

A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVI. KÖTET  
1-4. SZÁM



1960

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVI. KÖTET 1—4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., NÁDOR UTCA 7.  
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

A kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia  
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei  
Budapest, V., Nádor utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Megjelent munkájáért minden szerzőt száz különnyomat illet meg. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 05-915-111-46), külföldi megrendelések a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VI., Népköztársaság útja 21., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

**Acta Technica**

című idegen nyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Nádor utca 7.



## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Izsák Miklós</i> : Megnyitó .....	5
--------------------------------------	---

### MIKROHULLÁMŰ TECHNIKA

<i>Bognár Géza</i> : Szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések hazai kutatási eredményei .....	9
H o z z á s z ó l ó k: <i>Csibi Sándor</i> .....	23
<i>Pribelszky György</i> .....	24
<i>Csibi Sándor, Márcz György és Róna Péter</i> : Kísérleti antenna szélessávú mikrohullámú összeköttetéshez .....	25
H o z z á s z ó l ó k: <i>Korodi Albert</i> .....	32
<i>Istvánffy Edvin</i> .....	32
<i>Csibi Sándor</i> válasza .....	33
<i>Sárkány Tamás</i> : Mikrohullámú összeköttetések linearitási problémái .....	35
H o z z á s z ó l ó k: <i>Margitai Pál</i> .....	45
<i>Meleg József</i> .....	49
<i>Fókás Elemér</i> .....	51
<i>Battistig György</i> : Impulzusmodulált mikrohullámú berendezések alkalmazása a távközléstechnikában (előadás kivonata) .....	55
<i>Dallos András</i> : Hazai vákuumtechnikai termékek mikrohullámú berendezésekhez .....	57
H o z z á s z ó l ó k: <i>Budincseviits Andor</i> .....	68
<i>Kenczler Ödön</i> .....	69
<i>Erdélyi János</i> .....	70
<i>Sárkány Tamás</i> .....	70
<i>Dallos András</i> válasza .....	70
<i>Istvánffy Edvin</i> : Mikrohullámú ferrit izolátorok .....	71
H o z z á s z ó l ó k: <i>Csibi Sándor</i> .....	81
<i>Nedbál István</i> .....	81
<i>Kassay Jenő</i> .....	82
<i>Istvánffy Edvin</i> válasza .....	82
<i>Tardos Lászlóné</i> : Mikrohullámú ferrit előállítási módja (előadás kivonata).....	83

### RÁDIÓ- ÉS TELEVÍZÍOTECHNIKA

<i>Barta István</i> : Bevezető .....	85
<i>Kodolányi Gyula</i> : Rövid-, közép- és hosszúhullámú műsorszóró adóberendezések párhuzamos üzemeltetése .....	89
H o z z á s z ó l ó k: <i>Zoltán Oszkár</i> .....	96
<i>Szabó Miklós</i> .....	96
<i>Susánszky László</i> .....	96
<i>Gyöző József, Lóránth Imre és Raksányi Kálmán</i> : Rövidhullámú kommunikációs vevőberendezések (előadás kivonata) .....	99
<i>Hidas György, Kemény Ádám és Házmán István</i> : Tranzisztorok alkalmazása rádióvevő készülékekben .....	101

H o z z á s z ó l ó k:	<i>Kiss Ernő</i> .....	108
	<i>Somogyi János</i> .....	108
	<i>Hidas György</i> válasza .....	108
<i>Magó Kálmán</i> : Televíziós képcsövek .....		109
H o z z á s z ó l ó k:	<i>Rédl Endre</i> .....	122
	<i>Papp Gyula</i> .....	122
	<i>Major János</i> .....	122
	<i>Komporday Aurél</i> .....	122
<i>Major János</i> : Mérési eljárások a televízió vételtechnikában.....		123
<i>Pálvölgyi Gyula</i> : A budapesti televízióstúdió berendezése (előadás kivonata) .....		129

#### ÁTVITELTECHNIKA

<i>Lajkó Sándor</i> : Átviteltechnikai gyártmány-család és konstrukciója .....	131
<i>Boglár Gyula</i> és <i>Radványi Jenő</i> : Korszerű híradástechnikai berendezések szűrői .....	141
<i>Radványi László</i> : A vonal tulajdonságainak hatása az átviteltechnikai berendezésekre (előadás kivonata) .....	149

#### TÁVBESZÉLŐ TECHNIKA

<i>Kozma László</i> : Cross-bar típusú távbeszélő rendszerek bevezetésénél felmerülő problémák .....	151	
H o z z á s z ó l ó k:	<i>Balás Árpád</i> .....	162
	<i>Gál József</i> .....	162
<i>Molnár Pál</i> : Az első magyar Cross-bar központ .....	165	

#### VASÚTBIZTOSÍTÓ BERENDEZÉSEK

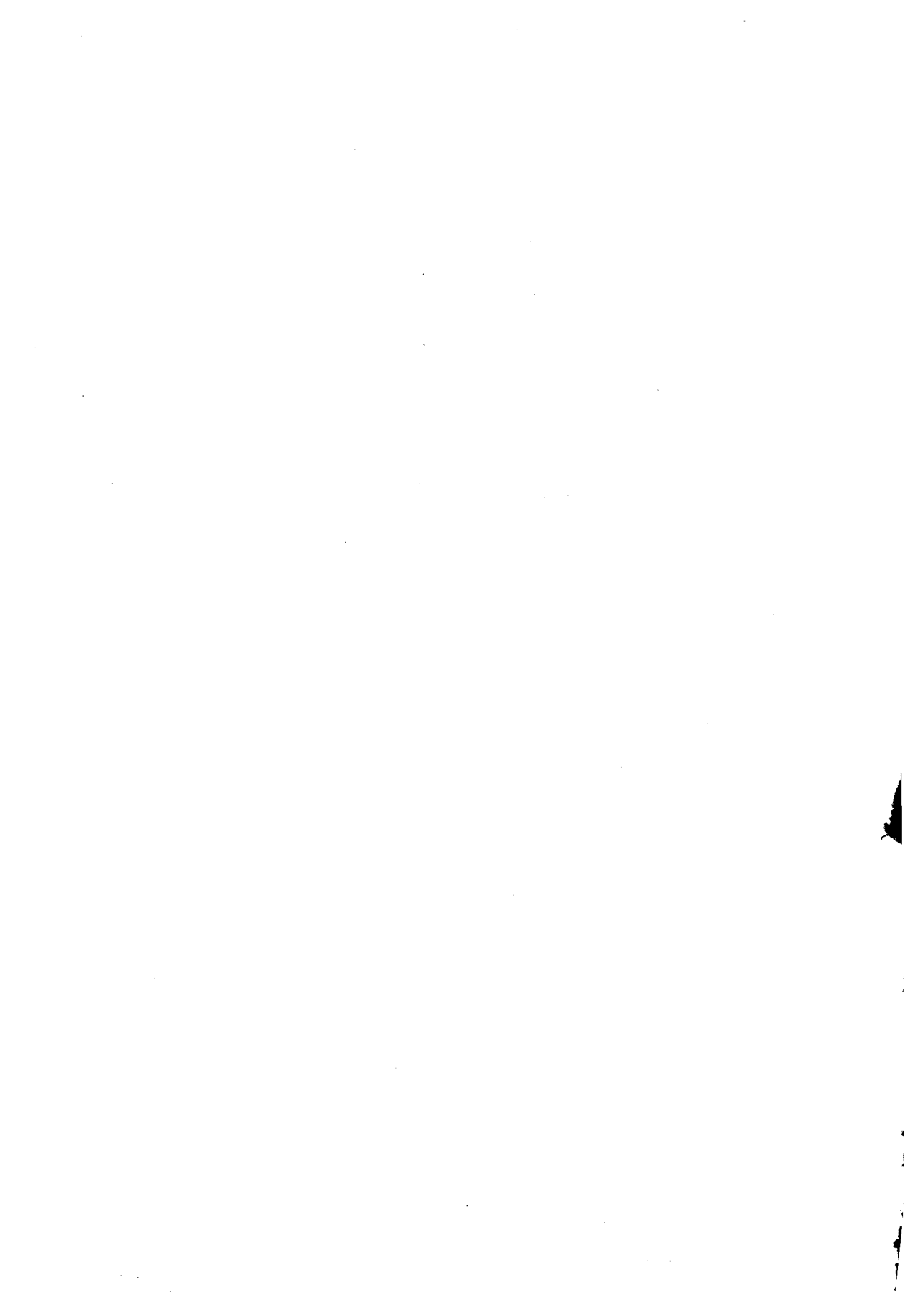
<i>Tóthfalusy József</i> : Újrendszerű vasútbiztosító berendezés (előadás kivonata).....	169
<i>Mányi Béla</i> : Újrendszerű vasútbiztosító berendezések konstrukciója (előadás kivonata) 171	

#### VÁKUUMTECHNIKA

<i>Valkó Iván Péter</i> : Elektroncsövek villódzási zaja .....	173	
H o z z á s z ó l ó k:	<i>Rédl Endre</i> .....	181
	<i>Heckenast Gábor</i> .....	182
	<i>Budincsevics A.</i> .....	182
	<i>Bodó Zalán</i> .....	182
	<i>Molnár János</i> .....	182
	<i>Valkó Iván Péter</i> válasza .....	182
<i>Szép Iván</i> : Germánium rétegetranzisztorok néhány gyártási problémája (előadás kivonata) .....	183	
<i>Koncz István, Dreiszker Mária, Szentpétery Tibor</i> : Az elektroncső iparban felhasznált fémek felületi feszültségi és forraszthatósági problémái .....	185	
H o z z á s z ó l ó k:	<i>Budincsevics Andor</i> .....	197
	<i>Domony András</i> .....	197
	<i>Waldhauser Ilona</i> .....	198
	<i>Koncz István</i> válasza .....	198
<i>Erekly Vilmos</i> : Kapcsolatok a teljesítményerősítő áramkörök jellemzői és teljesítményerősítő triódák paramétereinek között .....	199	
H o z z á s z ó l ó k:	<i>Susánszky László</i> .....	215
	<i>Pécs László</i> .....	216
	<i>Szabó László</i> .....	216
	<i>Erekly Vilmos</i> válasza .....	217
<i>Tomaschek Zoltán</i> : A titángetter tulajdonságai és alkalmazása nagy fajlagos terhelésű elektroncsövekben (előadás kivonata) .....	219	
<i>Vass Tibor</i> : Keverőcsövek keverőmeredekségének tömegmérése (előadás kivonata)...	221	
<i>Balázs János</i> és <i>Gál János</i> : Vákuumtechnikai termékek automatikus minőségellenőrzése	223	

ALKATRÉSZ TECHNIKA

<b>Katona János</b> : Eredmények híradástechnikai alkatrészek kutatása területén.....	235
H o z z á s z ó l ó k: <i>Deák Pál</i> .....	250
<i>Kimmel Jenő</i> .....	250
<i>Czeglédy Károly</i> .....	251
<i>Kovács Gyula</i> .....	251
<i>Katona János</i> válasza .....	252
<b>Lakatos György</b> : Fénycsövek élettartamát és gyújtáskésztségét befolyásoló néhány fontosabb tényező vizsgálata .....	253
<b>Czeglédy Károly</b> : Elektrolitos kondenzátorok tömeggyártása (előadás kivonata).....	267
<b>Neuhof Suski László</b> : Az egy- és többkomponensű kristályos szénrétegegenállások kutatása .....	269
H o z z á s z ó l ó k: <i>Deák Pál</i> .....	292
<i>Rátky László</i> .....	293
<i>Bráda Ferenc</i> .....	293
<i>Katona János</i> .....	293
<i>Kondász István</i> .....	294
<i>Neuhof Suski László</i> válasza .....	294
<b>Sós Feodóra</b> : Műanyagok felhasználása híradástechnikai kondenzátorokban (előadás kivonata) .....	297
<b>Haskó Ferenc</b> : Nyomtatott áramkörök készítése (előadás kivonata) .....	299
<b>Bráda Ferenc</b> : Miniatur és tranzisztor áramköri alkatrészek .....	301
H o z z á s z ó l ó k: <i>Lőrincz Imre</i> .....	316
<i>Katona János</i> .....	317
<i>Pichler Ferenc</i> .....	318
<i>Czeglédy Károly</i> .....	319
<i>Neuhof Suski László</i> .....	319
<b>Matók Györgyné</b> : A híradástechnikában alkalmazott új típusú primer áramforrások .....	321
H o z z á s z ó l ó k: <i>Horváth Zoltánné</i> .....	331
<i>Korach Mór</i> .....	332
<i>Emőd Gyula</i> .....	332
<i>Heincz György</i> .....	332
<i>Pesty László</i> .....	333
<i>Matók Györgyné</i> válasza .....	333





A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
GELEJI SÁNDOR

XXVI. KÖTET



1960

VI. OSZT. KÖZL.



A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA  
ÉS A  
HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
ÁLTAL 1958. ÁPRILIS 21-től 26-ig TARTOTT

**HÍRADÁSTECHNIKAI KONFERENCIA**  
ELŐADÁSAI

A KONFERENCIA TÁRGYA:  
**A MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA EREDMÉNYEI ÉS FELADATAI**





# MEGNYITÓ

IZSÁK MIKLÓS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA,  
A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FŐTITKÁRA

A ma kezdődő konferenciát megelőzően az elmúlt években két híradástechnikai konferenciát tartottunk. Fejlődésünket, előrehaladásunkat a híradástechnikai iparban és tudományban konferenciáink tárgyköre is szembevetően feltünteti. Első konferenciánk a vákuumtechnika akkor alkalomszerű kérdéseit és tennivalóit vitatta meg. Második konferenciánk a híradástechnikai alanyagok és alkatrészek kutatásának, fejlesztésének és gyártásának helyzetét tárta fel. A híradás fontosságát, a népgazdaságban, az iparban, a honvédelemben, a kultúrában és a tudományban megillető helyét ma már senki sem vonja kétségbe, és kormányzatunk erkölcsi és anyagi támogatása öröndetesen emelkedő irányzatot mutat. A most megnyitott híradástechnikai kiállítás és a ma kezdődő harmadik híradástechnikai konferencia ékesszóló bizonyítéka lesz annak, hogy ez a támogatás nem volt és nem lesz hiábavaló. Harmadik konferenciánknak már bátran mertük ezt a címet adni: a magyar híradástechnika eredményei és feladatai.

Mi sokszor hangoztatjuk a magyar híradástechnika sok évtizedes múltját és hagyományait. Jogos hazafias és szakmai büszkeséggel emlegetjük PUSKÁS Tivadart, VIRÁC Józsefet, HANAMAN Ferencet, BRÓDI Imrét és másokat, akik világraszóló eredményeikkel írták be nevüket a híradástechnika történelmébe. Amikor mai helyzetünkről és eredményeinkről számolunk be, nem szabad elfelejtkeznünk arról, hogy a hazai híradástechnikai felsőoktatás csupán 1947-ben indult meg, amikor megalakult a Műszaki Főiskola híradástechnikai tagozata és ezt követően 1949-ben a Műszaki Egyetem híradástechnikai tanszéke. Azóta mintegy 900 híradástechnikus mérnök hagyta el az egyetemet, akik ma az iparban, a fejlesztésben, a kutatásban és tudományos téren hasznosítják szaktudásukat. 1950-ben megkezdték működésüket a híradásipari technikumok is, és azóta sok száz technikust képeztek ki a híradásipar számára. Sok száz azoknak a híradásipari mérnököknek és technikusoknak a száma is, akik idősebb korban az esti tagozatokon szereztek meg szaktudásukat. Az eredményeinkből folyó új feladatok parancsolóan követelik meg, hogy szakképzésünk színvonalát állandóan emeljük. Igen öröndetes, hogy kormányzatunk a közeljövőben komoly lépést tesz a középfokú oktatás fejlesztésében

egyrészt a technikusképzés tanulmányi anyagának korszerűsítése útján, másrészt a felső tagozatok bevezetésével. Ipari szakembereink elsőrendű feladata, hogy tapasztalataikkal járuljanak hozzá a technikusképzés reformjának sikeres megvalósításához.

Fejlődésünk jelentős állomása volt 1949-ben a Távközlési Kutató Intézet, majd 1953-ban a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet megalapítása. Ugyanabban az időben kezdtek megalakulni vállalataink fejlesztő részlegei is. A kibontakozó fejlődés ekkor már számos olyan problémát vetett fel, melyek a híradásipar és kutatás keretein túlnyúltak. Nagy jelentőségű lépés volt ezért 1954-ben a Tárcaközi Híradástechnikai Tanács megalakítása, melynek fő feladata, hogy a Kohó- és Gépipari Minisztérium irányítása alatt a más tárcákhoz tartozó vállalatok és intézetek segítségével megteremtse a híradásipar anyagbázisát. Ma már számos nem híradásipari kutató intézet, így a Vasipari és a Fémipari Kutató, a Műanyagipari, a Lakk- és Festékipari Kutató Intézet stb. a híradásipar anyagainak kifejlesztését elsőrendű feladatának tekinti. A helyes együttműködés szép példája a mágneses anyagok fejlesztésének kialakítása: a Vasipari Kutató fejleszti a lágy ferrit anyagokat közepes frekvenciákra és a báriumferrit kemény mágneses anyagokat főleg hangszóró mágnesekhez, a TKI a mikrohullámú ferritek kutatását végzi, a Kőbányai Vas- és Acélöntöde az öntéssel előállítható kemény mágneses anyagokkal, többek között a haladó hullámú csövekhez szükséges Alnico VI előállításával, a Kőbányai Porcelángyár nagyfrekvenciás részlege pedig főleg rádiófrekvenciás lágy ferritek gyártásával foglalkozik. A Kőbányai Porcelángyár szép eredményeket ért már el a nagyfrekvenciás kerámiák fejlesztésében. Sok eredményt várunk attól az elhatározástól, hogy a Csepeli Vas- és Fémműveket a híradástechnika anyagbázisává is kifejlesztik, egyrészt a híradástechnika különleges vas- és fémanyagainak, mint például a permalloynek és a vákuumtechnikai fémeknek a gyártására, másrészt a híradástechnika nem különleges fajtájú, de különleges minőségben megkívánt anyagainak előállítására.

A kutatási feladatokkal kapcsolatban fel kell hívnunk vezetőink figyelmét arra, hogy a híradásipari üvegekutatás megszervezése még a megoldandó feladatok közé tartozik.

Ha végig tekintünk a most megnyílt híradástechnikai kiállításon, számtalan meglepő új alkotás előtt csodálkozva állunk meg. A Híradástechnikai Gépgyár, a Híradástechnikai Szerszámgyár, a Híradástechnikai Vállalat, a Mechanikai Laboratórium, a BHG, az Orion, az Izzó és így tovább, és így tovább — szinte valamennyi kiállítónkat felsorolhatjuk — annyi olyan gyártmánnyal jelentek meg, melyeket sehogy vagy alig ismerünk. De nem ismerjük, vagy nem ismertük eddig azok tervezőit, szerkesztőit, technológusait, egyszerűen azok alkotóit sem. Az itt kapott dicséret vagy bírálat erősíteni fogja őket munkájukban, és hozzá fog járulni a magyar híradástechnika fejlesztéséhez. Úgy gondolom, hogy a gyártmányismerttetést egyrészt az Egyesület,

másrészt a Magyar Híradástechnika folyóiratunk egyik fő feladatává kell tenni.

A Híradástechnikai Kiállítás elevenen bizonyítja, hogy az ipar fizikai munkásai és többi dolgozói nagyra értékelik a mi munkánkat, mivel az ő lelkes munkaszeretetük, szaktudásuk és megbecsülésük nélkül, a fizikai és szellemi dolgozók kölcsönös támogatása és egymás megértése nélkül eddigi eredményeink nem valósulhattak volna meg. Ezek az eredmények a szellemi és fizikai munka közös eredményei.

A híradástechnikai iparban termelt értéknek a 3 éves terv során az 1957. évi termelési értékhez képest közel kétszeresére kell növekednie. Ez a nagy növekedés nem az elavult, hanem kizárólag az új gyártmányok útján hozható létre. A gyártmányfejlesztés és kutatás ma már nem csekély támogatásban részesül, hiszen csak az elmúlt évben több mint 60 millió forintot fordítottunk új gyártmányaink kidolgozására.

Az elmúlt év nagy lendülete után, melynek eredményei a kiállítás tanúsága szerint már megmutatkoznak, bizton reméljük, hogy a fejlesztés és kutatás irama tovább fog gyorsulni, és így lépést fogunk tartani a hallatlan mértékű, világszerte tapasztalható állandó fejlődéssel.

A Magyar Tudományos Akadémia műszaki tudományok osztálya és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület tagsága nevében megköszönöm a konferenciabizottság munkáját, mely NÁDAS Tibor és BALOGH Pál vezetésével a legnagyobb körültekintéssel, odaadással és szakértelemmel készítette elő ezt a konferenciát.

Jó munkát kívánok a konferenciának, és ezzel a harmadik híradástechnikai konferenciát megnyitom!





# SZÉLESSÁVÚ MIKROHULLÁMÚ RÁDIÓ- ÖSSZEKÖTTETÉSEK HAZAI KUTATÁSI EREDMÉNYEI

BOGNÁR GÉZA,

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA TAGJA

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

A szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések a nemzetközi gerinc-hálózatba beiktatható, nagy beszédcsatornaszám továbbítására, televízió műsorok távolsági átvitelére (nemzetközi műsorcserekre) alkalmas berendezések.

A szélessávú rendszerekkel gazdaságosan átvihető legkisebb forgalom oda-vissza egy-egy rádiófrekvenciás (RF) csatornán kb. 60 beszédcsatorna vagy egy televíziós (TV) műsor. A maximális kapacitás, 400 MHz rádiófrekvenciás sávzélesség esetén, oda-vissza 6—6 RF-csatorna, RF-csatornánként 600 beszédcsatornával vagy egy TV-műsorral. E két kapacitáshatár közé eső berendezések, a CCIR 1956. évi varsói plenáris ülésének ajánlásai alapján egységes megoldási elv fokozatos továbbfejlesztésével valósíthatók meg. A későbbi továbbfejlesztés céljából már egyszerűbb berendezéseknél is ezt a CCIR tervet célszerű figyelembe venni.

Szélessávú rendszerek névleges frekvenciájára több tényező mértékadó. A szükséges sávzélesség és — nagytávolságú összeköttetéseknel — az atmoszférikus csillapítási viszonyok a szóhajóvő frekvenciatartományt durván 2 GHz és 7 GHz között jelölik ki. (Ezen a tartományon belül az Atlantic Cityben kijelölt 2 GHz, 4 GHz, 4,7 GHz és 6,5 GHz körüli frekvenciasávok használhatók.)

A frekvencia pontosabb kiválasztására a következő szempontok mérv-adók. A frekvencia növelésével:

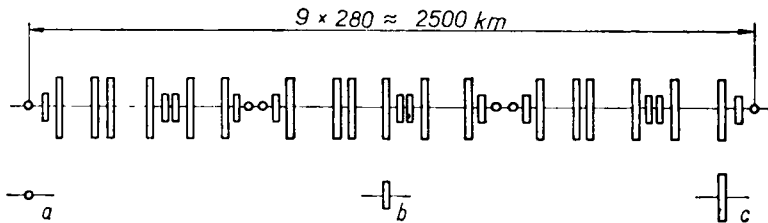
- a) a relatív sávzélesség csökken,
- b) a tápvonalméretetek csökkennek,
- c) 6,5 GHz körüli sávba jutva, az RF-csatornák széthangolására nagyobb a lehetőség,
- d) csökken a megvalósítható adóteljesítmény,
- e) adott apertúra-méret mellett nő a nyereség. (Nyerésnöveléssel azonban az adóteljesítmény csökkenése, bizonyos frekvencián túl, a kényelmetlen lengési toleranciák miatt, nem kompenzálható.)
- f) nő az atmoszférikus csillapítás.

E szempontok alapján már csak a 4—6,5 GHz körüli frekvenciasávokat

érdemes megtartani. A névleges frekvencia pontos kiválasztását elsősorban az dönti el, hogy az a legkisebb adóteljesítmény, amely a tervezett rendszer megbízható üzeméhez a 6,5 GHz körüli sávban szükséges, haladóhullámú csővel mennyire megvalósítható.

Az alapsávú jel rádiófrekvenciára való transzponálására szögmoduláció alkalmas. A kívánatos karakterisztika frekvencia- és fázismoduláció közé esik. A gyakorlati megoldás frekvenciamoduláció, 600 beszédcatornás telefonüzemben a frekvenciamoduláció mellett megfelelő preemfázis alkalmazásával.

Mivel az így kapott modem-berendezés alapsávú jelek közvetlen befogadására és továbbadására alkalmas, a mikrohullámú rendszer postai üzemben egyszerűen kábelszakaszok egyik megvalósítási változatának tekinthető.



1. ábra. Kábelek hipotetikus referencia hálózata

- a) Beszédcatorna modulátor vagy demodulátor, b) csoport modulátor vagy demodulátor, c) super-csoport modulátor vagy demodulátor

Mikrohullámú összeköttetések rendszer-követelményeinek megállapításakor éppen ezért a megfelelő kábeles rendszerek referencia hálózat-követelményeiből célszerű kiindulni.

Természetesen a kábel- és rádióösszeköttetések üzemi sajátosságai különbözőek. Rádiórendszerek esetén olyan módosított referencia-hálózati előírásokra van szükség, melyek az átlagzaj-tolerancia változatlan értéken tartásával és az időbeli zajstatisztika megfelelő korlát-előírásaival a két rendszert lényegében egyértékű minőségűvé teszik.

Szélessávú rádióösszeköttetések referencia hálózat-követelményeire a CCIR már adott részleges ajánlásokat. Több kérdés azonban még csak vizsgálati állapotban van.

Szélessávú rendszerek megvalósítására jellemző az ismétlőállomás típusa. Ezúttal kétféle megoldás jöhet szóba: vagy az erősítés legnagyobb részét középfrekvencián végezzük, és csak végerősítőként használunk haladóhullámú csövet, vagy a jelet tiszta rádiófrekvenciás erősítőláncon vezetjük át. Az előbbi esetben az átvivő rendszert kisszintű keverő, KF erősítő, nagyszintű keverő és haladóhullámú végerősítő alkotja. Az utóbbi esetben a jel átviteléhez kiszajjú, elő-, közbenső- és végerősítő-típusú haladóhullámú csövekre van szükség. A vevő- és az adófrekvencia közötti különbség az első esetben különböző lokál-

frekvenciák alkalmazásával, a második esetben az egyik (erre a célra készült) közbenső erősítő sugárfeszültség-modulációjával valósítható meg. (Ez esetben a haladóhullámú cső sugárfeszültségét a tolófrekvenciával moduláljuk.)

A két ismétlőállomás-típus közti választás elsősorban haladóhullámú cső-technikai kérdés. Tiszta haladóhullámú rendszerhez megfelelő élettartamú teljes haladóhullámú csőkészlet szükséges, míg a középfrekvenciás megoldás már a végerősítő csőtípus birtokában kidolgozható.

Postai üzemből különös gondot kell fordítani a folyamatos üzemre. Ez részben a beépített komponensek (elsősorban az elektroncsövek) élettartamával, részben a rendelkezésre álló tartalékkal kapcsolatos kérdés.

A tartalékrendszer kidolgozására több RF-csatornára bővíthető rendszeréknél egyszerű lehetőség van. Ezúttal az üzemi RF-csatornák mellé tartalékként egy (esetleg több) RF-csatorna helyezhető. A tartalékrendszer a forgalom megszakítása nélkül rendszeresen ellenőrizhető, és szigorúbb biztonsági követelmények esetén állandóan üzemből tartható. (Az utóbbi esetben a tartaléklánc az üzemi lánchoz hasonló bekapcsolt állapotban van, csupán forgalom nem terheli.) A forgalom az üzemi RF-csatornáról a tartalék RF-csatornára szakaszonként kapcsolható át. Az átkapcsolás az alapsávval együtt átvitt figyelő és visszajelentő vezérjelek szintcsökkenésével vezérelhető.

Az elmondottakat és a megvalósítási lehetőségeket figyelembe véve, a hazai szélessávú berendezések kidolgozása a következő lépcsőkben lehetséges:

#### *Első lépés:*

Oda-vissza 2—2 üzemi és 1—1 tartalék RF-csatorna,

RF-csatornánként max. 120 beszédcsatorna vagy egy TV-műsor és a kísérőhang átvitelére.

#### *Második lépés:*

Oda-vissza 2—2 üzemi és 1—1 tartalék RF-csatorna,

RF-csatornánként max. 600 beszédcsatorna vagy egy TV-műsor és a kísérőhang átvitelére.

#### *Harmadik lépés:*

Oda-vissza 5—5 üzemi és 1—1 tartalék RF-csatorna,

RF-csatornánként max. 600 beszédcsatorna vagy egy TV-műsor és a kísérőhang átvitelére alkalmas berendezés kifejlesztése.

A moduláció: frekvenciamoduláció (FM), az ismétlőállomások középfrekvenciás típusúak. A névleges frekvenciát a megvalósítási lehetőségek figyelembeyételével a 4 GHz körüli sávban jelöltük ki.

A berendezés meg kell hogy feleljen a nemzetközi előírásoknak.

## Nemzetközi ajánlások

Az alábbiakban az ITU 1947. évi Atlantic Cityben megtartott konferenciájának, a CCIF 1951. évi firenzei és 1954. évi genfi, valamint a CCIR 1956. évi varsói plenáris ülésének számunkra fontos anyagát ismertetem.

### 1. Engedélyezett frekvenciasávok

1 GHz-nél nagyobb frekvencián, helyhez kötött és mozgó összeköttetésekre, világviszonylatban az alábbi sávok használhatók:

1700— 2300 MHz

3500— 4200 MHz (világviszonylatban érvényes)

3300— 4200 MHz (1-es: Európa, Észak-Ázsia, Afrika, és 3-as: Dél- és Kelet-Ázsia stb. régiók)

4400— 5000 MHz

5925— 8500 MHz

9800—10000 MHz (csak helyhez kötött összeköttetésre)

10500 MHz fölött nincs megkötés.

A megengedhető jel/zaj viszonyt illetően a hipotetikus referencia hálózatból indulunk ki.

### 2. Koaxiális-kábeláramkörök hipotetikus referencia hálózata

A nemzetközi kábelek megengedett zajának megállapításakor a vizsgált összeköttetés-szakaszt az úgynevezett hipotetikus referencia hálózat részének kell tekinteni.

120 vagy ennél több beszédcsatorna esetén, beszédcsatornánként a zéró referencian ponton mért pszofometrikus zajteljesítmény a legforgalmasabb óra egy százalékát kivéve max. 10 000 pW lehet. Ebből a frekvencia-transzponáló és végberendezésekre 2500 pW engedhető meg. A fennmaradó 7500 pW az engedélyezett kábel-zaj. Tehát a referencia hálózat 2500 km hosszát figyelembe véve, 1 km kábelen 3 pW zajteljesítmény mutatkozik.

### 3. Szélessávú rádió-telefon-összeköttetések hipotetikus referencia hálózata

A szélessávú, frekvencia osztású multiplex (FDM) rádióösszeköttetések zajának megállapításakor a vizsgált összeköttetés-szakaszt 2500 km hosszú lánc részének kell tekinteni. A rádióösszeköttetés a referencia hálózatban a kábelszakaszok helyét foglalja el.

Több mint 60 beszédcsatorna esetén beszédcsatornánként a zéró referencian ponton mért pszofometrikus zajteljesítmény átlagértéke, az alapsávú frekvenciátranszponáló berendezések nélküli referencia hálózatban:



a) a legforgalmasabb órában és fading nélküli terjedési viszonyok mellett max. 5000 pW,

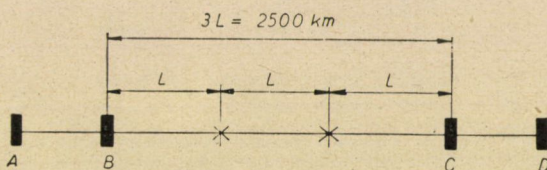
b) tetszőleges órában max. 7500 pW lehet.

Több GHz üzemi frekvencia, jó átlátási viszonyok és kb. 50 km hosszú, szárazföld feletti terjedési szakaszok példájára vonatkoztatva, a terjedési szakaszok egyötödén 12 dB egyidejű fading engedhető meg. Így a szükséges fading-tartalék átlagosan 5 dB. Ennek, és a fenti átlagzaj-előírásoknak alapján az alábbi zajteljesítmények engedhetők meg:

termikus zaj fading nélkül .....	1250 pW
termikus átlagzaj fadinggel .....	3750 pW
intermodulációs zaj .....	3750 pW
<hr/>	
eredő zaj fading nélkül .....	5000 pW
eredő átlagzaj fadinggel .....	7500 pW

#### 4. Nagytávolságú TV-átvitel hipotetikus referencia hálózata

Nagytávolságú TV összeköttetések megengedett zajának és átviteli torzításainak megállapításakor a vizsgált összeköttetés-szakaszt a 2. ábrán látható hipotetikus referencia hálózat részének kell tekinteni.



2. ábra. Nagytávolságú TV átvitel referencia hálózata

A studió vagy csatlakozó központ, B és C a nemzetközi TV-összeköttetés csatlakozási pontjai, D TV-adó vagy csatlakozó központ,  $\rightarrow\leftarrow$  modem berendezés

A zaj előírások 1 órás vizsgálati időtartam 99%-ára vonatkoznak. (A jel/zaj viszony folytonos zaj esetén a TV képjel csúcsertékének és a zaj effektív értékének a viszonyát jelenti. Periodikus zavar esetén mind a kép-, mind a zavaró jel csúcsertékét kell venni.)

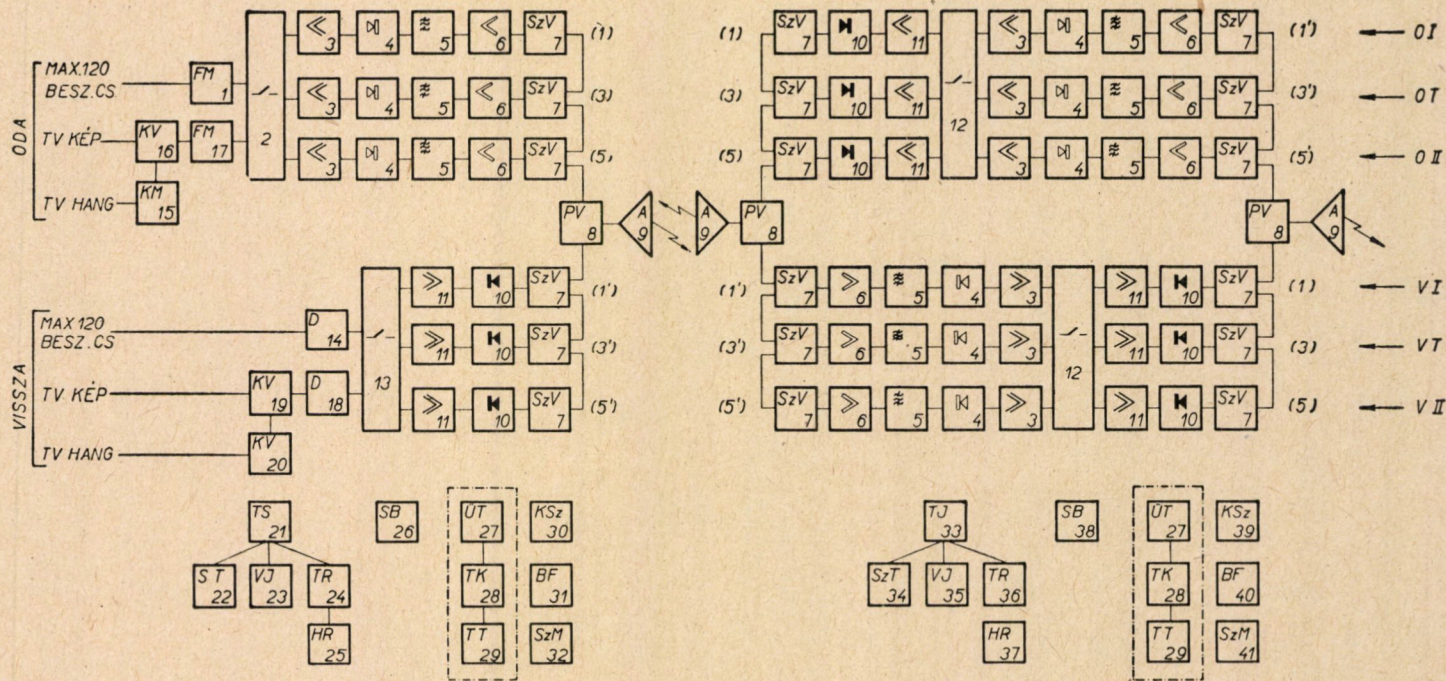
A BC szakaszra vonatkozó előírások a következők:

625 soros TV-átvitel és 6 MHz határfrekvencia esetén a folytonos zajra vonatkozó jel/zaj viszonyának legalább 41 dB-nek kell lennie.

A Távközlési Kutató Intézet részéről kifejlesztendő 3-RF-csatornás rendszer ismertetése.

A TKI-ban a terv keretében az oda-vissza két-két üzemi és egy-egy tartalék RF-csatornával rendelkező berendezés végállomás- és ismétlőállomás-rendszermodelljét kívánjuk kidolgozni. RF-csatornánként max. 120 beszéd-





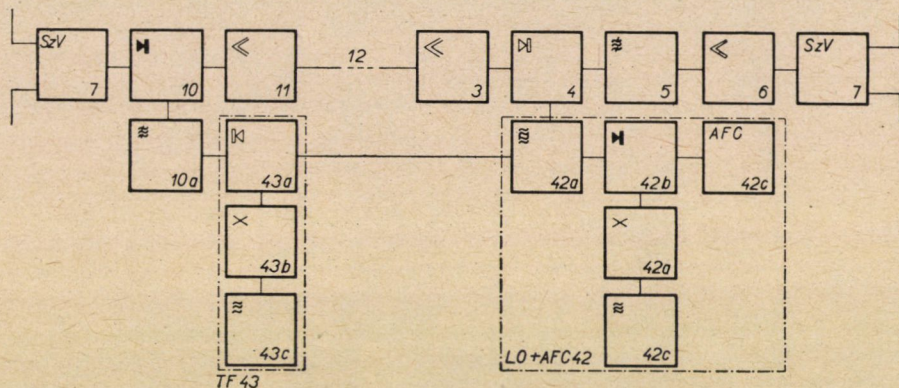
BOGNÁR GÉZA

3. ábra. Végállomás és ismétlőállomás tömbvázlata



csatorna vagy egy TV-műsor (kép és kísérőhang) átvitelét írjuk elő. Kikötjük, hogy a berendezés *a*) oda-vissza egy-egy üzemi és egy-egy tartalék, valamint *b*) oda két üzemi és egy tartalék, vissza egy üzemi és egy tartalék RF-csatornával rendelkező változatban is szállítható legyen.

Csatlakozó alapsávonként külön modulátor-demodulátor (modem) berendezést alkalmazunk. (A TV végberendezés tartalmazza a kísérőhang beadására és leválasztására szolgáló fokozatokat is.) A végberendezéseket és a tolófrekvencia-egységeket kivéve, a vég- és ismétlőállomások forgalmi egységei azonosak. Valamennyi állomáson van középfrekvenciás csatlakozási lehetőség. Adásra és vételre ugyanazt az antennát használjuk.



4. ábra. Ismétlőállomás egyik vevő-adó csatornája

Az összeköttetést ellenőrző állomásokkal szakaszokra bontjuk, a berendezéseket az ellenőrző állomások között felügyelet nélküli üzemre tervezzük. A forgalom az üzemi RF-csatornáról a tartalék RF-csatornára *a*) vezérjelek szintcsökkenésével önműködően és *b*) a vezérlést kikapcsolva manuálisan kapcsolható át. Valamennyi állomáson helyi riasztórendszer van. A felügyelet nélküli állomások legfontosabb figyelő és riasztó jeleit az összeköttetési lánc (célszerűen a telefoninformációt vivő üzemi RF-csatornán) át az ellenőrző állomásra továbbítjuk. Az oda-vissza 2—2 üzemi és 1—1 tartalék RF-csatornás változat teljes és egyetlen RF-csatornájának blokkdiagramjai a 3. és 4. ábrán láthatók.

### Előzetes rendszerspecifikáció

#### 1. Általános adatok

##### a) Névleges frekvencia:

- |                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| a. 1. az A jelű RF sávban ..... | 4,0 GHz |
| a. 2. a B jelű RF sávban .....  | 3,5 GHz |
| b) Adóteljesítmény .....        | 1 W     |
| c) Antenna-nyereség .....       | 38 dB   |

d) Zajtényező .....	14	dB
e) Átlagos állomástávolság .....	56	km
f) Max. összeköttetéshossz:		
(a CCIR zajtoleranciát figyelembe véve):		
f. 1. 120 beszédcatornás üzem esetén.....	2500	km
f. 2. TV üzem esetén (1 W adóteljesítménnyel) .....	500	km
g) RF-sáv .....	±200	MHz
h) RF-csatornafrekvenciák:		
(a CCIR VIIIth Pl. Ass. Doc. 817—E indexével jelölve)	1, 3, 5, 1', 3', 5'	
i) Adófrekvencia stabilitás .....	±400	Kc/s

## 2. Alapsávi és modem adatok

a) Üzem mód .....	FM
b) Alapsáv:	
b. 1. 120 beszédcsat. esetén .....	60—552 KHz
b. 2. 600 beszédcsat. esetén .....	60—2540 KHz
b. 3. 625 soros TV esetén.....	30 Hz — 6 MHz
c) A kísérőhang:	
c. 1. vivőfrekvenciája .....	TV képsáv fölött 7 MHz
c. 2. frekvenciasávja .....	50 Hz — 15 KHz
c. 3. moduláció .....	kettős FM
d) Szint- és löketadatok telefonüzemben:	
d. 1. a nulla szintű vizsgáló hang belépő szintje .....	min. —52 dBm
d. 2. — kilépő szintje .....	—15 dBm
d. 3. be- és kimenő impedancia .....	75 ohm (koax.)
d. 4. löket, egyetlen csatornán nulla szintű vizsgálóhang esetén .....	200 KHz eff.
d. 5. a teljes alapsávra vonatkozó kvázi-maximális eff. löket 120 beszédcatornás üzemben .....	740 KHz
600 beszédcatornás üzemben .....	1,26 MHz
e) Szint- és löketadatok TV üzemben:	
e. 1. a teljes jel be- és kilépő feszültsége (csúcstól—csúcsig)	1 V
e. 2. — polaritása .....	fehér pozitív
e. 3. be- és kimenő impedancia .....	75 ohm (koax.)
e. 4. a teljes jel lökete (csúcstól—csúcsig) .....	8 MHz

Szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések sajátos és szigorú átviteli követelményei néhány, a rendszer jellemző paramétereinek mérésére alkalmas, speciális mérőműszert igényelnek. Ezek tipikus esetei: linearitás ( $l$ ) mérő, csoportfutási idő ( $\tau$ ) mérő és zajterhelés vizsgáló (zajteljesítmény viszony mérő).

A linearitás- és csoportfutási idő mérő ( $l - \tau$  mérő) modem áramkörök linearitásának és csoportfutási idejének, KF áramkörök csoportfutási idejének és a teljes rendszer eredő linearitásának és csoportfutási idejének meghatározására alkalmas mérőműszer. Előbbi az input/output, utóbbi a fázis/frekvencia karakterisztika első deriváltját méri. A mérés elve: a mérendő áramkör kivezérlési tartományát a tartományhoz képest kicsiny (1 MHz) és lassú (50 Hz) mérő jellel „letapogatjuk”. A mérő jelet a mérendő áramkörre adva, a kimeneten megjelenő jel amplitudóingadozása az áramkör nonlinearitására, fázisingadozása pedig az áramkör csoportfutási idejének ingadozására jellemző.\*

\* Lásd: SÁRKÁNY T.: Mikrohullámú összeköttetések linearitási problémái. E füzet 35. l.

Sokcsatornás telefon információ átvitelénél a legalapvetőbb jellemzők egyike a rádióvonál kimenetén a „legzajosabb” egyedi telefoncsatornában mérhető össz-zaj értéke. FDM-telefon rendszerekben az össz-zaj a termikus zajokból és a különböző torzítás forrásokból származó intermodulációs zajból tevődik össze. Intermodulációs zajok precíz mérése a teljes rendszerben és komponenseiben nagyszámú bonyolult műszer szükségességét igényli. Ezenkívül a realizált rádióvonalak üzemszerű végső vizsgálata a laboratóriumi lehetőségeket meghaladó, valóságos forgalmi terhelés-próbák megvalósítását teszi szükségessé. Mivel a multiplex telefonjel végső fokon nagyszámú statisztikus fázis kapcsolattal bíró szinuszos rezgés összegének tekinthető, a sokcsatornás telefonjel kimutathatóan, és praktikus szempontból teljesen kielégítő módon, helyettesíthető fehér-zajjal. Az egyenértékű zajspektrum sávszélessége és közepes teljesítménye az alapsávú jel sávszélességével és csak a legforgalmasabb óra 1%-a alatt felülmúlt közepes teljesítményével egyenlő. Fenti tény lehetőséget ad arra, hogy szélessávú rendszerek fehér-zajjal terhelt alapsáv esetén (zajterhelés vizsgálat) carrier berendezések nélkül, laboratóriumi körülmények között, a praktikus üzemi és forgalmi viszonyokat tetszés szerinti pontossággal megközelítő feltételek mellett vizsgálhatók legyenek. A zajterhelésvizsgáló a teljes rendszer és komponenseinek termikus- és össz- (termikus + intermodulációs) zajteljesítmény viszonyának mérésére alkalmas. A mért zajteljesítmény viszonyokból a jel/termikuszaj és jel/átlagzaj viszony alkalmas átalakítási tényező figyelembevételével egyszerűen számítható. A mérés elve: az egyenértékű zajspektrumból egy vagy több keskeny sávot (4 KHz) kivágva, az alapsáv tetszés szerinti helyén „üres” beszédcatornákat létesítünk. A kapott zajspektrumot a mérendő áramkörre adva, a kimeneten az „üres” csatornára hangolt szelektív vevővel mérjük a zajteljesítményt a szóban levő csatorna „üres” és „terhelt” állapotában.

Szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések kapacitásnövelésére két lehetőség adott. Nevezetesen, részben az egy RF-csatornán belül elméletileg átvihető információ mennyiségének gyakorlati elérése, illetve megközelítése, részben pedig az adott RF-sáv maximális kihasználása, átviteli irányonként több RF-csatorna alkalmazásával. Az utóbbi lehetőség megvalósítása alkalmas frekvencia-tervvel oldható meg. Frekvencia-terv (mikrohullámú csatorna-, valamint adó- és vevőlokálfrekvenciák meghatározása) készítésekor a nemzetközileg engedélyezett frekvenciasávokból és a CCIR-nek a szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések frekvencia-tervére vonatkozó ajánlásaiból célszerű kiindulni.

A főbb szempontok az alábbiak:

1. A specifikáció szerinti interferencia igények kielégítése mellett a két átviteli irányban minimális számú frekvencia legyen alkalmazható.
2. A csatornafrekvenciák relatív helyzete tegyen eleget a CCIR ajánlásnak.

3. 400 MHz széles RF-sávban legyen lehetőség oda-vissza irányban 6–6 RF-csatorna elhelyezésére.
4. Átviteli irányonként 6 RF-csatornás kiépítésben a saját rendszer RF-csatornáit, valamint a saját rendszer és idegen rendszerek, illetve külső zavarforrások közötti interferencia minimális legyen.
5. Igényesebb elágazások és periszkópatennás ismétlőállomások egyszerű megvalósítása céljából legyen lehetőség két különálló 400 MHz-es RF-sáv elhelyezésére.

Vegyük sorra a lényeges szempontokat. A két átviteli irányban minálisan alkalmazható frekvenciák száma — elegendően nagy antenna hátra-sugárzás-csillapítást feltételezve — kettő. Ilyen megvalósításnál adott ismétlő-állomáson az átvitel mindkét irányában az adó-, illetve vevőfrekvenciák azonosak. Legyen  $f_0$  a 400 MHz széles, RF-sáv MHz-ben mért középső frekvenciája,  $f_n$  és  $f'_n$  az adás, illetve vétel (vagy a vétel, illetve adás)  $n$ -ik RF-csatornájának MHz-ben mért középső frekvenciája. Ekkor a vizsgált 400 MHz szélességű frekvenciasávban az RF-csatornák relatív helyzetét az alábbi képletek adják:

$$f_n = f_0 - 208 + 29 n,$$

illetve

$$f'_n = f_0 + 5 + 29 n$$

ahol:

$$n = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ vagy } 6.$$

Fentiek alapján a frekvencia-terv lényeges jellemzői az alábbiak:

- a) Egy-egy átviteli irányban az adó-, illetve vevőfrekvenciák egy 200 MHz szélességű félsávban helyezkednek el.
- b) Egy-egy félsáv két szomszédos RF-csatornájának sávközepei közti frekvencia szétválasztás 29 MHz.
- c) A két félsáv legközelebb eső RF-csatornáinak sávközép közötti frekvencia szétválasztása 68 MHz.
- d) Tolófrekvencia 213 MHz.
- e) A vevő lokálfrekvencia vesszőtlen esetben a vevőfrekvenciánál kisebb, vesszős esetben nagyobb.
- f) Az RF-sáv egy-egy félsávjában a szomszédos RF-csatornák ellentétes polarizációjúak.
- g) Közös adó-vevő antennát alkalmazva, átviteli irányonként 3 RF-csatornás üzemben az  $n = 1, 3, 5$ , illetve az  $n = 2, 4, 6$  csatornák alkalmazása célszerű.
- h)  $f_0$  értéke a zavarminimumnak megfelelő optimális értéküre választandó.



A szóhajóhető zavarfajták a következőképpen csoportosíthatók:

1. Adott 400 MHz szélességű RF-sávon belüli zavarok:
  - 1.1. Egy-egy félsávon belüli áthallások.
  - 1.2. A toló-frekvencia felharmonikusával kapcsolatos zavarok.
2. Saját rendszer két 400 MHz szélességű RF-sávjának egymásközi zavarai:
  - 2.1. A két RF-sáv félsávja közti áthallások.
3. Idegen berendezésekkel kapcsolatos zavarok:
  - 3.1. Szomszédos frekvenciákon működő hasonló kommunikációs berendezésekből származó, illetve az ezeknél előidézett áthallások.
  - 3.2. Lokátor-zavarok.

Fenti szempontokat figyelembe véve, a frekvencia-tervet az alábbiak szerint választottuk:

Teljes RF-sáv .....	3300—4200 MHz
<i>A</i> -sáv .....	3800—4200 MHz
<i>A</i> -sáv névleges közepső frekvenciája .....	4000 MHz
<i>B</i> -sáv .....	3350—3750 MHz
<i>B</i> -sáv névleges közepső frekvenciája .....	3550 MHz

Mind az *A*, mind a *B* RF-sávban oda-vissza irányban 6—6 RF-csatorna helyezhető el. Az első lépésként megvalósítandó, átviteli irányonként 3 RF-csatornás rendszermodellben az *A*-sáv páratlan csatornáit kívánjuk alkalmazni. Adásra és vételre közös antennát alkalmazunk. Adott ismétlődőállomáson az azonos átviteli irányhoz tartozó adó-vevőcsatornák azonos, az ellentétes átviteli irányhoz tartozó adó-, illetve vevőcsatornák ellentétes polarizációjúak. A frekvencia-terv kidolgozásánál lényeges szempont volt az oda-vissza 3—3 csatornafrekvencia zavarmentes átvitelének mennél egyszerűbb eszközökkel való megvalósíthatósága, az átviteli irányonként 6 RF-csatornás továbbfejlesztés lehetőségének fenntartásával.

A televízió rohamos elterjedése szükségessé tette, hogy a végleges nagyteljesítményű rendszerek üzembehelyezése előtt, ideiglenes jelleggel, rövidtávú berendezéssel elégtük ki a nemzetközi TV műsorcsereére és a hazai TV hálózat kiépítésére vonatkozó igényeket. Ezért a Távközlési Kutató Intézet a szélessávú berendezés mellett egy kis hatótávolságú nemzetközi TV műsorcsereére alkalmas berendezést is kifejlesztett. A berendezés 625 sorszámú, 50 kép váltású, az OIR szabványnak megfelelő TV műsor (kép és kísérvhang) egyidejűleg egyirányú, de antenna átváltással (irányváltó) az ellenkező irányban történő átvitelre is alkalmas. A maximálisan áthidalható távolság 1,8 m  $\varnothing$  paraboloidtükörrel 250 km, melyet öt reléállomással oldunk meg. 3 m-es parabolatükrök alkalmazásával az áthidalható távolság kétszeresére növelhető.

Adó végállomáson (5. és 6. ábra, szaggatott vonal) a TV stúdióból érkező hangjellel a képpel sáv fölé eső 7 MHz-es segédvivő frekvenciát modulálunk. A monitorkapcsoló segítségével összehasonlíthatjuk a kisugárzott jelet a beérkezővel.

Ismétlőállomáson a vevőből érkező 1 V-os szintű video-jelet (mely a hanghordozó 7 MHz-es komponens is tartalmazza) az adó video erősítőjéhez vezetjük. Az adó video-erősítő katódkövető fokozattal csatlakozik az adó klisztronhoz. A video-erősítő után egyenáramú szintvisszaállító fokozat következik. A vevőből érkező vagy az adó által kisugárzott jel a monitoron ellenőrizhető.

Vevő végállomáson a vevőből érkező kép- és hangjelet szétválasztva továbbítjuk a stúdió felé.

Az adócső KR743B típusú belső üregű klisztron. Az adó 3850—4300 MHz-es frekvenciatartományban hangolható. A kijövő nagyfrekvenciás teljesítmény 1 W. Az adó frekvenciáját kalibrált üreggel ellenőrizhetjük. Az adó klisztron FM üzemmódban dolgozik. Az ismétlőállomások modem típusúak. A vevő helyi oszcillátora K11 klisztron, mely külső üreggel 1800—4200 MHz tartományban hangolható. A 70 MHz-es sávközepű középfrekvenciás bemenő fokozathoz a kristálykeverő csatlakozik. A KF- két egységből áll: a kaszkod bemenetű KF előerősítőből és a főerősítőből. A két KF egység 3 dB-es sáv szélessége min. 30 MHz, 0,5 dB-es sáv szélessége min. 20 MHz. Erősítése 82 dB. A főerősítő öt fokozatú, ACC szabályozással működik.

Az adó- és vevőállomás frekvenciája közötti különbséget 200 MHz-re választottuk. A két frekvencia 3900 és 4100 MHz. A vevő felső keveréssel működik. Az adó és vevő mikrohullámú része külön egységet alkot, melyet az antennatápvonal átkapcsoló fog össze. A tápvonal átkapcsolóval történik a megfelelő irányváltás.

### Előzetes rendszer-specifikáció

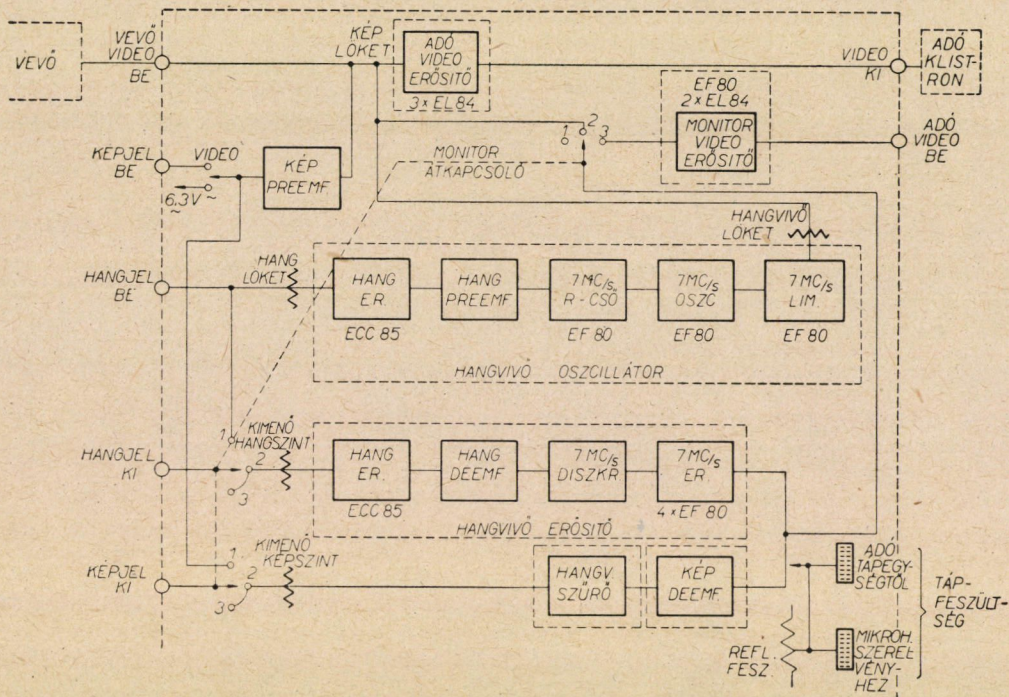
#### A) Általános adatok ;

- a) Névleges frekvencia 4000 MHz
- b) Adóteljesítmény min. 1 W
- c) Antenna-nyereség (1,8  $\varnothing$  paraboloidtükör) 35 dB
- d) A vevő közepes zajtényezője 14 dB
- e) Maximális reléállomás távolság 50 km
- f) Maximális összeköttetéshossz 250 km

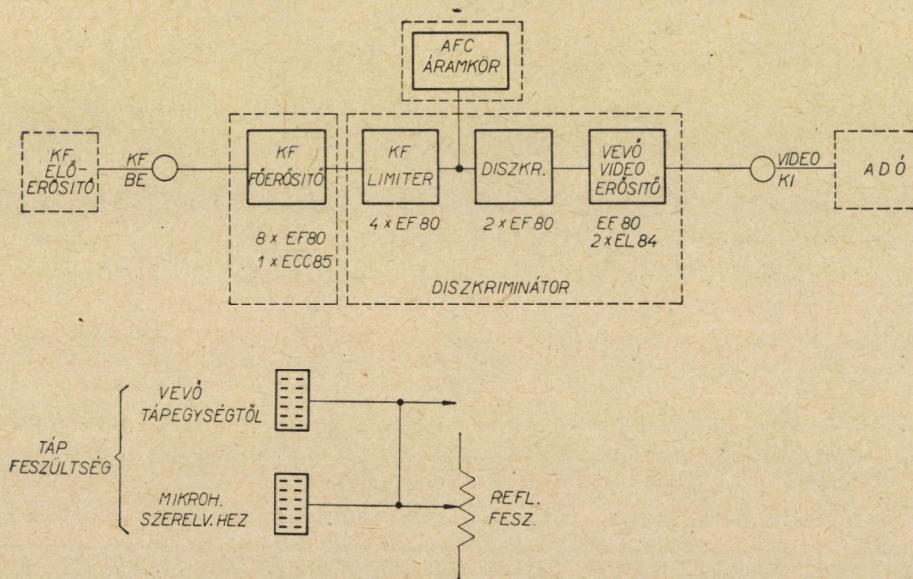
#### B) Alapsávi adatok :

- a) Üzemmód FM
- b) 625 soros TV átvitelhez alapsáv 30 Hz-től 6 MHz-ig
- c) Kísérőhang



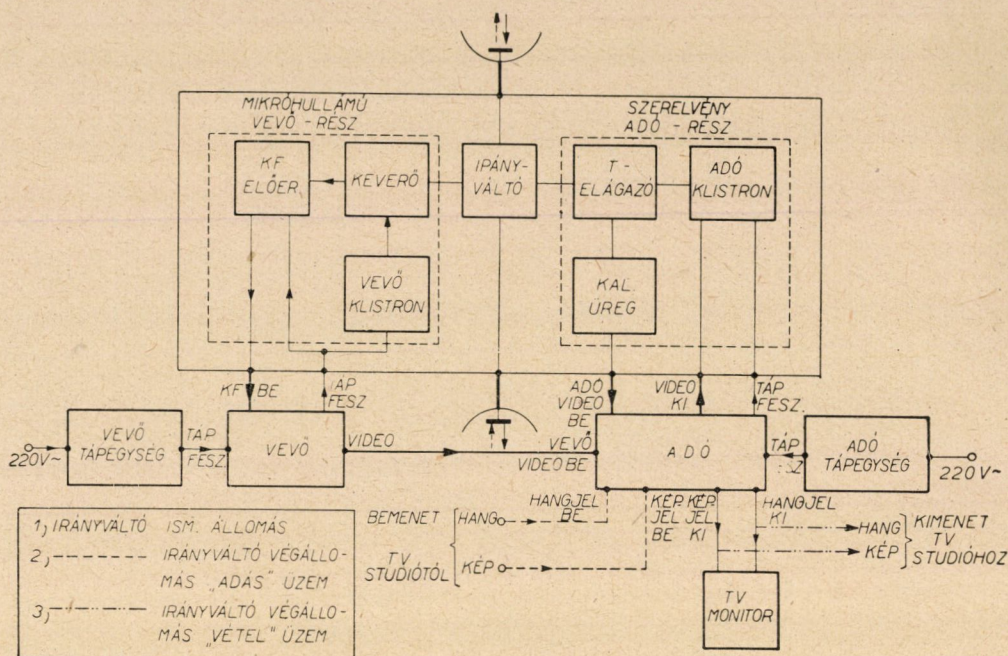


5a. ábra. Adó tömbvázlata



5b. ábra. Vevő tömbvázlata





6. ábra. Irányváltó állomás tömbvázlata

1. frekvenciasávja 50 Hz-től 15 kHz-ig
2. moduláció: kettős FM
3. teljes jel-löklet (csúcstól csúcsig) 8 MHz

A teljes láncra 41 dB csúcs-jel/eff. zaj viszonyt engedve meg, 5 reléállomás alkalmazható 250 km távolságú összeköttetéshez. A rövidtávú berendezés ismétlőállomásának és vevőjének blokkdiagramja az 5. és 6. ábrán látható.

A keleti TV és TF nemzetközi gerinchálózatra vonatkozó megállapodások, az elágazási problémákat tekintve, igényes hazai hálózatterv kidolgozását és megvalósítását teszik szükségessé. Az érvényben levő nemzetközi megállapodások értelmében a hazai mikrohullámú láncnak kelet-nyugati és nyugat-déli irányú (oda és vissza) tranzit forgalom igényeit kell kielégítenie az országos hálózat szükségleteitől függetlenül.

Az igényes hálózatterv célszerű megvalósítása, valamint a hálózatterv és a berendezésterv egyeztetése szükségessé teszi:

#### 1. a hálózatterv kidolgozásánál:

- 1.1. a hálózattervezés alapvető rendszertechnikai kérdéseinek tisztázását,

- 1.2. a hálózat megvalósításához szükséges állomástípusok (az egymástól berendezéstechnikailag különböző állomások) számának meghatározását,
- 1.3. helyszükségleti kérdéseknek berendezésdiszpozíciók alakjában való megválaszolását,
- 1.4. a diszpozíciók birtokában az építészeti tervek egységes átgondolását,
2. a hálózat- és berendezésterv egyeztetésénél:
  - 2.1. az egyes irányokban használt rádiófrekvenciák kiosztásával,
  - 2.2. az irányok csatlakozási szögével,
  - 2.3. a modem állomások közti ismétlőállomások számával,
  - 2.4. az egyes irányokban szükséges antennák számával,
  - 2.5. a nemzetközi csatlakozások műszaki feltételeivel kapcsolatos kérdéseknek tisztázását és összehangolását.

A hazai mikrohullámú láncot Budapest központi hármaselágazású modemállomásából kiindulva építjük ki, a határállomásokon a Szovjetunió, Románia, Jugoszlávia, Csehszlovákia és Ausztria felé való csatlakozás lehetőségének figyelembevételével. A hazai hálózat szükségleteit a nemzetközi lánc igényeinek alávetve kívánjuk megoldani, alkalmasan megválasztott ismétlőállomásokon leágazási és becsatlakozási lehetőség biztosításával. A magyarországi hálózatot — a nemzetközi megállapodásoknak megfelelően — fokozatosan építjük ki televízió- és telefonátvitelre. Először a televízió átvitelre szolgáló rádiófrekvenciás csatornákat telepítjük. A kidolgozásnál a szovjet „Vjesz-na” berendezés minőségi és kapacitás előírásait is figyelembe vesszük, ezenkívül tekintettel vagyunk a csatlakozás szempontjából szobajövő más külföldi rendszerekre is.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

CSIBI SÁNDOR:

A linearitás-, csoportfutási-időmérő és a zajterhelés-vizsgáló műszerek közül a két előbbi a laboratóriumi munkához szükséges. A felhasználó számára a sokcsatornás telefonátvitel minőségéről a zajterhelési vizsgálat nyújt közvetlen felvilágosítást.

Ha ténylegesen hosszú összeköttetés láncot mérünk, a zajterhelés vizsgálat minden kiegészítés nélkül szolgáltatja a sokcsatornás telefonátvitel minőségi adatait. A zajterhelés vizsgálat azonban csak alapsávi pontok között hajtható végre, a mért rendszerben mindig benne van egy modulátor és egy demodulátor. Így ezzel a módszerrel közvetlenül csak olyan zajforrások vizsgálhatók, melyek a MODEM-zajjal összemérhető zajt termelnek.

## PRIBELSZKY GYÖRGY:

Általában megállapítható, hogy szélessávú nemzetközi gerinchálózati berendezések egy-egy rádiófrekvenciás (RF) csatornájának mind több száz telefonbeszélgetés, mind televízió műsor átvitelére egyaránt alkalmasnak kell lennie.

A frekvenciamodulált távbeszélő és televízió rendszerekkel szemben támasztott követelmények eltérőek. A TV átvitel sáv szélesség-igénye nagy, telefonátvitelnél pedig az intermoduláció elkerülésére szigorú linearitási követelményeket kell kielégíteni.

A modulátor-demodulátor és a video, valamint alapsávi áramköröket nem tekintve, az alternatív átvitel feltétele aránylag könnyen biztosítható, mivel egy, a TV jelátvitel sáv szélesség igényével azonos sáv szélességű, de a telefon lineáris torzítás követelményeit kielégítő FM-RF-csatorna mind telefon, mind TV információ átvitelére alkalmas. A modem és alapsávi, illetve video áramkörök alternatív átvitelre való alkalmasságának igénye csak igen nagy nehézségek árán teljesíthető. A telefonátvitel kis löketű, szigorú non-linearitási toleranciákat kielégítő modem berendezést és kis relatív sáv szélességű, nagy linearitású alapsávi áramköröket, míg a TV átvitel nagy löketű, aránylag enyhe non-linearitási toleranciájú modem berendezést és nagy sáv szélességű, szigorú lineáris torzítási toleranciájú video áramköröket igényel. A nehézségek általában csak külön TV modem és video áramkörök, valamint telefon modem és alapsávi áramkörök alkalmazásával hidalhatók át.

Részletesebb analízis alapján megállapítható, hogy a TV átvitel sáv szélesség igényére és a sokcsatornás telefon linearitási követelményeire méretezett szélessávú berendezések mindkét információ átvitelére alkalmasak.

Kisebb kapacitás igényű, vagy pusztán TV műsorcsere létesített szélessávú mikrohullámú rádió vonalakon felmerülhet néhány (60—120) beszédcsatorna átvitelének szükségessége. Ilyenkor kézenfekvő gondolat, hogy adott RF-csatornán közös alapsávban frekvencia-multiplex elven továbbítsunk TV műsort és sokcsatornás telefon információt. A TV műsor mellett átvihető beszédcsatornák maximális számát a gyakorlatilag elérhető linearitás, illetve a „legzajosabb” telefon csatornában megengedhető intermodulációs zaj szintje szabja meg. Az átvihető csatornák száma kb. 150. Ez a feladat szélessávban nagy linearitású, a színes TV műsor sáv szélesség és linearitási követelményeit kielégítő RF-csatornát és modem, ill. alapsávú áramköröket tesz szükségessé.

# KÍSÉRLETI ANTENNA SZÉLESSÁVÚ MIKROHULLÁMÚ ÖSSZEKÖTTETÉSHEZ

CSIBI SÁNDOR, MÁRCZ GYÖRGY és RÓNA PÉTER

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

Előadásunkban 4000 MHz frekvenciájú szélessávú mikrohullámú összeköttetés kísérleti antennáját ismertetjük.

A szélessávú mikrohullámú összeköttetések antennakövetelményei a teljes átviteli rendszer specifikációjából határozhatók meg. A rendszerkövetelmények ismeretében az antenna minimális nyereségét megszabja az adóteljesítmény, a vevőérzékenység és az áthidalandó távolság. Az antenna megengedett állóhullámviszonyára, frekvenciamodulált rendszereknél, a reflexiók által okozott nemlineáris torzítás ad felső korlátot. A tápvonal végein egymásután kétszer visszavert jel a kimenőkapcson késve jelentkezik, ami televíziós üzemben a kontraszthatárok mentén képtorzításra, súlyosabb esetben szellemképre vezet. Sokcsatornás telefonátvitel esetén az eredmény a beszédcsatornában jelentkező áthallási zaj szintjének a növekedése.

