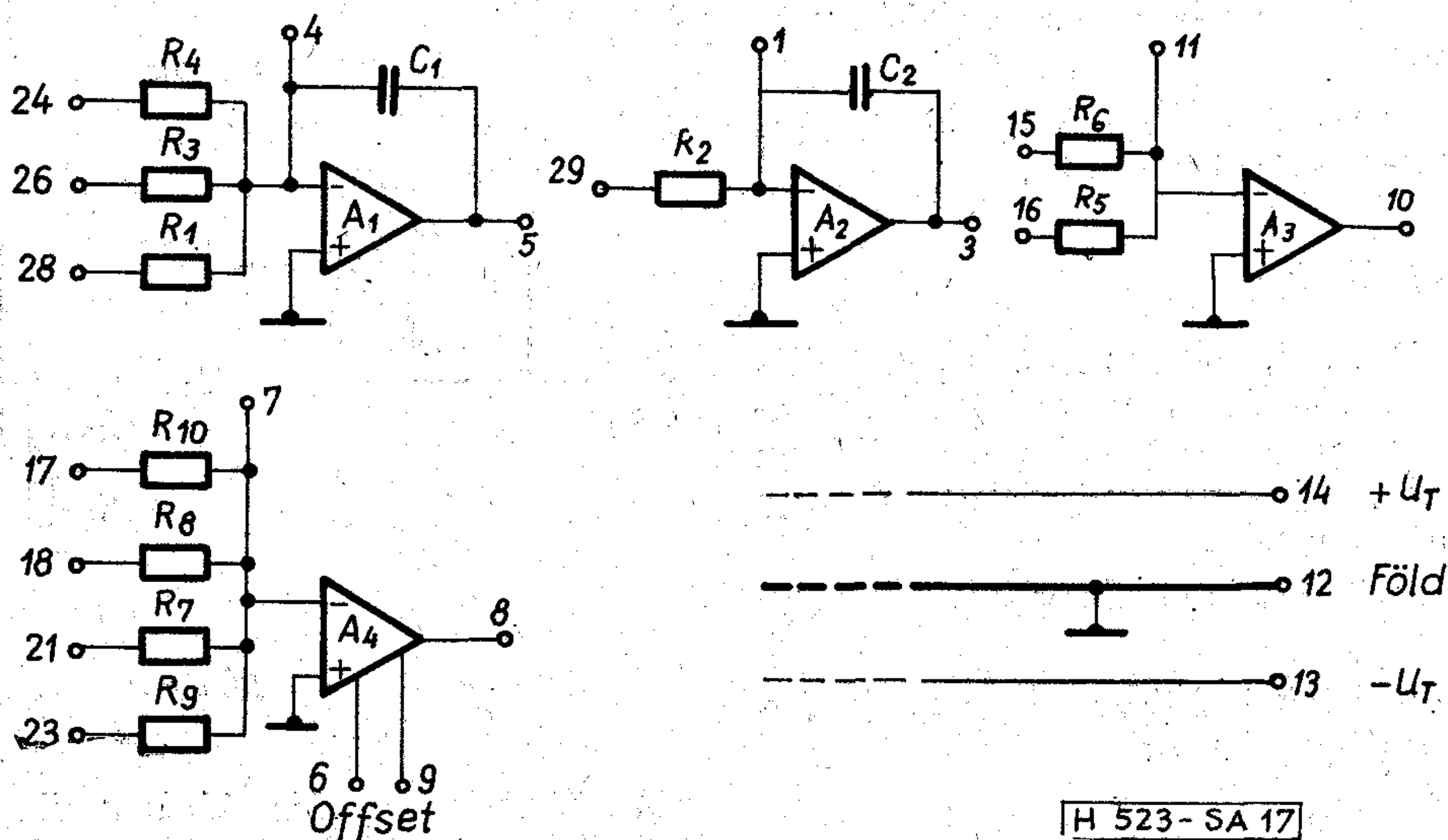
16. ábra

Az integrátoros aktív RC szűrők hibridáramköri kialakítása

Általános megfontolások és a gyakorlati kivitel

A széles frekvenciatartomány és a kapacitások szűk választéka miatt érdemes az áramkört vastagréteg-technikával készíteni. Egyébként vékonyréteg-technikával nagyobb pontosság érhető el, de az ellenállások értéktartománya ilyen esetben sokkal kötöttebb. A legtöbb esetben a vastagréteg-technológiával elérhető pontosság is elegendő.

Gyakori felhasználói igény a szűrők későbbi finom behangolása, így a lapkán csak a biztosan összeköt-



H 523-SA 17

17. ábra

hető pontok vannak összekötve. Az UI—01 integrátoros aktív RC szűrő kapcsolási rajza a 17. ábrán látható.

A szűrőhöz felhasznált műveleti erősítő a μA 741-nek megfelelő miniatűr kiviteli formájú TBA 221D.

Az áramkörben az egyes ellenállások alakja különleges (kalap alakú), így nagymértékű ellenállás-trimmelés végezhető el az ellenállás stabilitásának lényeges romlása nélkül.

Az áramkör topológiája olyan, hogy az egyes ellenállásokhoz kívülről sorosan és párhuzamosan is köthetők külső beállító ellenállások, ha ez szükséges. Az egyes ellenállások a konkrét feladatnak megfelelő pasztákkal nyomtathatók. A C_1 , C_2 kapacitással kívülről bármekkora kapacitás kapcsolható párhuzamosan.

Az integrált áramkörök alatt a vezető hálózat nyomtatása kétrétegű, de csak olyan vezetékek keresztezik egymást, amelyek egymásra semmilyen hatással nincsenek.

A szűrő $1'' \times 1,5''$ méretű lapkán készül. A 2×15 kivezető láb módot ad bármilyen típusú szűrő kialakítására, sőt a bemérés során a további belső pontok gyors és pontos mérésre adnak lehetőséget.

Néhány áramköri realizációnál nincs szükség az A_4 összegző műveleti erősítőre. Ilyen esetben ez elhagyható, de a felhasználó kívánságára más funkcióra is beállítható.

Az integrátoros szűrők bemérése

A szűrő aktívan és passzívan is trimmelhető. Az áramkör topológiája olyan, hogy minden ellenállás jól hozzáférhető. A behangolás sorrendje nagyon fontos, mert csak így érhető el, hogy az előzőleg már beállított ellenálláshoz nem kell újból visszatérni. A beállítási sorrend a következő:

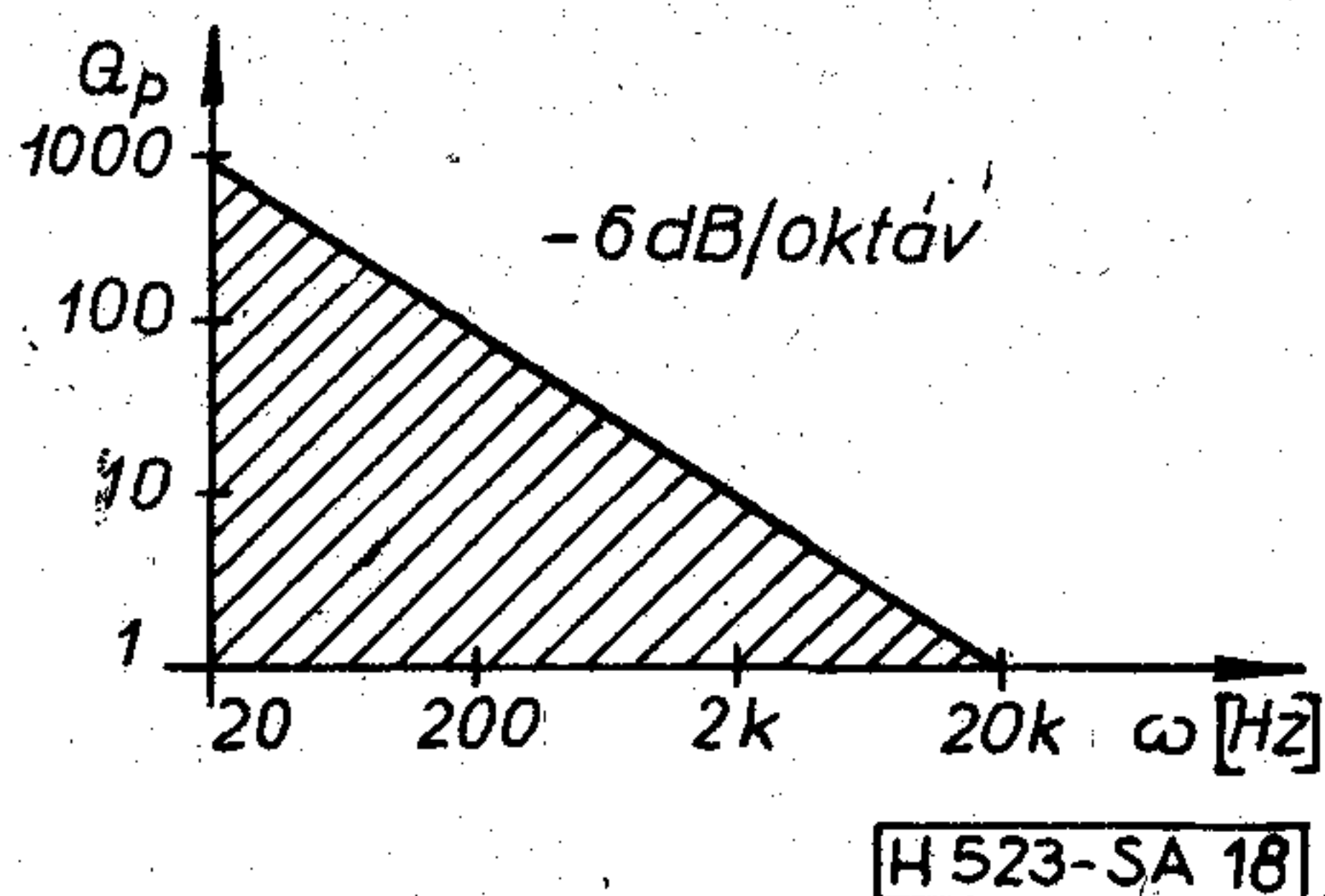
1. ω_p = pólus frekvencia: R_3 ellenállással,
2. Q_p = pólus jóság: R_1 ellenállással,
3. ω_z = zérus frekvencia: R_8 ellenállással,
4. Q_z = zérus jóság: R_7 ellenállással,
5. az átviteli konstans: R_{10} ellenállással
(négy műveleti erősítő esetén).

Az UI—01 néhány jellemző elektromos paramétere

A szűrővel még biztonságosan realizálható Q_p tartomány a 18. ábrán látható.

Az UI—01-gyel 20 Hz alatt is készíthetünk aktív szűrőt, de ilyen esetben a nagy értékű kapacitásokat kívülről kell bekötni, mert nagy méretű kapacitás nem fér el az áramköri tokban.

A vastagréteg ellenállások tűrése $\pm 1\%$, stabilitásuk az alkalmazott paszta függvénye. A belső kapacitás



18. ábra

tűrése $\pm 1\%$, a TK ± 30 ppm; ha MCB csillám chip kondenzátort alkalmazunk.

Az összegző erősítő offset nullázható. A tápfeszültség ± 15 V. Az áramkör áramfelvétele $3 \times 2,8$ mA vagy $4 \times 2,8$ mA, a szűrő típusától függően.

Összefoglalás

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a jelenleg beszerezhető integrált áramkörökkel készült aktív RC szűrők csak kis frekvencián versenyképesek a hagyományos LC szűrőkkel. Ez a tulajdonság egyben meghatározza az aktív szűrők alkalmazási területét.

A hibrid integrált aktív szűrők alkalmazásával általában a teljes berendezés mérete is csökkenthető, ami a legtöbb esetben előnyös.

I R O D A L O M

- [1] Dr. Géher K.: Lineáris Hálózatok. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1968.
- [2] Lawrence P. Huelsman: Active Filters: Lumped, Distributed, Integrated, Digital, and Parametric. McGraw-Hill Book Company, 1970, New York
- [3] J. Tow: A Step-by-Step Active-Filter Design. IEEE Spectrum, December 1969, New York
- [4] Lee C. Thomas: The Biquad: Part I — Some Practical Design Considerations. IEEE Transactions on Circuit Theory, May 1971.
- [5] W. J. Kerwin, L. P. Huelsman, and R. W. Newcomb: State-Variable Synthesis for Insensitive Integrated Circuit Transfer Functions. IEEE Journal of Solid-State Circuits, September 1967.
- [6] Richard W. Daniels: Approximation Methods for Electronic Filter Design with Applications to Passive, Active, and Digital Networks. McGraw-Hill Book Company, 1974, New York
- [7] S. S. Haykin: Active Network Theory. Addison-Wesley Publishing Company, 1970.
- [8] Sonkoly A.: Aktív RC szűrők hibrid kivitelben. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Közleményei, XVII. évf. (1977) 2. sz.

EGYESÜLETI HÍR

Az 1977. május 9-i főtítkári értekezlet javaslatára a május 16-i végrehajtó bizottsági ülés elfogadta, hogy az 1978. évi tisztújító közgyűlés előkészítésére bizottság alakuljon. A bizottság vezetésére Dr. Kormány Terézt kérték fel.

A bizottság célja: a HTE jelenlegi szervezeteinek és felépítésének áttekintése, javaslattevés a szükséges változtatásokra

és módosításokra. Ezzel összefüggésben foglalkoznak a főtítkári ülésen javaslatba hozott szakosztályvezető tanács esetleges létrehozásának kérdésével.

A bizottság első ülését előreláthatólag szeptember 19. és 23. között tartja.

Fejlesszük együtt a munkavédelmet!

Vegyen részt a SZOT Munkavédelmi Osztályának PÁLYÁZATÁN!

**Munkásnők, munkások, fiatalok, szocialista brigádok, szakszervezeti tisztségviselők,
műszakiak, gazdasági vezetők!**

Munkavédelmi szakemberek. aktivisták és örök!

**„Mit tennénk a dolgozó ember biztonságáért, a korszerű
munkavédelemért?!”**

Pályázni lehet a munkavédelemmel kapcsolatos bármely kérdés megoldására, továbbfejlesztésére szolgáló új, még be nem vezetett javaslattal, ötlettel, nem publikált tanulmánnyal.

A pályázatokat elsősorban az alábbi témakörökben várjuk:

- a munkavédelmi szabályok, előírások fejlesztése, végrehajtásának és betartásának módszerei, megszégésének következményei;
- a dolgozók — vezetők — munkavédelmi képzésének, továbbképzésének feladatai, követelményei, módszerei;
- munkavédelmi ismeretterjesztés, nevelés módszerei, eszközei;
- a tudományosan és anyagilag megalapozott tervszerű vállalati munkavédelmi fejlesztés feladatai,

különös tekintettel a beruházásokra, rekonstrukciókra, üzembehelyezési eljárásokra;

- biztonságtechnikai kérdések megoldásának műszaki és szervezeti feladatai, a legjellemzőbb baleseti veszélyforrások felszámolása;
- balesetek feltárásának, bejelentésének nyilvántartása, a baleseti okok valósághű vizsgálatának, a kártérítési igények elintézésének módszerei.

A pályázatokat, a beérkező javaslatokat szakbizottságok értékelik. Minden hasznosítható elgondolást, ötletet felkarolunk, a legjobbakat 500—5000 Ft pályadíjban részesítjük, illetve könyv- és tárgyjutalmakat adunk. Biztosítjuk az arra alkalmas tanulmányok, cikkek és egyéb írások megjelentetését a szakszervezeti, illetve más javaslatok bevezetését, megvalósítását a rendeletben biztosított díjazással.

A SZOT Munkavédelmi Propaganda Központ (1358 Bp. 5. Pf. 200)

1977. október 31-ig várja pályázatunkat!

A pályázat értékelésére 1977. december 31-ig kerül sor.

Gondolkozzunk, cselekedjünk együtt jelmondatunk megvalósításán:

Előzzük meg a baleseteket!

Az elektrolitfejlesztés jelenlegi helyzete és irányai

ETO 621.319.45.035.221.6

Az elektrolitkondenzátoroknál, a többi kondenzátor-konstrukciótól eltérően, a dielektrikum az egyik fegyverzetként szolgáló szelepfémen elektrokémiai folyamatban létrehozott félvezető tulajdonságú oxidréteg, a másik fegyverzet vagy hordozó közegben (pl. papírban) felitatott folyékony vagy szilárd (félvezető) elektrolit. Az alapfém szokásosan nagy tisztaságú alumínium, tantál vagy nióbium.

Az elektrolitkondenzátorok előnyösen alkalmazhatók egyenirányítók pufferkondenzátoraként, ahol egyenre szuperponált jelentős váltakozóáramú igénybevétel lép fel. Alacsonyszintű váltakozóáramú igénybevételen katód-, illetve emitter-, csatoló-kondenzátorként, valamint nagyfrekvenciás fokozatok elválasztó szűrőkondenzátoraként használható. Előnyös egyenáramú áramkörben energiatárolásra történő felhasználása is, ismétlődő kisütéses üzemmódban. Hangsugárzók hangváltóiban alkalmazott kondenzátorként, és az egyfázisú villamos motorok indító-kondenzátoraként nem poláros elektrolitkondenzátorokat alkalmaznak. Itt mindkét elektródán létrehozzák a dielektrikumot, amire az igen magas szintű váltakozó áramú igénybevétel miatt van szükség. Gyártásra túlnyomórészt polarizált típusok kerülnek.

Helyes polaritású használatkor az oxidált alumínium fólia potenciálja pozitív az elektrolithoz képest. Ellenkező esetben nagy áram folyik — az oxidréteg nyitó irányú — és tönkreteszi a kondenzátort.

Az elektrolitkondenzátorok áramköri alkalmazásának előnye, hogy a többi kondenzátorkonstrukciónál jóval kisebb az egységnyi kapacitáshoz tartozó térfogat és költség, viszont magasabb a veszteségi tényezőjük, és észlelhető átvezetési áramuk van. A magas térfogatkapacitás oka a nagy dielektromos állandójú, egy irányban jól szigetelő igen vékony oxidréteg, valamint az, hogy az oxidálandó felületet maratással 10–16-szorosára növelik. Az észlelhető átvezetési áram annak következménye, hogy az oxidálandó fólián mindig találhatók hibahelyek, ahol az oxidréteg nem stabil, vagy ki sem alakul. A magasabb veszteségi tényező leglényegesebb oka, hogy fegyverzetként viszonylag nagy és erősen hőmérsékletfüggő fajlagos ellenállású folyékony elektrolitot alkalmaznak. Az alkalmazott maratás következtében bonyolult struktúrájú, nagy dielektrikumfelület tökéletes követéséhez a folyékony elektrolit mégis szükséges, és gazdaságilag igen előnyös.

Az elektrolit más szempontokból is megszabja az elektrolitkondenzátor alkalmazhatóságának hőmérsékletkorlátait, ezért az üzemi hőmérséklet-tartomány kiterjesztése szempontjából legfontosabb az elektrolit fejlesztése azon irányba, hogy paramétereinek hőmérsékletfüggése minél kisebb legyen. Az elektrolit-

kondenzátorokat a fogyasztói igényekkel összhangban egyre szélesebb hőmérséklettartományra és egyre nagyobb működési biztonságot garantálva gyártják. Ez a két igény abból következik, hogy a berendezések üzemi hőmérséklet-határát is kiterjesztik, és így normál hőmérsékleten üzemeltetve nagyobb élettartamúak. A nagy megbízhatóság igénye azért lép fel, mert a nagy értékű elektronikus berendezések (pl. számítógépek) állásideje nagy anyagi veszteség.

1. Az elektrolit szerepe az elektrolitkondenzátor tulajdonságainak javításában

A hőmérsékletkorlát kiterjesztésének legfontosabb eszköze az elektrolit helyes megválasztása. Ahhoz, hogy egy elektrolitkondenzátor elektromos paraméterei széles hőmérséklettartományban keveset változzanak az szükséges, hogy az elektrolit fő paramétereit tekintve lehető legkisebb mértékben változzon az adott hőmérséklettartományban. Az elektrolit lényeges paraméterei az alsó hőmérsékletkorlát közelében fontos viszkozitás, fajlagos ellenállás és impedancia, valamint a felső hőmérsékletkorlát közelében jelentős gőznyomás, az oxidrétegre, a fém-alumíniumra és az elektrolitkondenzátor egyéb alkatrészeire gyakorolt kémiai hatás.

Azt, hogy az elektrolitkondenzátor az árban nagymértékben különböző 1-es, ill. 2-es típusokhoz tartozik-e a klímaállósági követelményeken kívül az dönti el, hogy 2000, vagy 1000 óráig tudja-e az élettartamvizsgálat követelményeit teljesíteni. Az élettartam nagymértékben függ az elektrolit összetevő anyagaitól és az elektrolit ionos szennyezőinek mennyiségétől.

Az agresszív víztartalom csökkentése az oxidáló-képesség megtartása mellett, az oxidrétegre nézve veszélyes agresszív szennyeződések (halogének, nehéz-fém ionok) fokozottabb kizárása az elektrolitból, valamint a fém-alumínium és az egyéb elektrolitkondenzátor alkatrészek korróziója tekintetében teljesen indifferens elektrolitok alkalmazása mind fokozza a megbízhatóságot.

Mind a hőmérsékletkorlát-kiterjesztést, mind a megbízhatóság növelésének lehetőségét a fólia—papír—elektrolit rendszer határozza meg. Az igényeknek megfelelően legrugalmasabban az elektrolit minősége, összetétele változtatható.

2. Az elektrolit hatása az elektrolitkondenzátor elektromos paramétereire

Az elektrolitkondenzátorok fontos elektromos paraméterei, mint ismeretes, a kapacitás, a veszteségi tényező, a maradékáram és az impedancia.

A kapacitás nagyságát az elektrolit annyiban be-

folyásolja, hogy viszonylag kis viszkozitása és viszonylag nagy vezetőképessége révén milyen mértékben tudja az egész anódfelületet töltésfelhalmozás részére aktívvá tenni. Ez függ még a tekercs beimpregnáltsági fokától is. Kis mértékben az elektrolit összetétele is befolyásolja az összkapacitást, mivel az elektrolitnak is meghatározott kapacitása van.

Az elektrolit fajlagos ellenállása bizonyos határok között egyenesen arányos a veszteségi tényezővel, tehát itt fontos az alacsony fajlagos ellenállásbiztosítása. A veszteségi tényező is függ a tekercsek beimpregnáltsági fokától. Az alacsony veszteségi tényező eléréséhez alacsony fajlagos ellenállású és kis viszkozitású elektrolit szükséges, valamint olyan konstrukció kialakítása, ahol a kivezetések a lehető legkisebb érintkezési ellenállásokat tartalmazzák. A veszteségi tényező kialakításában jelentős szerepet játszik a maratási struktúra és az előformálás során létrehozott oxidréteg minősége.

A kis átvezetési áram eléréséhez elektromosan jól záró oxidréteg és az oxidréteget nem oldó, szennyezőanyag tartalmával hibahelyeket nem okozó elektrolit szükséges. Az elektrolit tehát oxidrétegoldó tulajdonsága és agresszív iontartalma révén hat az átvezetési áram értékének alakulására.

Az impedanciahányados értéke főképp az elektrolit tulajdonságaitól függ. Az elektrolitkondenzátor alsó üzemi hőmérsékletén mért impedancia értéke az alkalmazott magas mérőfrekvencián erősen függ az elektrolit ilyen hőmérsékleten mért ellenállásától. Az elektrolit ellenállásának a növekedése közvetve az elektrolitviszkozitás növekedésének mértékétől függ.

3. Az elektrolit működése feszültség alatti elektrolitkondenzátorban

Az elektrolit alapfunkciója (jól illeszkedő fegyverzet) mellett az oxidréteg oxidálás és a gyártás során keletkező hibahelyek hiányosságainak kijavítása egyenfeszültség hatására. Az elektrolit oxidjavító mechanizmusának a lényege az, hogy víztartalma ráadott egyenfeszültség hatására oxigénjét az oxidréteg javításához leadja egyenértékű hidrogénfel szabadulás közben. Ez a hidrogén a kondenzátorban túlnyomást okoz, amely fokozott igénybevételt jelent a lezárás konstrukciójával szemben. Vízmentes elektrolitoknál az egyenáram hatására a kémiaiilag kötött víztartalom szabadul fel és végzi el az oxidációt. Az elektrolit által a hibahelyeken létrehozott oxidrétegnek legalább olyan jó elektromos tulajdonságokkal kell rendelkeznie, mint amit az előformálás során vittek fel. Az elektrolit formálóképességének a mértéke az oxidréteg elektrolitban mért átütési feszültsége. Függ az elektrolit fajlagos ellenállásától és anyagi minőségétől.

4. Az elektrolitkondenzátorhoz alkalmazható elektrolit kialakításának lehetőségei

4.1 Oldószer típusú elektrolitok

Az ilyen elektrolit lényegét egy jó oldószer és benne jól oldódó, jól disszociáló anyag adja. A jól disszociáló

anyaggal szemben követelmény, hogy jól formáló oxidálóképességű legyen. Az oldott anyagok általában közepesen erős, illetve gyenge savak, és a disszociációjuk önmagában nem elegendő a megfelelő vezetőképesség biztosításához. Szükséges tehát bázis alkalmazása is, mellyel ezenkívül az oxidréteg szempontjából optimális 5–6-os pH érték is beállítható. A fentiekből következően a bázisnak erősnek, mozgékony kationt biztosítónak kell lenni, mely nem agresszív az oxidrétegre nézve.