Esetünkben min. 38 dB antennanyereség és max. 1,15 állóhullámviszony volt az előírás. Ezeket az értékeket a 3600–3800 MHz frekvenciasávban, egy polarizáción kellett megvalósítani azzal a kikötéssel, hogy ugyanez az antennarendszer később, más tápfejjel, két polarizáció átvitelére is alkalmas legyen. Az antenna tervezésénél az utóbbi, szigorúbb követelményt vettük figyelembe, az elkészült antennákat azonban csak egypolarizációs (függőleges polarizációjú) tápfejjel láttuk el.

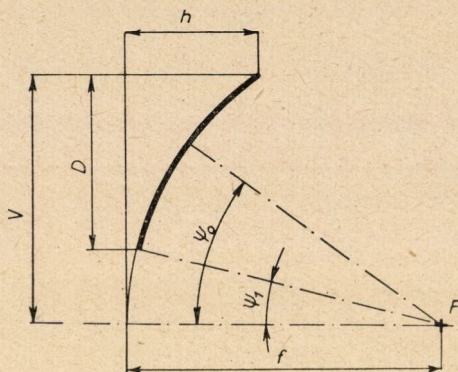
## Az antenna méretezése

A feladat megoldására az 1. ábrán látható oldalmegvilágítású paraboloid rendszert választottuk. Ez a megoldás lehetővé teszi viszonylag nagy aperturájú, és így egyszerűen illeszthető tölcserítápfek alkalmazását. Oldalsó megvilágítás esetén nem mutatkoznak tükrereflexiós problémák, és a tükröfelület megvalósításához kis domborításra van szükség. A szerkezet hátránya, hogy nem tengelyszimmetrikus, és viszonylag nagy antennatartót kíván. Az elrendezés, a tápfej közvetlen hátrasugárzása miatt, nagy hátrasugárzási csillapítások megvalósítására nem alkalmas.



Az antennát négyzetaperturájú tölcserre terveztük. Reflexió szempontjából a  $1,5 \lambda$  apertura-méretet fogadtuk el, mint a még megengedhető legkisebb értéket. A tölcser szájában  $TE_{10}$  módnak megfelelő fázishibamentes megvilágítást feltételezve, a tölcser 10 dB-es nyalábszélessége az  $E$  síkban kb.  $60^\circ$ ; a  $H$  síkban kb.  $80^\circ$ .

Az antenna fő méreteinek megállapításánál egyszerűség kedvéért csak az 1. ábrán látható metszetet vizsgáltuk. ( $\psi_0$  a tápfej max. sugárzási irányát jelöli.) A megadott hullámhossz- és nyereségkövetelményből kiindulva, próbaszámítások alapján, aperturaátmérőnek 3,2 m-t vettünk fel.



1. ábra. Fő méretek

Egy-egy rögzített  $\psi_0$  értéknél a közel maximális nyereséget adó méreteket abból a feltételből határoztuk meg, hogy az apertura szélein a megvilágítás a maximumhoz képest  $-10$  dB legyen. Az eredmények az 1. táblázatban láthatók. A különböző  $\psi_0$  értékhez tartozó adatokat konstrukciós szempontból összehasonlítva a legmegfelelőbbnek a  $\psi_0 = 45^\circ$  értékhez tartozó esetet találtuk. Hozzávéve még azt a (gyártástechnikailag indokolt) követelményt, hogy a tükör kontúrgörbéje síkgörbe legyen, a tükör valamennyi fő mérete meghatározható.

### I. táblázat

#### A fő méretek meghatározása

$\frac{\psi_0}{\text{fok}}$	$\frac{f}{\text{m}}$	$\frac{v}{\text{m}}$	$\frac{\psi_1}{\text{fok}}$	$\frac{h}{\text{m}}$
40	2,78	3,50	6	1,27
45	2,50	3,62	10	1,35
50	2,39	3,90	16	1,66
55	2,34	4,30	26	2,00

Az így kapott rendszer geometriai nyereségét, a tápfej függőleges és vízszintes polarizációjú gerjesztését feltételezve, ellenőriztük. Az eredmény 3600 MHz frekvencián:

$$G_v = 39,5 \text{ dB} \quad G_h = 40,2 \text{ dB},$$

ahol  $G_v$  és  $G_h$  a geometriai nyereség vertikális és horizontális polarizáció esetén. Ekkora geometriai nyereség biztosítása indokolt, figyelembe véve az antenna veszteségeiből, gyártási és beállítási pontatlanságaiból, valamint a gyakoribb lengésekből eredő nyereségcsökkenést.

A fenti nyereség-értékekhez kb. 2 fok 3 dB-es nyalábszélesség tartozik.

### Toleranciák

A megengedhető gyártási pontatlanságokat a legnagyobb megengedett nyereségcsökkenés alapján határozhatjuk meg.

A tükör felületi pontatlanságainak hatását a nyereségre a

$$g = 1 - 53 \Delta_l^2$$

képlet adja (lásd Függelék), ahol  $g$  a nyereségcsökkenés és  $\Delta_l$  a hullámhosszban mért maximális gyártási pontatlanság. 1,2 dB nyereségcsökkenést megengedve és max. 4000 MHz frekvenciát alapul véve

$$\Delta = 5 \text{ mm}$$

adódik. Ez a toleranciaérték elfogadható, ha figyelembe vesszük, hogy tulajdonképpen csak a tükørsablonok elkészítésére és a tükörnek az alakozóhoz (sablonhoz) való illesztésére vonatkozik. A tükör és a tápfej, megfelelő tápfejállítási lehetőségek esetén, az antennaméréseknél a kívánt relatív helyzetbe hozható.

A tápfej szükséges beállítási pontosságának a becslésénél nem vesszük figyelembe azt a tényt, hogy az okozott fázishiba egy része lineáris, és az antenna tájolásánál kompenzálható. Tiszta másodfokú fázishibát feltételezve és  $\pi/4$  maximális hibát (vagyis néhány tized dB veszteséget) megengedve, a beállítási tolerancia, iránytól függetlenül, 9 mm.

100 km/ószélsebességnél a nyaláb  $1/2^\circ$ -on belüli elfordulását engedjük meg. Ez 0,6 dB veszteséget jelent, a sugárzási karakterisztikát a 3 dB-es pontok között kvadratikusnak véve.

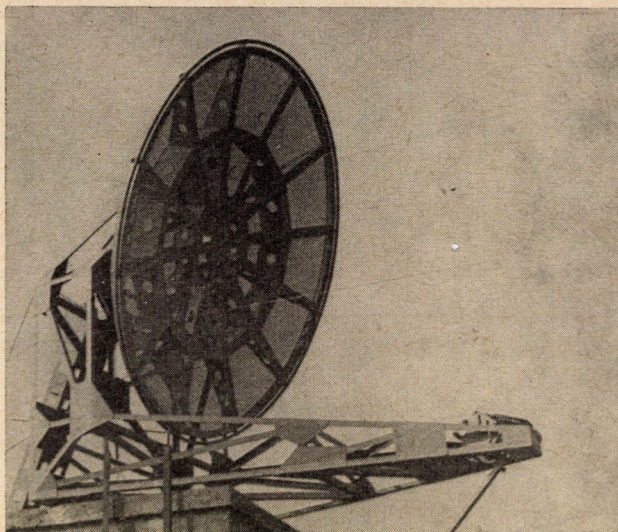
### Mechanikai tervezés

Az antenneszerkezet négy részből: a tükörből, a tápfejből, a tükört és a tápfejet tartó L alakú szerkezetből, valamint a telepítéshez szükséges ele-

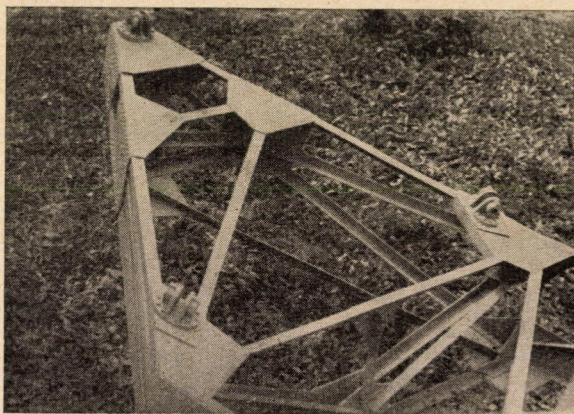


mekből áll. A szerkezet falra függeszthető, illetve tetőre telepíthető változatban készült. Az antenna tetőre telepítve a 2. ábrán látható.

A tükör 1,5 mm, a bordarendszer 2 mm vastag lemezből készült. A tükör szabad felületein 8 mm átmérőjű és 12 mm lyuktávolságú perforáció van.



2. ábra. Az antenna az állomás tetejére telepítve



3. ábra. A tükröt tartó szemek

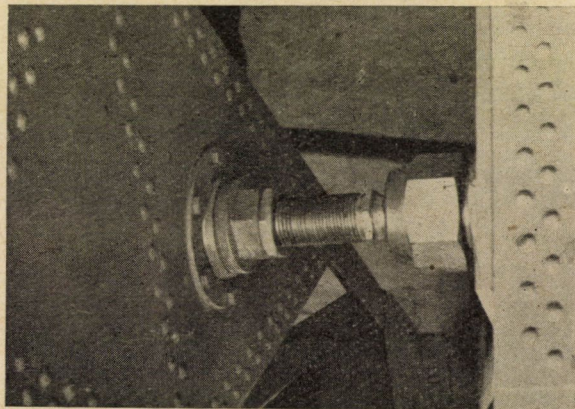
A bordarendszer 12 sugárirányú bordából áll, melyek közül 7 egymástól különböző szelvényű. A paraboloid felület alakozókkal  $5^\circ$ -onként ellenőrzött mintán készült. A kész tükörnek a mintától való eltérése hézagmérővel mérve, 2 mm-nél kisebbnek bizonyult.



Az L-tartó  $50 \times 50 \times 5$  mm-es szögprofilokból álló rácsos szerkezet. (A tükröt a 3. ábrán látható három szem tartja.) A tükrő és a tartószerkezet anyaga AlMgSi (MSz 93322).



4. ábra. A tetőre telepítéshez szükséges szerkezeti elemek



5. ábra. Állítható gömbcsukló

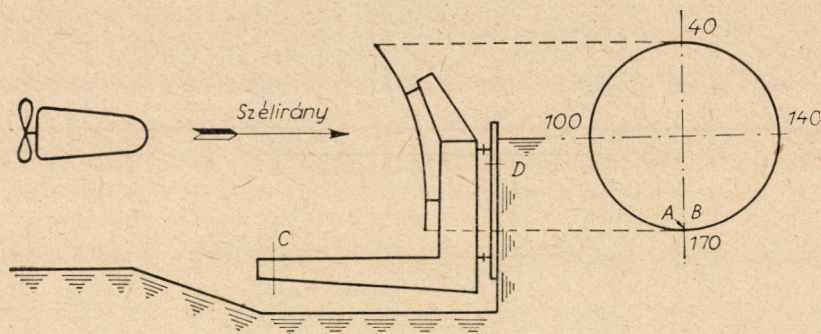
A tetőre telepítéshez szükséges elemek a 4. ábrán láthatók. (A talplemezek kivágásai, a gömbcsukló és az L tartót alátámasztó tengely teszi lehetővé az antenna tájolását.) Falra függesztéskor az L tartó a falhoz erősí-



tett alapkerethez három gömbcsuklón keresztül kapcsolódik. Ezek közül a két alsó az antenna tájolásánál állítható. (Lásd az 5. ábrát.) A gömbcsuklók anyaga CrMo 140 (MSz 2655).

A falra függesztett szerkezet mind oldal-, mind magassági irányban  $\pm 3^\circ$ -on belül, a tetőre telepített szerkezet oldalirányban  $\pm 5^\circ$ -on belül, magassági irányban gyakorlatilag tetszőleges határok között állítható.

A tápfej aperturáját külső behatások ellen 3 mm vastag plexi-lemez zárja le. Ez jegesedés ellen a villamos mezőre merőlegesen beszerelt fűtőszálakkal fűthető. Ahhoz, hogy a lezáró lemez felületén  $-40^\circ\text{C}$  környezet hőmérséklet esetén  $+5^\circ\text{C}$  legyen a hőmérséklet, 20 W fűtőteljesítmény szükséges. (A fűtés



6. ábra

a lemezbe beszerelt termisztorral ellenőrizhető.) A reflexió kiegyenlítésére egy, a lezáró lemez mögött elhelyezett, második plexi-lemez szolgál.

A szerkezet deformációjának a kísérleti ellenőrzésére az antenna első példányát szélnyomáspróbával vizsgáltuk.

Az antennát a 6. ábrának megfelelő módon repülőgép légsavarja mögé helyeztük, a tükör kerületén Pitot-csővel mértük a szél sebességét, és fonálkeresztes távcsövön figyeltük az egyik borda kerületi pontjára (A), az ezzel szomszédos, szabad tükörfelület középpontjára (B), a tápfej helyére (C), valamint az alapkeretre (D) szerelt milliméterskálákat. (Az A, B, D skálák vízszintesen álltak, a C skála függőleges volt.)

A szélesebb eloszlását km/ó-ban a 6. ábrába beírt számok adják. Ennél a terhelésnél a B pont elmozdulása az A ponthoz képest nem volt mérhető. A B ponton 5 mm-nél kisebb deformációt mértünk. A C pont elmozdulásából számított nyálábelfordulás  $1/4^\circ$ -nál kisebb volt.

### Mikrohullámú mérések

Az effektív nyereséget, a sugárzási karakterisztikát és a szomszédos antennák közti áthallást függőleges polarizációjú tápfejjel, 3600 MHz frekvencián, az állóhullámviszonyt a 3600–3800 MHz frekvenciasávban mértük.

Az effektív nyereség nagyobb mint 38,5 dB, a 3 dB-es nyalábszélesség mind a vízszintes, mind a függőleges síkban kb. 2°. A sugárzási karakterisztika csillapítása a vízszintes síkban  $\pm 11$  és  $\pm 110$  fokon kívül nagyobb mint 35, illetve 45 dB (a karakterisztika maximumához képest).

A két antennát közvetlenül egymás mellé állítva és az egyik antennát 0–180° tartományban körbe forgatva mértük a szomszédos antennák közti áthallást. A tápfej-karimák között mért csillapítás bármelyik helyzetben nagyobb mint 50 dB.

Négy tápfej állóhullámviszonyát mértük. Az eredmények a 2. táblázatban láthatók.

II. táblázat

Tápfejek mért állóhullámviszonya

Frekvencia MHz	1.	2.	3.	4.
	sz. tápfej			
3600	1,09	1,13	1,09	1,13
3700	1,02	1,05	1,08	1,05
3800	1,09	1,13	1,12	1,12

### Telepítés, tájolás

Az elkészült négy antenna közül kettőt a Budapest és Kékestető közötti kísérleti összeköttetés állomásain telepítettünk. A telepítést geodéziai mérés előzte meg. Ennek alapján építették be Kékestetőn az alapkeretet és a budapesti állomáson a talpponti csavarokat. A tájolás az összeköttetés berendezéseivel, maximális vevőszint alapján történt.

#### Függelék. A tükör felületi toleranciáinak becslése

Feltesszük, hogy a tükörfelület eltérése a számított-tól csak sugárúthossz változást okoz. A  $\delta$  normális irányú tükörhibából eredő  $\varphi$  fázishiba ily módon a következőképp becsülhető:

$$\varphi \leq 2\beta\delta = 4\pi\delta\lambda,$$

ahol a  $\lambda$  index az említett mennyiségnek a hullámhosszban mért értékét jelöli.

A fázishibák okozta nyereségsökkenést a következő összefüggés adja:

$$g = \left| \frac{\int f e^{j(\varphi - \varphi_0)} da}{\int f da} \right|^2,$$

ahol  $f$  az aperturabeli megvilágításfüggvény,  $\varphi_0$  az egyelőre tetszőleges referencia fázisszög. (Az integrálokat az aperturára kell kiterjeszteni.) Az exponenciális kifejezést a másodfokú tagig kifejtve és a

$$\varphi_0 = \frac{\int f \varphi da}{\int f da}$$

definíciót alkalmazva, a következő kifejezésre jutunk:

$$g = \left| 1 - \frac{1}{2} \frac{\int f(\varphi - \varphi_0)^2 da}{\int f da} \right|^2. \quad (1)$$

Kész tükörfelület esetén, elegendő számú ellenőrző mérés és (1) alapján megállapítható, hogy a tükör a nyereség-toleranciának megfelel-e.

A szükséges geometriai pontosság előzetes becslésére azonban az (1) egyenlőség nem használható. Ehhez a megengedhető maximális hiba és a nyereségcsökkenés között kell összefüggést keresni.

Tételezzük fel, hogy  $\varphi_0 = 0$ . Ezzel  $g$ -re alsó becslést kapunk. Tételezzük fel ezenkívül, hogy a hibák a tükör felületén elég egyenletesen oszlanak el ahhoz, hogy a következő közelítés legyen alkalmazható:

$$\int f \varphi^2 da \approx \bar{\varphi}^2 \int f da,$$

ahol  $\bar{\varphi}^2$  a négyzetes átlag. Ezekkel a feltételezésekkel, (1) alapján:

$$g \geq \left| 1 - \frac{1}{2} \bar{\varphi}^2 \right|^2 \approx 1 - \bar{\varphi}^2 = 1 - 160 \bar{\delta}_\lambda^2. \quad (2)$$

A tükör gyártási tervét a megengedhető maximális hiba alapján lehet kidolgozni. A maximális hibát a következő megfontolás alapján kaphatjuk: Legyen az előforduló maximális hiba abszolút értéke  $\Delta$ . A felületi hibákról feltesszük, hogy a  $(-\Delta, \Delta)$  intervallumban egyenletesen oszlanak el, tehát  $S(\delta) = 1$ , ahol  $S(\delta)$  a  $\delta$  valószínűségi változó sűrűségfüggvénye. Definíció szerint

$$\bar{\delta}^2 = \frac{1}{A} \int_A \delta^2 da = \frac{1}{2\Delta} \int_{-\Delta}^{\Delta} \delta^2 S(\delta) d\delta = \frac{\Delta^2}{3}. \quad (3)$$

(2) és (3) alapján:

$$g \geq 1 - 53 \Delta_\lambda^2. \quad (4)$$

A (3) becslés annál pontosabb, minél jobban teljesül a  $\varphi_0 = 0$  feltétel. Az előbbieken a (4) egyenlőtlenséget alkalmaztuk.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

KORODI ALBERT:

Az oldalról megvilágított tükör kedvező abból a szempontból, hogy egyszerű módon oldja meg a tápfej reflexió mentesítését szélessávon. Meg kellene vizsgálni, hogy a részleges aszimmetria nem okoz-e keresztpolarizációt. Érdemes lenne azt is megbecsülni, hogy a gyártási pontatlanság mennyi keresztpolarizációt okozhat.

DR. ISTVÁNFFY EDVIN:

Az antennával kapcsolatban a következő kérdéseket teszi fel:

1. A paraboloid tükör perforált lemezeinek domborítása milyen eljárással történt?
2. A geodéziai adatok alapján való első betájolás hogyan történt?
3. Mekkora az antennaszerkezet súlya?

4. Mint az előadásból kitűnt, a jövőben az antenna egyidejűleg függőlegesen és vízszintesen polarizált hullámot fog kisugározni. Utóbbi esetben a tápfejet lezáró plexiglas fűtésére a jelenlegi eljárás nem lesz alkalmas. Milyen új megoldást terveznek?

#### AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

Az a tény, hogy a vizsgált antennának csak egy szimmetriasíkja van, hibátlan geometria esetén, nem teszi lehetetlenné keresztpolarizáció-mentes összeköttetés megvalósítását. Az ellenállomás ugyanis az antenna szimmetriasíkjába esik, ebben a síkban pedig keresztpolarizáció nincs, feltéve, hogy a polarizáció iránya a szimmetriasíkkal 0 vagy  $90^\circ$ -ot zár be.

A geometriai tűrésekhez tartozó keresztpolarizációt nem számítottuk.

A tükörfelületet adó lemez egyes cikkeit domborítás előtt perforálták. A perforált cikkeket először körülbelüli formára hajlították, majd alakozósorozat alapján készült mintára domborították.

Az előzetes tájolás geodéziai úton, háromszögelési pontok alapján történt, figyelembe véve a föld görbületét. Az antenna alaptartóit úgy falazták be, hogy az oldalirányú beállítóelemeket középhelyzetbe állítva, az antennának optikai tengelye a geodéziai úton meghatározott irányba mutasson.

A tükör súlya 70 kg. A tükör, az L tartó és a támasztóláb együttes súlya 320 kg.

Az előadás elhangzása óta elkészült a kétpolarizációs fűthető tápfejnek is két példánya. A fűtőtest a tápfejjaperturát lezáró lemez peremei mögött helyezkedik el.



# MIKROHULLÁMÚ ÖSSZEKÖTTETÉSEK LINEARITÁSI PROBLÉMÁI

SÁRKÁNY TAMÁS

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

## Mikrohullámú rendszerek fejlődési iránya és a linearitási követelmények

Mikrohullámú rendszereket leginkább kétféle információ átvitelére szokás használni: televízió kép- és hangjel, vagy pedig sokcsatornás telefonjel átvitelére. A kelet-európai viszonylatban leginkább elterjedt 625 soros televízió jel és 240 csatornás telefonjel átvitelére vonatkozó főbb adatokat a következő táblázat foglalja össze.

	$f_{max}$	Lököt	Linearitás	RF sávszélesség
625 soros TV .....	kb. 6 MHz	8—12 MHz	5—10%	25—30 MHz
240 csat. TEL. ....	kb. 1 MHz	2—3 MHz	3—5 %	10—12 MHz

A táblázatból látható, hogy a két rendszerrel szemben támasztott követelmények lényegesen különböznek; legszembetűnőbb az eltérés a megkívánt linearitási százalék tekintetében. Újabb rendszerek tervezésekor ezért törekvések tapasztalhatók az eltérő követelmények összeegyeztetésére, amelyeket mind gazdasági, mind műszaki tényezők befolyásolnak. Ezzel kapcsolatban legújabb folyóiratcikkek és katalógusok alapján két lényegesen eltérő fejlődési irányzatot vehetünk észre.

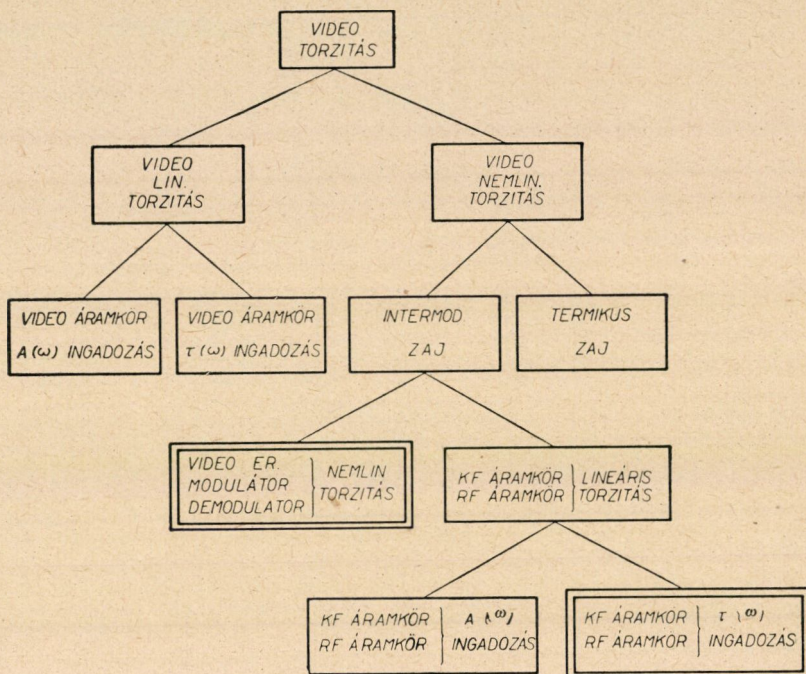
*Az amerikai irányzatot* a Bell-laboratórium legújabban kifejlesztett, TH-típusú rendszere jellemzi, amelynek első állomásait csak 1959 második felében helyezik üzembe. E rendszer színes TV-jel átvitelén kívül a régebbi, 600 telefoncsatornás TD-2 típusú rendszerrel szemben 1860 telefoncsatorna átvitelére alkalmas, sőt 2220 csatornára is bővíthető. Ez az európai szempontból horribilis csatornaszám az amerikai interurbán igényeknek felel meg, és valószínű, hogy hosszú ideig ilyen csatornaszámú rendszerre Európában nem lesz szükség. A nagy csatornaszám miatt a sokcsatornás telefon-multiplex jel spektruma kb. 8 MHz-ig terjed, tehát lényegében a TV video-jel spektrumának felső határával esik össze. Ennek megfelelően a TH-rendszer azonos átviteli láncot hasznosít TV-jel és sokcsatornás telefonjel átvitelére.

*Az európai irányzatot* 3 reprezentatív cég képviseli.

A szovjet posta „Veszna” típusú berendezése 240 csatornás, a francia CSF-cég GDH-103 típusú berendezése 300 csatornás, az angol Marconi-cég



HM 200—250 típusú berendezése 240 csatornás telefonjel átvitelére készült (TV-jel átviteli lehetőségén kívül). Ezek szerint tehát Európában túlnyomórészt a max. 240—300 telefoncsatornát átvivő rendszerek terjedtek el, nyilván az egyelőre még mérsékeltebb interurbán telefonigények következtében. E rendszerek esetleges továbbfejlesztése nagyobb csatornaszámra egyszerűen újabb mikrohullámú csatornák beállításával történhetik meg, melyek mindegyike szintén 240—300 telefoncsatornát visz át. Ugyanis a 300 csatornánál, tehát öt 60 csatornás szupercsoportnál többet tartalmazó telefon-multiplex berendezé-



1. ábra. Szóbjövő torzításfajták FM-rendszerekben. Az előadásban csupán a kettős keresztésű csoportokat tárgyaljuk

sek bonyolultsága és terjedelme oly rohamosan nő, hogy pl. két, egyenként 300 csatornás mikrohullámú vivő használata esetleg gazdaságosabb lehet egyetlen 600 csatornás vivőhullámnál. Ezzel kapcsolatban említésre érdemes a CSF-cég már említett GDH-103 típusú rendszere, amely az előbbi táblázatból látható ellentmondó követelményeket olyan megoldással elégíti ki, hogy teljesen különálló rendszert hasznosít a televízió és a sokcsatornás telefonjel átvitelére; tehát nemcsak a leginkább eltérő követelményű modulátor és demodulátor áramkörök és video-erősítők különböznek, hanem az RF- és KF-áramkörök is: a rendszer sáv szélessége televízió átvitelnél 30 MHz, 300 csatornás telefonátvitelnél pedig 15 MHz.



Az előbbiekből láthatjuk, hogy a mikrohullámú rendszerek fejlődési irányát többek között a fontosabb specifikációs adatok gyakorlati realizálhatóságának kérdése is befolyásolja. Ebben az előadásban az egyik döntő specifikációs adatról, a linearitási követelményről lesz szó. Az áttekinthetőség céljából ezért az 1. ábrán összefoglaljuk a mikrohullámú FM-rendszerekben mutatkozó valamennyi torzításfajtát. Az előadásban a videó-jelben nem-lineáris torzítást előidéző két tényezőről lesz szó: a video áramkörök, modulátorok és demodulátorok nem-lineáris torzításáról és a vivőfrekvenciás (közép- és rádiófrekvenciás) áramkörök csoportfutási idő-ingadozásáról (az ábrán kettős keretezésű kockák). A KF- és RF-áramkörök amplitudógörbe-ingadozásának hatását nem tárgyaljuk, minthogy az FM-rendszerekben alkalmazott limiter-áramkörök folytán e torzításfajta gyakorlatilag elhanyagolható.

**Összefüggés a linearitás, csoportfutási idő és a torzítási tényező között**

Értelmezzük először is a linearitás és a csoportfutási idő fogalmát.

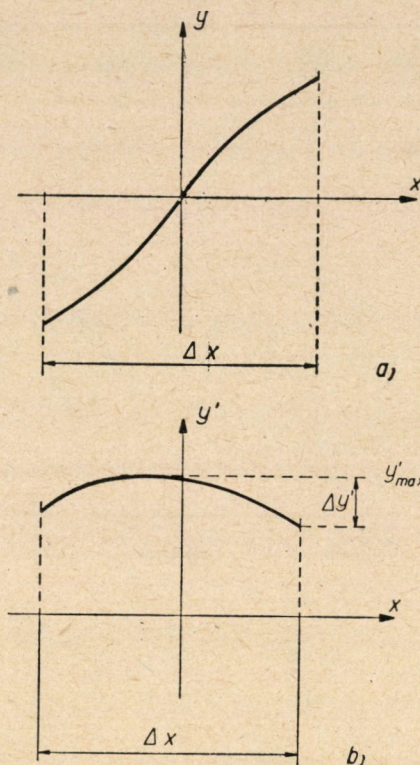
*Linearitás.* Legyen valamely áramkör bemenő paramétere  $x$ , kimenő paramétere  $y$ ; a bemenő paraméter által átfogott kivezérlési tartomány  $\Delta x$  (2a ábra). Ideális áramkör esetén az  $y(x)$  függvény a kivezérlési tartományban lineáris; tényleges áramkörben a függvény eltér az egyenestől. A függvény deriváltját képezve (2b ábra), megállapítjuk a kivezérlési tartományban a derivált maximális értékét,  $y'_{\max}$ -ot (ez nem szükségképpen szélső érték, mint az ábrán, hanem eshetik a kivezérlési tartomány valamelyik szélére is), valamint a maximális és minimális érték közötti különbséget,  $\Delta y'$ -t. Értelmezés szerint az áramkör linearitása következőképpen adódik:

$$l = \frac{\Delta y'}{y'_{\max}}$$

$x$  és  $y$  értelmezése a szóban forgó áramkörtől függ a következő táblázat szerint

	Video-erősítő	Modulátor	Demodulátor
$x$	$e_{be}$	$e_{be}$	$f_{be}$
$y$	$e_{ki}$	$f_{ki}$	$e_{ki}$

Az általában megadott specifikációkban televízió átvitel esetén a fentiekben értelmezett linearitást, telefonátvitel esetén viszont a megszokottabb torzítási tényezőt (klirrfaktort) szokták feltüntetni. Ez logikus megkülönböztetés: a televízió átvitel a szemnek szól, amely a TV-kép fekete-fehér eloszlását, gradációját észleli, és ennek hű átvitelére a linearitás jellemző. A telefonátvitel viszont a fül számára való, a fül pedig felhangokat észlel, amelyeket a torzítási tényező ismert fogalma fejez ki. Minthogy mind a linearitás, mind a torzítási tényező pusztán szám, és mindkét adatot %-ban szokás megadni, régebben sok



2. ábra. A linearitás értelmezése; a) bemenő-kimenő görbe; b) az a) alatti görbe deriváltja

zavart okozott az, hogy a megadott torzítási %-adatnál nem mindig volt pontosan meghatározva, hogy melyik fogalomról van szó. A következőkben egyszerű összefüggést adunk meg a linearitás és a torzítási tényező értéke között, amely vegyes másod- és harmadfokú nem-lineáris torzítás esetén érvényes, amikor tehát az előbbieken értelmezett függvény a következő:

$$y(x) = x + c_2x^2 + c_3x^3.$$

(A magasabb fokszámú tagok a gyakorlatban többnyire elhanyagolhatóak.) A második és harmadik harmonikusra vonatkozó  $k_2$  és  $k_3$  torzítási tényezők és a 3. ábrán értelmezett linearitási paraméterek között egyszerű számítással a következő összefüggések vezethetők le:

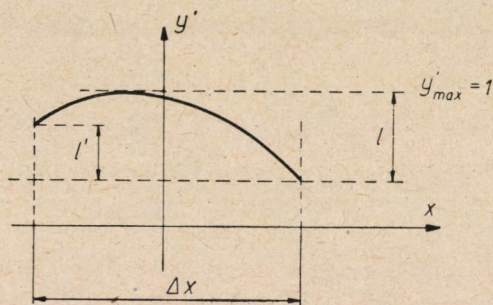
$$k_2 = \frac{l'}{8}$$

$$k_3 = \frac{l}{12} - \frac{l'}{24}.$$

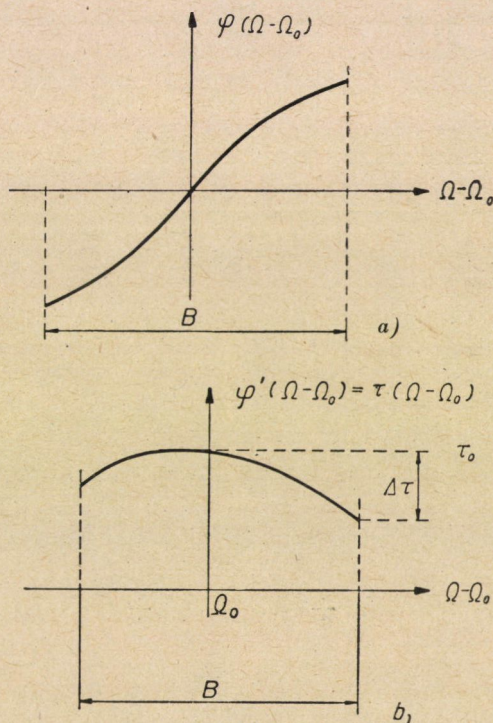
Az összefüggések közelítőek, de 20 %-nál kisebb linearitás esetén a közelítés igen jó. Szokásos gyakorlati áramkörök esetében a használatos torzí-



tásmérőkkel jelzett  $k = \sqrt{k_2^2 + k_3^2}$  torzítási tényező és az  $l$  linearitás között kb. 1 nagyságrend különbség van; pl. 10%-os linearitás kb. 1%-os torzítási tényezőnek felel meg. A megadott képletek gyakorlatban jól használhatók,



3. ábra. Linearitás-paraméterek a torzítási tényezőkkel való összefüggéshez



4. ábra. A csoportfutási idő értelmezése; a) fázisgörbe; b) az a) alatti görbe deriváltja

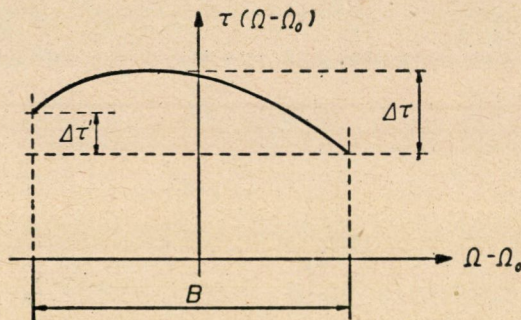
mert az azokban előforduló  $l$  és  $l'$  paraméterek a differenciál-elven működő linearitásmérőkkel szolgáltatott kalibrált oszcillogramon jól leolvashatók.

**Csoportfutási idő.** Legyen valamely vivőfrekvenciás áramkör fázisgörbéje a  $\varphi(\Omega - \Omega_0)$  függvénnyel megadva (4a ábra). A függvény deriváltját képezve,



megállapítjuk az így kapott csoportfutási idő-görbének a szóban forgó frekvenciatartományon belül mutatkozó maximális és minimális értékét; a kettő különbségét képezve, a kapott  $\Delta\tau$  értéket nevezzük a szóban forgó áramkör csoportfutási idő ingadozásának. Ez az érték, ellentétben a linearitással, nem pusztán szám, hanem idő-dimenziójú.

Ismeretes, hogy a vivőfrekvenciás részek lineáris torzítása a video-áramkörök nem-lineáris torzításával ekvivalens; FM-átvitelnél — mint már említettük — a lineáris torzítást adó  $A(\omega)$  és  $\tau(\omega)$  görbék közül csupán a  $\tau(\omega)$  görbe jön szóba. A vivőfrekvenciás részek csoportfutási idő ingadozása tehát a demodulált video-jelben harmonikusok keletkezését eredményezi. A linearitás és a torzítási tényező közötti összefüggéshez hasonlóan megállapítható a



5. ábra. Csoportfutási idő paraméterek a torzítási tényezőkkel való összefüggéshez

csoportfutási idő ingadozás és a torzítási tényező közötti összefüggés. A következőkben ezt az összefüggést adjuk meg vegyes másod- és harmadfokú fázistorzítás esetére, amikor tehát a fázisgörbe következő alakú:

$$\varphi(\Omega - \Omega_0) = (\Omega - \Omega_0) + c_2(\Omega - \Omega_0)^2 + c_3(\Omega - \Omega_0)^3.$$

Ekkor értelmezés szerint a csoportfutási idő-görbe következő alakú:

$$\tau(\Omega - \Omega_0) = \tau_0 + \tau_1(\Omega - \Omega_0) + \tau_2(\Omega - \Omega_0)^2.$$

A második és harmadik harmonikusra vonatkozó  $k_2$  és  $k_3$  torzítási tényezők és az 5. ábrán értelmezett csoportfutási idő paraméterek között a következő összefüggések érvényesek.

$$k_2 = \frac{\Delta\tau'}{8} \omega \frac{\Delta\Omega}{B/2},$$

$$k_3 = \left( \frac{\Delta\tau}{12} - \frac{\Delta\tau'}{24} \right) \omega \left( \frac{\Delta\Omega}{B/2} \right)^2,$$



Itt  $\omega$  jelenti a moduláló frekvenciát,  $\Delta\Omega$  pedig a frekvencialeketet. Látjuk, hogy a vivőfrekvenciás részek lineáris torzításával okozott nem-lineáris video torzítás értéke függ a moduláló frekvenciától is, a torzítási tényezők azzal egyenesen arányosak. Ez ellentétben van a video részek nonlineáritásából eredő torzítási tényezővel, amely a dolog természete szerint frekvenciafüggetlen. Szokás a video rész nonlineáritásából eredő torzítást sztatikus torzításnak, a vivőfrekvenciás rész csoportfutási idő ingadozásából eredő torzítást dinamikus torzításnak is nevezni.

A következő táblázatban megadjuk néhány reprezentatív külföldi rendszer linearitási és csoportfutási idő adatait

	Szovjet posta „Veszna”	Amerikai Bell TD—2	Francia CSF GDH—103	Német Telefunken
Modulátor	$k = 0,1\%$ (10MHz)	$l = 1\%$ (10 MHz)	$k = 5\%$ (TV) $k = 0,1\%$ (TF)	$l = 20\%$ (csak TV)
Demodulátor		$l = 2\%$ (8 MHz)		
KF-erősítő		$\tau = 3$ nsec (16 MHz)	$\tau = 3$ nsec (8 MHz)	

Látható, hogy a táblázat meglehetősen hiányos; ennek az az oka, hogy a katalógusok, folyóiratcikkek ezeket az adatokat számszerűleg nemigen közlik; ezek a rendszer „kényes” adatai, amelyeket az egyes cégek nem szívesen adnak meg.

### Több ismétlőállomás torzításhalmazódásának csökkentése

Ismeretes, hogy a cm-es hullámok terjedési tulajdonságai miatt a mikrohullámú hírközlés 50—80 km-enként elhelyezett ismétlőállomások útján történik. Az ismétlőállomás torzításai halmozódnak, tehát a teljes lánc torzítása több ismétlőállomás eredő torzításának felel meg. Mint már említettük, az ismétlőállomások torzítása két fő csoportra osztható:

1. Video-erősítők, modulátorok és demodulátorok nem-lineáris torzítása,
2. KF- és RF-áramkörök csoportfutási idő ingadozása (lásd az 1. ábrán a kettős keretezésű kockákat).

A mikrohullámú rendszerek fejlődésében régi törekvés a torzításhalmazódás csökkentése. Ennek klasszikus módszere nem demoduláló típusú ismétlőállomások alkalmazása, amelyekben a vett mikrohullámú jelet nem demoduláljuk, hanem csupán transzponáljuk középfrekvenciára, és megfelelő erősítés után visszatranszponáljuk az adásnak megfelelő (vevőfrekvenciától eltérő) frekvenciára.\* Ilyenkor tehát az ismétlőállomáson nem alkalmazunk video-

\* Megjegyzendő, hogy újabban készülnek ún. tiszta haladóhullámú csöves ismétlőállomások, amelyekben megfelelő típusú, korszerű haladóhullámú csövek alkalmazásával az erősítés a vételi és az adásfrekvencián történik. Ilyen pl. az angol Marconi-cég HM 200/250 típusú rendszere.

erősítőt, modulátort és demodulátort, úgyhogy az 1. alatti torzítás csupán a két végállomáson jelentkezik, függetlenül az ismétlőállomások számától, tehát a mikrohullámú lánc hosszától. Torzításhalmozódás szempontjából így csak a 2. alatti torzítás jön szóba.

Az újabb fejlődés azt mutatja, hogy kis és közepes hatósugarú rendszerekben, amelyek hossza a CCIR fiktív referenciahálózatának 2500 km-es hossza helyett csupán max. 6—800 km, előszeretettel alkalmaznak demoduláló típusú ismétlőállomásokat.\*\* Ennek az az oka, hogy ezek felépítése — különösen a mikrohullámú szerelvények tekintetében — lényegesen egyszerűbb, és sokkal olcsóbban, kisebb méretben, esetleg hordozható, könnyen telepíthető kivitelben állíthatók elő. Az átvitt jel minősége pedig semmivel sem rosszabb a nem demoduláló rendszerekéhez képest, megfelelő méretezés és korszerű alkatrészek használatakor.

A következőkben két újabban elterjedt módszert ismertetünk az említett kétféle torzításfajta halmozódásának csökkentésére. Az 1. alatti torzításra vonatkozó módszer természetesen csak demoduláló rendszernél jöhet szóba, a 2. alattira vonatkozó bármilyen rendszer esetén. Mindkét módszer alkalmazásának alapfeltétele, hogy az egyes ismétlőállomások szóban forgó karakterisztikai minimális eltérést mutassanak. Konkrét példa kedvéért TV-jelátvitelt tételezünk fel, bár a módszerek természetesen bármilyen hullámalak átvitelénél alkalmazhatók. A módszerek alkalmazásakor kétféle,  $A$  és  $B$  típusú ismétlőállomást használunk, amelyek  $A-B-A-B$  s i. t. sorrendben következnek egymás után és bizonyos paraméterekben különböznek egymástól. A kétféle torzításhalmozódás-csökkentési módszer lényege a következő.

*I. Soronkövetkező ismétlőállomásokon a modulátorra jutó moduláló video-jel polaritása váltakozó*: az  $A$  állomáson pl. „pozitív”: a szinkronizáló jel csúcsainak maximális frekvencia felel meg, a  $B$  állomáson „negatív”: a szinkronizáló jel csúcsainak minimális frekvencia felel meg.

*II. Soronkövetkező ismétlőállomásokon a KF-erősítőben a moduláció iránya váltakozó*: az  $A$  állomáson pl. a szinkronizáló jel csúcsainak maximális középfrekvencia felel meg, a  $B$  állomáson minimális középfrekvencia felel meg.

1. Ha az  $A$  állomás modulátorának és a  $B$  állomás demodulátorának a hozzájuk tartozó video-erősítővel együtt felvett, eredő átviteli görbéje (video bemenet és video kimenet között)

$$y = x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots$$

(ahol tehát  $x$  jelenti az  $A$  állomás video bemenőfeszültségét,  $y$  pedig a  $B$  állomás video kimenőfeszültségét), akkor az I. alatti módszer alkalmazásakor csak a páratlan fokszámú összetevőktől eredő torzítás halmozódik. A páros fokszámú

\*\* Ilyen pl. a francia CSF cég TF 120 típusú rendszere, amely demoduláló típusú.

összetevőktől eredő torzítás soronkövetkező állomásokon közelítőleg kompenzálódik, tehát a páros számú állomásból álló lánc után közelítőleg zérus, páratlan számú állomás után pedig közelítőleg megfelel egy állomás torzításának.

A kompenzálás elérhető értékére tekintsünk két példát. A mikrohullámú lánc álljon egy adó végállomásból, egy vevő-adó ismétlőállomásból és egy vevő végállomásból. Először tételezzük fel, hogy egy adó- és egy vevőállomás video-video átviteli görbéje csak tiszta másodfokú torzítást tartalmaz, és legyen azonos a bemenő és kimenő video szint. Az adó végállomás bemenő video jelét  $x$ -szel jelölve, az ismétlőállomás vevő-kimenetén, tehát az első vevő-kimeneten

$$y_1 = x + c_2 x^2$$

lesz a kimenő video jel, ahol  $c_2$  jelenti az eredő átviteli görbe másodfokú tagjának együtt-hatóját. Ha ezt a jelet megfordított polaritással adjuk rá az ismétlőállomás adójára, és a második adó-vevő pár karakterisztikája pontosan egyezik az elsővel, akkor a vevő végállomás kimenetén, tehát a második vevő-kimeneten

$$y_2 = -y_1 + c_2 (-y_1)^2$$

lesz a video-jel. Ebbe az egyenletbe az előzőből  $y_1$  értékét behelyettesítve,

$$y_2 = -x - c_2 x^2 + c_2 x^2 + 2c_2 x^3 + c_2^2 x^4.$$

Látjuk, hogy a másodfokú tag kiesik, és csupán harmad- és negyedfokú tagok vannak. Tegyük fel azt a gyakorlati esetet, hogy egy adó-vevő pár eredő linearitása 10%, tehát  $l_1 = 0,1$ . Egyszerű számítással következik, hogy ennek megfelelően

$$c_2 = 0,025.$$

Ez azt jelenti, hogy a negyedfokú tagot nagyon jó közelítéssel elhanyagolhatjuk, tehát a második vevő-kimenetén a video-jel közelítőleg következőképpen írható fel:

$$y_2 \sim -x + 2c_2^2 x^3.$$

Vagyis a kimenő video-jel csupán harmadfokú torzítást tartalmaz; ennek megfelelően két adó-vevő pár eredő linearitása egyszerű számítás szerint közelítőleg

$$l_2 \sim 3 \cdot 2c_2^2 = 6c_2^2 = 0,00375,$$

tehát két adó-vevő pár eredő linearitása 0,375%. Ez tehát több mint 26-szoros javulást jelent.

E példában tiszta másodfokú torzítást tételeztünk fel azért, hogy a páros fokszámú összetevők kompenzálódásának mértéke szembetűnő legyen. Gyakorlatban azonban tiszta másodfokú torzítás nemigen fordul elő, és rendszerint van harmadfokú tag is, amelynek torzító hatása nem kompenzálódik, hanem összegeződik. Tételezzük fel ezért másodszor, hogy az átviteli görbe másod- és harmadfokú torzítást is tartalmaz; ekkor az előbbihez hasonló jelöléssel

$$y_1 = x + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

lesz a kimenő video-jel az első vevő-kimenetén, és egyszerű számítás szerint az első adó-vevő pár eredő linearitása

$$l_1 = 2c_2 + 3c_3.$$

Tételezzük fel azt a gyakorlati esetet, amikor a két együttható közel egyező:

$$c_2 \sim c_3 = c,$$

tehát

$$l_1 = 5c.$$

A második vevő kimenetén

$$y_2 = -y_1 + c_2(-y_1)^2 + c_3(-y_1)^3$$

lesz a video-jel. Ebbe az egyenletbe  $y_1$  értékét behelyettesítve, a másodfokú tag ismét kiesik, és vannak harmadfokútól nyolcadfokúig terjedő tagok. A gyakorlatban előforduló torzítások esetén minden együtttható az egységénél jóval kisebb, tehát alkalmazhatjuk azt a nagyon jó közelítést, hogy csak azt a tagot vesszük figyelembe, amelyben az együtttható a legkisebb hatványon fordul elő. A részletes számítás végeredményeként nagyon jó közelítéssel

$$y_2 \sim -x - 2c_3x^3,$$

vagyis a kimenő video-jel lényegében csupán harmadfokú torzítást tartalmaz, és egyszerű számítás szerint így két adó-vevő pár eredő linearitása

$$l_2 \sim 3 \cdot 2c_3 = 6c_3 = 6c.$$

Látjuk tehát, hogy azonos másod- és harmadfokú torzítást feltételezve, két adó-vevő pár torzítása egyéhez képest csupán 6/5 arányban, tehát 20%-kal nő meg. A váltakozó polaritású modulációt tehát ilyenkor is célszerű alkalmazni.

## 2. Ha az $A$ és $B$ állomás megegyező KF-erősítőinek fázisgörbéje

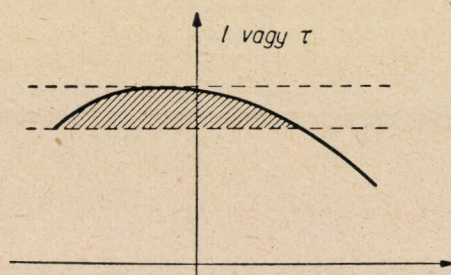
$$\varphi(\Omega - \Omega_0) = (\Omega - \Omega_0) + c_2(\Omega - \Omega_0)^2 + c_3(\Omega - \Omega_0)^3 + \dots$$

akkor a II. alatti módszer alkalmazásakor csak a páratlan fokszámú összetevőktől eredő torzítás halmozódik. A páros fokszámú összetevőktől eredő torzítás soronkövetkező állomásokon közelítőleg kompenzálódik, tehát páros számú állomásból álló lánc után közelítőleg zérus, páratlan számú állomás után pedig közelítőleg megfelel egy állomás torzításának. A kompenzálás azért jön létre, mert a fázisgörbe nonlinearitása folytán létrejövő páros harmonikusok fázisa függ a moduláció irányától, a páratlan harmonikusok fázisa azonban nem függ attól. Így váltakozó modulációs irány esetén a páros harmonikusok közelítőleg kompenzálják egymást.

A gyakorlatban használatos mérőberendezésekkel mind az átviteli görbének, mind a fázisgörbének deriváltját mérjük. A deriváltakra vonatkozóan tehát a két előbbi tétel azt mondja ki, hogy az említett eljárások alkalmazásával mind a linearitás-görbének, mind a csoportfutási idő-görbének csupán a páros fokszámú összetevője halmozódik, a páratlan fokszámú összetevőtől eredő torzítás közelítőleg kompenzálódik. Ha tehát akár a linearitás görbe, akár a csoportfutási idő-görbe a 6. ábrának megfelelő képet mutatja (max. harmadfokú torzítást feltételezve), ez azt jelenti, hogy csupán az ábrán vonalkázott tartomány jön szóba torzításhalmozódás szempontjából.

A Távközlési Kutató Intézetben készülő hosszútávú, nem demoduláló típusú és rövidtávú, demoduláló típusú mikrohullámú rendszerekben az említett két módszert alkalmazzuk a torzításhalmozódás csökkentésére.





6. ábra. Megfelelő eljárásokkal mind a linearitás-görbék, mind a csoportfutási idő-görbék csupán a vonalkázott része halmozódik több ismétlődőállomás esetén

### Mérőmódszerek

Mikrohullámú rendszerek linearitásának és csoportfutási idejének mérésére a Távközlési Kutató Intézetben két mérőberendezést fejlesztettünk ki: az  $l - \tau$  mérőberendezést és az intermodulációs zajmérő berendezést. A két mérőberendezés lényeges adatainak összehasonlítását a következő táblázat adja.

	$l - \tau$ mérőberendezés	Intermodulációs zajmérő berendezés
Mérhető	egyes áramkör (pl. modulátor)	video-erősítő vagy teljes rendszer video-video kapesok között
Kapott információ	függvény (pl. linearitás a moduláló feszültség függvényében) kalibrált oscillogramon	egyetlen számadat (zajtjeljesítményarány) kalibrált osztón leolvasva
Pontosság nagyságrend	százalék	ezrelék

Az említett mérőberendezéseket, valamint a csoportfutási idő kiegyenlítésével kapcsolatos kérdéseket MARGITTAI Pál, MELEG József és FÓKÁS Elemér fogják ismertetni. A mérőberendezések kifejlesztésében végzett munkájukért ez úton is köszönetet mondok.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

MARGITTAI PÁL:

Az előadásban említett  $l - \tau$  mérőberendezés 70 MHz-es szélessávú áramkörök és video-erősítők linearitásának ( $l$ ) és csoportfutási idejének ( $\tau$ ) mérésére alkalmas. A berendezéssel a következő paraméterek mérhetők:

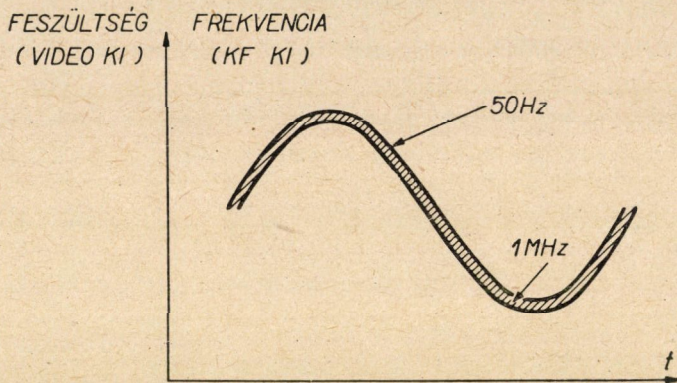
- a) video-erősítő  $l$
- b) demodulátor  $l, \tau$
- c) modulátor  $l, \tau$
- d) KF-erősítő  $\tau$



A berendezésnek három része van:

1. generátor,
2. indikátor,
3. követő egység.

A mérés elve az, hogy a mérendő áramkör kivezérlési tartományát a tartományhoz képest viszonylag kis, 1 MHz-es jellel mintegy „letapogatjuk”, mégpedig 50 Hz-es ütemben; e célból a generátor a 7. ábrán látható hullám-alakot szolgáltatja. A generátornak két kimenete van: a video kimenettel olyan áramköröket mérünk, amelyek *video bemenettel* rendelkeznek (video-erősítő, modulátor); e ponton a generátor kimenőfeszültsége változik a 7. ábra szerint; a KF-kimenettel pedig *KF-bemenettel* rendelkező áramkörökre csat-



7. ábra. Az  $l-\tau$  mérőberendezés generátora által adott jel hullámalakjának vázlata. A nagy amplitúdójú 50 Hz-es jelre viszonylag kis amplitúdójú 1 MHz-es jel van szuperponálva. A video kimeneten a feszültség, a KF-kimeneten a frekvencia változik az ábrának megfelelően

lakozunk (demodulátor, KF-erősítő); itt a generátor kimenőfrekvenciája változik a 7. ábrának megfelelően.

A generátor olyan rendszerű, hogy a video kimeneten az 1 MHz-es feszültség amplitúdója és fázisa, a KF-kimeneten pedig az 1 MHz-es frekvencialöket amplitúdója és fázisa állandó. Ez utóbbit úgy érjük el, hogy az 1 MHz-es és 50 Hz-es jelekkel két külön oszcillátort modulálunk, és a kettős különbségének képzésével kapjuk meg a kettős frekvenciamodulációjú KF-jelet.

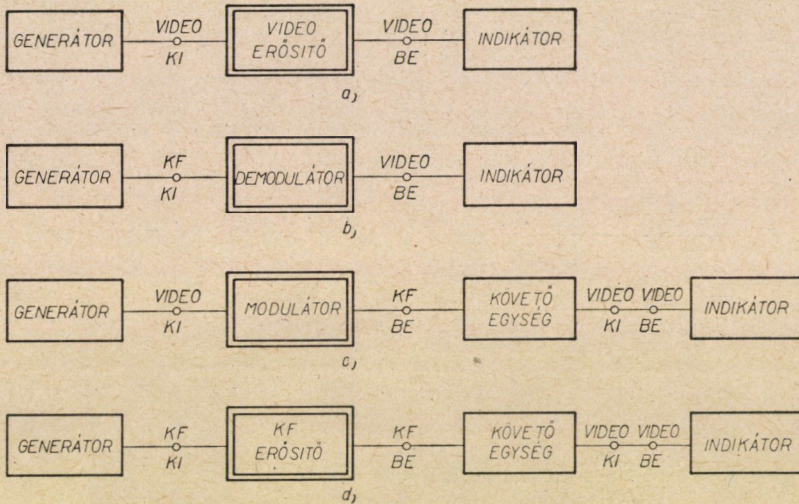
A generátor kimenő jelét a mérendő áramkörre adva, az áramkör kimenetén megjelenő 1 MHz-es jel amplitúdó-ingadozása az áramkör linearitás görbéjét, az 1 MHz-es jel fázisszög-ingadozása pedig az áramkör csoportfutási idő görbéjét szolgáltatja.

*Video kimenetű áramkör* esetén (video-erősítő, demodulátor, 8a és 8b ábra) az áramkör kimenetéről közvetlenül csatlakozunk az indikátorra, amely leválasztja az 50 Hz-es összetevőt, és az 1 MHz-es jel amplitúdójával, illetve fázisszögével arányos kimenőfeszültséget szolgáltat két kimenő hüvelyen ( $l$ -mérés, illetve  $\tau$ -mérés).  $\tau$ -mérés esetén az 1 MHz-es jel fázisszög-mérése a generátor által szolgáltatott referens 1 MHz-es jel fázisszögéhez képest



történik egy e célra kifejlesztett hexódás, igen érzékeny fázisdetektor segítségével.

*KF-kimenetű áramkör* esetén (KF-erősítő, modulátor, 8c és 8d ábrák) az áramkör és az indikátor közé a követő egységet kell iktatni. Ez lényegében olyan szupervevő, amelynek frekvenciamodulált helyi oszcillátora van, és ez önműködő frekvenciaszabályozó áramkör útján pontosan követi a bemenő jel lassú (50 Hz-es) frekvencia-változását, és így ezzel a bemenő jelet állandó középfrekvenciára transzponáljuk át; az ehhez csatlakozó diszkriminátoron alakítjuk vissza az 1 MHz-es frekvenciaváltozást feszültség-változássá. Minthogy a diszkriminátor gyakorlatilag állandó munkaponton



8. ábra. Az  $l-\tau$  mérőberendezéssel végezhető mérések tömbvázlata

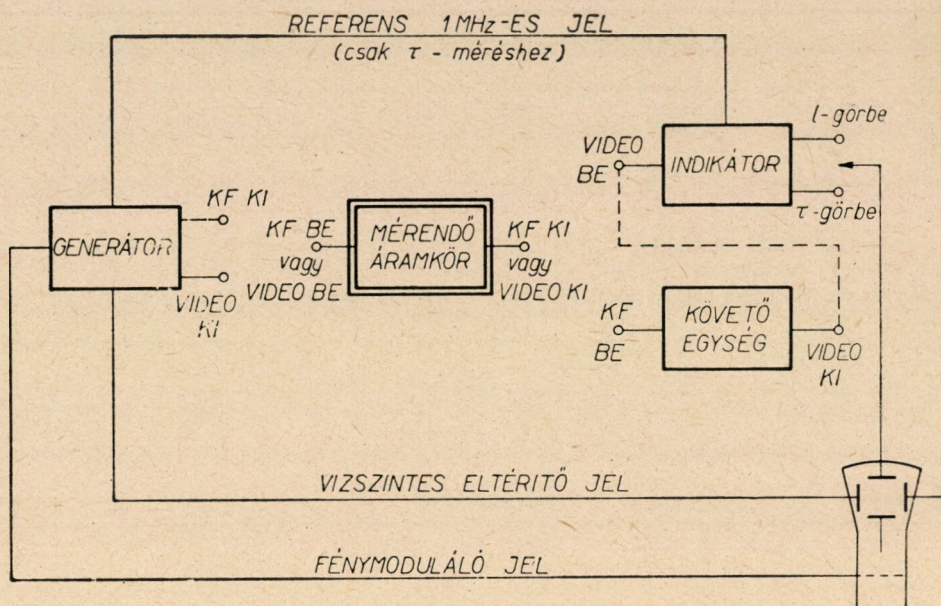
- a) video-erősítő  $l$ -mérés
- b) demodulátor  $l$ -mérés és  $\tau$ -mérés
- c) modulátor  $l$ -mérés és  $\tau$ -mérés
- d) KF-erősítő  $\tau$ -mérés

dolgozik, a mérésből annak  $l$ - és  $\tau$ -hibája kiesik. Végeredményben tehát a követő egység szélessávú diszkriminátort helyettesít.

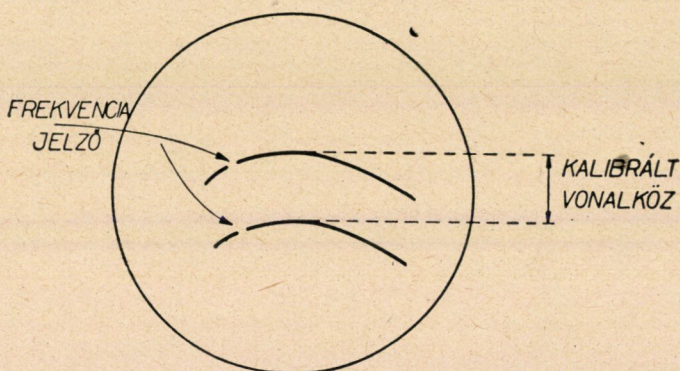
Az  $l-\tau$  mérőberendezést szokásos kisfrekvenciás oszcilloszkóppal kiegészítve, a mérendő áramkör  $l$ -görbéje vagy  $\tau$ -görbéje oszcillogram alakjában jelenik meg. A mérési összeállítás a 9. ábrán látható. Eszerint az oszcilloszkóp függőleges eltérítéséhez az indikátor  $l$ -görbe, illetve  $\tau$ -görbe jelzésű hüvelyéről csatlakozunk, a vízszintes eltérítést pedig a generátor szolgáltatja. A generátor ezenkívül fénymoduláló jelet is ad az oszcilloszkóp rácsa számára, amely egyrészt biztosítja, hogy a kivezérlési tartomány végigsöprése közben csupán az egyik iránynak megfelelő jel legyen látható, másrészt pedig ezenkívül KF-bemenetű áramkörök mérésekor frekvenciajelzőt is tartalmaz.

A berendezéssel kapott oszcillogram jellege a 10. ábrán látható. Eszerint az oszcillogram mindkét tengelye kalibrálható. Ugyanis a vízszintes tengelyen megjelenik az említett hangolható frekvenciajelző (a katódsugár kioltása formájában), amellyel tetszőleges pontnak megfelelő frekvencia határozható





9. ábra. Az  $l-\tau$  mérőberendezés, a mérendő áramkör és az oszcilloszkóp mérési összeállítás



10. ábra. Az  $l-\tau$  mérőberendezéssel nyerhető oszcillogram

meg a generátor skálájának leolvasásával (KF-bemenetű áramkörök mérésekor). A függőleges tengely kalibrációja úgy történik, hogy a 10. ábrán látható kettős görbét állítjuk elő, amelyek közötti távolság állítható és az indikátor megfelelő skáláján  $l$ -mérésnél közvetlenül %-ban,  $\tau$ -mérésekor pedig közvetlenül nsec-ban leolvasható.

#### Rövid specifikáció

Mérőfrekvencia .....	1 MHz
Letapogató frekvencia .....	50 Hz
Sávközép .....	70 MHz
Frekvencialöket .....	állítható 2-től 40 MHz-ig



Kalibráció ..... két görbés oszcillogram alapján;  
a távköz kalibrált skáláról  
leolvasható

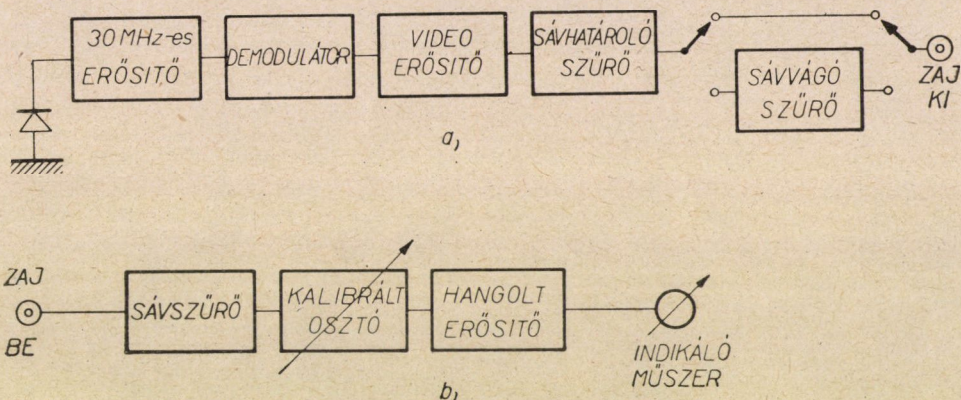
Mérési pontosság:

linearitás mérésnél .....  $\pm 0,5\%$   
csoportfutási idő mérésnél .....  $\pm 1$  nsec

Jelenleg folyamatban van a berendezés továbbfejlesztése három irányban:

1. Megfelelő kalibrációs áramkörrel a csoportfutási idő-görbén kívül az amplitúdó-görbe decibelben való kiértékelése is lehetséges lesz;

2. 1 MHz-en kívül további mérőfrekvenciák alkalmazásával a berendezéssel a vivőfrekvenciás részek dinamikus torzítására is következtetni lehet majd;



11. ábra. Az elkészült intermodulációs zajmérő berendezés blokkdiagramja; a) zajgenerátor; b) zajvevő

3. További egységek alkalmazásával, illetve a jelenlegi egységek kiegészítésével nemcsak 70 MHz-es, hanem mikrohullámú elemek mérésére is sor kerülhet (pl. klystron-modulátor linearitás mérése, mikrohullámú szűrő csoportfutási idő mérése s i. t.).

MELEG JÓZSEF:

A CCIF előírásai a sokcsatornás telefonmultiplex rendszer jóságát úgy specifikálják, hogy megadják az egyetlen telefoncsatornában mérhető maximális zajteljesítményt 2500 km-es fiktív hálózat esetére. Ezek az előírások mindenképpen érvényesek, függetlenül attól, hogy a telefonmultiplex jel átvitele kábellel vagy mikrohullámú rendszerrel történik. Utóbbi esetben a jelzett zajteljesítmény méréséhez a mikrohullámú rendszer ellenőrzésekor szükség lenne az igen terjedelmes és bonyolult, üzemszerű terheléssel működő telefonmultiplex rendszerre is, ami gyakorlatilag általában nehézségekbe ütközik. Ezért annak ellenőrzésére, hogy a mikrohullámú rendszer megfelel-e



sokcsatornás telefonjel átvitelére, világszerte elterjedt az előadásban említett intermodulációs zajmérés módszere. Ennek az a lényege, hogy a vizsgálandó mikrohullámú rendszerre olyan folytonos zajspektrumot adunk, amelynek sávhatárai a szóban forgó telefonmultiplex jel sávhatárainak felelnek meg (pl. 240 csatorna esetén a sáv 60-tól 1052 kHz-ig terjed); a zajspektrum nagyon jól megközelíti azt a tényleges üzemi állapotot, amikor mind a 240 csatornában beszélgetés folyik. E zajspektrumban igen szelektív és igen nagy csillapítású sávragó szűrő közbeiktatásával egyetlen 4 kHz-es beszédcsatornában nagymértékben (kb. 80 dB-lel) csillapítjuk a zajteljesítményt. Így annak megfelelő állapotot létesítünk, mintha 240 csatornából csak 239 csatornában folynék beszélgetés. Ezt a jelet adjuk a mikrohullámú rendszer alapsávi bemenetére, a rendszer alapsávi kimenetéről pedig olyan igen szelektív zajvevőre csatlakozunk, amely éppen a kivágott sávra van hangolva. Ha az említett sávragó szűrőt ki- és bekapcsoljuk, akkor ideális, torzítást nem adó rendszer esetén a zajvevő kimenetén is az eredetihez hasonló, kb. 80 dB-es zajszint-ingadozást figyelhetünk meg. A ki- és bekapcsolt sávragó szűrővel mért zajteljesítmények arányát zajteljesítmény-viszonynak mondjuk. Nem ideális, tehát intermodulációs és termikus zajt adó rendszer esetén azt észleljük, hogy a zajteljesítmény-viszony a kimeneten kisebb mint a bemeneten, minthogy a rendszer torzításai járulékos zajt hoznak létre a sávragó szűrő által kivágott sávban. *A mért zajteljesítmény-viszony tehát a rendszer torzítására jellemző számadat.*

Az előadásban említett intermodulációs zajmérő berendezés két részből áll: zajgenerátorból és zajvevőből. A berendezés blokk-diagramja a 12. ábrán látható. Eszerint a zajgenerátorban egy záróirányban előfeszített kristály zaját 30 MHz-es hangolt erősítő erősíti, majd a felerősített zajt diódás demodulátorral demoduláljuk, és video-erősítővel 75 ohmos kimenőellenálláson megfelelő szintre erősítjük. Ezután sávhatároló szűrő következik, amely a zajspektrumot a telefoncsatornaszámnak megfelelő sáv szélein túl levágja. A kimenő zaj vagy közvetlenül, vagy az említett sávragó szűrőn át kapcsolódik a kimenő hüvelyre.

A zajvevő bemenetén levő sávszűrőnek az a célja, hogy a mérni nem kívánt, tehát a szóban forgó sáv szélein túl levő zajkomponensek ne jussanak a csöves szelektív erősítőre, amelynek bemenő fokozataiban intermodulációs zajt okoznának; így ugyanis a zajvevő saját intermodulációs torzítása meghamisítaná a mérési eredményt. Ezután kalibrált, 80 dB átfogású osztó következik. Ezzel történik a keresett zajteljesítmény-viszony meghatározása úgy, hogy a zajgenerátorban levő sávragó szűrő ki- és bekapcsolt állapotában az osztót állandó kimenő zajszintre utánállítva, leolvassuk az osztó két állása közötti szintkülönbséget. Az osztó után következik a tulajdonképpeni nagy-erősítésű, igen szelektív erősítő, amelynek feladata a bemenő,  $\mu\text{V}$ -rendű zajfeszültségnek olyan szintre való erősítése, hogy az utána kapcsolt indikáló műszeren a zajszint leolvasható legyen.

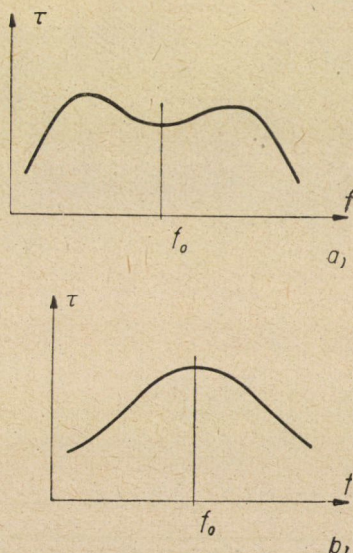
A 11. ábra tömbvázlata szerinti berendezés, amelyet a Távközlési Kutató Intézetben használunk, 500 kHz-es frekvencián működik (ez a 120 csatornás telefonmultiplex jel felső sávhatárához közel esik). Jelenleg folyamatban van a berendezés továbbfejlesztése több mérőfrekvenciára abból a célból, hogy azzal a mikrohullámú rendszer alkalmazását különböző telefoncsatornaszámok esetére is megvizsgálhassuk. E fejlesztés alatt álló berendezés rövid specifikációja a következő:

Mérőfrekvencia .....	60, 500, 1050 vagy 2400 KHz
Zajspektrum-határok .....	60–552 kHz (120 csatorna), 60–1052 kHz (240 csatorna) vagy 60–2044 kHz (480 csatorna)
Sávvágó szűrő csillapítása .....	min. 80 dB
Bemenő és kimenő impedancia .	75 ohm

## FÓKÁS ELEMÉR:

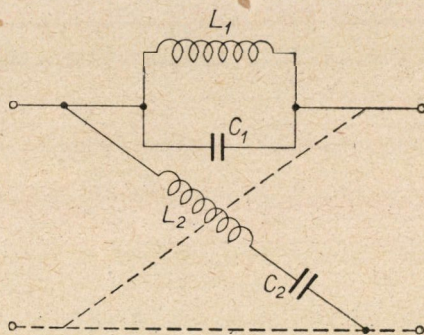
Ismeretes, hogy a szélessávú KF-erősítők csoportfutási idő-görbéjének ingadozásait kompenzáló tagokkal egyenlítik ki. A gyakorlatban az a módszer használatos, hogy először az amplitúdó-görbét állítják be a követelményeknek megfelelően, utána megméri a csoportfutási idő-görbét és megfelelő kompenzáló-kapcsolásokkal kiegyenlítik a csoportfutási idő ingadozást anélkül, hogy az amplitúdó-görbét megváltoztatnák.

A gyakorlatban alkalmazott csatoltkörös szélessávú KF-erősítők csoportfutási idő-görbéje hasonló jellegű, mint az amplitúdó-görbe (12a ábra). A két maximum helye nagyjából egybeesik az amplitúdó-görbe 3 dB-es pontjaival; a minimum helye általában  $f_0$  környezetében van. Legtöbbször csak a karakterisztika középső tartományát kell kiegyenlíteni. Feltételezve, hogy az egyes elemek csoportfutási idő-görbéinek együtthatói lineárisan összegeződnek, olyan négypólust kell keresnünk, amelynek amplitúdó-görbéje a kérdéses frekvenciatartományban gyakorlatilag állandó, csoportfutási idő-görbéje pedig „egypupú” és maximuma éppen  $f_0$  környezetében van (12b ábra). Ilyen célra leginkább tiszta reaktáns elemekből álló áthidalt T-kapcsolások felelnek meg. Mind a tervezés, mind a beállítás szempontjából célszerű szimmetrikus kapcsolással számolni; ezért a következőkben az áthidalt T-tag X-ekvivalensével számolunk (13. ábra).



12. ábra. a) Szélessávú KF-erősítő  $\tau$ -görbéje; b) a kompenzáláshoz szükséges korrekter  $\tau$ -görbéje



13. ábra. A  $\tau$ -korrektorként használt áthidalt T-tag X-ekvivalense

Az állandó amplitúdó-görbe feltétele a valós hullámellenállás; ez azt jelenti, hogy a soros és párhuzamos rezgőkörök rezonáns frekvenciája azonos:

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 = \frac{1}{\omega_0^2}.$$

Vezessük be a következő jelöléseket:

$$\frac{L_2}{L_1} = m \text{ és } \frac{\omega}{\omega_0} = \eta.$$

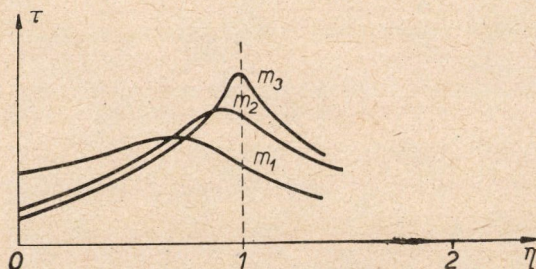
Ekkor az X-tag fázisgörbéje

$$\varphi(\eta) = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \sqrt{m} (1 - \eta^2)$$

az X-tag csoportfutási idő-görbéje pedig

$$\tau(\eta) = \frac{d\varphi}{d\eta} = \frac{1}{\omega_0} \frac{2\sqrt{m}(1 + \eta^2)}{\eta^2 + m(1 - \eta^2)^2}.$$

A  $\tau(\eta)$  függvényt különböző  $m$  paraméterek mellett ábrázolva, a 14. ábrán látható görbesereget kapjuk. Ebből látható, hogy a csoportfutási idő-görbék maximumai  $m$  növelésével egyre élesednek, a maximum helye pedig  $\eta = 1$  felé tart. Ha  $m > 5$ , az  $\eta = 1$ -től való eltérés 2%-nál kisebb. A jellegzetes  $\tau$ -ingadozás értéke:  $m = 20$  és  $\omega_0/2\pi = 70$  MHz esetén  $\Delta\tau = 37$  nsec, ha  $0,8 < \eta < 1$ .

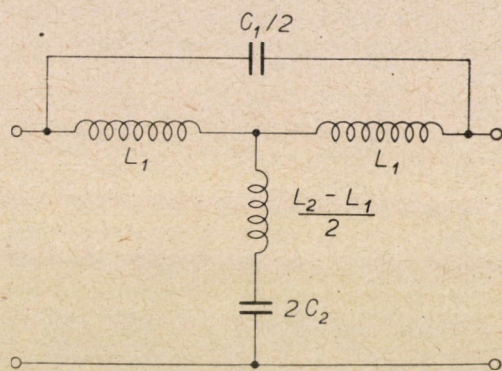
14. ábra. A korrektor  $\tau$ -görbéje különböző  $m$  paraméterek esetén



Természetesen a szimmetrikus  $X$ -tag gyakorlatban nem alkalmazható. Mivel többféle áthidalt  $T$ -ekvivalens található, módunkban van a gyakorlatilag legjobban kivitelezhető kapcsolást kiválasztani. Ilyen látható a 15. ábrán, ahol a kapcsolat paraméterei az  $X$ -tagra számolt értékekkel vannak kifejezve.

A KF-erősítő csoportfutási idő-görbéjének ismeretében és az előbbieken ismertetett  $\tau(\eta)$  karakterisztika-sereg birtokában megállapítható, hogy egy vagy több taggal tudjuk-e az ingadozást kiegyenlíteni. Ha több tag szükséges, analitikailag is meghatározható, hogy milyen  $m$ -mel és  $\omega_0$ -lal rendelkező tagokat kell alkalmazni; természetesen ez az analízis csak közelítő. Gyakorlatban például a következő gondolatmenetet alkalmazhatjuk.

Tegyük fel, hogy mind a KF-erősítő csoportfutási idő-görbéje, mind a kompenzáló tagok csoportfutási idő-görbéje  $f_0$  környezetében jó közelítéssel



15. ábra. Az  $X$ -tag egyik lehetséges áthidalt- $T$  változata

felírható egy másodfokú polinommal. A KF-görbe ingadozásának és a kompenzáló tagok együttes ingadozásának azonos értékűnek, de ellenkező előjelűnek kell lennie. Így az együtthatók közötti összefüggésekből a szükséges  $m$ -értékek és a hangolási pontok kiszámíthatók. Minthogy a számítás közelítő, a beépített kompenzáló tagban utánállítási lehetőséget kell hagyni. Ha  $m$  értékén kívül  $\omega_0$  értékét is akarjuk változtatni, a 15. ábrán látható öt elem közül legalább hármat változtathatóra kell kiképezni, hogy a valós hullámellenállás-követelményt minden beállításnál biztosíthassuk.

Abból a célból, hogy több kompenzáló fokozat láncba való kapcsolásakor az esetleges különböző hullámellenállás ne okozzon illesztési problémát, célszerű az egyes kompenzáló tagokat csövekkel szétválasztani. A hullámellenállások kiválasztásakor viszont arra kell ügyelni, hogy a szerelési és szórtkapacitások hatása elhanyagolható legyen. Ezért a hullámellenállás, illetve a lezáróellenállás értéke max. 200 ohm lehet.

A korrekterok gyakorlati beállítása nehéz feladat, amely csak megfelelő mérőberendezéssel oldható meg. A Távközlési Kutató Intézetben erre a célra az első hozzászólásban ismertetett  $l$ - $\tau$ -mérőberendezést használtuk. E mérőberendezés segítségével a  $\tau$ -korrekterokat úgy lehetett beállítani, hogy 70 MHz-es KF-erősítők  $\tau$ -ingadozása  $\pm 10$  MHz-es frekvenciasávban néhány nsec-ra csökkent.





# IMPULZUSMODULÁLT MIKROHULLÁMÚ BERENDEZÉSEK ALKALMAZÁSA A TÁVKÖZLÉSTECHNIKÁBAN\*

BATTISTIG GYÖRGY

BELOIANNISZ HÍRADÁSTECHNIKAI GYÁR

A mikrohullámú kommunikációs berendezések alkalmazásának nagymértékű elterjedését a rohamosan növekvő hírközlési igények, másrészt a rádiórelé vonalak műszaki és gazdasági előnyei indokolják. A vezetékes sokcsatornás berendezésekkel való műszaki összehasonlítás meglehetősen ekvivalenciát mutat, és talán csupán az üzembiztonság területén mutatkozik egyelőre némi előny a vezetékes rendszerek javára. Az alkatrészek, az elektroncsövek tökéletesítése és különösen a félvezetők alkalmazása döntő mértékben hathat a mikrohullámú berendezések üzembiztonságának a fokozására. A mikrohullámú rendszerek gazdasági előnyei főleg a csekély színesfém felhasználásban mutatkoznak, mivel vezeték építése szükségtelen.

A kommunikációs célokra alkalmazott mikrohullámú berendezések majdnem kizárólag frekvencia- és impulzusmodulációval működnek. A két modulációs rendszernek megvan egymás mellett is a létjogosultsága, mert a moduláció mikéntje nemcsak azt jelzi, hogy a mikrohullám valamelyik jellemzője mi módon változik meg, hanem az átvihető információk milyenségét és mennyiségét is megszabja. Frekvenciamodulációt alkalmaznak nagykapacitású, többszáz beszédsatorna és televízió műsor átvitelére, az impulzusmodulált rendszerek pedig kisebb számú távbeszélőcsatorna és egyes esetekben zenei program átvitelére alkalmasak. Az impulzusmodulált mikrohullámú berendezések a postai és ipari felhasználók számos különleges szolgáltatási követelményét is kielégítik.

Azipari alkalmazásokra jellemző, hogy az állomások általában nem a mikrohullámú terjedési viszonyoknak legmegfelelőbben kerülnek felállításra, hanem elsősorban a hírközlési hálózat követelményei számottevőek. Ezért számolni kell viszonylag rövidtávú összeköttetésekkel is, nagyszámú ismétlőállomással. Ez a követelmény a berendezés stabilitásával és üzembiztonságával kapcsolatos műszaki problémákat vet fel. Megoldandó megfelelő frekvencia-terv alkalmazásával az a probléma, hogy telepítési adottságok miatt nemcsak a szomszédos állomások „látják” egymást.

\* Az előadás kivonata.

Az üzembiztonság 100%-os melegtartalék-rendszer alkalmazását indokolja önműködő átkapcsolóval. Legjobb az állomásátkapcsolási-rendszer, mely kizárólag az illető állomás hibája esetén végzi a tartalékra való átkapcsolást.

Elengedhetetlen követelmény az egyes állomásokon való tetszés szerinti számú hangfrekvenciás csatornaleágazás, ami lényegesen egyszerűbben oldható meg, mint frekvenciaosztásos rendszerekben. Az ipari hírhálózatok hangfrekvenciás szempontból soros és párhuzamos jellegű csatorna leágazásokat kívánnak. Ez utóbbinál igen jelentős műszaki problémaként vetődik fel a hangfrekvenciás ismétlés következtében bekövetkező átviteli sávszűkülés, a torzítás nagymértékű növekedése és a szintingadozás. Műszakilag helyesnek látszik olyan megoldás, amelynél a video- és hangfrekvenciás ismétlés a teljes összeköttetésben a pillanatnyi szükségletnek megfelelően optimálisan adódik ki.

Az előadáshoz ROZVÁNYI Iván és SEBESTYÉN Lajos szólt hozzá.

# HAZAI VÁKUUMTECHNIKAI TERMÉKEK MIKROHULLÁMÚ BERENDEZÉSEKHEZ

DALLOS ANDRÁS  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA  
TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

A második világháború alatt az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt kutató laboratóriumában WINTER Ernő irányításával intenzív kutatás folyt a deciméteres hullámtartományban működő elektroncsövek kifejlesztésére.

A tulajdonképpeni mikrohullámú elektroncső kutatás csak a felszabadulás után, 1948 körül indult meg ugyanitt, és szélesedett ki akkor, amikor a Távközlési Kutató Intézet átvette és megnövelte ezt a laboratóriumot. Ettől kezdve az említett intézetben és vállalatnál a jelen ideig összesen mintegy 25-féle mikrohullámon működő elektroncső és félvezető diódatípust dolgoztak ki, illetve készítettek kisebb-nagyobb sorozatban. A következőkben csak a legkiemelkedőbb trióda, reflexklystron, magnetron, haladóhullámú cső és szilícium diódatípusokat kívánom ismertetni, minden esetben kiemelve az önálló magyar eredményeket.

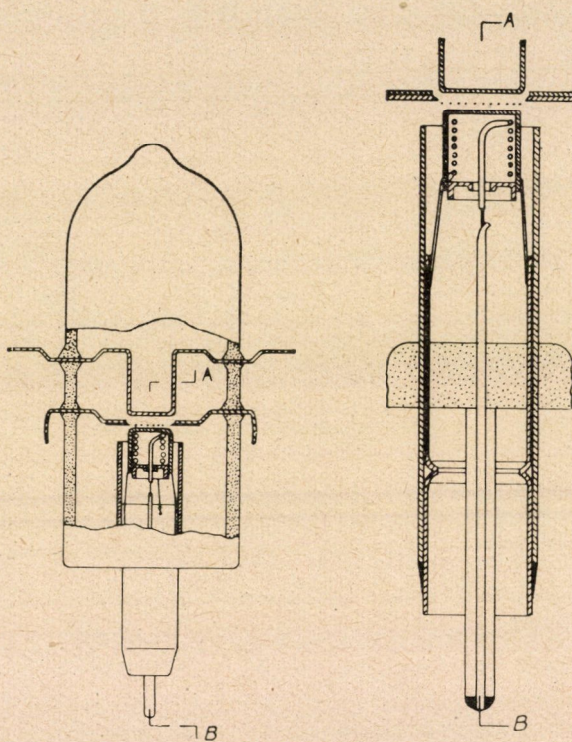
## Mikrohullámú triódák

A vállalat a második világháború alatt először 50 cm körül dolgozó színüvegburás trióda típusorozatot fejlesztett ki EC102, EC103, illetve EC108 jelzéssel. Ezen csövek közül az EC102-es cső folytonos üzemben 2W leadására, az EC103-as, illetve EC108-as típus pedig impulzusüzemben 2 kW, illetve 10 kW csúcsteljesítmény szolgáltatására volt képes. Ez az eredmény a maga idejében jelentős volt, mert Magyarországon akkoriban legfeljebb a lényegesen kisebb hasznos teljesítményű és csak folytonos üzemben használható ún. makk csövek voltak ismeretesek.

Az újabb fejlesztés legjelentősebb eredménye a 2C37 jelű síktárcsás elrendezésű trióda. A cső 3,3 GHz-ig 100 mW-nál nagyobb kimenő teljesítménnyel képes működni, mint folytonos üzemű oszcillátor, illetve mint erősítő. Felépítését és főbb elektromos adatait az 1. ábra mutatja.

A 2C37 cső elektromosan hasonlít a második világháború alatt külföldön kifejlesztett 2C40 jelű, ún. világítótorony triódához, de annál sok tekintetben előnyösebb tulajdonságokkal rendelkezik. Mindkét típus maximálisan 3,3 GHz-ig használható. Összehasonlításul szolgáljon a következő néhány adat:

			2C40	2C37
Hasznos teljesítmény 3,3 GHz-nél .....	$P$	mV	40	100
Anódfeszültség .....	$U_a$	V	250	180
Anódáram .....	$I_a$	mA	16,5	11,5
Merekség .....	$S$	$\frac{\text{mA}}{\text{V}}$	4,8	4,5
Fajlagos merekség .....	$S/I_a$	$\frac{1}{\text{V}}$	2,9	3,9
Rácskatód kapacitás .....	$C_{gk}$	pF	2,1	1,4



1. ábra. 2C37 síktárcsás trióda;  
 $U_a = 180\text{V}$ ;  $I_a = 12\text{mA}$ ;  $N_0 = 5\text{W}$ ;  
 $f_{\text{max}} = 3,3\text{ GHz}$ ;  $P \geq 100\text{ mW}$

Mint látható, a 2C37 cső fajlagos merekségre és bemenő kapacitásra kedvezőbb. Ez az előny természetesen lényegesen igényesebb szerkezetet is követel. Ezt mutatják a két cső rács-katód szerkezetére vonatkozó összehasonlító adatok:



	2C40	2C37
Rácsszerkezet .....	szótt háló	feszített párhuzamos
Rácsszul $\varnothing$ .....	50 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$
Rácskatód távolság .....	100 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$

A 2C40 csőnél a helyzetet az is rontja, hogy a szótt rács miatt a keresztelési pontokban a rács 80  $\mu\text{m}$  vastag (miután némileg összenyomják). A mechanikai szilárdságot a 2C40 csőnél a mikrohullámú szempontból kedvezőtlen mechanikai túlméretezéssel, a 2C37 csőnél pedig a rácsszerkezet feszítésével sikerült megoldani. A feszített rács gyártási módja újabban a kisebb frekvenciájú elektroncsöveknél is tért hódít, de lényeges eredmény, hogy ezt a módszert a 2C37 csőre sikerült alkalmazni.

A rácsszerkezet mellett a másik lényeges kérdés a rács-katód távolság és annak beállítása. Eltérően a nemzetközi típustól, a hazai csőnél a távolság helyes beállítását a működő és a már csaknem teljesen kész elektroncsövön lehet elvégezni a konstrukció 1. ábra szerinti kialakításával. A 2C40 csőnél a merekség utólagos beállítására nincs lehetőség, ezért a hazai 2C37 cső említett tulajdonságát jelentős gyártási előnynek tartjuk.

Bár azóta külföldön kidolgozták a 4 GHz-en wattos teljesítményt leadni képes EC56, EC57 jelű csöveket, a 2C37 típus ma is korszerűnek mondható helyi oszcillátorként való alkalmazásra, illetőleg olyan helyeken, ahol teljesítménye elegendő.

### Reflex-klystronok

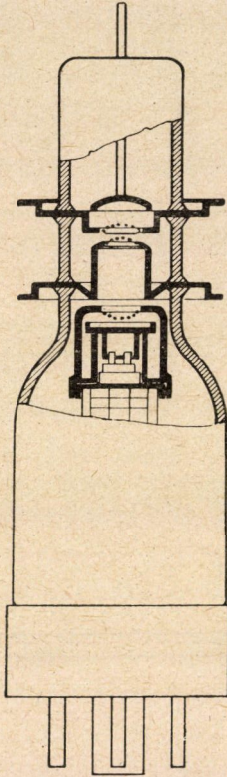
A hazai fejlesztési munkáknak kettős feladata volt. Elsőként biztosítani kellett minél szélesebb hullámhossz tartományban a rezgések előállítását, másfelől bizonyos szűkebb tartományban célfeladatokat ellátó oszcillátorcsöveket kellett kidolgozni.

Az első feladatnál a cél az volt, hogy 1,5–12 GHz-es jeleket minél kevesebb csőtípussal lehessen előállítani.

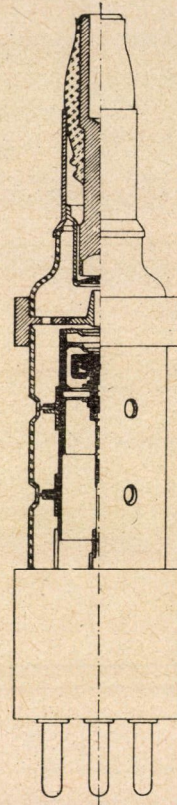
Ezt a célt csak külső üreges csövekkel lehetett elérni, mert a belső üregek mechanikusan legfeljebb 20%-nyira hangolhatók. A választás az 1,5–4 GHz-es tartományban működő 707B jelű csőre, illetve a 2–12 GHz-es tartományban használható 5721 jelű típusra esett. A nevezett két csőtípus szerkezetét és főbb adatait a 2. és a 3. ábra mutatja.

A 707B jelű klystron esetében az intézetben kifejlesztett, illetve a vállalatnál gyártott típus néhány vonatkozásban jobb, mint a megfelelő külföldi cső. — Míg a külföldi csövek cseréjével nem egy esetben a frekvenciának 200 MHz-nyi megváltozása jelentkezik, hazai csöveink elhangolódása max. 50 MHz. Hazai csöveink nagyobb pontosságát úgy lehetett biztosítani, hogy a búrába

forrasztott mikrohullámú elemeket az elektronágyú szerelvény beforrasztása előtt mikrohullámú szempontból helyes méretre deformálták. Ugyancsak előnyös tulajdonsága hazai típusunknak jobb gáztalansága, kiválóbb vákuuma. Míg a külföldi csövek gázviszonya (ionáram/elektronáram)  $10^{-4}$  körüli, addig hazai csöveink gázviszonya  $2 \cdot 10^{-5}$ . Ez az adat kedvező az élettartam miatt.



2. ábra. 707B reflex-klystron;  
 $U_a = 250 \text{ V}$ ;  $J_k = 22 \text{ mA}$ ;  $N_0 = 12 \text{ W}$ ;  
 $f = 1,2\text{--}4,0 \text{ GHz}$ ;  $P = 100\text{--}30 \text{ mW}$ ;  
 $\Delta f/\Delta U_r = 1 \text{ MHz/V}$ ;  $\Delta f_{el} = 25 \text{ MHz}$



3. ábra. 5721 reflex-klystron;  
 $U_a = 1200 \text{ V}$ ;  $I_k = 20 \text{ mA}$ ;  $N_0 = 30 \text{ W}$ ;  
 $f = 2\text{--}12 \text{ GHz}$ ;  $P \geq 150\text{--}20 \text{ mW}$ ;  
 $\Delta f/\Delta U_r = 0,2 \text{ MHz/V}$ ;  $\Delta f_{el} = 15 \text{ MHz}$ ;

A leírt eredmény elérését az tette lehetővé, hogy kutatóink felismerték a cső ionizációs manométerként való működésének jelenségét.

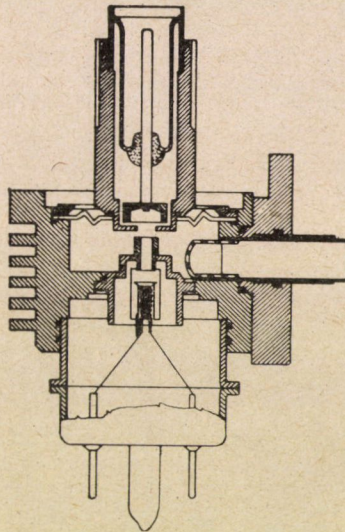
Avégett, hogy a 707B típus alapkoncepciójának megtartása mellett a típus speciálisan szignálgenerátorokban használható legyen, néhány módosítást kellett a konstrukción végezni. Így a minél nagyobb körjóság, illetve a jobb beszerelhetőség céljából a tárcsás kivezetők egyikét visszaperemezték.



Hogy pedig a cső AFC-s mikrohullámú vevőkben jobban használható legyen, az elektronikus hangolási sávot sikerült megnövelni.

Az elsősorban szélessávú alkalmazásra szánt 5721 jelű, szinte egyedülállóan nagykéességű típus kidolgozása mellett, a különböző célfeladatokra az alábbi típusok kidolgozását végeztük el.

5721 A	2,0—6,0 GHz tartományban
B	3,5— 7,5 GHz „
C	7,5—10,5 GHz „
D	5,9— 8,5 GHz „



4. ábra. 1102 reflex-klystron

$U_a \sim 450$  V;  $I_a \sim 35$  mA;  $f \sim 3,6—4,2$  GHz;  $P \sim 300$  mW;  
 $f/U_r \sim 1$  MHz/V;  $\Delta f_{1/2} P \sim 50$  MHz

A típus kidolgozásával kapcsolatosan számos súlyos nehézséggel kellett megküzdeni. Ennek illusztrálására kiemeljük a konstrukció néhány kényes részletét. Ki kellett dolgozni a viszonylag vastag (1,8 mm) és így merev fém, valamint igen vékony (0,2—0,5 mm) lágyüveg vákuumbiztos összeforrasztását. Ehhez szükséges volt a Magyarországon eddig nem használt kroniferötvözet, melyet az Intézet vizsgálatai alapján a Vasípari Kutató Intézet dolgozott ki. További súlyos feladat volt az üveg által tartott alkatrészek között előírt igen szűk toleranciák (0,1 mm-nél jobb koaxialitás, helyenként 0,03—0,1 mm-es távolság toleranciák) tartása.

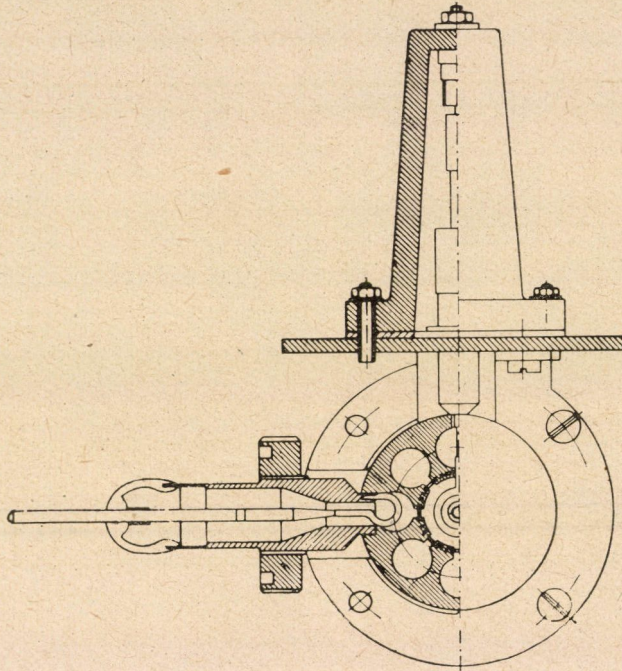
Miután a 707B és az 5721 jelű csövek segítségével a mikrohullámú tartomány jelentős részében a rezgés-keltés hazai csővel biztosítva van, jelenleg folyamatban van olyan teljesen önálló konstrukció kidolgozása, kifejezetten



mikrohullámú rádióösszeköttetések berendezéseiben való alkalmazására, amely a 3,6–4,2 GHz-es szűkebb tartományban a már említett típusoknál nagyobb teljesítményű 0,3–1 W-os leadásra képes. Ezen típus kidolgozása folyamán számos új megoldást sikerült alkalmazni. A jelenlegi kísérleti cső szerkezetét és főbb adatait a 4. ábra mutatja.

### Magnetronok

A hazai kutatás három cél végett folyt: impulzusüzemű nagy csúcs-  
teljesítményű (0,25–1 MW) és kis teljesítményű (10–100 W) magnetronok,  
illetve folytonos üzemű diatermiás rendeltetésű magnetronok.



5. ábra. 2J32 magnetron

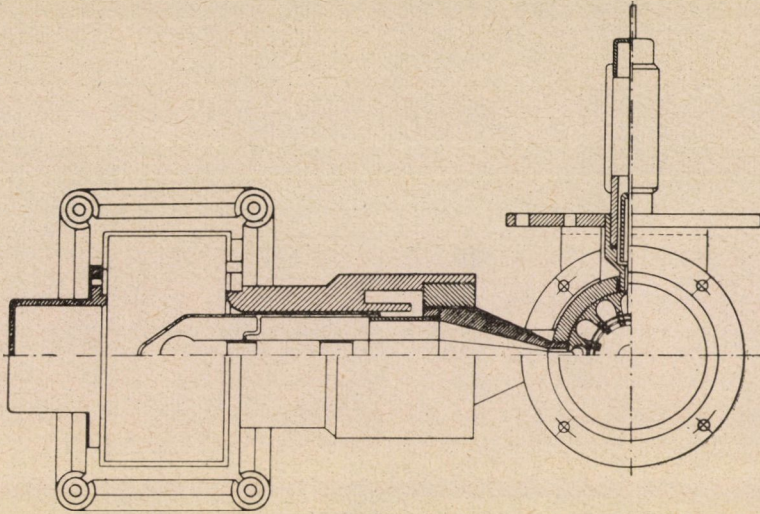
$U_{ai} = 20$  kV;  $I_{ai} = 30$  A;  $B = 1900$  G;  $f = 2,7$ – $2,9$  GHz;  $P_i = 250$  kW

A nagy impulzus teljesítményű magnetronok csoportjából ki kell emelnünk a világszerte elterjedt 2J32 típust és a hazai konstrukciójú MM2-es jelű csövet. A csövek szerkezetét és főbb jellemzőit az 5. és 6. ábra mutatja.

A hazai kutatás és fejlesztés az említett csövekkel kapcsolatban jelentős elméleti, kísérleti és gyártási eredményeket ért el. Elméleti szempontból figyelemre méltó az a tanulmány, mely az abroncsozott magnetronok saját frekvenciáinak abroncsozás hatására történő módosulására vonatkozik. Kísérleti

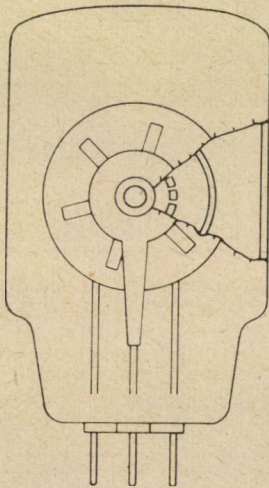


szempontból önálló felismerésnek tekinthetők a kicsatolás, valamint a fűtés bevezetésénél alkalmazott mikrohullámú lezáró elemek méretezésére vonatkozó tanulmányok. Technológiai szempontból lényeges eredmény, hogy sikerült



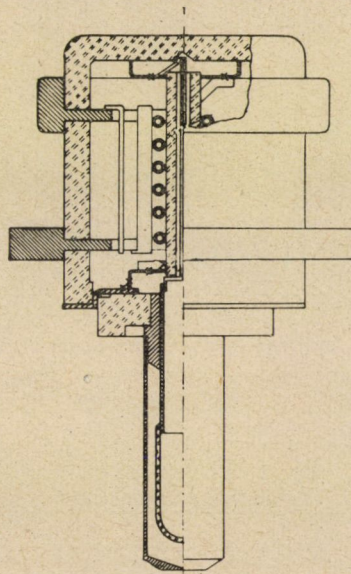
6. ábra. MM2 magnetron

$U_{ai} = 27 \text{ kV}$ ;  $B = 2200 \text{ G}$ ;  $I_{ai} = 70 \text{ A}$ ;  $f = 3,5\text{--}3,7 \text{ GHz}$ ;  $P_i \geq 800 \text{ kW}$



7. ábra. ZT100 turbátor

$U_a = 900 \text{ V}$ ;  $B = 650 \text{ G}$ ;  $J_a = 30 \text{ mA}$ ;  
 $f = 1,9\text{--}2,2 \text{ GHz}$ ;  $P \geq 10 \text{ W}$



8. ábra. 901 magnetron

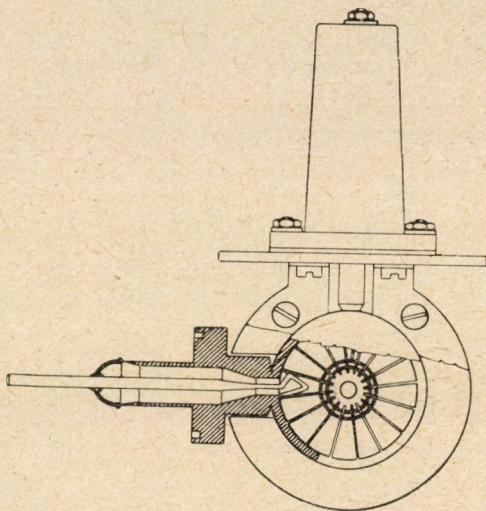
$U_a \approx 1200 \text{ V}$ ;  $B \approx 900 \text{ G}$ ;  $J_a \approx 50 \text{ mA}$ ;  
 $f \approx 1,5\text{--}3,0 \text{ GHz}$ ;  $P > 30 \text{ W}$



kidolgozni a bevont katódoknál kevésbé szikrázó készletkatódokat. A készletkatódok fejlesztése terén elért hazai eredmények nemzetközi szinten is jelentősek és elismerést vívtak ki.

A *kis impulzus teljesítményű* magnetronok közül lényegileg két interdigitális magnetrontípussal foglalkoztunk. A ZT100, illetve a 901 jelű cső elvi szerkezetét és főbb adatait a 7. és a 8. ábra mutatja. Az utóbbi fejlesztésén jelenleg dolgozunk.

Az interdigitális magnetronokkal kapcsolatban a hazai önálló eredmények elvi és gyakorlati jelentőségűek. Elvi, elméleti eredmény, hogy a működési mechanizmus tisztázása kapcsán felismertük a feszültséggel való hangolhatóság



9. ábra. MM3 magnetron

$U_{acff} = 1200 \text{ V}$ ;  $B = 1300 \text{ G}$ ;  $I_a = 300 \text{ mA}$ ;  $f = 2425 \pm 25 \text{ MHz}$ ;  $P_{atl} = 200 \text{ W}$

feltételeit. Ennek nyomán önálló munkaként egy külső üregű fémkerámiás búrájú magnetrontípust terveztünk, mely a belső üregünél jobb és szélesebb alkalmazhatóságot ígér mind az üreggel, mind a feszültséggel való hangolhatóság szempontjából (901 típus). Ezen túlmenően az interdigitális magnetronok továbbfejlesztésére találmányi bejelentéseket tettünk.

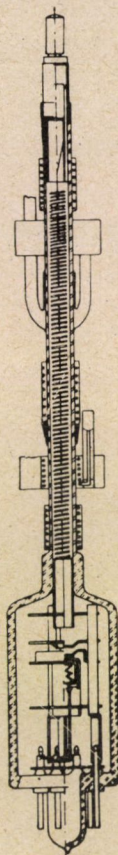
Megjegyezzük, hogy a vákuumbúrának felhasználható kerámiaanyagok, a kerámiakészítés fröccsöntéses gyártási módja, valamint a fém-kerámia kötés módjának hazai kidolgozása intézetünk eredménye.

Az Egyesült Izzó és Villamossági Rt. kidolgozta folytonos üzemű magnetrontípusként, terápiás alkalmazásra az MM3 jelű magnetront, amely önálló típus, bár sajátosságai nagyon emlékeztetnek a 7090 jelű külföldi csőre. A magnetron elvi szerkezetét és főbb adatait a 9. ábra mutatja.



## Haladóhullámú csövek

A hazai munkáknak két szakaszáról kell beszámolnunk. A haladóhullámú csövek 1946-os publikálása után Magyarországon már 1951–52. évben megindultak a fejlesztési munkák, és ekkor sikerült is egy 3 GHz környéken 20 dB-es erősítésű 0,1 W-os kimenő teljesítményű önálló fejlesztésű csőből néhány kísér-



10. ábra. 1001 haladóhullámú cső

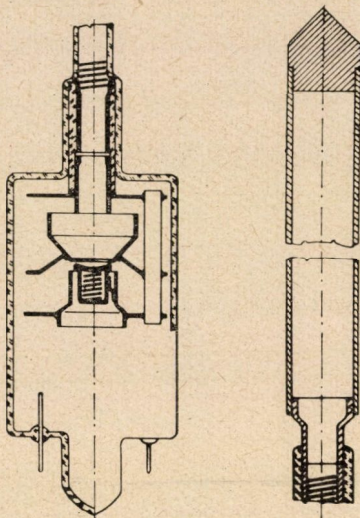
$U_{spirál} = 750 \text{ V}$ ;  $U_{koll} = 820 \text{ V}$ ;  $J_{katod} = 24 \text{ mA}$ ;  $B = 600 \text{ G}$ ;  $f = 1,5\text{--}3,0 \text{ GHz}$ ;  
 $P \geq 1 \text{ W}$ ;  $a_{1W} = 30 \text{ dB}$

leti példányt készíteni. Ezután néhány évi szünet volt a fejlesztési munkákban, és csak a legutóbbi időben dolgoztuk ki a már ipari felhasználásra is alkalmas 1001 jelű típust, amely a szélessávú mikrohullámú erősítők jellegzetes csöve. A típus szerkezetét mikrohullámú külső áramkörével, valamint főbb adataival a 10. ábra mutatja.

A haladóhullámú csövekkel kapcsolatban sikerült megvalósítani a kettős spirálos iránycsatolós kicsatolást, illetve a külső csillapítást, miáltal a csőtípus



egyoktávós sávzélességű lett. Ennél a típus-csoportnál került első ízben sorozatos alkalmazásra az impregnált L katód hazai változata, és ezzel kapcsolatban foglalkoztunk az elektronágyúk optimális méretezésével is.



11. ábra. 1002 haladóhullámú cső

$U_{anod} \approx 1800$  V;  $U_{spirál} \approx 1700$  V;  $U_{koll} \approx 1200$  V;  $I_k \approx 50$  mA;  $B \approx 600$  G;  
 $f = 3,6-4,2$  GHz;  $P \approx 5-12$  W;  $a_{5W} \geq 30$  dB

Az első magyar mikrohullámú rádióösszeköttetés kísérleti berendezései részére az 1001 jelű csőtípushoz nagyon hasonló konstrukciójú 3,6, illetve 3,8 GHz-en 26 dB erősítésű 1 W telítésű teljesítményű csövet is kidolgoztunk.

Jelenleg ezektől lényegesen eltérő ágyújú, ionscapház, illetve javított kollektor hatásfokú, nagyobb teljesítményű cső kidolgozása folyik. A cső ágyújának és kollektorának elvi elrendezését a 11. ábra mutatja.

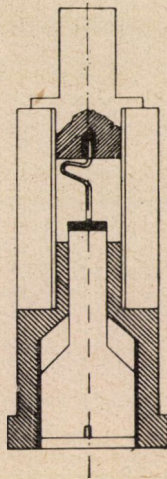
### Szilícium diódák

A hazai kutatás és fejlesztés során intézetünkben kidolgoztuk az 1N21 tús kontaktusú alaptípusnak A, B, C, D változatát, továbbá önálló típusként az 1402 jelű magasszintű keverőt. A dióda szerkezetét és az egyes típusok főbb adatait a 12. ábra mutatja.

Hangsúlyoznunk kell, hogy míg a mikrohullámú vákuumesővek fejlesztésében lényeges előtapasztalatokkal rendelkezünk, addig a félvezető kutatásban az alapokból kell kiindulni. Sikeresült kidolgozni a tús kontaktusú diódák részére megfelelő alapanyagot, a tisztítási módszereket, és ezzel lényeges kiindulási alapot teremtettünk a tranzisztor célra szolgáló anyagtisztítás, illetve egykristály készítés kidolgozásához. Külön ki kell emelnünk azt az eredményt,



hogy 8 cm-es magassintű keverő keverési vesztesége az ismert külföldi típusoknál 1 dB-vel kedvezőbb.



12. ábra. 1N21 és 1401 szilícium dióda  
 1N21:  $P_0 = 0,5$  mW;  $I \geq 0,4$  mA;  
 1402:  $P_0 = 300$  mW;  $L < 12$  dB páronként

	A	B	C	D
$L_{db}$	7,5	6,5	5,5	1,5
$t$	3	3	1,5	1,5

### Összefoglalás

Az előadottak alapján megállapíthatjuk, hogy a magyar vákuumtechnikai ipar, illetve kutatás a mikrohullámú termékek fejlesztése terén jelentős eredményeket ért el mind elvi-elméleti, mind kísérleti, mind gyártás-technológiai tekintetben. Ez a munka sok szakterület együttműködését tette szükségessé. Így megemlítjük, hogy a magnetronokhoz és a haladóhullámú csövekhez is magyar szakembereinknek kellett kidolgozni a permanens mágneses anyagokat és a megfelelő konstrukciójú mágneket.

A mikrohullámú elektroncsövek típusainak kiválasztásában és szerkesztésében az a törekvés vezetett bennünket, hogy azok a vákuumtéren kívül alkalmazott mikrohullámú elemekkel mennél szélesebb körben legyenek alkalmazhatók. Ezért külső üregű, illetve külső csatolású a 707B, az 5721 és 1102 és 1102 jelű klystron, illetve a 901 jelű magnetron, ezért külső csillapítású és csatolású az 1001 és 1002 jelű haladóhullámú cső.

A mikrohullámú vákuumtechnikai termékek működési mechanizmusát elvi-elméleti szempontból mélyebben analizálva, a magyar kutatók számos közleményben rögzítették eredményeiket. Ilyen pl. a mikrohullámú erősítő

csövekről megjelent monográfia, továbbá számos különleges kérdésre vonatkozó tanulmány és szabadalom.

Kísérleti, mérés-technikai szempontból jelentősek a szélessávú vizsgálatok, a csövek be- és kimenő köreinek illesztési kérdéseire, az alkatrészek mikro-hullámú elemeinek kikészítésére, a különböző impulzustechnikai és élettartam vizsgálatokra vonatkozó vizsgálatok.

Gyártási szempontból lényeges eredménynek tartjuk többek között, hogy sikerült kidolgozni üvegprezelésnél az 5—10  $\mu\text{m}$ -es távolságtűrések megvalósítását a hőtágulás szempontjából különlegesen jól illeszkedő fém-üveg anyagpárokat, a termékek méreteinek mikro-hullámú szempontból való utólagos beállítását, a különösen nagy pontosságot és gáztalanítást ígérő vákuumzáró kerámiafajták sorának kidolgozását, a kerámiakészítés fröccsöntéses módszerét, a fémkerámia forrasztás vákuumzáró megvalósítását, különlegesen nehezen felmelegíthető alkatrészek gáztalanítási műveletét.

Külön ki kell továbbá emelni azokat az eredményes vizsgálatokat, melyek a nagy fajlagos csúcsemissziójú, bevont katódok, valamint a különböző készletkatódok kifejlesztésére vonatkoztak.

Az elmondott munkák túlnyomó része a Távközlési Kutató Intézet II. laboratóriumában került megvalósításra, WINTER Ernő akadémikus vezetése mellett. Ki kell emelnem azon kutatótársaim neveit is, kik az intézetben, illetve a társintézetekben és vállalatoknál dolgozva fő részesei voltak a vázolt eredmények elérésének: BUDINCSEVITS Andor, ERDÉLYI János, FRIED Henrik, GÁL János, HORVÁTH Tibor, HUVÉ István, KENCZLER Ödön, PÁLOSI József, PINTÉR János, REISZ Béla, RUFF István, SIKORA Vilmos, VALKÓ Iván Péter.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

### BUDINCSEVITS ANDOR:

A mikro-hullámú elektroncső kutatás az Egyesült Izzó Kutató Laboratóriumában az 1939-es évekre nyúlik vissza. Az első mikro-hullámú cső-fejlesztési kutatásokat polgári szükséglet indította el. Ebben az időben a Tungstam svájci fiókja a laboratóriumtól olyan csőtípusokat kért, melyekkel deciméterhullámú telefonátvitelt lehet létesíteni 10—20 km távolságon belül. Bár a magnetron és sebességmoduláció elvén működő csövek akkor már ismertek voltak, mégis a triódák fejlesztésében láttuk a probléma megoldását. A kezdeti kísérletek több alapvető felismerésre vezettek. Említésre érdemes ezek közül a kettős katódkivezetés (azóta általánosságban elterjedt), az azonos elektródok többszörös kivezetése, a katódfűtőkör kihangelése és a negyed-, valamint félhullámú üregrezonátorok alkalmazása. Ezek ebben az időben még irodalmi publikációkban sem jelentek meg, és alkalmazhatóságukat a külföldi kutatásoktól függetlenül ismertük fel.

A fenti kutatások a háború folyamán a lokátor fejlesztéshez kapcsolódtak, melyek eredménye egy deciméterhullámon működő csősorozat kidolgo-



zása volt: EC 41, EC 102, D100 típusok. Ezek 3 wattól 40 watt teljesítményig kb. 43% hatásfok mellett, 40–50 cm hullámhosszon működtek.

Mint az előadásból is kitűnt, a triódarendszerű mikrohullámú csövek fejlesztése mind a mai napig nem szűnt meg. A síktárcsás triódák legújabb fejlődése a nagy fajlagos emissziójú készletkatódok alkalmazásával, valamint a fémkerámia alkalmazása új lehetőségeket adnak, hogy bizonyos esetekben felhasználjuk azokat az előnyöket, melyek a triódák egyszerű áramköréből és kedvező zajtulajdonságaiból származnak. Indokoltak tehát az ezen csőtípusra fordítandó további kutatási munkák.

Katódfejlesztés terén kielégítő eredményeket értünk el a készletkatódok fejlesztésében, melyek több szabadalomban váltak ismertté, és lehetővé teszik, hogy az előadásban ismertetett csőtípusok ma üzemszerűen készülhetnek a legkülönbözőbb méretű L, M és impregnált készletkatódokkal. A fejlődés e téren a katódok ökonómiájának további javítására irányul, és e téren is eredményes előrehaladásról számolhatunk be. A katódfejlesztés feladatai mikrohullámú csöveknél ma a zajesökkentés problémáit vetik fel. E téren várhatunk eredményeket. Az üreg-katódok terén elért eredmények a mikrohullámú csövek több paraméterét fogják kedvezően befolyásolni.

#### KENCZLER ÖDÖN:

A mikrohullámú csövek fejlesztésének egyik nagyon fontos eredménye, hogy egy sor olyan gyártási eljárást fejlesztettünk ki, mely más vákuumtechnikai ágánál is használható. Ezek a technológiai részletek röviden a következők:

1. a tárcsaforrasztás, tehát fémlemezkből vagy gyűrűkből és üvegcsövekből összeállított, pontos méretű vákuumzáró szerkezetek, párosulva a nagyfrekvenciás melegítésű fém üveg forrasztással;

2. a fém-üveg forrasztás kiegészítése a lágy ólomüveghez és a kemény-üvegekhez használható, kronifer, illetve ferniko anyagok hazai előállításával;

3. e fémekből kisméretű, vékonyfalú csövek húzása, több egymásba helyezett cső üveggel történő, vákuumzáró összeforrasztása;

4. búrán belül létrehozható távolság-változtatások, membránnal és nyújtható csődarabokkal;

5. az előadásban is említett feszített síkrács-gyártás;

6. bonyolult, több darabból álló fémtestek forrasztással, brézolással történő vákuumzáró összeállítása, ezen belül az úgynevezett lépcsős forrasztási mód; többféle, egyre alacsonyabb olvadáspontú forrasztóanyagok kidolgozása és alkalmazása, hogy a későbbi forrasztáskor az előző kötés változatlan maradjon;

7. bonyolult alakú, vékonyfalú, vákuumzáró kerámia-testek előállítása és a fém-kerámia forrasztás kidolgozása;

8. egészen pontos — mikronos tűrésű — spirál-rácsok készítése;

9. pontos belméretű — századmilliméter tűrésű — hosszú vékony-üvegcsövek előállítása, magra olvasztással;

10. fémtárgyak alakítása (és szükség szerint lágyítása, lemez kiinduló alapanyagokból (mint ferniko, kronifer, nikkel, antimágneseles anyagok), mélyhúzással és sajtolással);

11. készlet-katódok kidolgozása a maguk részleteivel;

12. félvezető anyagok tisztítása, előre megtervezett szennyezése, ötvözése és egykristály előállítása, a maguk technológiai részleteivel.

## ERDÉLYI JÁNOS:

Amióta új csőtípusok önálló kifejlesztésének gondolata felmerült, vita folyik a műszerkérdésről. Korszerű csöveket műszerek nélkül kifejlesztetni nem lehet. Jó műszerhez viszont szükség van a korszerű csőre. E vitát most be lehet fejezni, mivel fáradtságos munkával elkészült az 5721 jelű reflex klystron és kb. 2000—12 000 MHz-ig jól működik. Most műszereinken a sor, hogy jó műszerekkel lássák el a csőkészítőket a további fejlesztési munkák megkönnyítése, illetve lehetővé tétele érdekében.

Lehetőségeinkhez képest a legmodernebb mikrohullámú csöveket akarjuk kifejlesztetni rádióösszeköttetések és mérőeszközök részére. Saját csőtípusok kidolgozása csak kb. 1 éve vált Intézetünk fő feladatává. Már e rövid idő alatt is biztató eredményeket értünk el. Több, az irodalomból nem ismert megoldást alkalmaztunk új típusainknál, melyek közül az előadó néhányat ismertetett. Vannak megvalósításra váró felismeréseink és elképzeléseink is, pl. az üreges nyaláb felhasználása.

## SÁRKÁNY TAMÁS:

Tervbe van-e véve az új 300 mW-os, belső üreges klystron-típus továbbfejlesztése, illetve módosítása 1 W-os teljesítményre abból a célból, hogy azt video-jellel modulálva mint adócsövet lehessen használni rövidtávú mikrohullámú rendszerekben. Az újabb fejlődés ugyanis azt mutatja, hogy kis és közepes hatósugarú rendszerekben, 6—800 km-es távolságig előszeretettel alkalmaznak demoduláló típusú ismétlőállomásokot (ilyen pl. a francia CFS-cég TF 120-as típusú rendszere), minthogy ezek lényegesen egyszerűbb szerkezetűek és olcsóbbak. Ilyen demoduláló típusú rendszer döntő alkatrésze lenne egy nagy teljesítményű, nagy módusszélességű és kis V/MHz-es hangolási tényezőjű klystron.

## AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

SÁRKÁNY Tamás kérdésére igenlő választ adok: folyamatban van 1 W hasznos teljesítményű, 1 kV körüli tápfeszültségű reflex klystron hazai kidolgozása. Ez a cső elektronoptikájában és hűtésében valószínűleg el fog térni a már ismertetett 1102 jelű csőtípustól.



# MIKROHULLÁMÚ FERRIT IZOLÁTOROK

ISTVÁNFFY EDVIN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, MIKROHULLÁM TANSZÉK

Mágneses ferritek felhasználhatók a mikrohullámok tartományában nem-reciprok elemek készítésére. Ezek közül mikrohullámú rádióösszeköttetések létesítésére vonatkozó terv megvalósításához a legfontosabb a ferrit izolátor, vagyis egyirányú átvivő elem, mely a tápvonallal sorba kapcsolva, a mikrohullámot az egyik irányban csekély veszteséggel áttereszti, viszont a másik irányban gyakorlatilag nem engedi át.

A szokásos szimbólumot az 1. ábra mutatja. A téglalapban az ellenállásjel arra mutat, hogy a 2-től az 1 felé haladó teljesítményt az izolátor abszorbeálja.

Mikrohullámú rádióösszeköttetéseknel már az antenna kis illesztetlenségéből eredő reflexió is hátrányos következményekkel járhat, különösen akkor, ha hosszú a tápvonal. Frekvenciamodulált berendezésekben az ilyen reflexiók nonlineáris torzításokat okoznak. A káros reflexiók elnyomásának nagyon hatásos módja a tápvonalba ferrit izolátort iktatni.

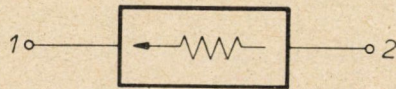
A ferritek fénoxidokból álló félvezetők. Fajlagos ellenállásuk sok nagyságrenddel nagyobb a fémes anyagokénál. Elsősorban ezen tulajdonságuk teszi lehetővé, hogy a mikrohullámok is áthatolhassanak rajtuk lényeges veszteség nélkül, szemben a fémes anyagokkal, amelyek felületéről a mikrohullámok visszaverődnek, és a beléjük hatoló kevés teljesítmény a milliméter nagyon kis töredéke alatt elnyelődik.

A mágneses ferritekben is domain-struktúra keletkezik, mint a fémes mágneses anyagokban. Egy domainen belül a mágneses spinek párhuzamosan helyezkednek el a kristályszerkezettel meghatározott valamelyik könnyű mágnesezési irányban, de az egymás melletti domaineokban a mágnesezés különböző irányú.

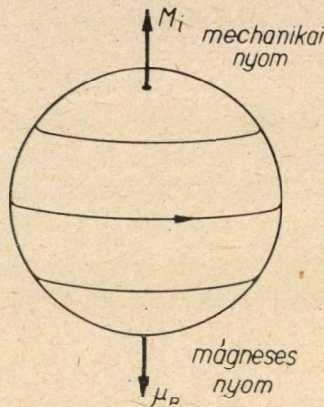
Ha a ferrit anyagban elektromágneses hullámok terjednek, akkor a mágneses spinekkel kölcsönhatás létesül, ami felhasználható nem-reciprok hatás létrehozására. A kölcsönhatás függ a mikrohullámú mágneses mező és a spinek viszonylagos irányától. Ezért, ha meghatározott kölcsönhatást akarunk elérni, akkor a ferrit anyagot egyenmezővel polarizálni kell. Ezzel elérjük, hogy a spinek (illetve a mágnesezés) meghatározott irányba mutassanak.

A kölcsönhatás fizikai szemléltetéséhez és elméleti tárgyalásához teljesen kielégítőnek bizonyult az elektronspin 2. ábra szerinti egyszerű klasszikus modellje. Ezen modell szerint az elektront egy gömbbel ábrázolják, mely a saját tengelye körül forog. Ily módon  $\mu_B$  mágneses nyomaték keletkezik, és mert az elektronnak tömege is van,  $M_i$  mechanikai impulzusnyomaték is. Tekintettel a forgó pozitív tömegre és a negatív töltésre, a két nyomatékot az irodalomban gyakran ellentétes értelműnek veszik.

Ha az elektronspin iránya különbözik a polarizáló mező irányától, akkor a mező azt a saját irányába igyekszik fordítani. A tengelye körül forgó elek-



1. ábra



2. ábra

tron — mechanikai impulzusnyomatéka miatt — azonban pörgettyűként viselkedik. Külső erő a saját és a forgástengelyre merőleges irányba téríti ki a pergő elektront. Ezzel precesszáló mozgás következik be.

Pörgettyűnél, mint ismeretes a precesszió körfrekvenciája:

$$\omega_p = \frac{M g d}{k_2},$$

ahol  $M \cdot g$  a pörgettyű súlypontjára ható nehézségi erő és  $k_2$  az impulzusnyomaték a forgástengelyre vonatkoztatva,  $d$  a súlypont távolsága a feltámasztási ponttól. Tehát  $M \cdot g \cdot d$  a legnagyobb lehetséges nyomaték, amely a pörgettyűt a nehézségi erő irányába igyekszik forgatni.

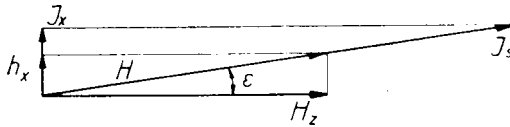
Elektronspinnél a precessziós frekvenciának Larmor-féle kifejezése:

$$\omega_0 = \frac{\mu_B}{M_i} H = \gamma H,$$

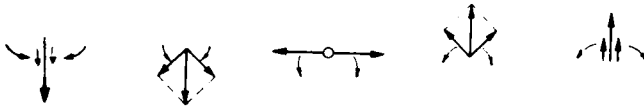


ahol  $\mu_B$  (Bohr magneton) a pergő elektron mágneses nyomatéka,  $\mu_B H$  a legnagyobb mechanikai nyomaték, amely a pergő elektron tengelyét a mező irányába igyekszik állítani és  $M_i$  az elektron mechanikai impulzus nyomatéka. Tehát a pergő elektron és a pörgettyű viselkedésének hasonlósága szembeszökő. A  $\gamma = \mu_B/M_i$  arányt magnetomechanikai aránynak nevezik. A rezonancia frekvencia  $f_r = \frac{\gamma}{2\pi} H$ , ahol gyakorlati esetekben  $\frac{\gamma}{2\pi} = 2,8 \text{ MHz/Oe}$ . Ha pl.  $H = 1000 \text{ Oe}$ , akkor  $f_r = 2800 \text{ MHz}$ ; tehát a ferromágneses rezonancia főként a mikrohullámú berendezéseknél bír jelentőséggel.

Ha csak polarizáló mezőt adunk az anyagra, akkor, mint láttuk, a mágneses intenzitás ahelyett hogy a mező irányába fordulna, a mező iránya körül precesszálni fog. Eszerint lehetetlen lenne az anyagot felmágnesezni, ha a



3. ábra



4. ábra

precesszáló mozgás nem csillapodnék. A precesszáló mozgás azonban kb.  $10^{-8}$  mp-en belül lecsillapodik, amikor az elektronspin a mező irányába áll be, és ez teszi lehetővé az anyag felmágnesezését.

Ha az anyagot  $z$  irányú polarizáló mezővel mágnesezzük (3. ábra), és erre merőleges  $x$  irányban kis váltakozóáramú mágneses mezővel is gerjesztjük, akkor kis frekvenciáknál úgy vehetjük, hogy a mező nyomban követi az eredő térerősség irányát. Így tehát a mágneses intenzitás  $x$  irányú komponense  $J_x$  fázisban van  $h_x$ -szel. A kezdeti szuszceptibilitást a 3. ábra alapján könnyen kiszámíthatjuk:

$$\chi = \frac{J_x}{h_x} = \frac{J_s \sin \epsilon}{h_x},$$

de kis  $\epsilon$ -nál  $\sin \epsilon = \text{tg } \epsilon = h_x/H_z$ , ahol  $H_z$  a polarizáló mező térerőssége. Ezzel:

$$\chi = \frac{J_s}{h_x} \frac{h_x}{H_z} = \frac{J_s}{H_z}$$

a  $\mu = 1 + 4\pi\chi$  összefüggésből:

$$\mu = 1 + \frac{4\pi J_s}{H_z}$$

$H_z$ -nek megfelelő ferromágneses rezonancia frekvencia:  $\omega_0 = \gamma H_z$ , vagyis  $H_z = \omega_0/\gamma$ . Ezzel:  $\mu = 1 + \frac{\gamma 4\pi J_s}{\omega_0}$ , mely érték kevéssel nagyobb az egységénél.

Ha a váltakozó mező frekvenciája kezdi megközelíteni a ferromágneses rezonancia frekvenciát és  $\omega > 10^8 \text{ Hz}$ , akkor egy perióduson belül a precesszáló mozgás nem csillapodik le. Ha a precesszáló mozgás is fennáll, akkor világos, hogy az  $x$  irányú váltakozó mágnesezés  $y$  irányú mágneses intenzitást is okoz, amit matematikai alakban a tenzor permeabilitásokkal szoktak kifejezésre juttatni.

A ferromágneses rezonancia közelében a precessziós mozgásban lényeges fázisváltozások következnek be, ami annyit jelent, hogy  $h_x$  és  $J_x$  között fáziskülönbség jön létre. Ha a fáziskülönbség megközelíti a  $180^\circ$ -ot, akkor az  $x$  irányú mágneses intenzitás a gerjesztő térerősséggel ellentétes irányú lesz, ami egyértelmű a negatív szuszceptibilitással. Eszerint mikrohullámoknál a ferromágneses rezonancia közelében negatív permeabilitás is lehetséges.

A nagyfrekvenciás permeabilitás ismerete feltétlenül szükséges a mikrohullámú ferrit izolátorok működésének megértéséhez. A tenzor permeabilitásokból kiinduló — e speciális területen kevésbé járatosok számára idegenül ható tárgyalási mód helyett — körösen polarizált mezőkkel fogom bemutatni a permeabilitás alakulását. Ilyen esetben ugyanis egyszerű skaláris permeabilitással számolhatunk. Az itt bemutatott, fizikai szemlélettel könnyen követethető módszert az irodalomban eddig nem ismertették.

Az  $x$  tengely irányában lineárisan polarizált hullámot a 4. ábra szerint felbonthatjuk két ellenkező irányban forgó körösen polarizált hullámra. A körösen polarizált mezők síkja merőleges az egyen-polarizáló mező  $H_z$  irányára. A  $H_z$  mező irányában nézve a jobbra forgó mezőt (+) indexszel, a balra forgót (—) indexszel jelöljük.

Ha  $\omega$  nagyságrendileg megközelíti  $\omega_0$  értékét, akkor figyelembe kell venni a következőket: A természetes precesszió  $H_z$  irányában nézve az óramutató járásával megegyező értelmű, tehát a (+) körösen polarizált hullám forgásértelmének megfelelő. Ezért a (+) irányban forgó mező a Larmor-precessziónak megfelelő irányban forgatja a spineket saját frekvenciájának megfelelő szögsebességgel.

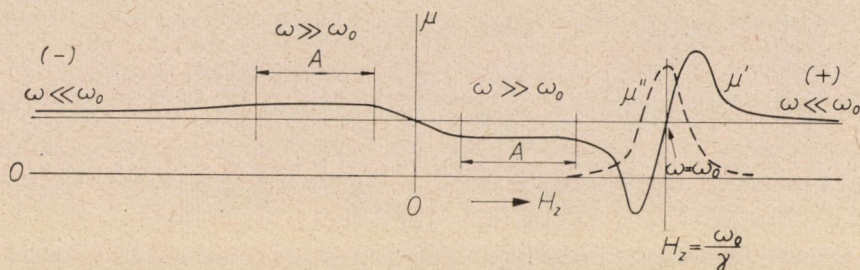
A spinek precesszálása (+) irányban  $H_z$ -vel ellentétes értelmű, (—) irányban  $H_z$ -vel megegyező értelmű térerősséget okoz, melynek értéke a precesszióra már felírt kifejezés szerint a (+) irányú körösen polarizált mező hatására:



$H' = -\omega/\gamma$ ; a  $(-)$  irányú mező hatására:  $H' = \omega/\gamma$ . Az eredő mező a polarizáló egyenmező és a spinek precesszálása által létrehozott mezők összege.

Eszerint  $\omega$  körfrekvenciájú körösen polarizált hullámra a szuszceptibilitást kapjuk, ha  $J_s$ -et  $H_z$  helyett  $(H_z \mp \frac{\omega}{\gamma})$ -val osztjuk el, vagyis:

$$\chi_{(+)} = \frac{J_s}{H_z - \frac{\omega}{\gamma}} ; \chi_{(-)} = \frac{J_s}{H_z + \frac{\omega}{\gamma}}$$



5. ábra

De  $H_z = \frac{\omega_0}{\gamma}$ . Ezt behelyettesítve és a  $\mu = 1 + 4\pi\chi$  összefüggés felhasználásával:

$$\mu_{(+)} = 1 + \frac{\gamma 4\pi J_s}{\omega_0 - \omega} ; \mu_{(-)} = 1 + \frac{\gamma 4\pi J_s}{\omega_0 + \omega}$$

A permeabilitást adott frekvenciánál  $H_z$  függvényében az 5. ábra mutatja.  $\mu = \mu' - j\mu''$  összefüggés alapján  $\mu'$  a permeabilitás reális része és  $\mu''$  a veszteségi komponens.

Eszerint kis polarizáló mezőknél (ha  $\omega \gg \omega_0$ )  $\mu_{(+)}$  ugyanannyival kisebb 1-nél, mint amennyivel  $\mu_{(-)}$  nagyobb mint 1. A rezonancia előtt  $\mu_{(+)}$  negatív lesz. A rezonanciánál értéke 1 lesz, és aztán átmegy viszonylag nagy pozitív értékbe. A maximum elérése után újból csökken, és közeledik az egységhez.  $\mu_{(-)}$  lefolyása egyenletes, a permeabilitás végig kevéssel 1 felett van.

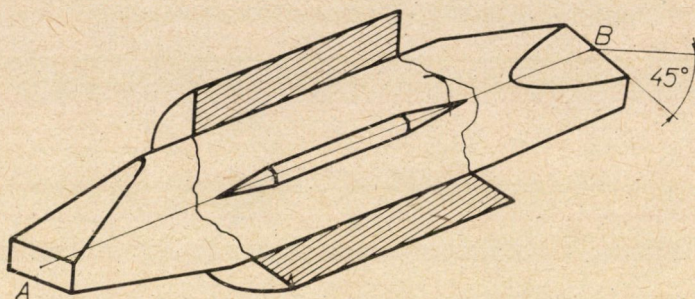
A veszteségi komponens ( $\mu''$ ) a rezonanciánál nagy, de a rezonanciától távol, megfelelő minőségű ferrit esetén, csekély értékű.

Ferrit izolátorok készíthetők a mágneses ferritek nem-reciprok tulajdonságainak célszerű felhasználásával. Három, gyakorlatilag bevált módszert fogok ismertetni, amelyekkel a Távközlési Kutató Intézetben foglalkoztunk: a Faraday forgatásos, a ferromágneses rezonancia és a mezőtörzításos módszert.



A Faraday forgatásos izolátor elvi megoldását a 6. ábra mutatja. Négy-szögletes csőtápvonalról átmeneti elemmel hengeres csőtápvonalra csatlakozunk. ( $TE_{11}$  módban.) A hengeres csőtápvonal tengelyében helyezzük el a két végén kihegyezett ferritrudacsját. A hengeres részen kívül elhelyezett gerjesztő tekerccsel vagy permanens mágnessel tengelyirányú polarizáló mezőt létesítünk. A ferrit méretét (és a polarizáló mezőt) úgy választjuk, hogy  $A$ -tól  $B$  felé haladva a mikrohullám polarizációs síkja  $45^\circ$ -al forduljon el (hogy miért, azt később látni fogjuk). Ezután egy következő átmeneti elemmel az előbbihez képest  $45^\circ$ -al elforgatott négy-szögletes csőtápvonalra csatlakozunk, melyen a hullám akadálytalanul áthalad. Az ellenkező irányból

(9



6. ábra

érkező hullám polarizáció síkja az előbbivel azonos irányban fordul el. Mint-hogy  $A$  és  $B$  között  $45^\circ$  szögműködés van, és ehhez további  $45^\circ$  forgatás járul, ezért a hullám az  $A$  csatlakozáshoz érkeve  $90^\circ$ -kal tér el a négy-szögletes csőtápvonal polarizációs irányától, amit a tápvonal nem enged át. A visszaverődés megakadályozására polarizációs csillapító lemezt is alkalmaznak.

A polarizáció síkja elfordulásának számítása egyszerű módon csak végtelen ferritközegben terjedő síkhullámra végezhető el. A lineárisan polarizált hullámot felbontjuk két ellenkező irányban forgó körösen polarizált hullámra. Az előbbieken láttuk, hogy  $\mu_{(+)}$  és  $\mu_{(-)}$  különbözők, tehát a két hullám fázissebessége is különböző lesz. A fázistényezők a következők:

$$\beta_{(+)} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon \mu_{(+)}} ; \beta_{(-)} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon \mu_{(-)}},$$

ahol  $c$  a fény terjedési sebessége,  $\varepsilon$  és  $\mu$  a relatív dielektromos állandó és a relatív permeabilitás.

Körösen polarizált hullámnál a fázistényező megegyezik a vektornak ugyanakkora szöggel való elfordulásával, a hosszegységnyi út alatt. A (+)



és (—) hullám a különböző fázistényező miatt különböző szöggel fordul el ellentétes értelemben. A ferriten való áthaladás után a körösen polarizált hullámok újból összegezhetőek lineárisan polarizált hullámmá, melynek iránya az elfordulási szögek szögfelezőjében lesz, tehát a polarizáció síkja hosszegységenként:

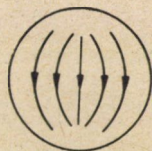
$$\frac{\vartheta}{l} = \frac{\beta_{(-)} - \beta_{(+)}}{2}$$

szöggel fordul el.