Az elektrolit lényegét adó anyagokhoz viszkozitás- és hőmérséklet-határ-módosító anyagokat is elegyíthetnek, a viszkozitás minél kisebb hőfok függése és a felső hőfokhatár közelében a minél kisebb gőznyomása érdekében.

Oldószerként általánosan használtak az alkoholok, közülük is az elektrolitkondenzátorok üzemi hőmérsékletének leginkább megfelelő glikolok (pl. etilén-glikol). A kétszeresen helyettesített savamidok, így az NN dimetilformamid és az NN dimetilacetamid, az elektrolitkondenzátorok üzemi hőmérséklettartományában egyesítik az oldószerek és a viszkozitás módosító anyagok jó tulajdonságait. Hasonló tulajdonságú anyagok a butirolakton, glikol-monometiléter stb.

Formáló anyagként általában bórsavat vagy borátokat alkalmaznak, de jó réteggépzők az adipinsav, maleinsav és a foszforsav is.

Bázisként legelterjedtebb az ammóniumhidroxid. Az alkilezett aminokat is széleskörűen alkalmazzák, például olyan esetekben, amikor az ammóniumhidroxidnak a formáló anyaggal képzett sója vagy komplexé rosszul oldódik az adott oldószerben. Ilyenkor a jobban oldódó sőt képző szerves bázisokat alkalmaznak, ezek közül is az erős bázisnak mondható alkilezett aminokat.

A viszkozitás módosító anyagok széles hőmérséklettartományban a lehető legkisebb viszkozitású folyadékok. Ideális esetben azonosak az oldószerrel.

A vezetést módosító adalékanyagok általában agresszívek és csak 1–2%-ban alkalmazhatók. Ilyenek például a borkősav és a citromsav. A bórsavat aktiváló cukoralkoholok is alkalmasak a vezetőképesség javítására. Az elektrolit oxidálóképességét 1–2%-nyi jó réteggépző, pl. foszfát adalék jelentősen javítja. Magasabb feszültségeken az oxidréteg stabilitását (a nagy térerősség miatti átütések szempontjából) a krómtartalmú adalékok nyomokban is jelentősen növelik.

4.2 Észter típusú elektrolitok

Készítésük lényege az, hogy az elektrolit hőközléssel elősegített vízgőz eltávozással járó reakciósor eredményeképp jön létre. A vízgőz eltávozása és a hőközlés miatt az elektrolitnak ezt a készítési módját főzésnek nevezik. Általánosan használtak és beváltak a glikol, bórsav és ammóniumhidroxid főzés közbeni reagáltatásával készült elektrolitok. Főzés közben a három komponens között több párhuzamos egyensúlyi reakció játszódik le, és minden hőmérsékleten, melyen megállítjuk a reakciót, egy bonyolult egyensúlyi helyzet jön létre. A keletkező reakcióelegy összetétele az elért hőmérséklettől függ ugyan, de jól vezetve a reakciót az átalakulás irreverzibilis, és a rendszer, a fo-

lyadék fázis összetétele lehűtve sem változik (pl. nincs bórsavkiválás). A glikol és bórsav reakciója glikol-bórsav-észtereket eredményez. A reakció egyensúlyi helyzete azért tolódik el a hőmérséklet emelésével az észterképződés irányába, mert a másik reakciótermék, a víz, folyamatosan távozik. Irreverzibilissé is azért tehető, mert a lehűlés utáni hidrolízishez nem marad elegendő víz a rendszerben. A bázis a glikol-boráttal és az észterképződés intermedereivel viszonylag jól disszociáló sót képez, és ez az elektrolit jó vezetőképességét biztosítja. A keletkező glikol-bórsav-észterek nagy viszkozitású folyadékok, melyeknek az elektrolitkondenzátorok alkalmazási hőmérséklet-tartományában (különösen a magasabb hőmérsékleteken)kevésbé változik a viszkozitása (1). A főzési véghőmérséklet és az alapanyagok aránya befolyásolja a főzött elektrolit elektromos tulajdonságait, mivel intenzíven befolyásolja az elektrolit viszkozitását és víztartalmát. A főzött elektrolitok viszkozitása, ebből következően a fajlagos ellenállása is viszonylag magas, és szűk hőmérséklet határok között alkalmazhatók.

5. Az elektrolitfejlesztés irányai

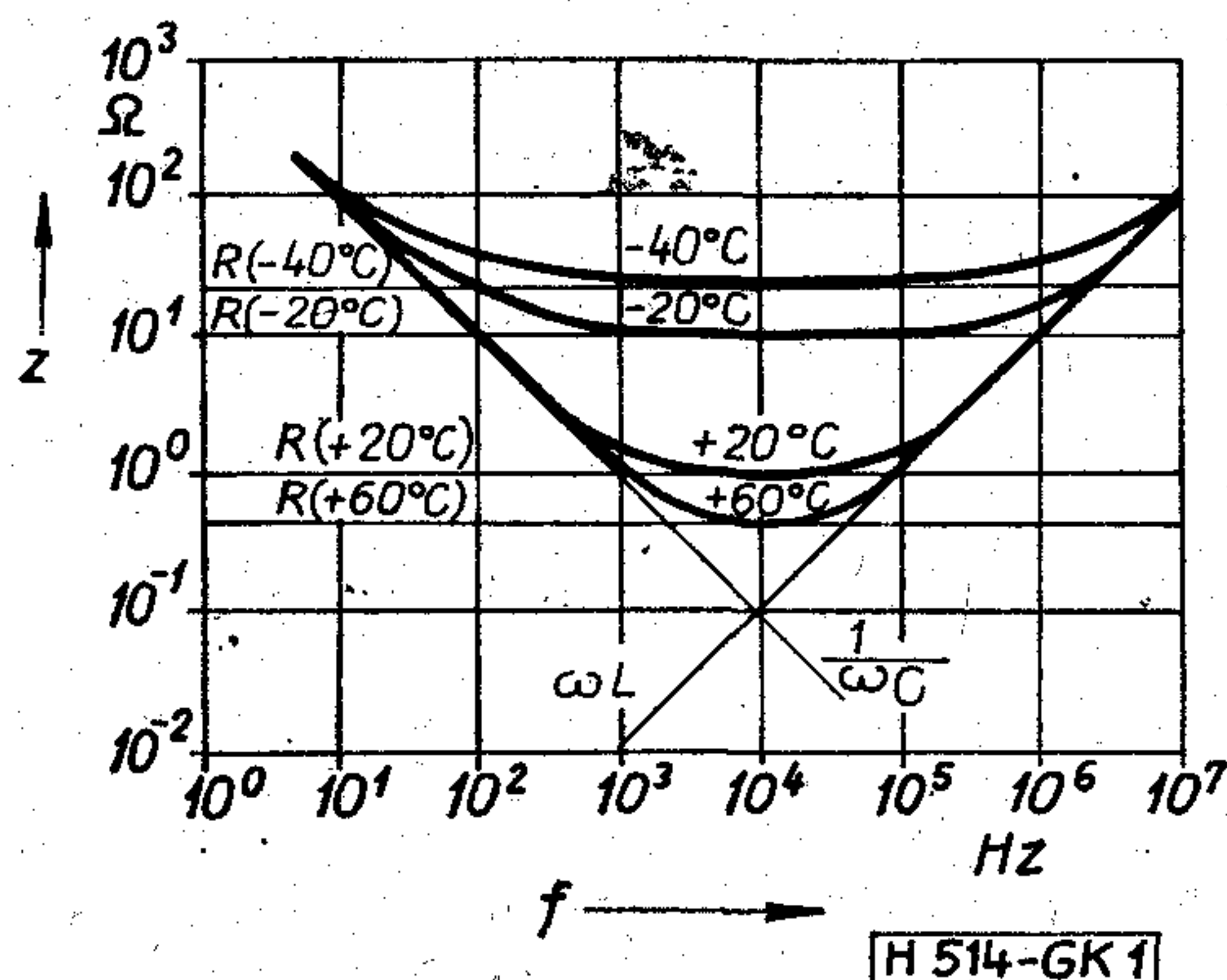
5.1 Az alsó hőmérséklet határ kiterjesztése

Az alacsony hőmérsékleteken való alkalmazhatóság jelzője a hidegimpedancia-hányados alakulása, melynek maximális megengedett értékeit szabvány rögzíti. Fontos tehát az impedancia-hányados hőmérsékletfüggését befolyásoló tényezőket megvizsgálni. Az impedancia hőmérsékletfüggését az elektrolitkondenzátor csatlakozási pontjai közötti ellenállások (R -el jelölt) összegének hőmérsékletfüggése határozza meg, amint ezt a következő egyszerűsített ábra is mutatja (1. ábra).

Ennek fő részét az elektrolit-papír rendszer ellenállása adja, mivel a többi csatlakozási ponton fém érintkezik fémmel, ami jóval kisebb ellenállást jelent. Tehát az impedancia hőmérsékletfüggése elsősorban az elektrolit ellenállás hőmérsékletfüggésének függvénye. Az

$$R = \rho \cdot \frac{x \text{ (papírvastagság)}}{F \text{ (látszólagos fóliafelület)}}$$

és a $\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{(n^+)^2}{W^+} C_{i^+} + \frac{(n^-)^2}{W^-} C_{i^-}$ összefüggésekből



1. ábra. Az elektrolitkondenzátor csatlakozópontjai közötti ellenállások hőmérsékletfüggése

látszik, hogy az „ R ” hőmérsékletfüggése a fajlagos ellenálláson keresztül a fajlagos vezetőképesség hőmérsékletfüggésének a függvénye. Az oldószernek az ionokkal szembeni sűrűlódási ellenállása (jele W), a fentiekből következően egyenes arányban van a fajlagos ellenállással, és hőmérsékletfüggését is meghatározza, mivel az n^+ , n^- iontöltések és a C_{i^+} , C_{i^-} ionkoncentrációk nem, vagy kevésbé hőmérsékletfüggők. A sűrűlódási ellenállás mértéke viszont a Stokes képletnek ($W = 6\pi r\eta$) megfelelően a viszkozitás. Tehát ha az impedancia mérőfrekvenciája a fenti diagram lapos részébe esik, akkor hőmérsékletfüggése az elektrolit viszkozitás hőmérsékletfüggésével arányos. Az alsó hőmérséklet határon mért és a szobahőmérsékletű impedancia hányadosa tehát közel egyenlő az alsó határon mért és a szobahőmérsékletű viszkozitás hányadosával (2). Az alsó hőmérséklet határ-érték javításához az elektrolit összetételébe való beavatkozás módja tehát az, hogy minél szélesebb hőmérséklettartományban folyadék halmazállapotú, kis hőmérsékletfüggésű viszkozitással rendelkező oldószereket alkalmaznak.

5.2 A felső hőmérséklet határ kiterjesztése

A felső hőmérséklet határ közelében a katódos gázfejlődés, az elektrolit gőznyomása és megnövekedett korróziós hatása okoz problémát.

Az oxidrétegbe beépülő oxigénnel egyenértékű hidrogén a katódon felszabadul. Üzem közben az oxidréteg leoldódás és visszaépülés egyensúlyban van, de közben a hidrogén az oldódás mértékétől függő mennyiségben folyamatosan fejlődik. Magas hőmérsékleten az oxidréteg leoldódás nagyobb mértékűvé válik, így a nagyobb mérvű visszaoxidálás következtében nagyobb mennyiségű hidrogén fejlődik, és megnő a belső nyomás az elektrolitkondenzátorban, ami fokozott igénybevételt jelent a lezárással szemben. A katódos gázfejlődés elvileg csökkenthető a hidrogén leválásának megakadályozásával, és a leválás utáni elnyeletésével, kémiai megkötésével.

Az oldószerkelet alkotórészeinek és az oldott anyagoknak a parciális gőznyomásaiából tevődik össze az elektrolit gőznyomása. Az oldat százalékos összetételétől függően vagy az oldószerek, vagy az oldott anyagok parciális gőznyomása dominál. Az összetételtől függetlenül az üzemi hőmérséklet felső határának kiterjesztésénél fontos, hogy mind az oldószerek, mind az oldott anyagok saját gőznyomása az adott hőmérsékleten a lehető legalacsonyabb legyen. Többek között ebből a szempontból is fontos az elektrolit víztartalmának korlátozása. Az elektrolit viszont éppen víztartalma révén képes oxidálni, tehát a víztartalomnak — 10% alatt — optima van [3].

Az elektrolit a felső hőmérséklet-határ közelében sem lehet korrozív a kondenzátor szerkezeti anyagai-ra nézve. A korrozív hatás mind az oxidrétegre, mind a fém-alumíniumra nézve magasabb hőmérsékleten törvényszerűen megnő, mivel minden kémiai reakció a hőmérséklet növekedésével gyorsul. Ezek szerint gyorsul az oxidréteg oldódása, így az oxidréteg egyensúlyát fenntartó egyenáram egyre nagyobb része hatol át, megnő az átvezetési áram. Ez a viszonylag nagy ellenállások miatt további melegedést eredmé-

nyez, s ha a hődisszipáció mértékénél gyorsabban termelődik a hőenergia, az elektrolitkondenzátor hőmérséklete tovább emelkedik, ami tovább gyorsítja az oldódást és tovább növeli az átvezetési áramot egészen addig, míg a hőmérsékletkülönbség miatt a hődisszipáció mértéke elégségesse válik, vagy az elektrolitkondenzátor át nem üt, illetve a szelep ki nem nyit. A beavatkozásnak tehát ezt az oldódási reakciót kell csökkentenie. Ennek érdekében az elektrolitkondenzátor szerkezeti anyagaina nézve indifferens oldószereket kell alkalmazni, illetve a víztartalmat lehetőleg optimumig kell csökkenteni. Az oldódási reakciót csökkenteni lehet inhibitorok segítségével. (Különösen a víztartalom miatti oldódás csökkentése fontos.) Ilyenek pl. a kromátok, az alkilizett piridin, a fenilglíkol stb [4].

6. A nagy megbízhatóság

A felhasználó szempontjából igen fontos jellemző. Az elektrolitkondenzátor hőmérsékletáthárainak minél szélesebbnek kell lennie, hogy az üzemeltetés hőmérsékletáthárjai között elektromos paraméterei nagy biztonsággal, mélyen a megengedett határértékek alatt legyenek. Ahhoz, hogy az elektrolitkondenzátor a tartósságvizsgálat követelményeinek megfeleljen az eddigieken kívül az szükséges, hogy az elektrolit különlegesen tiszta anyagokból álljon, és a gyártás során minél kevesebb szennyeződés kerüljön bele. A hőmérsékletáthár kiterjesztésénél már említett adalékanyagok a megbízhatóság növelését is szolgálják az átvezetési áram csökkentése, ezáltal az élettartam

tam növelése miatt. Általában is igaz, hogy mindazok a változtatások az elektroliton, melyek a hőmérsékletáthár kiterjesztését szolgálják, egyben az elektrolitkondenzátor megbízhatóságát is növelik.

7. Összefoglalás

Az elektrolitkondenzátorok üzemi hőmérséklet-tartományának kiterjesztése olyan sok komoly problémát vetett fel, hogy a megoldás nem korlátozódik az elektrolit megváltoztatására, az egész hagyományos konstrukció felülvizsgálatát igényli. Jelenleg az üzemi hőmérséklettartomány kiterjesztésének utolsó fázisában, az ellenőrző vizsgálatoknál tartunk. Kisfeszültségen, 100 V névleges feszültség alatt, $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, nagyfeszültségen, 100 V névleges feszültség fölött $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletáthárak elérése jelenlegi kísérleteink célja. A cikk az elektrolitfejlesztés lehetőségeit tárgyalja. Az első részben az elektrolit szerepét tisztázza az elektrolitkondenzátorban, majd néhány lehetőséget vesz számba a hőmérsékletáthár alsó, illetve felső kiterjesztésére. Ismertet néhány főbb elektrolittípust, és a legjellemzőbb, legáltalánosabban használt alkotórészeket. Végül a megbízhatóság növelésének lehetőségeit és feltételeit ismerteti.

I R O D A L O M

- [1] E. M. Svarc: A bór komplex vegyületei polioxivegyületekkel
- [2] Elektrotechnische Zeitschrift 1969 febr.
- [3] 1.204.212 Angol szabadalom
- [4] 2.016.185 Francia szabadalom

SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL

Az 1976-ban megjelent 7738, 7755 típusok mellett a Siemens a 7760-as nagyszámítógép megjelentetését tervezi. Megjelenteti a 3352-es típusú lézeres gyorsnyomtatót, amely 70 000 jel/s sebességével 10-szer gyorsabb a jelenleg használt leggyorsabb mechanikus nyomtatónál is. A 3470 típusú, fixen beépített mágneslemez tároló 420 millió Byte kapacitású. Ezeknek az újdonságoknak is köszönhető, hogy az általános visszaesés ellenére a Siemens 10%-kal növelte a forgalmát. A nagyszámítógépeknél jelentős újítást hozott a rendkívül kompakt felépítésű felvezető-chip tároló. Ilyen chip-ekből maximum 2 millió Byte-os munkatároló építhető fel 1000 bit/cm² tárolási sűrűséggel. A bipoláris puffertárolót tartalmazó mikroprogram-vezérlés hozzáférési ideje 200 ns/8 Byte. A központi vezérlés két párhuzamosan működő részből áll, az egyik rész az utasítás értelmezését és a címek kiszámítását, a másik az előző utasítás végrehajtását végzi, így a két művelet teljesen párhuzamosan hajtható végre. (Online, 1976. nov. [305])

*

A Saturn-S sorozatú dialóg-számítógép üzemeltetési rendszere megvalósítja a szövegek feldolgozását. A hardware konfiguráció a felhasználói igényeknek megfelelően építhető ki a legkisebb 32 kByte-os központi egységet és egyetlen floppy-diszket (1,2 millió Byte) tartalmazó számítógéptől a legnagyobb (256 kByte központi egységű és 4 × 80 millió Byte kapacitású lemezeket tartalmazó) számítógépig. Az adatokat képernyős bemenőegységről viszik be, míg az adatkivitelre különböző sebességű gyorsnyomtatókat használnak. A szövegek feldolgozá-

sánál megemlíthendők a levelezési nyomtatók, amelyek írása nem különbözik az írógépektől. Ennek sebessége 45 jel/s. A rendszer időosztásos üzemmódban működik, a programnyelv: Business-Basis. A PROTEXT programcsomag a maga nemében az első, amely a dialóg számítógépek szövegfeldolgozását az íróautomatáknál megszokottnál sokkal kényelmesebben teszi lehetővé. (Technische Rundschau, 1976. dec. 14. [306])

*

Az ITT vezetékes és vezetékek nélküli átviteli lehetőségeket vizsgálja olyan szempontból, hogy a jövőben megjelenő színes tv-vevőkészülékeket ne csak kép vételére lehessen felhasználni. A vezetékek nélküli átvitelt, a Teletext eljárást, 1976 őszéig 2 éven át próbálták Angliában. A kísérleti adás idején egy magazin 60 oldalnyi anyagát sugározták (1 oldalon 24 sorral és soronként kb. 40 jellel). A tv-készülékek átkapcsolhatók voltak Teletext vételére, ilyenkor az oldalkiválasztásnál a legkedvezőtlenebb esetben a keresett oldalra 14 s-ot kellett várni. Ha a kiválasztáskor több oldalt adtak meg, az oldalakat a gép automatikusan, percenként váltotta. A jelenlegi fejlesztési fázisban a Teletext vevőkészülék igen drága (mintegy 200 integrált áramkörrel tartalmaz többet a normáltv-vevőkészülékeknél), hisz a kódolt jelet dekódolnia kell, a tv normál mikrofrekvenciáit helyre kell állítania, a szöveget azonosítva eltárolni (RAM-ot alkalmazva, oldalanként), ebből ROM segítségével kereshető ki a kiválasztott oldal. Az LSI-k felhasználása csökkenteni fogja az árat és a méretet is. (Radio-Fernsehändler, 1976. dec. [307])

(Folytatás a 243. oldalon.)

Vákuumfizika a híradástechnikában

ETO 533.5:621.385.032.9

Híradástechnikai eszközök kutatásában és gyártásában különleges helyet foglal el a vákuumfizika. Számos jelenség tanulmányozása gáztérben lehetetlen, különösen a reaktív gázok zavaró jelenléte mellett.

Ilyen vákuumfizikai kísérletek: az elektronok és ionok szabadmozgása a vákuumtérben, az elektron és ionemisszió. Ide sorolhatók a különféle elektroncsövek, az elektronmikroszkópia és az elektroninterferencia. Mindezekhez hozzávehetjük a különféle anyagok nagyvákuumban történő párologtatását, porlasztását és megolvasztását.

Az elmúlt évtizedben a konvencionális nagyvákuumtechnika ismeretanyaga bővült az ultravákuum, ill. a tiszta szénhidrogénektől mentes vákuumtechnikával. Az ultravákuumtechnika ma már kilépett a laboratóriumi méretekből és ipari eljárassá fejlődött.

Különös súlyt kap a szénhidrogénektől mentes, tiszta vákuumtechnika a félvezetők, vékonyréteg és integrált áramkörök gyártástechnológiájában. A maradékgázok nyomokban is hatással vannak az elektroncsövek élettartamára, megbízhatóságára és ionzajára.

Ultravákuumban nyomon követhetők tiszta, gázmentes felületeken, a gőzölt atomi vékonyrétegek tulajdonságai, mint a kristálymagok képződése, a diszlokációk keletkezése és a félvezető kristályok vákuumepitaxiális növekedése.

Extrém nagy vákuum létesítésével, a világűr vákuumviszonyai szimulálhatók, s ezzel lehetővé válik a világűr vákuumtereiben működő híradástechnikai mesterséges holdak földi tanulmányozása.

A felsorolt jelenségek és gyártástechnológiák utalnak a híradástechnika és a vákuumfizika interdiszciplináris kapcsolatára, megmutatva, hogy a tiszta tudományok miként hatnak a technikai fejlődés folyamataira.

A fizika történetében kevés olyan fejezet akad, mint a kinetikus gázelmélet, amely a gázok egyszerű atomos értelmezését nyújtja. Krönig és Clausius, Maxwell és Boltzmann építették ki a kinetikus gázelméletet. Kapcsolatot tudtak teremteni a megfigyelés és elmélet között, azaz a gázok mérhető makro- és a gázmolekulák nem mérhető mikro-tulajdonságai között.

Végül is ezekből a kísérleti és elméleti alapokból fejlődött ki a modern vákuumtechnika.

Joggal modható, hogy a modern fizika és a híradástechnika nagy felfedezéseire nem került volna sor magasfokú vákuumtechnikai ismeretek nélkül.

A kinetikus gázelmélet kimondja, hogy hőegyensúlyban levő gázok molekulái a térben egyenletes sűrűséggel oszlanak el és hőmozgásuk folytán állandó mozgásban vannak. Mozgásuk semmilyen irányba kitérítve nincsen, tehát egyforma valószínűséggel ütköznek a gázcseppkék egymással és az edény falával.

Az összes ütközések összetevőjeként az erők statisztikus átlagából levezethető a gázmolekulák átlagos kinetikus energiája:

$$E_k = \frac{3}{2} k \cdot T,$$

ahol $k = 1,38 \cdot 10^{-20}$ erg/°K a Boltzmann-állandó.

A molekulák ezen mozgási energiája az állandó ütközések következtében, mint állapotjellemző, P nyomásként jelentkezik az edény falán. Ennek a P nyomásnak a mértékegysége a Torr.

$$1 \text{ torr} = 133,3 \text{ N/m}^2 = 1,316 \cdot 10^{-3} \text{ atm.}$$

Ez kifejezhető a fal egységfelületét ért ν lökések számával is:

$$\nu = 3,51 \cdot 10^{22} \frac{P}{\sqrt{MT}} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}.$$

Szobahőmérsékletű levegőre $M = 29$, $T = 293$ °K tehát falhoz való ütközések száma:

$$\nu = P \cdot 3,81 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}.$$

Ezt a P gáznyomást bármely zárt rendszerben a gázmolekulák számának csökkentésével mérsékelhetjük és akkor ritkított gáztér áll elő, amely eljárást szivattyúzásnak nevezzük.

Ezzel elérkeztünk a vákuumtechnika alapvető problémájához, a szivattyúzáshoz, amely ismereteiben, eszközeiben és módszereiben folytonosan fejlődő tudomány.

Gázok eltávolítása valamely zárt rendszerből technikailag csak lépcsőzetes nyomásdifferenciák sorbakapcsolásával érhető el. A szivattyúzás folyamata pedig minden esetben csak a gáztérben szabadon mozgó gázmolekulákra vonatkoznak. Azonban a gázoknak a gáztérből történő eltávolításával még nem ér véget a szivattyúzás.

Mert a gázok a szilárdtestek felületén sűrűsödést okoznak, úgy az edény falán, mint a szerkezeti részek felületén. Ezt a felületi gázkoncentráció-növekedést gázadszorpciónak nevezzük. A valóságban azonban a gázmolekulák be is hatolnak az anyag kristályrácsába, ahol szilárd oldatfázist képeznek és akkor abszorpcióról beszélünk.