Faraday forgatásnál az 5. ábrán  $A$ -val jelölt szakaszon dolgozunk, ahol  $\mu_{(-)}$  kb. ugyanannyival nagyobb, mint amennyivel  $\mu_{(+)}$  kisebb mint 1. A megfelelő értékek behelyettesítése után:

$$\frac{\vartheta}{l} = \frac{\omega}{2c} \sqrt{\varepsilon} (\sqrt{\mu_{(-)}} - \sqrt{\mu_{(+)}}) = \frac{\sqrt{\varepsilon}}{c} \frac{\gamma 4\pi J_s}{2}.$$

Vagyis az elforgatási szög annál nagyobb lesz, mennél nagyobb a ferrit telítési mágnesezése, és mennél nagyobb a relatív dielektromos állandója.



7. ábra

Figyelemre méltó, hogy fenti kifejezés szerint az elforgatási szög független a frekvenciától. Ez azonban csak végtelen sík hullámnál lenne így. A valóságban a ferritet hengeres csőtápvonalba helyezük. A mező képét  $TE_{11}^0$  módnál a 7. ábra mutatja. A mágneses mező csak a tápvonal középső részén vehető transzverzálisnak. Ha a tápvonalat teljesen kitöltenénk ferrittel, akkor egyrészt a tápvonal magasabb módokat is vezetne, másrészt a falak közelében dielektromos és mágneses veszteségek keletkeznének, anélkül, hogy az ott levő ferritanyag a forgatáshoz hozzájárulna. Ezért a tápvonal tengelyében helyezünk el viszonylag kis átmérőjű ferritrudacskát. A helyes méretezésnek az izolátor jóságí tényezője az alapja, vagyis hogy 1 dB veszteségre jutó forgatás milyen átmérőnél mutat maximumot. Ezt akkor érjük el, amikor a ferrit-rúd átmérője a csőtápvonal átmérőjének kb. 1/5-e. (Ha a ferrit-rúd átmérője 1/4-nél nagyobb, módátalakulások és reflexiók lesznek.)

A ferrit dielektromos állandója mikrohullámoknál 10 körül van. Ezért és az eltérő permeabilitás miatt, a határfelületen reflexió mutatkozik, ami a ferrit-rúd két végének kihelyezésével jelentősen csökkenthető.

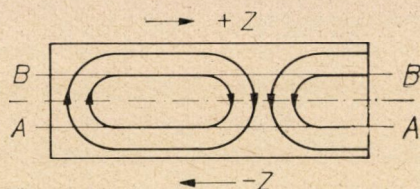


Az ismertetett megoldásnál az elforgatási szög a frekvencia növekedtével nő, részben azért, mert a  $TE_{11}$  mód hullámellenállása növekvő frekvenciával csökken, részben mert a ferritrúd növekvő frekvenciával az energiának mind nagyobb részét koncentrálja magába.

A Távközlési Kutató Intézetben a ferrit izolátorok kezdeti kísérleteit Faraday forgatásos módszerrel végeztük. Bár az optimális frekvenciánál kedvező értékeket értünk el, kitűnt, hogy ezen módszer széles sávú átvitelre kevésbé alkalmas, és viszonylag nagy építési hosszra és bonyolultabb konstrukcióra van szükség.

Legelőnyösebbek az olyan ferrit izolátorok, amelyek négyszögletes csőtápvonalba közvetlenül beépíthetők. Ilyen a ferromágneses rezonancia módszerrel működő ferrit izolátor.

Négyszögletes csőtápvonalat az alap ( $TE_{10}$ ) módban használjuk. E módnál a mágneses mezőnek longitudinális komponense is van. A mágneses mezőt



8. ábra

a tápvonal széles oldalával párhuzamos hosszmetsetben a 8. ábra mutatja. Középen csak transzverzális, a keskeny oldalaknál csak longitudinális mező van. A kettő között, pl. az  $A-A$  vagy  $B-B$  vonal mentén mindkét irányú komponens található. Vegyük szemügyre a  $+z$  irányú terjedést. Ilyenkor az egész mező a  $+z$  irányban halad. Ha az  $A-A$  vonal mentén kijelölünk egy pontot, akkor azt találjuk, hogy a mágneses mező a széles oldallal párhuzamos síkban az óramutató járásával megegyező irányban forog;  $B-B$  mentén az óramutató járásával ellenkező irányú a forgás. A polarizáció általában elliptikus, de ha  $A$  és  $B$  távolságát a középvonaltól megfelelően választjuk, akkor körös polarizáció érhető el. Ha a ferritet az  $A-A$  vonal mentén helyezük el, akkor a  $+z$  irányban haladó hullámnál az óramutató járásával egyező, a  $-z$  irányban haladó hullámnál az óramutató járásával ellenkező lesz a forgás értelme.

A 9. ábra mutatja a ferritlap elhelyezését a csőtápvonalban. Minthogy a mező a széles oldallal párhuzamos síkban forog, ezért a széles oldalra merőleges, tehát transzverzális polarizáció mezőre ( $H_y$ ) van szükség.  $H_y$  megfelelő értéke mellett a  $+z$  irányban haladó hullámnál ferromágneses rezonancia fog bekövetkezni, ami a mikrohullámú teljesítmény elnyelésével jár. A  $-z$  irányban haladó hullám ( $-$ ) irányú körösen polarizált mezőt hoz létre, ami nem okoz

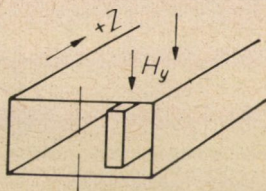


ferromágneses rezonanciát, és így abszorpció nem mutatkozik. Ez utóbbi az áteresztő irány és az előbbi a záróirány.

A ferromágneses rezonancia módszerrel történt méréseink azt mutatták, hogy egyes nagyobb telítésű ferrit típusokkal 9000 MHz-nél jó eredményeket értünk el, de ugyanezek 4000 MHz-nél nem voltak megfelelőek. Az előzőkben már tárgyaltuk, hogy a ferromágneses rezonancia frekvenciát a magnetomechanikai arány és a polarizáló mező térerőssége szabja meg:  $\omega_0 = \gamma H$ . Mágneszetlen ferritnél  $H$  helyébe az anizotrópia mező  $H_a$  helyettesítendő, ami néhány 100 Oe rendű. Ha a ferrit telítési intenzitása  $J_s$ , akkor elméletileg kimutatható, hogy ha:

$$\gamma H_a \leq \omega \leq \gamma (H_a + 4\pi J_s),$$

akkor mágneses veszteségek fognak jelentkezni. Ezek a veszteségek a domainfalak létezésével vannak kapcsolatban. A polarizáló mező növelésével a domainfalak fokozatosan eltűnnek és így a mező nélküli veszteségek is. Az ilyen ter-



9. ábra

mészetű veszteségek gyakorlatilag eltüntethetők, ha:  $H_r \gg H_a + 4\pi J_s$ , ahol  $H_r = \omega_0/\gamma$ . Mennél hosszabb a hullám, annál kisebb polarizáló mezőre van szükség a ferromágneses rezonanciához. Ezért hosszabb mikrohullámoknál csak úgy lehet eleget tenni fenti követelménynek, ha  $J_s$ -et csökkentjük, amit sikerült elérnünk pl. magnéziumferrit esetében alumínium hozzáadásával.

A reflexió csökkentése miatt a ferritlap két végének kihegyezése itt is szokásos, azonban a szükséges kis állóhullámarány elérésére egyéb módszerekre is szükség van.

A mezőtörzítási módszer esetében a ferrit elhelyezése hasonló az előbbihez, de a transzverzális polarizáló mező erőssége kisebb a ferromágneses rezonanciához szükségesnél. A mező irányát úgy választjuk, hogy az áteresztő irányban a ferritben (+) irányban forgó, a záró irányban (-) irányban forgó mező keletkezzen. Ezzel az áteresztő irányban a ferrit permeabilitása 1-nél kisebb lesz, sőt megfelelő mezővel elérhető, hogy zérus vagy negatív legyen. Ugyanakkor a záró irányban a permeabilitás nagyobb mint 1.

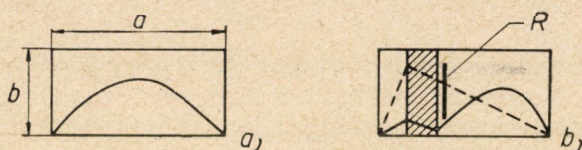
Ha a ferritlap vastagsága elég nagy a szkinvastagsághoz képest, akkor lényeges mezőtörzülés következik be a tápvonal belsejében. Az elektromos mező alakulását a négyszögletes csőtápvonal belsejében a 10. ábra tünteti fel.



A tápvonal széles oldala mentén ferrit nélkül az elektromos mező szinusz törvény szerint változik (10a. ábra). Átvezető irányban a ferritlapból kiszorul a mező, és a 10b. ábra folytonos vonala szerint alakul. Záró irányban a ferritlap — nagyobb permeabilitása miatt — magába gyűjti a mezőt, mely ilyenkor a 10b. ábra szaggatott vonalának megfelelően alakul. Ha a ferrit oldalára az ábrán  $R$  jelzésű rétegellenállást helyezünk, akkor az a záró irányban a teljesítményt csaknem teljesen abszorbeálja, viszont az átvezető irányban gyakorlatilag nem okoz csillapítást.

A mezőtörzítási módszer eredményes megvalósításához igen fontos paraméter az ellenállás lemez alakjának kedvező kialakítása. A szélessávú átvitelnél szükséges kis állóhullámarány biztosítása itt is sok apró részletkérdés megoldását kívánja meg. Ezen módszer különös előnye, hogy nem érzékeny a mágneses mező értékének pontos tartására.

Néhány szót még a mikrohullámú ferritek kedvező tulajdonságairól. A ferritek dielektromos és mágneses veszteségeket okoznak. Bár az átvivő



10. ábra

elemek kedvező kialakításával a dielektromos veszteségek bizonyos mértékben csökkenthetők, igen fontos, hogy maga a ferritanyag is kedvező tulajdonságokkal rendelkezzen. Kimutatható, hogy a mikrohullámokon mért dielektromos veszteségek annál kisebbek, mennél nagyobb a ferrit fajlagos ellenállása. Kívánatos ezért  $10^8$ – $10^9$  ohm · cm értékek elérése, ami nagyságrendekkel nagyobb az átviteltechnikai ferriteknél szokásos értékeknél. Másrészt a mágneses veszteségek csökkentésére kell törekedni, amihez többek között szükséges az anyag porozításának nagymértékű csökkentése. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a mikrohullámú ferritek relatív fajsúlyának legalább 96%-nak kell lennie. A technológiai fejlesztésről dr. TARDOS Lászlóné fog előadásában beszámolni.

Mikrohullámú sokcsatornás berendezéseknél a nonlinearis torzításoknak többféle forrása lehet. A megengedhető torzítás mértéke függ a csatornaszámtól, és kompromisszum kérdése, hogy ebből mennyi juthat az antennához vezető tápvonalban keletkező reflexiókra. Ezért a ferrit izolátorokra vonatkozó követelmények a berendezés többi részétől is függenek, és nemzetközi viszonylatban egységesen nem adhatók meg. Mindazonáltal felsorolok néhány reprezentatív külföldi adatot. (A felsorolt adatok 1957-es publikációkból származnak.)



MULLARD (a londoni Philips) a 9000 MHz-es sávban ferromágneses rezonanciával működő izolátorra a vezető és záróirányra 0,5 és 20 dB-t ad meg, tehát 40-szeres dB arányt 500 MHz sáv szélességre.

SIEMENS a 3800—4200 MHz sávra készült ferromágneses rezonancia izolátorra 0,5 és 13 dB-t ad meg, tehát 26-szoros dB arányt 1,02-es állóhullámaránnyal.

A BELL-laboratórium 3700—4200 MHz sávra készült mezőtorzításos ferrit izolátorra 0,3 és 20 dB-t ad meg, tehát 67-szeres dB arányt 1,07-es állóhullámaránnyal.

A Távközlési Kutató Intézet 1958. évi mikrohullámú ferrit izolátor programjában kitűzött követelmények a 4000 MHz-es sávban: 0,5 és 20 dB legalább 200 MHz sáv szélességben. Ezen értékeket egyes laboratóriumi kísérleti példányokon már túl is haladtuk.

A kedvező eredmények eléréséhez és ezek továbbfejlesztéséhez mind a mikrohullámú ferritek technológiájában, mind az egyirányú átvívó elemek kialakítása terén tekintélyes kutatómunkára volt és lesz még szükség.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

CSIBI SÁNDOR:

Az előadás utalt ferrit izolátorokkal kapcsolatos rendszertechnikai követelményekre. Az alábbiakban legfontosabb példaként antennatápvonalak ferrit izolátorainak követelményeire kívánok rámutatni.

Az a tény, hogy a jel egy része a tápvonalon kétszer reflektálódik, és a kimenő-kapcsón késve jelentkezik, sokcsatornás telefonátvitel esetén áthallást, televízió üzemben képelmosódást, illetve szellemképet okoz. A rendszertechnikai követelmények és a berendezéstechnikai adottságok határozzák meg, hogy megfelelő átviteli minőséghez a tápvonal két végén milyen jó illesztés szükséges.

Nézzük pl. 240 beszédcsatorna átvitelét, és legyen tápvonalanként a reflexiókkal kapcsolatban megengedhető zaj  $-78$  dBm. Ekkor 6,5 m hosszú tápvonal és 1,15 antenna-állóhullámviszony esetén a berendezésoldalon 1,2 állóhullámviszonyra van szükség. Tetszőleges tápvonalhossz esetén a követelmények kielégíthetők a tápvonal mindkét végén 1,06 állóhullámviszonnyal.

Tételezzük fel, hogy a berendezés állóhullámviszonya 1,5. Ez az érték 1,2, illetve 1,06 értékre 1,15 állóhullámviszonyú és legalább 10 dB zárócsillapítású, illetve 1,04 állóhullámviszonyú és legalább 20 dB zárócsillapítású ferrit izolátorral csökkenthető. Ezeket a specifikációkat, a CCIR frekvencia-tervet alapul véve, 200 MHz széles sávban kell megvalósítani.

Az áteresztő csillapítás értéke a megvalósítási lehetőségektől függ. Mindkét esetben 0,5 dB-nél kisebb csillapítás kívánatos.

NEDBÁL ISTVÁN:

Az impulzusmodulált mikrohullámú telefonberendezéseknél a csatorna-kapacitás növelése céljából megoldandó több mikrohullámú rádióreléberende-

zés párhuzamos járátása közös antennarendszerre. Az egyes rádiófrekvenciás csatornákat összefogó szűrőváltókban egyirányú átvivő elemeket alkalmazva, esetleg egyszerűbben kivitelezhető, és jobb mikrohullámú jellemzőkkel rendelkező szerkezethez lehetne jutni, ahhoz képest, mintha csak egyedül reciprok elemeket használnánk fel erre a feladatra. Ebből a célból pl. meg lehetne vizsgálni nonreciprok elemek alkalmazását cirkulátorok készítéséhez.

Az egyre növekvő frekvenciastabilitási követelmények precíz kielégítése öngerjesztéses mikrohullámú adókban önműködő frekvencia után szabályozással lehetséges. Ez azonban az elektronikusan alig vagy egyáltalában nem hangolható turbátor-, illetőleg triódaoszillátoros mikrohullámú adókban csak nehézkes, mechanikai utánhangoló szervvel valósítható meg. Ha azonban felhasználnók a mikrohullámú ferritek azon tulajdonságát, amely szerint a ferrit mikrohullámú elektromágneses térbe helyezve és ugyanakkor egyirányú polarizáló mágnes térrel átmágnesezve ez utóbbi függvényében változtatja permeabilitását, akkor ilyen mikrohullámú ferritet alkalmazva, ezen adók hangoló üregeiben megvalósítható az AFC-zés a mozgó alkatrészek teljes elhagyásával. A polarizáló mágnes teret előállító elektromágnes áramát a frekvenciamérő üregről vezérelt szervocsatorna állíthatná elő.

KASSAY JENŐ:

Kiegészítésképpen ismerteti annak a csoportnak a munkáját, amely a Távközlési Kutató Intézet alkatrészosztályán a ferrit izolátorok fejlesztésével foglalkozik. Munkánk egy és negyedéves múltra tekint vissza. Munkánk elején nem álltak rendelkezésünkre olyan minőségben és feleségben mikrohullámú ferritek, amelyekre szükség lett volna. Csak a mikrohullámú vizsgálatok voltak azok, amelyek a technológiai kutatás számára komolyabb segítséget jelentettek. 1957. év második felében már berendezkedtünk ferromágneses rezonancia elvén működő izolátorok kísérleteire, ami nagyon előrevitte mind az izolátorok fejlesztését, mind a technológiai kutatást. Ezután a mikrohullámú ferritek minősége gyors ütemben fejlődött. Ma már rendelkezésünkre állnak olyan kísérleti izolátorok, amelyeknél 4000 MHz-en a kívánt sávzsélesség mellett a 80 : 1 csillapítási arányt is elértük.

AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

CSIBI Sándor hozzászólásában rámutatott arra, hogy a tápvonal két végén előálló reflexiók miatt okoznak nonlinearis torzítást, továbbá hogy ez a ferrit izolátorral szemben milyen követelményeket támaszt. Ezek közül a legsúlyosabb a hosszú tápvonal esetére megkívánt nagyon kis állóhullám-arány megvalósítása. Bizonyos vagyok benne, hogy ezen utóbbi feladatot is meg fogjuk tudni oldani.

NEDBÁL István hozzászólásában nagyon érdekes új alkalmazási lehetőségekre hívta fel a figyelmet. Ezek között egyéb nem-reciprok elemek is vannak, mint pl. a cirkulátor. Az AFC javasolt ferrites megoldása különösen érdekes. Amint mód lesz rá, foglalkozni fogunk a felvetett javaslatokkal. Rá kell azonban mutatnom, hogy kisebb frekvenciáknál a nehézségek fokozódnak, és a jelenlegi elméleti megfontolások azt mutatják, hogy 2000 MHz körül van a mikrohullámú ferritek alkalmazhatóságának az alsó határa.



# MIKROHULLÁMÚ FERRIT ELŐÁLLÍTÁSI MÓDJA\*

TARDOS LÁSZLÓNÉ

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

Az előadás kísérleti mérési eredmények tükrében bemutatta a ferritek előállítási módját és az egyes gyártási folyamatokat, abból a szempontból vizsgálva, hogy a körülmények változtatása hogyan hat a kristályszerkezet kialakulására, illetőleg az elektromos, mágneses és mikrohullámú sajátságokra.

Megállapítható, hogy a ferritek struktúráját és textúráját az előállítás módszerével tág határok között lehet változtatni. A mérések szerint a ferritmintákban nem mágneses fázis létrehozása a fajlagos ellenállás növelése és a telítési indukció csökkentése miatt ajánlatos. Fontos azonban, hogy a fázisok eloszlása lehetőleg homogén legyen, a mágneses és dielektromos veszteség kis értéken való tartása miatt. Az egyes kristályok méretét célszerű minél nagyobbra kialakítani, mivel a koercitív erő a szemcsék méretével csökken. A térkitöltési faktor növelése, bár a fajlagos vezetőképesség és a telítési indukció növelésével jár együtt, a mágneses veszteségek szempontjából feltétlenül célszerű. A fajlagos ellenállás növelését, illetőleg a telítési indukció megfelelő értékre való beállítását a kémiai összetétel helyes megválasztásával kell elérni. Mennél több kétértékű ion van a ferritben, illetőleg mennél több ferritiont helyettesít alumíniumion, annál kisebb a mágneses telítési indukció és ezzel egyidejűleg nő a ferrit fajlagos ellenállása. Azonban mind a fajlagos ellenállás növelésének, mind a telítési fluxusszám csökkentésének határt szab a Curie-hőfok csökkenése, amelyet a kémiai összetétel ilyen változtatása az előzőekkel ellentétesen befolyásol.

Az előadó a kémiai és struktúra sajátságokat az alapvető mágneses és elektromos paraméterek függvényében, illetőleg mikrohullámú viselkedésük szerint grafikonokban és táblázatokban mutatta be. Az előadás a mikrohullámú mérési problémákkal, illetőleg egyirányú átvivő elem szerkesztésének kérdéseivel nem foglalkozik. Az egyenirányító viselkedés mérőszámát — a záró, és az áteresztő irányban mért csillapítás viszonyát — mindig azonos geometriájú formadarabra, azonos módszerrel mérve adja meg.

\* Az előadás kivonata.

Megállapítható, hogy azonos kémiai összetételű ferriteknél a térfogat-súly növelésével nő a telítési indukció és a csillapítási arány is. Azonos tér-kitöltésű tényezőjű, különböző kémiai összetételű mintáknál a telítés csökkenésével nő a csillapítási arány. Azonos kémiai összetételű, azonos térfogat-súlyú és telítési mágnesezésű ferriteknél a koercitív erő csökkentése növeli a mikrohullámú csillapítási arányt.

A leírt tapasztalatok felhasználásával elért eredmény: 4000 MHz-es frekvenciasávban 0,5 dB alatti áteresztő irányú csillapítás mellett 20 dB-nél magasabb záró irányú csillapítás, ferromágneses rezonancia-elven működő ferrit izolátorokban.

Az előadáshoz POSZLER LÁSZLÓNÉ szolt hozzá.



# BEVEZETŐ

A RÁDIÓ- ÉS TELEVÍZIÓ-TECHNIKAI CSOPORT ELŐADÁSAIHOZ

BARTA ISTVÁN

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA LEVELEZŐ TAGJA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, VEZETÉKNÉLKÜLI HÍRADÁSTECHNIKAI TANSZÉK

Szekciónkban a teljes rádiótechnika, elektroakusztika és televízió területéről fogunk hallani beszámolókat és a jövő fejlődésére mutató előadásokat.

A műsorvevő készülékek több mint harmincéves fejlődésük során igen nagy utat tettek meg. Világszerte sok konstruktőr versenyzett egymással, míg a mai kialakult formákhoz és minőségi tulajdonságokhoz eljutottunk. Kialakultak a különböző csőszámú, több, kevesebb hangolt kört tartalmazó típuskategóriák, a helylehetőségeknek és a különböző igényeknek megfelelően. Ezalatt az idők folyamán elért minőségi eredmények alkalmazásra kerültek, javultak a hangolókörök, rezgőkörök, hangszórók, az erősítő csövek tulajdonságait standardizálták, teljesítményük növekedett. A legutóbbi években a frekvenciamodulált adások vételére szolgáló megoldások jelentek meg. Ezzel egyidejűleg kidolgozták az FM adások által lehetővé vált minőségjavulás kihasználására az akusztikailag jelentősen megjavított tulajdonságú készülékeket. Mindezek világosan megszabják a fejlődés várható irányát: nem valószínű, hogy ezen a vonalon lényeges meglepetések bekövetkeznének, de sok kezelési könnyebbséget, kényelmet szolgáló újítás még előrelátható.

A magyar rádiókészülékgyártás már a felszabadulás előtt is nemzetközileg jó hírnevet szerzett magának, amiben bizonyosan része volt annak is, hogy egészséges konkurrencia volt a különböző előállítók között. Néhány éve, hogy erre visszatérünk, a Híradástechnikai Igazgatóság tudatos célkitűzése alapján. Az azóta eltelt időben egészséges fejlődést felmutató eredmények születtek meg. Nagyobb lett a típusválaszték, az egyes konstruktőrök a közönség kívánsága következtében (amelyet a másik gyár készülékében találhatók, előnyösnek látszó tulajdonságok vetettek fel) saját típusaikban is bevezettek olyan újításokat, amit csak saját véleményüket követve nem tettek volna meg. Ilyen például a ferritantenna, amelynek egy hálózati, helyhez kötött készülékben való hasznosságáról lehetne vitatkozni. A jövő készülékeinél a tökéletesítés a jobb hangminőségre, nagyobb hangteljesítményre, a hangszínszabályozás jobb és emellett egyszerűbb megoldására (több mély és magas hangkiemelés, hangregiszterek, gombnyomású szabályozás) irányul. Javítani kell a szelektivitást, de emellett növelni a hasznos sáv szélességet. Jelentős változás következhetik

be, ha a közép- és hosszúhullámú sávban esetleg új hullámhossz elosztás valósul meg. A középhullámú elosztás nem használható, mert a lehető sok csatorna biztosítására a mai kívánalmaknak egyáltalában nem megfelelő szűk hullám-sávokat óhajtottak volna bevezetni, és ennek ellenére a sokkal több állomás ott foglalt helyet, ahol a helyi viszonyok ezt megengedték, tönkretéve ezzel a helyi adón kívül bármely más, akár honi, akár külföldi állomás hallgatásának lehetőségét. Az új elgondolás szerint a középhullámú sáv nem az országon belüli, hanem a külföldi vétel lehetőségét kívánja jó minőségben biztosítani. Ezért az új elosztás minden európai államnak csak egyetlen hullámhosszot biztosítana ebben a sávban. Egy-egy csatorna szélessége 15—20 kHz lenne, ami a jó minőségű átvitelt biztosítaná. Emellett az egyes országok két vagy több, ultrarövidhullámon megvalósított adáshálózattal biztosítanak saját országukon belül a kifogástalan vétel lehetőségét. Ennek bevezetése természetesen nem mehet simán, hiszen előbb ki kell épülnie mindenütt az URH hálózatnak, és minden hallgatónak rendelkeznie kell olyan vevőkészülékkel, amely ezt a sávot is veszi. Viszont az elv alkalmazása megoldja a távhallgatás problémáját, és új feladatok elé állítja majd a konstruktőröket.

Igen sokat várhatunk a jövőben a tranzistorok alkalmazásától. Egyelőre nem látszik valószínűnek hálózati készülékekben való tömeges elterjedésük, hiszen itt sem kis méretük, sem pedig lényegesen kisebb fogyasztásuk nem jelent a vételáraikkal összehasonlítva lényeges előnyt. Viszont igen sok tranzistoros hordozható és telepes vevőkészülékkel lesz a jövőben dolgunk, bár elképzelhető az újdonságszeretők kielégítése érdekében a hálózati készülékekben való alkalmazásuk is.

A televízió a legnagyobb érdeklődést kelti jelenleg hazánkban. Az érdeklődés következtében ma már komoly követelmények merülnek fel a kép minősége, a szinkronozás biztonsága és egyes helyeken a távvétel, illetőleg az egynél több adóállomás vételének biztosítása tekintetében.

Természetesen a fejlődés legfontosabb követelménye az országos hálózat megvalósítása. A vevőkészülékek terén a leglényegesebb feladat a képméret növelése (53 cm átmérőjű cső) és a készülék mélységi méretének csökkentése (90 és 110°-os csövek alkalmazása). A 90°-os eltérítésű cső nemsokára már Magyarországon is gyártásra kerül, a 110°-os csővel gyártott készüléknél azonban további nehézségek mutatkoznak. Természetesen az újabb típusú készüléknek tartalmaznia kell a nagy képméretű készülékeknél mulhatatlanul szükséges távvezérlést, valamint a képminőség szubjektív javítását célzó különböző kapcsolási megoldásokat.

Két lényeges kérdést kell felvetni. Az egyik a nagyobb képméretet biztosító vetítős készülékre vonatkozik, amely a megfelelő fényerejű cső kidolgozása után lényegében véve megoldottnak tekinthető, de kérdéses, hogy a közvetlen szemlélésű csővel bíró, de kisebb képméretű készülékkel tud-e árban versenyezni, tekintetbe véve, hogy helyszükséglete nagyobb és kezelése, élesre-



állítására lényegesen bonyolultabb. A másik kérdés a színes televízió. Még az sem látszik egészen tisztázottnak, hogy Európa gazdagabb országai pl. 5 éven belül normális műsoradás céljára bevezetik-e. Igen sok helyen erőteljesen foglalkoznak a kérdéssel, technikailag közel kifogástalan megoldásokat érnek el, ezzel szemben a még minden újdonsággal szemben oly nagymértékben fogékony amerikai közönség is észrevehető tartózkodást árul el, amint erről a jelentések beszámolnak. Mindez azt jelentené, hogy egyelőre feleslegesnek látszik nálunk a kérdéssel foglalkozni, hiszen sem gazdaságilag, sem a szükséges szakemberekkel nem állunk olyan jól. Ezzel szemben komoly ellenvetés, hogy az elmaradást nem szabad megengedni. Helyesnek látszik ezért a színes televízióval legalább rendszertechnikailag foglalkozni, pl. a Műszaki Egyetemen, és bizonyos előkísérleteket folytatni a színes képviszsaadócső kifejlesztésének előkészítésére. Ezen fejlesztési és tudományos kérdésektől függetlenül igen nagy figyelem szentelendő a TV gyártáshoz szükséges mérőműszerek és beállító berendezések létesítésére és az országos szervízhálózat megszervezésére. Ez utóbbi is nagy részben műszerezettségi feladat.

Az adástechnikában a televízió adók hazai gyártása mellett a frekvencia modulált hálózat kialakítása és különböző nagyságú frekvencia modulált adók gyártása kívánatos.

A fejlődés vonalán az ún. klasszikus adók (közép- és rövidhullám) sokkal kevesebb lehetőséggel kecsegtetnek. Középhullámú adóra csak igen kevés helyen van már szükség, elavultak kicserélése sem valószínű. Valamivel jobb a helyzet a rövidhullámú adóknál. A korszerűsítésben a jobb összhatásfok megoldása, a méretcsökkentés, az anyagfelhasználás csökkentése, korszerű adócsövek használata, jobb hűtőmegoldások kialakítása (kiszájú léghűtés, párologtatós vízhűtés), automatizálás a kezelés és üzembiztonság területén, a leglényegesebb lehetőségek. KODOLÁNYI kartárs soron következő előadásában érintett kérdés: meglevő adóállomások teljesítményének növelése a párhuzamos működtetés révén, adhat feladatot és eladási lehetőséget a fentiekén kívül. Természetesen az adóknak a minőségi előírásokat teljesíteniük kell átviteli tulajdonságok, torzítás, bugás- és zajmentesség, harmonikus sugárzás tekintetében.

Az elektroakusztikával foglalkoznak ma nálunk látszólag legtöbben, s egy-két nagy sikert nem tekintve (stadionberendezések) egy sereg megoldatlan vagy csak részben megoldott problémával van dolgunk. Hangszóróink, bár most már több vállalat foglalkozik fejlesztésükkel, és jelentős javulást értek el, nem érték még el a külföldi csúcsmínőséget. Az egész kis hangszórók problémája is megoldatlan még. Lemezjátszóinkban a forgás egyenletessége és különösen a rázkódásmentesség sincs kielégítően megoldva. Adós egyelőre az ipar a négysebességű lemezjátszóval is (nyávogásmentesség, a 17 fordulathoz tartozó játszótű). Magnetofonnal több vállalat is foglalkozik, és remélhetőleg gyorsan megoldják a még nem teljesen tisztázott, túlnyomóan mechanikai jellegű

kérdéseket. Megállapítható azonban, hála a sokéves gyakorlatnak, hogy elektroakusztikai berendezéseink elektromos része általában kifogástalannak mondható. Az erősítők, keverőasztalok kivitele, minősége, megbízhatósága és szervízlehetősége semmiben sem marad el a külföldi berendezésekéhez képest. E siker rejti magában az ígéretet, hogy a többi vonalon is megtalálják előbb-utóbb a kívánt megoldást.



# RÖVID-, KÖZÉP- ÉS HOSSZÚHULLÁMÚ MŰSORSZÓRÓ ADÓBERENDEZÉSEK PÁRHUZAMOS ÜZEMELTETÉSE

KODOLÁNYI GYULA

MAGYAR ADÓCSÓGYÁR

## 1. Általános problémák

Rövid-, közép- és hosszúhullámú műsorszóró adóállomásokon mindinkább találkozunk azzal a megoldással, melynél azonos vívőfrekvencián két, de néha több adóberendezés párhuzamosan működik. A párhuzamos üzem mind nagyobb mértékű elterjedését az alábbiak indokolják:

- 1.1 Üzembiztonság növelése
- 1.2 Teljesítménynövelés
- 1.3 Jobb frekvencia kihasználás
- 1.4 Gazdaságos tartalékképzés

A négy pontba sorolt előnyök jelentőségét az alábbiakban foglalhatom össze.

### 1.1 Üzembiztonság növelése

A műsoridő alatti megszakítatlan sugárzás elsőrendű minőségi jellemzője minden rádió adóberendezésnek. Fokozottan érvényes ez a műsorszóró üzemre, melynél a vevőkészülék mellett ülő nagyszámú — technikai szempontból túlnyomó többségében laikus rádióhallgató — érzékenyen reagál az adóberendezés üzemzavarából eredő műsorkimaradásokra. Már két párhuzamosan kapcsolt adóberendezésnél is az adó hibájából eredő műsorszünet valószínűsége egész kis mértékre zsugorodik. Több mint két párhuzamosan kapcsolt adó esetében a teljes kimaradás valószínűsége természetesen tovább csökken. A párhuzamosan kapcsolt adók valamelyikének hibája esetén a térerősség nyilván kisebb lesz, azonban ez a csökkenés nem lényeges.

### 1.2 Teljesítménynövelés

Az utóbbi időben a hosszúhullámú mammut teljesítményű adók mellett a különböző szempontok a középhullámú sávban is mind több 150 kW-nál nagyobb teljesítményű adóberendezés létesítését kívánják. Igen nagy teljesítményű adóberendezéseknél konstrukciós szempontból előnyös, ha azt nem egy egységben oldjuk meg.

Rövidhullámú adóberendezésekben a 100—200 kW-on felüli teljesítménynövelés egy egységen belül még nagyobb konstrukciós nehézségekkel jár.

Nagytávolságú sugárzási feladatoknál, különösen ha a hullámterjedés útja a sarki zónán is áthalad, úgyszólván nem lehet elég nagy teljesítményt tervbe venni, a párhuzamosan kapcsolt adóberendezésekkel történő teljesítményemelés nagy jelentőséggel bír.

### 1.3 *Jobb frekvencia kihasználás*

Mind hosszú- és középhullámon, mind rövidhullámon igen csekély a rendelkezésre álló frekvenciacsatornák száma. Közvetve és közvetlenül itt is javulást eredményezhet a párhuzamos üzemű rendszer. Közvetve akkor, ha a műsorszórásra kijelölt célterületet a teljesítményemeléssel teljesen, de legalább is fokozott mértékben lehet műsorral ellátni. Ilyen módon ugyanis a célterület besugárzását javító más adó frekvenciája felszabadulhat egyéb célokra. Közvetlenül jobb frekvencia kihasználást érünk el, ha rövidhullámú műsorszóró adóknál eltérő irányokba kell azonos műsort sugározni. Ilyen esetekben párhuzamos üzemben a többirányú feladat egy sávon belül egy frekvenciacsatorna felhasználásával megoldható.

### 1.4 *Gazdaságos tartalékképzés*

Fontos feladatot betöltő nagy műsorszóró adóknál részben a váratlan üzemzavar esetére, részben hosszabb időt igénybevevő karbantartási munkák elvégzésének idejére kisebb teljesítményű tartalék adóberendezés áll rendelkezésre. Az ilyen tartalékolás sem technikai, sem gazdaságossági szempontból nem adja a probléma kielégítő megoldását. A legtöbb esetben lényegesen kisebb teljesítményű tartalék adó csak jelentős térerősség-csökkenéssel tudja a sugárzást megoldani. A tartalék adó gyakran régebbi adó, ezért az adás minősége sem egyenértékű a nagyteljesítményű modern adóéval.

Amennyiben az adóberendezés már eleve úgy készül, hogy a kívánt teljesítményt párhuzamosan kapcsolt adókkal állítjuk elő, megoldódik a technikai- és gazdaságilag legjobbj tartalékképzés kérdése is.

## 2. A párhuzamos üzem különböző megoldásai

Adóberendezések párhuzamos üzemének számtalan módozata lehetséges. A következőkben ismertetem a főbb változatokat, minden esetben megvizsgálva, hogy a hullámsáv és sugárzási feladat szempontjából milyen megoldást célszerű használni.

Az adók párhuzamos kapcsolásának megoldásai két fő csoportba sorolhatók:

2.1 A párhuzamosan kapcsolt adók energiája az antenna tápvezeték előtt összegeződik. Ezt a rendszert a következőkben *közös tápvezetékű rendszernek* nevezem.

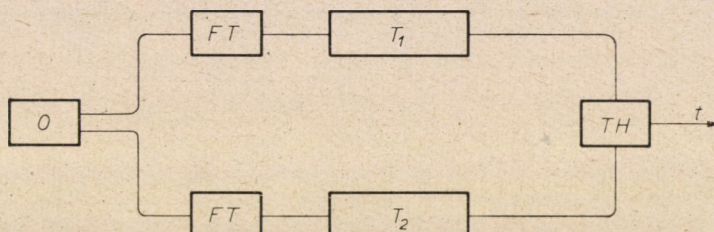


2.2 A párhuzamosan kapcsolt adók energiája csak a sugárzási térben összegeződik. Ezt a rendszert röviden *külön tápvezetékű rendszernek* fogom nevezni.

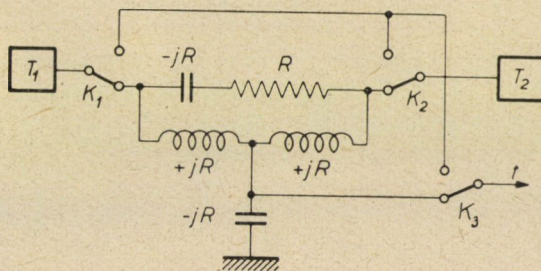
Minden párhuzamos üzemű rendszernél a párhuzamosan kapcsolt adók modulációs karakterisztikáinak azonosnak, illetve közel azonosnak kell lennie. A hangfrekvenciás fáziskarakterisztikák közötti eltérés bármely frekvenciánál nem haladhatja meg a  $30^\circ$ -ot.

### 2.1 Közös tápvezetékű rendszer

A legfőbb elveket tartalmazó vázlat (1. ábra) szerint közös oszcillátor vezérli mindkét adóberendezést egy-egy változtatható fázistoló közbejöttével.



1. ábra.  $O$  — közös oszcillátor;  $FT_1, FT_2$  — állítható r. f. fázistolók;  $T_1, T_2$  — a párhuzamosan kapcsolt két adó;  $TH$  — teljesítményt összegező táphíd;  $t$  — tápvezeték az antennához



2. ábra

A két adó kimenete egy táphídra kerül, mely a két adó fázisban azonos teljesítményét összegezi, és az antenna tápvonalra adja. A fázisazonosságot a fázistolók kézi vagy önműködő utánaállításával lehet biztosítani.

A táphíd egyik elvi megoldását aszimmetrikus tápvonalhoz való csatlakozásra a 2. ábra mutatja. A táphíd az adók közös vivőfrekvenciájára van lehangolva. Helyesen lehangolt táphíd esetén a két azonos teljesítményű és fázis-egyező adó összegezett teljesítménye a tápvonalra megy ki. Akár teljesítmény-, akár fáziseltérés esetén az 1. és 2. pontok között potenciálkülönbség



keletkezik, mely az  $R$  ellenálláson emésztődik el. A két adó összegezett hasznos teljesítménye az alábbi összefüggésből számítható ki:

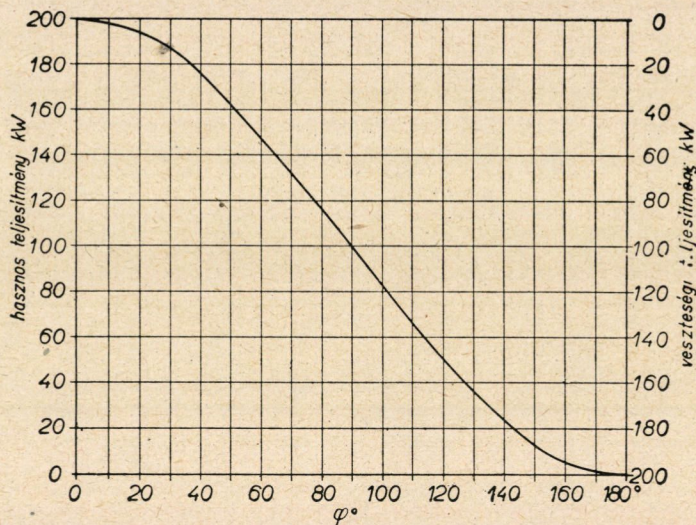
$$P_h = \frac{P_1^2 + P_2^2 + 2 P_1 P_2 \cos \varphi}{P_1 + P_2}.$$

$P_1, P_2$  1 és 2 adók teljesítménye,  $\varphi$  = fáziskülönbség.

Az  $R$  ellenálláson meleggé alakuló veszteségi teljesítményt, mely teljesítmény, illetve fáziskülönbség esetén áll elő, a következő összefüggés adja meg:

$$P_v = 2 \frac{P_1 \cdot P_2}{P_1 + P_2} (1 - \cos \varphi).$$

Példaképpen a 3. ábra mutatja két párhuzamosan kapcsolt 100 kW-os adóberendezésre a fáziseltérésekből eredő hasznos teljesítmény és veszteségi teljesítmény görbéjét.



3. ábra

Bár a táphíd biztosítja azt, hogy a két adóberendezés egymásba nem táplálhat, nyilvánvaló, hogy akár a teljesítmény-, akár a fáziseltérésekből eredő és az  $R$  ellenálláson meleggé alakuló veszteséget kerülni kell, nem szabad egy bizonyos határon túl hagyni emelkedni, mert az a kisugárzott teljesítmény rovására megy. Ezért amennyiben a veszteségi teljesítmény a megengedett fölé emelkedik, és a hiba a fázistolók állításával nem korrigálható, az egyik adóberendezést a  $K3, K1$  és  $K2$  kapcsolók átváltásával le kell a táphídról kapcsolni, ezután a megmaradó adóberendezés folytatja a sugárzást. Egyértelműen ez a teendő, ha az egyik adóberendezés üzemzavar folytán megáll.



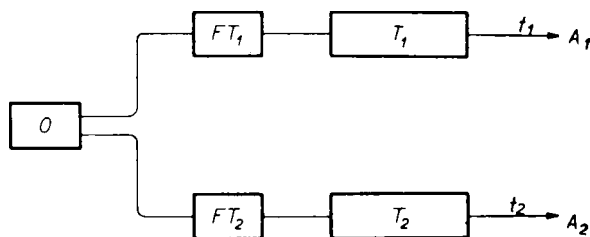
Amíg az átkapcsolás meg nem történik, a térerősségsökkenés az egyik adó kiesése esetén 6 dB, átkapcsolás után pedig 3 dB. Ezért a 6 dB-es csökkenés időtartamát a lehető legrövidebbre kell csökkenteni.

A közös tápvonalú megoldás előnye, hogy az energiaösszegezés helyesége egyértelműen ellenőrizhető, hátránya, hogy az adóberendezés gondosan lehangolandó táphíddal bővül.

Közép- és hosszúhullámú adóberendezésekben, melyek az esetek túlnyomó többségében éveken át azonos vivőfrekvencián sugároznak, ez a további hangolt kör nem jelent hátrányt. Rövidhullámú adóknál, ahol naponta többszöri gyors frekvenciaváltás szükséges, az áthangolandó táphíd nagyon hátrányos.

## 2.2 Külön tápvezetékű rendszer

A külön tápvezetékű rendszer két adóra vonatkozó alapelve a 4. ábrán látható. A két adó két antennára van kapcsolva. Az antennáknál a fázisazonosságot vagy az előírt fáziskülönbséget a fázistolókkal lehet betartani és utánállítani.



4. ábra.  $O$  — közös oszcillátor;  $F_1, F_2$  — állítható r. f. fázistolók;  $T_1, T_2$  — a párhuzamosan kapcsolt két adó;  $t_1, t_2$  — a  $T_1$ , ill.  $T_2$  adók tápvonalai;  $A_1, A_2$  — a  $T_1$ , ill.  $T_2$  adók antennái

A külön tápvezetékű rendszer szembetűnően egyszerűbb, szemben a közös tápvezetékű rendszerrel, mert nincs táphíd.

Közép- és hosszúhullámú adóberendezésekben a két antenna irányított rendszert eredményez. Természetesen ez még nem hátrány, ha amúgy is ez szükséges az adóállomás üzeméhez. Azonban akár teljesítmény-, akár fáziseltérés esetén az eredetileg kijelölt irányított sugárzási karakterisztika megváltozik. Ez különösen kellemetlen zavarokat okoz olyan irányított antennáknál, melyek egy, esetleg több azonos vivőfrekvencián működő állomás felé védelmet biztosítanak. A sugárzási karakterisztika teljesen megváltozik, ha az egyik adó megáll, és az eddig táplált antenna parazitikus sugárzóvá válik. Ezért nem tartom a külön tápvezetékű rendszert közép- és hosszúhullámú adók részére alkalmasnak.

Rövidhullámú adóknál más a helyzet. A táphíd elmaradása a gyors áthangolhatóságot érintetlenül hagyja. Az adók és antennák közötti kisebb mérvű fáziseltérés vagy teljesítményeltérés kisebb változásokat okoz az adók eredő sugárzásában. Itt azonban meg kell említenünk azt a jelenséget, mely rövidhullámú nagytávolságú sugárzásoknál ismert. Ez a jelenség a hullámterjedés nagykörös terjedéstől való eltérése, melyet az ionoszféra okoz. Ilyen körülmények között az eredetileg geometriailag kitűzött karakterisztikához nem lenne célszerű mereven ragaszkodni. A külön tápvonalas rendszer rövidhullámú alkalmazásban még más előnyt is tartalmaz. A sugárzás folytonossága nemcsak adó leállás esetén van biztosítva, hanem az egyik tápvonal vagy antennarendszer meghibásodása esetére is. Meggondolandó még, hogy közös tápvonal esetén az igen nagy teljesítmény mind az antenna, mind a tápvonal megfelelő biztonságú elektromos méretezése tekintetében sok kivitelezési nehézséget eredményezhet.

A külön tápvonalú rendszerrel a két vagy több párhuzamosan kapcsolt adó antennái két fő elrendezésben készíthetők. Az egyiknél minden adóhoz egymástól elkülönített antenna tartozik, a másikonál egy antennát több pontról táplálunk.

Meg kell említenünk rövidhullámú adóknál egy újabban használt külön tápvonalas párhuzamos üzemű rendszert. Lényege, hogy az adók nagyfrekvenciás fázisa nincs egymáshoz szabályozva. A párhuzamosan kapcsolt adókat közös oszcillátor vezérli, vagy minden adót saját oszcillátor vezérel. Az utóbbi változat egymástól távolabbi adóállomásokon levő adók párhuzamos járatását, vagy ahogyan ezt az üzemmódot nevezik, *szinkronizált üzemet* is lehetővé teszi. Az eddigi kísérletek eredményeképpen a CCIR legutóbb ajánlást adott (Varsó 1956 Roc. No. 205) közös oszcillátorral vezérelt két szinkronizált rövidhullámú adó korlátozott mértékű használhatóságára.

A szinkronizált rendszer természetesen távolság megkötés nélkül alkalmazható, ha az irányított antennák különböző vételrészletek felé sugároznak.

Szólnom kell még a párhuzamosan kapcsolt adók számáról. Külön tápvezetékű rendszerrel — rövidhullámú adók esetében — a párhuzamosan kapcsolt adók számának növelése technikai nehézséget nem okoz, különösen, ha fázisellenőrzés nélkül dolgoznak az adók. Az adók számának növelése fokozza nemcsak a kisugárzott teljesítményt, hanem az üzembiztonságot is. Ezen felül az adók közötti fáziseltérésből eredő sugárzási karakterisztika ingadozása is kisebb mértékű lesz, mint két adó esetén.

Közös tápvonalú rendszerrel több mint két adó párhuzamos járatásakor a táphíd komplikáltabbá válik, és valamelyik adó meghibásodásakor a gyors átkapcsolás túl bonyolult lenne, tehát az üzembiztonságot rontaná. Ezért nagyteljesítményű adóknál nem célszerű kettőnél több adó párhuzamos üzemeltetése.



### 3. A gyakorlati megvalósítás lényegesebb kérdései

A párhuzamos üzem gyakorlati kivitelezéséhez több olyan mérő- és ellenőrző berendezés, továbbá egyéb egység szükséges, melyeket az egyes üzemi adóberendezéseknél nem kell alkalmazni. Az alábbiakban ezekről kívánok röviden említést tenni.

#### 3.1 Fázistoló berendezések

Két vagy több párhuzamosan kapcsolt adóberendezés közös tápvonalú rendszerben csak akkor működik kifogástalanul, ha az egyes adók egymáshoz képesti fáziseltérése  $0^\circ$ , vagy ahhoz igen közel áll. A külön tápvonalú rendszernél is — kivéve a szinkronizált rendszert — szükséges a fázishelyes működés biztosítása. A párhuzamosan kapcsolt adók üzem előtti és üzem alatti beállítására ezért a közös oszcillátor annyi állítható fázistolóval ellátott erősítő csatornán át vezérli az egyes adókat, ahány adóból van felépítve a párhuzamos üzem. Az első párhuzamos üzemű berendezéseknél a fázistolás automatikusan működött. A gyakorlati tapasztalatok azonban azt mutatták, hogy helyesen felépített adó üzem közben igen csekély fázisvándorlást végez. Ezért a fázistolót célszerű kézi állításúra kiképezni, ami kiküszöböli az automatika hibásodásából előálló üzemzavarok veszélyét.

#### 3.2 Rádiófrekvenciás fázismérés és ellenőrzés

A fázisazonosság megállapításához és beállításához rádiófrekvenciás fázismérő szükséges. Tekintve, hogy a rádiófrekvenciás fázismérők általában bonyolult áramkörökkel felépített mérőberendezések, az üzemidő alatti állandó ellenőrzést célszerű lényegesen egyszerűbb fázisdetektorra bízni. A fázisdetektor jól felhasználható arra a célra is, hogy a megengedettnél nagyobb fáziseltérés esetén kiválassza a párhuzamosan kapcsolt adók közül azt, amelyik fázisban elvándorolt, és ennek az adónak a kikapcsolását készítse elő.

#### 3.3 Hangfrekvenciás fázisösszehasonlítás, üzem alatti lehallgatás

A hangfrekvenciás fázisösszehasonlításhoz hangfrekvenciás fázismérőre van szükség. Ez legegyszerűbb megoldásában kétsugaras oszcilloszkóppal is megoldható. A hangfrekvenciás fázishelyesség üzem közben nem ellenőrizhető. Ilyen változás nem is valószínű. Az üzem alatti ellenőrzés egyszerű eszköze egy lehallgató erősítő, melyen az egyesített tápvezetékéről detektált hang kimutatja a fázis vagy egyéb hibából eredő torzítást. Torzítás esetén az adók egyenként lehallgatandók. Ha egyedi adóhiba a torzítás okozója, akkor az adók egyedi lehallgatása ezt kimutatja.

### 3.4 Automatikus lekapcsolás

Közös tápvezetékű rendszernél a megengedettnél nagyobb fázis- vagy teljesítménykülönbség — a leggyakoribb esetben az egyik adó szünetelése — esetén a hibás adót le kell kapcsolni a táphídról, mint arról a 2.1 pontban szó volt.

Az átkapcsolásnak minél rövidebb idő alatt kell megtörténnie, mert az átkapcsolási idő alatt az adók egyike nem sugároz. Az átkapcsolás alatti feszültségmentesítés célszerűen a rácsvezérlésű anódegyenirányító szabályozásával oldható meg. A 6 dB-es térerősségsökkenés 3 ~ 5 sec-ig, a műsorkimaradás 1 ~ 3 sec-ig tart.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

### ZOLTÁN OSZKÁR:

Az elmúlt évben a Beloiannisz Híradástechnikai Gyárban elkészült egy korszerű 150 kW-os középhullámú rádió nagyadó berendezés prototípusa, melynél már a paralel járatás követelményeit is figyelembe vettük.

Két 150 kW-os középhullámú adó közös tápvonalon és közös antennán történő paralel járatásához szükséges berendezések tervezése is elkészült 1958 első felében. A prototípus mérési eredményei igazolták az előadónak középhullámú adók paralel járatására tett megállapításait. Az egyik adó leállításától számítva az átkapcsolás megindulásáig — tehát a 6 dB térerősségsökkenés ideje 3—4 másodperc. Ezután következik az átkapcsolás, ami 1 mp-en belül megtörténik.

Fentieket figyelembe véve, ma már megvan a lehetőség, hogy a korszerű fejlődéssel lépést tartva a paralel járatás előnyeit hazai vonatkozásban is kihasználjuk.

### SZABÓ MIKLÓS:

A paralel járatás nemcsak új létesítmények tervezésénél, hanem régi berendezések továbbfejlesztésénél is jelentős. Ez különösen olyan, szerényebb anyagi lehetőségekkel rendelkező államoknál, mint Magyarország is, nagyfontosságú lehet. Ugyanis amennyiben az üzembiztonság javítása a teljesítményemelés követelményeivel együtt jelentkezik, párhuzamos kapcsolással ez célszerűen valósítható meg. Ebben az esetben a régi adó mellé egy modern adó kerül. Később a régebbi berendezés is kicserélhető. Ez a megoldás a beruházási összeg hosszabb időre való megoszlását is lehetővé teszi.

### SUSÁNSZKY LÁSZLÓ:

A párhuzamos kapcsolás szükségességének indokolásakor a felsorolaton túl figyelembe kell venni a gazdasági — és nem utolsósorban az üzemtechnikai — szempontokat. Így pl. közép- és hosszúhullámon kb. 250—300 kW-ra tehető az a határ, melyen túl a párhuzamos kapcsolás indokolható. Rövidhullámon ez az érték 100 kW.



Üzemtechnikai szempontból azonban már közepes teljesítményeknél is (10—15 kW) akár több, pl. 3 adóberendezés párhuzamos üzeme is indokolt lehet. Ilyenkor az adóberendezések aránylag egyszerűen automatizálhatók, és szóba jöhet a kezelés nélküli üzem is.

A tervezés számára lényeges, hogy a párhuzamosan kapcsolt nagyteljesítményű berendezéseknél az adók egyszerűbbek és így olcsóbbak lehetnek, mert a beépített tartalék-egységek elmaradhatnak.

A párhuzamos üzemben járatott berendezéseknél még egyéb, a konstrukciónál is feltétlen figyelembe veendő szempontokat adhatunk:

a) Az adóberendezések lehetőleg kevés számú és úgy méretezett hangozóelemeket tartalmazzanak, hogy azok üzem közben ennél kisebb fázisváltozást okozzanak.

b) Az egész berendezésnek a lehető legegyszerűbben kezelhetőnek kell lennie, a párhuzamos kapcsolást elősegítő, illetőleg ellenőrző műszerek szempontjából is.

c) A mérő- és indikátor berendezéseket nagyon jól kell árnyékolni. Ez vonatkozik a párhuzamosan kapcsolandó adóberendezésekre is.

d) A minőségi mutatókban lényeges változások ne következzenek be párhuzamos kapcsolásnál.



# RÖVIDHULLÁMÚ KOMMUNIKÁCIÓS VEVŐBERENDEZÉSEK \*

GYÓZÓ JÓZSEF, LÓRÁNTH IMRE és RAKSÁNYI KÁLMÁN

MECHANIKAI LABORATÓRIUM

Az előadás ismertette a rövidhullámú vételtechnika háború utáni fejlődését és a Mechanikai Laboratóriumban kidolgozott vevőberendezéseket.

A három részre tagozódott előadás első része a korszerű kommunikációs vevőberendezésekkel szemben támasztott követelményekkel foglalkozott, és ismertette, hogy a Mechanikai Laboratóriumban lefolytatott mérések szerint, milyen mértékben és milyen módon lehetett ezeket teljesíteni. Kitért néhány korszerű külföldi gyártmányú kommunikációs vevőkészülék ismertetésére is.

A második rész a rövidhullámú sávban használatos korszerű hírátviteli eljárásokról szólt. Ismertette az  $A_1$ ;  $A_{3a}$ ;  $A_{3b}$ ;  $A_4$ ;  $F_1$ ;  $F_4$  és  $F_6$  rendszerű eljárásokat. A vétel biztonságát fokozó különféle diversity eljárásokkal is foglalkozott.

A harmadik rész a Mechanikai Laboratóriumban gyártott ML-400 típusú kommunikációs vevőkészülék, a K-100 és VK-100 vevőközpont, a VK-100D kettős diversity berendezés és az EF-1A, valamint FS-3 shift adaptereket ismertette.

Az előadáshoz SZŐNYI ISTVÁN szólt hozzá.

\* Az előadás kivonata.





# TRANZISZTOROK ALKALMAZÁSA RÁDIÓVEVŐ KÉSZÜLÉKEKBEN

HIDAS GYÖRGY, KEMÉNY ÁDÁM és HÁZMAN ISTVÁN

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET

## Bevezetés

A tranzisztor teljesítményerősítő elem. Áramköri tulajdonságai legjobban váltakozó jelekre érvényes egyenértékű kapcsolásával jellemezhetők (1. ábra). Általában a közös emitteres kapcsolás a használatos, melynek — az egyenértékű kapcsolásból kiolvashatóan — rövidzárási bemenő impedanciája megadható

$$Z_{be} \cong r_b + r_e \cdot \frac{1}{1 + p C_e r_e}$$

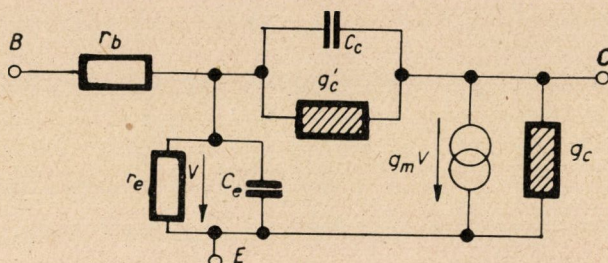
alakban, mely kisfrekvencián 1000 ohm körüli érték, kivéve a nagyáramú végerősítőket. Nagyfrekvencián  $r_b \cong 100$  ohm-ra csökken. A kimenő admittancia valós része, a visszacsatoló ág miatt, a kisfrekvenciás  $g_c = 10-100 \mu S$ -ról nagyobb frekvenciákon megnő egészen  $g_{ci} = 2 \cdot \pi \cdot f_a C_c$  értékre. Hang-erősítő tranzisztoroknál ez kb. 1 mS, nagyfrekvenciásoknál kereken 200  $\mu S$  nagyságú. A meredekséget kisfrekvencián az áramgenerátor jellemzője,  $g_m \cong \cong 40 mS$  adja a szokásos munkaponti beállításban, nagyobb frekvenciákon  $r_b$  véges értéke miatt ez csökken.

Ezek a paraméterek a munkapontnak és a környezeti hőmérsékletnek függvényei. A be-, illetve kimenő ellenállás az emitteregyenárammal közel fordítottan, a meredekség és emitterkapacitás közel egyenesen arányos. A kollektorkapacitás értéke a feszültség négyzetgyökével fordítottan arányos,  $r_b$  állandó. Az áramtól függő paraméterek a hőmérséklettel is változnak, mégpedig az áramtól való függéshez képest fordított jelleggel. Növekvő hőmérséklettel a zérus bázisáramhoz tartozó, úgynevezett induló kollektoráram növekszik. Szükséges tehát a munkapontstabilizálás, mellyel a következőkben fogunk röviden foglalkozni.

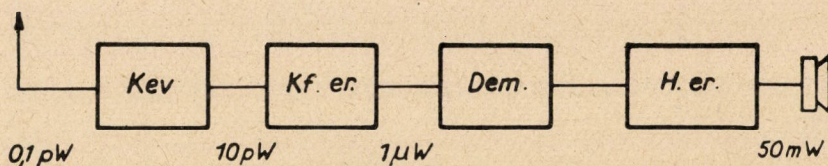
A bevezetőben ki kell még térnünk az előző megfontolásokból már következtethető jelenségre: a frekvencia növelésével az elérhető teljesítményerősítés csökken. Kisfrekvencián értéke közel állandó (kb. 50 dB),  $f_\beta = f_a/\beta_0$  frekvenciától közel 6 dB/oktáv meredekséggel esik, egységnyi értéket  $f_{max} = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{f_{a0}}{r_b C_c}}$  frekvencián ér el.

A tárgyaláshoz meg kell még adni a szupervevő egyes fokozataiban szükséges teljesítményszinteket. (2. ábra.)

A fokozatok szükséges erősítése jól definiálható. A hangerősítőnek 50 dB-t, a keverő- és középfrekvenciás erősítőnek együtt 70 dB-t kell erősítenie.



1. ábra



2. ábra

### Hangfrekvenciás erősítés

A hangfrekvenciás erősítés felosztható elő- és végerősítésre. A végerősítő fokozat általában ellenütemű B-osztályú, a jobb hatásfok végett. A nagyobb végfokozatok meghajtása középteljesítményű tranzisztort igényel, az ellenütemhez szükséges fázisfordítást rendszerint transzformátorral oldják meg. A meghajtó fokozat előtt általában előerősítő fokozat szükséges, melynek csatoló elemei között foglal helyet a hangerő- és esetleg a hangszínszabályozó. Az előerősítő fokozat csatolását az optimális illesztést adó transzformátoros csatolás helyett, RC elemekkel oldják meg. Az előerősítő teljesítményerősítése csak áramerősítéséből származik, az impedanciáttranszformációt nem lehet kihasználni.

A nem-lineáris torzítás minden fokozatban számottevő; a szinttől függő impedanciák miatt minden frekvencián jelentkezik. Kis frekvencián ehhez a transzformátorok okozta torzítás járul, nagy frekvenciákon, — nagyteljesítményű fokozatokban már kb. 3000 Hz fölött, — pedig a tranzisztor saját torzítása jelentkezik, melynek oka a szinttől függő értékű bemenő kapacitásában keresendő.



A torzítás csökkentésére a jól ismert módszer, a visszacsatolás használatos, ami ez esetben a teljesítményerősítés csökkenését okozza, tehát a kivezérléshez nagyobb teljesítményt kell biztosítani. Általában a hurokvisszacsatolás a szokásos, legfeljebb 2 fokozatra kiterjedően, a kimenő transzformátor szekunder tekercséről a meghajtó fokozat emitterére. Másik módszer a a végfokozat torzításának közvetlen csökkentése. Előfokozatoknál, a kis kivezérlésű helyeken a természetszerűleg adódó áramkivezérlés ad kis torzítást, mivel  $\Delta i_c / \Delta i_b = \beta_0$  a kivezérlési tartományban közel állandó. B-osztályú vég-erősítőkből a kollektoráram, így  $\beta_0$  értéke a vezérléssel erősen változik. Csúcsban az áramerősítés csökken, ezért ilyen esetben előnyösebb a feszültségvezérlést alkalmazni. Ezt vagy a meghajtó fokozat kimenő ellenállásának csökkentésével, vagy a végfok bemenő ellenállásának növelésével érhetjük el. Megvalósítására a negatív visszacsatolás, mégpedig az emitterkörbe való feszültség-visszacsatolás alkalmas.

A visszacsatolás szokásos maximális értéke 20 dB. Lényegesen nagyobb értékű visszacsatolás a csatolóelemek ideális megvalósításakor sem alkalmazható a tranzisztornak a csőhöz képest viszonylag kis frekvencián jelentkező fázistolása miatt. Végeredményben is a nagyfrekvenciás torzítás nem csökken kielégítő módon.

A hangszínszabályozás a megszokott módokon történik. Az extrém zárások között működő H-tag hangszínszabályozó (legyező) használatakor a kis kimenő és nagy bemenő ellenállás megvalósítása erősítésvesztést jelent, úgyhogy második előerősítő fokozat válik szükségessé. Az egyszerű és az átlagos igényeket kielégíti a magas hangok levágása egyetlen soros RC taggal (tonblende) és a mély hangok emelése a negatív visszacsatolás csökkentésével. Ez a megoldás a középhangokban külön veszteséget nem okoz.

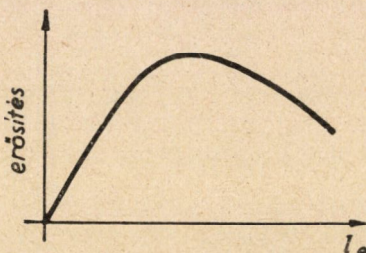
Itt kell még szólni a munkapontstabilizálásról, mely ugyan minden fokozatban szükséges, de különösen a nagyáramú végerősítőkből kényes. A tranzisztor hőfokának emelkedésével induló árama és bázisemitter diódájának árama megnövekszik. Ez utóbbi külső soros emitterellenállás használatával a minimumra szorítható. Ez az ellenállás az erősítést csökkenti, váltóáramú rövidrezárása pedig nehézséget jelent, ugyanis a kicsiny,  $1/S$  értékű\* ellenállást kell kondenzátorral áthidalni. Az induló áram változása a bázisáramot is változtatja, s ha ennek eredményeként a bázisfeszültség is megváltozik, úgy az eredmény a kollektoráram sokszoros változása lesz. A bázisfeszültség osztóról való táplálással stabilizálható. Ezen túlmenően végerősítőkből, ahol a tápfeszültség-vesztés miatt soros emitterellenállás nem használható, az osztót hőfokfüggően kell kiképezni, rendszerint az emitter és bázis között fekvő tag negatív hőfokgyűjtőjű elemmel (termisztorral, kristálydiódával) való kivitelezésével.

\* A fokozat meredekségének reciproka.

### Középfrekvenciás és demodulátorfokozatok

A hangfrekvencia előállítás, a demodulálás, kristálydiódával történik az ismert kapcsolásban, azzal az elvi különbséggel, hogy a hangerősítő meghajtásához és az erősítés szabályozáshoz teljesítményt kell szolgáltatnia. A demodulátor sok szempontból nem tökéletes. Kis energiát ( $1 \sim 0,1 \mu W$  alatt) karakterisztikájának exponenciális jellege miatt nem tud feldolgozni, csak nagy torzítással és igen rossz hatásfokkal. Nagy jeleket pedig a következő erősítőfokozat nem tud feldolgozni a túlvezérlés miatt. A kapott jel nagyságrendje, ami fölött már a jel-alak kielégítő:  $10-20 \text{ mV}$ , és  $2-300 \text{ mV}$  az, amit a következő fokozat elbír. Végül figyelembe kell venni azt, hogy — különféle kapcsolásokban más-más jelleggel, de minden esetben — a dióda szintfüggő csillapítást jelent.

A középfrekvenciás erősítő fokozatok hangolt körökkel csatlakoznak egymáshoz és a keverő-, illetve demodulátorfokozathoz. Egy fokozat erősítése,



3. ábra

$G = \frac{1}{4} \left( |S|^2 \cdot \frac{1}{G_{be}} \cdot \frac{1}{G_{ki}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{Qt}{Q_0} \right)^2$  alakban írható fel, amely képletben előforduló mennyiségek a meredekség, a be-, illetve kimenő konduktanciák, illetőleg a terhelt és az üresjárás körjóság. A képlet mind zárókörrel, mind kritikusan csatolt sávszűrővel csatolt fokozat esetén érvényes. Az első tényező értéke a 40 dB-t általában nem haladja meg. A másik tényező lényegileg a csatolási veszteséget jelenti, aminek csökkentése a körök leterhelésével lehetséges. A kis terhelt  $Q$  az átviteli görbét rontja. Felére rontott jósággal a veszteség 6 dB, harmadára rontva 3,5 dB. Ez utóbbi a leggyakrabban használt érték. Megközelítően ideális átvitel sávszűrőkkel érhető el, az egyszerűbb zárókörös megoldás csak kis készülékekben használatos. Egy kialakult, tipikusnak tekinthető erősítő 3 db sávszűrő közé helyezett két erősítőtranzisztorral működik. OC 45 típusú tranzisztorokkal és  $Q_t = 80$  körökkel megvalósított erősítő 6 Kc sávzélesség és 40 dB szelektivitás mellett kb. 55 dB-t erősít.

A kollektor és bázis közötti belső csatolás gerjedékennyé teszi az erősítőt. Ennek megszüntetésére neutralizálni kell. A belső visszacsatoló tag a szokásos középfrekvencián jó közelítéssel egy kapacitásnak fogható fel, melynek nagy-

sága közel a kollektorkapacitással egyenlő. Az ellenfázisú pontról egyetlen kapacitással történő neutralizálás a begerjedést megakadályozza.

Az erősítésszabályozásra módot nyújt az erősítés függése az emitteráramtól (3. ábra). Láthatóan a maximumra beállított tranzisztor szabályozására az áram csökkentése és növelése is alkalmas. Általában a csökkentés a szokásos, ezzel lehet elég meredek szabályozási görbét előállítani. A tranzisztor szabályozása akár a bázis-, akár az emitterfeszültség elhúzásával lehetséges. A bázisoldal kisebb teljesítményt igényel. Az áram csökkenésével együtt jár a be- és kimenő ellenállás növekedése, ami a rezgőkörök jóságának növekedését okozza. Az impedanciaváltozás ezen kívül az illesztés megromlásával jár, ami a szabályozást segíti. Záróköröknél az erős állomások vétele esetén jelentkező csökkenő terhelés a sáv szélességet károsan csökkenti. Ennek elkerülésére előterhelést alkalmaznak akár állandó, akár változó ellenállás beiktatásával. Az állandó ellenállás veszteséget jelent, a változó ellenállás (pl. kristálydióda) használata külön vezérlést igényel. Sávszűrőknél a jóság növekedését ellensúlyozza a  $kQ$  értékének növekedése. Több fokozat (középfrekvenciás és keverő, illetve előerősítő) szabályozása esetén a csöves kapcsoláshoz hasonlóan késleltetni kell, különben a maximális erősítést nem lehet kihasználni.