Az adszorbeált és abszorbeált gázok a hőmérséklettől függően deszorpció útján felszabadulnak, s állandóan kicserélődnek a gáztérben.

A gázoknak a szilárd testek felületéről és belsejéből való felszabadításának feltételeit Langmuir idevonatkozó eredményeiből kiindulva számos szerző írta le, úgy elméletileg, mint gyakorlatilag több szempontból vizsgálva tárgyalták.

A szivattyúzás legfőbb problémája tehát, minden esetben valamely zárt vákuumrendszerben a kívánt alacsony nyomásérték elérése, majd annak adott hőmérsékleten történő állandó, egyenletes fenntartása.

Az előbbi feltétel csak bonyolult gázkinetikai, fizika-kémiai hatások figyelembevételével érhető el.

A különböző szorpciós folyamatok között nem vonható éles határ. Az adszorbensfelület és a gázmolekulák közötti erőhatások még jórészt tisztázatlanok.

A fizikai adszorpció által a felületeken megkötött gázok mindenkor magas hőmérséklet hatására deszorbeálódnak.

Mivel a gázmolekulák be is hatolnak a szilárd anyagok kristályrácsába onnan egy magasabb hőmérséklet hatására lassan kidiffundálnak a felület irányába. Legyőzve a szilárdfázis és a gázfázis közötti erőhatásokat az elnyelt gáz deszorpció útján kiszabadul a vákuumtérbe, ahonnan már szivattyúzással eltávolítható.

A kemisorpciónál már más a helyzet, ott kémiai változás történik. A gázmolekulák és a szilárd anyag között megváltoznak a kötési viszonyok.

A kemisorpciónál háromféle kötést is megkülönböztetünk. Az első az ionos kötés, ez akkor lép fel, ha az adszorbens kilépési munkája nagyobb, mint az adszorbeált gáz ionizációs energiája. Például az alkáli és földalkáli fémek atomjai más fémek felületén.

A második a kovalens kötés, ennél a gázok, ill. gőzök adszorpciója olyan fémek atomjai között jön létre, amelyek elektronjai egyaránt tartoznak az összekapcsolódó atomokhoz. Az atomos kötésnél valamelyik atom betöltetlen elektronsávval rendelkezik (pl. ilyenek az átmeneti fémek).

Végül a harmadik a koordinációs kötés. Ez akkor következik be, ha az adszorbeálódó gázmolekula a donor és elektron leadására kényszerül, a legtöbb fém ide tartozik. Az idevágó elektronelméletet ma még főleg félvezetőkre dolgozták ki. Tehát a kemisorpciónál a gázok deszorpciójához szükséges hőmérséklet nagysága a kémiai reakciókra jellemző és a bomlási hőmérséklettel egyenlő.

Gyakorlatilag vákuumban a szilárd testek felületeiről a gázok és gőzök felszabadíthatók, az adszorpciós és kemisorpciós energiával egyenértékű és nagyságú hővel.

Gázoknak és gőzöknek a szilárd testek felületéről való felszabadításának energiája többféle módon állítható elő. Például ionbombázással a jól ismert gáz-kisülési technikával, vagy nagyenergiájú elektronbombázással, melyet Clausing ismertetett, vagy fotonbombázással, melyet Lange írt le részletesen, továbbá az ismert nagyfrekvenciás izzítással.

A felsorolt módszereket előnybe helyezzük azokban az esetekben, mikor termikus kifűtéssel nem tudjuk a kívánt hőmérsékletet elérni. Vagy ha szelektív gáz-talanítást akarunk elvégezni egy kis területen, a vákuumtér valamely szerkezeti alkatrészén. Általánosan a termikus kifűtés, ill. hétköznapi szóval a kályházás az elterjedt eljárás.

Gyakorlatban a kifűtés határhőmérséklete üveg-edényeknél 350–400 °C. Kvarcedénynél 400–500 °C. Fémedények és fémtömítések alkalmazásánál max. 550 °C-ig terjed. Belső fémalkatrészek kiizzítása 800–1200 °C-on történik. Magasolvadású fémek gáz-talanítása esetenként az 1600 °C-t is eléri. Tehát a szivattyúzás egy sor hőkezelésből álló művelet,

amelyet addig kell folytatni, míg az adott hőmérsékleten a maradékgázok adszorpciója és deszorpciója a szivattyú szívási sebességével egyensúlyba nem kerül. Egyensúlyi nyomás akkor áll fenn, ha:

$$d_p/d_t = 0.$$

A gázok felszabadításának fizikai folyamatai egzakt paraméterek hiányában csak közelítő számítás-sal, kvalitatív összefüggések útján mutathatók be.

A tényleges adszorpciós és deszorpciós erőhatásokra vonatkozó ismereteink kiegészítésre szorulnak. Ideális esetet feltételezve megkaphatók a Langmuir-féle kétdimenziós van der Waals egyenleteken alapuló adszorpciós és deszorpciós izotermák, amelyek végülis egy monomolekuláris, kétdimenziós, egy atomsor befedettséggű, adszorpciós rétegnek az állandó hőmérsékleten való nyomás és térfogat összefüggését ábrázolják.

Ezért számos szerző próbálkozott az izoterma-egyenleteket tovább fejleszteni háromdimenziós, több molekulasorra.

Ha a felületegységre vonatkoztatott adszorbaált gázmennyiséget a -nak vesszük, akkor az X fajlagos felületi adszorpciót megkapjuk, ha az adszorbens tömege m és az adszorbeált molekulák száma n_a .

$$X = \frac{n_a}{m}.$$

Az adszorbens felületén levő gázkoncentráció n_c , A az adszorbens teljes felülete:

$$n_c = \frac{n_a}{A}.$$

Egyensúly esetén a fajlagos adszorpció, ill. a felületi koncentráció értéke adott adszorbens és adszorptívum esetében a hőmérséklet és nyomás egyenértékű függvénye:

$$n_c = \text{áll.} \cdot f(p \cdot T).$$

Ahhoz, hogy egy vákuumrendszerben jó vákuumértéket tudjunk elérni szivattyúzással; pl. 10^{-7} – 10^{-11} torr nagyságrendben, minden esetben egy a szoba-hőmérsékletnél magasabb hőmérsékleten adszorpciós és deszorpciós egyensúlyt kell elérni.

Mint látható ezek ellentétes folyamatok, ezért a magasabb hőmérsékleten felszabaduló gázokat szivattyúzással addig kell eltávolítani a vákuumtérből, míg ott adott hőmérsékleten egy idő után a szívási sebességtől függően vákuumegyensúly alakul ki.

Egyensúlyt csak akkor érünk el, ha csekély kemisorpcióval kell számolnunk. Ha a szivattyúzás közben a vákuumrendszer lassú hőmérsékletemelkedésével a gázfelszabadulás ugrásszerűen megnövekszik, akkor minden esetben kemisorpcióra lehet következtetni, amely a vákuumrendszer felületeinek szennyezettségére utal. Ilyen esetekben célszerű az egész vákuumrendszer tisztítását megismételni.

A legtöbb kemisorpciós folyamat deszorpciós sebessége, olyan magas hőmérsékleten lesz azonos a fizikai deszorpció sebességével, mikor már megindul a kemisorbeált molekulák termikus bomlása. Sok esetben a szükséges magas hőmérséklet gyakorlatilag elérhetetlen.

A vákuumrendszerek lehetnek kétfélék, úgymint dinamikus (azaz állandóan szivattyúzott) rendszerek;

és statikus, leforrasztott vákuumrendszerek. Mindkét esetben egy idő után állandó hőmérsékleten egyensúlyi állapot következik be.

Dinamikus vákuumrendszerekben akkor adódik végvákuum, ha a leadott gázmennyiség és a szivattyú által elszívott gázmennyiség egy adott hőmérsékleten éppen egyenlő a szivattyú szívássebességével, és egyensúly áll be.

Hasonlóan a statikus, leforrasztott vákuumrendszereknél, akkor áll fenn egyensúly, ha egy adott hőmérsékleti határon belül a maradékgázok adszorpciósebessége a deszorpció sebességével kerül egyensúlyba. Ha viszont a deszorbeált gázmennyiség kisebb a szívássebességnél, akkor az elérhető legkisebb gázsűrűség a vákuumtérben, ill. a legnagyobb végvákuum nem más, mint az edény anyagának a permeációja, azaz a hélium diffúziója az edény falán keresztül.

A gázok közül a legnagyobb permeációval a hidrogén rendelkezik, mert a legkisebb atomtérfogata van. Azonban szabad atmoszferikus hidrogén csak nyomokban található, hélium viszont az atmoszférában a tengerszinten $4 \cdot 10^{-4}$ torr nyomással fordul elő.

A permeáció határán a maradékgázok tömeganalízise kimutat még nyomokban Ne-t, Ar-t, H_2 -t és H_2O -t, amelyek nem a permeációból származnak. A permeáció határának elérése rendkívül körültekintő vákuumhigiéniai feltételeket és ugyancsak nagy szívássebesség megvalósítását követeli meg.

Vákuumrendszerek jóságát meghatározza az a vákuumérték, amelynél a szivattyú által elszívott Q gázmennyiség még éppen nyomáscsökkenést tud létrehozni.

Jelöljük S_p -vel a rendszer szívássebességét P_0 nyomáson, és P -vel az éppen uralkodó nyomást, Q_1 -el a rendszer hibájából származó szivárgást, Q_d -vel a falakról deszorpció útján felszabaduló gázmennyiséget, végül Q_f -vel az edény falán átdiffundált hélium mennyiségét, akkor:

$$Q = S_p \cdot P - (Q_1 + Q_d + Q_f).$$

A fenti egyenletből látható, hogy a szivattyú annál a P_0 nyomásnál éri el a végvákuumot, amelynél:

$$Q = 0, \text{ akkor } S_p \cdot P = (Q_1 + Q_d + Q_f).$$

A feltétel lyukmentes és szennyezésmentes vákuumrendszerekre vonatkoznak.

Tehát szivattyúrendszerekben akkor adódik végvákuum, ha az adott rendszerben felszabaduló gázmennyiség és a szivattyú által elszívott gázmennyiség között egyensúly áll be. A fentiek értelmében bármely vákuumrendszer jósága jellemezhető az összfelületről felszabaduló Q_p gázmennyiséggel:

$$Q_p = P_0 \cdot S_p \text{ l sec}^{-1}.$$

Például hibátlan vákuumrendszerénél ez a szám az összfelületre számítva: a mért végvákuum $P_0 = 10^{-8}$ torr és a szívássebesség $S_p = 100 \text{ l} \cdot \text{sec}^{-1}$, akkor a felszabaduló gázmennyiség:

$$Q_p = 10^{-6} \text{ torr l sec}^{-1}.$$

Egy dinamikus fém-vákuumrendszerénél 500°C -nál, 10 órás folyamatos kifűtés után, az összfelületre számított gázfelszabadulás 10^{-10} torr l sec^{-1} . Hosszantartó kifűtés után a rendszer nagyságától függően 50–100 óra után a vákuum 10^{-12} torr l sec^{-1} érték

körül adódik. Ennél rosszabb értékeknél az edény anyagában levő mikroszkopikus lyukak és repedések, valamint erős szennyezések szabják meg a végvákuum határát. A fentiek figyelembevételével a következők az irányadók. Vákuumanyagok megválasztásánál az anyagi tulajdonságoktól függően minden fémnek a hőmérséklettől függő gőztenziója van. A legtöbb fémnek a saját tenziója elhanyagolhatóan csekély.

A fizikai kutatások során számos elemmel, ötvözzel, vegyülettel van dolgunk, amelyek szobahőmérsékleten jelentős gőztenzióval rendelkeznek, sőt egyesek nagy mértékben párolognak vagy szublimálnak. Ezekkel az anyagokkal vákuumkísérletek csak alacsony hőmérsékleti határon belül végezhetők.

Egy vákuumrendszer megtervezésénél elsődleges annak pontos meghatározása, hogy a feladat elvégzéséhez a kívánt feltételek milyen végvákuumnál valósíthatók meg.

Például elektronok és ionok szabad mozgása a maradékgáztérben már biztosítható 10^{-5} és 10^{-6} torr vákuumban, mert a fenti vákuumban az elektronok és ionok szabad úthossza több méter, s így az edényen belüli egymás közötti ütközések száma elhanyagolható. Bár ezen gázsűrűségnél még igen sok molekula van a vákuumban — $n = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ — mégis számos fizikai kísérletnél fokozatosan érvényesül egyes maradékgázok hatása, mint pl. az elektronok kilépési munkájának vagy a felületi kontaktpotenciálnak a mérése. A felszabaduló gázok a felületre adszorbeálódhatnak, ott több molekulasort is képeznek, és meghamisíthatják az egzakt méréseket.

Így pl. oxidkátódok és thoriumos kátódok termikus emisszióját már nyomokban lerontják az alkáli vagy halogén szennyezések. Jenkins és Trodden határozták meg különböző gázok kritikus nyomását az elektronemisszióra:

O_2 -re 10^{-8} , H_2O -ra 10^{-7} , CO_2 -re 10^{-6} torr-nál már észrevehetően romlik az emisszió.

A CO , N_2 és H_2 hasonló vákuumértékek mellett kevésbé mérgezőek. A nemesgázok az emissziót nem rontják.

A fotoemissziós kátódok érzékenységet viszont a vízgőz és a szénhidrogén, valamint a nehézfém-szennyezések már nyomokban lerontják, különösen tapasztalható ez a féligáteresztő fotokátódoknál.

A felsoroltakon kívül számos más fizikai kísérletnél szükség adódik atomos, tiszta felületekre, melyek 10^{-10} és 10^{-11} torr nagyságrendű vákuumban tartathatók fenn. Az ilyen felületekre jellemző az újbóli befedési időtartam. Ez alatt azt a t_b időt értjük, amely eltelik, amíg egy vákuumban letisztított, ill. kiizzított gázmentes felületen, amelyet gázmolekulák érnek, ismét egy monomolekuláris réteg képződik.

Tételezzük fel, hogy minden molekula, amely tiszta felületet ér, azon megtapad, s a visszaverődő molekulák száma elhanyagolható. Ezen feltételek mellett az újra befedési időnek a kiszámítására az alábbi tapasztalatból vett szabály érvényes:

$$t_b = \frac{2,4}{P} \cdot 10^{-6} \text{ sec.}$$

A kísérletek elvégzéséhez olyan nagyságrendű ultra-vákuum szükséges, amelynél az újrabefedési idő néhány perctől néhány óráig terjed. Argonra vonatko-

1. táblázat

P torr	10^{-7}	10^{-9}	10^{-11}
t_b sec	25	2500	250 000

zól az 1. táblázat tartalmazza a befedési idők nyomásfüggését.

A fentiek értelmében már egy monoatomos réteg is elegendő, hogy megakadályozza különféle anyagok tiszta felületének tanulmányozását. Ultranagy vákuum nélkül nem válnak láthatóvá a térelektron és térionmikroszkópia nyújtotta lehetőségek.

Atomosan tiszta felületeken az alábbi kísérletek végezhetők:

2. táblázat

Fizikai	Kémiai	Szilárdtestfizikai
Adsorpció Kondenzáció Kilépési munka Kontakt-felületi-potenciál Reflexió Sugárzások Töltéshordozók rekombinációja	Tömeganalízis Tömegelválasztás Gázanalízis Gőznyomás Katalízis	Kristályfizikai Epitaxia Vékonyréteg Korrozio Opto-elektronika

Vákuumrendszerek gáztalanításának technikai kivitelét számos dolgozatban írták le, azonban ismételt emlékeztetbe kell idézni a vákuumhigiénia fontosságát, különösen, ha adszorpciós és deszorpciós egyensúlyt vagy tiszta, szénhidrogénektől mentes vákuumot akarunk elérni. Midőn különféle anyagok felületéről kell eltávolítani az adszorbeált gázokat és gőzöket.

Vákuumedények gáztalanítására jellemző a felszabaduló gázmennyiségnek az egységfelületre számított $1 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ értéke, melynek menetéből megbecsülhető a gáztalanítás előhaladása. Vákuumedényeket

általában üvegből, kvarcból és rozsdamentes acélból készítenek. Az üveg és kvarcedények a megmunkálásuk folyamán magas hőmérsékleten megolvadnak, ezzel a karcok és finom felületi repedések az úgynevezett lángpolírozás hatására eltűnnek.

Fémeknél ez csak igen gondos csiszolás és polírozás után érhető el, mert a karcokba szennyezések kerülnek, ami már nem ad egy jó gáztalanítási felület/idő arányt. Öntött, porózus vagy oxidált fémfelületek tízszer vagy százszor nagyobb gáztalanítási felület/idő arányt adnak, mint ekvivalens, tiszta, polírozott, rozsdamentes acélfelületek. Minden szivattyúzást előzze meg az edénynek és szerkezeti részek és felületek gondos tisztítása.

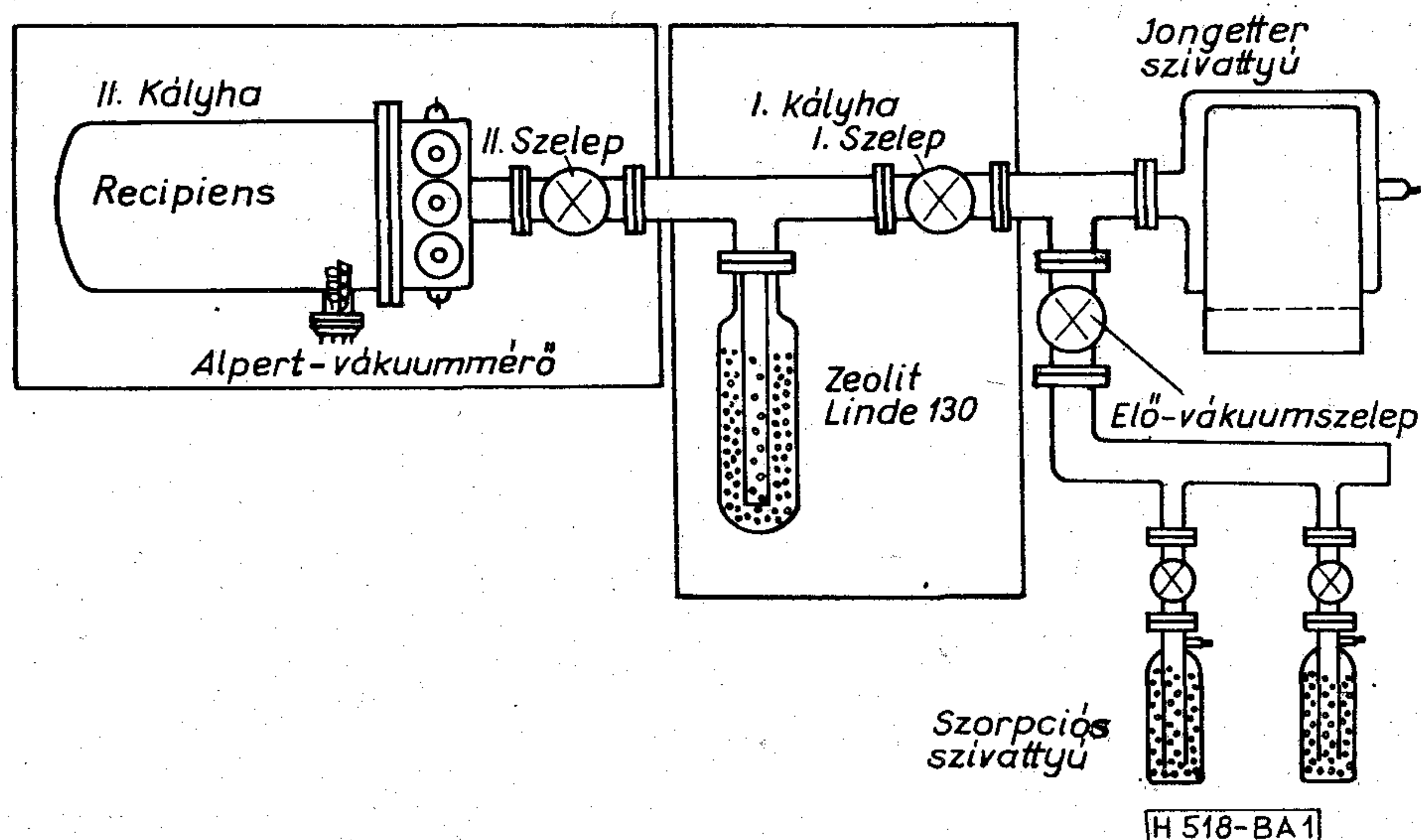
A tisztítás alapvető része a zsírtalanítás. A vákuumtérrel érintkező részek és felületek gondos zsírtalanítása szükséges. Ajánlatos a zsíradékszerű anyagoknak az oldószer állandó desztillációjával történő lehordása.

A zsírtalanítás fontosságára jellemző, hogy annak mértékét abból is megítélhetjük, ha kézzel megfogjuk a tiszta vákuumedény belső vagy szerkezeti részeit, egy ilyen vákuumrendszer szivattyúzása azonnal megváltozik és a gáztalanítás ideje a szennyezettség mértéke szerint meghosszabodik. A zsírtalanítást mindenkor követi a kémiai vagy elektrokémiai tisztítás, melynek receptúrája a különféle anyagoktól függően változik.

Többszöri levegőzésnek kitett vákuumrendszerek szivattyúzási idejét azzal is lerövidíthetjük, ha előzőleg argonnal vagy nitrogénnel feltöltjük, csak azután nyitjuk ki a szelepeket, miután a felületeken vízgőzmentes, tiszta gázok adszorbeálódtak.

Egy tiszta, szennyezésmentes, dinamikus vákuumrendszerben, melynek űrtartalma nem több 50 l-nél, kifűtetlen állapotban 5 órás szivattyúzás után $S_p = 100 \text{ l sec}^{-1}$ szívási sebesség mellett elérhető végvákuum néhányszor 10^{-7} torr, ez megfelel 10^{-9} torr 1 sec^{-1} gázleadásnak az összfelületre számítva.

Ha ezután 400°C -on kifűtjük 10 órán keresztül, akkor a lehűlés után a végvákuum megjavul 10^{-9} torr-ra és a deszorpciós egyensúly 10^{-11} torr 1 sec^{-1}



1. ábra. Fém ultravákuum-rendszer

értéknél kerül egyensúlyba. Ezen értékek elérhetők minden szivárgásmentes, tiszta vákuumedénynél, amelyet állandó szivattyúzás alatt tartunk.

A következőkben megmutatjuk, hogy az 1. ábra szerinti fém-vákuumrendszert miként gáztalanítjuk kifűtéssel a hélium permeáció határáig, és közben milyen jelenségek segítik vagy gátolják a gáztalanítás előhaladását.

A szivattyúzást egy ciklusos kifűtési módszerrel végezzük, amely azon az elven alapszik, hogy többszöri felfűtés és lehűlés nagymértékben elősegíti a gázok deszorpcióját.

1. Előszívás kályha nélkül, olajcsapdás rotációs vagy szorpciós szivattyúval 5 óra
2. Szívás diffúziós vagy iongetter szivattyúval 10 óra
3. II-es fémszelep lezárva, Zeolit csapda kifűtve, 350 °C-on, az I-es kályhával 10 óra
4. Zeolit csapda lehűtve cseppfolyós N₂-vel
5. II-es fémszelep nyitva, kályházás nélkül 5 óra
6. II-es kályha fűtve 450-C-ig 10 óra
7. Alpert-ionizációs manométer és tömegspektrométer gáztalanítása elektrombomlással 5 óra
8. Össznyomásmérés, a végvákuumot csak néhány órával az egyensúly beállításával kapjuk meg 5 óra
9. A ciklust szükség szerint 3-tól megismételjük
10. Parciális nyomás mérés tömegspektrométerrel

Kezdetben a kifűtés során a szivattyúzás eléri a gázfelszabadulás éles határát és jelentős gázmenyiség felszabadulása észlelhető. Egy idő után a nyomás egy csúcsértékhez közeledik, amely megfelel a maximális gázleadásnak. Ennek oka rendszerint egy kezdeti szennyezettség, ezt követően a hőmérsékletet csak oly mértékben emeljük, hogy a vákuum romlása a 10⁻⁵ torr határt túl ne lépje.

Egy idő után a nyomás lassú esése tapasztalható, ezt követően a hőmérséklet lassú emelésével nyomáscsúcsokat kapunk, amelyek a különböző molekula-fajták deszorpciós energia nívoinak felelnek meg.

A hőmérséklet újabb emelésével új egyensúlyi nívóhoz érkezünk, azonban a gázleadás egy idő után ismét lassú esést mutat és ha elértük a hőmérséklet felső határát a gáztalanítás egyensúly esetén befejezettnek tekinthető. Egy idő után adszorpciós és deszorpciós egyensúly következik be, melynek hőmérsékleti határa az edény anyagától függően 400–550 °C között változhat. Többnapos, ismételt ciklusok után 10⁻¹¹ torr végvákuum érhető el és a felszabaduló gázmenyiség nem több, mint az egységfelületre számítva 2·10⁻¹³ torr l cm⁻² sec⁻¹.

A tapasztalat azt mutatta, hogy az ábrabeli 15 l űrtartalmú, rozsdamentes vákuumrendszer ciklusos kimelegítéssel gáztalanítva kb. 200 óra után a hőmérséklet maximumig történő emelésekor az egyensúlyi nívók reprodukálhatóan következtek.

A kifűtési idő megduplázásával egy hibamentes tiszta vákuumrendszerrel elérhető a hélium permeáció határa, mely megfelel a 10⁻¹³ torr végvákuumnak,

mikor a hélium beáramlása az edény falán keresztül 10⁻¹⁶ torr l cm⁻² sec⁻¹ nagyságrendben van.

A gyakran felmerülő hibák közül a ciklusos szivattyúzás idejének elhúzódására két magyarázat lehetséges. Az első, hogy az edény kereskedelmi tisztaságú, rozsdamentes acéllemezéből készült, amely — mint ismeretes — nagy mennyiségű oldott hidrogént tartalmaz. Ez csak rendkívül hosszú idő után szabadul fel a kívánt mértékig.

A második lehetőség, hogy az edény fala a hőmérséklettel exponenciálisan változó arányban ereszt át gázokat. A gáz túlnyomólag hidrogén, és valószínű eredete az edény külső falának oxidálódása.

A feltételezés szerint a kifűtés folyamán a magasabb hőmérsékleten — a levegő vízgőztartalma bomlik el az oxidáció alatt — és a szabaddá vált hidrogén diffundál keresztül az edény falán. Ez az effektus leginkább fűtött fémrendszereken tapasztalható, amely a fémrendszerek magasabb hőmérsékleten történő kifűtését korlátozza.

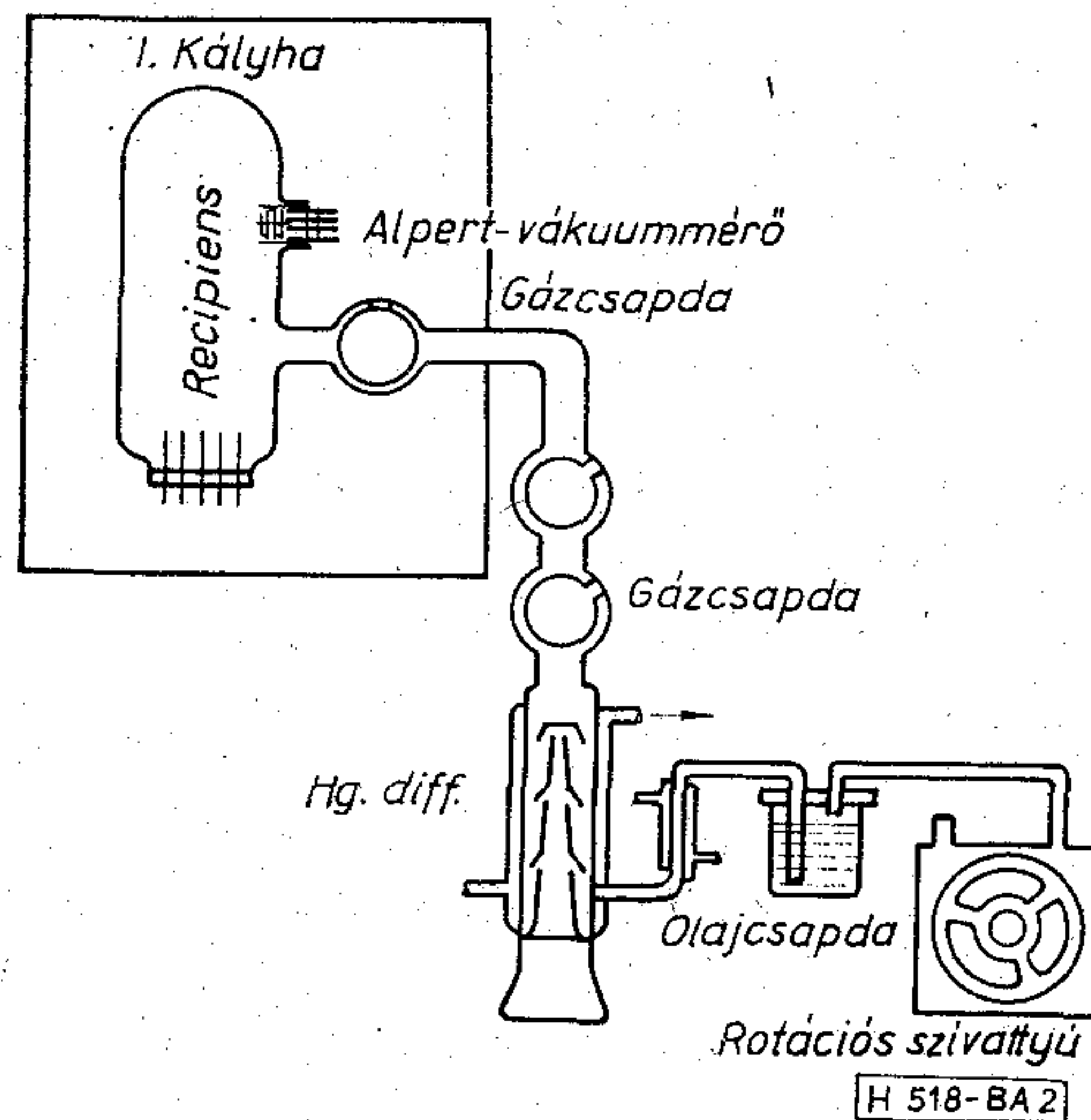
A végvákuum eredményét minden esetben a kifűtés után néhány órával, a deszorpciós és adszorpciós egyensúly beállításával kapjuk meg.

A 3. táblázatba foglaljuk a hőmérséklet és kifűtés idejének változásait, különbözően előkezelt vákuumedényeken és anyagokon.

Kísérleteink során a 2. ábra szerinti felépítésű Rasoterm vákuumrendszert vizsgáltunk, amelynek

3. táblázat

Vákuumedény anyaga	Vákuumedény előkezeltése	Kifűtési idő óra 400 °C-on	Gázfelszabadulás torr l cm ⁻² sec ⁻¹
Rozsdamentes acél KOR-5	Argon — ív hegesztett polírozott és zsírtalanított	4	10 ⁻¹¹
		16	5·10 ⁻¹²
		400	5·10 ⁻¹⁴
	Vákuumban brazolva 1000 °C-on	5	5·10 ⁻¹²
		40	5·10 ⁻¹⁴
Rasoterm üveg	Kémiaillag tisztítva	36	5·10 ⁻¹⁴



2. ábra. Üveg ultravákuum-rendszer

üveganyagát teljes egészében lángpolírozással átolvasztottuk.

Ezt az üveg szivattyúrendszert Hg diffúziós szivattyúval szívtuk, a szivattyú három egymás után kapcsolt folyékony N_2 -vel hűtött csapdával választottuk el a vákuumedénytől. Kb. 40 óra szivattyúzás után az elért végvákuum 5×10^{-11} torr volt. A lehűlés után ismételt ciklusos kifűtést alkalmazva 400°C -on ez az érték már nem változott és a felszabaduló gázmennyiség nem volt több, mint $5 \cdot 10^{-14}$ torr $1 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ nagyságrendű. Egyes közlemények szerint a fenti érték az üvegnek az atmoszferikus hélium áteresztésével egyenlő.

Ha egy vákuumrendszer és belső alkatrészeinek a megmunkálásánál és tisztításánál alkalmazzuk az összes vákuumtechnikai fogásokat, még mindig marad a felületeken az atmoszférából adszorbeált vékony vízhártya, amelynek molekuláris vastagsága van, és amely erős kötőerők által kötődik a felülethez. Ezért vákuumedényeket kifűtés nélkül leszívni 10^{-5} – 10^{-6} torr alá nem lehet.

Tapasztalat szerint egy vákuumrendszert első leszíváskor leadott és eltávozó gázmennyiség legfőbb alkotórésze az atmoszférából elnyelt vízgőz.

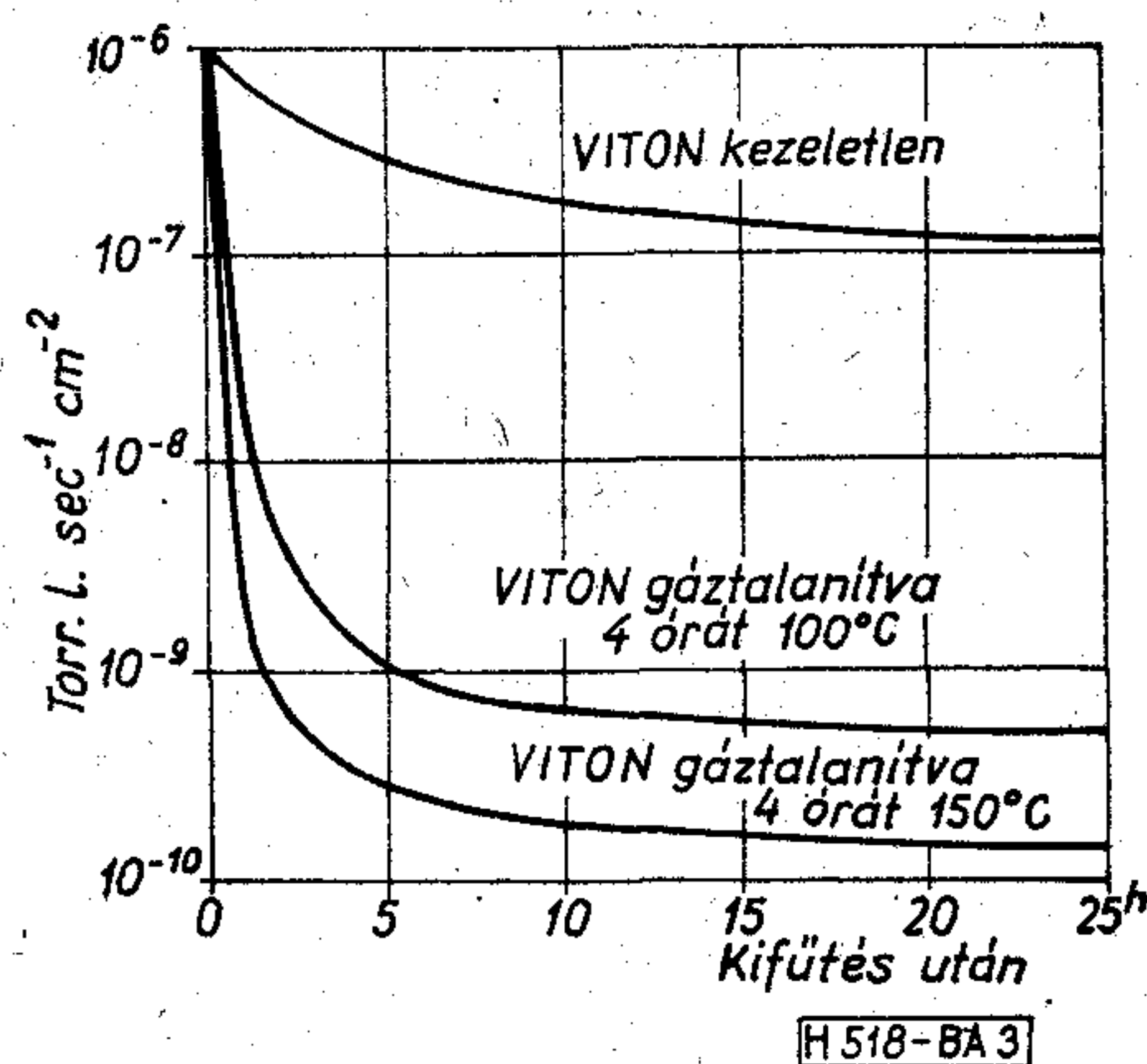
Minden szivattyúrendszer működése végeredményben egy vákuumedényben realizálódik. Ha az elérhető végvákuumot, ill. a maradék gázokat analizáljuk, azt látjuk, hogy a szivattyú maga is gázforrásként viselkedik és karakterisztikus tulajdonságokat mutat, ezt szivattyú effektusnak nevezzük. Diffúziós szivattyúk működésük közben egy gyenge ellenirányú gázáram diffúziója tapasztalható. A szivattyú aktív hajtóanyagának a vákuumtérbe történő visszaszívargásáról van szó. Ennek megakadályozására a higany- vagy olajgőzöket egy közbeiktatott csapdába kondenzáltatjuk, amelyet folyékony N_2 -vel hűtünk. Mivel a higanygőz vízgőzt is visz magával, a csapdákat előzőleg 350°C -on 2–3 órán keresztül jól kimelegítjük. A higanygőz a rendszerben levő anyagokkal amalgámot is képez, mint pl. az omegatron vagy kvadrupol tömeganalizátor aranyozott elektródáival. Ilyenkor az ehhez kapcsolódó molekulák is megjelennek a spektrumban reverzibilisen.

Olajdiffúziós szivattyúk alkalmazásakor a felületeken molekuláris olajréteg képződik, amely a kifűtések folyamán jól kimutathatóan lassan illó vegyületekké bomlik el, annak ellenére, hogy a modern szivattyúolajok extrém alacsony tenzióval bírnak. Az organikus olajgőzöknek a kifűtés folyamán a felületeken krakolódása megy végbe, amint azt L. Holland részletesen ismertette. A vákuumrendszert védhetjük a szivattyú és recipies közé kapcsolt folyékony N_2 -vel hűtött csapdával.

A vákuumtömítő gyűrűk technikájáról is szólnunk kell. Bontható vákuumrendszerek alapproblémája a kötések szivárgása és az árambevezetők húzóssága.

Dinamikus nagyvákuum rendszereknél általánosan gumi „O” gyűrűk használatosak. Azonban az organikus tömítőgyűrűk felületéről elgőzölgó anyagok diffúzió útján állandóan utánpótlódnak az anyag belsejéből. Olyan vákuumrendszerekben alkalmazhatók, amelyek peremkifűtése nem haladja meg a 200°C -t.

Ezeknél a vákuumrendszerekben, ahol a tömítő-



3. ábra. Viton gumi tömítő gyűrű gázleadása

gyűrűk csak kis felületen érintkeznek a vákuumtérrel, 10^{-9} torr végvákuum érhető el. A fenti eredményeket a 3. ábra görbéin láthatjuk, mikor Viton „O” gyűrűk gázleadását vizsgálták. Teljesen vákuumba helyezve, 4 óráig kifűtve 150°C -on, a gázleadásuk lecsökkent néhányszor 10^{-10} torr $1 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ értékre. Ezek a mérések indokoltá teszik, miért nem alkalmazhatók az organikus „O” gyűrűk szénhidrogénektől mentes vagy ultravákuum rendszerekben.

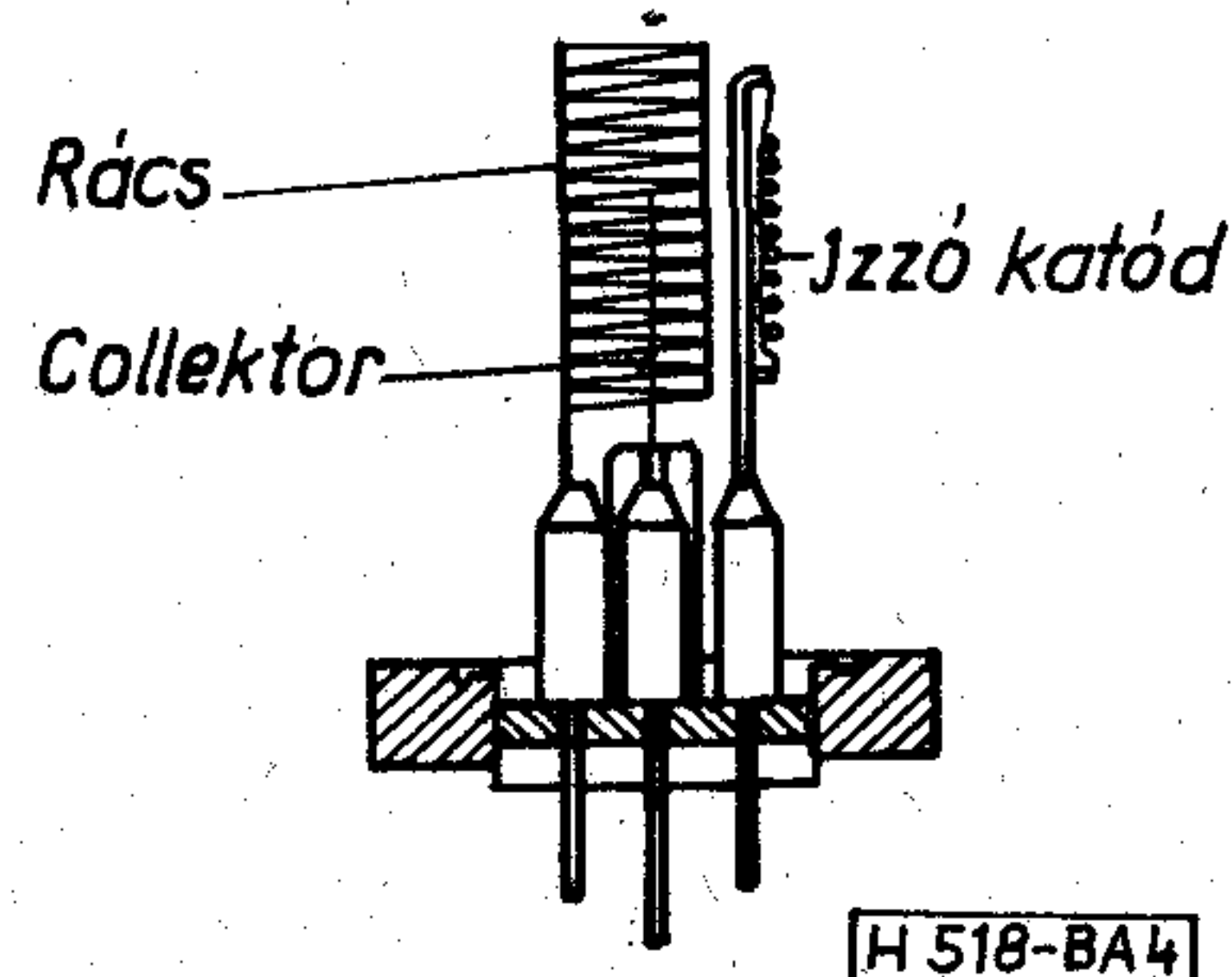
Peremek közötti tömítésekre rozsdamentes acél vákuumrendszerekben jól alkalmazhatók fém „O” gyűrűk, mint pl. az arany, vörösréz, alumínium és az indium. A legelterjedtebb peremkötés a „Conflat” típusú kötés, mely az éles vágóélekkel bíró peremek közé helyezett OFHC gyűrűvel -190°C -tól $+500^\circ\text{C}$ -ig 10^{-13} torr végvákuumot biztosít megbízhatóan, a rozsdamentes acél vákuumedények permeációjának a határáig.

Mindenféle szivattyúzás legfontosabb feltétele a pontos és reprodukálható vákuummérés. Számos vákuummérési módszer ismeretes, a legelterjedtebbek a Pirani és az ionizációs manométerek.

Ultravákuum mérésére a Bayard–Alpert típusú ionizációs vákuummérők a használatosak, amelyek mentesek a belső röntgen-sugárzás okozta ionizációtól.

Az Alpert-féle vákuummérő egy izzó volframatódból és rácsszerű anódból, továbbá egy kifelé letű kollektorból áll, amely utóbbi fogja fel az ionizált gáz ionjait. Az ionizációs áram kb. 10^{-10} torr-ig lineáris a maradék gázok sűrűségével (4. ábra).

A vákuummérőt magát is a rendszer céljainak megfelelően kell gáztalanítani, ez elérhető a helyileg alkalmazott elektronbombázással. A keletkezett tiszta felületek azonban gyorsan ismét telítődnek, amit csak újabb kifűtéssel tisztíthatunk meg.



4. ábra. Alpert-féle ionizációs vákuummérő

Az első észrevétel, hogy maga a mérőfej is ionizációs szivattyúként működik. Ezért a helyes vákuumértéket csak akkor kaphatjuk meg, ha a vákuummérőt a mérendő vákuumtérbe és nem csatlakozó vezetékágra helyezzük.

Az ionizációs vákuummérő gáztalanítása a rendszer kifűtési idejét is meghosszabbítja, ezzel a vákuumegyensúly beállása időben megnyúlik.

Vákuumrendszerek végvákuumának elérését, sok esetben annak meggyorsítását kemiszorpciós szivattyúzással érjük el. Ez esetben olyan anyagokat alkalmazunk, amelyekkel a maradék gázok magas hőmérsékleten stabil, számottevő tenzióval nem rendelkező vegyületeket képeznek. Ilyenek pl. a fémtitán, zirkon, vagy volfram. Ha ezeket elpárologtatjuk a vákuumtérben, az eljárást getter szivattyúzásnak nevezzük. Elterjedt getter anyagok még a fémbárium, vagy a bárium—alumínium ötvözetek és a fémmagnézium. A fenti elven működnek a szublimációs, a porlasztós és a párologtatós iongetter szivattyúk.

Összefoglalás

A vákuumtechnika legfőbb problémája a szivattyúzás. Vákuumrendszerek felületeinek gáztalanítására hatásos módszer a termikus kifűtés. A gáztalanítási idő csökkenthető a leírt, ciklusos kifűtési módszerrel. Szivárgásmentes, gondos, tiszta kezeléssel elérhető kb. 5–10 órai kifűtéssel a 10^{-9} torr végvákuum.

Megmutattuk, hogy vákuumrendszerek végvákuumát az edény anyagának permeációja korlátozza, amely az elszívott és a falon keresztül beszivárgó hélium egyensúlyát jelenti. Ennek a maradék gáz sűrűségének értéke, rozsdamentes acél vagy Pyrex üvegnél 10^{-12} – 10^{-13} torr nagyságrendben van. Erre az alacsony nyomásértékre gyakorlatilag csak ritkán adódik szükség.

Vákuumedények gáztalanítása függ a vákuumtechnikai anyagok helyes megválasztásától. Különös elővigyázat szükséges a legjobb eredmények eléréséhez, az anyagok előkezelése, tisztítása és zsírtalanítása.

Szénhidrogénektől mentes magasvákuum vagy ultravákuum elérhető megfelelő aktívanyagmentes szivattyútípusok és szivásebességek helyes megválasztásával, a tervezésnél.

Lényeges a peremek közötti tömítőanyagok megválasztása, azok alkalmas technológiával történő kezelése.

A mérőfej csak megfelelő elhelyezése a vákuumtérben és gáztalanítása után fogja az elért vákuum valóságnak megfelelő értékét mutatni.

I R O D A L O M

- [1] Alpert D. and Buritz R. S.: Ultra-High Vacuum Limiting Factors on The Attainment of Very low Pressures. *Journal Appl. Phys.* 25. 202, (1954)
- [2] Dushman S.: *Rev. Mod. Phys.* 2, 398. (1930)
- [3] Venema A. u. Brandinga M.: *Philips Tech. Rdsch.* 20, 153. (1959)
- [4] Holland L. Laurensen L. and Priestland C.: *Rev. Sci. Inst.* 34. No 4. ápril. (1963)
- [5] Lange W. J.: *Jnl. Vac. Sci. Tech.* 2, No. 2. marc.—ápril. (1965)
- [6] Clausing R. E.: 11 th. Vac. Symp. (1964)
- [7] Jenkins R. O.—Trodden W. G.: *Journal of Electronics and Control* Vol. VII 5. 393—495 (1959)
- [8] Trendelenburg E. A.: *Ultravacuum Technik*
- [9] Bernardini—Matter L.: Vacuum Problems of elektrons and Positron Storage Rings. *The Journal of Vacuum Science & Technology* Vol. 2. No. 3. 130—141 maj.—juni. (1965)
- [10] Redhead P. A.: Chemisorption on Metals Under Ultrahigh Vacuum Condition. *Proceedings of The Symposium on Elektron and Vacuum Physics Hungary* (1962)
- [11] Budincsevits Á.: *Ultravákuum-rendszerek. Finommechanika* IV. évf. 1. (1965)

SZEMLE

(Folytatás a 236. oldalról.)