### Keverő kapcsolások

Keverésre több módszer kínálkozik. Összeadó keverést létrehozhatunk félvezető dióda vagy tranzisztor felhasználásával, külön jelkeltő alkalmazásával, valamint önrezgő keverő létesítésével.

A diódás keverés főbb sajátosságai: egynél kisebb keverő erősítés (keverési veszteség nagyságrendje 10 dB), ennek folyományaként magasabb zajszint, valamint a különböző frekvenciás körök közvetlen egymásrahatása. Ezen hátrányokkal szemben van a frekvenciafüggetlen működés.

Tranzisztoros keverővel elérhető erősítés kb. 10 dB-el kisebb, mint erősítő kapcsolásban. Nagyobb frekvenciákon az erősítés értéke csökken, valamint a zajtényező is növekedik, tehát egy bizonyos frekvenciahatár fölött használata nem jár előnyökkel a diódás keverőkhöz képest.

Kiseb igényű és érzékenységgű vevők építhetők még önrezgő keverővel. Ennek erősítése megegyezik a külön oszcillátoroséval, működése azonban több szempontból (az önműködő erősítés szabályozás lehetetlen, az oszcillátor beszinkronizálódhat) fogyatékosabb annál.

A rezgéskeltők kialakítását illetően az elektroncsöves kapcsolástechnikában megismert valamennyi kapcsolat szóbjöhethet; általában a legegyszerűbb, induktív visszacsatolású oszcillátor használatos. Szoros visszacsatolás esetén túlrezgés mutatkozik, ami jó eredménnyel elfojtható áthidalatlan emitter ellenállás alkalmazásával.

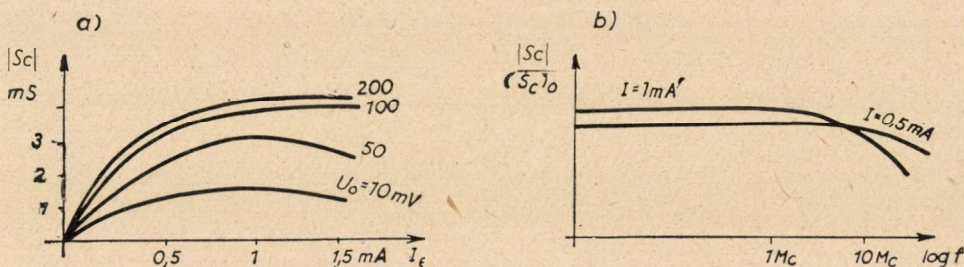


A tranzisztor teljesítményerősítése illesztett terhelés esetén:

$$G = \frac{1}{4} \cdot |S|^2 \cdot \frac{1}{G_{be}} \cdot \frac{1}{G_{ki}}.$$

A keverőerősítés képletében a keverőmeredekség van. Ennek értéke függ az emitter egyenáramtól, az oszcillációs jel amplitudójától és frekvenciájától. Az általánosan használatos OC 44 keverőtranzisztor mért meredekség értékei a 4a és 4b ábrán láthatók.

Láthatóan az optimális  $U_{oszc} = 200-300$  mV,  $J_e$  használatos értéke, a keverőmeredekségtől részben függetlenül, kicsiny ( $I_e \text{ opt} \cong 0,4$  mA) az impedanciák nagyobb értéken való tartása miatt. Ezen munkaponti beállításban elérhető az alapharmonikusra vonatkozó  $S_c = \frac{1}{3} S$  keverőmeredekség. A keverőerősítés 10–14 dB-el lesz kisebb, mint hangolt erősítőnél.



4. ábra

Az eddigi megfontolások olyan frekvencián működő keverőre érvényesek, ahol még a tranzisztor erősítése nem esik meredeken. A határfrekvencia környékén és a fölött működő keverő esetén bonyolultabb a helyzet.  $f_a = 6$  MHz határfrekvenciájú tranzisztorral 18 MHz-es rövidhullámú sávon működő keverő készíthető, a hosszabb hullámokhoz képest 3–5-szörös érzékenységszökkenéssel. Önrezgő keverő természetesen csak addig használható, amíg a tranzisztor rezgéképes.

Az antennát elvileg teljesítményt szolgáltatató eszköznek kell felfogni és a maximális teljesítményátadás biztosítására optimálisan kell illeszteni. Ez egyetlen antennához és egy frekvencián lehetséges. A vevőkészülékekben mindkét szempontból kompromisszumot kell kötni, sőt mint ezt tudjuk, a különböző antennák elhangoló hatását is figyelembe kell venni. Ez az optimálisnál általában lazább csatolást követel. Megfelelő körülmények között valamennyi ismeretes csatolási mód használható.

## Összefoglalás

Hálózati készülékekben jelenleg nincs gyakorlati értelme a tranzisztorok alkalmazásának, legfeljebb, ha a hatásfok kérdését tekintjük, jelent előnyt a fűtőteljesítmény elmaradása és a végfokozat jobb hatásfoka. Konstruktív szempontból a csöves megoldás jobb és egyszerűbb áramkörökkel valósítható meg, gazdasági szempontból nézve, egy ekvivalens minőségű tranzisztoros készülék ára kb. 2,5-szeres a csöveshez képest.

A tranzisztorok alkalmazásának nagy előnye ott mutatkozik meg, ahol el kell szakadni a hálózattól. Egyetlen olcsó, kisfeszültségű áramforrás alkalmazható, kis teljesítményű készülék működtetéséhez igen kis energia elegendő. Autórádióknál nem szükséges semmiféle átalakító, tehát a tranzisztoros megoldás kézenfekvő. Hordozható készülékeknél a telep jobban kihasználható, kisebb feszültségre süthető ki, mert a működés nem szűnik meg ugrásszerűen, mint a csöves készülékeknél, csak az erősítés csökken folyamatosan.

Az összefogyasztás csak kis töredéke a csöves készülékének. Komoly jelentősége van hálózattal nem rendelkező helyen olyan asztali tranzisztoros készüléknek, amelytől a hálózati készülékhez hasonló minőséget és teljesítményt kívánunk. Ezt csövekkel eddig nem is lehetett gazdaságosan megoldani. A laboratóriumunkban kifejlesztett készülék éppen ilyen.

Tájékoztatásul álljon itt a következő: a készülék lényegileg egyenértékű a közismert ORION AR 601 típusú készülékkel. Három hullámsáv és mint ilyen — tudomásunk szerint — első a világon. A rövid hullámsáv osztott, középhullámon ferrit antennával is működik. Érzékenységi- és szelektivitás adatai kb. megegyeznek csöves elődjével. A készülékben 10 db tranzisztort alkalmaztunk. Ebből 1—1 az oszcillátor és a keverő, 2 középfrekvenciás erősítő, 1 hangfrekvenciás elő- és szabályozójel erősítő, 1 meghajtó és  $2 \times 2$  B-osztályú teljesítmény fokozat, melyek közül egy billentyű segítségével a két nagyobb tranzisztor külön kapcsolható be. Előnye ennek a megoldásnak, hogy az átlagos szobahangerőn a 200 mW maximális teljesítményű végfokozat működik, míg azon ritkább esetekben, mikor nagy hangerő szükséges, bekapcsolható a 2,5 W-os nagy végfok, melynek teljesítménye elég nagyobb termék, összejövetelek, zene- és táncdelutánok hangosítására is. Kis végfok esetén a fogyasztás alig több, mint egy zsebrádióé. Erősítőként kristály és mágneses hangszedőhöz alkalmazható. Külön magas- és mélyhangszín szabályozóval van ellátva.

A készülék kifejlesztése során több nehézség merült fel. Ezek nagy része a tranzisztorok alaptulajdonságaiból következik. Nem küszöbölhető ki a magas hangfrekvenciákon jelentkező viszonylag nagyobb torzítás, amíg lényegesen nagyobb határfrekvenciájú teljesítménytranzisztort nem gyártanak. A kis torzítás elérése és a hangszínszabályozás skálájának javítása az erősítőfokozatok számának szaporítását kívánja meg, ezért csak magas hang vágást és mély hang emelést alkalmaztunk.

További nehézséget jelent a neutralizálás szükségessége, ami sorozatgyártásban a tranzisztorok szórása miatt nehezen irányítható. A nagy térerőségű állomások vételekor, amikor is csak a k. f. erősítő tranzisztorok erősítését tudjuk csökkenteni, a bemenetre jutó nagy jel a nem-lineáris bemenő karakterisztika miatt csúnya torzítást okoz. Ennek elkerülése végett a bázisra jutó jel maximálisan 30 mV körüli érték lehet.

A rövidebb hullámokon jelentkező érzékenységsökkenés megszüntetése, továbbá az URH sávok vétele a jelenleginél nagyobb határfrekvenciájú tranzisztorokat igényel.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

KISS ERNŐ :

Kiegészítésül ismertette az ORION Rádió és Villamossági Vállalat laboratóriumában kifejlesztett tranzisztoros rádiókészüléket. A készülék szuperheterodyn rendszerű, a középhullámú sávban működő műsoradók vételére alkalmas. Nyomatott huzalozással, részben miniatűr alkatrészekkel, telepes üzemű asztali rádió kivitelben készült. 7 tranzisztor és 1 db germánium diódát tartalmaz. A következő fokozatokból épül: keverő oszcillátor, két-fokozatú középfrekvenciás erősítő 470 kHz-en, dióda demodulátor és automatikus erősítés szabályozás, kétfokozatú hangfrekvenciás előerősítő, push-pull B-osztályú végerősítő fokozat.

Vázolta a tranzisztorok televízió- és URH-FM vételtechnikai alkalmazásának lehetőségeit, a hangfrekvenciás előerősítő és végerősítő tranzisztorok felhasználását, a tranzisztoros video-frekvenciás, középfrekvenciás és nagyfrekvenciás erősítőket, a tranzisztoros oszcillátor kapcsolásokat 50 MHz-nél nagyobb frekvenciára, tranzisztorok alkalmazását nonlineáris áramkörökben, nagyfeszültség előállítását transzverter kapcsolásokkal, szinkronizáló áramköröket, tranzisztoros blocking-oszcillátorokat, sor- és képfrekvenciás eltérítő áramköröket tranzisztorokkal. Megállapította, hogy a sorfrekvenciás vég-erősítő fokozat számára jelenleg még nincs megfelelő nagy határfrekvenciájú nagyteljesítményű tranzisztor típus, ezért elektroncsövek nélkül csak új, kis teljesítménnyel vezérelhető képcsővel lehetne megépíteni egy televízió vevőkészüléket.

SOMOGYI JÁNOS :

A hangfrekvenciás rész tárgyalásából kitűnik, hogy annak fejlesztési útját különösen gondosan járták végig az előadás szerzői. Mindenesetre helyes lett volna itt a torzításcsökkentés módjainak tárgyalásánál hangsúlyozni, hogy a tranzisztor végeredményben áramerősítő elem, és ezért a meghajtó áram állandóságára kell törekedni.

A szerzők által megszerkesztett készülék, melyet módjában állt megtekinteni, kifogástalan működésével igazolta megállapításaik helyességét.

AZ ELŐADÓ VÁLASZA :

SOMOGYI János azon megjegyzését illetően, hogy a tranzisztor nagy kivezérléseknél feszültség- vagy áramvezérlést kíván-e, érdemes lenne részletesebb eszmecsere-t folytatni. Tapasztalataink szerint a feszültségvezérlés ad kisebb torzítást.



# TELEVÍZIÓS KÉPCSÖVEK

MAGÓ KÁLMÁN

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

## A hazai képcsőgyártás jelenlegi helyzete

A televízió céljaira szolgáló képcsővek gyártása hazánkban 1955-ben a 31LK2B szovjet képcsőtípus készítésével kezdődött, de csaknem ezzel párhuzamosan újabb csőtípusokat kellett kidolgozni. Készülékgyártó iparunk ui. az exportlehetőségeket is szem előtt tartva korszerűbb, nagyobb méretű típust kívánt. Ez a kívánalom kétségkívül indokolt volt és nem szolgálhat ellenérvül, hogy még az idei lipcei tavaszi vásáron kiállított televíziókészülékek tekintélyes része is 31 cm-es képcsővekkkel volt felszerelve.

A képcsővek gyártása az Egyesült Izzó egyik gyáregységében történik. A gyártás tulajdonképpen kísérleti jellegű. Hely és ennek következtében a szükséges korszerű tömeggyártó berendezések hiánya miatt, a gyártott csövek mennyisége még két műszak igénybevételével sem elégíti ki a hazai igényeket. A tervek szerint 1959. év végén már üzemben lesz az Egyesült Izzó váci képcsőgyára, melynek kapacitása az első gépsorral két műszakban évenként 100 000 db, de további kiépítéssel ez megkétszerezhető lesz. A képcsőballonokat előállító üveggyár is előreláthatólag ott fog felépülni. A szükséges berendezések tervezése és készítése folyamatban van.

A jelenleg gyártott és az Orionban felhasznált képcsőtípusnak (43SCP4) 43 cm átlóméretű négyszögletes alakú képtányéra van. Eltérítése 70°-os mágneses, fókuszálása kifestésű villamostérrel történik. Elektronágyújának ioncsapdája van. Minősége a vizsgálatok, a tartóségetés és a felhasználás során a megfelelő külföldi csövekével azonosnak mutatkozott. Az átlagos élettartam feltétlenül eléri az 1500 órát, de vannak 3000 órát égetett csövek is, melyek még kielégítően működnek. Az élettartamot korlátozó tényező a katód és nem a világítóréteg.

A képcső, mint ismeretes, a következő 3 fő részre tagolható: az üvegballon (képtányér, kúp és nyak), a világítóréteg és az elektronágyú (és fókuszáló elektródák). Vegyük sorra ezeket, különös tekintettel a szóban forgó csőtípusra.

Az üvegballon egyelőre import áru, mely sajnos jelentős mennyiségű drága devizát von el a népgazdaságtól. Az import megfelelő üveggyár létesítésével kiküszöbölhető.

A Távközlési Kutató Intézet (TKI) és különösen az Egyesült Izzó (EIVRT) üvegyára sikeres kísérleteket végeztek a legmegfelelőbb üvegyanyag kiválasztására. A kísérletezett átlátszó nagy bárium- és alumíniumoxid tartalmú lágy üvegyanyag mind mechanikai (szilárdság) és elektromos (vezetőképesség) szempontból, mind az olvashatóság és a megmunkálhatóság szempontjából egyenértékű a legjobb külföldi üvegekkel. (Legnagyobb mikrokeményiség, jelentős  $T_{k-100}$  érték, legnagyobb hőfoktartomány a kellő viszkózitáshatárokhoz.)

Előkísérleteket végeztek a képesőballonok gyártására is. A tokodi üvegyárban kb. 100 db képtányért és kúpot sajtoltak. A szóban forgó csőtípus ballonkúpjait sajtolással vagy centrifugálással lehet előállítani. A nagyméretű, kis eltérítési szögű, mély ballonkúpok gyártásához célszerűbbnek látszott a centrifugálás, melynek alapjait az EIVRT és a TKI fektette le, de üzemi kifejlesztésére már aligha kerül sor, mert a fejlődés jelenlegi irányának megfelelő nagyobb eltérítési szögű képesővek üvegekűpjai jól sajtolhatók a képtányérok készítéséhez kidolgozott módszerrel. Fokozott erőfeszítést kell fordítani — az elvileg megoldott, de üzemileg is megvalósítandó — gépi összeforrasztás kialakítására.

A képtányér világítófelülete — elektronsugár hatására világító anyagból — az ún. fényporból felvitt réteg. A gerjesztett réteg fehér színét két különböző, sárga és kék színben világító fényporkomponens szolgáltatja. A két összetevő igen nagy tisztaságú cinkszulfid (kék) és cinkkadmiumszulfid (sárga), melyek a fényhatásfok növelése céljából ezredszázalék nagyságrendű ezüst aktivátort tartalmaznak.

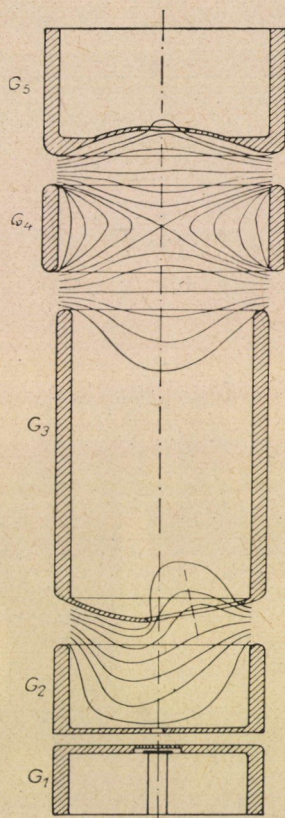
Az Egyesült Izzó és a Távközlési Kutató Intézet szakembereinek kb. 1950-ben elkezdett együttes munkája nagy jelentőségű eredményekkel járt a fényporok és a világítórétegek készítésének területén. Kevés irodalmi adatra és részben a Szovjetunióból kapott gyártási előírásokra támaszkodva olyan eljárást dolgoztak ki, hogy ma már mindkét fényporkomponens mind fényhatásfok, mind egyéb tulajdonságok szempontjából megfelel a világviszonylatban alkalmazott fényporoknak. A világítóréteg-készítésénél alkalmazott eljárás pedig több szempontból jobbnak mondható, mint az általunk ismert külföldi eljárások.

A képesővek világítórétegét világszerte az ún. ülepítéssel készítenek. Természetesen az ülepítő folyadékba adagolt különböző segédanyagok mennyisége és minősége igen nagymértékben befolyásolja a világítóréteg tulajdonságait. A magyar szakembereknek éppen ezen a területen sikerült komoly eredményeket elérni.

A világítóréteg elkészítése után következik a ballon belső falának grafitozása. Az itt jelentkező nehézségeket olyan grafitbevonat kidolgozásával küszöbölték ki, mely jól tapad, és az alkalmazott eljárás során nem okoz verő-

déket, a külföldivel ellentétben hőkezelés után viszonylag nem ad le gázokat, és a fényporok hatásfokát nem befolyásolja.

Az alkalmazott elektronágyú tetródarendszerű (1. ábra). Fókuszáló optikája (G3—4—5) az ábra szerinti elrendezésű, ahol a G4 elektróda az anódfeszültséghez viszonyítva 0 feszültségűnek tekinthető, tehát az anódfeszültség



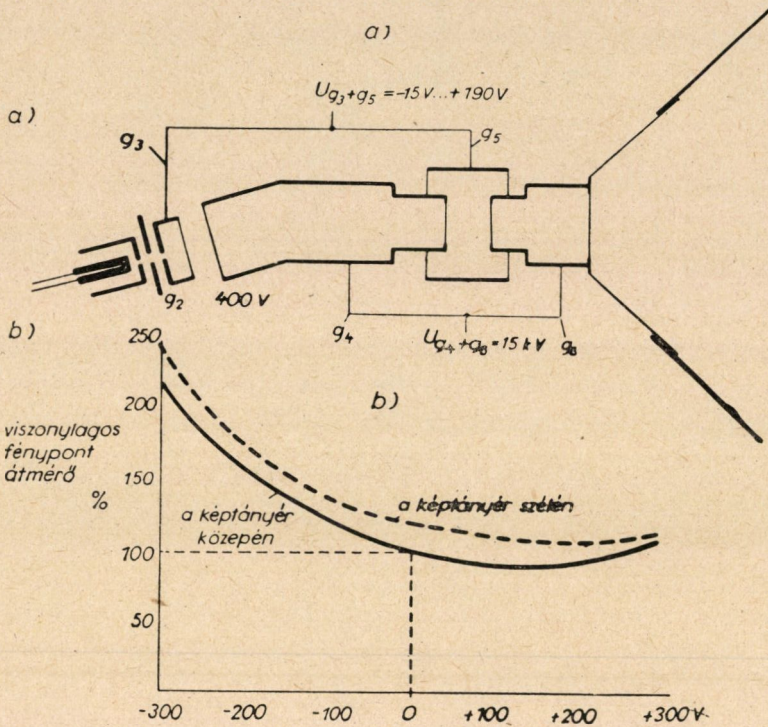
1. ábra. A 43SCP4 tip. képső elektródarendszere

ingadozásakor a fókuszálás gyakorlatilag állandó marad. Az ionsapda egymáshoz képest eltolt tengelyű elektródanyílásokkal kiképzett ferde villamostér, mely mind az elektronokat, mind az ionokat az anódhenger fala felé irányítja. (Az elektródák közötti vonalak a tér azonos feszültségű szintjeinek kialakulását jelzik.) Az elektronsugarat az elektródarendszer tengelyébe a cső nyakán elhelyezett állandó mágnes hajlítja vissza. Az elektródák antimágneses acélanyagból a szokásos sajtolási és húzási eljárással készülnek. A szerelőalakozóban összefogott elektródákat üvegpálcák tartják rögzített helyzetben.



## A várható új magyar csőtípus

Az elmúlt esztendőben Nyugat-Európában a  $90^\circ$  eltérítési szögű, elektromos fókuszálású képcsövek kerültek előtérbe. A nagy gyárak, bár egymástól eltérő szerkezeti megoldásokkal, de azonos külméretekkkel és elektromos adatokkal — szinte szabványosítva — az AW 43—80 és az AW 53—80 képcső-



2. ábra. a) Az AW 43—80 és 53—80 tip. képcsövek elektródarendszere  
b) Viszonylagos fénypontátmérő az  $U_{g_3+g_5}$  függvényében

típusokat hozták piacra. Az előbbi 43, az utóbbi 53 cm átlóméretű, négyzetes, teljesen üvegből készült cső. Mindkét típushoz ugyanazt az eltérítő egységet és feszültséget lehet használni, ami a készülékgyártók szempontjából rendkívül előnyös, mert egységes készüléktípusok kidolgozását teszi lehetővé. A csövek világítórétege alumínizált. Két gyár könyökrendszerű ioncsapdával látja el csöveit (2/a ábra), az egyik pedig a jelenlegi Tungstram típusnál ismeretett eltolt elektródanyílásokat használja, de ugyanilyen típuszámmal forgalomba hozott ioncsapda nélküli csöveket is. Az elektronágyú pentóda-

szerű, ami az  $U_{g3+5}$  változtatásával lehetővé teszi, hogy a világítópont mérete a képtányér közepén és szélén közel azonos, vagy hogy a képtányér közepén a felbontás jobb legyen (2/b ábra). Úgy látszik, hogy jelenleg majdnem kizárólag ezek a típusok kerülnek felhasználásra, ezért mint perspektivikus csőtípust, a fejlesztésnél ezt kellett figyelembe venni.

A valószínűleg még az 1958. évben megjelenő 43 cm átlóméretű 90°-os új Tungram csőtípus belső szerkezetében eltér az idegen csövektől, de a külméreték és az elektromos adatok egyezése következtében egymással helyettesíthetők lesznek. A csőtípust valószínűleg könnyökös ioncsapdával látják el, és megtartják a bevált kisátvezetésű katódszerelvényt és a fókuszáló rendszert. Az 53 cm átlóméretű, 90°-os eltérítési szögű cső prototípusa 1959 első negyedében várható.

Az EIVRT-ben a TKI közreműködésével sikerrel biztató kísérletek folynak az alumínizálásnál keletkező selejt csökkentésére. Remélhetőleg sikerülni fog az üzemi gyártás lehetőségét biztosító helyes eljárást időre kidolgozni, mert szükséges, hogy az új magyar 90°-os csőtípus ebből a szempontból is megegyezék a külföldi típusokkal. Helyes lenne a cső nyakán tengelyirányú jelzést alkalmazni az ioncsapdamágnés elhelyezésének könnyítésére.

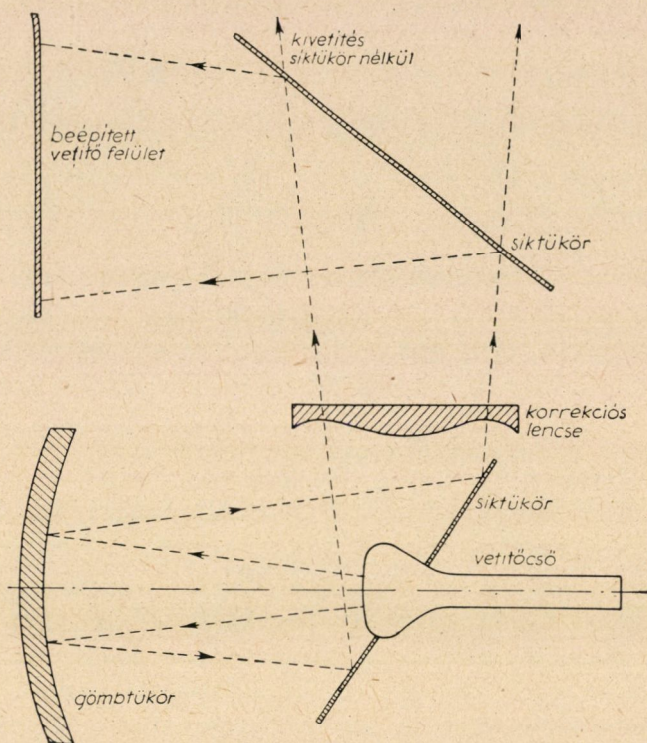
### A vetítős televízió

A televízióval foglalkozó magyar szakkörökben az elmúlt 1 év alatt műszaki és kereskedelmi szempontból is sokat vitatott kérdés volt, hogy van-e jövője a vetítős rendszerű televízió vevőkészüléknek. A vita ma sem dőlt el.

Az utóbbi két év folyamán európai gyárak (kelet- és nyugatnémet, szovjet, angol és olasz) jelentkeztek ismét vetítős készülékekkel, de ezúttal az eddigi — a készülékbe beszerelt — hátulról átvilágított vetítőfelületek helyett előlről megvilágított, 1 m<sup>2</sup>-nél nagyobb különálló vetítőfelületeket alkalmaznak. Ezek a berendezések a keletnémet és szovjet megoldások kivételével, drága luxus készülékek, melyek csak kevesek számára hozzáférhetőek. A keletnémet, szovjet és az Orion-labóratóriumban már majdnem teljesen kidolgozott vetítős készülék kisméretű, inkább műszerre vagy mozigépre emlékeztető kivitelben készült. A nagyobb kép előnye mellett természetesen mindegyiknek megvan az a hátránya, hogy használata „móziszerűbb”, azaz a környezeti világítást csökkenteni, vagy irányítani kell. A szükséges 25 kV előállítására ma már megoldható a sorvisszafutásból. A feszültségkétszerezéshez egy további egyenirányítócső, valamint a nagyfeszültség stabilizálására szabályozócső szükséges. (A lipcsei vásáron bemutatott „Stern Radio” cég vetítős készüléke összesen 12 csövet és 4 germániumdiódát tartalmaz.) Az ún. módosított Schmiedt-optikához különleges üveganyagot nem igénylő, csak egyik oldalán csiszolt gömbtükör kell, valamint egy, a közepén lyukkal ellátott síktükör és egy mű-



anyagból sajtolt korrekciós lencse (3. ábra). Az egészet természetesen állítószervekkel ellátott mechanikai szerkezet tartja össze, ami talán az egésznek a legdrágább részét képezi.



3. ábra. A vetítős rendszer vázlatos elrendezése

A vetítős képcső ára lényegesen kisebb lehet, mint a 43 cm átlóméretű csőé, élettartama pedig azzal kb. azonos. Természetesen kell még a vetítőfelület, ami szakértők szerint szintén műanyagból sajtolható. Tulajdonképpen a vetítős televízió kulcskérdése a jó hatásfokú 5–8-szoros nyereséget nyújtó, irányító hatású vetítőfelület kidolgozása, valamint ennek és az optikának olcsó előállítás.

A TKI kidolgozta egy világszerte használatos 6 cm átmérőjű vetítő képcsőtípus hazai prototípusát és laboratóriumi gyártási módszerét. Ennek felhasználásával mintegy 100 cső készült el. A cső triódarendszerű, ioncsapda nélkül, alumínizált világítórétteggyel. Az eltérítési szög  $38^\circ$ . Az eltérítés és fókusztávolság mágneses. A szokásos képcsővekétől eltérő 25 kV anódfeszültsége miatt a cső gondosabb kivitel kíván. A szokásos szulfid fényporok fényessége nagy



áramsűrűségnél hamar telítést mutat, ezért a laboratórium e célra két új fényporösszetevőt és gyártási módszert dolgozott ki. A kék összetevő titánnal aktivált kalcium-magnézium szilikát, a sárga pedig mangánnal aktivált cinkberyllium szilikát. Az alumíniumréteg vastagsága kb. 3—5000 Å.

Különleges igények mutatkoznak a képtányér üvegyanyagával és kivitelével kapcsolatban. A képtányér része az optikai rendszernek, ezért a külső és a belső görbületi sugarak toleranciái, valamint az üveghibák nagyon fontosak.

A képtányért bombázó nagysebességű elektronsugár és az ott keletkező lágy röntgensugárzás hatására a szokásos üvegek üzem közben gyorsan elbarcolnak. Ennek kiküszöbölésére különleges cériumtartalmú üvegösszetételt kellett alkalmazni. A tartóségetések során barnulás nem mutatkozott.

A nagy anódfeszültség ellenére a cső nem igényel a szokásosnál nagyobb eltérítő teljesítményt, mert az eltérítési szög kicsi és a csőnyak átmérője kisebb.

#### Az eltérítési szög növekedése; a 110°-os képcsővek

A jelen és a jövő határán van a 110° eltérítési szögű képcső. A képfelület növelése mellett, mindig törekedtek a készülék méreteinek csökkentésére, ami elsősorban — a legnagyobb méretű alkatrész — a képcső méreteinek és alakjának függvénye. A villamostérrel történő fókuszálás és az eltérítő tekercsek hatásfokának növelése mellett a cső hosszának csökkentését legjobban az eltérítési szög növelésével lehetett elérni. Az összhosszon kívül természetesen nagyon fontos még az üvegtér foglalkozása is.

Az 53, 60, 70 és a jelenlegi 90°-os eltérítési szög után, a 120°-os eltérítéssel kezdtek kísérletezni, de azt egyelőre nem sikerült megvalósítani. Az Egyesült Államokban 110°-os, nagyrészt ioncsapda nélküli típusok kerültek forgalomba. Ezek 300 mA-es fűtésű változatát Európában is hirdetik. Úgy látszik, hogy ez a maximális eltérítési szög, amit a klasszikus kivitelű csöveknél jelenleg gyakorlatilag meg lehet oldani.

Európai szakértők latolgatják a 100°-os csövek gyártásának ésszerűségét, de állítólag a nyugati gyárakban már készen állnak a 110°-os prototípusok. (Időközben megjelent a piacon.) Az amerikai iparon belül is voltak éles véleménykülönbségek, de végül a cső-, alkatrész- és készülékgyárak megegyeztek a szükséges változtatások végrehajtásában. A 110°-os képcsővön az eddigi szabványos nyakátmérőt 28,575 mm-re csökkentették. A csőnyak és a kúp közötti átmeneti rész alakját és falvastagságát kis túréssal be kell tartani, hogy az eltérítőtekercs erre pontosan felfeküdjék. Ezzel megváltozik az eddigi ballonkúpforma, mert hegyesedő részén csőszerűen végződik, és a nyakrészt ehhez forrasztják. Az említett változtatások és járulékos módosítások az eltérítőegység kivitelében és kapcsolásában lehetővé tették, hogy a 90°-os eltérítéshez

szükséges teljesítményt csak 10%-kal kellett növelni. A megnövekedett pártorzitás csökkentésére meg kellett alkudni a képtányér görbületi sugarának csökkentésével, ami kissé visszatérés a múlthoz.

Az elektródák mérete és a közöttük levő távolságok csökkenése együtt jár a kúszóáramok, az átütési veszély és a hidegemisszió lehetőségének növekedésével. Itt hasznosítani lehet a vetítő képcsővek kidolgozásánál szerzett tapasztalatokat.

A 110°-os eltérítésű képcső megjelenési alakja kétségtávol vonzó a készülékgyártás szempontjából, de kérdés, hogy a cső hosszának további csökkentéséért nem túl nagy ár-e az ezzel járó hátrányok és nehézségek vállalása. Természetesen végső fokon még sok egyéb szempont fogja befolyásolni a 110°-os csőtípus Európában való elterjedését, amire nagy a valószínűség.

A csőgyártás oldaláról nézve a laposabb kúp könnyebben sajtolható, viszont az alumínium egyenletes elpárolgotatása és a világítóréteg készítése valószínűleg nehezebb.

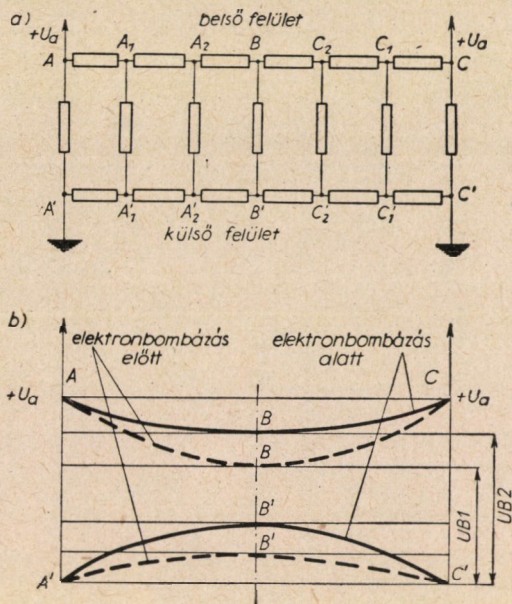
A magam részéről jó megoldásnak látnám a 90°-os ballonoknak a 110°-os típus ágyújával való összeházasítását, ami valamivel csökkentené a cső összhosszát, a 110°-os cső főleg elvi hátrányai nélkül, kisebb eltérítő teljesítmény felhasználásával, mint a 90°-oshoz eddig szükséges volt. Természetesen nekünk az európai piachoz kell alkalmazkodnunk, ahol számolnunk kell a 110°-os cső térhódításával.

### A képcsővek finom sajátságainak vizsgálata

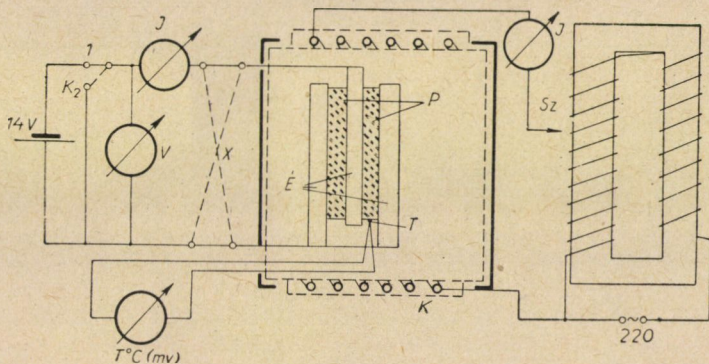
A képcsővek finom sajátságainak vizsgálatára térve, elsősorban az üveggel kapcsolatos eredményeket kell megemlíteni. Különböző zavaró jelenségek, úgymint a felbontóképesség csökkenése, képtorzulások, fényességcsökkenés stb. okait kutatva megállapítható volt, hogy aluminizálatlan színüveg, földelt katódú kapcsolásban működtetett csövek esetében a képtányérüveg vezetőképességének fontos jelentősége van (4. ábra).

Az üzemszerű vizsgálatokkal még kielégítőnek talált üvegyanyagok vezetőképességét több módszerrel megmérve, az eredményeket egyeztetni lehetett az azonos üvegeken elvégzett  $T_{k-100}$  mérések eredményeivel. Az összehasonlítások összefüggést mutattak, tehát az e célra kifejlesztett mérőberendezés — mellyel azt mérik, hogy az üveg milyen hőmérsékleten éri el a 100 MOhm cm fajlagos ellenállásértéket — alkalmazhatóvá vált a már említett megfelelő üveg kidolgozásában (5. ábra).

A képtányér optikai tulajdonságai nagymértékben befolyásolják a kép minőségét. Vizsgálatok folytak külföldi mintacsöveken, a képtányérok fényátengedésének, a külső és belső felületek reflexiójának és struktúrájának megállapítására. A fényátengedésvizsgálatok a fénypontot utánzó diffúz fényforrás-



4. ábra. Feszültségeloszlás az alumínizálatlan képtányéron:  
 a) helyettesítő kapcsolás;  $A'$  és  $C'$  megfogási pontok,  
 b) feszültségeloszlás a képtányér belső és külső felületén



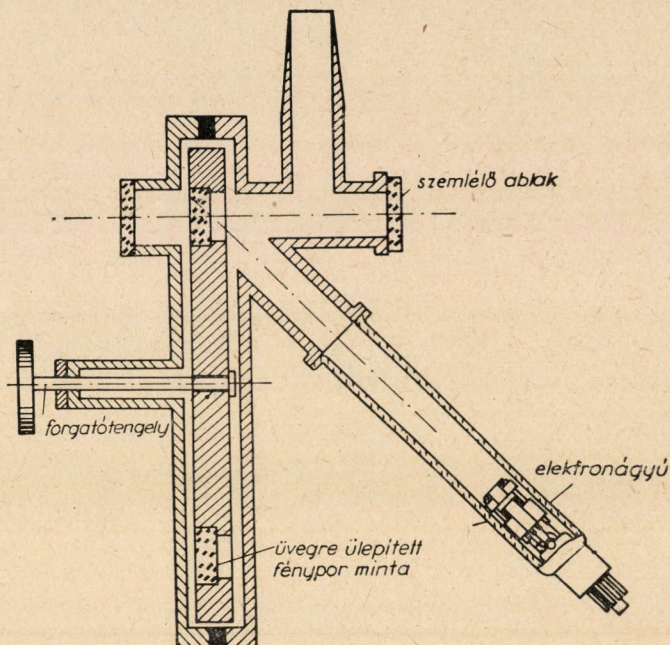
5. ábra.  $T_{k-100}$  mérés kapcsolási vázlata  
 P: próbatest, É: érintkezők, T: thermoelem, K: kályha, Sz: fűtésszabályozó

sal és spektrométerrel történtek. Az üvegyanyagok általában szürkés-kékek, fénytengedésük 4500–6500 Å között általában 70% körüli, míg 4500 Å alatt emelkedik. A reflexiómérések körülményei közelítően megfeleltek a merőlegesen beeső sugárzásának. A domború és homorú felületekből eredő hibák csökkentésére a visszavert sugárzás mérése 0,44 mm átmérőjű területről



történt. Az eredmények azt mutatták, hogy a belső homorú rész általában diffúz, a külső domború rész pedig csiszolt, fényesített felület. Egyes típusok képtányérjának külső felületén reflexiócsökkentő bevonatot alkalmaztak.

A fényporok fejlesztésével kapcsolatban több sajátoságot kellett vizsgálni, melyekhez a magyar szakemberek újabb berendezéseket terveztek és valósítottak meg. A fényporvizsgálatokat nagyon meggyorsította a cserélhetőréteges, szétszedhető katódsugárcső, melybe a különböző fényporminták forgatható tárcsán helyezhetők el (6. ábra). A cinkszulfidos anyagok hatás-



6. ábra. Cserélhető réteges katódsugárcső fényporminták vizsgálatára

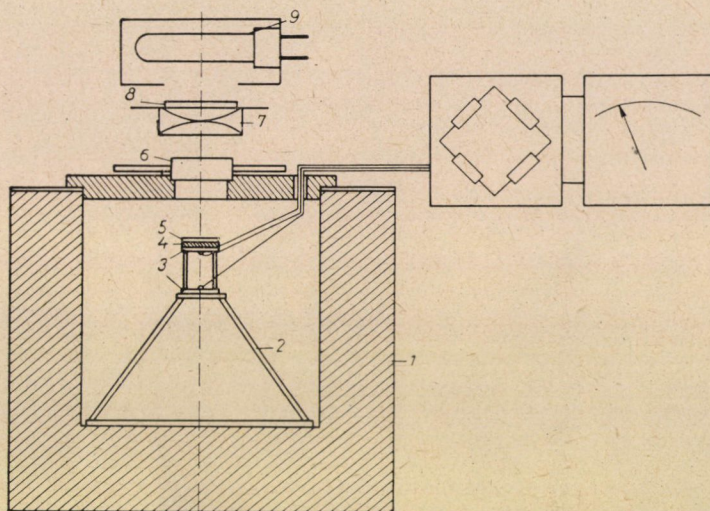
fokának meghatározására kaloriméteres módszereket dolgoztak ki. A javított thermistoros mikrokaloriméter (7. ábra) a jobb stabilitás mellett csökkentette a mérések időtartamát is. A mért értékek az irodalmi adatokkal meg-egyezést mutattak.

A világítórétegek jó hatásfoka, megfelelő színe, a szín egyenletessége és a megfelelő felbontóképesség érdekében szükséges, hogy a fényporok szemcsemérete és méret szerinti eloszlása megfelelő legyen. A készített fényporok minősítésére a szemcsenagyság meghatározáshoz alkalmas ülepítési eljárást és mikroszkópos vizsgálati módszert kellett kidolgozni. A tapasztalatok szerint az átlagos súlyú szemcséhez tartozó átmérő tekinthető megfelelő jellemzőnek. Ezt külföldi fényporoknál 8–11,5 mikron értékűnek találták, ami hazai



gyártmányoknál is elérhető volt. Az ismételt mérések eredményei  $\pm 5\%$  körül különböznek egymástól.

A képcsövek gerjesztett világítórétegének színe sok tényezőtől függ. Jelentős a képtányér üvegyanaga, a fénypor összetevők anyaga, gyártási módja, keverési aránya, szemcsenagysága, a szemcsenagyság eloszlása, az ülepített réteg vastagsága és egyenletessége, a gerjesztőáram és a gyorsítófeszültség nagysága. A rétegvastagság függvénye az adott gerjesztés melletti felületi fényesség is. Az optimális rétegvastagság kb. a jelenlegi szemcsenagyság eloszlás mellett  $2-4 \text{ mg/cm}^2$ .

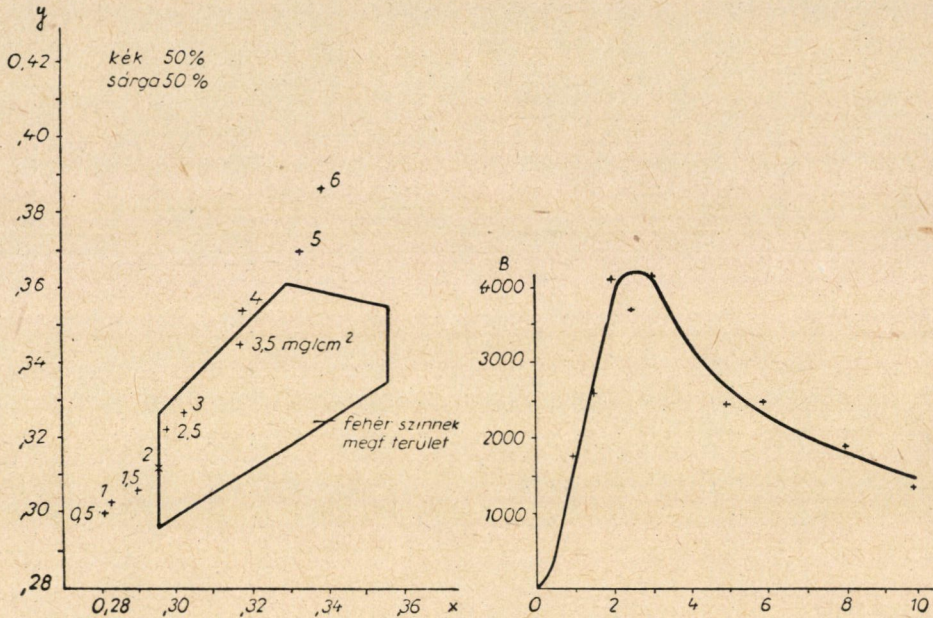


7. ábra. Fényporok hatásfokának vizsgálatára szolgáló mikrokaloriméter vázlatos elrendezése  
1 termosztát, 2 hőszigetelő, 3 thermistor, 4 kormozott tányér, 5 fényporminta,  
6 kvarc abszorpciós kamra, 7 kondenzor, 8 szűrő, 9 higanylámpa

A képcsőgyárak elektrongerjesztésre fehér színt adó világítórétegeket igyekeznek előállítani. Külföldi csövek vizsgálatai azt mutatták, hogy zömükben megfelelnek a színháromszög fehér területét a JETEC által polygonnal meghatározó előírásnak, de elég sok cső szinkordinátái a kék vagy sárga felé eltolódnak. A Tungstram-képcsövek szinkordinátái a kék felé vannak eltolva, ami izzólámpából eredő sárgás-vörös környezeti megvilágításnál előnyös. A 8. ábra az  $x-y$  szinkordináta-rendszerben elhelyezkedő JETEC polygont és a különböző rétegvastagságnál felvett mérési eredményeket, valamint a felületi fényességet mutatja a rétegvastagság függvényében. A szinkordináták meghatározása a laboratóriumi vizsgálatoknál spektrométerrel és elektronsokszorozóval történik.



Laboratóriumunk folyamatosan vizsgálja az idegen és hazai gyártású képcsöveket az elektromos működéssel kapcsolatos minőségi szempontokból is. Ezeknél a vizsgálatoknál mérik az eltérítetlen fókuszált fénypontnak a képtányér geometriai közepétől való távolságát. Vizsgálják a fénypont alakját és méreteit a képtányér közepén és szélén, fókuszálva és eltérítve, valamint a sugáráram és az anódfeszültség változásának függvényében. Vizsgálják az ionsapdák beállíthatóságát, feszültségváltozás iránti érzékenységét üzemi és kikapcsolási viszonyok mellett. Ide tartozik még a felületi fényesség és



8. ábra. A szín és a felületi fényesség függése a világítóréteg vastagságától

kontraszt vizsgálata is. A korszerű képcsövek általában kielégítik a követelményeket, függetlenül attól, hogy milyen elektróda-, ionsapda- és fókuszáló-rendszert használnak. Az egyes típusok között mérhető különbségek majdnem belül maradnak az azonos típusok szórási határain. A Tungstram-képcsövek nem maradnak el a hasonló típusú külföldi csövek mögött, sőt az a tapasztalat, hogy a külföldi gyárak műszaki ellenőrzése lazább, mint a miénk, gyakrabban találhatók kis felületi fényességű, szórt emissziós vagy gázos képcsövek. Az alumínizált világítóréteges képcsövek kontraszt szempontból természetesen kedvezőbbek.

A villamostérrel fókuszáló csövek nyilvánvaló előnyeiknél fogva csaknem kiszorították a mágneses megoldást, mely mint a vizsgálatok mutatják, csak elvileg jobb, de a korszerű csövek elektronágyú — a villogási határon alul



levő felületi fényességnél — úgyis jobb felbontóképességgel rendelkeznek, mint ami a 625 soros rendszerhez szükséges. Sőt megfontolandónak tartanám olyan elektródarendszer kifejlesztését, mely nem kör, hanem olyan ellipszis keresztmetszetű fénypontot adna, melynek nagy tengelye függőleges. Így a vízszintes felbontás romlása nélkül a sorszerkezet eltüntethető lenne. A világitópont alakjának és méretének vizsgálata impulzusvezérlés mellett mikroszkóppal történik.

Az említett vizsgálatok a csőfejlesztéssel kapcsolatosak és laboratóriumi jellegűek. A gyártásban és a végső ellenőrzésnél természetesen az egyes típusokra érvényben levő mérési előírások szerint még számos más vizsgálatot és mérést végeznek a külalaktól kezdve az élettartamhatárok megállapításáig.

### A távolabbi jövő képcsővei

A távolabbi jövő képcsőveire vonatkozóan nincs határozott perspektíva. A lapos és színes képcsővek számos változatát fejlesztik már évek óta, anélkül, hogy gyakorlati felhasználásukra belátható időn belül számítani lehetne. Természetesen meglepetések mindig lehetségesek.

A klasszikus módon elektronsugár gerjesztést alkalmazó ún. lapos képcsőveknek véleményem szerint — különösen a  $110^\circ$ -os eltérítési szögű csővek megjelenése után — nincs különösebb előnyük fekete—fehér televíziós alkalmazásban. Helyfoglalásuk mélységben csaknem annyi, mint a  $110^\circ$ -os cső ballonjáié, kivéve természetesen a cső nyakát; felületük viszont nagyobb a kihasználható képfelületnél. Évek óta él az igazán lapos képcső, a „kép a falon” gondolata. 1954 és 58 között ezzel kapcsolatban több közlemény jelent meg anélkül, hogy a gyakorlati felhasználás lehetősége tisztázódott volna. Működése az elektrolumineszcencia elvén alapszik. Sík üvegre vízszintesen, átlátszó vezetősávokat helyeznek el. Ezt lumineszkáló réteg takarja, amelyre az előbbivel merőlegesen másik vezetősávokból álló rendszert helyeznek el. Ha két egymást keresztező vezetőre váltófeszültséget kapcsolnak, akkor a keresztezés helyén a lumineszkáló réteg világít. A vezetőket valamilyen elektronikus módon kapcsolgatni kell. A gyakorlati megvalósítást valószínűleg főleg ez akadályozza.

Mint különlegességet meg lehetne említeni a Wamoscope csövet, mely 10 cm körüli hullámhosszon működő haladóhullámú erősítőcső és katódsugár-cső kombinációja. Az antennát közvetlenül a csőre kapcsolva erősít, egyenirányít, és a kép a képtányéron látható. A deciméterhullámú oszcilloszkópból kifejlesztett csövet a hírek szerint 43 cm-es,  $90^\circ$ -os kivitelen is elkészítették.

A színes televízió fejlődése Amerikában is sokkal lassabb ütemű, mint az várható lett volna. Ennek oka valószínűleg az, hogy a jelenleg felhasznált színes képcső a gyártási és beállítási nehézségek mellett, nem is ad teljesen kielégítő felbontású képet. A színes képcső fejlesztése nem tekinthető lezártnak.

A kérdés megoldásával több nagy csőgyár laboratóriuma foglalkozik, de az előző időkben bejelentett új típusokkal egyelőre visszavonultak. A magunk részéről jelenleg nem látjuk célszerűnek konkrét színes képcsőtípus kidolgozásával foglalkozni, de szeretnénk módot találni arra, hogy a fejlődést figyelemmel kísérve, a megfelelő időpontban be tudjunk kapcsolódni. Annak tudatában, hogy színes fényporok minden megoldáshoz szükségesek, laboratóriumunk foglalkozik ilyenek kidolgozásával, és kísérletképpen készítették is néhány piros, zöld és kék fényt adó világítóréteggel ellátott vetítős képcsövet.

## H O Z Z Á S Z Ó L Á S O K

RÉDL ENDRE:

Véleménye szerint a készülégyártó vállalatoknak, tekintetbe véve a népgazdasági szempontokat, átmeneti időre le kellene mondaniuk bizonyos szigorú követelményekről az ernyő hibamentességére vonatkozóan, hiszen a többi népi demokratikus országok példája is erre int. Természetesen a követelmények perspektivikus fenntartása helyes.

PAPP GYULA :

A 43 cm átlóméretű 90°-os képcső ioncsapdás kivitelű marad, de a 43SCP4-től eltérő ioncsapdarendszerrel. Az ioncsapda ugyan kezd eltűnni, a 110°-os csöveknél már, úgy látszik, végleg elhagyták. Mi azonban csak nagyobb gyártási tapasztalat után határozhatjuk el az ioncsapda elhagyását. A Telefunken az AW 43-20 típusnál elhagyta az ioncsapdát, azonban az AW 43-80 típusnál újra visszatért rá. Ez mutatja, hogy e téren még bizonytalanság uralkodik.

MAJOR JÁNOS :

Az Orion Service-ben alkalmunk nyílt összehasonlítani az AT 501 készülékekbe vegyesen beszerelt hazai és külföldi képcsővek hibaszázalékát. Ez az összehasonlítás igen előnyös eredménnyel járt a Tungram képcsővek javára, amennyiben bizonyos időszak alatt 54 db külföldi képcső cseréjére került sor, míg ugyanannyi idő alatt mindössze 1 db Tungram képcsövet cseréltünk ki. A külföldi képcsővek viszonylag gyakran kapnak zárlatot a katód és a Wehnelt-henger között. A Tungram gyártmányú 43SCP4 képcsőnél — a más elektródakonstrukció miatt — ez a hiba nem mutatkozik.

KOMPORDAY AURÉL :

A KGM Híradástechnikai Igazgatóság felülvizsgálva a televízió képcsővek import helyzetét, az Egyesült Izzó részére már 1958-ban nagyobb beruházási összeget bocsátott rendelkezésre a váci televízió képcsőgyártás szerelő üzemeinek fejlesztésére. Az üvegballon gyártás fejlesztése kisebb mértékű lesz.



# MÉRÉSI ELJÁRÁSOK A TELEVÍZIÓ VÉTELTECHNIKÁBAN

MAJOR JÁNOS  
ORION RÁDIÓGYÁR

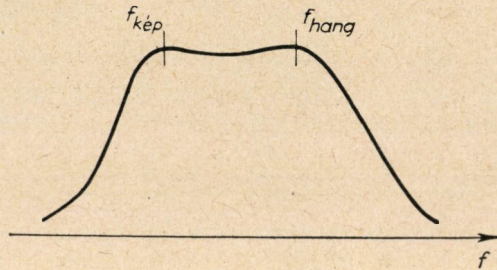
Az előadás célja, hogy ismertessen néhány különleges mérési problémát és azok megoldását, amelyek a televízió vevőkészülékek hazai gyártásával kapcsolatban felmerültek.

## Középfrekvenciás erősítő hangolása

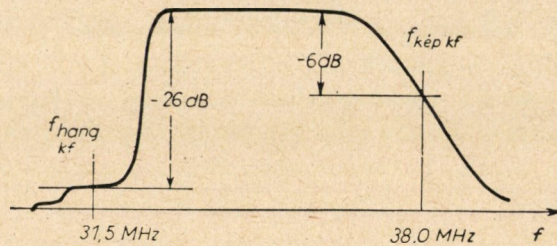
A középfrekvenciás erősítő lépcsős hangolású nagyfrekvenciás fokozatokból áll. E fokozatok anódkörében a kívánt átviteli sáv egyes frekvenciáira hangolt rezgőkörök vannak. A sáv szélén elhelyezkedő körök nagy, a középben elhelyezkedőek kicsiny jósági tényezővel rendelkeznek. Az ilyen módon hangolt öt középfrekvenciás fokozat eredő átviteli görbéje a teljes sáv egyenletes átvitelét biztosítja. Nekünk azonban célunk az is, hogy egyes frekvenciákon erősítéscsökkenést érzünk el. Ezt az egyes áramkörökkel csatolásba hozott, megfelelő frekvenciára hangolt szívókörök segítségével érzük el.

A középfrekvenciás erősítő hangolásánál voltaképpen tíz rezgőkört kell a megfelelő frekvenciára beállítani. Ezt megtehetjük oly módon, hogy szignálgenerátor segítségével nagyfrekvenciás jelet adunk a középfrekvenciás erősítő bemenő kapcsaira, és az egyes rezgőköröket maximumra, a szívóköröket pedig a megfelelő frekvenciákon minimumra hangoljuk. A többi kör hatása zavarja az éles hangolást, ezért az egyes körök hangolásánál a többi kört annyira kell csillapítani külön ellenállás segítségével, hogy az illető fokozatok erősítése az egységgel legyen egyenlő. Ekkor az egyetlen, nem csillapított rezgőkört vagy szívókört kényelmesen behangolhatjuk. Az indikálást a középfrekvenciás erősítőt követő demodulátoron végezzük. Ez a módszer kétségkívül pontos eredményt ad, és a készülékek hangolásánál valóban alkalmazunk is hasonló eljárást. A módszer hátránya azonban, hogy rendkívül hosszadalmas és nagy figyelmet kíván, bár elvégzéséhez különösebb szaktudásra nincsen szükség. Megkönnyíti a módszer alkalmazását, ha a hangoláshoz külön e célra készült tízfrekvenciás kvarcgenerátort alkalmazunk, mely a kívánt frekvenciát gombnyomásra szolgáltatja.

Az átviteli görbét pontosan csak a görbe előállításának vizuális módszerével tudjuk előállítani. A módszer lényege a következő: Olyan nagyfrekvenciás generátort kell alkalmazni, amelynek frekvenciája az idő függvényében változik úgy, hogy a folyamatos frekvenciaváltozás átfogja az egész megkövetelt átviteli sávot. Ezt elvileg könnyű megvalósítani a generátor frekvenciáját meghatározó oszcillátorkör valamelyik elemének periódusos megváltoztatásával. A gyakorlatban a probléma nem ilyen egyszerű, mert az alapprofreciához képest jelentős löketet (kb. 10MHz) kell elérni, amit a frekvenciamodulációnál általában alkalmazott reaktanciacsővel nem tudnak megvalósítani.



1. ábra. Nagyfrekvenciás fokozat átviteli görbéje



2. ábra. Középfrekvenciás fokozat átviteli görbéje

Általában mechanikai frekvenciaváltoztatást alkalmaznak, azaz az oszcillátor rezgőkörének önindukcióját vagy kapacitását mechanikusan lengetik. Az így működő generátort sweepgenerátornak, vagy wobblátornak nevezzük.

A wobblátorban a frekvenciaváltoztatást általában a hálózati 50 periódusú feszültséggel végezzük. Az egyik, jól bevált kivitelnél e feszültség hangszórórendszer lengőtekerését mozgatja, amelyre a rezgőköri kondenzátor mozgó fegyverzete van erősítve. A generátor frekvenciája így a hálózat periódusának ütemében a nyugalmi frekvenciához képest  $\pm 5\text{ MHz}$ -el változik. A frekvencia időbeli változása a szinuszfüggvényt követi. A periódusosan változtatott frekvenciájú nagyfrekvenciás jelet a vizsgált erősítő bemenetére adjuk, a kimeneten levő demodulátorra pedig oszcilloszkóp függőleges erősítőjének bemenetét csatlakoztatjuk. Az oszcilloszkóp eltérítő lemezein mért feszültség és ezzel a fénypont függőleges helyzete a vizsgált erősítő átvitelével lesz arányos, azaz az ernyőn az átviteli görbét kapjuk.

Ha a vizsgálatot az oszcilloszkóp saját fűrészgenerátorával végezzük, a görbe vízszintes irányban erősen torzított lesz, mert a wobblátor frekven-

ciája az idővel szinuszosan változik, a vízszintes eltérítés pedig lineáris. Az oszcilloszkóp vízszintes eltérítését ezért nem a saját fűrészgenerátorral végeztetjük, hanem a vízszintes erősítő bemenetére azt a hálózati szinuszrezgést adjuk, amellyel a frekvenciadeviációt végeztük. Ekkor az eltérítés is szinuszos, a vízszintes tengely pedig frekvenciában lineáris lesz az ernyőn. Az esetleges fázistolást fázistoló híddal egyenlíthetjük ki.

A frekvencia a szinuszos eltérítéskor egyszer oda- egyszer pedig visszafut egy periódus alatt. Ez könnyen eredményezheti azt a kellemetlen hatást, hogy két görbét látunk, amelyek tranziens jelenségek és torzítások következtében nem pontosan fedik egymást. Ezen oly módon segítünk, hogy az egyik hálózati félperiódus alatt a nagyfrekvenciás oszcillátor rezgését teljesen kioltjuk, amivel kettős célt érünk el. Egyrészt a kettős görbe megszűnik, mert csak az odafutás alkalmával szolgáltat a vizsgált erősítő kimenőjelet. Másrészt a visszafutáskor a fénypont az alapvonalon tér vissza a kiindulási pontra (az ernyő bal alsó sarka), és így felrajzolja a zérus bemenőfeszültségnek megfelelő alapvonalat, ami az erősítés abszolút mérőszámáról tájékoztat.

Ilyen módon előállítottuk az erősítő átviteli görbéjét, sweepgenerátor és oszcilloszkóp segítségével. Ezen azonban még nem tudjuk megállapítani a frekvenciatengely pontos beosztását.

A pontos beosztást is fel lehet vinni az átviteli görbére, és éppen ez képezi a vizuális hangolás legnagyobb előnyét. Az átviteli görbére ugyanis többféle eljárás segítségével különböző frekvenciajelzőket, markerjeleket vihetünk fel, és ezzel az egyes hangolási frekvenciák helyét az ernyőn pontosan rögzíthetjük. A vizuális hangolás ezzel sokkal egyszerűbb, mint az egyes körök egyenként végzett hangolása, mivel itt a körök hangolása alkalmával figyelemmel kísérhetjük az egész átviteli görbe alakulását. Ha a görbén valahol esés vagy púp mutatkoznék, azt a körök utánahangolásával könnyen eltüntethetjük. Az eljárás rendkívül alkalmas tömeggyártáshoz, bár a hangoláshoz némi szakértelem kell, és a pontosság is korlátozott mértékű.

A markerjelek felvitelére a legegyszerűbb módszer, hogy a vizsgált erősítő bemenetére nem csak a sweepgenerátorból adunk jelet, hanem egy külön ultrarövidhullámú szignálgenerátorból is. Ha a wobbulátor frekvenciája eléri a külön szignálgenerátor frekvenciáját, akkor a két jel a vizsgált erősítő demodulátorán ütést fog létrehozni, és az eredeti, wobbulátorból származó átviteli görbén e frekvenciának megfelelő helyen kis lebegés jelenik meg. Az ilyen módon előállított markerjelet interferenciamarkernek nevezzük. Előnye, hogy igen könnyen előállítható, hátránya azonban, hogy nagysága függ az átviteli görbén elfoglalt pozíciójától. Az átviteli sáv szélein, ahol a leolvasás éppen a legfontosabb, a kis erősítés miatt a markerjel is kicsiny.

A markerjelek előállításának másik megoldása szerint a wobbulátor kimenetére nagy jósági tényezővel rendelkező soros rezgőkört kapcsolunk, amelyet a megjelölni kívánt frekvenciára hangolunk. Amikor a wobbulátor



eléri ezt a frekvenciát, a rezgőkör leterheli az erősítő bemenetét, és az átviteli görbén a rezgőkör  $Q$ -jától függő szélességű kis beugrást látunk.

A legjobban bevált eljárás az intenzitásmarkerek előállítására. E jeleket úgy állítjuk elő, hogy a wobbulátor kimenő jelét a vizsgált erősítőn kívül még egy tetszőleges sávszélességű szelektív erősítőbe is bevezetjük, amelynek kimenetén demoduláljuk a jelet. Amint a wobbulátor frekvenciája a szelektív erősítő sávján átfut, a demodulátoron feszültségimpulzus keletkezik, amelynek polaritása a demodulátor polaritásától függően pozitív vagy negatív. Ezt az impulzust rávezetjük az átviteli görbe előállítására szolgáló katódsugárcső Wehnelt-hengerére, azaz a vezérlőrácsra. Most az átviteli görbének azon a pontján, amely a szelektív erősítő frekvenciájának felel meg, a fénypont ki-alszik, illetve pozitív impulzus esetén kivilágosodik. Ezen eljárás nagy előnye, hogy a markerjel amplitudója független az átviteli görbe magasságától az illető helyen, a jel jól látható, és szélessége a szelektív erősítő szelektivitásával jól változtatható.

#### Az impulzusmérés-technikában alkalmazott oszcilloszkópok átviteli sáv szélessége, bemenő impedanciája és maximális bemenő feszültsége

Az impulzusvizsgálat alkalmával megkövetelt sáv szélesség  $\tau$  időtartamú impulzus Fourier-spektrumából állapítható meg. Az amplitúdóspektrum, mint ismeretes,  $\sin x/x$  alakú görbe, melynek zérushelyei a frekvenciatengelyen az  $n/\tau$  pontokban helyezkednek el, ahol  $n$  pozitív egész szám. Mivel a zérushelyek között mutatkozó amplitúdó a frekvencia növekedésével csökken, az impulzus viszonylag tökéletes átviteléhez elegendő megfelelő számú zérushelynek megfelelő frekvenciasáv áteresztése. Szigorú követelmények esetén az oszcilloszkóp átviteli sáv szélességét legalább  $10/\tau$  értékre kell választanunk, ahol  $\tau$  a legrövidebb impulzus időtartama. A televíziós videojelben előforduló legrövidebb impulzus a kiegyenlítőjel. Ennek időtartama kb. 2 mikrosecundum, az ennek megfelelő átviteli sáv 5 MHz. Az oszcilloszkóp függőleges erősítőjének tehát át kell vinnie a zérustól 5 MHz-ig terjedő frekvenciasávot, az erősítés és a fázistolás változása nélkül. Ez természetesen eléggé súlyos követelmény. Ha az erősítő fáziskarakterisztikája nem lineáris, akkor az ugrás után az impulzus képen belengés keletkezik.

További nehézségek mutatkoznak az oszcilloszkóp bemenő impedanciájával kapcsolatban. Ahhoz, hogy az oszcilloszkóp függőleges erősítőjének bemenetére a vizsgálandó jelet torzítás nélkül egyáltalán rávihessük, a bemenő impedancia ohmos összetevőjének (a bemenő ellenállásnak) megfelelően nagy-nak, a kapacitív összetevőnek (a bemenő kapacitásnak) megfelelően kicsinynek kell lennie. Jó impulzusátvitelhez néhány megohm bemenő ellenállás és 1–2 pF bemenő kapacitás szükséges. A bemenő ellenállás növelésének határát a bemeneten alkalmazott elektroncső rácsárama határozza meg, ez közönséges csövek

alkalmazásakor az első cső rácislevezető ellenállásának értékét 1—2 Mohm-ra korlátozza. Ha a bemenő ellenállást tovább akarjuk növelni, speciális csöveket (pl. elektrométercsöveket) kell alkalmazni. A bemenő kapacitást sem tudjuk bizonyos határ alá csökkenteni. Ennek oka az első cső csőkapacitásaiban és a szerelésből eredő elkerülhetetlen kapacitásokban rejlik.

A bemenő kapacitás csökkentését viszonylag könnyen elérhetjük, ha a vizsgálandó impulzusok elég nagy amplitudójúak ahhoz, hogy a bemeneten kapacitív osztót alkalmazzunk. A bemenő impedancia ekkor az osztó sorba kötött két kapacitásának, a külön kondenzátornak és az eredeti bemenő kapacitásnak az eredője, ami az eredeti bemenő kapacitásnál jóval kisebb lehet.

Az oszcilloszkóp bemenő impedanciájának javítása úgy is elérhető, hogy a bemeneten a közismerten nagy bemenő ellenállású és kis bemenő kapacitású katódkövető kapcsolást alkalmazzuk.

A kapacitív osztó alkalmazása az oszcilloszkóp bemenetén nagyon előnyös, ha többszáz voltos impulzusokat kell megvizsgálnunk, pl. a TV készülék nagyfeszültségű áramkörében, amelyek az oszcilloszkóp erősítőjét erősen túlvezérelhetik. Ekkor a bemeneten alkalmazott kapacitív osztó biztosítja a kis bemenő kapacitást, és egyben csökkenti a vezérlő feszültség értékét.

### Nagyfeszültség mérése

Az itt előforduló nagyfeszültség a képcső nagyfeszültségű elektródájára vezetett, a sorirányú eltérítés visszafutásából előállított, az adott esetben 10—20 kV-os feszültség, melyet a gerjesztő elektronok felgyorsítására használunk fel.

A nagyfeszültség a legcélszerűbben sztatikus voltmérővel mérhető, melynél a két ellentétesen feltöltött elektróda között keletkező erőt használjuk fel. Az ilyen voltmérő legegyszerűbb kivitele a bemutatásra gyakran használt Braun-féle elektrométer. A sztatikus voltmérővel végzett mérés előnye, hogy fogyasztása nincs, mechanikai kivitele azonban nagy pontossági követelmények esetén bonyolult és drága.

A másik, igen elterjedt módszer szerint a kisebb feszültségek méréséhez hasonló módon érzékeny árammérővel sorbakötött ellenállásokat használunk. Az ellenállások értéke nagyfeszültség mérésekor több száz megaohm lehet, és stabilis ellenállásokat előállítani ilyen értékkel korántsem egyszerű feladat. Ezért az ellenállásokat többnyire több soros ellenállásból létesítik úgy, hogy az ellenállások nagy potenciálkülönbségen levő végei egymástól elég nagy távolságra legyenek, tekintettel az átütés veszélyére. E módszer hátránya, hogy nagyon érzékeny alaplmszer szükséges, mert a feszültségforrás nagy belső ellenállása következtében, annak terhelésekor a feszültség esik. Mivel a normális terhelés, amit a képcső képvisel, mindössze 100—200 mikroamper,

a műszer fogyasztása nem haladhatja meg a 20—30 mikroampert, ami eléggé súlyos követelmény.

Az utóbbi hátrányt kiküszöbölhetjük, ha csővoltmérőt használunk, amelynek bemenetét rendkívül nagy ellenállású ohmikus osztó alsó tagjára kapcsoljuk. A rácásáram miatt különleges csövek alkalmazása szükséges.

Mindent egybevetve, a célnak a gyakorlatban az előtétellenállással ellátott, kisfogyasztású műszer alkalmazása felel meg a legjobban.

### Nagyfeszültségű voltmérők mérőfeje

A biztonsági követelmények és az áram-mellékutak miatt a mérőfejet úgy kell kiképezni, hogy azon sem belső, sem kúszóáramok ne alakulhassanak ki. A mérőfejnek ezért csak a csúcsát készítjük fémből. Maga a fej jó szigetelőanyagból készül, amelynek külső felületén a várható kúszóáramok útjára merőleges, mély bemarásokat készítünk.

Az előtétellenállás egy részét a mérőfejbe be szoktuk szerelni. A mérőfejet nagyfeszültségre vizsgált kábel segítségével kapcsoljuk a műszerhez. A voltmérőket sztatikus rendszerű etalon-műszerrel hitelesítjük.



# A BUDAPESTI TELEVÍZIÓSTÚDIÓ BERENDEZÉSE\*

PÁLVÖLGYI GYULA

MECHANIKAI LABORATÓRIUM

HÍRADÁSTECHNIKAI KÍSÉRLETI VÁLLALAT

A gyártás alapjául szolgáló szovjet dokumentáció szerint a berendezés öt felvevőkamera egyidejű működését teszi lehetővé. Ebből három a stúdióban rendezett élő jelenet műsorát, kettő pedig filmműsört továbbíthat. A kamerák zajtalan guruló kocsikon gördíthetők. A felvevőkamerák magasságát képfelvétel közben is lehet változtatni, a filmszatórnák kamerái viszont betontalpon nyugvó öntöttvas oszlopokon állnak. Az elektromos szabályozást a kameráktól távol elhelyezett kezelőasztalról végzik. Két kezelőasztal van, melyek közül a fő kezelőasztal három kameraszatórna elektromos kezelőszerveit és segédberendezéseit foglalja magában. A szabályozók beállítása ellenőrzővevővel figyelhető. A kisebbik kezelőasztal a két filmszatórna erősítőit és kezelőszerveit tartalmazza.

A budapesti televízióstudiót a Technika Házában három, egymás felett levő szinten helyezték el. A képfelvétel terem a földszinten van. A jelenetről felvett jelet 31-pólusú dugaszban végződő kábel továbbítja. Ezáltal hiba esetén a szatórnaváltás vagy a kameracsere dugasz áthelyezéssel igen gyorsan végezhető. Ezt az átkapcsolást külön kapcsolóállványon lehet elvégezni. A fő kezelőasztalról lehet a szatórnákat kiválasztani, keverni, átkapcsolni a készenléti tartálékra stb. A fő kezelőasztalban hat szabályozószakasz van. Ebből három a felvevőkamerák beállítására és a hozzájuk tartozó erősítők kezelésére való, két szakasz a képszatórnák kapcsolására, keverésére és ellenőrzésére, egy pedig a hangszatórnák kezelésére szolgál. A fő kezelőasztalról irányítható fényjelzésekkel, hangszóró vagy telefon útján a kezelőszemélyzet is.

A második emeleti szinten elhelyezett filmgépteremben két felvevőkamera működik. Egyik rendszerint a filmműsört veszi fel, a másik állóképek felvételét végzi, továbbá a szünetjel, a beállítóábra stb. felvételét.

A képfelvétel kamerák LI-7 típusú szuperikonoszkóppal működnek, zajcsökkentő kapcsolásban. A geometriai torzítás mértéke vízszintes irányban 3–4%, függőleges irányban elhanyagolhatóan kicsiny. Az erősítőlánc kimenetén a képjel csúcsától csúcsig mért feszültsége 5 V, pozitív fehér polaritású, és a képellenőrzőkön 550–600 soros felbontási finomságnak megfelelő képet ad. A film kezelőasztal vidikon típusú felvevőcsövek használatára is alkalmas. A fő kezelőasztalnál két nagy-képcsöves képellenőrzőt is beiktattak, és így a rendező egyidejűleg öt képszatórna képét ellenőrizheti. A dokumentációtól eltérően a filmgépek hajtóművét tisztán elektromos úton szinkronizálták.

\* Az előadás kivonata.



# ÁTVITELTECHNIKAI GYÁRTMÁNY-CSALÁD ÉS KONSTRUKCIÓJA

LAJKÓ SÁNDOR

BELOIANNISZ HÍRADÁSTECHNIKAI GYÁR

## Bevezetés

A gyártmány-család jól átgondolt, egymásból logikusan következő, a legnagyobb mértékben egységesített áramkörüi és konstrukciós berendezés csoport. E csoport összeállításakor a legkülönbélebb műszaki és gazdaságossági szempontokat kellett szem előtt tartanunk. Célunk az igen változatos felhasználási körülmények és a gazdaságos tömeggyártási kívánalmak minél hiánytalanabb kielégítése.

A gyártmány-család 3-tól több száz-csatornás rendszerig fokozatos és magában foglalja a légvezetéken, kábelben és rádióhullámokon működtethető berendezéseket. A korszerű, nagytávolságú hálózat gerincét több száz-, sőt a jövőben több ezer-csatornás összeköttetések képezik. Gondoljunk csak a rohamosan terjedő nemzetközi távválasztó hálózatra, amely kétségtelenül igen nagy csatornaszámot fog igényelni. Az ilyen nagy csatorna nyalábok létesítésére ma háromféle módszer van.

Első a vivőáramú távkábelek szimmetrikus érpárjain (8—24 érnegyest tartalmazó papír- vagy műanyag- és légszigetelésű kábeleken) működtethető rendszer. E kábelek kellő áthallásmentesítése 300, sőt 550 kHz felső frekvenciahatárig is lehetséges. A kisebb határ esetében 60-, a felsőbbnél pedig 120-beszédcsatornás, 4-huzalos üzemmódú, kétkábeles (irányonként külön kábeles) berendezések működtethetők.

A második módszer a koaxiális kábel. Ennek költségei nagyjából megegyeznek az előbbivel, de nyersanyag felhasználása sokkal kedvezőbb. A kihasználható frekvenciatartomány 10 MHz-ig terjed. Sok ezer csatorna vagy televíziós jelek és több száz csatorna vihető át. Nálunk ma még nincs meg az alapja az ilyen roppant nagykapacitású hírtengely létesítésének és gazdaságilag sem látszik a koaxiális kábel jelenleg bevezethető megoldásnak.

A harmadik út sokcsatornás átvitelre a hazánkban is nagy jövő előtt álló irányított rádió-link, ultrarövid és mikrohullámú hordozócsatornák bevezetése.

Az említett nagykapacitású összeköttetéseken kívül szükség van kisebb csatornaszámú rendszerekre is a távbeszélőhálózatnak a gócpontokra való begyűjtéséhez és a nagy hírtengelyről kisebb nyaláboknak leágaztatására,



valamint a kisebb forgalmú vonalakra. Itt háromféle átviteli út kínálkozik, mégpedig légvezeték 3—6—12-csatornás megoldásokkal, egykábeles összeköttetés 2-huzalos 12-csatornás berendezésekkel és kétkábeles szimmetrikus érpárú összeköttetések 12—60 csatornával. A légvezetéseket legfeljebb 150 kHz-ig, az említett szerényebb igényű terheletlen, vagy leterhelt papírszigetelésű kábelereket 120 kHz-ig lehet kihasználni. A kétkábeles összeköttetésekben érdemes az áthallás-kiegyenlítést 250 kHz-ig kidolgozni 60-csatornás célra.

Kiegészítésképpen rövidtávú rendszereket is érdemes kifejleszteni, amelyek már 10 km-től kezdve gazdaságosan felhasználhatók légvezetésekre, vagy kábelre. Hasonlóképpen érdemes lenne speciális vékonyerű (0,5 mm) kábeleket kidolgozni rövid távolságra 2-huzalos 12-csatornás átvitelhez.

### A gyártmány-család szerkezete

Az egész rendszer alapjául a 3 csatornából álló *előcsoportot* választottuk, majd 4 ilyen előcsoportból állítjuk össze a CCITT részéről is ajánlott 12-csatornás *alaps csoportot*. Továbbhaladva 5 darab alaps csoport modulálásával és egymás mellé sorolásával alkotjuk a CCITT ajánlásának megfelelő 60-csatornás *alapfőcsoportot*. E lépcsős képzés tovább is folytatható. Az újabb kutatás eredményei alapján helyesnek látszik 300-csatornás *szupercsoport* bevezetése is 5 darab alapfőcsoport transzponálásával és összefogásával. Ez a szupercsoport természetesen már csak az említett több ezer-csatornás szélessávú rendszerek kifejlesztéséhez lesz szükséges. Jelenlegi terveink még ez alatt maradnak; legnagyobb rendszerünk 240-csatornás, s a következő lépés 600-csatornás lesz.

A felsorolt csatornacsoportok frekvencia adatai és modulációs rendszere az 1. ábrán található.

Ugyanezen az ábrán van gyártmány-családunk tagjainak felsorolása is, valamint az egyes berendezéstípusok vonalon átvitt frekvenciasávja. Ezek a frekvenciatartományok az ábra baloldali részén látható előbb tárgyalt csoportok valamelyikéből keletkeznek a berendezések rendszermodulációja segítségével. A származtatást szaggatott vonalú nyilak jelölik.

A berendezéstípusok a következők:

#### *Légvezetékes rendszerek*

BTO-3/4 típusú	3-csatornás berendezés	4	távírócsatornával
BTO-6/12	„ 6 „	„	12 „
BO-12	„ 12 „	„	„

#### *Kiscsatornaszámú rendszerek szimmetrikus kábelre*

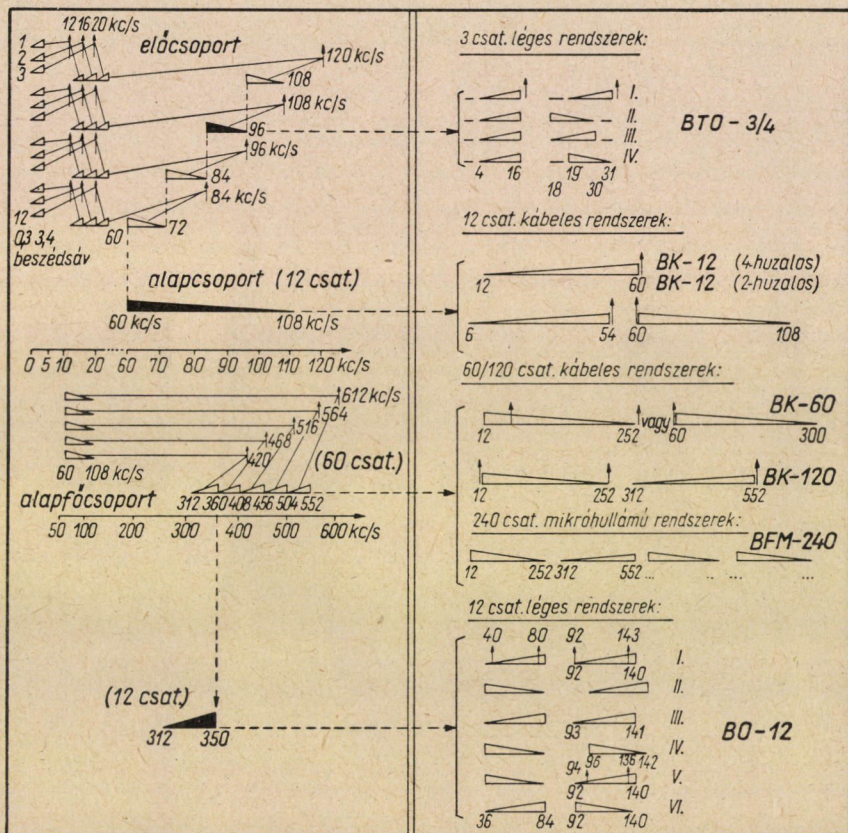
BK-12 típusú	12-csatornás berendezés	(4-huzalos)
BK-12R	„ 12 „	„ 2 „

Szélessávú rendszerek szimmetrikus kábelre

BK-60 típusú 60-csatornás berendezés  
 BK-120 „ 120 „ „

Szélessávú rendszerek rádióátvitelre

BFM-12-60 típusú 12-60-csatornás rendszer URH átvitelre  
 BFM-60-120-240 típusú 60-120-240-csatornás rendszer mikro-  
 lámú átvitelre.



I. ábra

A felsorolt berendezések — mint mondtuk — a harmonikus frekvencia-  
 terv alapján egy átfogó rendszer részei. Ennek eredményeképpen a nagyobb  
 csatornaszámú berendezések a kisebb csatornaszámúak felhasználásával ala-  
 kulnak ki. A berendezések egységesen gyárthatók, ugyanazon áramkörök  
 a különböző típusokban változatlanul ismétlődnek, ami igen nagy előny mind  
 tömeggyártási, mind üzemfenntartási szempontból.

A szabványos csoportok képezése lehetőséget nyújt egyrészt a különféle berendezéseknek valamely alapsoport síkján történő összekapcsolására, másrészt a leágaztatásra, vagyis kisebb csatornacsoportoknak a nagyobb nyalábú sávból való kihasítására és továbbvezetésére. Így a forgalmi és hálózati igényekhez az egész rendszert igen rugalmasan lehet alkalmazni.

### A berendezések tömbvázlata

A 2. ábrán a gyártmány-család összevont tömbvázlatát látjuk. A 60-csatornás alapfőcsoport előállítására képezi a rajz gerincét. Ebből ágaznak le megfelelő helyeken a többi berendezéstípus tömbvázlatai. Mindegyik tömbvázlat alatt a frekvencia-terv megfelelő részét is feltüntettük. Az egyes berendezéseknél szükséges csoport- és rendszermodulációs fokozatok a tömbvázlat megfelelő helyéről kiinduló függőleges vonaltól jobbra vannak. A függőleges vonalaktól balra eső részek változatlanul a felső diagramból értendők.

A csatornák *hangfrekvenciás végződése* a központ felé tetszés szerint 2- vagy 4-huzalos lehet. Mind az adó-, mind pedig a vevőágban beállítható csillapítótagokat találunk. A szabványos adási szint  $-2 \text{ N}/600 \text{ ohm}$ , a vételi szint  $+1 \text{ N}/600 \text{ ohm}$  a 4-huzalos kapcsolatokon.

A hangfrekvenciás végződő egységben a sávonkívüli jelzésátvitel áramkörének üzemmódja is beállítható. A helyikör ugyanis a központ felé itt is 2- vagy 4-huzalos lehet. Ezenkívül a 2-huzalos beszédáramkörön is történhetik váltóáramú jelzésátvitel.

A *csatorna modem-áramkör* adási és vételi irányban gyűrűmodulátorokat és ferritmagú csatorna sávszűrőket tartalmaz. Vételi irányban a demodulált hangfrekvenciát szabályozható erősítő erősíti.

A hármas előcsoport összefogása az *előcsoport modem-áramkörben* történik, amely négy hasonló csoportot az alapsoportba tesz át. Ezen áramkör szintén gyűrűmodulátorokat, sávszűrőket és a vételi irányban erősítőket tartalmaz.

Az előcsoport párhuzamosan kapcsolt három csatornája mellé ugyancsak párhuzamosan kapcsolódnak adási irányban a *beszédsávon kívüli jelzésátvitel* sávszűrői. Valamennyi új berendezésünkben egységesen alkalmazzuk a távvalasztásra is alkalmas új jelzésátviteli módszerünket. A jelzőcsatornák VT-csatornához hasonlóak, melyek relatív vivőfrekvenciái a beszédcsoport zérus frekvenciájához viszonyítva 3825 Hz-nek felelnek meg. Az említett adó-sávszűrők előtt sztatikus távírómodulátorok vannak az áramkörben, amelyek a központ felől kapják a moduláló egyenáramú impulzusokat. Vevő irányban az előcsoport bemenetéről közös erősítővel felszerelt háromfrekvenciás szelektív vevő szűri ki a jelzőfrekvenciákat. Erősítés és egyenirányítás után sarkított jelfogók érintkezői adják tovább a helyikörre a vett jelzésimpulzusokat.

A négy előcsoportot (a rajzon részletesen csak egy látható) alapsoporttá fogjuk össze. A transzponálás után az előcsoportokat hibridből álló *kombináló*



áramkör egyesíti. Adási irányban szabályozható erősítő adja ki a 60–180 kHz frekvenciasávban fekvő, 12-csatornás alapsoportot  $-4,2 \text{ N}/150 \text{ ohm}$  teljesítményszinttel az *alapsoport rendezőre*. Vételi irányban e rendezőről  $-3,5 \text{ N}/150 \text{ ohm}$  teljesítményszinttel érkezik az alapsoport a kombináló áramkörre, ahol az előcsoportokra való szétválasztás megtörténik.

Az említett rendezőről az alapsoportot — a többi hasonló alapsoporttal együtt — további modulációs áramkörökre vagy más berendezésekre lehet továbbkapcsolni.

Ezután az *alapsoport modem-fokozat* következik, amelyben egy vagy több 12-csatornás alapsoport alapfőcsoportba foglalása történik. Mindkét irányban gyűrűmodulátorokat és aluláteresztőszűrőket találunk az áramkörben, az eddigiekhez hasonló módon adási irányban közös, vételi irányban pedig csoportonkénti külön erősítővel kiegészítve. A csoportok vonaloldalának egyesítése itt is hibrid áramkörökben történik. A 312–552 kHz frekvenciasávban fekvő főcsoport adási szintje  $-4 \text{ N}/75 \text{ ohm}$ , vételi szintje  $-3,5 \text{ N}/75 \text{ ohm}$ . Ezen a helyen is csoportrendező iktatható be az áramkörbe.

Valamennyi főcsoportrészt egyenesállású, kivéve a Á-jelűt, amely kívánatra fordított állásúvá is tehető. Ez olyankor szükséges, amikor a kábelen átvitt frekvenciatartományból az első 12-csatornás szakasznak (12–60 kHz) együtt kell működnie pl. a BK-12 típusú 12-csatornás berendezéssel.

A 2. ábra felső tömbvázlatának további része a 60- és a 120-csatornás berendezés rendszermodem áramkörét, egyesítő áramkörét és adó-vevő erősítőjét tünteti fel. Az ábra többi részén az egyéb berendezéstípusok rendszermodulációs tömbvázlatok láthatók.

Négy alapfőcsoport további modulálásával és hibriden történő egyesítésével állítjuk elő a BFM-240 típusú rendszer 60–1052 kHz frekvenciasávba eső jeleit.

Ugyancsak az alapfőcsoport végződésénél csatlakoztatható a BO-12 típusú 12-csatornás légvezetékes berendezés rendszermodem áramköre. Ennél a berendezésnél természetesen az alapfőcsoportból csupán az E-jelű 12-csatornás részt kell a megelőző áramkörökben előállítani. A berendezést irányváltó és vonalváltó egészíti ki. A tömbvázlaton ezeken kívül az önműködő pilot-szabályozó áramkör vevő és szabályozó részeit is megfigyelhetjük. Egyszerűség kedvéért a vonalon átvihető hatféle frekvenciafekvésű 12-csatornás rendszer közül csak az egyiknek frekvencia adatait tüntettük fel az ábrán.

A fő tömbvázlat alapsoport rendezőjének helyéről csatlakoznak a további berendezéstípusok áramkörei. A BTO-3/4, a BTO-6/12 3- és a 6-csatornás légvezetékes berendezések az alapsoportból mindössze a szükséges csatornaszámot képezik, melyeket a tömbvázlaton befeketítéssel jelöltünk meg. A 3-csatornás berendezés pl. a 84–96 kHz közötti három csatornát modulálja tovább az egyik átviteli irányban 4–16, a másikban pedig 19–31, illetőleg 18–30 kHz frekvenciasávban. Mint az 1. ábrán láthatjuk, e berende-

zésnél négyféle frekvenciafekvést valósítottunk meg az ugyanazon oszlopsoron működtethető csatornaszám növelése céljából. Tömbvázlatunkon megfigyelhetők a 3- és 6-csatornás berendezések átviteli sávjában elhelyezhető 4 és 12 távirócsatorna modulációs lépcsői is. E kombináció előnye, hogy a beszédsávok szűkítése nélkül egyidejűleg távirócsatornákat is átviszünk ugyanazon erősítőn vagy változatlan erősítőállomásokon. Ezek a légvezetékes típusok is önműködő pilotszabályozóval, irányváltóval és vonalváltóval rendelkeznek.

A teljes 12-csatornás alapsoportot használják fel a kábeles BK-12 és BK-12 R típusú berendezéseink. A tömbvázlat mindkettő rendszermodulátorait és az utóbbi berendezés irányváltóját is feltünteti.

### Vivőfrekvenciaellátás

A rendszer harmonikus frekvencia elosztása olyan, hogy a szükséges különféle vivőfrekvenciák nagy része közös alaposzcillátorból származtatható, ami nagy előny a relatív frekvenciapontosság és stabilitás szempontjából.

A rendszer lépcsős szerkezete arra is módot nyújt, hogy az egyes berendezéstípusok nagyrészt azonos áramkörökből kapják a szükséges vivőfrekvenciákat.

Általában mindegyik berendezéstípus saját vivőfrekvenciaellátó áramkörökkel rendelkezik, de nagyobb állomásokon nagyteljesítményű közös központi vivőellátó berendezést kívánunk működtetni az állomás valamennyi berendezésének ellátására. Az üzembiztonság fokozása céljából készenléti tartalék áramköröket is alkalmazunk önműködő, gyors átváltó automatikával.

Az univerzális vivőellátó rendszer tömbvázlat is a 2. ábrán található. A csatorna-, előcsoport- és csoportmodulációkhoz szükséges vivőfrekvenciákat 4 kHz-es alapfrekvenciából származtatjuk. A vezéroszcillátor kvarckristályát termosztát stabilizálja. A 120-nál nagyobb csatornaszámú berendezéseknél a vivőellátáshoz 124 kHz frekvenciájú  $10^{-7}$  pontosságú főoszcillátor szolgál. Ebből származtatjuk regeneratív osztás útján a 4 kHz alaprezgést.

Az alaprezgés vezérli a HG1 4 kHz-es harmonikus generátort. Az ebben levő telítettséig vezérelt vasmagos tekercs páratlan harmonikusokat termel. Ezek közül a 12 és 20 kHz-et egy-egy sávszűrő szűri ki. A harmadik *csatornafrekvenciát* a 16 kHz-et — mivel ez 4 kHz páros harmonikusa — a páratlan harmonikusok egyenirányítása után szűrhetjük ki.

Az *előcsoport-vivők* előállítására hasonló módon történik az előbb ismertetett 12 kHz-cel vezérelt HG2 harmonikus generátor segítségével. Az *alapsoport-vivők* szintén 12 kHz-es harmonikus generátor (HG3) termékei közül szűrhetők ki kristálysűrőkkel. Utóbbiak szintjét erősítővel emeljük a szükséges mértékre.









A 240-csatornás berendezés *főcsoport-vivőit* HG4 124 kHz-es harmonikus generátor állítja elő.

Néhány olyan vivő- és pilotfrekvenciát, melyek 4 kHz-ből nem származtathatók, külön-külön kristályoszillátorokkal állítunk elő.

A beszédsávon kívüli *jelzésátvitelhez* szükséges frekvenciákat 3825 Hz frekvenciájú LC alaposzcillátorból és a három csatornavivő modulációjából állítjuk elő, majd szűrőkkel kiszűrjük az így kapott 15,825; 19,825 és 23,825 kHz frekvenciákat.

Az egyes vivőfrekvenciák több berendezés modulátor áramköreinek táplálására elegendő teljesítménnyel rendelkeznek, pl. tervbevett 60-csatornás rendszerünk vivőellátója 480 csatornához elegendő. Ezért vivőelosztó és ellenőrző áramköröket alkalmazunk.

### Átviteltechnikai jellemzők

Berendezéseink minden vonatkozásukban eleget tesznek a CCITT legújabb ajánlásainak, sőt ezeken felül a szigorúbb postai követelményeknek.

A tömbvázlatokon feltüntettük a beszédfrekvenciás végződéseken, valamint az alapsóport és alapfőcsoport végződéseken a szint és impedancia adatokat. A vonalra kiadott vivőáramú szintek a CCITT ajánlásainak megfelelően alakulnak. Így 12—24 csatornáig kábelben  $+0,5 \text{ N}/150 \text{ ohm}$ , 60—120-csatornás rendszereknél csatornánként  $+0,2 \text{ N}/150 \text{ ohm}$ , a nagyobb csatornaszámú berendezéseknél  $-0,5 -1,3 \text{ N}/75 \text{ ohm}$  s végül a légvezetékes berendezéseknél  $+2 \text{ N}/600 \text{ ohm}$  teljesítményszintet választottunk. Ezzel elérhető, hogy a zaj a CCITT részéről megengedett érték alatt maradjon.

Lényeges adat az érthető áthallás csillapítása, amely minden esetben 7,5 N-nél nagyobb.

### A berendezések szerkezete

Új berendezéseink korszerű egységes konstrukciós rendszerben készülnek. Gondos munkával kidolgoztuk a szekrényes-fiókos új átviteltechnikai konstrukció rendszerét.

A gyártmány-család egyes tagjai nemcsak áramkörileg függenek egymással össze szorosan, hanem a konstrukciós rendszer is összefűzi őket. A homogenitás, ami a különféle berendezésekben előforduló sok egyforma fiókban és a hasonló szekrényben nyilvánul meg, nagy előnyöket nyújt felhasználási és gyártási szempontból egyaránt.

A berendezéseket vaslemezről készült, ajtókkal zárható tetszetős külsejű szekrényekbe szereljük. A szekrények hátoldalához nem kell hozzáférni és így azok a fal mellé vagy kettésével egymásnak hátatfordítva is felállíthatók.

A konstrukciós rendszer lényege, hogy a tipizált áramköri részek szabványosított dobozokba vannak helyezve, melyeket ugyancsak szabványosított fiókokra szerelünk. Így különálló funkcionális egységeket kapunk. Ezeket típusonként dolgoztuk ki, hogy lehetőleg többféle berendezésben ismételtelen felhasználhatók legyenek. A fiókok a szekrénybe egyszerűen betolthatók és elől a szekrény kábelezéséhez többpólusú rövidrezáró dugaszokkal csatlakoztathatók.

Az új átviteltechnikai konstrukció, valamint a felhasznált korszerű anyagok és alkatrészek lehetővé tették, hogy berendezéseink alapterület igénye a hasonló régebbi gyártmányokénak csupán kb. 1/8-ad része.

A dugaszolható kivitel könnyűvé és egyszerűvé teszi a berendezések helyszíni bővítését, a tartalékolást, valamint a karbantartást. Kisebb képzettségű felügyelő személyzet alkalmazható, mert a hibás fiókegység gyors kicserélése után a berendezés ismét üzemképes, a hibás fiókegység pedig központi műhelyben javítható.

A sokesatornás berendezések középállomásai felügyeletnélküliek is lehetnek. Ezeket az állomásokat a főállomásokról távtáplálni, ellenőrizni és vezérelni lehet.

A berendezéseknél tropikus kikészítéseket és klímaálló szerelést is bevezettünk. A legkényesebb, tehát rezgőköröket is tartalmazó egységeket, mint pl. szűrőket és kiegyenlítőket, hermetikusan lezárt szabványdobozokba szereljük.

Az egyes szekrényeket mindig a szükségletnek megfelelő fiókokkal ültetjük be, vagyis a későbbi bővítés és átalakítás lehetősége megvan. Például a 60-esatornás berendezés 12 csatornánként fokozatosan kiegészíthető. A teljes berendezés 4 szekrényben fér el. A 3-esatornás berendezés négy távirócsatornával kombinálva elfér egyetlen normál szekrényben. Ugyanekkora szekrényben változatként két komplett 3-esatornás végberendezés is elhelyezhető. Két szekrényt tölt meg a 12-esatornás légvezetékes végberendezés.

Nagyobb csatornaszámú állomásokon többféle szekrénytípust is alkalmazunk az áramkörök megfelelő csoportosítása révén. Az azonos szekrénytípusokat külön keretsorokba állítjuk az állomás alapterületének legjobb kihasználásával és jól áttekinthető elrendezéssel.

### Alkatrészek

Az utóbbi évek fejlődése az egyre kisebb térfogatú és súlyú berendezések felé mutat. Ehhez természetesen alkatrészek szükségesek. Alapvető követelmény azonban ezen alkatrészek üzembiztonsága és két — az átviteltechnikában igen fontos — jósági feltétel. Ezek a villamos és mechanikai tulajdonságok időbeli állékonysága, valamint az alkatrészek kielégítően hosszú élettartama.



A fenti alapkövetelményeken kívül az anyagoknak és alkatrészeknek jól kell illeszkedniök a frekvenciatartományokhoz, a mechanikai és hőigénybevételhez, a klimatikus behatásokhoz és a kis veszteségi követelményekhez.

Az utóbbi években számtalan sok szerkezeti anyag és villamos alkatrész került forgalomba külföldön és belföldön egyaránt. Mindezekhez modern gyártási eljárások és gyártógépek is járulnak.

A mai konstruktőrnek tehát nemcsak az átviteltechnikához és a postai üzem technikájához kell értenie, hanem az alapanyagok és alkatrészek fizikai és technológiai tulajdonságaival is tisztában kell lennie. Ez lassanként megvalósíthatatlan követelményt támaszt a bonyolult sokcsatornás berendezések fejlesztőivel szemben. Az alkatrészekkel szemben támasztott követelmények alapos és helyes specifikálása után az ezek kifejlesztésére és szabványosítására hivatott szakembereknek teljes mértékű támogatást kell nyújtaniok. Ez az egész átviteltechnikai fejlesztésnek igen fontos előfeltétele.

Az alkatrészek általános térfogatcsökkentésén kívül a berendezések térfogatcsökkentésének második útja az elektroncsövek felváltása tranzisztorokkal és ezzel egyidejűleg a lényegesen kisebb üzemi feszültségek bevezetése. Utóbbi számtalan lehetőséget nyújt az alkatrészek további méretcsökkentésére és a sokcsatornás berendezések konstrukciójának egyszerűsítésére. A tranzisztorizálás a hangfrekvenciás áramkörökben látszik a legkivihetőbbnek. Sor kerül ezenkívül a vivőfrekvenciaellátó áramkörök tranzisztorizálására is.

Külön említést érdemel a ferrit vasmagok kérdése. Az egész gyártmány-család igen sokféle szűrőt tartalmaz, melyeket úgyszólván kivétel nélkül ferrit vasmagú tekercsekből készítünk.



# KORSZERŰ HÍRADÁSTECHNIKAI BERENDEZÉSEK SZŰRŐI

BOGLÁR GYULA és RADVÁNY JENŐ

BELOIANNISZ HÍRADÁSTECHNIKAI GYÁR

A szűrőtechnika fejlődését két nagy korszakra lehet felosztani. Az első szakaszban a szűrőelmélet mint tudomány teljes egészében kifejlődött, de a berendezések szűrőit túlnyomóan a hullámszűrőelmélet szerint tervezték. Az első korszak az 1945–50. években lezárult. Azóta világszerte egyre több szűrőt terveznek üzemi paraméterek segítségével, többnyire a veszteségek számításba vételével.

A hullámszűrőméretezési eljárás még nagyon sokáig nem fog teljesen kiszorulni. Az elmélet egyszerű, a hozzátartozó matematikai készültség elemi. Mivel a szűrőn belül a tagok között végig hullámillesztés van, az előírások tetszés szerint oszthatók el az egyes tagokra. Ez a körülmény nagy szabadságot biztosít a szűrő megvalósításában, azaz végső fokon a tekercsek és a kondenzátorok szempontjából a legkedvezőbb hálózatot valósíthatjuk meg. A méretezési eljárás egyszerű, gyors, tehát a tervezési költség kicsiny.

Az üzemi paraméterek szerinti méretezés kifejlesztése 1937-ben indult meg NORTON munkája nyomán. CAUER, DARLINGTON, PILOTI, NAI-TA-MING dolgozataival a kérdés megoldása teljes egészében befejeződött, a méretezési és számolási módszer rendelkezésünkre áll. NAI-TA-MING 1949-ben megjelent cikkei óta, melyek a veszteségek figyelembevételére adtak általános módszert, alapvető elvi jelentőségű írás nem jelent meg e téren. A módszer alkalmazásakor első lépésként a hullámszűrőméretezésnél megszokott módon veszteségmentes, tiszta reaktáns négyfólyust tervezünk. Míg azonban a hullámszűrőméretezésben a hullámparaméterekből indulunk ki, és az áteresztőtartományban tiszta képzetes, a zárótartományban valós hullámcsillapítást írunk elő (ez a megkötés, mely tulajdonképpen a számítás egyszerűsítését célozza, a megfelelő üzemi csillapítás karakterisztika elérése céljából szükségtelen, és nem is vezet ideális áteresztőtartományra), az üzemi paraméteres tervezéskor konstans ellenállással lezárt reaktáns négyfólyust méretezünk. Ez a feltételezés a tényleges megvalósított szűrőknek elméletileg pontosan megfelel, ha a veszteségeket nem tekintjük. Ha az előírásokat teljesítő üzemi csillapításkarakteristikának megfelelő négyfólyus létezik, akkor az ekvivalenciáig egyértelműen meghatározott. Így az üzemi paraméteres szűrőtervezési eljárás három fázisra



oszlik. 1. Az alkalmas üzemi csillapításfüggvény meghatározása. 2. A szűrő valamely négy pólusparaméterkészletének, rendszerint a láncparamétereken keresztül az üres- és rövidzárási impedanciáknak a meghatározása. 3. Az ekvivalenciáig meghatározott szűrő alkalmas — rendszerint létratípusú — megvalósításának kiszámítása. Az első lépés aránylag egyszerű. Ismeretes a módszer mind a zárótartomány, mind az áteresztőtartomány, mind a két tartomány egyidejű megadott maximális, illetve minimális csillapításának CSEBISEV szerinti elosztására; sőt DARLINGTON ismertet olyan eljárást, mely lehetővé teszi, hogy az áteresztőtartományban CSEBISEV szerint közelítsünk, míg ezzel egyidejűleg a zárótartományt referens hullámszűrő segítségével méretezzük oly módon, hogy a referens szűrő hullámcillapítása egyezzen a méretezendő szűrő üzemi csillapításával. A második lépés már két nehézséget is rejt magában. 1. A feladat numerikus számítása még aránylag egyszerű esetben is magasfokú komplex gyökkpárokat tartalmazó egyenlet megoldását követeli meg aránylag nagy pontossággal. 2. E számítás elvégzése után derül ki, hogy ez az impedancia függvény egyáltalán realizálható-e, azaz impedancia függvény-e. Nemleges esetben az egész számolást előről kell kezdenünk, esetleg többször is. Ehhez járul még, hogy a 3. lépésben a realizáló kapcsolás kiválasztására nincs előzetesen semmi támpontunk és nem tudjuk, egyáltalán van-e pl. realizálható létra-kifejtés. Ezután következhetik a veszteségek figyelembevétele oly módon, hogy olyan komplex frekvenciát veszünk fel, mely által okozott negatív veszteségek éppen kiegyenlítik a szűrők valódi pozitív veszteségeit. Ez a numerikus számítást illetően ismét az előzővel azonos fokszámú egyenlet megoldását követeli meg, a megvalósíthatatlanság veszélye még növekszik, és a megvalósíthatóság még egy paramétertől, az alkalmas lezáró ellenállások választásától is függhet. Az elmondottakból világos, hogy kicsit bonyolultabb esetben még megkísérelni sem tanácsos ezen eljárások alkalmazását elektronikus számológép nélkül. DARLINGTON még az 1938-ban megjelent cikkében megjósolja, hogy e számítási módszer egybe fog esni az elektronikus számológépek elterjedésével, ez így is történt. Amennyiben ugyanis sikerül a numerikus nehézségeket áthidalni, a módszer előnyei nyilvánvalóak; bár jelentős elemszám csökkentésére ritkán van lehetőség a hullámszűrőkhöz képest, az előírások jobb megközelítésével az egyes elemek toleranciája enyhül. Egyszerűbb és a gyakorlatban sűrűbben előforduló szűrőkkel kapcsolatban a számolás katalogizálása GLOWATZKY vezetésével megindult, azonban ebből csak részletek ismeretesek. A katalogizálást a Telefunken és a Standard kezdeményezte a Darmstadti Műszaki Főiskola közreműködésével, de azóta több más vállalat és szerv is bekapcsolódott.

Az üzemi paraméterek szerinti tervezés alkalmazásának egyik fontos területe előírt futási időfüggvénnyel rendelkező szűrők tervezése, melyek alkalmazásával a távíró torzítások csökkenthetők.

A berendezésekben előforduló alul- és felüláteresztő szűrők többnyire

enyhe előírású primitív szűrők, melyek használatával a kétféle tervezési módszer eredményében egyenértékű, a kevesebb számolási munka azonban a hullámparaméterek szerinti tervezés javára billenti a mérleget.

Az összes keskenysávú szűrők (kivéve a távíró szűrőket) egyetlen diszkrét frekvencia kiválasztására szolgálnak, illeszteni csak ezen az egy frekvencián szükséges azokat, így ezek célszerűen hullámszűrők.

A sávszűrők közül egyedül a távbeszélő és távíró csatorna sávszűrők tervezésekor mutatkozik előnyösnek az üzemi paraméterek szerinti tervezés. A BO 3/4 és a VT 24 berendezésekhez a csatorna sávszűrőket hullámszűrőként terveztük. Míg a távbeszélő csatorna sávszűrőinél továbbra is ezt az utat követjük, a távíró szűrőket a jövőben üzemi paraméterek szerint fogjuk tervezni. E döntésünket a következőkben indokoljuk.

A távbeszélő berendezés csatorna sávszűrőiben ferritmagos tekercseket és polystyrol dielektrikumú kondenzátorokat használunk. Így a 12–24 kHz-es frekvenciatartományban — azaz új berendezéseink előcsoportjainak frekvenciatartományában — olyan rezgőkörök készíthetők, melyeknek jósága 300-nál nagyobb. Pontos vizsgálatok azt mutatták, hogy a zárótartományt tekintve, a hullámparaméter eljárás alkalmazása nem vezet az elemszám növekedésére, különösen ha ezt az eljárást kibővítjük a primer és szekunder ütközési csillapítások figyelembevételével. Az áteresztőtartományban az egyik oldalon derivált féltag alkalmazásával pontos lezárást biztosítva, a másik paralel köthető oldalon olyan lezárást biztosíthatunk, hogy az ingadozás az áteresztőtartományban megengedett határok között maradjon. A szükséges lezárás kiválasztására sikerült aránylag egyszerű számítási módszert kidolgoznunk. Ennek az eljárásnak részletes ismertetése megtalálható RADVÁNY Jenő a Magyar Híradástechnika 1956. évfolyamának 6. számában megjelent „Hullámparaméterek szerint tervezett szűrők veszteség okozta csillapítástorzításának kiegyenlítése” c. cikkében. Az eljárás lényege a következő. Egy hullámszűrő sávszűrő alaptag T-oldali bemenetének hullámmellenállása a sávhatáron 0, a sávközépen maximum, a frekvenciaimpedancia síkon pedig fél ellipszisszerű görbét ír le. Ha a sávszűrő másik oldalát derivált illesztő taggal a praktikus áteresztősávban gyakorlatilag pontosan illesztjük, a szűrő primer bemeneti ellenállása e tartományban megegyezik a hullámmellenállással. A sáv közepén maximális, a sávszélek felé csökkenő ellenállást mutat. Ha a szűrőt a praktikus sávszélek közelében pontosan illesztjük, azaz a sáv közepén mutatkozó értékhez képest erősen aláillesztjük, az ütközés okozta csillapítás a sáv közepén maximum, a sáv szélei felé csökken. A szűrőveszteség okozta csillapítása a sávszélek felé a sávközépen mutatkozó értékhez képest növekszik. Megfelelő lezárás és megfelelő tekercsveszteségek esetén a két hatás egymást kiegyenlíti úgy, hogy kiváló átviteli minőségű áteresztőtartományt kapunk. A szűrő reflexiók csillapítása a primer hullámmellenállásment ismeretében könnyűszerrel számítható. A veszteségek okozta csillapítás számítására alkalmas

közelítő számításokat kapunk a következő, a gyakorlatban jól bevált közelítések alkalmazásával.

1. A veszteség hatását a reflexiós csillapításra elhanyagoljuk, és csak a hullámcillapítás veszteség következtében mutatkozó valós részét vesszük számításba.

2. Feltételezzük, hogy a szűrő összes alkotóeleme egyenlő mértékben veszteséges és a veszteségszög az egész áteresztőtartományban változatlan. Tekintve, hogy valóságban a tekercsekre az előbbi feltevés igaz, viszont a kondenzátorok a tekercseknél legalább egy nagyságrenddel jobbak, mind a tekercsek, mind a kondenzátorok azonosnak feltételezett veszteségszögét a tekercsek tényleges veszteségszögének felére vesszük fel. E feltételezéssel a veszteséges elemeket úgy tekinthetjük, mintha tiszta reaktanciák lennének, s a veszteségeket egy kis képzetes részt tartalmazó komplex frekvencia okozná.

Egy hullámszűrő féltag áteresztőtartománybeli hullámforgatás menetét könnyen felírhatjuk. Ha a hullámforgatásnak a körfrekvencia szerinti differenciálhányadosát megszorozzuk az előbbi módon meghatározott komplex frekvencia képzetes részével, megkapjuk a hullámcillapítás differenciálisnak tekinthető növekvényét, amely a hullámcillapítás veszteség okozta valós komponensét képviseli. Ha a veszteség okozta csillapítást tagonként kiszámítjuk és összegezzük, megkapjuk az egész hullámszűrő áteresztőtartománybeli veszteség okozta csillapítását. A különböző derivációs moduluszú tagokra a fenti függvény vonalsereges diagramban jól ábrázolható, az említett dolgozat e diagramok megszerkesztéséhez szükséges adatokat táblázatosan tartalmazza. Ugyancsak tartalmazza a cikk a különböző mértékű aláillesztéseknek megfelelő reflexiós csillapításokat is. Az ily módon számított csillapítások a gyakorlatban a valóságnak jól megfeleltek.

A sávszűrő fejlesztési munkálatait különben is a hullámparaméter szerinti méretezési eljárás tökéletesítésére összpontosítottuk. Az előbbieken ismertetett veszteségkiegyenlítési eljárás kidolgozásával egyidejűleg széles körben alkalmazzuk a „zick-zack” típusú sávszűrő láncokat is. A „zick-zack” szűrő olyan létrakifejtésű szűrőlánc, melynek mind a soros, mind a sönt kétpólusai csillapításpólusokat valósítanak meg. Ezt a szűrőtípust a svéd LAURENT vezette be, s azóta egyre inkább terjed. A megvalósítás előnyei, hogy vagy a tekercsek, vagy a kondenzátorok száma a szűrőben a klasszikus létrakifejtéshez képest csökken, a realizáló kétpólusok három elemből állnak és könnyen behangolhatóak. Gazdasági megfontolások alapján rendszerint a minimális számú tekercset tartalmazó kifejtést használjuk, ekkor a söntágak valósítják meg az alsó zárótartomány pólusait, a soros ágak pedig a felső zárótartományéit. A részünkről kifejlesztett és kifejlesztendő új berendezések csatorna sávszűrői kivétel nélkül ilyen típusúak.

A keskenysávú szűrők közül első helyen a pilotszűrők vannak. A háromcsatornás berendezés szűrői még éppen megvalósíthatók LC elemekből. Ezek



általában hídszűrők X- vagy áthidalt T-megvalósításban. A keskenysávú szűrők közül újszerű a háromcsatornás berendezés csengető szűrője, mely háromáteresztősávós sávszűrő; nem elemszám megtakarítás céljából, hanem, mert különben három, mindkét oldalon paralel köthető szűrőt kellett volna terveznünk.

Szükséges megvizsgálunk, hogy az üzemi paraméterek szerinti tervezés váltók esetén alkalmazható-e. Sajnos a CAUER és PILOTI részéről kidolgozott elmélet gyakorlatban nem igen alkalmazható. A legritkább esetben van szükség ugyanis kis keresztvezetési csillapítást mutató váltókra, pedig az ezen elmélet alapján tervezett váltók keresztvezetési csillapítása 0,7 N. Nagy keresztvezetési csillapítást mutató váltó nem tervezhető ily módon. Ebből következik, hogy a váltókat továbbra is hullámszűrőelmélet szerint kell terveznünk. A leggyakoribb ilyen szűrőtípus, melynek tervezése nehézséget okoz, a sokcsatornás légvezetékes vivőhullámú berendezések irány-, illetve vonalszűrői. Ezek a szűrők egy-egy párhuzamosan kapcsolt, alul- és felüláteresztő szűrőből állnak. A legnehezebben megvalósítható és legtöbb nehézséget okozó előírás egyrészt a vonal felé mutatott kis reflexió és az előírt kis torzítás. A 3- és 12-csatornás légvezetékes vivőhullámú berendezések alsó és felső iránya, valamint e két berendezés tartománya között az átmeneti tartomány oly kicsiny, hogy e szűrők elméleti áteresztőtartományának több mint 95%-át ki kell használnunk. Viszont a korszerű berendezésektől megköveteljük az áthallások elkerülése céljából, hogy a vonal felé 5%-nál kisebb reflexiót mutassanak, azaz a reflexiók csillapítás legalább 3 N legyen. Tekintve, hogy a vonal felé a vonal- és irányszűrők reflexiói összeadódnak, szükséges, hogy egy-egy szűrő vonaloldali reflexiók tényezője 2—3%-nál ne legyen nagyobb. Ezt az értéket a fent említett tartományban csak kétszeres derivált illesztéssel valósíthatjuk meg. Egymással párhuzamosan kötni már első derivált illesztésű szűrőket sem lehet. E problémát úgy szokás megoldani, hogy a két szűrőt  $\pi$  oldali derivált végződésel tervezzük, a párhuzamosan kötendő oldalon a derivált illesztő féltag sönt rezgőkörét elhagyjuk, és e hiányzó reaktív impedanciát a paralel kötendő szűrő bemenő impedanciájával és egy megfelelő paralel kötött reaktív kétpólussal, legtöbbször az átmeneti tartomány közepére hangolt soros rezgőkörrel pótoljuk. Második derivált tag esetében ez a módszer minden további nélkül nem alkalmazható, mivel itt három elemből álló kétpólus van paralel a szűrő végén. Ennek elhagyása után a szűrő még mindig söntölné bizonyos tartományban a vele paralel kötött szűrőt. A legcélszerűbb megoldás T-oldali deriváltak alkalmazása, melyeket nem a megszokott módon, hanem átalakított alakban valósítunk meg. Ez az átalakítás megtalálható RADVÁNYI László a Híradástechnika 1955. évfolyam 3. számában megjelent cikkében. Így a szűrők egy söntben fekvő soros rezgőkörrel végződnek, melynek elhagyása után a szűrők zárótartományában rezonancia nem mutatkozik és így az elsőfokú deriváltaknál megszokott módon járhatunk el.

Nehéz feladat a berendezések irány- és vonalszűrőinek linearitását biztosítani. A kongresszus egy másik, RADVÁNYI László előadása részletesen beszámol e követelményekről a vonalszerelvényekkel kapcsolatban. Az ottani megfontolások elsősorban e berendezések vonalszűrőire vonatkoznak, de részben az irányszűrők bemenetére is. Itt ugyanis az adásirány + 2, illetve + 3 N szintje találkozik a vételirány -5, - 6 N szintjével. Ha tehát rossz időjárás, főleg zúzmarásodás idején is legalább 6 N-rel a jelszint alatt akarjuk tartani a zajszintet, 13,7 N = 120 dB felhangcsillapítást kell teljesítenünk. Ez lehetlenné teszi az irányváltó első tekereseiben, ahol a magas adásszint jelentkezik, ferromágneses anyagok alkalmazását. Légmagos tekercek alkalmazásakor két megoldás között választhatunk, a hengeres és gyűrűs tekercek között. Mindkét tekerestípusnak (a gyűrűsnek lényegesen kisebb) aránylag nagy szórt mágneses tere van. Ezért e tekerceket mágnesesen árnyékolnunk kell egymástól, különben a köztük levő mágneses csatolás a szűrő működését felborítja. Régen erre a célra zárt rézbúrát használtak. Ez a megoldás megnövelte nemcsak a szűrők súlyát és árát, de mechanikai méretét is, mivel (különösen a hengeres vagy lapos méhsejt tekercsnél) a tekeres és az árnyékoló doboz fala között jelentős távolságot kell hagyni, nehogy a rézben keletkező jelentős örvényáramokkal okozott veszteségek tovább rontsák e tekercek különben is kicsiny jóságát. Ezen a helyzeten segíthetünk lágy ferrit anyagokból készült dobozok alkalmazásával. Igaz ugyan, hogy a ferrit dobozok részt vesznek kismértékben a bennük levő tekercek mágneses körében, és így torzítást is okozhatnak, de a tapasztalat szerint az említett torzítás követelmények aránylag kis dobozok alkalmazásával teljesíthetők úgy, hogy az ily módon készült szűrők méretei lényegesen a régi hasonló gyártmányok méretei alatt maradnak. Például a részünkről kifejlesztett 3/4 csatornás vivőáramú berendezés irányszűrőjének mérete a régi hasonló berendezés irányszűrőjének alig 1/4 része. Az irányszűrők belsejében a berendezés felé haladva a tekercek mágneskörében egyre inkább használhatók ferromágneses anyagok. Az adásoldalon azért, mert az itt keletkező és a másik irány frekvenciatartományába eső felhangok egyre inkább csillapulnak már magában a szűrőben, míg annak paralel kötött végéhez jutnak, a vételi irányban pedig azért, mert itt a szűrő a másik ág magas szintjét egyre inkább csillapítja. Célszerű a két végállomás és az erősítő állomások két oldala számára különböző szerkezetű szűrőt alkalmazni, mivel a vételoldalon a szűrő berendezésfelőli oldalán, a torzítás veszélye még kisebb, mint a másik ágban, ahol az adás magas szinten folyik.

Eddigi tapasztalataink azt mutatják, hogy a hullámszűrő-elv szerinti méretezés összes lehetőségei még mindig nincsenek kimerítve. Ugyanakkor azonban világszerte az üzemi paraméterek szerinti veszteségeket is figyelembe vevő méretezés tör egyre inkább előre. Mivel remélhetőleg rövidesen hazánkban is rendelkezésre áll elektronikus számológép, szükséges, hogy a programo-

zás kérdésével már most kezdjünk foglalkozni. Ugyanis a szűrőtervezés egyre inkább programozási feladattá válik.

A ferritek alkalmazásával az LC szűrők nagyon kis veszteségűvé váltak. Ahhoz, hogy a szűrők tulajdonságait nagyobb mértékben javítani lehessen, a körök  $Q$ -ját oly nagymértékben kellene javítani, melyre belátható időn belül nem számíthatunk. Mivel tisztán elektronikus, illetve kizárólag a kvarcokat tartalmazó szűrők nem váltak be instabilitásuk vagy nagy áruk miatt, azért az LC szűrőket kell továbbfejleszteni. Ennek egyik lehetséges módja a kvarcokkal vagy egyéb elektromechanikai rezgőrendszerekkel kombinált LC szűrő. Az egyes kritikus tartományokban ugyanis az átviteli tulajdonságok nem egyformán érzékenyek a különböző elemek jóságára. Elképzelhető, hogy egy hálózaton belül leválaszthatók olyan jóságra, illetve stabilitásra különösen érzékeny kétpólusok, melyek igen nagy  $Q$ -jú, stabilis kvarckristályokból készíthetők. Így olyan szűrőt kapunk, melynek átviteli tulajdonságai kedvezőek, ára azonban lényegesen kisebb, mint a tiszta kvarcszűrőé. Amilyen egyszerű a gondolat, olyan nehéz a gyakorlati keresztülvitele. Mindenesetre a világszerte folyó fejlődés irányából megállapítható, hogy a mesterségesen növesztett kvarcok alkalmazása ismét teret hódít.





# A VONAL TULAJDONSÁGAINAK HATÁSA AZ ÁTVITELTECHNIKAI BERENDEZÉSEKRE\*

RADVÁNYI LÁSZLÓ †  
BELOIANNISZ HÍRADÁSTECHNIKAI GYÁR

Vonalszerelvényekre akkor is szükség lehet, ha a vonalak a CCITT ajánlásait minden tekintetben kielégítik. Előadó a 12-csatornás légvezetékes berendezések zavartalan működtetéséhez szükséges vonalszerelvények működését és követelményeit tárgyalta. A vonalszerelvények célja a vonalvédelem, csatlakoztatás és káros csatolások csökkentése.

A vonalak védelmére túlfeszültség-levezetőket és villámvédőket kell alkalmazni. Igen hatásosak az újtípusú, izotóppal előfeszített nagyteljesítményű túlfeszültség-levezető csövek.

A vonalak és a berendezések csatlakoztatására átugrató szűrőket, illető transzformátorokat kell alkalmazni, de gyakran van szükség a bevezető kábelek pupinozására is.

Az áthallást okozó csatolások elhárítására nagyon pontos illesztéseket kell alkalmazni. Előadó részletesen tárgyalta a derivált tagokkal való illesztés módjait. A vonalpárok közötti csatolás csökkentésére hosszanti fojtótekerceket, esetleg áthallást elnyomó szűrőket kell beiktatni. Előbbiek úgy méretezendők, hogy hullámmellenállásuk a szórt kapacitások figyelembevételével a vonal hullámmellenállásával mennél jobban megegyezzenek. Az ugyanazon oszlopsoron működtetett 3-csatornás rendszerekbe gyakran tetőszűrőket kell iktatni, amelyek csillapítástorzítását külön kiegyenlítőkkal kell kompenzálni.

Az előadáshoz GRECK Zoltán, VARJU Ferenc és GYURMÁN Jenő szóltak hozzá.

\* Az előadás kivonata.





# CROSS-BAR TÍPUSÚ TÁVBESZÉLŐ RENDSZEREK BEVEZETÉSÉNÉL FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK

KOZMA LÁSZLÓ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, VEZETÉKES HÍRADÁSTECHNIKAI TANSZÉK

## I. Bevezetés

Számos posta- és telefontársaság kerül azon feladat elé, hogy döntsön a jövőben alkalmazandó új telefonrendszerrel illetően. Ez a döntés — a következményekre való tekintettel — rendkívül súlyos, mégis a döntést megkönnyíti egynéhány körülmény. Irodalmi ismertetésekből és helyszíni tapasztalatokból ma már rendelkezésünkre állanak azon országok álláspontjai, ahol az utóbbi években új telefonközpont rendszereket vezettek már be. Elősegíti a döntést továbbá az is, hogy a KGST ezeket a tapasztalatokat összegyűjtve, egyeztetve és értékelve olyan határozatokká formálja át, amelyek irányadók lesznek a résztvevő országok számára.

Ha a szakirodalom idevágó cikkeit olvassuk, tapasztalhatjuk, hogy a cikkek nagy százaléka a különböző Cross-bar típusú központokkal, másik része pedig fél- vagy egészen elektronikus távbeszélő berendezésekkel foglalkozik. Kétségtelen, hogy ma az ezekkel a rendszerekkel kapcsolatos problémák állanak az érdeklődés homlokterében, azonban ebből helytelen lenne arra következtetni, hogy ezek a cikkek egyidejűleg visszatükrözik az érdekelt iparágak aktivitását is. A helyzet ugyanis az, hogy az európai telefontársaságok továbbra is túlnyomó többségben gyártják a klasszikus — elektromechanikai elveken működő — súrlódókefés kapcsológépeket, és az ezeket alkalmazó telefonközpontokat.

Igaz ugyan, hogy a Cross-bar rendszer az Amerikai Egyesült Államokban a második világháború után erősen tért hódított és úgy tudjuk, hogy nagy városaikban a telefonhálózatokat ma már kizárólag Cross-bar rendszerben fejlesztik tovább. Ezzel szemben pl. az Európában leginkább elterjedt Ericsson-féle Cross-bar telefonközpontok fejlődési statisztikája a következő:

Év	Teljes produkció (vonal)	Cross-bar rendszerben	%-ban
1954.....	226 000	22 000	10
1955.....	267 000	57 000	21
1956.....	312 000	84 000	27
1957.....	330 000	120 000	36

A többi európai telefongyár Cross-bar rendszerei tulajdonképpen még kísérleti állapotban vannak. Így pl. az antwerpeni Bell Telephone Gyár ME (8A) mechano-elektronikus Cross-bar típusú központjának még csak egy 2000 vonalas prototípusa került üzembe 1956-ig. Mix és Genest dolgozott ki egy nagy kapacitású Cross-bar gépet és hozzá olyan áramköri megoldást, amellyel biztosítja a Siemens-rendszerbe való beilleszkedést ennek elvi megváltoztatása nélkül. Sem ennek, sem a párisi telefongyárak által együttesen kidolgozott Pentaconta rendszernek számottevő elterjedéséről nincs tudomásunk.

Európában a telefonelőfizetők száma az utolsó 10 év alatt kerekén 10 millióval növekedett és csak talán az utolsó 1957-es évben érhatték el a Cross-bar típusú berendezések a teljes évi produkció 10%-át.

Ez a helyzet azt az álláspontot támasztja alá, hogy tulajdonképpen még van idő az alapos megfontolásra, tapasztalatok gyűjtésére és nem kell kapkodva dönteni. Nem lehet azt állítani, hogy Cross-bar vonalon ma már lenne véglegesen kialakult álláspont. A kapcsológép konstrukciójának, ív-pont kapacitásának, működtetési módjának nincs végleges alakja, és az elképzelések magának a rendszernek felépítését illetően ugyancsak szerteágazók. Megnehezíti a tájékozódást az is, hogy nehéz szétválasztani a propagandát a tényektől. A műszaki cikkeket legtöbbször azok írják, akik gyártó cégekhez tartoznak, és így legtöbbször egyoldalúan beállítottak. A felhasználók ismertetései tárgyilagosabbak szoktak lenni, azonban gyakran itt is találkozunk részrehajló beállításokkal, különösen akkor, ha korábbi elhatározásokat vagy döntéseket akarnak megindokolni.

A Leningrádban 1957 februárjában tartott KGST telefontechnikai szakértők értekezlete azt a döntést hozta, hogy a szocialista tömb országokban a jövő telefonrendszere Cross-bar típusú lesz, a lehetőség szerint elektronikus vezérléssel. Ezt az elvi döntést követően az idevonatkozó megbeszélések azóta folytatódnak, és a műszaki követelmények kidolgozásán munkálkodnak.

## II. Általános szempontok

Ma már sokféle Cross-bar típusú kapcsológépet ismerünk. Valamennyit az jellemzi, hogy nemesfémből készült, pontszerű érintkezői vannak és a működtetésükhöz szükséges mechanikai munka redukálódik jelfogó jellegű elmozdulásokra. Általánosan elterjedt alaptalan nézet, hogy a Cross-bar típusú gépek többszörösen kihasználható kapcsoló szerkezetek lennének. A Cross-bar kapcsológép nem más, mint egy kisebb gépekből — ún. függőleges egységekből, más konstrukcióknál másfajta egységekből — összeállított komplexum, és az ilyen egységek egyidőben csak egy kapcsolást tudnak továbbítani.

A Cross-bar gépek jellegéből két fontos következmény rögzíthető:

1. A jelfogó jellegű érintkezők drágábbak, mint a súrlódókefés ívcsúcs megoldások.

2. A Cross-bar típusú gépek sokkal gyorsabban működnek, mint bármilyen súrlódókefés gép.

Az első következmény szükségessé teszi vagy olcsóbbfajta érintkezőket biztosító konstrukció kialakítását (pl. csupasz huzalok alkalmazása), vagy pedig olyan kapcsolási módot kell kidolgozni, amelyiknél az egy kapcsolásra jutó multiplifikációs pontok száma gazdaságosnak minősíthető mértékűre csökkenthető. A nagy ívkapacitású — pl. 100 pontos — kapcsológépek ún. „egyenes” kapcsolásban ma még sokszor sikerrel igyekeznek tartani pozíciójukat a kétségtelenül bonyolultabb link kapcsolású rendszerekkel szemben. Az ilyen nagy kapacitású Cross-bar gépek tervezői arra hivatkoznak, hogy feloldják a link kapcsolások merevségét a csoportosításban, és az áttekinthetőség biztosításával megkönnyítik a karbantartást.

A kapcsológépek gyors működésének következménye, hogy az áramkörü funkciókat igen eredményesen lehet koncentrálni közös áramkörökben, mert ezeknek tartási idejük igen kicsi, és éppen ezért kevés kell belőlük. Vagyis a lényeg az, hogy a gyors működés következtében kevesebb közös áramkör kell, és ennek ellenértékeképpen szabad a kapcsolómezőnek bizonyos mértékben megdrágulnia — amely drágulás jelen esetben jobb minőségben jelentkezik — anélkül, hogy ezáltal az egész központi berendezés ára változnék.

A Cross-bar rendszerű központokban a különböző közös áramkörök — regiszterek, markerek, transzlátorok — tartása olyan rövid, hogy gazdaságosan lehet elhelyezni ezekben az áramkörökben mindazokat a szerelvényeket, amelyek különböző rendszerű telefonközpontok együttműködését biztosítják. Ugyancsak a közös áramkörök teszik lehetővé a számjegyeknek gyors — kódolt formában való — küldését egyik központból a másikba. A transzlátor használata biztosítja, hogy nagyobb városok telefonhálózatát egyszerű módon lehet gazdaságosan kialakítani; ugyancsak ez az áramkör teszi lehetővé, hogy különböző közhasznú szolgáltatásokat (mint pl. tudakozó, időjárás-jelentés, pontos idő bemondó stb.) egyszerű eszközökkel lehet koncentrálni egy nagyobb hálózat egyik központjában. A közös áramkörök használata teszi lehetővé a központ működésének állandó ellenőrzés alatt való tartását, fontos statisztikai adatok felvételét, önműködő hibajelzést és hibafeljegyzést, valamint sok minden mást, ami a karbantartást és általában az egész üzemet olcsóbbá teszi.

### 1. *Előválasztók és híváskereső problémája*

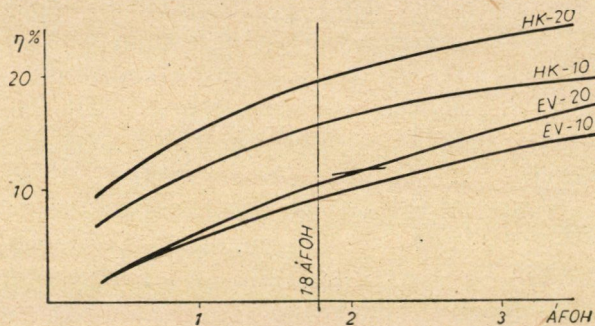
A Cross-bar típusú központban a legjobban megfontolandó körülmény az, hogy milyen megoldást alkalmazzunk híváskoncentrációra és vonalválasztásra. Ezek az áramkörök teszik ki a központi berendezésnek felét vagy még többjét. Az előfizetőket mindenesetre úgy kell csoportosítani, hogy valamilyen logikus, lehetőleg decimális elrendezésben legyenek, egyébként pedig az áramkörök a forgalmat a szokásos veszteségi számok mellett bonyolítsák le.



Kétféle megoldás ismeretes: az előválasztós és híváskereső. Tulajdonképpen a világon létező valamennyi telefonrendszert fel lehet osztani e két csoportba. Lényeges különbség az, hogy míg a jelenlegi központokban a különböző célokra többféle kapcsológépet alkalmaznak, addig a Cross-bar-féle rendszerekben minden feladatot egyféle géppel oldanak meg.

Az előválasztás azt jelenti, hogy minden egyes előfizető kap egy függőleges egységet, és kapcsolatba kerülhet a gép kapacitásától függően 10 vagy 20 linkkel. Azután annyi függőleges egységet kapcsolunk párhuzamosan, amennyi összehozza a 10, vagy 20 link számára szükséges forgalmat. Az amerikai 5-ös számú Cross-bar rendszer ilyen előválasztós megoldású.

Híváskeresők használata esetén a linkeket kapcsoljuk a függőleges egységekre, az ívpontokra pedig az előfizetőket, és azután annyi ilyen egységet



1. ábra

kapcsolunk párhuzamosan, amennyi szükséges a 10, vagy 20 előfizető kétirányú forgalmának lebonyolítására. Ezekben a kapcsolásokban általában elég kis hatásfokot lehet elérni a kapcsológépek számára, mindenesetre azonban mind a 10, mind a 20 ívpontos híváskereső hatásfoka lényegesen nagyobbra adódik ki, mint az előválasztóké. Az 1. ábra a függőleges egységek hatásfokának növekedését mutatja a kezdeményezett forgalom nagyságának függvényében.

Természetesen ezek a görbék nem fejezik ki egyidejűleg a kapcsolóberendezés árát is. A 10-es kapacitású gépek keresztpontjai olcsóbbak, mint a 20-asé, azonkívül figyelembe kell venni a kapcsolási rendszer számára szükséges mágnesek értékeit is. Az I. táblázaton összeállítottam egy 200 előfizetőt kiszolgáló keret különböző lehetséges megoldásainak összehasonlító adatait oly módon, hogy egy mágneset 8 db 4 rugós keresztponttal vettem egyenértékűnek, 8 rugós keresztpontot 1,6-szer értékeltem drágábbnak a 4 rugósnál, és az összehasonlítás teljessége kedvéért figyelembe vettem egy 100 ívpontos Cross-bar típusú gép adatait is, annak feltételezésével, hogy egy keresztpont 16 rugója háromszor annyiba kerül, mint egy 4 rugósé.

## I. táblázat

Egy 200-as kapacitású keret  $2 \times 13,3$  E forgalom lebonyolítására  
(Kezdeményezett forgalom per előfizető 2 ÁFOH)

Kapcs. mód	Függőleges egys. kapacitás	Függ. egységek száma	Kereszt- pontok száma	Mágnesek száma	%-os viszony	Alkalmazva
EV link .....	10	270	2700	410	125	USA
EV „ .....	20	250	3000	550	192	—
HK „ .....	10	160	1600	320	88	Svéd Posta
HK „ .....	20	130	1560	286	100	Ericsson
HK direkt .....	100	52	1560	172	126	Mix- és Genest

Nyilvánvaló, hogy ilyen összehasonlítás nem lehet pontos, azonban mégis kitűnik belőle, hogy a híváskeresős megoldások általában olcsóbbak, mint az előválasztósak. Sok szempontot nem lehetett figyelembe venni, így pl. azt, hogy a 100 pontos gépeknél a keresztpontoként elhelyezendő nagyszámú rugó milyen konstrukciós és szerelési nehézségeket fog okozni, és hogy a megnövekedett méretek miatt a kapcsolórudak és mágnesek árai mennyivel növekednek.

A 10 és 20 pontos híváskeresős megoldások között döntő körülmény lehet az, hogy 20-as kapacitású gépek használata esetén nagyobb csoportokat lehet képezni, és így a multiplikációt kevésbé kell felaprózni.

Az előválasztónak előnye lenne, hogy a függőleges egység kapcsoló mágnesese egyidejűleg a hívó előfizetői áramkör választó-jelfogója is lehet, ami valamelyes megtakarítást jelent. Ennek a megoldásnak azonban hátránya az, hogy egyazon előfizetőre egyidőben csak egy link csatlakoztatható, mert ha a függőleges egység mágnesese egyszer már meghúzott, akkor egy másik állásban az érintkező rugók nem működtethetők. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy előválasztós megoldás esetében nem lehet interurbán hívást felajánlani, és azután meglevő helyi beszélgetést erőszakosan bontani, holott ezek a jellegzetességek ma — különösen Európában — még szükségesegek.

Ericssonék a 20 ívpontos híváskeresős kapcsolást alkalmazzák s minthogy 20 előfizető esetében forgalmi meglepetésektől lehet tartani, ezért ők ún. transpositios kapcsolást vezettek be. Ennek az a lényege, hogy a híváskeresőket két alcsoportba osztják, és az előfizetőket a két alcsoport gépeihez különböző kombinációkban csatlakoztatják. Így ezután egy pl. nagyforgalmú előfizető nem 19 másik előfizetővel képez egy csoportot, hanem 38-al, és ily módon a híváskeresők forgalma kiegyenlítettebbé válik. A transpositiot úgy lehet tekinteni, mint a lépcsőzéses kapcsolások egyik változatát. Ericssonék a méretezésnél nem is 20, hanem 40-es előfizetői csoportokkal számolnak. Az I. táblázat megszerkesztésénél ezt a transpositioból szereshető előnyt nem vettem figyelembe.

Minthogy valószínű, hogy 100 pontos Cross-bar típusú kapcsológép nehéz gyártási követelmények teljesítését támasztja, számunkra jelenleg a 20 ívpon-

tos híváskereső megoldás link-kapcsolásos szerkezetben látszik a legalkalmasabbnak.

## 2. A markerek átfogása

Egy marker áramkör működésileg átfoghat 1, 2 vagy több kapcsolási fokozatot.