A Schilling cég a HiFi '76 kiállításon bemutatta új, aktív, elektrosztatikus közép- és magashang sugárzó hangszóródobozait (Sonoro). A dinamikus hangszórók membránjától ma már megkövetelik, hogy 20 Hz-től 20 kHz-ig vigyenek át. Ezek a hangszórók a membránok mozgatott tömege miatt a felső tartományban kialakult állóhullámok és a membrán anyagának gyűrődése miatt a magas hangok sugárzását elrontják, meghamisítják. Az lenne az ideális, ha a mozgó tömeg (a membrán néhány gr-os anyaga) megszűnne. Ezt az elektrosztatikus hangszóró biztosítja, amelynél a néhány ezred mm vastagságú, ezüstözött műanyag membrán két olyan hálószerű elektróda között rezeg, amelyeken az 1500 V-ra feltranszformált hangfrekvenciás jel van. A munkapontot 2500 V egyenfeszültséggel állítják be. A rendszer 60 W-ot 0,1 dB ingadozással viszi át 200 Hz-től 20 kHz-ig. (*Radio und Fernseh-händler*, 1976. nov. [308])

Mikrohullámú méréseknél gyakran van szükség nagy kimenő teljesítményű wobbulatorokra, ha a mérési pontosságot, a mérés dinamikáját növelni akarják. Ezek korlátja a vevő (detektor)-diódák érzékenysége és a generátor teljesítménye, valamint az áramkör illesztetlensége. Nagy kinemó teljesítményt HH-csöves erősítőkkel lehetett biztosítani, ezek hátránya a relatív kis sávzélesség. A 8620C félvezető wobbulator generátora egy az 5,9...12,4 GHz-es sávban 100 mW kimenő teljesítményt biztosító GaAs FET erősítő. A sávot 2 betéttel

fogják át, az egyik 5,9...9,0 GHz, a másik 8,0...12,4 GHz között működik (86242C ill. 86250C). Szabályozott kimenetén a jelszint $17 \text{ dBm} \pm 0,5 \text{ dB}$. A szabályozást ALC (Automatic Level Control) PIN modulátor végzi. Külső szintszabályozáskor az ALC kört a csatolás miatt be kell állítani a terhelésnek megfelelően. A 8755-ös egység 27,8 kHz-es négyszögmodulációt tesz lehetővé. A maximális frekvencialöket $\pm 150 \text{ MHz}$. (*Hewlett Packard Journal*, 1976. nov. [309])

*

Az SAJ 141-es P—MOS-technikájú frekvenciaosztó alaptulajdonságaiban megegyezik az SAJ 131-es, 1000:1-hez osztó statikus frekvenciaosztóval. A három kimeneten egyszerre jelenik meg az $f/10$, az $f/100$ és az $f/1000$ frekvenciájú feszültség. A bemenő frekvencia max. 1 MHz, a tápfeszültség 4,75...16 V. A kimenő jel/szűnet arány 0,5, ez a lassú kapcsolások vezérlését is lehetővé teszi. Az elemeknek két bemenete van, az egyikén levő jel zárja a másik bemenetet (kapu-áramkör jelleg). A két bemenet különböző érzékenységgű, így a felhasználásnak jobban megfelelő üzemeltethető. A kimenetek igen nagy ohmos MOS terhelőellenállások, így a végfokok igen kis áramot fogyasztanak; más végfokokkal párhuzamosan kapcsolhatók és logikai kapcsolások létrehozására is alkalmasak. Kiválóan felhasználható közvetlen mutató kapacitás-mérőben, időzítő kapcsolásokban, biztosító berendezésekben, jelzőberendezésekben stb. (*Funkschau*, 1976. nov. [310])

Számítógép programok katalógusa, 1976

ETO 621.39:681/3.06 (085)

Az alábbi összeállítás az elektronikára vonatkozó, 1976-ban elkészült számítógépprogramok katalógusát tartalmazza. A programok adatait az intézmények illetékes vezetői küldték be a BME Híradástechnikai Elektronika Intézet felkérésére.

A kialakult szokásoknak megfelelően az elektronikus eszközökre, elektronikus áramkörökre, híradástechnikai berendezésekre és híradástechnikai rend-

szerekre vonatkozó programokat állítottuk össze. A programkatalógus a programokat a beérkezés sorrendjében közli.

A „Számítógép programok katalógusa, 1977” összeállításba azokat a programokat fogjuk felvenni, amelyeket 1978. január 31-ig a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetnek (1111 Budapest, Stoczek u. 2.) beküldenek.

Név	Tartalom	Programozási nyelv	Programozó	Tulajdonos intézmény, szakértő	Ismertetés elkészülésének dátuma
HKRRESIST	Ellenállások megbízhatósági vizsgálatának mérési eredményeiből statisztikai jellemzőket és meghibásodási rátákat határoz meg.	ICL System 4—50 FORTRAN IV	HIKI Áramkör és Alkatrész Vizsgálati Főosztály Váradi István	HIKI Balogh Albert Váradi István	HIKI Közleményei Különkiadás 1975. ápr. 4.
HKRKONDI1	Kondenzátorok megbízhatósági vizsgálatának mérési eredményeiből statisztikai jellemzőket és meghibásodási rátákat határoz meg.	ICL System 4—50 FORTRAN IV	HIKI Áramkör és Alkatrész Vizsgálati Főosztály Váradi István	HIKI Balogh Albert Váradi István	HIKI Közleményei Különkiadás 1975. ápr. 4.
HKTDKONV	REMIX gyártmányú digitál-analóg átalakítók típusvizsgálata mérési eredményeinek feldolgozása (linearitási hiba, differenciális linearitási hiba és azok eloszlása).	ICL System 4—50 COBOL	HIKI Áramkör és Alkatrész Vizsgálati Főosztály Váradi István	HIKI Göblös Imre Váradi István	
HKTKIERT2	REMIX W 9045 ellenállás-hálózat típusvizsgálati mérési eredményeinek értékelése (statisztikai jellemzők).	ICL System 4—50 COBOL	HIKI Áramkör és Alkatrész Vizsgálati Főosztály Váradi István	HIKI Göblös Imre Váradi István	
HKTERTMX1	HIKI gyártmányú TMX 18,8 csatornás multiplex kapcsoló típusvizsgálati mérési eredményeinek értékelése (statisztikai jellemzők).	ICL System 4—50 COBOL	HIKI Áramkör és Alkatrész Vizsgálati Főosztály Váradi István	HIKI Göblös Imre Váradi István	
MCS8	A program INTEL 8008 alapú mikroszámítógép és tetszőleges, de folyamatábrákkal leírható környezetének időhelyes szimulációját valósítja meg, különböző nyomkövetési lehetőségekkel.	JAS/M assembler (ODRA—1204)	BME Folyamat-szabályozási Tanszék Tagány György	BME Folyamat-szabályozási Tanszék Tagány György Lantos Béla	Az MCS8 szimulációs rendszer. Sokszorosított ismertető, 1976 (tanszéki belső anyag).

Beérkezett: 1977. III. 22.

Név	Tartalom	Programozási nyelv	Programozó	Tulajdonos intézmény, szakértő	Ismertetés elkészülésének dátuma
Microprogram Translator	Mikroprogramozott vezérlőegységek mikroprogramjainak előállítás a tervezendő vezérlő egység folyamatábrájának alapján.	MOSZT—2 (ODRA—1204)	BME Folyamat-szabályozási Tanszék László Zoltán	BME Folyamat-szabályozási Tanszék László Zoltán Arató Péter	László Zoltán: Számítógépes fejlesztő rendszer tervezése mikroprogramozott logikai hálózatokhoz. Egyetemi doktori értekezés, 1976
Tau-anal (Tau korrektor analízis)	Max. 13 tagú különböző sávközép frekvenciájú, másodfokú RF tau-korrektorlánc eredő futási idő karakterisztikája adott vivőfrekvencián felvett értékhez képest.	EMG 666 (simple)	Híradástechnika Szövetkezet Hajder Tibor Back András	Híradástechnika Szövetkezet Hajder Tibor	1977. január
RCAL	Szimulációs program a megismételt telefonhívásokhoz, hibaoktól függően kétféle kitartásfüggvénnyel és egyetlen szünetidő eloszlással.	CDC 3300 SIMULA	SZTAKI Knuth Előd	BHG dr. Gosztony Géza Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—070/75
RCT3	A fenti RCAL program továbbfejlesztett változata, hibaoktól függően 3 kitartásfüggvénnyel és 3 szünetidő eloszlással.	CDC 3300 SIMULA	KFKI Szabó Gábor	BHG dr. Gosztony Géza Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—077/76
ITE1	Állapotegyenletek megoldásán alapuló számítási módszer a megismételt hívásokhoz. Egyetlen kitartásértéket és ismétlési intenzitást tartalmaz.	CDC 3300 ALGOL HP 9100 B calculator	BHG Szentirmai Ferencné	BHG dr. Gosztony Géza Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—078/76
ITE2	A fenti ITE1 program továbbfejlesztett változata, hibaoktól függően 2 kitartásértékekkel és 2 ismétlési intenzitással.	CDC 3300 ALGOL FORTRAN R20 FORTRAN	BHG Szentirmai Ferencné Nagy Rozália	BHG dr. Gosztony Géza Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—078/76
DEXP	A szünetidő-eloszlás közelítése 2 exponenciális eloszlás súlyozott összegével.	CDC 3300 ALGOL	BHG Nagy Rozália	BHG Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—078/76
ITE3	Az ITE1 program továbbfejlesztése, mely 2 ismétlési intenzitást tartalmaz, melyeket a DEXP segítségével számíthatunk ki, a kapott súlyozó tényező pedig a kétféle intenzitás előfordulási gyakoriságait mutatja.	CDC 3300 FORTRAN	BHG Nagy Rozália	BHG dr. Gosztony Géza Nagy Rozália	Vizsgálati jelentés a Posta Kísérleti Intézet számára VJ—078/76

Név	Tartalom	Programozási nyelv	Programozó	Tulajdonos, intézmény, szakértő	Ismertetés elkészülésének dátuma
THM1	Táv hírvó hálózat méretezése gazdasági optimumra. A program a forgalmi és költség-adatok ismeretében meghatározza a szükséges vonalnyalábok számát.	R-20 FORTRAN	BHG Dénes Tibor	BHG Horváth Gyula	—
BOVBFKR	A Boole-függvényeket kezelő programrendszer kibővítése újabb műveletek bekapcsolásával: minimalizálás, egyszerűsítés, konstans helyettesítés, függvényérték-kiszámítás, szuperpozíció, egyszeres Boole-differencia.	FORTRAN	MTA SZTAKI dr. Pásztor Endréné Matavovszky Tibor Ivics József	MTA SZTAKI dr. Pásztor Endréné	Belső felhasználási leírás
GICCS	A nyomtatott áramkörüi kártyák huzalozási rajzának módosítására, javítására szolgáló interaktív grafikus program. A GD 71/T rendszerre készült.	TAL	MTA SZTAKI Kerestély Domokos Tolnay-Knefély Tibor	MTA SZTAKI Kerestély Domokos Tolnay-Knefély Tibor	GICCS Felhasználói leírás, MTA SZTAKI Digitális Technika Oszt.
PP	A nyomtatott áramkörüi kártyák gyártását kiszolgáló ADMAP (fotofej, rajzolófej és fúrófej), valamint a Mark Century NC fúrógép postprocessora.	R10 ASS (Operációs rendszer: OSCAR és IDOS) TPA70 TAL	MTA SZTAKI Vincze Árpád	MTA SZTAKI Vincze Árpád	Felhasználói leírások, MTA SZTAKI
TESTAL fordítóprogram	Feladata: előállítani egy szerelt áramkörüi kártya vizsgálóprogramjának teljes TESTAL nyelvű leírását tartalmazó disk file-ból egy TESTOMAT—C gépi kódú programfile-t. A fordítóprogram R-10 gépen OSCAR alatt, mint postprocessor program, valamint IDOS alatt, mint SLAVE módú zárt program futtatható. Memóriaigénye 1A 0 0 byte.	MITRAS ASSEMBLER	MTA SZTAKI Szlávik Lajos	MTA SZTAKI Szlávik Lajos	TESTAL OP. MANUAL 1976.
LIDI	Olyan adatbázis-kezelő rendszer, amelyben a kezelt információ tetszés szerinti struktúrájú irányított gráf és amelybe ilyen információt használó tetszésszerűtípi alkalmazási programok bekapcsolhatók.	FORTRAN	MTA SZTAKI dr. Fidrich Ilona Szomor Pál	MTA SZTAKI dr. Fidrich Ilona Szomor Pál	MTA SZTAKI Tanulmányok 1974/16 CAD Seminar 1976. nov. 3—5.

Név	Tartalom	Programozási nyelv	Programozó	Tulajdonos intézmény szakértő	Ismertetés elkészülésének dátuma
TAPMAP	ADMAP—2 rajzgé- pen digitalizált nyom- tatott huzalozás rajz- gépvezérlő lyuksza- lagját készíti el.	FOKAL 16 KE	BME dr. Illyefalvi- Vitéz Zsolt	BME dr. Szilágyi Miklós	
TAPNEG	ADMAP—2 rajzgé- pen digitalizált nyom- tatott huzalozás rajz- gépvezérlő lyuksza- lagját készíti el, x tengelyre való tükrö- zéssel.	FOKAL 16 KE	BME dr. Illyefalvi- Vitéz Zsolt	BME dr. Szilágyi Miklós	
TESTOP—10	A program max. 96 érintkezős TTL áram- köröket tartalmazó logikai kártyák mérés- ére és diagnosztizálá- sára szolgál. A mérést TESTOMAT—C típu- sú mérőautomata vég- zi. A méréshez szük- séges adatokat a Siemens gépen futó TGP—1 vagy TEST- PROCESSOR progra- mok szolgáltatják.	R10 assembler	SZKI Paczolay Éva Tóth Zsuzsa	OMFB	TESTOP—10 Programozói kézi- könyv 1976.
TR—TN75	TRANZ—TRAN 2 áramanalízis program tranzienst analízis szegmenssel kibővít- ve. Áramköri modu- lok és aktív eszközök — funkciójában bőví- tett — alternatív pe- riferiális tárolású ka- talogus és modulára.	ICL System 4—50 FORTRAN IV.	BME Elektronikus Eszk. Tszk. dr. Székely Vladimir dr. Tarnay Kálmán Rencz Márta HIKI Bencsáth Péter	HIKI Bencsáth Péter	TRAN — TRAN Nemlineáris Áram- köranalízis Prog- ram ICL—Fortran változat, Használa- ti utasítás, 1976. HIKI/BME—EET
HKSCATTER	Nagyfrekvenciás ak- tív és passzív hálóz- atok átvitelét előírt frekvencia ponton- ként, reflexiós mátrix — bázison, négypólus paraméterekkel szá- mító program.	ICL System 4—50 FORTRAN IV.	HIKI Bencsáth Péter	HIKI Bencsáth Péter	Felhasználói leírás és beszámoló jelen- tés 1976.
ERZ	A program különböző aktív RC áramkörök transzfer függvényei alapján az áramköri elemekre vonatkozta- tott több paraméteres érzékenység várható értékét számolja sta- tisztikai változók se- gítségével, egy adott frekvenciasávban, vá- lasztható jósági té- nyező és kovariancia mátrix függvényében.	ICL System 4—50 FORTRAN IV.	HIKI Bencsáth Péter	HIKI Bencsáth Péter	Felhasználói leírás és beszámoló jelen- tés, 1976; HIKI Közlemények, 1977 (megjelenés alatt)
ODANEL	Adott beruházási ösz- szeg felosztása hipote- tikus hálózati síkok között úgy, hogy egy erlang forgalom átvi- telére eső költség mi- nimális legyen.	OS/8 BASIC—PDP	PKI Sallai Gyula	PKI Sallai Gyula Lajtha György	Adott összeg opti- mális felosztása há- lózati síkok között c. programleírás

Név	Tartalom	Programozási nyelv	Programozó	Tulajdonos intézmény, szakértő	Ismertetés elkészülésének dátuma
HAMAS 76 (RE0017) Táv- közlő hálózat használhatósága	Kerülőutas irányítású távbeszélő hálózatok veszteségi, ill. hasz- nálhatósági analízise, az egyes viszonylatok forgalmának előzetes becslése alapján.	OS/8 BASIC PDP	PKI Peregi Zsolt BME HEI Jereb László Farkas György	PKI Peregi Zsolt Nándorfi Gyuláné BME HEI Jereb László	A távközlő hálózat használhatósága. Módosított prog- ramrendszer. Dip- lomaterv. BME— HEI 1976.
LOCEX—DMC	Programcsomag táv- beszélő központ he- lyének optimális meg- határozására egy ki- jelölhető tápterületen a csillapításterv és az igények időbeli válto- zásának jelentérték- ben való figyelembe- vételével.	OS/8 BASIC PDP	PKI Merényi Ágota	PKI Merényi Ágota Sallai Gyula	Hálózattervezési programok '76 c. tanulmány
NESTRA Hálózat struk- túra vizsgálat (RE0023)	Kerülőutas távközlő hálózatok felső két síkja különböző lehet- séges forgalmi struk- túráinak gazdasági összehasonlítása az áramkörnyalábok op- timális forgalmi mére- tezésével.	OS/8 BASIC PDP	PKI Dely Zoltán	PKI Dely Zoltán Sallai Gyula	Hálózat struktúra vizsgálat c. prog- ramleírás
MARS	Moduláris Áramköri Rendszer Szimulációs Program	ALGOL—1204	BME—HEI Pongor György	BME—HEI Tassi Gézáne dr. Pongor György	Felhasználói leírás. 1976. szept. 15.
ANATOL	Nagyváltozású érzé- kenység számítása az áramköri paraméter ismert megváltozásá- hoz.	ALGOL RAZDAN 3, ESZK	BME—HEI Sieranski Marek	BME—HEI Gefferth László	Diplomaterv, 1976.
BERTOLD	Nagyváltozású érzé- kenység számítása Butler értelmezése szerint; a hálózat- függvény előírt tole- rancijához az áram- köri paraméterek megváltozott értéké- nek meghatározása.	ALGOL, RAZDAN 3, ESZK	BME—HEI Sieranski Marek	BME—HEI Gefferth László	Diplomaterv, 1976.

Vivő-szinkronizáló módszerek tulajdonságainak összehasonlítása digitális fázismoduláció (PSK) esetén

ETO 621.395.44.072.9:621.376.4

Koherens információközlő rendszerekben a vevőoldalon szükséges referenciajelek előállítására, azaz vivő-, szimbólum- (bit-) szinkronizálásra gyakran alkalmaznak fáziszárt rendszereket, különösen akkor, amikor a rádiócsatornán történt áthaladás során megváltozott (és időben változó) jelparaméterek leutánzása (követése) a cél. Pontos szinkronizálás természetesen még zajmentes esetben sem lehetséges, zajos esetben pedig maguk a referenciajelek is zajosak, s ez a körülmény a demodulálás jóságát (digitális rendszerekben a hibavalószínűséget, analóg rendszerekben pedig pl. a kimeneti jel-zaj viszonyt) befolyásolja. Ennek vizsgálata képezi jelen munka tárgyát, két- és négyszintű digitális fázismoduláció (PSK) esetén.

Jelölések

α	a hurok jel-zaj viszonya,
B_L	ekvivalens hurok-zajsávzsélesség,
B_i	bemeneti sávzsélesség,
b	relatív hurok sávzsélesség: az $1/T_0$ bemeneti sávzsélesség és a hurok-zajsávzsélesség viszonya,
D_φ^2	$= E(\varphi - E\varphi)^2$ a fázis varianciája,
E	a statisztikus átlagolás jele,
k	a teljesítménymegosztásra jellemző tényező: a moduláló és a teljes teljesítmény viszonya,
$m(t)$	a moduláló jel,
$\tilde{m}(t)$	a moduláló jel becslése,
$n(t)$	bemeneti additív zaj,
$p(\varphi)$	φ valószínűség-sűrűségfüggvénye,
P, P_m, P_v	teljes, moduláló és vivőteljesítmény,
Pr	valószínűség,
$P_e, \bar{P}_e$	hibavalószínűség, átlagos hibavalószínűség,
R	bemeneti jel-zaj viszony digitális modulációnál: a jelteljesítmény és az $1/T_0$ sávzsélességben bejövő zaj hányadosa,
$s(t)$	a bemenőjel,
σ_φ	a Gauss-eloszlás szórása.

1. PSK-jelek demodulálása, szinkronizálási feladatok

Digitális fázismodulációnál az

$$s(t) = \sqrt{2A} \cos[\omega_0 t + \Theta_i(t) + \Theta_0] \quad (1)$$

bemenőjel fázisa felel meg a szimbólumkészlet elemeinek:

$$\Theta_i(t) = \frac{2\pi}{M} (i-1); \quad i = 1, 2, \dots, M; \quad t_k \leq t \leq t_k + T_0, \quad (2)$$

ahol $M=2$ bináris fázismoduláció, BPSK esetén és $M=4$ négyállapotú fázismoduláció, QPSK esetén.

Az optimális döntési eljárás alapegyenlete bináris PSK-ra a következő (l. pl. [1, 2]):

$$\frac{1}{2\pi N_0} \int_0^{T_0} y(t) [s_1(t) - s_0(t)] dt + \frac{E_0 - E_1}{4\pi N_0} \geq 0, \quad (3)$$

$$\text{ahol } y(t) = s(t) + n(t) \quad \text{és} \quad E_0 = \int_0^{T_0} s_0^2(t) dt,$$

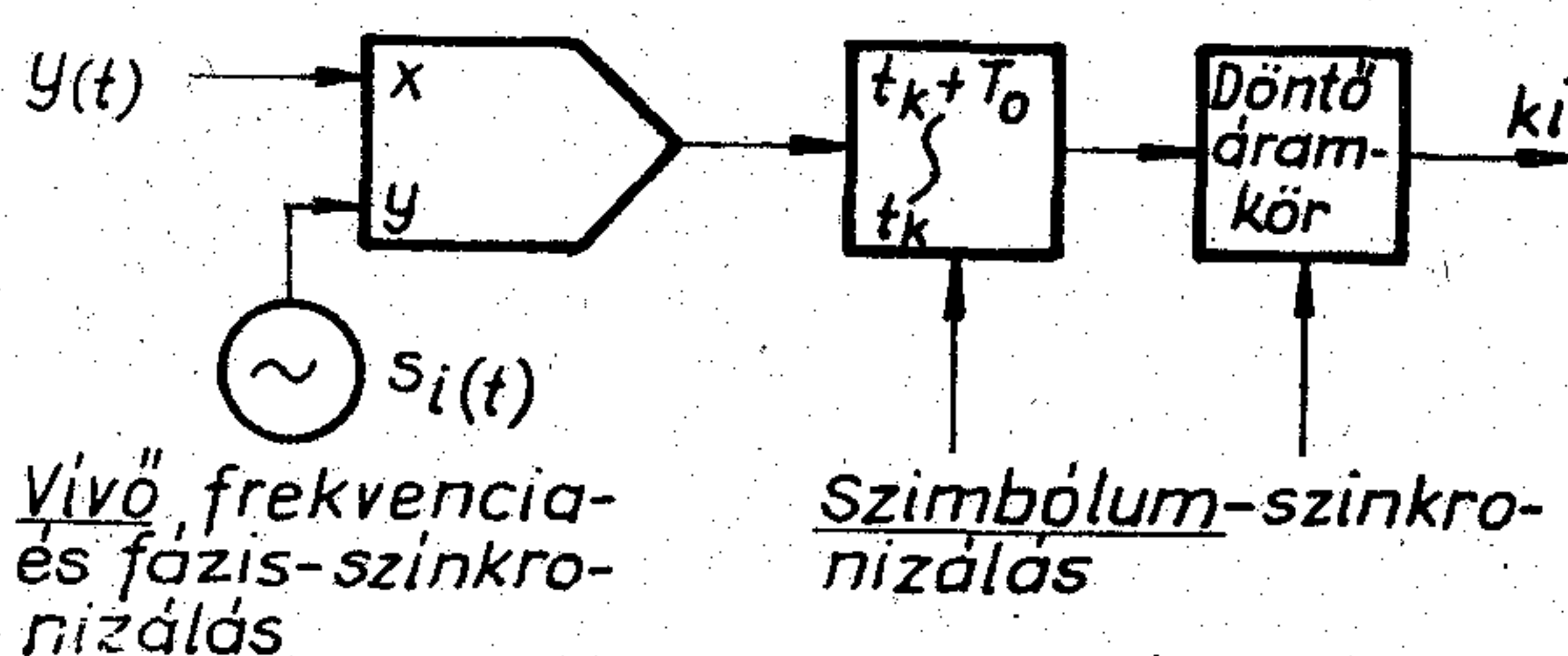
$$E_1 = \int_0^{T_0} s_1^2(t) dt \text{ a jelek energiái, } N_0 \text{ pedig a zaj egy-}$$

oldalassal spektrális sűrűsége.

Az algoritmus ebben az esetben ismert módon korrelátorral (általános esetben több korrelátorral) valósítható meg, s ebben az esetben szükség van a vivő- és szimbólumperiodicitás pontos ismeretére a vevőoldalon (koherens demodulálás). Ennek gyakorlati közelítésére szinkronizálási feladatokat kell ellátni (kvázikoherens demodulálás), amelyeket az 1. ábrán illusztráltunk [3].

Mivel a legtöbb esetben a szinkronizálási feladatok mint a jel megváltozott paramétereinek a leutánzása merülnek fel, a szinkronizálás követő rendszerekkel valósítható jól meg. A [4]-ben ismertetett alapvető fáziszárt rendszerek mind vivő-, mind szimbólum-szinkronizálásra alkalmasak. Az összetettebb fáziszárt rendszerek (döntésvisszacsatolt hurok és kombinációja a Costas-hurokkal) egyúttal jól közelítik a véletlen frekvenciájú és fázisú PSK-jel optimális vételi algoritmusát additív gaussi zajban [2, 5, 6, 7].

A nem ideális szinkronizálás hatását a demodulálás jóságára sokan vizsgálták. A munkák egy része a statikus hibák, így pl. a vivőfrekvencia eltérésének és az elemjel-átmenetek pontatlan ismeretének együttes hatásával foglalkozik [8]. A publikációk másik része azzal a gyakorlatilag sokszor fontos esettel foglalkozik, amikor a vevőoldalon előállított referenciajelek zajossága rontja a vétel minőségét [9, 10].