1 fokozat átfogása esetén a marker áramkör egyszerű marad, és bizonyos számú meghatározott kapcsológéphez van hozzárendelve. Az ilyen marker áramkör megkapja valahonnan — pl. egy regiszterből — a kívánt irányra jellemző számjegyet, lehetőleg kódolt formában, amelynek alapján kiválaszt egy szabad továbbmenő áramkört a kívánt irányban. Már most elképzelhető, hogy a következő kapcsolási fokozatban a hívás blokkírozás miatt fennakad, mert az ott bemenőnek számító vonalat link vagy trunk hiánya miatt nem lehet továbbkapcsolni, holott létezik egy másik vonal vagy áramkör ugyanabban az irányban, amelyet az előző fokozat markere ugyancsak lefoglalhatott volna, és amelynek viszont lenne folytatása a következő fokozatban. Ha tehát a marker mindkét kapcsolási fokozatot átfogná, akkor a választást a két fokozatban egyidejűleg tudná elvégezni, és az említett eset nem fordulhatna elő. A blokkírozás valószínűsége tehát csökken, ha a marker több fokozatot fog át. Ennek ára a marker áramkörök terjedelmének és bonyolultságának növekedése.

Az amerikai Cross-bar rendszerekben, elsősorban az 5-ös számúban, a markerek az egész központot átfogják az előfizetői vonalak és a különböző központokba kimenő átkérő trunkök között. Ilyen marker áramkör kb. 5 m<sup>2</sup> szerelési felületet foglal le, és több mint 1000 jelfogót tartalmaz. Egy 10 000 előfizetős központnak már csak 7–8 ilyen áramkörre van szüksége.

A markereket mindig várakozásos üzemre méretezzük. Egy marker tartási ideje 0,3–0,6 mp hívásonként, és így gyakran fordul elő, hogy a szükséges pillanatban a marker éppen foglalt. Ilyenkor a kapcsolat várakozásra kényszerül, ez a várakozási idő — abszolút értékben véve — igen rövid, és függvénye a marker terhelésének.

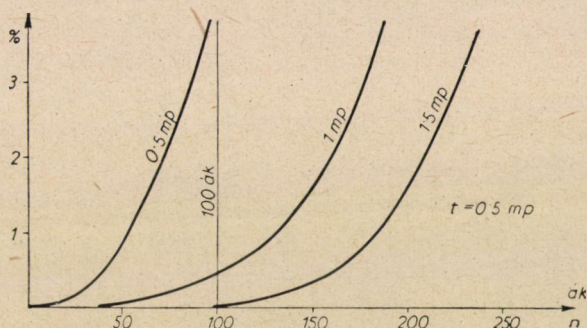
A 2. ábrán bemutatom azokat a várakozási időket, amelyek 1 fokozatú marker áramkörök esetében jelentkeznek 0,5 mp-es tartási idő mellett. Az „n” jelenti a kapcsoló áramkörök számát, amelyeket egy marker szolgál ki. Az 1 mp-es görbe azt mutatja, hogy a hívásoknak hány százaléka — az ordinátán feltüntetett értékek szerint — lesz kénytelen 1 mp-nél hosszabb ideig várni. Egy 100 áramkörös egységnek 1 markert adva a hívásoknak 0,4%-a fog 1 mp-nél tovább várni, és kb. 4%-a kényszerül 0,5 mp-nél hosszabb várakozási időre. Egy kapcsoló áramkör teljesítményét 0,6 erlangra tételeztem fel.

Irodalmi adatok szerint az amerikai marker áramkörök tartási ideje 0,35 mp körül van. 10 000 előfizetős és előfizetőnként 1,5 ÁFOH-os kezdeménye-



zett forgalmú központnak ily módon kb. 40 000 hívása van a forgalmas órában, mindkét irányt figyelembe véve. A teljes terhelés 4 óra és 8 markert feltételezve, ez markerenként 50%-os igénybevételt jelent. A kalkuláció ez esetben azt eredményezi, hogy a hívásoknak kb. 1,5%-a fog várni 1 mp-nél hosszabb ideig.

Míg az amerikai rendszerben egy 10 000-es központnak 8 marker áramköre van, addig az 1 fokozatot átfogó markereket tartalmazó központban a markerek száma 80–100-ra felmehet. Nem biztos, hogy a 8 marker áramkör ára kisebb a 80 db kis marker áránál. A kis markerek óriási előnye az egyszerűségük; karbantartásuk nem igényel különösebb műszaki felkészültséget, és egyetlen marker kiesése nem okoz jelentős csökkenést a központ forgalom-bírásában. Az amerikai markerek, éppen jelentőségükre való tekintettel, igen gondosan készülnek, és hibák nagyon ritkán fordulnak elő. Azonban éppen ebből



2. ábra

következik, hogy a karbantartóknak nincs gyakorlatuk marker hibák keresésében, és ha egyszer egy hiba mégis előfordul, akkor azt nehezen tudják behatárolni.

Európában általában olyan tendencia mutatkozik, amely inkább a csökkentett méretű markereket részesíti előnyben. Ilyen markerekkel dolgoznak az ismertebb európai Cross-bar rendszerek: az ME, a Mix- és Genest, Ericsson, Pentaconta stb. Ezt a tendenciát helyesnek kell elfogadni, különösen addig, amíg a markerek szerkezeti elemei főként elektromechanikus jellegűek. Ha majd később a marker áramkörök elektronikus elemeket is fognak tartalmazni, akkor elképzelhető, hogy a nagyobb átfogású markerek alkalmazása — minden hátrányuk ellenére — előnyösebbnek fog bizonyulni. Elektronikus markerek esetében már fontos szempont lesz, hogy a Cross-bar kapcsológépeknek mennél kevesebb és minél kisebb wattfogyasztású mágneses legyen, mert az elektronikus vezérlő elem és a kapcsoló mágnes közé a teljesítmény differencia miatt valamilyen erősítő áttételre lesz szükség. Mindeztől függetlenül azonban ott, ahol gazdaságosnak bizonyul, lehet már most is 2 fokozatot átfogó markereket

bevezetni. Így pl. a Svéd Posta rendszerében az utolsó csoportválasztónak és az előfizetői keret vonalválasztós részének közös markere van.

A mi műszerész gárdánk mentalitásának jobban megfelelnek az egyszerűbb áramkörök, mert ezekhez hozzászoktak a Rotary típusú 7 DU-rendszerben. A számunkra szóbajövő export területeken is idegenkednek a nagy markerektől. Ideális megoldás lenne, ha az amerikai 5-ös számú Cross-bar központ kapcsolási mezejét két csoport markerrel lehetne megoldani. A KGST illetékes szekciójának eddigi határozatai azt az utat jelölték meg, amely majd elektronikus markerekhez vezet, a műszaki követelmények részletes kidolgozása azonban még folyamatban van.

### 3. Regiszterek használata

A regiszterek kérdése nálunk már régóta eldöntöttnek tekinthető és világviszonylatban is már annyit írtak róla, hogy én itt csak ismételtetni tudnék. Azonban a nyugatnémetek legújabb törekvéseiről mégis szeretnék néhány szót szólni.

Siemensék, Mix- és Genesték (sőt még Ericssonék is) kísérletet tesznek regiszter nélküli Cross-bar központok megvalósítására, minden bizonnyal nem azért, mert kétségbe vonnák a regiszterek nyújtotta előnyöket, hanem mert szeretnék elkerülni a vegyes regiszter nélküli léptető és regiszteres Cross-bar hálózatokat, amelyekben az összehasonlítás — a regiszteres részek javára — számukra nem lenne kellemes. Közben hivatkoznak tradíciókra, a karbantartó személyzet megszokottságára és hasonlókra.

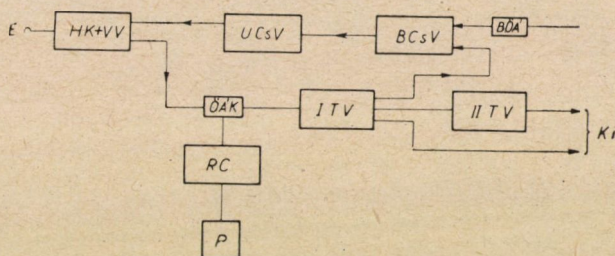
Mix- és Genest Cross-bar rendszerére jellemző, hogy 100 pontos Cross-bar gépeket alkalmaz, és regisztereket nem használ. Ez tulajdonképpen két egymástól független kérdés, mert elképzelhető, hogy link kapcsolású fokozatokat is lehet működtetni regiszterek nélkül, mint ahogy a 100 pontos Cross-bar gépeket lehet alkalmazni regiszterekkel kapcsolatban is. Azonban regiszterek nélkül az elkerülhetetlenül szükséges markerek nem kódokat, hanem impulzus-sorozatokat kapnak, és ezért a markerek a megszokott formában nem használhatók. A számjegyeket jelfogókon kell fogadni — ahogyan pl. azt Ericssonék teszik a Helsinkiben felállított kísérleti III. CsV kereten — vagy pedig egy speciális 10 lépéses számjegyző jelfogót kell alkalmazni minden egyes áramkör számára, ahogyan azt Mix- és Genesték teszik. Mindkét megoldás elkerülhetetlenül drága; az említett link kapcsolású helsinkii kereten, amely 100 db 100 ívpontos gépnek felel meg, a marker az impulzus fogadására és a marker bekapcsolásának elvégzésére több mint 400 jelfogót tartalmaz. Hasonló kapcsolás számára Mix- és Genestéknek 100 db számjegyző jelfogóra van szükségük.

„Regiszterekkel vagy nélkülük” kérdés ma már úgy állítandó fel: használunk-e közös áramköröket vagy sem. Ma már túlhaladott álláspont az, hogy Cross-bar gépekkel kapcsolatban csak regisztereket használjunk. A Cross-



bar gép sokkal gyorsabban működik, semhogy működtetését meg lehetne csak regiszterekkel gazdaságosan oldani, hanem szükség van markerekre és esetleg translátorokra. A közös áramkörök használata éppen azért lesz előnyös, mert a Cross-bar gépek gyorsan működnek, és vezérlésükhöz nincs szükség 60 W körüli teljesítményekre, mint pl. a léptetőszerekben.

A regiszter tartási idejét a hívó előfizető részéről szükséges tárcsázási idő határozza meg, és a regiszter az egyes választásokat csak akkor kezdeményezi, amikor a számjegy beküldés megfelelően előrehaladt és csak azután veszi igénybe a markert. A nyugatnémetek megoldásánál a regiszterek tulajdonképpen fel vannak parcellázva és minden egyes 100-as kapacitású függőleges egység kap egy kis regisztert, nevezetesen a már említett számjegyző jelfogót. A marker áramkör működésére viszont szükség van, tehát minden kapcsolási foko-



3. ábra

zatnak — valószínűleg minden keretnek — van egy közös marker áramköre, amely bár várakozásos alapon működik, mégis el kell végeznie a feladatát két egymásután következő számjegy sorozat közti szünetben. Mix- és Genesték tehát megdrágították a kapcsológépet érintkezési minőségi javulások érdekében, viszont nem élnek a regiszterek nyújtotta előnyökkel, és a markereket szigorúbb feltételek mellett működtetik, mint az Ericsson központ esetében. A markerek ilyen formában való felhasználása nem teszi lehetővé azoknak a speciális vizsgálatoknak az elvégzését, amelyek a Cross-bar rendszerek nagy vonzóerejét adják.

A regisztereknek, markereknek és egyéb közös áramköröknek fokozott alkalmazása teszi lehetővé, hogy gazdaságos együttműködés valósítható meg bármilyen más telefonrendszerrel. Az együttműködéshez szükséges műszaki követelmények teljesítése néhány közös áramkörnek válik feladatává, és a Cross-bar gépek rövid kapcsolási ideje lehetővé teszi közös áramkörök felkapcsolását — ha szükséges — két számjegy közti szünetben. Ismert körülmény továbbá, hogy a közös áramkörök tartási ideje rövid, ezért kevés kell belőlük.

A Rotary és Cross-bar rendszerek között az együttműködés könnyen megvalósítható, amire számos példa van, így az USA nagy városaiban vegyesen használnak Panel és Cross-bar típusú központokat. (A Panel-rendszer áram-



körei igen hasonlóak a Rotaryban használtakéhoz.) Kopenhágában 1956 végén a helyzet az volt, hogy 25 db — 210 000 előfizetőt befogadó — 7 A<sub>1</sub> és 7 A<sub>2</sub> típusú központ mellett 10 db — 56 000 előfizető bekapcsolására alkalmas — Cross-bar típusú központ volt üzemben. A 3. sz. ábrán látható ilyen Cross-bar típusú központ kapcsolási diagramja.

### III. Távválasztással kapcsolatos igények kielégítése

Nem említve azt az önmagában is fontos tény, hogy a nemesfém érintkezők átviteltechnikai szempontból milyen jelentős minőségi javulást hoznak, itt most csak két szempontra szeretném felhívni a figyelmet a Cross-bar típusú helyi központoknak a távválasztással kapcsolatos hatására.

A távválasztással összefüggésben egyik nehéz probléma a helyi regiszterek befogadó képességének növelése az interhívások számjegyeinek tárolására. Pl. nálunk a vidéki városok helyi központjainak számozása négy számjegyű, az automatikus interhívások pedig hét számjegyűek lesznek. Az előfizetői távválasztásra tekintettel valamennyi helyi regisztert hét számjegy befogadására kellett előkészíteni. A Cross-bar gépek gyors működése lehetővé teszi, hogy a helyi regiszterek számjegy kapacitása megmaradjon a helyi számozás által megkívánt mértékben, és az első két számjegy vétele után — ha a regiszter már tudja, hogy automatikus interhívást kezdeményeztek — a helyi regiszter behív egy kiegészítő regisztert, amely Cross-bar gépeken keresztül azonnal bekapcsolódva, felveszi az utolsó — a helyi regiszterbe már bele nem férő — számjegyeket. Egyébként az is elképzelhető, hogy a kiegészítő regiszter már maga az interközpontban levő transzlátor, amelybe tehát az utolsó számjegyek már közvetlenül mennek.

A másik nagy probléma a távválasztás bevezetések az azonosítás szokott lenni. Bár igen helyesen a kisebb értékű interhívások díjelszámolását többszörös zóna-idő számlálással lehet elintézni, mégis drágább interösszeköttetések számára kívánatos beszédjegy nyomtató gépeket alkalmazni, különösen akkor, ha ez olcsón oldható meg. Az ilyen beszédjegy nyomtatógépek centralizálva vannak a göcök középpontjában, és ideális csoportokat képezve jó a hatásfokuk. E gépek számára azután szükséges valamilyen azonosító berendezés a helyi központokban a hívó előfizetők azonosságának megállapítása céljából.

A Cross-bar gépek gyors működése itt is nagy segítséget jelent. Egy 10 000 előfizetős központban, amelyben a kezdeményezett 1,8 ÁFOH-os forgalomnak 10%-át tételezzük fel interhívásnak, és ennek harmadrésze szükségel azonosítást, óránként 600 azonosításra van szükség, amit 1 áramkör el tud látni. Kiszámítható, hogy ha egy azonosítást be lehet fejezni 1 mp alatt, akkor a hívásoknak csak 0,5%-a lesz kénytelen 1 mp-nél tovább várni azonosításra. Ha 1 áramkör végzi az azonosítást, akkor megszűnnek az indítással kapcsolatos nehéz problémák, egyszerűsödik az azonosító áramkör felkapcsolás.

lása, nincs duplatalalat, a számjegyek továbbítása kódok formájában az interközpont felé bármelyik éppen szabad intertrunkön keresztül szintén egyszerűen oldható meg.

Még egyszerűbbé válik az azonosítás, ha ez a helyi regiszterek — illetve a kisegítő regiszterek (ha ilyenek vannak) — bevonásával történik. Minden interhívás esetén a helyi regiszter kéri az azonosítást, amit megkap a 3-ik számjegy vétele után, tehát amikor már tudja, hogy interhívást közvetít, mégpedig kódok formájában több párhuzamos vezetéken keresztül. A regiszter a hívó fél számjegyeit a későbbiekben átküldi a translátornak, természetesen szintén kódolt formában, mihelyt befejezte a hívott fél számjegyeinek továbbítását.

Az ilyen azonosítást igénybe vehetjük CLR hívásokon is, behívható továbbá különleges esetekben pl. karbantartás céljaira, állandó hívások, rossz-akarató hívások stb. azonosítására.

#### IV. Következtetések

Az eddig elmondottak tükrében a következők rögzítésére van lehetőség. Természetesen hangsúlyoznom kell, hogy ezek a konklúziók semmiféle hivatalos álláspontot nem képviselnek. Mint említettem, a KGST idevonatkozó határozatai még csak kialakulóban vannak.

1. A híváskereső megoldás a mi céljainknak jobban megfelel, mint az előválasztós.
2. A 20 pontos kapacitású, függőleges egységekből álló Cross-bar gépnek link kapcsolásban való felhasználása látszik számunkra legalkalmasabbnak. A függőleges egységek számát 1 Cross-bar gépen belül a forgalmi adatok szabják meg és ezért a kivitelezésben bizonyos rugalmasságra van szükség, hogy ne kelljen rászorulni a multiplikációnak Ericsson-féle felaprózására.
3. Az egy fokozatot átfogó marker egyszerűségénél fogva jobban megfelel a mi karbantartó személyzetünk beállítottságának, mint az egész központot átfogó marker. Az ezáltal keletkező — blokkrozás okozta — veszteség elhanyagolhatóan kis értéken tartható, ha a linkeket bővebben méretezzük. Egyébként igen valószínű, hogy sok szempontból kielégítő megoldást tudnának biztosítani a két fokozatot átfogó markerek.
4. A regiszterekkel nyújtott előnyök nem vitathatók. Ez a záloga a Rotary és egyéb rendszerekkel való együttműködés gazdaságosságának, bármilyen ívkapacitásúak legyenek a kapcsológépek és bármilyen kapcsolási diagram szolgáljon a központ felépítésének alapjául.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

### BALÁS ÁRPÁD:

Az Ericsson Gyár termelési adatai szerint a gyár kb. 100 000 vonalas termelésfejlődése teljes egészében a Cross-bar rendszerű központok területére esik. A klasszikusnak mondható 500-as Rotary központ termelés viszont az évi 210 000 vonalszám körül mozog. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az utóbbinak visszafejlesztése megkezdődött. Az előadásban ismertetett országokon kívül Japánban, Olaszországban és Jugoszláviában is folyik már a Cross-bar rendszerű központok gyártása. Az új központrendszer előretörése már olyan mértékű, hogy annak okait nem lehet a műszaki divatnak tulajdonítani, hanem azt a gazdasági előnyökben kell keresni.

Postai szemszögből vizsgálva ezt a fejlődést, mielőbb szükség lenne az új rendszer sorozatgyártásának bevezetésére. Ha csak a budapesti központi hálózat helyzetét tekintjük, ahol a közeli években kell pár új főközpont építését, a mellékközpont hálózat átalakítását és esetleg a 7 A-1 központok kicserélését megkezdni, nem mindegy az, hogy ezeknek a nagy munkáknak beindításánál az új útra térünk-e vagy sem. A gazdasági és szolgáltatási tekintetben várható előnyökre való tekintettel a Cross-bar rendszer bevezetését mielőbb tető alá kellene hozni.

Korábban én az egységenkénti vezérlés, tehát az egyszerű Cross-bar megoldás mellett álltam azzal az indokolással, hogy annak a rendszernek fenntartása remélhetőleg egyszerűbb. Most, hogy egyre többet és többet foglalkozom a Cross-bar kérdéssel, és azt főleg a postai szolgáltatások szempontjából vizsgálom, mindinkább a nagy csoportokat átfogó vezérlés hívévé váltam, és azt hiszem, azé a jövő. A forgalomváltozással szembeni rugalmasság, a PBX kialakítás korszerű követelményei, a link és más áramkörök nagyobb forgalmi teljesítménye, a hívó azonosítása, a rosszakaratú hívást kezdeményező állomás blokkírozása, a hibajelzés és több más új szolgáltatás olyan kielégítő megoldását lehet a nagy csoportot átfogó marker rendszerrel elérni, amelyért szabad a karbantartás beindításánál némi nehézséget és a beruházásnál többlet-költséget vállalni. Hogy a posta személyzete milyen berendezést tud fenntartani, elsősorban gyártási kérdés. Ha a gyártmány gazdaságilag és műszakilag kifogástalan megoldású, az ahhoz felhasznált anyagok minősége megfelelő, és a berendezés élettartamát befolyásoló gyártási eljárásokat lelkiismeretesen választják és betartják, a karbantartás postai vonalon három, lényegileg adminisztratív feladattá zsugorodik, amely a személyzet képesség szerinti kiválasztásából, a megfelelő minőségű és időtartamú kiképzéséből és a bérézés kérdésének megoldásából áll. Még a legkomplikáltabb Cross-bar központrendszer fenntartásának feladata is megoldható, ha az olyan gazdasági alapokra támaszkodhatik, mint amelyet a fenntartó személyzet létszámának nagyságrendi csökkenéséből nyerünk.

### GÁL JÓZSEF:

Az idézett statisztikai adatok azt mutatják, hogy még a múlt évben gyártott telefonközpontoknak is nagyobb része klasszikus rendszerű. Ez azért meglepő, mert a Cross-bar rendszerű központok műszaki, gyártási és forgalmi előnyei a régiékkal szemben közismertek. A megrendelők tehát láthatólag



ma is meg vannak elégedve a több évtizedes konstrukciókkal, ami nem meglepő. Mindenfajta berendezés, mely a célnak tökéletesen megfelel, nem válik egyszerűben elavulttá, ha egy modernebb változata megjelenik. Különösen telefonközpontok terén kell hogy igaz legyen ez a megállapítás, ahol a rendelkezésre álló nagyszámú karbantartó személyzetre is tekintettel kell lenni. A klasszikus automata központok egyszerűek, áttekinthetők, amellet rentábilisak is azon a határon belül, amely az évtizedes gyakorlat folyamán kialakult.



# AZ ELSŐ MAGYAR CROSS-BAR KÖZPONT

MOLNÁR PÁL

BELOIANNISZ HÍRADÁSTECHNIKAI GYÁR

Az a kérdés, hogy szükségünk van új, korszerű telefonközpontra, eldőlt, a fejlesztési munka megindult, és most a Híradástechnikai Konferencián már nemcsak terveinkről, hanem eredményeinkről is beszámolhatunk.

Az új távbeszélő központ fejlesztése útján az első lépés a 20 vonalas Cross-bar mintaközpont elkészítése volt, amely inkább csak az új kapcsológép üzemének a kipróbálására szolgál. Ebben a központban csak kis része van annak az elméleti és tervezési munkának, amelyet eddig már elvégeztünk és amely szükséges az új telefonközpont rendszer megtervezéséhez. Még nagyon sok elméleti munkára, kísérletre és tapasztalatra van azonban szükségünk ahhoz, hogy hozzáfoghassunk új központok gyártásához.

A Cross-bar rendszerű telefonközpontokat nemzetközi együttműködésben fejlesztjük, mivel a baráti országok a jövőben egységesen a Cross-bar rendszerű központokat akarják használni. Magyarország a közepes nagyságú központok fejlesztését vezeti. A munka előre meghatározott tervek szerint folyik és Magyarországra, mint a fejlesztési munka egyik nagy részét koordináló országra, igen sok feladat hárul. 1959. március 31-re el kell készítenünk a közepes nagyságú központok vázlati tervét, 1960 közepére a teljes műszaki tervet.

1956 elején kezdtük meg a fejlesztési munkát az alkatrész-konstrukció és áramkörök tervezése területén egyszerre. Az volt a célunk, hogy először egy új Cross-bar rendszerű kapcsológépet tervezzünk, és ezzel egy időben meghatározzuk az új telefonközponti rendszer alapjait, tanulmányozzuk az új rendszer elméleti kérdéseit és az áramkörök tervezésének a technikáját. Ezt a munkát megelőzte az idevonatkozó szakirodalom és szabadalmak kimerítő tanulmányozása. Az új kapcsológép igen rövid idő, 6 hónap alatt elkészült, szabadalmi védelemre is bejelentett eredeti ötletek alapján. A kapcsológép tervezésének ideje alatt egy kis vonalszámú központot is terveztünk, amelyben a kapcsológépet még jelfogók helyettesítették. Ezzel a központtal a Cross-bar rendszer alapvető tervezési problémáiban, mint például az eddig forgógépekkel végzett funkciók jelfogós áramkörök útján való megoldása, gyors vezérlő áramkör működési feltételeinek a vizsgálata stb., kísérleteket végeztünk. Ez a kis minta-



központ egyúttal alapul szolgált a később megtervezett 20 vonalas központ tervezéséhez is.

A gyakorlati tervezési munkákkal egyidejűleg kidolgoztuk a rendelkezésre álló irodalom alapján a Cross-bar központokra vonatkozó számítási és méretezési módszereket és ezeknek gyakorlati alkalmazását. Erre azért is szükségünk volt, mert ezek a számítások képezték az alapját azoknak a későbbi vizsgálatoknak, amelyeket a fejlesztés irányának eldöntésére kellett elvégeznünk.

A 20 vonalas mintaközpontot múlt év végén elkészítettük, és üzembe helyeztük. Mintaközpontunkat alközponti üzemre terveztük, 3 helyi összekötő, 2 regiszter és 2 kétirányú városi áramkörrel. A próbaüzem alatt sok értékes tapasztalatot gyűjtöttünk. A kapcsológép a várakozásnak megfelelően minden hiba nélkül működött. Megállapítottuk azonban, hogy jelenleg gyártott jelfogóink erre a célra megbízhatóság szempontjából nem kielégítőek. Különösen nagy szórás tapasztalható a jelfogók működési idejében. Az új rendszer a jelfogókkal szemben mind élettartam, mind működési biztonság szempontjából fokozott követelményeket támaszt. Ezért megindítottuk új jelfogótípus fejlesztését is.

Érdekessége a kis mintaközpontnak, hogy a jelző-hangok termelésére új, elektronikus áramkört terveztünk. A tárcsázási és foglaltsági hangot, a csengést, továbbá a központ üzeméhez szükséges időmérő jeleket is tranzisztorokkal működő áramkör szolgáltatja.

Új kapcsológépünket bemutattuk múlt év októberében a varsói nemzetközi szakértői értekezleten is, és ugyanitt beszámoltunk eddigi eredményeinkről. A kapcsológép általános sikert aratott, bár a mi fejlesztési irányunk eltérő attól, amit a többi résztvevő országok alapul vettek. A mi vizsgálataink szerint az Ericsson-rendszer sem műszaki, sem gazdasági szempontból nem a legjobb, és talán már nem is mindenben korszerű.

Következő lépésként új alközpont sorozat tervezését indítottuk meg. Ez a sorozat 2 típusból állana, egy 100—400-vonalas és egy 400—2000-vonalas típusból. A 400-vonalas központ megtervezése és az ezzel szerzett tapasztalatok szolgálnak majd alapul a közepes központok vázlati tervének az elkészítéséhez.

A 400-vonalas központ tervezésének megindításához már szükséges volt a rendszer lényeges kérdéseinek eldöntése, mint pl. a kapcsolási vázlat, a vezérlés módja, az előfizetői csoportok kialakítása stb. Több gazdasági számítást, méretezést és rendszertechnikai vizsgálatot kellett elvégeznünk, tekintetbe véve a különféle rendeltetésű és nagyságú központtípusokat. Ez a munka, alapvető jelentőségén kívül, igen hasznos volt, sok eredeti módszer és elgondolás megszületéséhez is vezetett. Számításaink azt mutatták, hogy közepes nagyságú központoknál mindenképpen célszerű a közös vezérlési elv alkalmazása. Ez újból alátámasztotta azt az elhatározásunkat, hogy nem fogjuk

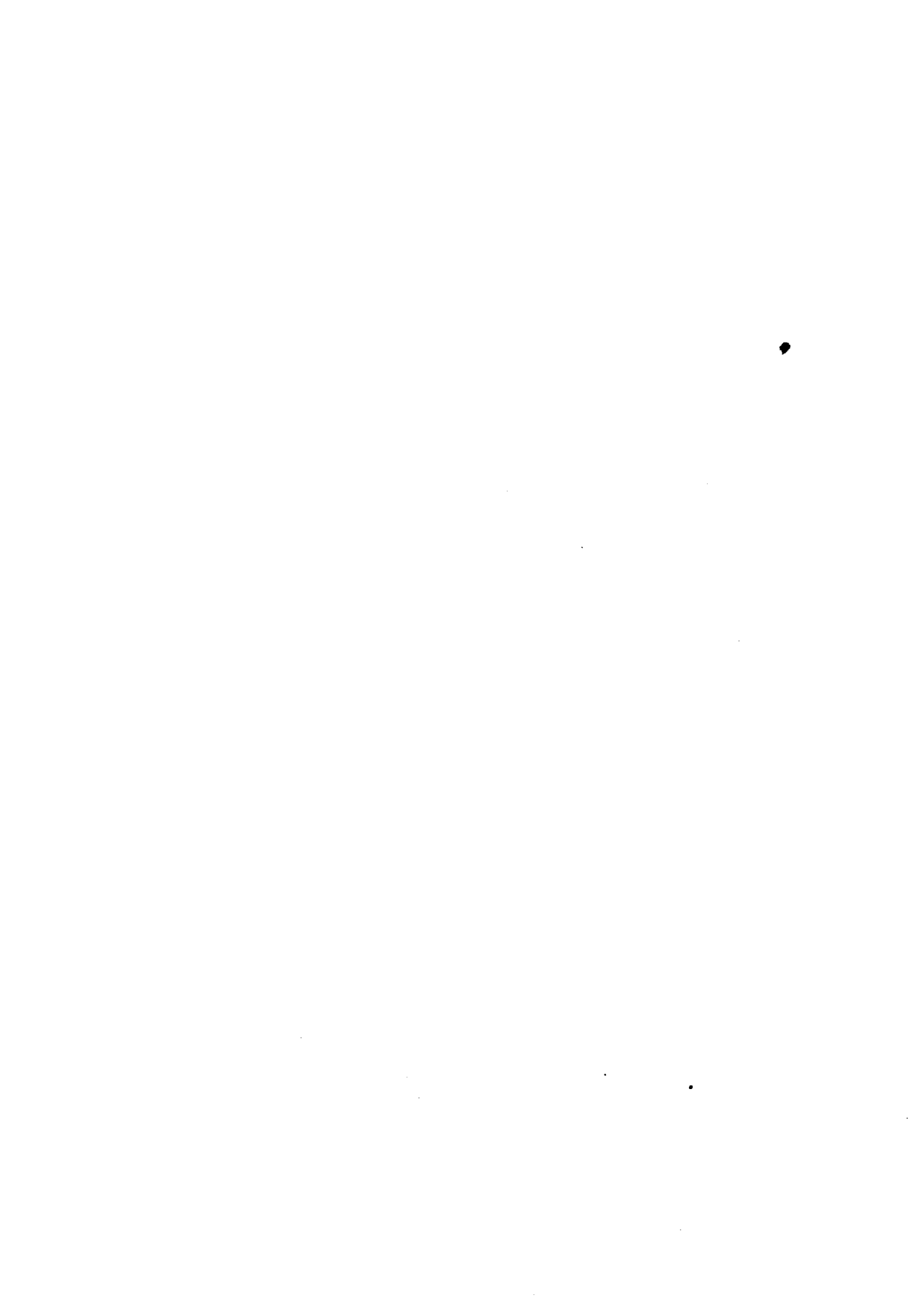
a fejlesztést az Ericsson-rendszer nyomán végezni, hanem megkíséreljük az önálló fejlesztést korszerű elvek alapján. A központ tervezésével kapcsolatban több olyan új kutatási munkát kezdtünk meg, amely a központ korszerű működési elvein túl a jövő szempontjából is jelentős.

Megkezdjük egy mesterséges forgalomkeltő és kapcsolás-analizátor berendezés tervezését. A Cross-bar központok kapcsolófokozatainak méretezése — különösen pontos méretezése — számítások útján legtöbbször nem is lehetséges, különösen kevert és lépcsőzött kapcsolásoknál a számítások ellenőrzése mindenképpen célszerű. De arra is gondolunk, hogy ha ezt a berendezést elektronikus elemekkel gyors működésre sikerül elkészítenünk, akár a számítások helyett is lehetne használni. Ha egy forgalmas óra eseményeit a berendezés percek alatt utánozni tudná, a hosszadalmas számítások helyett gyorsan pontos eredményekhez juthatnánk. A most tervezett berendezés jelfogókkal működik. A hazard-elemet rulett rendszer képezi, amit egy forgó keresőgép utánoz. Van program-berendezése is, amelynek segítségével tetszőleges kapcsolási vázlat vizsgálatát lehet elvégezni az adott lehetőségeken belül.

Tervbe vettük elektronikus elemek minél szélesebb körben való alkalmazását. Egyelőre csak a közös vezérlő áramkörökben való alkalmazásról lehet szó, de ezen a téren is még csak a legelső lépéseket tettük meg. A közös vezérlő áramkörben azonosításra és a szabad utakat kereső áramkörben hidegkatódos csöveket alkalmazunk. Ezenkívül megkezdjük billentyűs előfizetői készülék és hozzávaló elektronikus elemeket tartalmazó regiszter áramkör tervezését is.

Az első kapcsológép modell tapasztalatainak felhasználásával és figyelembe véve a nemzetközi vonalon mutatkozó igényeket, új kapcsológép tervezését kezdtük meg.

Most még a munkának az elején vagyunk, a tennivaló még nagyon sok. Meg kell még oldanunk olyan fontos kérdéseket, mint a korszerű alkatrészek tervezése, különféle rendeltetésű és típusú központok és központhálózatok által támasztott feltételek elemzése és kielégítése, a gazdasági számítások szélesebb alapokra való kiterjesztése.





# ÚJRENDSZERŰ VASÚTBIZTOSÍTÓ BERENDEZÉS\*

TÓTHFALUSY JÓZSEF

TELEFONGYÁR, BUDAPEST

A vasútbiztosító berendezések sínáramkörre és kapcsolótechnikai részre tagozódnak. A sínáramkör kőágyazatba, fatalpakra helyezett két sínszál, melynek hossza 6 m-től 3 km-ig terjedhet. A sínáramkör egyik végét generátor vagy telep táplálja, a másik végét vágányjelfogó zárja le. Ez meghúzott állapotban van, amíg a vonat kereke a sínszálat rövidre nem zárja.

A sínáramkör négypólus, melynek paraméterei részben adódnak (hosszúság, kőágyazat minősége, ágyazati ellenállás ingadozása), s így nem befolyásolhatók, részben szabadon változtathatók (energiaforrás feszültsége és belső ellenállása, vevő impedanciája, a különböző csatlakozó vezetékek ellenállása). A sínáramkörre az elhanyagolható kapacitású homogén vezetékek képletei alkalmazhatók. A számításoknál figyelembe veszik a vágányjelfogó meghúzási és elengedési feszültségének arányát, a tápláló feszültség ingadozását, a sínágyazat időjárás következtében bekövetkező ingadozását, melyből kifolyólag az áramkör impedanciája és csillapítása két szélső érték között változik.

Sínáramköröknél vasútüzem szempontjából fontos a shuntérzékenység, azaz a vonat kerekei okozta maximális kerékellenállás. Rövid sínáramköröknél, ahol az energiaszükséglet nem jelentős, shuntérzékenységre méreteznek, hosszú sínáramköröknél viszont optimális illesztésre.

Az újrendszerű vasútbiztosító berendezésben hangfrekvenciás sínáramkör van, melynek előnye, hogy a sínen keletkező zavarokra nem érzékeny. A generátor és a jelfogó a síntől nagy távolságban szerelhető fel, mert illesztő transzformátor alkalmazásakor nem szükséges vastag összekötő huzal. Az 1000 Hz-es sínáramkör csillapítása 2,3 N. A betáplálандó teljesítmény csökkentésére egyérintkezőjű jelfogót alkalmaznak, melynek meghúzási teljesítménye kb. 30 mW. Frekvenciaváltás biztosítja, hogy a közelben szerelt sínáramkörök egymás működését nem zavarják. A vágányjelfogó meghúzási és elengedési viszonya kedvezőbb, mint az egyenáramú vágányjelfogóé.

A dominókapcsolás elve azon alapszik, hogy az állomási vágányképen az egyes vágányutakat váltók választják szét. Ezen váltók segítségével

\* Az előadás kivonata.

jelölik ki azt a vágányszakaszt, ahova a vonat fut. A váltók közötti vágányszakaszon szigetelt sínek vannak. Ezek a jelzők megálljra ejtését, a vágányút feloldását és a vonat jelenlétének érzékelését végzik. Menetbeállítás alatt az áramköri folyamatokat működési fázisokra bontják, melyek áramkörileg áramköri síkokat vagy rácsoakat alkotnak. Az egyes áramköri síkokon elvégzett feladatok után a másik áramköri sík működése következik. Ezen logikai módszer segítségével áramköri összefüggést teremtettek a vágányzat és a kapcsolástechnikai rész között.

A rendelkező asztalon mindig jelzik a berendezés mindenkori állapotát, a rendelkezés végrehajtását és annak akadályoztatását, váltók, vágányok, fényjelzők állapotát. Zavarjelzés céljára akusztikai és optikai jelzőt építenek a berendezésbe.

Az előadáshoz KERÉNYI Dezső és BORBÉLY Tibor szóltak hozzá.

# ÚJRENDSZERŰ VASÚTBIZTOSÍTÓ BERENDEZÉSEK KONSTRUKCIÓJA

MÁNYI BÉLA

TELEFONGYÁR, BUDAPEST

A vasútbiztosító berendezéseknek különleges biztonsági és klímaállósági követelményeket kell maradéktalanul kielégíteniök. Mivel kezdetben a mechanikusan biztosított és reteszelt megoldások voltak az abszolút biztos berendezések, ezek szempontjai a későbbi konstrukciókra is rányomták bélyegüket.

A vasútbiztosító berendezés vonattal érintkező eleme a váltó. Üzemi szempontból ez a legveszélyesebb szerkezet, ezért a váltó mindenkori állapotát kontaktusok segítségével úgy kell elektromosan visszajelenteni, hogy a csúcsán 4 mm-es nyílásakor már működtetést gátló jel jelenjék meg. A váltók átállításához normalizált idő  $2,5 \pm 0,5$  sec. Ehhez tartozó erő 250 kg, míg a váltón 50—150 kg erő kifejtésre van szükség.

A vasúti személyzet részére a parancsokat átvivő szerkezet a jelzőlámpa, melyet jelzőárbocon helyeznek el. A jelzőlámpa feladata részint a megfelelő színű fény, részint a megfelelő láthatósági távolság biztosítása. A láthatósági távolságnál tekintetbe kell venni a kanyarokat, ezért 8°, 20° és 30°-os lencsét alkalmaznak. A jelző előtt megálló mozdonyvezetőnek még látnia kell a jelzést, ezért a lencse egy része alul szór.

A jelfogós vasútbiztosító berendezés jelfogójának árammentesen feltétlenül le kell esnie. Erre a célra a nehézségi erőt használják fel. Az egyes érintkezők egymással mechanikai kapcsolatban vannak, ami biztosítja, hogy a jelfogó érintkezői mindig egymással összefüggő helyzetet vegyenek fel. Kétszeres megszakítású érintkezőket alkalmaznak 4 A terhelőáram kikapcsolására méretezve. Az érintkezők a szikrázás és ívhúzás csökkentésére ezüstözöttek. Ha a jelfogó vegyileg rossz levegőbe kerül, érintkezőit rhódiummal vonják be. A jelfogó kapcsolási ideje kb. 100 msec, a maximális érintkező szám 17.

Memória rögzítésre támaszmágneskapcsolót alkalmaznak, melynek fel-támasztását mechanikai szerkezet végzi. A független érintkezős támaszmágneskapcsoló érintkező rendszere kétfelé osztott; a felső rész memóriarögzítésre, az alsó rész az áram jelenlétének ellenőrzésére szolgál. A nagy érzékenységű polárneutrális vágányjelfogó működése áramkörileg nem ellenőrizhető, ezért

\* Az előadás kivonata.



nagy biztonsággal kell működnie. Az érintkezők egy része az összehegedési veszély elkerülésére szén-ezüst.

A dominó-rendszer legfontosabb eleme a dugaszolható jelfogóegység. Az építőkocka elv és a szabad kábelezés alkalmazása lehetővé teszi az állomások könnyű utólagos átalakítását.

Az előadáshoz BORBÉLY Tibor szólt hozzá.

# ELEKTRONCSÖVEK VILLÓDZÁSI ZAJA

VALKÓ IVÁN PÉTER

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, ELEKTRONCSŐTECHNIKAI TANSZÉK

A villódzási zaj, közismert idegen nevén flickerzaj, főleg az igen kis frekvenciákon mutatkozó jelenség, amely határt szab az elektroncsövek felhasználhatóságának hangerősítők és egyenáramú erősítők bemenő fokozatában. Bár a jelenség régóta ismert, a régebbi szakirodalomban kevés megbízható vizsgálati beszámolóval, de annál több elméleti spekulációval találkozunk. Ennek oka az, hogy igen nagyok a pontos gyakorlati vizsgálat nehézségei. Csak a 40-es évek nagy híradástechnikai fejlődése hozta meg az ehhez szükséges részletmegoldásokat: a negatív visszacsatolással stabilizált erősítőt, a kívánság szerinti menetű szabatos szűrőt, a tökéletes árnyékolást és a torzítás nélküli indikálást. A kérdés kutatása tehát 1950 óta vett újabb lendületet és azóta egyre-másra jelentek meg érdekes közlemények.

Meg kell említenem, hogy a kérdés sok tekintetben érintkezik a tranzisztorok és egyéb félvezetők zajának kérdésével, amelynek kutatása ugyancsak a fenti időpontban indult meg.

Nagy örömet okozott tehát számunkra, hogy az Egyesült Izzóval kötött kutatási szerződésünk lehetővé tette, hogy a kérdéssel mi is foglalkozzunk a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet elektronikus laboratóriumában. Vizsgálataink távolról sincsenek lezárva, és természetesen mai előadásomban az idő rövidsége miatt csak egyes kiragadott, fontosnak tekintett kérdésekkel foglalkozhatom. Ilyen kérdés a triódák és pentódák közötti különbség, továbbá a zaj csökkentésének lehetősége.

Az elmondandók megértéséhez azonban fel kell frissítenünk azt, amit az elektroncsövekben keletkező másik fajta zajról, az úgynevezett sörétzajról tudunk.

Az elektroncsövekben keletkező zajjelenségek közül ez a legáltalánosabb. Oka az egyirányban haladó véges nagyságú töltéshordozók számának ingadozása. Telítésben működő elektroncsőnél a  $\Delta f$  frekvenciasávban keletkező zaj forrásáramának négyzete:

$$\overline{i^2} = 2 e I \Delta f, \quad (1)$$

ahol  $I$  az anódáram,  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  coulomb, az elektrontöltés. (Mint ismer-

retes, a fenti egyenlet levezetésénél olyan frekvenciákra szorítkozunk, amelyekhez képest az elektron átrepülése még végtelenül rövid impulzusnak tekinthető.)

Egészen más eredményt kapunk tértöltés állapotban működő elektroncsöveknél. Az előzőekben ugyanis minden egyes elektron áthaladását független eseménynek tekintettük. A tértöltéses működést viszont éppen az jellemzi, hogy minden egyes elektron kilépése növeli a katódot körülvevő negatív erőteret, és gátolja további elektronok áthaladását. A tértöltés szabályozó hatása tehát kisímitja az áramingadozásokat. Mivel azonban az elektronok kezdősebessége nem egyforma, különböző mértékben járulnak hozzá a tértöltés, illetve a negatív erőter fenntartásához. A sebességeloszlás pedig maga is statisztikusan ingadozó mennyiség. Ennek következtében a tértöltéses cső áramában mégis fennmarad bizonyos ingadozás, amely azonban normális körülmények között az ugyanezen áramhoz tartozó telítési sörétzajnak csupán a töredéke.

A forrásáram négyzetes értékére, tértöltéses működés esetén a számítások a következő közelítő egyenletet adják:

$$\bar{i}^2 = 2e(1,6 S U_T) \Delta f, \quad (2)$$

ahol  $U_T = \frac{K T_k}{e}$  az úgynevezett termikus feszültség,  $T_k$  a katód hőmérséklete,

$S$  pedig a meredekség.

Erősítőcsövek esetében azonban nem a telítési állapottal szokták összehasonlítani a zaj nagyságát, hanem inkább az ekvivalens ellenállás értékét adják meg. Ezen az az ellenállás értendő, amely a rácsra helyezve szobahőmérsékleten ugyanakkora zajáramot hozna létre a cső anódkörében, mint amennyi abban az elektronáramlás folytán ténylegesen keletkezik. A jelenleg használt csőkonstrukcióknál triódák esetében jó közelítést ad az alábbi egyenlet:

$$R_e = \frac{2,5}{S}. \quad (3)$$

Ismét más eredményt kapunk olyan elektroncsövek példájában, amelyek árama több pozitív feszültségű elektróda között oszlik meg. Ez a helyzet a pentódáknál is. Itt az árameloszlás ténye még akkor is zajt hozna létre, ha maga a teljes katódáram zajmentes lenne. Ennek oka az, hogy minden egyes elektron esetében statisztikus véletlen folyamat dönti el, hogy az a segédrácsra vagy az anódra jut-e.

Az előbb említettek folytán azonban az anód- és segédrácsáramban jelen van a tértöltés által csökkentett értékű eredeti sörétzaj is, amely az áram-



erősségek arányában oszlik meg a két elektróda között. A zajáram négyzete tehát:

$$\overline{i_a^2} = 2e(1,6 S U_T + I_2) \frac{I_a}{I_a + I_2} \Delta f \quad (4)$$

lesz, ahol  $I_2$  a segédáram.

### Villódzási zaj

Az eddig tárgyalt számítások közös kiindulási pontja az volt, hogy a cső áramát különálló elektronok áthaladásaként fogtuk fel. Ez azonban nem nyújt magyarázatot arra a tapasztalati tényre, hogy oxidkatódás csövek zaja az igen kicsiny frekvenciák tartományában nagy értékűvé válik. Ezt a jelenséget nevezik villódzási zajnak.

E zaj nagyságának kvalitatív magyarázatát adhatjuk, ha feltételezzük, hogy az áram nem egyes elektronokból, hanem együtthaladó nagyobb elektroncsomókból áll. Az áram „szemcsézettsége” durvább lévén, nagyobbak az ingadozások. Számításainkban tehát az  $e$  elektrontöltés értékét kellene az elektroncsomók töltésének értékével helyettesítenünk. Mivel azonban a villódzási zaj nagyobb frekvenciákon nem észlelhető, a hipotézist azzal kell kiegészíteni, hogy az elektroncsomók kibocsátása viszonylag hosszabb ideig tartó áramlökések alakjában megy végbe. Véges ideig tartó impulzusok Fourier-integrálja pedig a magasabb frekvenciák felé erős csökkenést mutat. Így ott már csak az áramlökést alkotó egyes elektronok áthaladásából eredő sörétzaj érvényesül. Az egész jelenséget fizikailag úgy képzelhetjük el, hogy a katód nem egyenletesen bocsátja ki az elektronokat, hanem felületén hosszabb-rövidebb élettartamú emissziós centrumok keletkeznek. Ezek keletkezése és megszűnése okozza az áram viszonylag lassú ingadozásait.

Fentiek a telítési áram villódzási zajára vonatkoznak. Tértöltés esetében itt még erősebb simítási hatás várható, mint a sörétzajnál. Ismeretes ugyanis, hogy a potenciálminimumon túljutott  $I_a$  anódáram és az emissziós, tehát a telítésnek megfelelő értékű  $I_s$  áram között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$\frac{d I_a}{d I_s} = \frac{S U_T}{I_s} \quad (5)$$

A kimutatható zaj négyzetes értéke tehát:

$$\overline{i_a^2} = \frac{(S U_T)^2}{I_s^2} \overline{i_s^2} \quad (6)$$

(Sörétzaj esetében (2) egyenletünk  $1,6 \frac{S U_T}{I_s} \overline{i_s^2}$  értéket adna.)

Ennek az összefüggésnek kísérleti igazolása azonban hiányzik, mert oxidkatódás csövet telítésben tanulmányozni úgyszólván lehetetlen. Az sincs

bizonyítva, hogy a csövekben észlelt villódzási zaj valóban az elektronkibocsátás ingadozásaiból származik. Hiszen a katód maga is félvezető tulajdonságokkal rendelkezik, és még inkább áll ez arra a nagyobb ellenállású rétegre, amely bizonyos esetekben keletkezik a nikkelből való katódcső és az oxidréteg között. Lehetséges tehát, hogy a zaj okozója a katód ellenállásértékének ingadozása. Tekintettel az áthaladó egyenáramra, ez feszültség-ingadozást jelent, amely a csövet úgy vezérli, mintha az földelt rácsú kapcsolásban működne. A mutatkozó áramingadozás négyzete ez esetben kimutathatóan  $S^2 I^2$  értékkel lenne arányos. Ezt a feltevést az irodalmi adatok is alátámasztják, amelyek szerint közbenső réteg keletkezése erősen növeli a villódzási zajt. Hasonló eredményt mutattak saját vizsgálataink is, bár az összefüggés nem volt egyértelmű. Telítés esetében a csövet nem lehet vezérelni, és így ott e zajnak, ha valóban a félvezetőtől származnék, meg kellene szünnie. Természetesen erről sem tudunk meggyőződni.

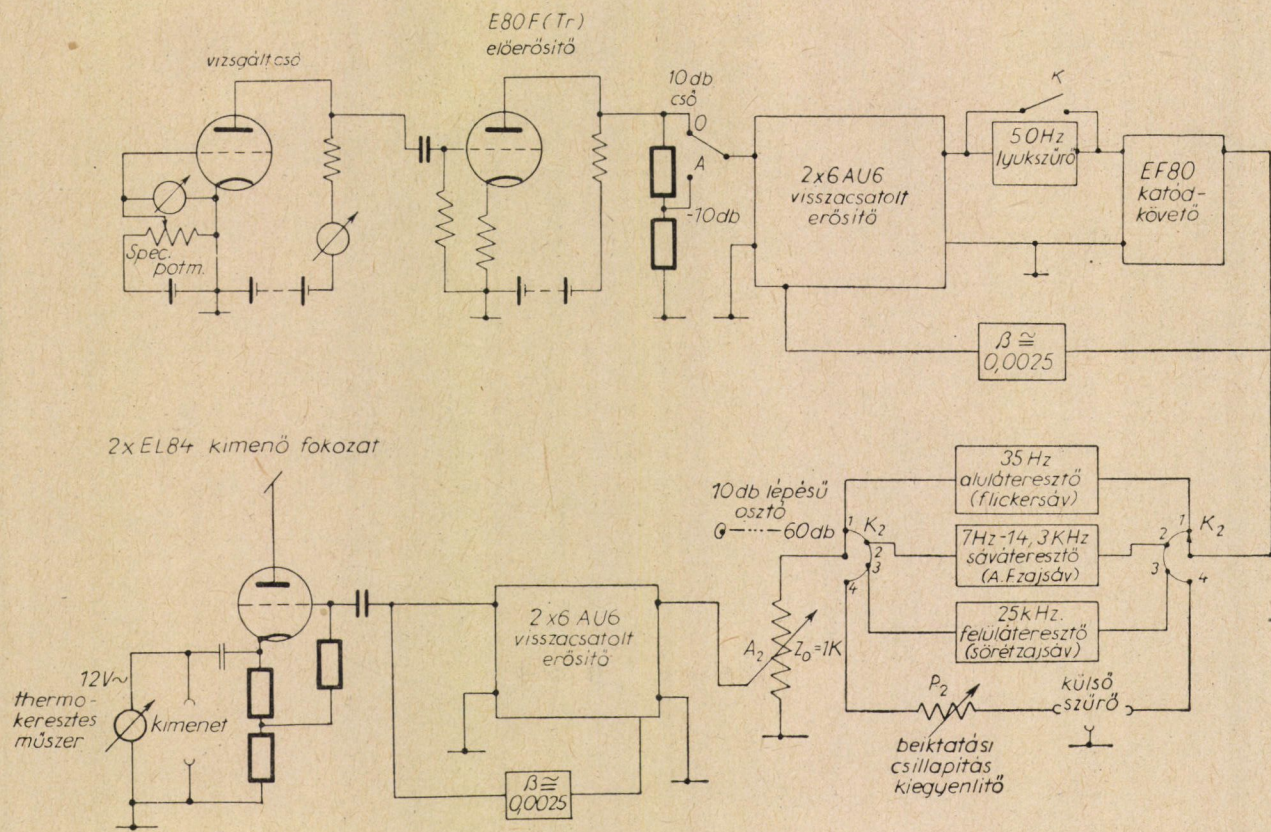
Lehet azonban más forrása is a villódzási zajnak. Így a szovjet kutatók gázmaradékok ionizációjával magyarázzák. Más vélemény szerint a zaj ugyan emissziós eredetű, de nem a felületen levő centrumokból lépnek ki csomókban az elektronok, hanem a felszín alatti pórusokból.

Saját felfogásunk e kérdésben az, hogy a villódzási zaj komplex jelenség, amelynek egyidejűleg többféle oka lehet. Előfordulhat, hogy ezek az okok egyformán jelentékenyek, de az is, hogy valamelyik jelenségnek túlnyomó hatása van. Ez okozhatja a különböző vizsgálatok közötti eltérést.

Mi azért foglalkoztunk triódák és pentódák összehasonlításával, mert ez a zaj eredetének a tisztázásához is hozzásegíthet.

### Mérési elv

A vizsgálatok céljára stabilis, szélessávú kisfrekvenciás erősített tervezünk. A kész erősítő átvitele 0,5 Hertz-től közel 70 000 Hertz-ig terjed. Ez módot nyújt arra, hogy ugyanazon csövekben, ugyanazon beállításban közvetlenül összehasonlítsuk a villódzási- és a sörétzajt. A feszültségerősítés — a vizsgált cső anódkörétől számítva — kereken egymilliószoros. A négyzetes értékek helyes mérésének érdekében a kimenő feszültséget termokereszt indikálja, melynek időállandója 1,6 sec. A berendezés stabilitását és a tápfeszültség ingadozásaiból való függetlenségét erős negatív visszacsatolás biztosítja. A gerjedésmentes szerkezet mellett a legtöbb gondosságot a bugásfeszültség és egyéb idegen zajok távoltartása igényli. A készülék első fokozatainak tápfeszültségét, beleértve a vizsgált cső fűtését, telepek szolgáltatják. Ezekben bizonyos idő után zaj keletkezik, tehát sűrűn kell azokat cserélni. Elektrolitikus kondenzátorok és réteg-, vagy massaellenállások az első fokozatokban nem használhatók (1. ábra).



1. ábra



Különleges nehézséget jelentett a vizsgálandó cső rácselőfeszültségének folyamatos szabályozása. Az irodalomban ismertetett külföldi berendezésekben ezt nem tudták megoldani. (A rács után ugyanis mintegy 20—50 milliószoros a feszültségerősítés, közönséges csúszó kontaktusok zaja tehát elmosná a mérendő hatást.) Készülékünkben olyan eredeti, új konstrukciót sikerült alkalmaznunk, amely ezt a feladatot zavar nélkül teljesíti.

A berendezés hitelesítéséhez laboratóriumunkban számos új műszert, így pl. 0,1 Hertzről kezdve működő infrahang-generátort és mutató műszerek időálló állandóját vizsgáló készüléket fejlesztettünk ki.

A mérőberendezést három sávszűrővel egészítettük ki. Ezek a következő méréseket teszik lehetővé:

1. Igen kis frekvenciák tartománya 0,7 Hertzről 32,5 Hertz-ig terjedő effektív sávzélességgel. A villódzási zaj e tartományban sokkal nagyobb lévén a sörétzajnál, egyszerűen mérhető. A sáv viszonylag széles (5,5 oktáv), tehát frekvenciában átlagolt zajértéket kapunk.
2. Nagyobb frekvenciák tartománya 24 000 Hertzről 69 000 Hertzig terjedő effektív sávzélességgel. Ebben a tartományban a villódzási zaj rendszerint elhanyagolható a sörétzajhoz képest. Szükség esetén a kisfrekvenciás érték segítségével és az ismert frekvenciafüggés feltetelezésével a mérési érték korrigálható, hogy azt tisztán sörétzajra vonatkoztassuk.
3. Hangfrekvenciás tartomány 7 Hertzről 14 300 Hertzig terjedő effektív sávzélességgel. Ez a vizsgálat a gyakorlati felhasználás szempontjából közvetlenül fontos minősítést tesz lehetővé.
4. Végül lehetséges tetszés szerinti külső sávszűrők alkalmazása is a zaj frekvenciamenetének vizsgálatára.

Az effektív sávzélességeket a frekvenciamenetek görbéjének négyzetes integrálásával határoztuk meg, figyelembe véve a különböző jellegű zajok frekvenciamenetéből adódó feltételeket is.

Lássuk most, hogy milyen eredményeket kaptunk, és ezeket hogyan magyarázzuk. Először is azt vizsgáljuk, hogy keletkezik-e a pentódák villódzási zajában növekedés az árameloszlás folytán. Természetesen ugyanazokat a csöveket kell vizsgálnunk, lehetőleg azonos beállításban, egyszer triódának, másszor pentódának kapcsolva. Az egyetlen ilyen vizsgálatot TOMLINSON [1] végezte 8 db 6SJ7-es csövön. Azt találta, hogy a rácsra vonatkoztatott zaj pentóda-kapcsolásban 20 Hertz-en mérve csekély mértékben (10—20%) megnövekszik. Nagy frekvencián a sörétzaj növekedése kb. 100%.

Ebből azt következtette, hogy a zaj nem eredhet a katód alatti közbenső rétegből, mert akkor az épp úgy hatna, mint egy földelt rácsú csőre alkalmazott külső vezérlés, és ebben az esetben eloszlási zaj nem keletkezhetik. Származhatik azonban a zaj SCHOTTKY elméletének megfelelően emissziós centru-

mokból. Szerinte a kilépő elektroncsomók egy kisebb hányada együttmaradva fut fel vagy az anódra, vagy a segédrácsra.

Ezt a magyarázatot sem fogadhatjuk el. Fentebb ugyanis kimutattuk, hogy a villódzási zaj keletkezése feltétlenül azzal függ össze, hogy az áram nem egymástól független elektronok alakjában, hanem elektroncsomók alakjában halad. Ezek a csomók bizonyos — aránylag hosszú — idő alatt egymás után kilépő elektronokból állanak. A tértöltés szabályozó hatása folytán a csomók csökkentett nagyságban hagyják el a potenciálminimumot. Az árameloszlás csak akkor okozhat villódzási zajt, ha a csomóalkotó elektronok együttmaradnak, és így jutnak el vagy az anódhoz, vagy a segédrácsra. Más a helyzet a sörétzajnál. Ott különálló elektronokról van szó. Jegyezzük meg azonban, hogy ott is csak annyiban mutatkozik eloszlási zaj, amennyiben valóban a véletlen dönti el, hogy az elektron melyik elektrodára jut. Olyankor, amikor a katód egyes pontjairól csak az anódra, más pontjairól csak a segédrácsra juthat el elektron, a cső gondolatban két különálló triódára bontható fel, és eloszlási zaj nincs. Ugyanez az eset állna be a villódzási zajra nézve is, ha egyes emissziós centrumok a katódon elfoglalt helyzetüknél fogva inkább az anód részére, mások pedig inkább a segédrács részére bocsátanának ki elektronokat. Ha viszont ezt a lehetőséget kizárjuk, akkor csak azokra a kicsiny oldalirányú sebességösszetevőkre gondolhatunk, amelyek végső fokon igazi okozói az egy pontból kilépő elektronok pályája közötti különbségeknek. Azt kell feltételeznünk, hogy ezek nem egymástól független, statisztikus véletlen módon oszlanak meg az egyes elektronoknál, hanem egy-egy csomónál kitüntetett irányok vannak. Ez pedig ellentétben van a tapasztalatok által ezerszeresen igazolt Maxwell-eloszlással.

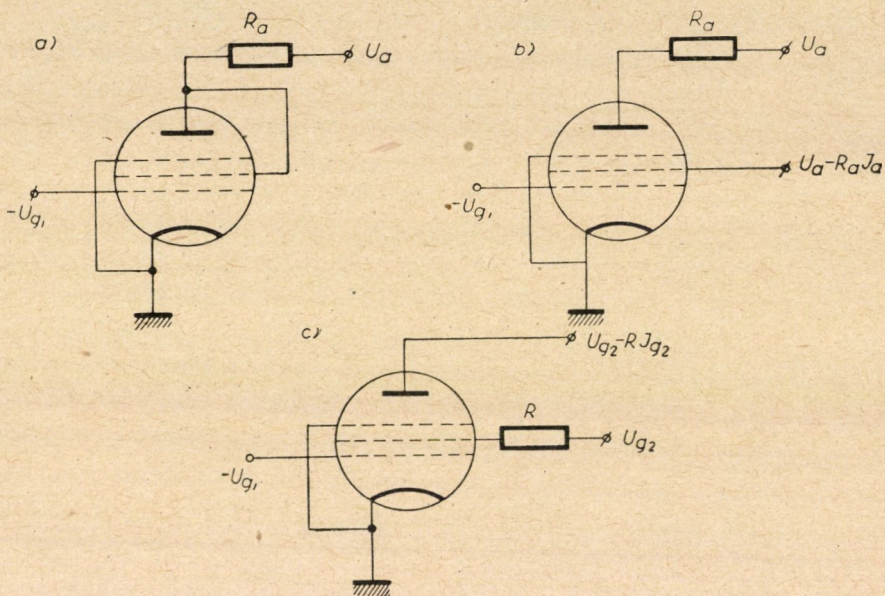
A kérdés eldöntésére 20 db EF 40 csövet vizsgáltunk 1—2 és 3 mA anódáramnál, trióda és pentóda kapcsolásban (2a és 2b ábra), az egészen mély sávban, a hangfrekvenciás sávban és a nagyfrekvencián. Eredményül az adódott, hogy 1 mA munkapontban alig volt különbség, míg 2 és 3 mA esetében kb. 10%-kal nagyobb volt a pentóda villódzási zaja. A nagyfrekvenciás sörétzajnál reprodukálódott az elméletileg várható eredmény. A hangfrekvenciás sávban, ahol jó csöveknél kb. egyforma jelentősége van a kétféle zajnak, a trióda 20—25%-kal jobbnak mutatkozott a pentódánál.

Ellenőrző kísérlethez folyamodtunk annak eldöntésére, hogy a villódzási zaj csekély növekedése visszavezethető-e az árameloszlásra. Abból indultunk ki, hogy az eloszlási zaj viszonylag sokkal többet jelent a kicsiny segédrácsáramban, mint a nagy anódáramban. Ezért a vizsgált csöveknél a segédrácsot mint anódot kötöttük be 20 000 ohm munkaellenállással, az anódot pedig ellenállás nélkül helyeztük megfelelő feszültségre. Ugyanezen kapcsolásban mértük az erősítést, és a zajt a cső bemenetére számítottuk vissza. Sörétzajnál 2 mA munkaponton a normális trióda beállításnál mért  $0,7 \mu\text{V}$  és normális pentóda beállításnál mért  $1,3 \mu\text{V}$  értékkel szemben  $2,6 \mu\text{V}$  rásra redukált

zajfeszültséget kaptunk. Villódzási zajnál azonban ilyen eltérés nem volt: a mérési pontosságon belül ugyanazon értékek adódtak a segédrács zajára, mint az anódon mért zajra (2c ábra).

Ez megegyezik az eloszlási zaj keletkezésével. Kérdés, miért mértünk mégis nagyobb zajt a pentódánál? A lehetséges magyarázat az, hogy a különbség csupán a rácsra visszazámított feszültségben jelentkezett, mivel ugyanazon anódáram mellett pentódának kötve a meredekség 10–15%-kal kisebb, mint triódának kötve:

$$\frac{S_T}{S_p} = \frac{I_a}{I_a + I_2} \left( \frac{I_a + I_2}{I_a} \right)^{1/3} \quad (7)$$



2. ábra

Meg kell jegyeznünk, hogy LINDEMANN és ZIEL [2] ugyancsak azt tapasztalták, hogy a villódzási zaj nem a meredekségtől, hanem csak az anódáramtól függ. Ehhez messzemenő következtetést fűztek. Kimutatták, hogy ez abban az esetben magyarázható, ha a zaj a katódfelület alatti porózus rétegben keletkezik. Ezt a hipotézist azonban kísérletileg nem támasztották megfelelően alá.

Hogy ezt a kérdést is megvizsgáljuk, 100 db EBF 80 csövön végeztünk kísérletet. A csöveken, 5 csoportba osztva, különböző hőfokon végeztük a katód elbontást. Tapasztalataink szerint ennek megfelelően más és más a katód zsugorodásának a mértéke. Mennél magasabb hőfokon történik az elbontás, annál kisebb lesz a katód porozitása. A kísérletben legalacsonyabb volt az elbontási hőfok az A csoportban és egyre növekedett az E csoportig. Az eredmény a következő (csoportonként 18–20 cső átlaga):



Csoport	Vill. zaj $U_F$ ( $\mu V$ )	Sörétzaj $U_S$ ( $\mu V$ )
A	1,62	1,80
B	1,22	1,70
C	1,08	1,69
D	1,—	1,69
E	1,—	1,66

Érdemes megemlíteni, hogy méréseink szerint a hazai csövek általában villódzási zaj szempontjából jónak mutatkoztak. Feltehető, hogy a magyarázat a katódeltöltési eljárásban található.

### Összefoglalás

Eddigi eredményeinket tehát a következőkben foglalhatjuk össze:

1. Eldönthető, hogy előerősítőkből milyen csövet lehet alkalmazni. Bár a modern csövek zaja csekély, a mélyebb frekvenciák erősítése előtérbe lépett és ez a villódzási zaj jelentőségét fokozza. Eredményeink szerint a hangfrekvenciás sávban a pentóda csak lényegtelenül zajosabb a triódánál. Figyelembe véve a nagyobb erősítésből és a Miller-hatás elmaradásából származó előnyöket, nyugodtan ajánlhatjuk a pentóda használatát.
2. Kísérleteink során világosság derült a villódzási zaj egyik főbb okozójára, és ezzel megjavult a lehetősége kiszajú csövek tudatos gyártásának.

Befejezésül szeretném megemlíteni, hogy az említésre kerülő gyakorlati vizsgálatok nagy része közös munkánk KEMÉNY Ádám és PÁLFI Attila munkatársaimmal, más része pedig FISCHER Ferenc munkatársammal. Eredményeinkről több közös publikációt készítettünk elő [3,4].

### IRODALOM

1. TOMLINSON: J. of the B. I. R. E. 1954. 515 o.
2. LINDEMANN és ZIEL: J. of Appl. Phys. 1956. 1179 o.
3. VALKÓ, KEMÉNY és PÁLFI: Magyar Híradástechnika 1958. 47. o.
4. FISCHER és VALKÓ: J. of Appl. Phys. 1958. 1172 o.

### HOZZÁSZÓLÁSOK

RÉDL ENDRE:

Azt a kérdést vetette fel, hogy a mai technika szempontjából milyen határig érdemes foglalkozni a villódzási zaj további csökkentésével. A katódeltöltéssel kapcsolatos kísérleteket igen érdekesnek találja, és felajánlja az Egyesült Izzó további segítségét a kísérletek folytatásához.

## HECKENAST GÁBOR :

Égető problémának jelölte meg az elektroncsövek villódzási zaját. Korszerű erősítőkből 30—15 000 Hz közötti sávban 100 dB az erősítés, és ezért  $\mu\text{V}$  nagyságrendű zaj már nehézséget jelent. A villódzási zaj szubjektív hatása hangerősítőkből kellemetlenebb, mint azonos szintű sörétzaj hatása. Korszerű erősítők kifejlesztésével kapcsolatban a Magyar Rádió is azt a tapasztalatot szerezte, hogy a bemenő fokozatban célszerűbb a pentóda használata.

## BUDINCSEVICS A.:

A Távközlési Kutatóintézetben folyó fejlesztési munka a készlet-katódák kialakítására irányult. Az eredeti várakozás az volt, hogy az egyéb előnyök mellett a villódzási zaj is csekélyebb lesz, mint oxidkatódok esetében. Azok a vizsgálatok, amelyeket a HIKI Elektronikus Laboratóriuma a most ismeretett mérőberendezés segítségével a TKI kísérleti csövein végzett, azt mutatják, hogy a zaj nem volt kisebb, mint oxidkatódos csöveken. Ez is azt mutatja, hogy a mechanizmus rendkívül bonyolult.

## BODÓ ZALÁN :

Igen érdekesnek találja a porozitás megfigyelt összefüggését a zajjal. Lehetséges, hogy ennek analógiája van a tranzisztorok zajánál is. Elképzelhető pl., hogy a bázisréteg egyenetlensége növeli a zajt.

## MOLNÁR JÁNOS :

A Posta Kísérleti Állomás már évtizedekkel ezelőtt végzett összehasonlító vizsgálatokat villódzási zaj szempontjából különböző anyagból készült katódokon, és azt találta, hogy CaO esetében mutatkozott a legnagyobb zaj.