H 511-SC1

1. ábra. Koherens demodulálás, szinkronizálási feladatok

A vétel minőségét meghatározó tényező a hibavalószínűség, amely bináris esetben a

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{R} \quad (4)$$

összefüggésből, négyállapotú esetben pedig a

$$P_e = \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{R}{2} - \frac{1}{4} \operatorname{erfc}^2 \sqrt{\frac{R}{2}}} \quad (5)$$

összefüggésből számítható [1] koherens demodulálás (ideális szinkronizálás) esetén. Adott φ vivő- és τ szimbólum-szinkronizálási hiba esetén a hibavalószínűség nyilván ezek függvénye:

$$P_e = f(R, \varphi, \tau). \quad (6)$$

Zaj esetén ezek a fázishibák véletlen mennyiségek, és a vétel minőségére — az ideális esethez képesti romlás mértékére — alkalmas jellemzőként kínálkozik az átlagos hibavalószínűség, azaz a hibavalószínűség φ és τ statisztikája szerinti várható értéke [5]:

$$\bar{P}_e = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-T_0}^{T_0} P_e(\varphi, \tau) p(\varphi, \tau) d\varphi \cdot d\tau. \quad (7)$$

Megjegyezzük, hogy az átlagos hibavalószínűség mellett a gyakorlati tervezés során gyakran nagyobb hasznát lehet venni más jellemzőknek. Így pl. megadhatjuk annak a valószínűségét, hogy a hibavalószínűség egy alkalmasan megválasztott küszöbszintet meghalad. Ez az érték:

$$P_r\{P_e > P_{ek}\} = P_r\{|\varphi| > \varphi_k\} = 1 - 2F_\varphi(\varphi_k), \quad (8)$$

ahol φ_k az

$$\frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{R} \cos \varphi_k) = P_{ek} \quad (9)$$

vagy az

$$\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{R}{2}} \cos \varphi_k\right) - \frac{1}{4} \operatorname{erfc}^2\left(\sqrt{\frac{R}{2}} \cos \varphi_k\right) = P_{ek} \quad (10)$$

feltételből adódó küszöb-fázishiba (F_φ -vel φ eloszlásfüggvényét jelöltük).

Visszatérve a számításaink, ill. összehasonlításaink alapjául kiválasztott átlagos hibavalószínűsége, a (7) képlet akkor érvényes, ha a vivő fázishibája lassan változik, azaz egy szimbólumnyi idő alatt közel konstans. Ez egyébként a gyakorlati esetek többségében teljesül, hiszen ehhez az kell, hogy a vivőszűrő — legyen az lineáris szűrő vagy valamilyen fáziszárt szinkronizáló rendszer — sáv szélessége kisebb legyen a bemeneti sáv szélességnél. Egyéb esetek (gyorsan vagy mérsékelten változó fázishiba) vizsgálatára [6]-ban találunk közelítő módszereket és eredményeket.

A vivő- és szimbólum-szinkronizálási hiba együttes hatásának meghatározására a [7] összefüggésnek megfelelően az együttes sűrűségfüggvényt kell meghatározni. Kimutatható [5], hogy akár azonos forrásból származnak, akár függetlenek ezek a referenciajelek, az együttes romlás nem nagyobb mértékű, mintha csak a vivő-szinkronizálási hibát vennénk figyelembe.

Munkánkban ennek megfelelően a nem ideális vivő-szinkronizálás hatásának vizsgálatát tűztük ki célul.

Korábbi hasonló számítások, ill. összehasonlítások nem terjedtek ki BPSK-nál a döntésvisszacsatolt hurokra, ill. a QPSK-ra [5, 6, 11]. Referenciaként a koherens demodulálással adódó legkisebb hibavalószínűség szolgálhat, de összehasonlításként célszerű a differenciális fázismoduláció inkohere (késleltetési) demodulálásakor adódó hibavalószínűséget is feltüntetni, mivel ekkor vivő-szinkronizálásra elvileg nincs szükség. Itt azonban [11]-gyel ellentétben figyelembe vesszük, hogy a szimbólum-szinkronizálási és késleltetési hiba hatására — a vizsgált kvázinkohere eljárásokkal összevethető körülmények között — a hibavalószínűség rosszabb az ideális esetben.

2. A linearizált PLL modellek alkalmazása

Számításainkban a fázis sűrűségfüggvényét a normális eloszlás sűrűségfüggvényével fogjuk közelíteni. Az egzakt, nemlineáris vizsgálatból adódó összefüggések számítástechnikailag is nehezen kezelhetők, különösen igaz ez a döntésvisszacsatolt hurok esetére. Lényegesebb azonban az az indok, hogy a gyakorlati esetekben általában jó közelítés is ez a modell, hiszen kisebb hurok jel-zaj viszonynál a fáziszár elvesztésének valószínűsége lenne túl nagy.

A gaussi közelítés további indoklásra szorul az elnyomott vivőt helyreállító hurok esetén, amikor a hurok előtt nemlinearitást találunk. Ilyenkor a zaj a hurok szűrő bemenetén természetesen nem gaussi, azonban azzal jól közelíthető, ha a hurok sáv szélessége kicsi a nemlineáris elemet megelőző sáv szélességhez képest.

Szintén a gyakorlati rendszerekkel szembeni követelményekből indulunk ki második feltételezésünkkel, nevezetesen hogy a hurok kezdeti frekvenciakülönbsége olyan kicsi, hogy a fázis várható értéke közel zérus. Ezzel természetesen megfelelő frekvencia-bebecslési eljárásokat tételezünk fel [5].

Ezek után a számításokhoz mindössze a fázis varianciájára van szükség. Egyszerű fáziszárt huroknál ez a hurok jel-zaj viszony reciproka, négyzetreemeltő- és Costas-huroknál is jól ismertek az eredmények [5, 6], BPSK-ra a

$$D_\varphi^2 = \frac{B_L}{B_m \cdot R} \left(1 + \frac{1}{R}\right) \quad (11)$$

képlet, míg négyállapotú PSK, megfelelően negyedfokú nemlinearitást tartalmazó hurok, ill. megfelelően módosított Costas-hurok esetén a

$$D_\varphi^2 = \frac{B_L}{B_m \cdot R} \left(1 + \frac{9}{2R} + \frac{6}{R^2} + \frac{16}{R^3}\right) \quad (12)$$

képlet adja meg a fázis varianciáját. A döntésvisszacsatolt hurokban a fázis varianciáját [4]-ben határoztuk meg. Eszerint bináris esetben a

$$D_\varphi^2 = \frac{B_L N_0}{P(1 - 2P_e)} \quad (13)$$

összefüggés érvényes, ahol P_e (4) szerinti, négyállapotú esetben pedig a

$$D_\varphi^2 = \frac{B_L N_0}{P(1 - 2P_e')} \quad (14)$$

összefüggés, ahol

$$P'_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{R}{2}}. \quad (15)$$

3. A hibavalószínűség számítása

3.1. Pilot-vivős eset

Vivó-szinkronizálásra az egyik lehetőség modulálatlan vivőkomponens kisugárzása és egyszerű fáziszárt hurok alkalmazása a vevőben. Mivel az adóteljesítmény sokszor kötött tervezési paraméter, fontos az a kérdés, hogyan célszerű azt megosztani a modulálatlan vivőkomponens és a modulációs tartalom között. Intuitíve is belátható, hogy létezik egy optimális arány, amely adott bemenő jel–zaj viszony esetén a legkisebb átlagos hibavalószínűséget adja. Számszerű eredményekhez numerikus módszerek alkalmazásával jutunk [10, 12], esetleg analitikus-grafikus módszerek vezetnek célhoz [13].

Az átlagos hibavalószínűség [5]-nek megfelelően a következő összefüggésből határozható meg:

$$\bar{P}_e = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left(-\frac{\varphi^2}{2\sigma_\varphi^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{2R_0} \cos \varphi\right) d\varphi, \quad (16)$$

ahol $\sigma_\varphi^2 = \frac{1}{\alpha}$ a fáziszaj varianciája adott hurok jel–zaj viszonyánál, R_0 a P_m modulációs teljesítménynek megfelelő jel–zaj viszony.

A teljes adóteljesítmény konstans értéken való tartása mellett a modulációs tartalomra $P_m = k \cdot P$, szinkronizálásra $P_v = (1-k)P$ teljesítmény jut, ahol $k = P_m/P$ a teljesítmény megosztására jellemző tényező. Eszerint $R_0 = k \cdot R$, $\alpha = b(1-k)R$, ahol b a bemeneti sáv szélesség és a fáziszárt hurok sáv szélességének viszonya.

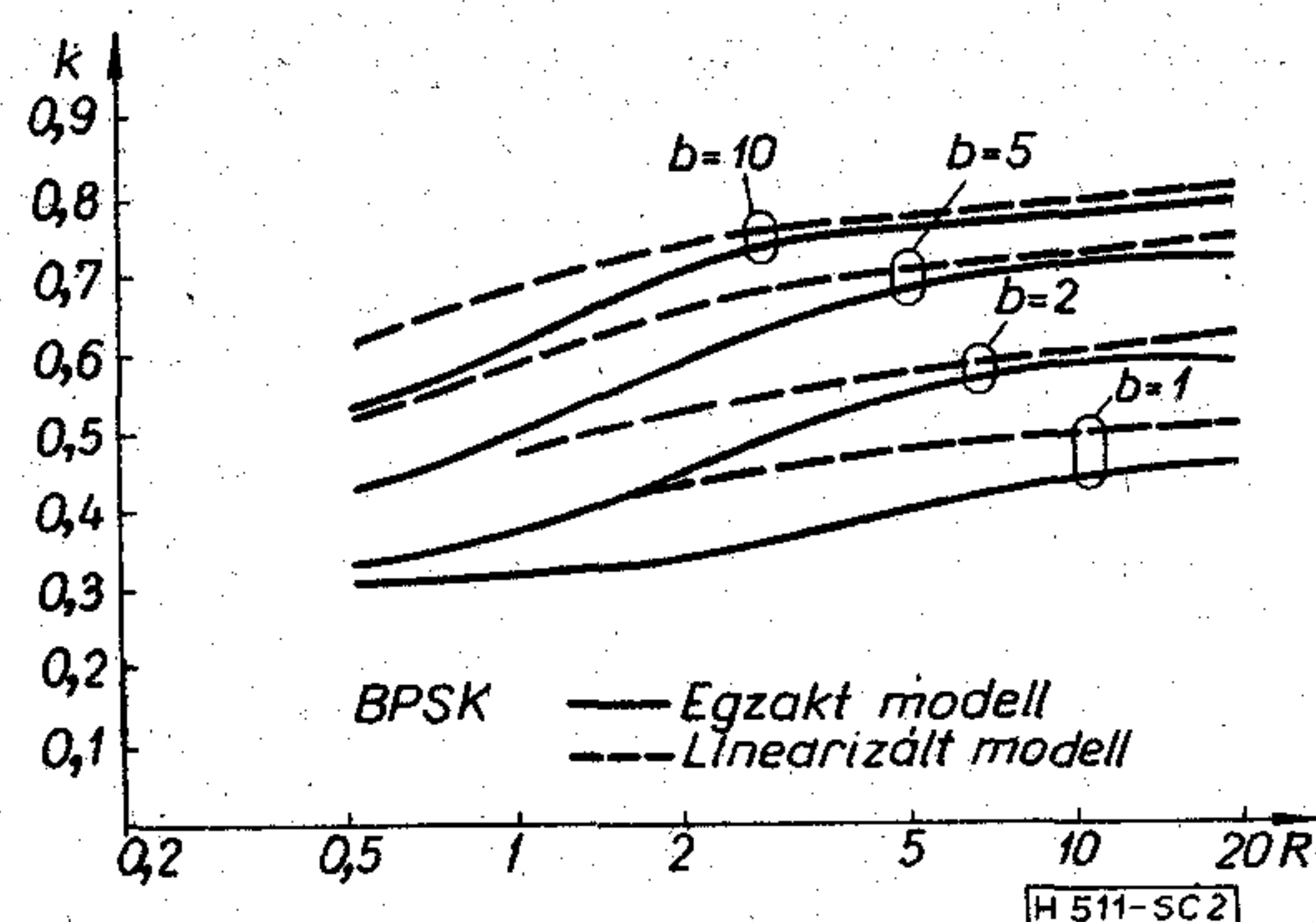
Érdekes számunkra a legkisebb átlagos hibavalószínűséget adó (optimális) k tényező meghatározása a bemenő jel–zaj viszony függvényében, különböző relatív hurok-sáv szélesség esetén. A k szerinti minimumkeresés a (16) összefüggés alapján analitikusan nem végezhető el vagy legalábbis csak addig, amíg táblázatos függvényekhez nem jutunk, s úgyis grafikus vagy numerikus módszerekre van szükség [13]. A legegyszerűbb út ezért a fenti kifejezés numerikus integrálása és az optimum meghatározása.

A gépi számítások során az erfc függvényre és a módosított Bessel-függvényekre [14]-ben, ill. [15]-ben közölt approximációs polinomokon alapuló eljárásokat, valamint Simpson-integráló eljárást használtunk fel. A számítások eredményeképpen a minimális hibavalószínűségnek megfelelő, optimális k értéket az R paraméter függvényében a 2. ábrán tüntettük fel. Ábrázoltuk az összehasonlítás kedvéért az egzakt vizsgálatból adódó

$$p(\varphi) = \frac{\exp(\alpha \cos \varphi)}{2\pi I_0(\alpha)} \quad (17)$$

ún. Tihonov-sűrűségfüggvény [16] felhasználásával elvégzett számítás eredményét is.

Megfigyelhető, hogy növekvő R esetén a teljes adóteljesítmény egyre nagyobb része fordítható a modu-



2. ábra. Optimális teljesítménymegosztás, BPSK

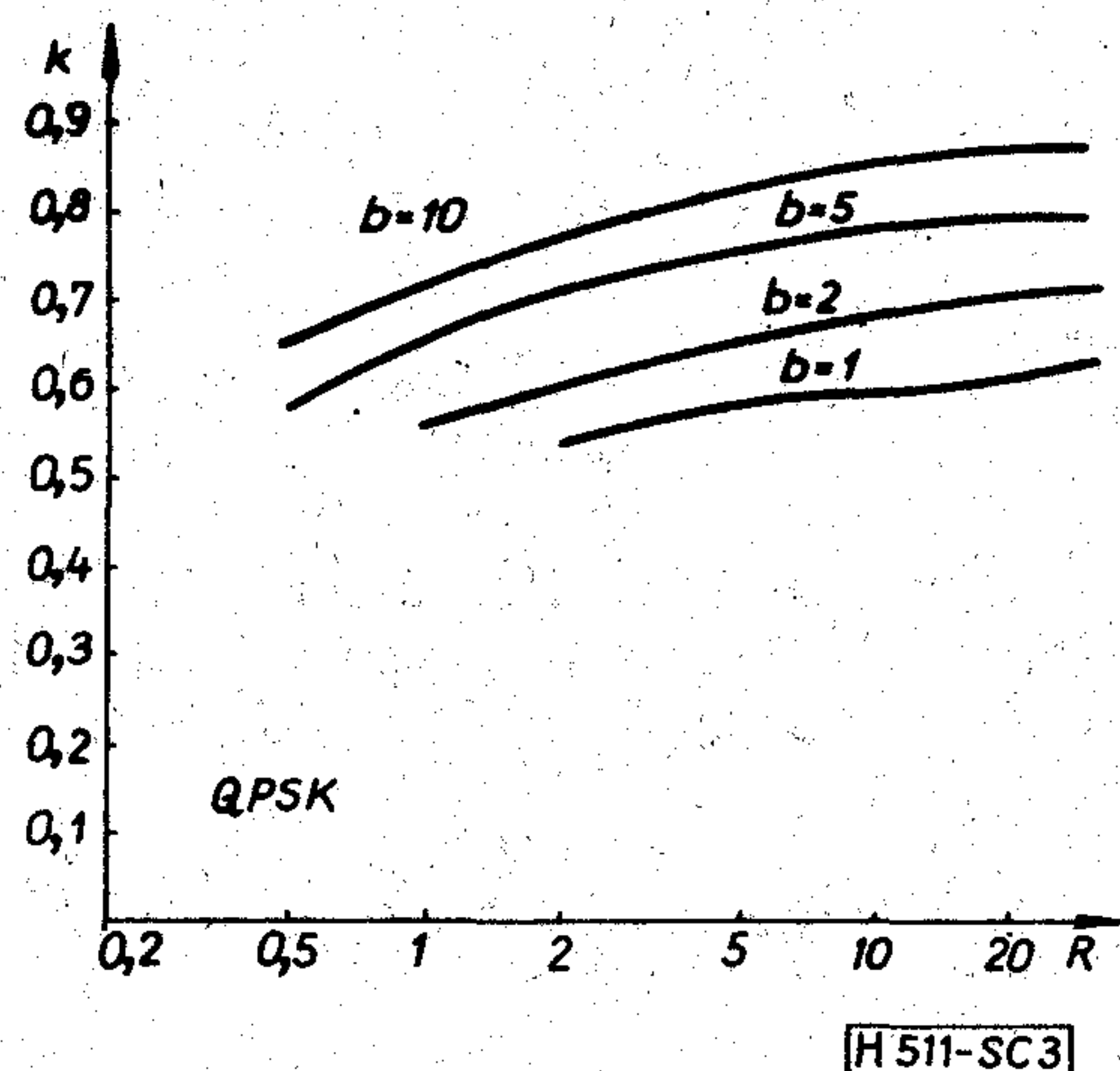
lációs tartalomra, mivel a szinkronizálás minősége egy adott jel–zaj viszony elérése után már nem befolyásolja a hibavalószínűséget. Triviális továbbá, hogy a k tényező növelésével is hasonló a helyzet. Az egzakt és a linearizált modellekből kapott eredményeket összehasonlítva, látható, hogy kis R és/vagy kis b esetén az eltérés számottevő (a gaussi modell nem jó közelítés), ellenkező esetben az eltérés nem jelentős. Az átmenet 5...10 körüli hurok jel–zaj viszony értékeknél következik be, ami jól megfelel annak a korábban már idézett számítási és mérési eredménynek, amely szerint a gaussi sűrűségfüggvény kb. ekkora hurok jel–zaj viszony felett tekinthető jó közelítésnek.

Az optimális teljesítménymegosztásnak megfelelő átlagos hibavalószínűséget hasonlítjuk össze a későbbiekben az elnyomott vivős hurokok alkalmazásánál adódóval.

Négyállapotú moduláció (QPSK) esetére az optimális teljesítménymegosztás és az ennek megfelelő hibavalószínűség (10) felhasználásával a következő összefüggésből határozható meg:

$$\bar{P}_e = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left(-\frac{\varphi^2}{2\sigma_\varphi^2}\right) \left\{ \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{R_0}{2}} \cos \varphi\right) - \frac{1}{4} \left[\operatorname{erfc}^2\left(\sqrt{\frac{R_0}{2}} \cos \varphi\right) \right] \right\} d\varphi. \quad (18)$$

Az optimális k tényezőt a 3. ábrán tüntettük fel, amely jellegre megegyezik a bináris esettel.



3. ábra. Optimális teljesítménymegosztás, QPSK

3.2. Costas- és döntésvisszacsatolt hurok

Az átlagos hibavalószínűséget most is (4), ill. (5) felhasználásával számíthatjuk ki. Most azonban a modulációs tartalomra jut a teljes adóteljesítmény ($R' = R$), és a (16)–(18) képletekben $\alpha = b \cdot R$.

3.3. Hibavalószínűség DPSK-nál

Differenciális fázismoduláció inkohere demodulálásakor a hibavalószínűséget az alábbi képletek adják meg. Bináris esetben [17]:

$$P_e = \frac{1}{2} \exp(-R) \quad (19)$$

érvényes, többszintű modulációnál általában nincs lehetőség zárt alakban való megadásra [6], azonban négyállapotú esetben [18]-ban találunk egy összefüggést, amely $R \geq 5$ -re jó közelítés, általában pedig felső korlát:

$$P_e \cong \operatorname{erfc} \frac{R}{\sqrt{2(1+2R)}} \quad (20)$$

A fenti összefüggések pontos késleltetésre és szimbólum-szinkronizálásra vonatkoznak. Ezek hibája hasonló módon befolyásolja a vétel minőségét, mint a vivő szinkronizálási koherens demodulálásnál. Ezt mutatjuk meg röviden az alábbiakban.

Az egyik lehetséges módszer szerint tételezzük fel, hogy szimbólum-szinkronizálásra Costas- vagy négyzetreemelő hurkot használunk, és a kapott referencia-jellel vezéreljük a késleltető áramkört (4. ábra).

A nem ideális szinkronizálás következtében fellépő ΔT_0 késleltetési hiba úgy hat, mintha — koherens demodulálásnál — $\varphi = \omega_v \Delta T_0$ fázishibával kellene számolnunk. Bevezetve a $\tau = \frac{\Delta T_0}{T_0}$, $K = \omega_v \frac{2\pi}{T_0}$ jelöléseket, τ eloszlását gaussianak feltételezve, az átlagos hibavalószínűség bináris esetben a következő lesz:

$$\bar{P}_e = \frac{1}{2} \int \exp(-R \cos^2 2\pi K \tau) \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_\tau} \exp(-\tau^2/2\sigma_\tau^2) d\tau \quad (21)$$

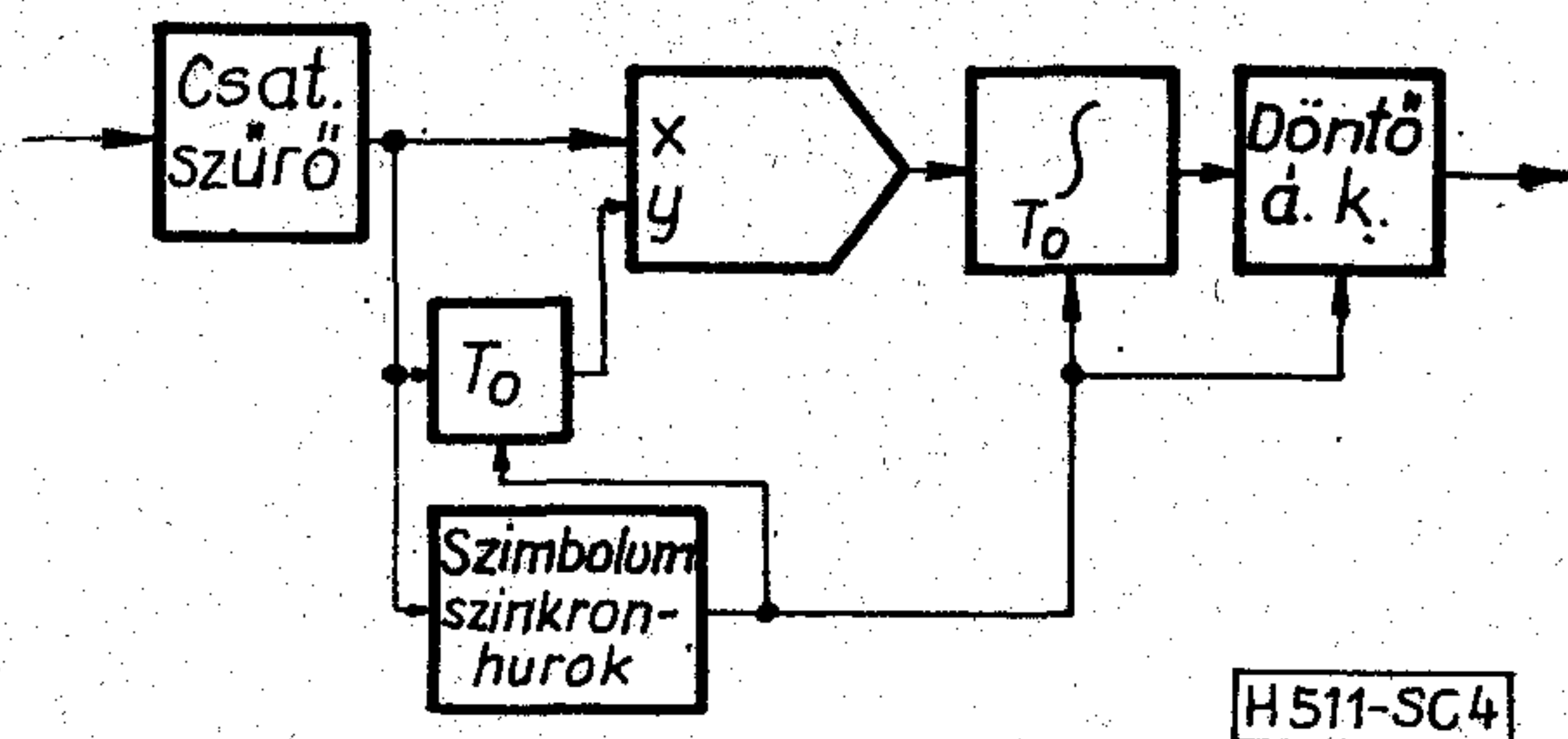
A koherens demodulálásnál alkalmazott vivőkövető hurkokénak a szimbólum-szinkronizáló hurok sáv-szélessége K -ad része lehet, összehasonlítható feltételek mellett. Így σ_τ K -ad része a megfelelő σ_φ varianciának, azonban, mint az a (21) képletből látható, a τ szimbólum-szinkronizálási hibát úgy is figyelembe vehetjük, hogy a φ vivő-fázishibával számolunk:

$$\bar{P}_e = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \exp(-R \cos^2 \varphi) \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_\varphi} \exp(-\varphi^2/2\sigma_\varphi^2) d\varphi, \quad (22)$$

ahol σ_φ^2 a négyzetreemelő típusú hurkokra jellemző (11) érték. Hasonlóképpen négyszintű differenciális fázismoduláció esetén, (20)-nak megfelelően:

$$\bar{P}_e = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_\varphi} \int_{-\pi}^{\pi} \operatorname{erfc} \frac{R \cos^2 \varphi}{\sqrt{2(1+2R \cos^2 \varphi)}} \exp(-\varphi^2/2\sigma_\varphi^2) d\varphi, \quad (23)$$

ahol σ_φ^2 a (12) képletből számolható.



4. ábra. DPSK demodulálás

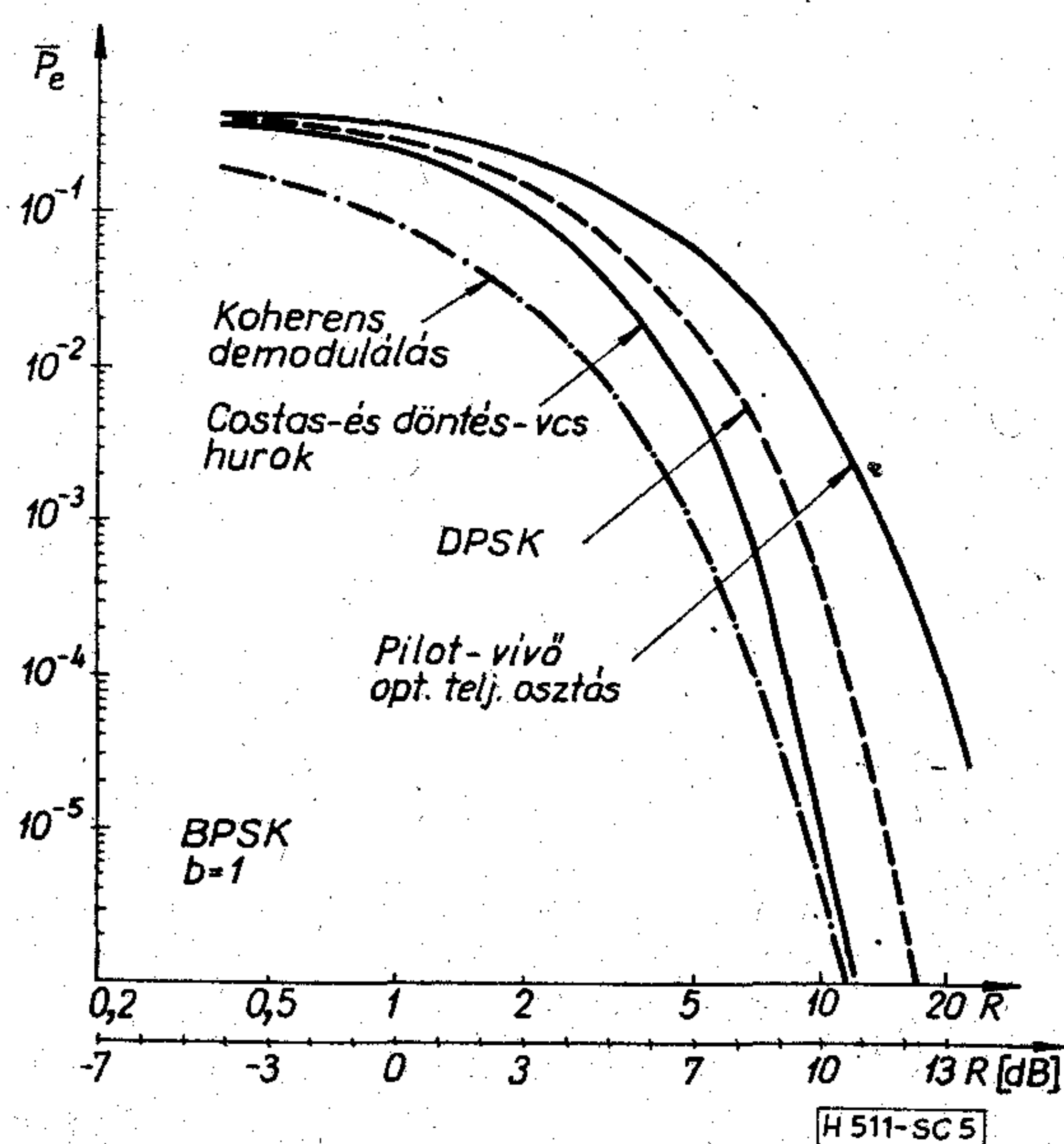
Az integrátor és a döntő áramkör időzítésének hibája — az 1. pontban mondottaknak megfelelően — itt is elhanyagolható.

4. Az eredmények összehasonlítása

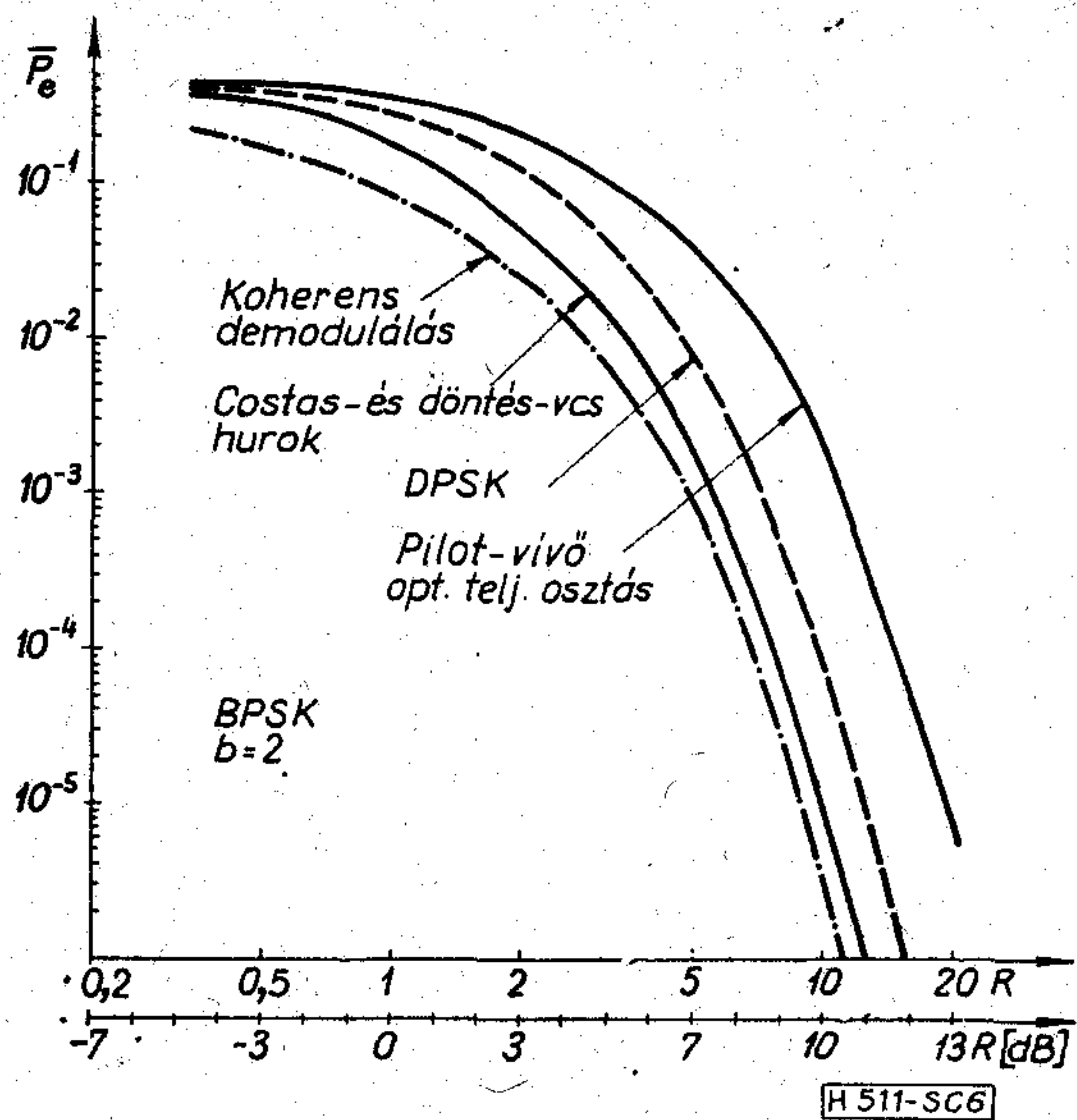
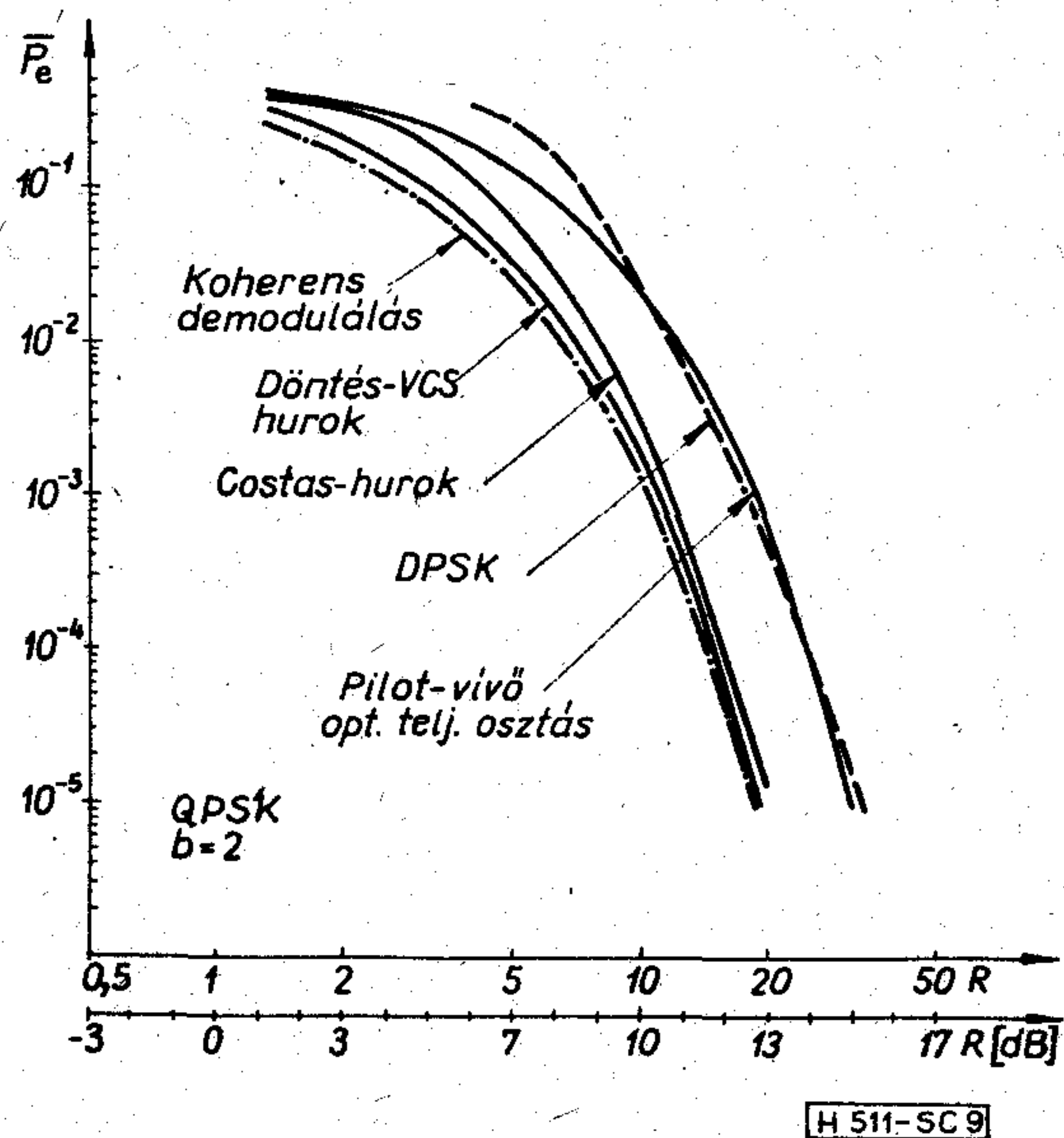
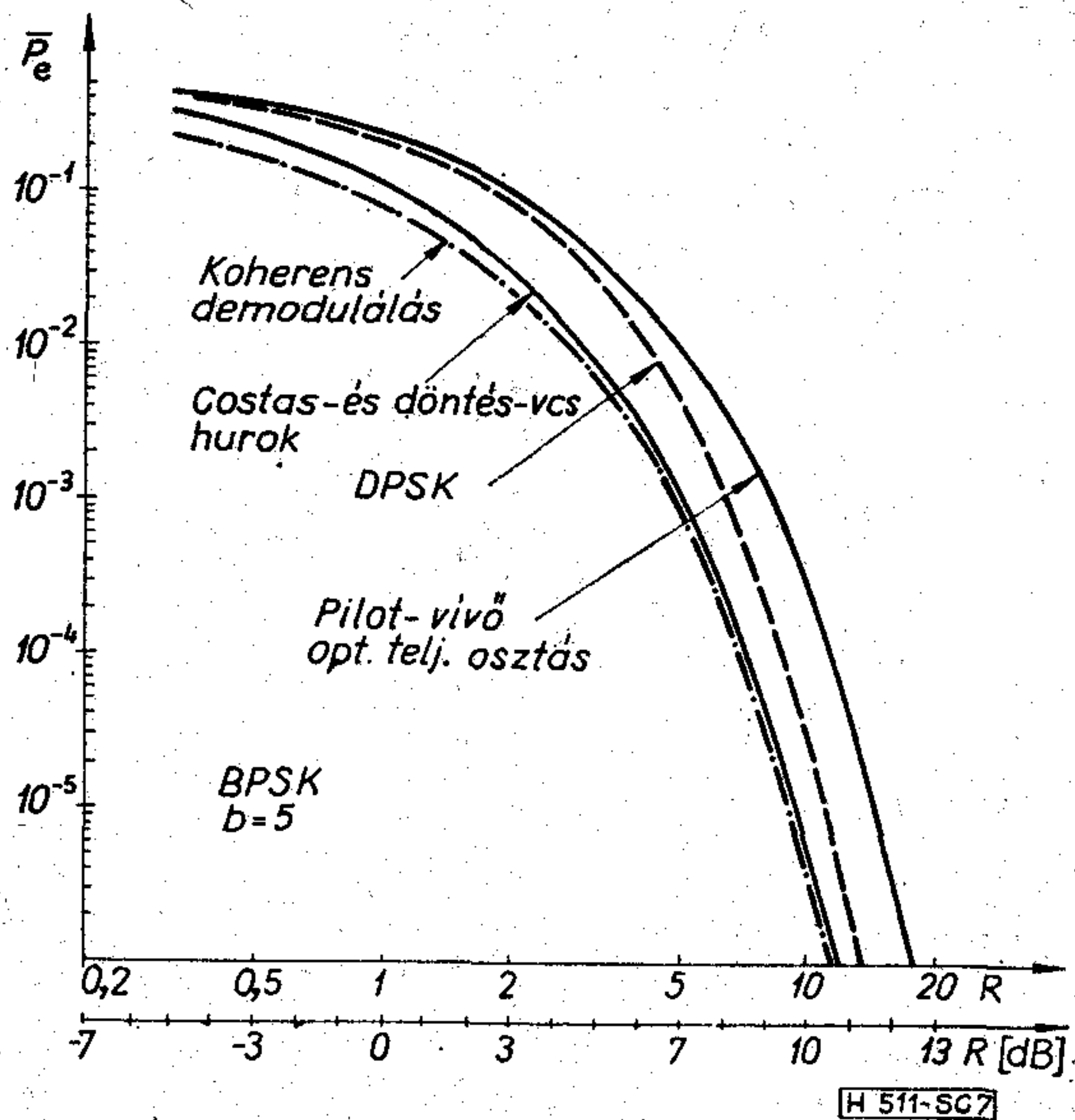
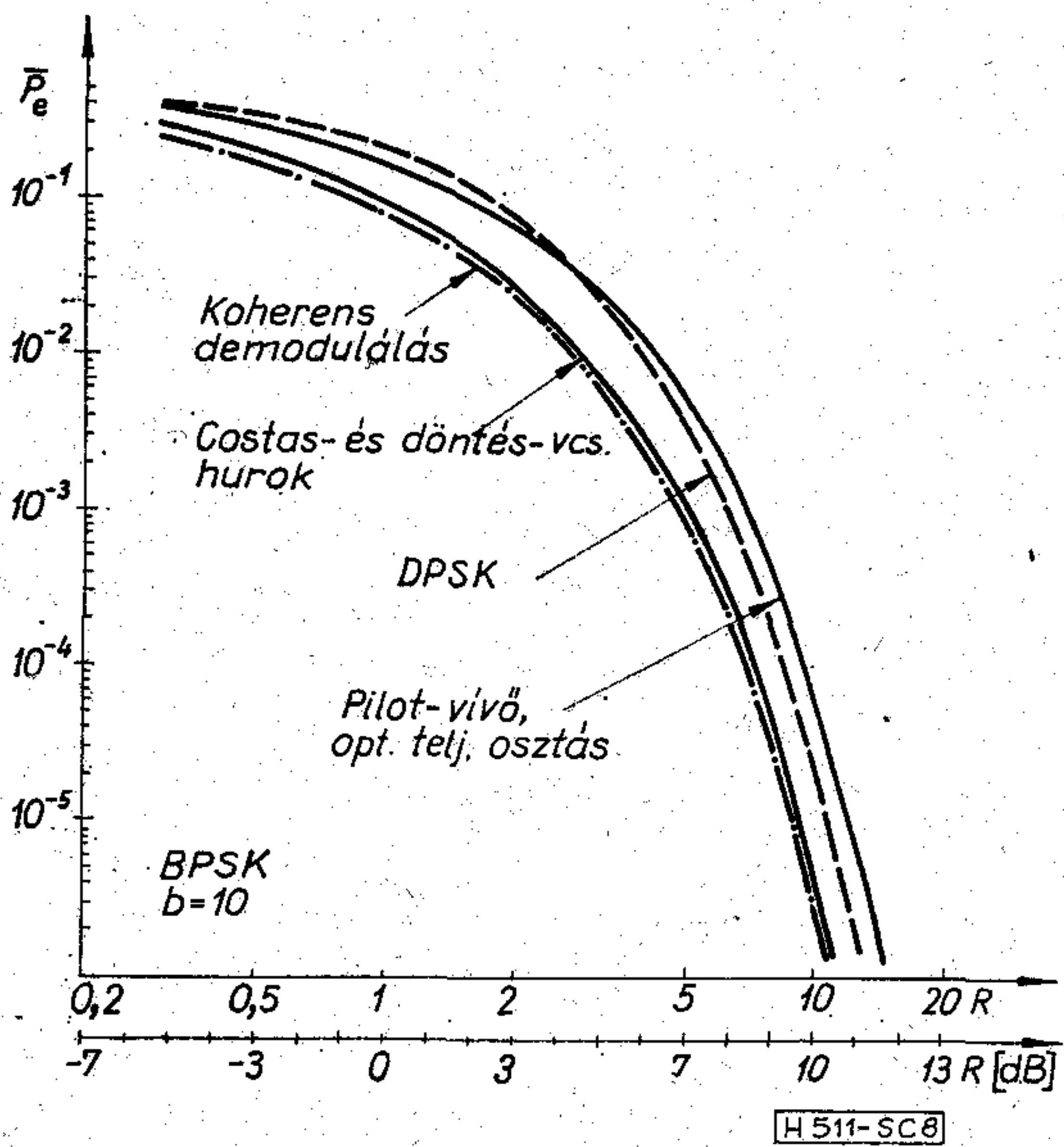
A részletes számítások eredményeit az 5–9. ábrákon illusztráltuk. Bináris esetben a viszonyokat négy különböző relatív sáv-szélességre mutattuk be, a négy-szintű esetet csak $b=2$ -nél mutattuk meg. A részletes eredményekből az alábbi következtetések vonhatók le:

1. BPSK-nál az elnyomott vivőt helyreállító hurok két vizsgált típusa, a Costas-hurok és a döntésvisszacsatolt hurok gyakorlatilag egyformán viselkedik (egyetlen görbe az 5–8. ábrákon). QPSK-nál a döntésvisszacsatolt hurok kisebb b és kis-közepes jel–zaj viszony esetén számottevően jobb eredményt ad a Costas-huroknál, $b \geq 5$ és $R \geq 5$ esetén az eltérés már nem jelentős.

2. A tárgyalt két elnyomott vivős hurok tulajdonságai minden körülmények között felülmúlják a pilot-vivős módszerét, ez utóbbinál a legjobb esetet, az optimális teljesítményosztást vettük figyelembe. A különbség kis b értékeknél jelentős: $b=1,2$ -nél 3 dB, $b=5$ -nél 2 dB, és még $b=10$ esetén és viszonylag nagy bemeneti jel–zaj viszonynál is kb. 1,5 dB.



5. ábra. Átlagos hibavalószínűség, BPSK, $b=1$

6. ábra. Átlagos hibavalószínűség, BPSK, $b = 2$ 9. ábra. Átlagos hibavalószínűség, QPSK, $b = 2$ 7. ábra. Átlagos hibavalószínűség, BPSK, $b = 5$ 8. ábra. Átlagos hibavalószínűség, BPSK, $b = 10$

3. Az elnyomott vivőt helyreállító módszereknél a bemeneti jel–zaj viszony növelésével egyre jobban megközelítjük az elérhető legjobb hibavalószínűséget ($b=5\dots 10$ vagy ennél nagyobb értékeknél az eltérés már néhány dB-es jel–zaj viszonynál jelentéktelen).

4. Differenciális fázismodulációnál az átlagos hibavalószínűség mindig kisebb, mint pilot-vivős eljárásnál, de mindig nagyobb, mint az elnyomott vivős módszereknél.

Összefoglalás

A PLL elven megvalósított vivő-szinkronizálás hibájának (az előállított vivő zajosságának) hatását az átlagos hibavalószínűséggel vettük figyelembe. Összehasonlítottuk a pilot-vivős módszert optimális vivő/moduláló teljesítményarány esetén, a Costas-hurokkal és a döntésvisszacsatolt hurokkal megvalósított vivő-szinkronizálás tulajdonságaival, két- és négyállapotú fázismoduláció esetén.

A számítások eredményei egyrészt megegyeznek az ismert eredményekkel abban, hogy kimutatják, miszerint a pilot-vivős módszer tulajdonságai mindig elmaradnak az elnyomott vivős módszerek mögött. Az eddigiekhez képest új tanulságok vonhatók le viszont a döntésvisszacsatolt hurok tulajdonságait illetően, amely BPSK-nál a Costas-hurokétól nem sokban különbözik (így a kettő közüli választást gyakorlati, megvalósítási szempontok döntenek el), négy-szintű esetben viszont annál számottevően jobb tulajdonságú. Emellett a vivő-szinkronizálást nem igénylő, de a szimbólum-szinkronizálási és a késleltetési hibától hasonló módon szenvedő differenciális fázismodulációval is összehasonlítottuk a fenti eljárásokat.

A közölt eredmények alapján — legalábbis első közelítésben — megválaszolható az a lényeges tervezési kérdés, hogy mekkora legyen adott esetben a szinkronizáló hurok sávszélessége.

IRODALOM

- [1] *Tihonov, V. I.*: Sztatiszticeszkaja radiotekhnika. Moszkva, Szvjaz, 1966.
- [2] *Fink, L. M.*: Teoria peredacsi diszkretnüh szoobscsenij. Moszkva, Szovjetszkoe Radio, 1970.
- [3] *Szviridenko, Sz. Sz.*: O ponjatii szinhronizacii v radio-tehnike i szvjazi. Radiotekhnika, t. 27, 11, 1972.
- [4] *Szabó Cs.*: A fáziszárt hurok mint vivőszűrő. Híradástechnika, megjelenés alatt
- [5] *Stiffler, J. J.*: Theory of Synchronous Communication. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1972.
- [6] *Lindsey, W. C.—Simon, M. K.*: Telecommunication Systems Engineering. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1972.
- [7] *Tihonov, V. I.*: Nelinejnaja optimal'naja filtracija i kvazikogerentnűj prijom szignalov. Izv. VUZ Radioelektronika, t. XIII. 2.
- [8] *Szviridenko, Sz. Sz.*: Ocenka pomehousztojesivoszti prijoma szignalov sz neideal'noj szinhronizaciej. Elektroszvjaz, 12. 1971.
- [9] *Lindsey, W. C.*: Phase-Shift-keyed Signal Detection with Noisy Reference Signals. IEEE Trans. on AES, AES—2, 4.
- [10] *Bussgang, J. J.—Leiter, M.*: Phase-Shift-Keying with a Transmitted Reference. IEEE Trans on Com. Tech. Vol. 14.
- [11] *Feistel, C. H.—Gregg, W. D.*: Performance Characteristics of Adaptive/Self Synchronizing PSK Receivers Under Common Power and Bandwidth Conditions. IEEE Trans on Com. Tech. COM—18, 5, 1970.
- [12] *Stiffler, J. J.*: On the Allocation of Power in a Synchronous Binary PSK Communication System. Proc. Nat. Telem. Conf. Los Angeles, 1964.
- [13] *Szenderszkij, V. A.*: O pomehousztojesivoszti prijoma szignalov v kanale sz neideal'noj szinhronizaciej. Elektroszvjaz, 12. 1971.
- [14] *Hastings, C.*: Approximations for digital computers. Princeton, N. J., 1955.
- [15] *Allen, E. E.*: Polynomical approximations for some modified Bessel functions. Math. Tabl. Aids. Comp. Vol. 10. 1956.
- [16] *Tihonov, V. I.*: Vlijanie sumov na rabotu szhemű fazovoj avtopodsztrojki csasztotű. Avtomatika i Telemekhanika, 9. 1959.
- [17] *Cahn, C. R.*: Performance of Digital Phase Modulation Communication Systems. IRE Trans. on Com. Syst. CS—7, 1. 1959.
- [18] *Bussgang, J. J.—Leiter, M.*: Error Rate Approximations for Differential Phase Shift Keying. IEEE Trans. CS—12, 1.

Tartalmi összefoglalások

ETO 621.372.54.049.776:621.372.57.011.732.24

Sonkoly A.:

Univerzális aktív RC szűrők hibridáramkörti kivitelben

HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977) 8. sz.

A cikk az integrátoros (állapotváltozós) aktív RC szűrők egyik fajtájával foglalkozik. Ez a szűrőtípus optimálisan kis érzékenységgű és univerzális tulajdonságú, így ideálisan alkalmas hibridáramkörti technológiával történő gyártásra. A HIKI-ben kifejlesztett univerzális integrátoros biquadratikus alaptaggal aluláteresztő, felüláteresztő, sáváteresztő, elliptikus aluláteresztő, elliptikus felüláteresztő, sávzáró és mindentáteresztő aktív RC szűrőtípusok építhetők fel.

ETO 621.319.45.035.221.6

Géresi K.:

Az elektrolitfejlesztés jelenlegi helyzete és irányai

HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977) 8. sz.

A cikk az elektrolitfejlesztés lehetőségeit tárgyalja. Az első részben az elektrolit szerepét tisztázza az elektrolitkondenzátorban, majd néhány lehetőséget vesz számba a hőmérséklet-határ alsó, illetve felső kiterjesztésére. Ismerteti néhány főbb elektrolittípust és a legjellemzőbb, legáltalánosabban használt alkotórészeket. Végül a megbízhatóság növelésének lehetőségeit és feltételeit ismerteti.

ETO 533.5:621.385.032.9

Dr. Budincsevits A.:

Vákuumfizika a híradástechnikában

HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977) 8. sz.

A szerző a cikkében a híradástechnikai eszközök kutatásánál és gyártásánál felmerülő vákuumtechnikai problémákat és ezek megoldására

vonatkozó saját vizsgálatait ismerteti. Elsősorban a végvákuum kérdését tárgyalja részletesebben.

ETO 621.39:681.3.06.(085)

Dr. Géher K.:

Számítógép programok katalógusa, 1976

HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977) 8. sz.

Az összeállítás közli a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Elektronika Intézete által nyilvántartott híradástechnikai és elektronikai vonatkozású számítógépprogram-nyilvántartás 1976. évi szaporulatát.

ETO 621.395.44.072.9:621.376.4

Szabó Cs.:

Vivő-szinkronizálási módszerek tulajdonságainak összehasonlítása digitális fázismoduláció (PSK) esetén

HÍRADÁSTECHNIKA XXVIII. (1977) 8. sz.

A cikk a fáziszárt típusú szinkronizáló rendszerek által előállított nem ideális (zajos) vivő hatását vizsgálja a demodulálás minőségére. Az összehasonlításra felhasznált jellemző az átlagos hibavalószínűség. A cikk összehasonlítja a pilot-vivős módszert (optimális vivőmoduláló teljesítménymegosztás mellett) a Costas-hurok és a döntésvisszacsatolt hurok segítségével történő vivőszinkronizálással. Referenciaként az ideális (koherens) demodulálás esete és a differenciális fázismoduláció szolgál.

Обобщения

ДК 621.372.54.049.776:621.372.57.011.732.24

Шонкой, А.:

Универсальные активные RC фильтры
в гибридном исполненииHÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт)
XXVIII. (1977) № 8

Статья занимается одним из видов интегральных (с изменением состояния) активных RC фильтров. Данный тип фильтра обладает оптимально малой чувствительностью, поэтому является идеальным для производства с гибридной технологией. Разработанное в НИКИ универсальное, интегральное, биквадратическое основное звено фильтра дает возможность построить активные RC фильтры, типов: фильтры нижних и верхних частот, полосовые фильтры, эллиптические фильтры нижних и верхних частот, заградительные полосовые фильтры, и фильтры пропускающие всех частот.

ДК 621.319.45.035.221.6

Герешпи, К.:

Настоящие положение и направления развития электролита

HÍRADÁSTECHNIKA, (Хирадаштехника Будапешт)
XXVIII. (1977) № 8

Статья трактует возможности развития электролита. В первой части выясняет роль электролита в электролитическом конденсаторе, а затем перечисляет несколько возможностей для расширения нижней и верхней температурной границы. Знакомит некоторыми главными типами электролита и характерными, наиболее принятыми компонентами. В заключении излагает возможности и предпосылки увеличения надежности.

ДК 533.5:621.385.032.9

Д-р Будинчевитш, А.:

Вакуумная физика в технике связи

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт)
XXVIII. (1977) № 8

В статье автор излагает проблемы вакуумной техники, возникающие при исследовании и производстве средств техники связи. Знакомит собственными исследованиями для решений этих проблем. В первую очередь подробно рассматривает вопрос крайнего вакуума.

ДК 621.39:681.3.06(085)

Д-р Гехер, К.:

Каталог программ вычислительных машин 1976

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт)
XXVIII. (1977) № 8

Составление дает прирост в г. 1976 ведомости программ вычислительных машин касающихся техники связи и электроники, изготовленной Институтом Связи и Электроники Будапештского Технического Университета.

ДК 621.395.44.072.9:621.376.4

Сабо, Ч.:

Сравнение свойств методов синхронизации несущих частот при цифровой фазовой модуляции

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт)
XXVIII. (1977) № 8

Статья исследует влияния неидеальной (шумной) несущей частоты, производимой системой синхронизации типа замкнутой фазы на качество детектирования. Принимаемым параметром сравнения являлся средний уровень ошибки. Статья сравнивает метод с контрольной несущей частотой (при оптимальной распределении мощности модулирующей несущей частоты) со синхронизацией несущей частоты при помощи петли типа Костаса и петли с обратной связью по решению. Опорным случаем является случай идеального (когерентного) детектирования и случай дифференциального фазового детектирования.

Zusammenfassungen

ДК 621.372.54.049.776:621.372.57.011.732.24

Sonkoly, A.:

Universale, aktive RC Filtern in Hybridstromkreis-Ausführung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) Nr. 8.

Der Verfasser beschäftigt sich mit einem Typ des Integrators (zustandveränderlichen) aktiven RC-Filtern. Dieses Filtertyp ist von optimal kleiner Empfindlichkeit und universaler Verwendbarkeit, deshalb ist es ideal geeignet für Fertigung mit Hybridtechnologie. Mit dem in dem Forschungsinstitut für die Nachrichtentechnik entwickelten universalen Integrator mit Biquadrat-Grund-Gliedern können Tiefpassfiltern, Hochpassfiltern, Bandpassfiltern, elliptische Tief- und Hochpassfiltern, Bandsperrfiltern und Allpass-aktive RC-Filtertypen verwirklicht werden.

ДК 621.319.45.035.221.6

Géresi, K.:

Derzeitige Lage und Tendenzen der Elektrolytentwicklung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) Nr. 8.

In dem Aufsatz werden die Möglichkeiten der Elektrolytentwicklung diskutiert. In dem ersten Teil wird die Rolle des Elektrolyts in dem Elektrolytkondensator klargelegt, ferner werden einige Möglichkeiten der unteren und oberen Verbreitung der Temperaturgrenze in Betracht gezogen. Einige wichtigere Elektrolyttypen und die meist charakteristischen und allgemein angewendeten Bauelemente werden erörtert. Zuletzt werden die Möglichkeiten und Bedingungen der Steigerung der Zuverlässigkeit beschrieben.

ДК 533.5:621.385.032.9

Dr. Budincsevit, A.:

Vakuumphysik in der Fernmeldetechnik

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) Nr. 8.

Der Verfasser erörtert die vakuumtechnischen Probleme, welche während der Forschung der fernmeldetechnischen Instrumente und deren Fertigung auftreten, und ferner stellt er seine Prüfungen bezüglich deren Lösungen, dar. In erster Reihe diskutiert er eingehend die Fragen des Endvakuums.

ДК 621.39:681.3.06(085)

Dr. Géher, K.:

Rechnerprogramm-Katalog, 1976

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) Nr. 8.

In der Zusammenstellung wird der Zuwachs der in den Rechnerprogramm-Kartei des Instituts für Nachrichtentechnik und Elektronik der Technischen Universität Budapest registrierten Rechnerprogramme für Nachrichtentechnik und Elektronik bekanntgegeben.

ДК 621.395.44.072.9:621.376.4

Szabó, Cs.:

Vergleich der Eigenschaften von Träger-Synchronisationsmethode im Falle von PSK

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) Nr. 8.

Der Verfasser untersucht die Wirkung des nicht idealen (geräuschigen) Trägers, erzeugt durch die phasensynchronisierten Schleifensysteme auf die Demodulation. Die zum Vergleich angewendete Charakteristik ist die durchschnittliche Fehlerwahrscheinlichkeit. Der Verfasser vergleicht die Pilot-Trägermethode (unter optimaler Teilung von Träger- und Modulationsleistung) mit der Trägersynchronisation, die Costas-Schleife und entschiedene-rückgekoppelte Schleife anwendet. Der Fall der idealen (kohärenten) Demodulation und die differenziale Phasenmodulation dient als Referenz.

Summaries

Résumés

UDC 621.372.54.049.776:621.372.57.011.732.24

Sonkoly, A.:

Versatile Active RC Filters in Hybrid Circuit Realisation

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

The paper deals with one type of the integrator (state variable) active RC filters. This type of filter has an optimum low sensitivity and versatile characteristics and therefore is ideally suited for the production by hybrid circuit technology. Filters with versatile integrator of the biquadratic basic section developed in the Industrial Research Institute for Electronics, low-pass filters, high-pass filters, band-pass filters elliptic low-pass filters, elliptic high-pass filters, band-stop and all-pass active RC filter types can be constructed.

UDC 621.319.45.035.221.6

Géresi, K.:

Present State and Trends of the Development of Electrolyte

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

In the paper the possibilities of the development of electrolyte is discussed. In the first part the function of the electrolyte in the electrolytic capacitors is clarified. Further some possibilities concerning the expansion of the lowest and highest temperature limit is taken into account. Some outstanding electrolyte types and the most characteristic and most generally used components are presented. Finally the possibilities and conditions of the improvement of reliability are described.

UDC 533.5:621.385.032.9

Dr. Budincsevits, A.:

Vacuumphysies in the Telecommunication Engineering

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

The author presents the vacuumtechnical problems arising in course of the research and production of telecommunication instruments and further his examinations concerning their solution. First of all, he discusses the questions of final vacuum in detail.

UDC 621.39:681.3.06(085)

Dr. Géher, K.:

1976 Computer Programme Catalogue

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

The catalogue presents the increase of the register of the computer programmes regarding telecommunication and electronic engineering recorded by the Institute of Telecommunication and Electronics of the Technical University of Budapest.

UDC 621.395.44.072.9:621.376.4

Szabó, Cs.:

Comparison of the Performance of Carrier-Synchronization Methods in Case of PSK

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

The author examines the effect of the non-ideal (noisy) carrier produced by the phase locked synchronizing systems on the quality of demodulation. The characteristic used for the comparison is the average error probability. The paper compares the pilot carrier system (under optimum division of carrier and modulating power) with the carrier-synchronization using Costas-loop and decision-directed feedback loop. The case of ideal (coherent) demodulation and differential phase modulation serves as reference.

CDU 621.372.54.049.776:621.372.57.011.732.24

Sonkoly A.:

Filtres RC actifs en réalisation a circuit hybrid

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

L'article décrit une sorte des filtres RC actifs à intégrateur (à changement d'état). Ce type de filtre ayant une sensibilité optimalement faible et la nature universelle il est idéalement propre à la production effectuée par la technologie à circuit hybrid. Avec le filtre de base universel biquadratique à intégrateur développé par l'IKI on peut réaliser les filtres passe-bas, passe haut, passe bande ainsi que les filtres passe bas, passe haut, coupe bande, passe tout elliptique à type RC actifs.

CDU 621.319.45.035.221.6

Géresi, K.:

Situation actuelle et tendances du développement de électrolyte

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

L'article expose les possibilités du développement de électrolyte. Dans la première part on éclaircit le rôle de électrolyte dans le condensateur électrochimique, ensuite prend en consideration quelques possibilités pour étendre la limite inférieure et supérieure de la température de service. Il décrit quelques types plus particuliers de électrolyte et utilisés le plus généralement. Enfin on expose les possibilités conditions de augmentation de fiabilité.

CDU 533.5:621.385.032.9

Dr. Budincsevits A.:

Physique de vide dans la télécommunication

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

Dans son article l'auteur expose les problèmes de la technique du vide se présentant à la recherche et production des composants de télécommunication et ses examens concernant la résolution de celles-ci. En premier lieu il traite la question de vide extrême avec plus de détail.

CDU 621.39:681.3.06(085)

Dr. Géher, K.:

Catalogue des programmes pour ordinateurs, 1976

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

La composition donne l'augmentation en 1976 du registre des programmes pour ordinateurs, concernant la technique de la télécommunication et électronique compilé par l'Institut pour Télécommunication et Electronique de l'Université Technique de Budapest.

CDU 621.395.44.072.9:621.376.4

Szabó, Cs.:

Comparison des caractéristiques des méthodes de la synchronisation de courant porteur dans le cas de modulation numérique (PSK)

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXVIII. (1977) No. 8.

L'article examine l'effet de courant porteur non idéal (bruyant) produit par les synchronisation systems à accrochage de phase sur la qualité de démodulation. La caractéristique utilisé pour la comparaison est la probabilité de défaillance moyenne. L'article fait une comparaison entre la méthode de synchronisation à courant porteur pilote (à la distribution de puissance optimale) et la méthode effectuée par la maille du type Costas et celle à contre réaction de décision. Le cas de démodulation idéale et celle de la modulation à phase différentielle rendent la référence.

Gyártó:



ČKD PRAHA

Diódák, tirisztorok

A NAGY TELJESÍTMÉNYŰ CKD * SZILÍCIUM
FÉLVEZETŐ ELEMÉK

– diódák és tirisztorok – 50–400 Hz
frekvenciájú váltakozó áram
egyenirányítására vagy vezérlésé-
re szolgálnak. Az egyenirányító-
rendszer a PN-átmenettel diffú-
ziós eljárás szerint kerül előállí-
tásra és légmentesen záró ház-
ban kerül elhelyezésre. Ez a
konstrukció megbízható műkö-

A diódák és tirisztorok egészen
400 mm-ig terjedő átmérőjű
szilícium-monokristályokból ké-

dést biztosít ciklikus termikus
igénybevétel, mechanikai löké-
sek és rázások legnehezebb fel-
tételei mellett is. A PRAGO-
INVEST cég $I_{T(AV)max} = 16...630$ A
áramértékekre ajánl tiriszto-
rokat és $85...100$ °C hőmérsék-
letnél $I_{F(AV)max} = 16...800$ A áram-
értékekre diódákat.

szülnek és kitűnnek a felület és
ház kifogástalan külső kidolgo-
zásával.

Exportőr:

Pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat
180 56 Praha, CSSR

Hogyan fejlesztheti gyártmányait? Ha a legjobb megoldást választja —

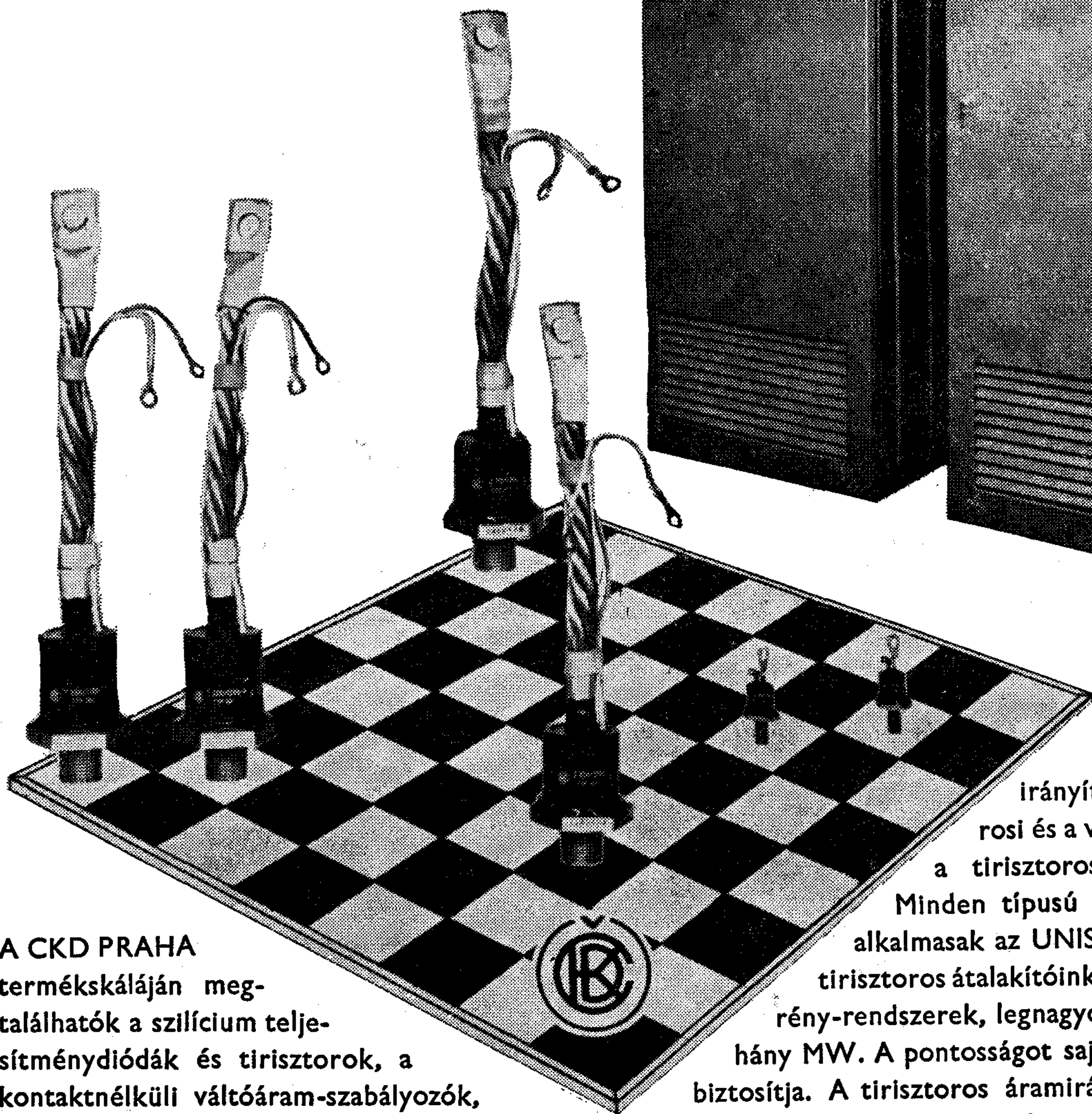
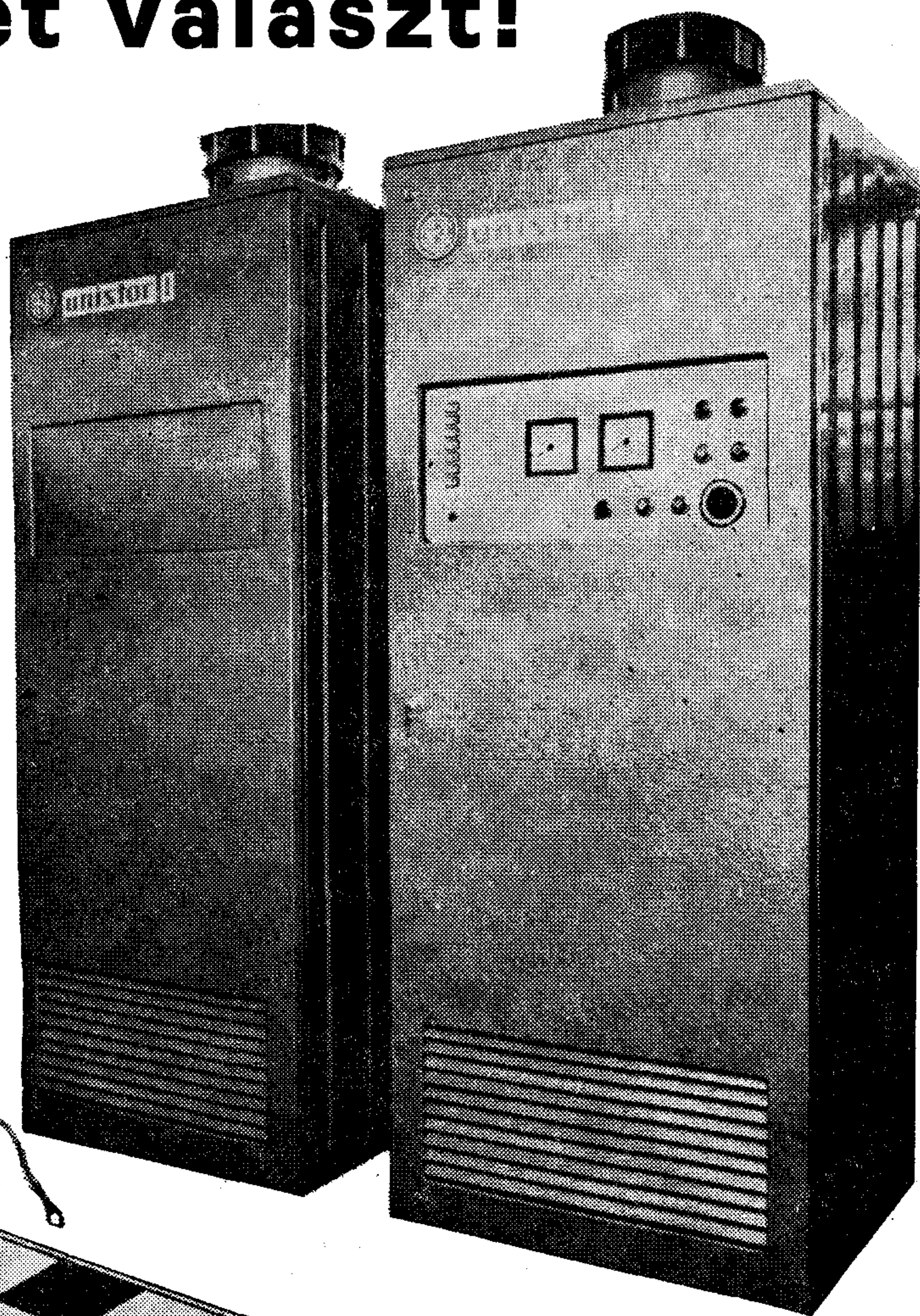
ha félvezetőket választ!

A

pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat export félvezetői minden igényt kielégítenek!

A 100 éves tradícióval rendelkező CKD PRAHA
40 éve gyárt egyenirányítókat és
15 éve félvezetőket.



A CKD PRAHA
termékskáláján megtalálhatók a szilícium teljesítménydiódák és tirisztorok, a kontaktnélküli váltóáram-szabályozók, a hegesztett tirisztoros egyenirányítók, az automata akkumulátortöltő készülékek, egyen-

irányító berendezések a városi és a vasúti forgalom számára, a tirisztoros gerjesztő egységek. Minden típusú egyenáramú motorhoz alkalmasak az UNISTOR és BLOCKDYUS tirisztoros átalakítók. Univerzális építőszerény-rendszerek, legnagyobb teljesítményük néhány MW. A pontosságot saját szabályozó rendszer biztosítja. A tirisztoros áramirányítókat nagy henger-
művek hajtóműveihez, szerszám- és papíripari gépekhez, valamint darukhoz használják.

Mai félvezető gyártmányainkban megtalálja a holnap koncepcióját!

A CKD márkájú félvezető gyártmányokról részletes tájékoztatást nyújt:

pragoinvest

Külkereskedelmi Vállalat Postafiók 890 Prága - Csehszlovákia