## AZ ELŐADÓ VÁLASZA :

A zaj frekvenciafüggését egyelőre nem mérték pontosan. Hozzávetőleges becslés szerint nincs lényeges eltérés az irodalomban általánosan elfogadott  $1/f$  frekvenciafüggéstől. Vizsgálataik nem terjedtek 0,5 Hz alá, és így ott nem végeztek összehasonlítást magyar és idegen csövek között.

A porozitással kapcsolatos kísérleteket az Egyesült Izzó segítségével folytatni fogják, hogy a kérdés véglegesen eldönthető legyen.

A TKI mintacsöveivel kapcsolatban megjegyzi, hogy eddig kisszámú mérés történt, és azokból végleges következtetést levonni korai lenne. A HIKI készséggel áll továbbra is a TKI rendelkezésére a zajvizsgálatok elvégzésével.

A tranzisztorok zajának vizsgálata hamarosan kezdetét veszi a Laboratóriumban. Remélhető, hogy ennek kapcsán a bázisréteg befolyására is világosság derül.

# GERMÁNIUM RÉTEGTRANZISZTOROK NÉHÁNY GYÁRTÁSI PROBLÉMÁJA\*

SZÉP IVÁN

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET, ÚJPEST

A tranzisztor felfedezése óta eltelt tíz év alatt számos típust dolgoztak ki a híradástechnika különféle kívánalmainak kielégítésére. Ez a tranzisztorok gyártási eljárásának, a műveletek irányíthatóságának és a tranzisztorok belső és áramköri tulajdonságainak ismerete terén elért nagyfokú haladásról tesz tanúbizonyságot.

A hazai tranzisztorgyártás ötvözött germánium-p-n-p rétegt tranzisztorok gyártásával indult meg. A p-n-p szerkezet kialakításánál több fontos problémát kellett megoldani. Az alapanyag előállításnál zónás átolvasztással sikerült a kellő tisztasági fokot elérni, majd tiszta adalékanyag hozzáadásával a megfelelő 3—5 ohmcm fajlagos ellenállású n-típusú germániumkristályokat előállítani. Az alkalmazott kristályosítási eljárás egyben a kisebbségi töltéshordozók kielégítő élettartamát is biztosította, ami az áramerősítés miatt lényeges. A kidolgozott eljárások a reprodukálható gyártás céljaira is megfelelőnek bizonyultak.

Fontos művelet a kristályok mechanikai feldolgozása, melynek során  $2,5 \times 2,5 \times 0,1-0,2$  mm<sup>3</sup> méretű lemezeket kell előállítani. A 15—35 mm átmérőjű, 100—200 mm hosszú öntecsek ilyen méretű lemezekké való feldolgozása során fontos gyártási követelmény a megfelelő kitermelés, a lemezek síkparalelitásának, karcmentességének biztosítása. E műveletek munkai igényessége erősen befolyásolja a gyártás önköltségét.

A gyártás döntő művelete az ötvözés, melynek során 500° körüli hőmérsékleten hidrogéngázban két indium-elektrodot ötvöznek a kristálylemezek két oldalába. Erre a célra megfelelő formák használatosak, amelyek az elektrodokat a kristálylemez felületén az előírt helyzetben rögzítik. Az ötvözésnél az indiumelektrodok germániumot oldanak, amely a lehülés során visszakristályosodik a lemez felületére és a p-típusú emitter-, illetve kollektor rétegeket képezi. Az ötvözés minőségét döntően befolyásolják az érintkező felületek tisztasága, a nedvesítő erők, a felületegységre eső indium-mennyiség. Ezek a tényezők a behatolás mélységét és így az emitter és kollektor közötti bázis-

\* Az előadás kivonata.



réteg vastagságát is megszabják, ami a tranzisztor erősítési határfrekvenciája szempontjából döntő. Az ötvözés véghőmérsékletével, a felfűtés és lehűtés sebességével ezek a tulajdonságok alapvetően befolyásolhatók.

A tranzisztor végső tulajdonságait különböző utókezelési eljárásokkal kapja. Ezek kémiai vagy elektrokémiai tisztítási műveletek, amelyekkel az ötvözésnél létrejött nem kívánatos felületi átvezetések szüntetik meg. Ezt követően gondos mosással biztosítják az oldott ionos anyagok eltávolítását, majd oxigénes hőkezeléssel a kémiailag és elektromosan stabilis felületek kialakulását. A hermetikus lezárás elsőrendűen fontos a tranzisztor-paraméterek stabilitása szempontjából. Szükséges esetleg védőanyagok használata, amelyek a tokon belül maradt gáz, nedvesség stb. hatásától óvják a tranzisztort. A gyártási módból adódó paraméter szórás eléggé nehéz probléma az áramkörtervezők részére, azonban a gyártási tapasztalatok növekedésével a tranzisztor nem lesz hátrányosabb a rádiócsőnél. Ebben fontos feladat vár a gépesítésre. A hazai kutatás és fejlesztés erőfeszítéseinek eredményeképpen rövidesen megjelennek a piacon az első magyar tranzisztorok. Az eddigi tapasztalatok szerint ezek semmivel sem lesznek rosszabbak az ekvivalens külföldi típusoknál.

Az előadáshoz FRIED Henrik és PINTÉR János szólt hozzá.

# AZ ELEKTRONCSŐ IPARBAN FELHASZNÁLT FÉMEK FELÜLETI FESZÜLTSGI ÉS FORRASZT- HATÓSÁGI PROBLÉMÁI

KONCZ ISTVÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

DREISZKER MÁRIA SZENTPÉTERY TIBOR

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

A modern vákuumcső gyártásban a forrasztások száma igen nagymértékben megnövekedett [1]. A jelenleg rendelkezésre álló, speciálisan vákuumtechnikai célokra kidolgozott forrasztóanyagok sok esetben már nem elégítik ki a fejlődő gyártási eljárás részéről támasztott követelményeket, és az új szerkezeti anyagok kötésére legtöbb esetben egyáltalán nem alkalmasak. Ugyancsak hiány van olyan forrasztóanyagokban, amelyek higanygőztartalmú vákuumedények záróforrasztására alkalmasak. Elvi szempontból tisztázatlannak tekinthető a forraszthatóságot jellemző tényezők ismerete is.

Miután szerkezeti és szerelési okokból egész elektroncső rendszereket egyidejűleg forrasztani nem lehet, szükséges, hogy olyan forrasztóanyagok álljanak rendelkezésre, melyeknek munkahőfoka eléggé távol fekszik egymástól, melyekkel tehát egy lépcsőzetes munkamenet úgy valósítható meg, hogy a megelőző összeállításhoz végzett forrasztások az ezt követő újabb forrasztások alatt szét ne olvadjanak. Nem minden esetben, de egyes gáztöltésű elektroncsöveknél ezenkívül a forrasztóanyagoknak higanyállónak is kell lennie, hogy az edény belsejében levő higanygőz hatására a forrasztási hely meg ne hibásodjék. Ugyancsak probléma a ma mindinkább korszerűvé váló fém és kerámiai alkatrészekből összeállított elektroncsövek szerkezete, ahol a forrasztást közvetlenül a fém és a kerámiai test között kell létrehozni. Kerámiai alkatrészek használatát szükségessé teszi a kívánt magasabb üzemhőfok, az elérhető lényegesen nagyobb szerelési pontosság és a jobb dielektromos tulajdonságok. Egyes eljárások szerint a kerámiát felületén fémezik, és fémezés után ezt a réteget közvetlenül forrasztják a csatlakozó fémhez. Egy másik eljárás szerint kerámia fémmel közvetlenül is forrasztható színezüst és a periódusos rendszer IV/b csoportjában levő egyes fémek hidridjeinek felhasználásával. A fémezési eljárás költséges és körülményes, a hidrid eljárás viszont még csak laboratóriumi mértékben használható, és aránylag igen nagy selejttel jár. Ezért még egyik eljárás sem tekinthető tömegtermelésre érettnek. Ideális megoldás lenne olyan forrasztóanyag, amelyik a kerámiával előkezelés nélkül közvetlen és vákuumzáró kapcsolatot tud létesíteni. Titán vagy nagy titántartalmú ötvözetek olvasztásakor közismert, hogy ezek olvasztására megfelelő tégelyanyag-

gal nem rendelkezünk, mert az olvadék ezeket feloldja. Kézenfekvő lenne tehát a fém-kerámia közötti forrasztást titánnal vagy ennek valamilyen alacsonyabb olvadáspontú ötvözetével létrehozni, mert ott felületi kötést kellene kapni. BAILEY és WATKINS [2] által posztulált szabály szerint ugyanis forrasztás mindig lehetséges, ha a forrasztandó társak a forrasztóötvözetrel oldatot vagy intermetallikus vegyületet képeznek.

Egy, a vákuumtechnikában használható forrasztóanyagok az általános technológiai követelményeken kívül még a következő feltételeknek kell eleget tennie:

1. A gyártási folyamat alatt uralkodó hőmérsékletek miatt legalább 450 C°-ig elhanyagolható párolgás.
2. Jó vákuumzáró tulajdonságok (interkrisztallin korrózió iránti érzéketlenség, a zárófelületben lehetőleg intermetallikus vegyületek nélküli átmenet).
3. A forrasztandó alapanyagokhoz lehetőleg alkalmazkodó hőtágulási együttható.
4. Jó folyási tulajdonságok az általában vákuumban vagy hidrogénben lefolyó forrasztáskor.
5. Egyes különleges esetekben higanygőzállóság.

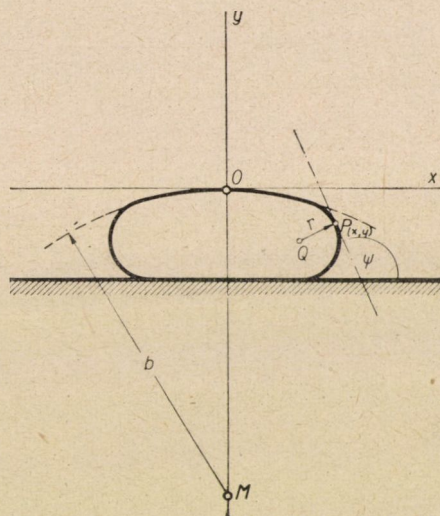
A forrasztásokkal foglalkozó irodalom főleg az Sn—Pb ötvözetek, tehát a lágyforrasztók körére terjed ki. A lágyforrasztásoknál a probléma metallográfiai része éppen az alacsonyabb hőfok miatt lényegesen egyszerűbb, és elsősorban a nedvesítés körülményeinek és a forrasztási résben történő folyás tanulmányozására irányult. De még ezekben az aránylag egyszerű esetekben is az irodalom igen kevés konkrét értéket ad, és a legtöbb jelenségre megállapítja, hogy az egyelőre meg nem indokolható. BAILEY és WATKINS [2, 3] szerint „azok az okok, amelyek a forraszthatóságbeli különbségeket adják, nem ismeretesek, mert az alapvető tényezők, amelyek a folyást befolyásolják, nem eléggé ismertek”.

A tárgykör felmerülő nehézségei világosan láthatók, ha a probléma elvi és elméleti összefüggéseit keressük.

Forrasztás lényegében két, egy- vagy különemű fém között folyékony harmadik fém vagy fémötvözet segítségével létrehozott szilárdsági kötés. Az alacsonyabb olvadáspontú fém, tehát a forrasztóanyag alkalmazása különbözteti meg az alapfém beömlésztésével járó hegesztési eljárásoktól. Az ömledék, tehát a forrasztóanyag hőfoka alacsonyabb ugyan, mint bármelyik forrasztandó partner olvadáspontja, ami azonban nem zárja ki, hogy a szilárd alkotók az ömledékben legalább részben ne oldódjanak, vagy pedig hogy az ömledék a szilárd fémmel és viszont diffúziós kölcsönhatásba ne lépjen. BAILEY és WATKINS [3] szerint forrasztás csak akkor lehetséges, ha oldhatóság vagy intermetallikus fázisok keletkezésének lehetősége fennáll. Ez a megfontolás



elvben nem abszolút érvényű, mert pl. olyan mechanikai illesztés, amelyik annyira tökéletes, hogy a felületi rétegek közötti távolság nagyságrendileg a fémet alkotó atomsíkok távolságával egyezik, teljes értékű szilárdsági kötést kell adjon még abban a nem egészen elképzelhető esetben is, amikor a határfelületen semminemű diffúzió nem mutatkozik. Bár a forrasztásoknál általában két különböző fém összekötéséről van szó, kísérleti elrendezésben homogén alapanyagon a forrasztóanyag által történő nedvesítést, illetve nedvesítési szöget szokás mérni. Ez általában úgy történik, hogy egy sík lemezen a forrasztóanyagot megfelelő atmoszférában vagy folyasztó alatt megolvasztják, és a fémfelület-ömladék közötti határszöget mérik.



1. ábra

Amennyiben az alapanyag és a folyadéksepp között semminemű kölcsönhatás nem mutatkozik, tehát a folyadéksepre csak a nehézségi erő és a felületi feszültség hat, a folyadéksepp alakja, illetőleg az ún. nedvesítési szög a következő általános egyenlettel írható le [2]:

$$\gamma \left( \frac{1}{r} + \frac{\sin \psi}{x} \right) = \frac{2\gamma}{b} + g \cdot \rho \cdot y, \quad (1)$$

ahol  $\gamma$  a folyadék felületi feszültsége,

$\rho$  a folyadék sűrűsége,

$g$  a nehézségi gyorsulás,

$x$ - $y$  egy tetszőleges pont,  $P$ , koordinátái a felületen,

$\psi$  a  $P$  ponthoz tartozó tangens és a tengely közötti szög,

$r$  a  $P$  ponthoz tartozó görbületi sugár az ábra síkjában,

$b=OM$  a csepp kupolájának görbületi sugara.

Ebből az egyenlethől a  $\sin \psi$ ,  $r$  és  $b$  felírható mint  $x$  és  $y$  differenciálegyen-



lete  $\gamma$ ,  $\rho$  és  $g$  konstansokkal. Amennyiben ez az egyenlet megoldható lenne, legalább a nedvesítési szög értékét leírná, abban az esetben, ha az alapanyaggal semmiféle kapcsolatba nem lép. Sajnos ennek az egyenletnek nincs ismert megoldása. Ezért általában a Duprès-egyenletet szokás használni, amelyik lényegében a már kialakult és egyensúlyban levő folyadékseppre ható erők vektordiagramja. Egy sík alapon nyugvó folyadéksepp egyensúlyi állapotát a következő energiavektorokkal írhatjuk le [5]

$$\gamma_{S-G} = \gamma_{F-S} + \gamma_{F-G} \cos \theta, \quad (2)$$

ahol  $\gamma_{F-G}$  a folyadéksepp-gáztér közötti felületi energia,

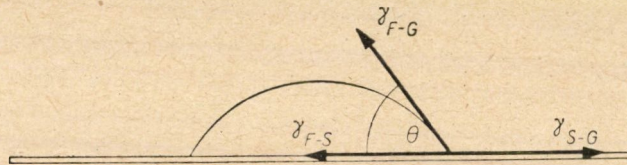
$\gamma_{F-S}$  a folyadéksepp-szilárd felület közötti felületi energia,

$\gamma_{S-G}$  a szilárd felület-gáztér közötti felületi energia.

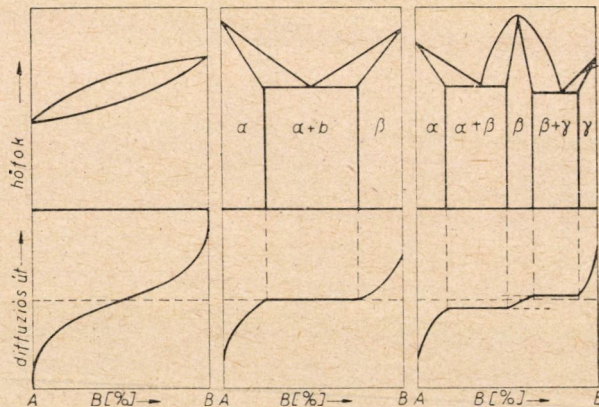
Az egyenletet rendezve a nedvesítési szög értékére felírhatjuk

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{S-G} - \gamma_{F-S}}{\gamma_{F-G}}. \quad (3)$$

Figyelembe kell vennünk, hogy ebben az egyenletben a  $\theta$  szög az egyedül közvetlenül mérhető, ez arányos a felületi feszültségekkel. A felületi feszültség ebben a hőfoktartományban (kb. 600–1200 C° között) kísérletileg nehezen mérhető. Értéke egyéb fizikai állandókból (párolgási hő, atomtérfogat stb.) közelítőleg számolható, illetőleg gőznyomásértékekből meghatározható. Gőznyomásértékek egy kétalkotós rendszerben viszont nem számíthatók csak



2. ábra



3. ábra

akkor, ha két alkotó ideális oldatot képez. Ez viszont csak a legkritkább esetben fordul elő. A másik két érték a fém-folyadék, illetve fém-gáz vagy fém-fedőső közti érték csak indirekt eljárásokkal határozható meg, és a fémek legtöbbször nem eléggé ismeretes [6, 7, 8].

Amennyiben a folyadék és a fémfelület határréteg között csak ezek az erők keletkeznének, úgy a probléma egyszerű lenne, és a fém-folyadék rendszer legkisebb nedvesítési szöge a legjobb forrasztást adná. Amennyiben a fém-folyadékfelület között reakció van, úgy három dolog lehetséges [9]:

1. Az olvadék és a fém egymásba diffundálnak,
2. az olvadék vagy ennek valamelyik alkotója az alapanyagot oldja,
3. hogy mindkét folyamat egyidejűleg bekövetkezik.

Amennyiben csak diffúzió mutatkozik, úgy a következő esetek lehetségesek:

1. A két fém korlátlanul oldja egymást, megszakítás nélküli szilárd oldatot alkot. Ekkor a diffúzió folyamata is egy folyamatos görbével írható le.
2. A két fém csak korlátozottan oldja egymást, ekkor a nem oldódó szakaszon diffúzió nincs.
3. A két fém egymással fémes vegyületeket alkot, amint az általában a leggyakrabban előforduló eset. Ekkor a diffúzió folyamán koncentrációs lépcsők alakulnak ki.

Annak felismerésére, hogy a diffúziós folyamat hogyan zajlik le, szükség van az illető két fém állapotábrájára. Amikor — mint a mi rendszerünkben általában — több alkotó van jelen, első tájékoztatást a binér állapotábrákból szerezhetünk. A ténylegesen létrejövő diffúziós lépcsők az egyes alkotók diffúziósebességétől függően, valószínűleg ezek arányában fognak kialakulni. Természetesen a valóságban a viszonyok a több alkotó jelenléte miatt lényegesen komplikáltabbak lesznek.

MEHL és RHINES [10] mérései szerint, akik egyidejűleg nikkelt és szilíciumot diffundáltattak rézben, a diffúziós viszonyok a Ni—Si összetétel arányában megváltoznak, és a két komponens egymás diffúzióját hol gyorsítja, hol lassítja. Si gyorsabban diffundál, de Ni adagolásra, amikor az alapötvetző eléri a  $Ni_2Si$  összetételt, nagymértékben lassul. Tiszta Ni lassan diffundál és Si adagolás előbb lassítja, majd nagyobb mértékben gyorsítja a diffúziót. Igen kevés adat van folyékony ötvözetek diffúziójáról. ECKERT és DRICKAMER [11] Tl—In szilárd és folyékony rendszerben mérték a diffúziós állandót. Méréseik szerint a diffúziós állandó már az olvadáspont körül, de még az olvadáspont alatt, három nagyságrenddel megnövekszik. A viszonyokat még komplikálja, hogy ömledékrendszerekben is mutatkozik a Ludwig—Sorell-effektus, ami a hőfokelés irányában egy koncentrációgradiensben jelentkezik.

Vákuumtechnikai problémáknál általában többalkotós forrasztóanyag és rendszerint legalább egy többalkotós forrasztandó alapfém rendszerével



van dolgunk. Egy kétalkotós forrasztóötvözet és egy egynemű alapfém forrasztásakor a várható folyamatok háromalkotós állapotábrával áttekinthetők, ahol a háromalkotós állapotábrában az izothermál metszetet a forrasztóanyag liquidus pontjának megfelelő síkon vezetjük át. Így a forrasztási felületen képződhető metallurgiai egyensúlyokról képet kaphatunk. Sajnos ugyanakkor az egész forrasztási rendszerről alig nyújt felvilágosítást, tekintve hogy a folyadékfázis gőznyomás változására bekövetkező változásokról, az időben előrehaladó diffúzióról stb. képet egyáltalán nem ad, és ugyancsak nem tud képet adni az alapfém esetleg bekövetkező oldódásának időbeli lefolyásáról sem. Amennyiben ilyen rendszerben még egy adalék anyag befolyását is akarjuk vizsgálni, már csak négyalkotós állapotábrában gondolkozhatunk, és a tényleges esetek túlnyomó részében annyira komplikált ábrázolásmóddhoz jutnánk, amelyik már minden szemléletességét elvesztené. Egyelőre tehát kénytelenek vagyunk az empiriához visszatérni azzal, hogy a nedvesítési szöveget mint jellemző értéket fenntartjuk, de tudomásul vesszük, hogy ez az egész rendszernek csak egyik és nem eléggé pontos jellemzője, és a valóban bekövetkezett folyamatok megítéléséhez mikroszkópi, szilárdsági és technológiai vizsgálatokat is kell végezni.

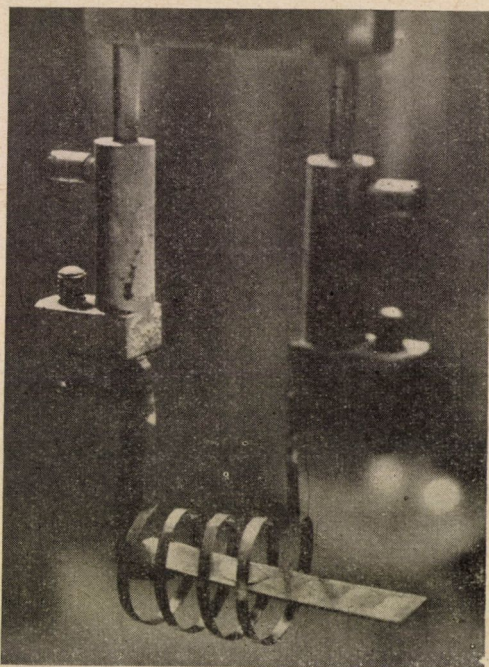
Vizsgálataink célja elsősorban újabb forrasztóanyagok keresése volt, melyek részben alkalmasak titán, zirkon és molibdén forrasztására, másrészt elvi tapasztalatok gyűjtése további forrasztóanyagok, elsősorban higanygőz-álló, másodsorban fém-kerámia közti forrasztások elvégzésére. A most lezárt kísérletsorozatot a Cu—Ag rendszerben végeztük azzal a mérési módszerrel, hogy a nedvesítési szöveget a megmerevedett cseppek mértük, és a határfelületi jelenségeket mikrosziszolaton értékeltük. Alapanyagokul olyan vákuumtechnikailag érdekes fémeket választottunk, amelyeken belül egy rendszer kiépíthető volt. Az alapanyagok választásában a következő variációk voltak kívánatosak:

- a) A forrasztóötvözetnek mindkét alkotójában az alapanyag oldhatóan, vagy legfeljebb az egyik alkotóban igen kevésbé oldódik.
- b) Az egyik alkotóban az alapanyag korlátoltan oldható, a másik alkotó oldhatatlan.
- c) Az egyik alkotóban az alapanyag oldhatatlan, a másik korlátlanul oldható.
- d) Az alapanyag mindkét alkotóban oldható.

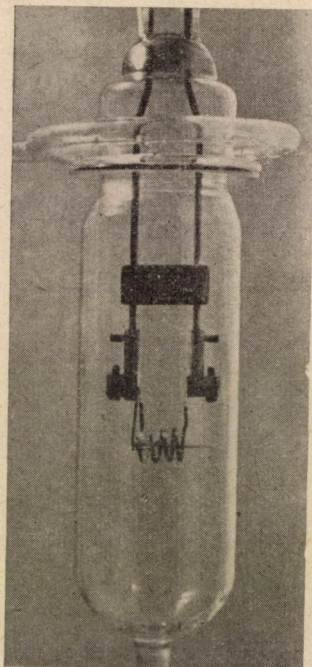
A forrasztási próbákat vákuumban végeztük, tehát minden esetben csak az ömledék saját gőznyomásával kellett számolni. A berendezés egy csiszolatos üvegburában elhelyezett két árambevezetőből áll (4. és 5. ábra), és kétféle melegítési módot tesz lehetővé. Először a bevezetők közé az alapanyagból készült csík helyezhető el, és így ez közvetlenül átmenő árammal fűthető, másrészt két bevezető pólus közé iridiumspirált szerelhetünk, és így a tárgyat sugárzó fűtéssel melegíthetjük. Az első esetben a hőfokgradiens

a magasabb hőfokú alapanyagról a forrasztóötvezet felé mutat, a második esetben az egész rendszer aránylag egyenletes hőfokon van. Az irídiumspirált fényes Mo-henger veszi körül, ami a kemence belsejében egyenletes hőfokeloszlást biztosít, és ami az ábráról jobb áttekintés kedvéért el van hagyva. A hőfokmérés optikai pirométerrel történt.

Ábrázolási módnak a nedvesítési szöget választottuk a forrasztóanyag összetételének függvényében. A nedvesítési szög görbéje alá ábrázoltuk



4. ábra. A minták megolvasztásához használt vákuumberendezés

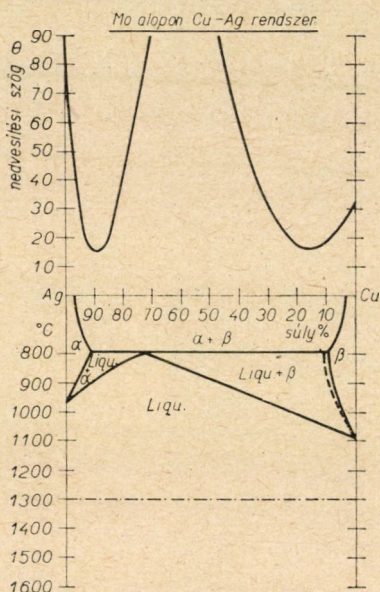


5. ábra. Iridiumspirál behelyezett mintadarabbal; molybdén védőhenger leszerelve

a forrasztóanyag két alkotójának állapotábráját és a forrasztási hőfokot. Bár az állapotábra csak a szilárd állapotban keletkező fázishatárokat mutatja, melyek természetesen az ömledékben nincsenek jelen, mégis ezt az ábrázolásba bevontuk, mert képet ad a két alkotó egymásközi oldhatósági viszonyáról. Amennyiben valamelyik alkotóban az alapanyag oldható, úgy ennek állapotábrája, csak a tájékozódás végett, az oldalán fel van tüntetve annak hangsúlyozásával, hogy ez csak tájékoztató következtetéseket enged meg a két alkotó várható diffúziójára, de nem enged meg következtetést a háromalkotós rendszeren belül beálló metallurgiai egyensúlyokra.



A 6. ábra az aránylag legegyszerűbb esetet szemlélteti, változó összetételű Cu—Ag ötvözetsort, Mo alapanyagon. A Mo mind rézben, mind ezüstben oldhatatlan, ezüstben 1600 C° fölött igen kismértékben ugyan oldható, de ez kihüléskor mint önálló fázis kiválik. Mindettől függetlenül magas hőfokon vákuumban történő körülöntéssel Mo-elemek között rézzel jó szilárdsági kötés létesíthető. A nedvesítési szög görbének az a feltűnő érdekessége van, hogy majdnem az egész rendszeren át nedvesítés nem történik, de két eléggé élesen definiált helyen a nedvesítés jó, tehát két kifejezett minimumot ír le. Érdekes-

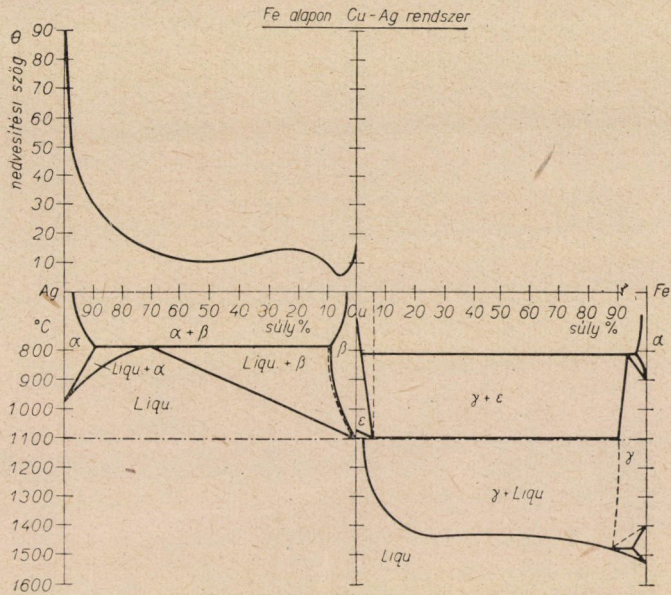


6. ábra

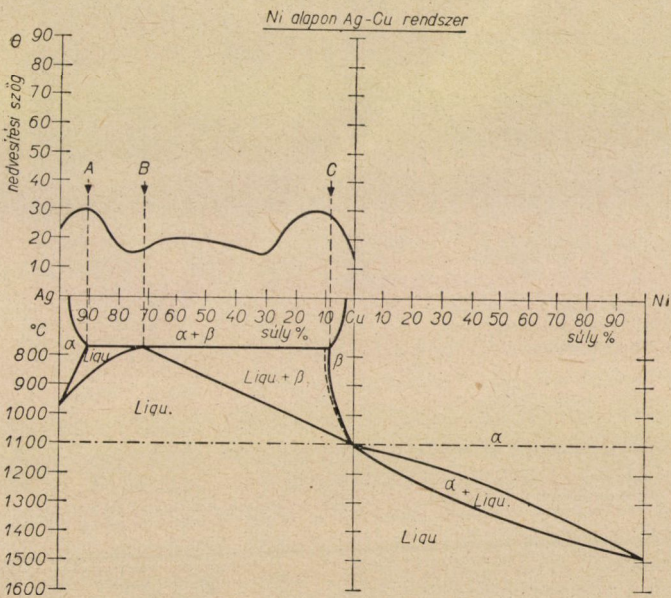
sége továbbá a rendszernek, hogy a 10% réztartalmú ötvözetben a kicsiny nedvesítési szög dacára felületi kötés nem jön létre, illetve a kötés annyira laza, hogy már csiszolásnál rendszerint elválik. A lényegesen rosszabbul nedvesítő rézzel vagy nagy réztartalmú ötvözettel a kötés szilárdságilag megfelelő. Érdekesége a mérési sorozatnak, hogy a két minimum helye gyakorlatilag összeesik a szilárd oldatok összetételével, azonban ezt itt csak megjegyezni kívánjuk anélkül, hogy ebből további következtetést vonnánk le.

A következő méréssorozatban, vas alapanyagon egészen eltérő viselkedést figyelhetünk meg (7. ábra). A felhasznált vas igen kis szénttartalmú svéd Armco vas volt. A vas és ezüst egyáltalán nem oldódnak egymásban, és ömledékben sem elegyednek, míg a réz korlátoltan oldódik vasban. Ugyancsak kb. 5% vas oldható rézben. J. SCHATZ [5] mérési eredményeihez teljesen hasonlóan, aki Pd ötvöző befolyását vizsgálta a Fe—Ag forrasztási rendszerben, a nedve-





7. ábra



8. ábra

sítési szög már kis ezüstadalékokra először meredeken, azután lassabban csökken. A nedvesítési szögnek a vassal telített rézösszetételnek megfelelő helyen minimuma van.

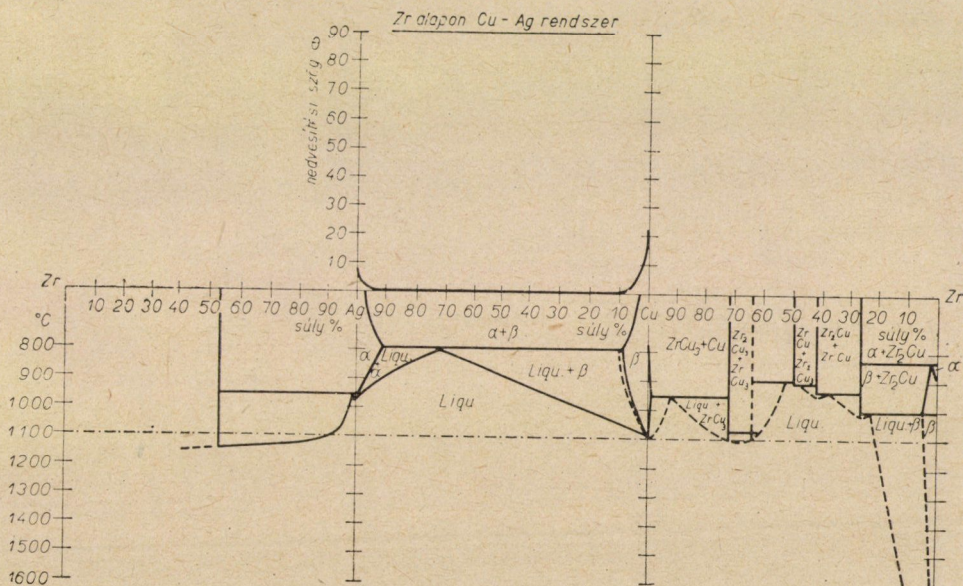
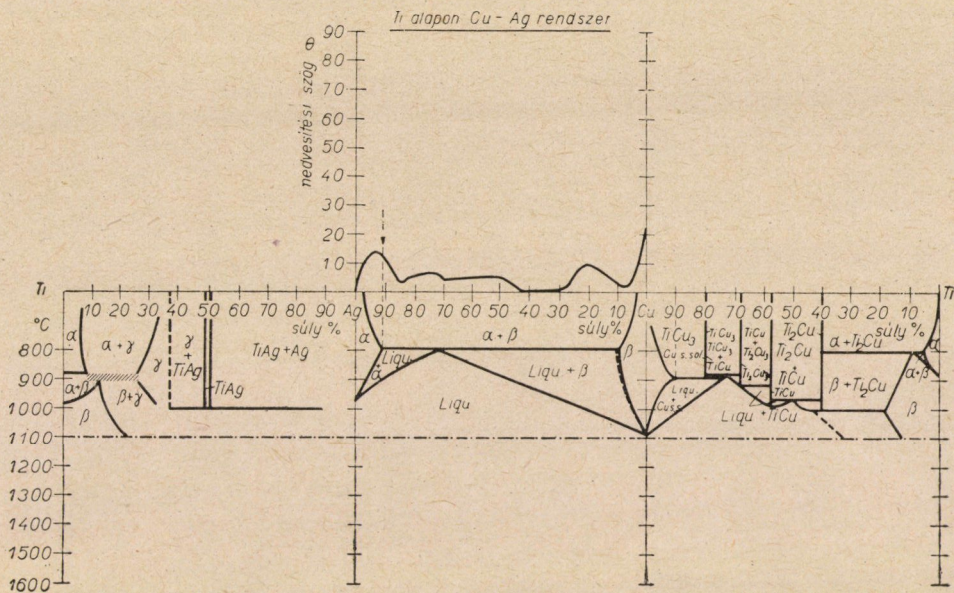
Ni alapon történő nedvesítési szög meghatározásánál általában kis szögértékeket találunk (8. ábra). A forrasztási hőmérséklet még sehol sem lépi túl a Cu—Ni állapotábra liquidus vonalát, és ennek megfelelően a mikroszkópi képeken sehol oldódás nem tapasztalható. A görbe két maximumot és egy minimumot ír le, melynek pontjai nagyjában a Cu—Ag rendszerben előforduló 3 jellegzetes összetételnek felelnek meg. Miután ebben a rendszerben a Cu—Ni az egyetlen diffúzióképes pár, és az egész ötvözetsor korlátlanul vegyeskristályképző, a diffúziós folyamatból az ábrán kitüntetett pontok nem magyarázhatók.

Lényegesen komplikáltabb mind a Ti-nak, mind a Zr-nak az Ag—Cu ötvözetsorral szemben mutatott viselkedése (9. és 10. ábra). A Cu—Ti és a Cu—Zr állapotábra teljesen hasonló és majdnem azonos szerkezetű. Mind a két ötvözetsor igen sok intermetallikus vegyületet képez. A Ti—Ag állapotábrában [13] egy korlátolt oldódáson kívül csak egyetlenegy intermetallikus vegyület ismeretes, a Zr—Ag-ben valószínűleg egy sem [14]. A két nedvesítési szög-görbe jellegében is erősen eltér egymástól, míg a Cu-sarok majdnem egyformán viselkedik, az Ag-sarok felé az eltérések mind nagyobbak lesznek. Mind a két ábrához megjegyzendő, hogy a közölt forrasztóanyag összetételén belül az alapfémnek olyan nagyméretű oldódása mutatkozik, hogy ez a rendszer gyakorlati célokra nem látszik hasznavehetőnek. Ismeretes, hogy kellő óvatossággal tiszta ezüsttel Ti forrasztható, azonban ez a forrasztás a rendkívül gyorsan képződő TiAg intermetallikus vegyület keletkezése miatt kényes és szilárdságában nem kielégítő.

Amint azt a vas alapon történő Cu—Ag rendszer kialakulásából láttuk, már aránylag kis mennyiségű ötvöző elegendő a nedvesítési viszonyok lényeges változtatásához. Természetesen a diffúziós viszonyok pontos ismerete újabb lehetőséget adna a jelenség kvantitatív megértéséhez. Már csak azért is, mert diffúziós értékekből aktiválási energiák számolhatók, és így mód nyílik arra, hogy a tényleges viszonyok megértéséhez közelebb kerüljünk. A nedvesítési szög mint empirikus és összefoglaló fogalom igen jól használható azzal a megkötéssel, hogy a jelenségek összességéről mérőszámot ad anélkül, hogy az egyes folyamatok megértéséhez közelebb vinne. Viszont a nedvesítési szög méréseiből eddig megtanultuk azt, hogy csak egy teljes ötvözetsor végigmérése után vonhatunk le következtetéseket, s a mikroszkópi képek bizonyítják, hogy az optimális nedvesítési szög önmagában még nem jelenti a legjobb forrasztóanyagot.

Forrasztóanyag folyási tulajdonságaival eddig nem foglalkoztunk, és ezzel kapcsolatban befejezésül még egy igen lényeges jellemzőre rátérek, illetőleg magyarázatot keresek. Mindenki, aki már egyszer forrasztott, ismeri azt







a jelenséget, hogy a forrasztóanyag megömlése még nem jelenti a forrasztás elkészültét, csak amikor a forrasztóanyag elkezd „futni” — ahogy azt mondani szokás —, jött létre a forrasztási kötés. Ömledékceppen történő megfigyelésnél ez abban nyilvánul, hogy a megömlés bekövetkezte után a csepp egy bizonyos idő múlva alakját megváltoztatja, a legtöbb esetben kiszélesedik, míg egyes ritkább esetekben összehúzódik. Ezt a jelenséget másodlagos szétfolyásnak, az összehúzódást pedig „dewetting”-nek szokás nevezni [7]. A jelenség magyarázatára térjünk vissza az energiaviszonyokat ábrázoló vektordiagramhoz (2. ábra). A megömlés kezdetén a csepp kialakul, és egyensúlyi helyzet áll fenn a felületi energiák között. A rendszer szempontjából invariánsnak vehetjük a fém-gáztér és az ömledék-gáztér közötti szabad energiát. Ezt megtehetjük azért, mert az ömledékcepp külső felületén még a forrasztás ideje alatt lényeges összetételváltozás nem lehetséges. A folyadékcepp-fém határfelület viszont nincs egyensúlyban, ha akár diffúzió, akár oldódás révén új összetételű felületi réteg keletkezik. Egyidejűleg a csepp alsó felületének az összetétele ugyancsak az előbb említett okok miatt, meg kell hogy változzék. Ezáltal a  $\gamma_{S-F}$  vektor értéke is megváltozik, vagy kisebb, vagy nagyobb lesz, mint a kezdeti állapot. Ahhoz tehát, hogy az egyensúlyi helyzet újra beálljon, a másik két vektornak kellene megváltoznia. Ezt viszont mint invariánst tételeztük fel, tehát az egyetlen érték, amelyik változhat, csak a  $\theta$  szög lesz. A  $\theta$  szög változása viszont csak a csepp kiterjedésével vagy összehúzódásával érhető el.

Ezek szerint a forrasztóanyag elfutása csak akkor következik be, amikor a megváltozott összetételű felületi réteg a forrasztóanyag alatt kiképződött, és az elfutási tulajdonságok (secondary spreading) elsősorban attól függenek, hogy a határfelület energiaszintje milyen irányban és milyen mértékben változott meg. Ezzel a feltételezéssel magyarázatot kapunk a forrasztási technikában eddig magyarázat nélkül álló egyik jelenségre.

Összefoglalva azt látjuk, hogy új forrasztóanyagok kidolgozása nemcsak metallurgiai feladat, hanem elsősorban fizikai-kémiai jellegű további vizsgálatokat és elméleti megfontolásokat kíván. A forrasztási folyamatot jellemző adatok nagy része mérés technikailag hozzáférhetetlen, viszont az elméleti taglalás elháríthatatlan matematikai nehézségekbe ütközik. Ezért érthető, hogy a forraszthatóság fogalmára mostanáig elfogadható mérőszámot találni nem sikerült. Fejlesztési útnak tehát elsősorban a különböző forrasztóötvezetek rendszeres vizsgálata látszik célravezetőnek, a nedvesítési szög, mint egyik jellemző meghatározásával, melyet párhuzamosan a felületen lejátszódó — elsősorban ömledék és szilárd fém közötti diffúziós — jelenségek további, kvantitatív kutatásának kell követnie.

## IRODALOM

1. W. ESPE: Werkstoffe der Elektrotechnik, Berlin 1954.
2. L. J. BAILEY, H. C. WATKINS: Il. Inst. Met. 1951—52, Vol. 80. pp. 57—76.
3. L. J. BAILEY, H. C. WATKINS: Proc. Phys. Soc. Sect. B, 63 (Part 5) 1950. No. 365 B.
4. M. HUMENIK jr., N. M. PATRIKH: Il. Am. Cer. Soc. 1956, Vol. 39, No. 2. 1957, Vol. 40, No. 9.
5. SCHATZ: Schweissen und Schneiden. 1957, H. 12. pp. 522—530.
6. E. R. FUNK, H. UDIN: Welding Il. 1952, Res. Suppl. 247—252.
7. J. W. TAYLOR: Metallurgia 1954, okt. 161—165.
8. A. LATIN: Il. Inst. Met. 1946, Vol. 72. pp. 265—282.
9. SEITH: Diffusion in Metallen, Berlin, Springer, 1955.
10. R. E. ECKERT, H. G. DRICKAMER: J. chem. Phys. 20. 13 (1952).
11. F. N. RHIMES, R. F. MEHL: Metals Technol., 6. Techn. Publ. 1072 (1939).
12. A. LATIN: Trans. Faraday Soc. 1938, Vol. 34. No. 2. 1384—1394.
13. A. D. MC QUILLAN, M. K. MC QUILLAN: Titanium, Butterworths, 1956. London.
14. G. L. MILLER: Zirconium, Butterworths, 1954. London.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

BUDINCSEVITS ANDOR:

A tudományos ismeretek nem nyújtanak elegendő támpontot arra, hogy két fém forraszthatóságát előre megállapítsuk. Wolfram és nikkell jellegzetesen oldásos kötést ad, ami úgy jellemezhető, hogy a nikkell jól nedvesíti a wolframot. Sok esetben nem választhatjuk ki azokat a fémeket, amelyek a legkedvezőbb kötést biztosítják, de egyéb szempontokból olyan fémeket is össze kell forrasztani, melyek ezen tulajdonsággal nem rendelkeznek. Pl. réz wolframhoz nem forrasztható, mivel a réz nem nedvesíti a wolframot, nem oldódnak egymásban. Ha azonban a wolframot vékony galvanikus nikkell réteggel bevonjuk, melyet a nikkell olvadási pontja alatti hőmérsékleten beleizzítunk, már jó kötést lehet létesíteni rézzel, mivel réz és nikkell egymást jól nedvesítik. Így különböző fémek kombinációjával tág határok között lehet fémkötéseket létesíteni.

Az előadásban elhangzott vizsgálatokhoz megjegyzem, hogy a nedvesítési szög meghatározása mellett tapasztalataink szerint fontosak két fém forraszthatóságának azon tulajdonságai, hogy a nagy olvadáspontú fémen forraszként alkalmazott alacsonyabb olvadáspontú fém milyen migrációs sebességet mutat, és a migrációs úthossz ugyancsak mértéke lehet két fém forraszthatósági tulajdonságainak.

Legújabbán a fémkerámia csövek mind nagyobb tért hódítanak, nagy mechanikai és termikus szilárdságuk folytán. A forraszthatóság fémhez, illetve kerámiához komoly technológiai nehézségeket okoz. Az előadásban elmondott vizsgálatok eredményesen járultak hozzá ezen problémák megoldásához.

DOMONY ANDRÁS:

Egyes fémekről, mint az alumíniumról, tudjuk, hogy rendkívül makacsul tapadó oxidhártát képeznek, melyek a forrasztást megakadályozzák még akkor is, hogyha ez az oxidhártia mikron-nagyságrendű. Az ismertett molibdén-rézvezüst forrasztóanyag kísérleteknél nem képzelhető-e el hasonlóan nagy ellenállóképességű oxidhártia keletkezése, és nem ilyen oxidréteg okozza-e a leírt anomális viselkedést?

## WALDHAUSER ILONA:

A híradástechnikában igen gyakran használt ferniko anyagok a keményforrasztásnál hajlamosak az interkrisztallin korrózióra. Az előadó által ismertett jelenség milyen mértékben befolyásolja a ferniko repedékenységet?

Lehet-e valamilyen összefüggés a gyakran instabilis, hideg megmunkálásnál martenzitképződésre való hajlam és az interkrisztallin korrózióra való hajlam között?

## AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

A BUDINCSEVITS Andor részéről említett migrációs jelenségek figyelembevétele fontos lesz a további vizsgálatoknál. A kerámiai anyagokhoz történő forrasztás változatlanul a további vizsgálatok előterében halad.

DOMONY András megjegyzésére válaszolva, nem lehetetlen, hogy a molibdén alapanyag esetében nehezen redukálható oxidréteg akadályozta a kötést. A molibdénnek ugyanis igen sok oxigénvegyülete ismeretes és gyakran előfordul vákuumtechnikai praxisban, hogy egyes oxidált molibdén darabok a szokásos izzítási hőmérsékleten (1200–1400 C°) nem izzíthatók tisztára, tehát egyes oxidok ezen a hőmérsékleten még nem redukálódnak. Fontosnak tartom, hogy a jövőben molibdén alapanyagnál fokozottabban ügyeljünk a fémtiszta felület elérésére.

WALDHAUSER Ilona kérdésére válaszolva: a folyadékcsepp elfutására egyik döntő tényező a folyadékcsepp és a szilárd határfelület közti szabad energia. Természetesen van felületi energia az egyes kristályszemcse határok között is, melynek értéke általában a szabad felületre vonatkoztatott értéknek kb. 1/3-a. Elképzelhető, hogy annyira labilis metallurgiai szerkezetnél, mint az a fernikoövezeteknél ismeretes, a belső feszültségek hatására ezek az értékek egymáshoz viszonyítva erősen eltolódnak. Éppen az, hogy már egyszeri hidegalakításra az ausztenit-martenzit átalakulás ezekben az ötvözetekben erősen jelentkezik, rendszerint több mint 100 C°-kal az átalakulási hőfok fölött, mutatja, hogy milyen nagymértékű belső feszültségeknek kell fennállniuk. Kimutatható és ezzel összhangban van, hogy interkrisztallin korrózió általában a belsőfeszültséges helyeken mutatkozik. Régebbi kísérleteinkben rézezüstötvözet fürdőben ultraszónikus rezgések hatására sem sikerült fernikolemezen interkrisztallin korróziót megfigyelni, amennyiben az anyagot előzőleg tényleg feszültségmentesítették. Repedésmentes forrasztáshoz tehát az első és elengedhetetlen követelmény a ferniko anyag tökéletes kilágyítása, tehát a metallurgiai egyensúly lehető legtökéletesebb beállítása.



# KAPCSOLATOK A TELJESÍTMÉNYERŐSÍTŐ ÁRAMKÖRÖK JELLEMZŐI ÉS TELJESÍTMÉNYERŐSÍTŐ TRIÓDÁK PARAMÉTEREI KÖZÖTT

EREKY VILMOS

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET

Ebben a tanulmányban a teljesítményerősítő áramkörök hasznos teljesítménye, anódhatásfoka és teljesítményerősítése, mint az áramkörök jellemzői és a triódák statikus erősítési tényezője, tértöltési állandója és árameloszlási tényezője mint a csőkarakterisztikák fizikai paraméterei között keresünk kvantitatív kapcsolatokat. Ezen kapcsolatok ismerete a cső konstrukciójának kialakításánál hasznos. Először a teljesítményerősítő áramkörök elméletének idevonatkozó eredményeit, majd a csőkarakterisztikák elméletének a későbbiekben felhasznált eredményeit foglaljuk össze. Majd a két elmélet eredményeinek felhasználásával keressük a kívánt összefüggéseket.

## Teljesítményerősítő áramkörök

A teljesítményerősítésnél általában kívánatos a nagy hasznos teljesítmény, a jó anódhatásfok és a nagy teljesítményerősítés. A kedvező anódhatásfok és a nagy hasznos teljesítmény céljából a csöveket impulzus-vezérléssel, más szóval *B*-, illetve *C*-osztályú kapcsolásban működtetjük.

A hasznos teljesítményt ( $N_h$ ), az anód-hatásfokot ( $\eta_a$ ) és a teljesítményerősítést ( $e$ ) a következőképpen fejezhetjük ki (ha nincs frekvenciasorzás):

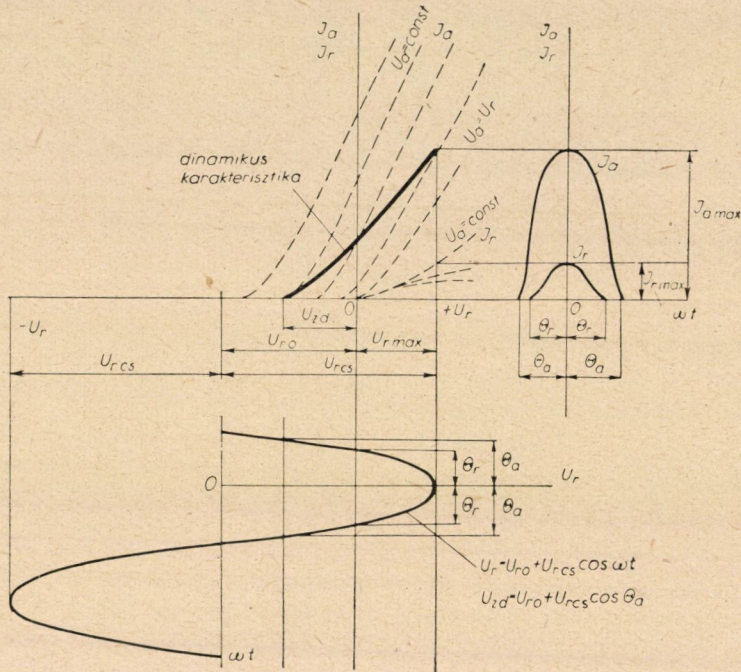
$$N_h = \frac{1}{2} U_{acs} I_{a1} \quad (1)$$

$$\eta_a = \frac{1}{2} \frac{U_{acs}}{U_{a0}} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \quad (2)$$

$$e = \frac{U_{acs}}{U_{rcs}} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{r1}} \quad (3)$$

$U_{acs}$  az anód váltófeszültség csúcsértéke,  $I_{a1}$  az anódáramlökések első harmonikusának csúcsértéke,  $U_{a0}$  az anódegyenfeszültség,  $I_{a0}$  az anódáramlökések egyenáramú összetevője,  $U_{rcs}$  a rácsváltófeszültség csúcsértéke,  $I_{r1}$  a rácáramlökések első harmonikusának csúcsértéke (1. és 2. ábra).

Az említett feszültségek a csőhöz csatlakozó áramforrásokkal és áramkörökkel beállíthatók. Az említett áramértékek a csőkarakteristikákból nem vehetők ki közvetlenül. De kivethetők az anód- és rácásáramlökések maximális áramértékei ( $I_{amax}$ ,  $I_{rmax}$ ), az anódfeszültség minimuma ( $U_{amin}$ ) és a rácsfeszültség maximuma ( $U_{rmax}$ ) által meghatározott karakterisztika pontban (1. és 2. ábra). Ezért az  $I_0$ ,  $I_{a1}$ ,  $I_{r1}$  értékeket, melyek az (1), (2) és (3) egyenle-



1. ábra. C-osztályú erősítő áramimpulzusai

tekben vannak, célszerű kifejezni az  $I_{amax}$ ,  $I_{rmax}$ , továbbá a  $\theta_a$  anódáramfolyási szög és  $\theta_r$  rácásáramfolyási szög függvényeként. E függvények meghatározása az anódáram- és rácásáramlökések Fourier-sora állandóinak kiszámításából áll. Az anódáramok ( $I_{a0}$ ,  $I_{a1}$ ) számításához a tapasztalat alapján az áramköri elméletben a következő összefüggést használják:

$$I_a(t) = \begin{cases} k [U_r(t) + U_a(t)/\mu_s]^a & a = 1,3/2 \quad U_v > 0 \\ 0 & U_v \leq 0. \end{cases} \quad (4)$$

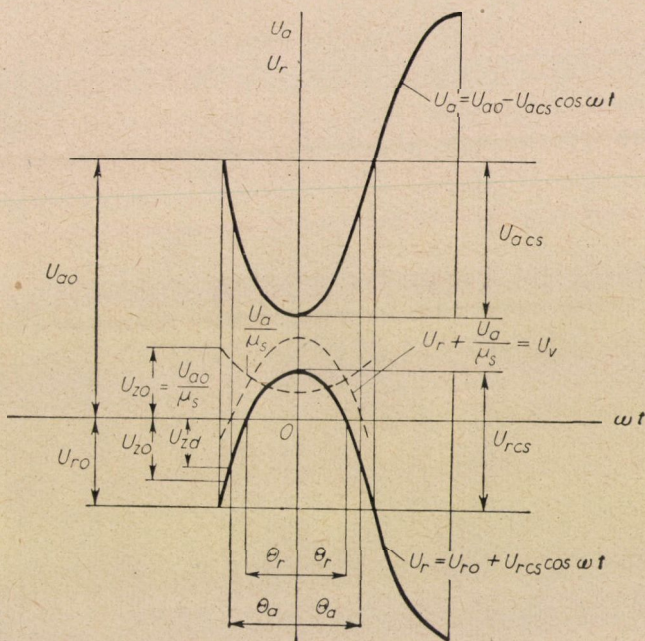
$k$  állandó, melyet később elméletileg értelmezni fogunk, a  $\mu_s$  állandó a statikus erősítési tényező, melyet később definiálunk. Az



$$U_r + U_a / \mu_s = U_v \tag{6}$$

jelöléssel,  $U_v$ -t *vezérlőfeszültségnek* nevezve azt mondhatjuk, hogy a (4), (5) összefüggés az *anódáram-vezérlőfeszültség dinamikus karakterisztikát*, illetve ennek tapasztalat szerint jó közelítését adja. A rácsáram ( $I_{r1}$ ) számításához ugyancsak a *tapasztalat alapján* az

$$I_r(t) = \begin{cases} K \cdot U_r^\alpha(t) & \alpha = 2 & U_r > 0 \\ 0 & & U_r \leq 0 \end{cases} \tag{7}$$



2. ábra. C-osztályú erősítő anód-, rács- és vezérlőfeszültségei az idő függvényében

összefüggést alkalmazzák, mely a *rácsáram-rácsfeszültség dinamikus karakterisztika* megfelelő közelítését adja ( $K =$  állandó). Végül az anódáramlökések folyási szöge ( $\theta_a$ ) és a rácsáramlökések folyási szöge ( $\theta_r$ ) a feszültségek és a cső statikus erősítési tényezője segítségével (4), (6) és (7)-ből fejezhető ki az  $U_r(t) = U_{r0} + U_{rcs} \cdot \cos \omega t$  és az  $U_a(t) = U_{a0} - U_{acs} \cdot \cos \omega t$  helyettesítésével (2. és 3. ábra):

$$U_{r0} + U_{rcs} \cdot \cos \theta_a + \frac{U_{a0}}{\mu_s} - \frac{U_{acs}}{\mu_s} \cdot \cos \theta_a = 0 \tag{8}$$

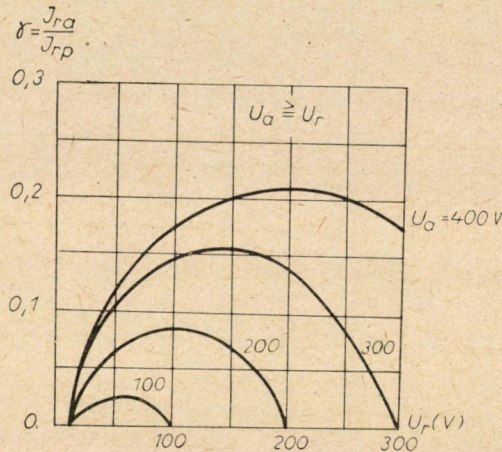
$$U_{r0} + U_{rcs} \cdot \cos \theta_r = 0. \tag{9}$$



Ha az  $I_{a0}$ ,  $I_{a1}$ ,  $I_{r1}$  értékek kiszámítását a fenti összefüggések alapján elvégezzük ([1], 35–41 l.), akkor a következő függvényeket kapjuk:

$$\frac{I_{a1}}{I_{a \max}} = f_1(\Theta_a) \quad (10) \quad \frac{I_{a1}}{I_{a0}} = \varphi(\Theta_a) \quad (11) \quad \frac{I_{r1}}{I_{r \max}} = f_1(\Theta_r). \quad (12)$$

Az  $f(\Theta)$  ill.  $\varphi(\Theta)$  függvények az irodalomból általánosan ismertek. (Vö. pl. [1] 41, 51 l., [2] 3 o. diagramjaival. A diagramban  $\Theta = \Theta_a$  ill.  $\Theta = \Theta_r$  helyettesítésénél az 1, vagy  $3/2$ , illetve 2 paraméterű görbék veendőek figyelembe.)



3. ábra. Adócső szekundáráram tényezője a rácsfeszültség függvényében (Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet)

Ezek után az (1), (2) és (3) egyenletekben  $I_{a1}$ ,  $I_{a1}/I_{a0}$ ,  $I_{r1}$  értékeket kifejezhetjük az anód- és rácsáramlökéseknek a csőkarakterisztikákból kivehető maximális értékeivel és az áramfolyási szögekkel, a (10), (11), (12)-ből. Az 1. és 2. ábrába berajzolt jelölések felhasználásával kapjuk, hogy

$$N_h = \frac{1}{2} (U_{a0} - U_{a \min}) \cdot I_{a \max} \cdot f_1(\Theta_a) \quad (13)$$

$$\eta_a = \frac{1}{2} \frac{U_{a0} - U_{a \min}}{U_{a0}} \cdot \varphi(\Theta_a) \quad (14)$$

$$e = \frac{U_{a0} - U_{a \min}}{-U_{r0} + U_{r \max}} \cdot \frac{I_{a \max} \cdot f_1(\Theta_a)}{I_{r \max} \cdot f_1(\Theta_r)}. \quad (15)$$

Az áramköri elmélet ebben a fejezetben felhasznált tapasztalati összefüggéseit a csőkarakterisztikák elmélete alapján értelmezni és levezetni szándékozunk. Az áramköri elmélet eredményeit pedig a későbbiekben felhasználjuk.

### Teljesítményerősítő triódák karakterisztikái

A teljesítményerősítő áramkörök jellemző adatai és a teljesítményerősítő triódák jellemző adatai közötti kvantitatív kapcsolatok keresése céljából szükségünk van a csőkarakterisztikák közelítő egyenleteire.

Tudjuk, hogy a csőkarakterisztikákat leíró, azaz az anódáramot ( $I_a$ ) és a ráczáramot ( $I_r$ ) az anódfeszültség ( $U_a$ ) és a rácfszültség ( $U_r$ ) függvényeként megadó egzakt összefüggés nem ismeretes.

A teljesítményerősítő triódák karakterisztikáit leíró közelítő összefüggések a következő alakúak:

$$I_a = f(U_a, U_r, C_1 \dots C_n) \quad I_r = \psi(U_a, U_r, C_1 \dots C_n). \quad (16)$$

A  $C_1 \dots C_n$  paraméterek a trióda geometriai és fizikai jellemzői, melyek a karakterisztikák kisebb vagy nagyobb résztartományaiban közelítőleg *állandóknak tekinthetők*, pontosabban azonban maguk is az anód- és a rácfszültség függvényei,  $\chi_1(U_a, U_r), \dots, \chi_n(U_a, U_r)$ . Ismeretes, hogy a (16) egyenletről differenciálási műveletekkel kapjuk a cső meredekségét, erősítési tényezőjét és belső ellenállását  $S, \mu, R$ -et. Ezekről a differenciális jellemzőktől ([11], 156. l.) való megkülönböztetés céljából a  $C_1 \dots C_n$  mennyiségeket a továbbiakban *fizikai csőparamétereknek* fogjuk nevezni.

A (16) alakú közelítő karakterisztikaegyenleteket a csőben uralkodó fizikai folyamatok külön-külön tárgyalása alapján, ezek eredményeinek összeállításából állapítjuk meg. Tekintsük át a triódák elméletében alapvető, egyes fizikai törvényszerűségeket.

A trióda *elektrosztatikai törvénye*. Ez a triódákban kialakuló tértöltésmentes elektrosztatikai térre vonatkozik. Ekkor áram a csőben nem folyik (a katódáram  $I_k = 0$ ). A trióda elektrosztatikus tere a katód közelében analógiát mutat a diódához. *Diódáknál* ugyanis

$$E_k = a \cdot U. \quad (17)$$

$E_k$  térerősség a katód felületén,  $U$  a dióda feszültsége és  $a$  egy állandó. *Triódáknál*, mint elméletileg és kísérletileg igazolható

$$E_k = \beta \cdot (U_r + U_a/\mu_s) = \beta \cdot U_v. \quad (18)$$

$E_k$  térerősség a katód felületén,  $U_r$  és  $U_a$  a rác- és anódfeszültség,  $\beta$  és  $\mu_s$  állandók,  $U_v$  az ún. vezérlőfeszültség. A katódtérerősség szempontjából a trióda egy ekvivalens diódával helyettesíthető.

Látni fogjuk, hogy a tértöltési törvény (20) és (21) szerint a tértöltési áram megszűnik, ha  $U = 0$  és  $U_v = 0$  és így (17), valamint (18) szerint az  $E_k$

tértöltésmentes térerősség zérus, feltéve, hogy az elektronok kilépési sebességét elhanyagolhatjuk, mely feltevessel a továbbiakban élhetünk. A (18) egyenletet zérussal téve egyenlővé, értelmezhetjük  $\mu_s$  fizikai jelentését:

$$\mu_s = - U_a/U_r. \quad (19)$$

$\mu_s$  jelenti azt az anód- és rácfszültség viszonyt, melynél a cső lezár. — A  $U_s$ -et *elektrosztatikus erősítési tényezőnek* nevezzük.

A trióda *tértöltési törvénye*. Eredetileg diódákra vezethető le elméletileg (LANGMUIR—CHILD). Ha a katódelektronok kilépési sebességét 0-nak tekintjük, akkor a diódaáram a diódafeszültségnek  $3/2$ -ik hatványával arányos

$$I = g \cdot U^{3/2}, \text{ síkelektrodáknál } g = F \frac{f}{d^2}. \quad (20)$$

$F$  a dióda effektív anódfelülete,  $d$  a katód-anódtávolság,  $f$  fizikai állandó sík-triódákknál  $2,34 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$ . A triódákra a *tapasztalat szerint* analóg törvény érvényes, melyre való tekintettel a katódaáramra vonatkozó tértöltési törvény szempontjából a trióda egy ekvivalens diódával helyettesíthető. (Ez nem azonos az elektrosztatikai törvénnyel említettel.) A tapasztalati összefüggés a következő:

$$I_k = g \cdot U_v^{3/2} = F \cdot G \cdot U_v^{3/2}, \text{ síktriódáknál } g = F \frac{f}{d_{ekv}^3}. \quad (21)$$

Itt  $F$  és  $f$  jelentése ugyanaz, mint a diódáknál,  $d_{ekv}$  az ekvivalens dióda katód-anódtávolsága,

$$U_v = U_r + U_a/\mu_s \quad (22)$$

a trióda vezérlőfeszültsége,  $g[\text{A/V}^{3/2}]$  a cső tértöltési állandója,  $G[\text{A/V}^{3/2} \cdot \text{cm}^2]$  a cső fajlagos tértöltési állandója ([3], 183—189. l.).

Ha a katódelektronok Maxwell-eloszlást mutató kezdősebességeit is figyelembe vesszük, akkor a tértöltési törvény bonyolult alakot vesz fel (LANGMUIR). Ezen általános törvény alkalmazása például CARJEV könyvében megtalálható ([4], 15—54. l.). A katódelektronok kilépési sebességének hatása fizikailag abban nyilvánul, hogy a csőben potenciálmínimum képződik a telítésnél kisebb katódaáramoknál. Ekkor a csőparamétereket az  $U_a$  és  $U_r$ -től függőnek tekinthetjük:  $\chi_1(U_a, U_r), \dots, \chi_n(U_a, U_r)$ . — Alábbi megfontolásainkban a csőből kivehető maximális áramoknál nem sokkal kisebb áramok a legfontosabbak, amelyeknél a potenciálmínimum hatása elhanyagolható. Ezért alábbi számításainkban a  $3/2$ -es tértöltési törvényt alkalmazzuk.



*A triódák árameloszlási törvénye.* A triódák katódárama pozitív anód- és rácsfeszültség esetén részben az anódhoz és részben a rácsához folyik. A teljesítményerősítő áramkörökben (a túl nagy rácsáramok elkerülése végett)

$$U_a \geq U_r. \quad (23)$$

Ekkor az ún. áramvisszafordulásmentes árameloszlási törvény (sokszor TANKRÓL elnevezett törvény) érvényes. Ez a törvény, melyet a tapasztalat és az elmélet egyaránt igazol, azt mondja, hogy az árameloszlás az anód- és rácsfeszültségek viszonyától függ és közelítőleg arányos a feszültségviszony négyzetgyökével. Ez a törvény a rácsmisszióból eredő áramokat figyelmen kívül hagyja, azért ezeket az áramokat primér anód- ( $I_{ap}$ ) és primér rácsáramoknak ( $I_{rp}$ ) nevezzük.

$$\frac{I_{ap}}{I_{rp}} = f\left(\frac{U_a}{U_r}\right) = \lambda \cdot \sqrt{\frac{U_a}{U_r}}. \quad (24)$$

A  $\lambda$ -t *árameloszlási tényezőnek* nevezzük. (Az árameloszlás jellemzésére  $\lambda$  helyett több paraméter is lehet [7]. Mi az árameloszlási törvény (24) alatti közelítő alakjával számolunk a továbbiakban.)

*A rács szekunderemissziójának hatása.* A triódákban a rács szekunderemissziója következtében keletkező áramok hatását is megállapítjuk. Ismeretes, hogy kb. 10 V-nál nagyobb elektródafeszültségeknél a rácsra eső elektronok ezekből szekunderelektronokat váltanak ki, melyek azután a nagyobb feszültségű anódhoz áramlanak. Ezt az áramot jelöljük  $I_{ra}$ -val. Nevezzük a

$$\gamma = \frac{I_{ra}}{I_{rp}} \quad (25)$$

viszonyt *szekunderáram-tényezőnek*. Ez nem azonos a rács anyagára jellemző szekunderemissziós nyereséggel [10], de függ tőle. Pontosabban a  $\gamma$  függ a rács anyagától, az anód- és rácsfeszültség nagyságától, a cső geometriájától. A mutatkozó nagyságrendek illusztrálására felhasználjuk a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben végzett méréseinknek egy adótriódára vonatkozó eredményét, mely egy szekunderemisszió szempontjából jónak minősülő csőre vonatkozik (3. ábra).

*Egyéb fizikai folyamatok.* A csőben lejátszódó egyéb fizikai folyamatokat az alábbi, főleg a cső geometriai jellemzőire vonatkozó tárgyalásokban nem vesszük figyelembe. Jónak minősíthető csőveknél ez az elhanyagolás rendszerint megengedhető.

*A csőparaméterek nagyságrendje és összefüggése a cső geometriai méreteivel.* A  $\mu_s$ -re és  $\lambda$ -ra jellemző, hogy ezek csak a cső geometriai alakzatától függő, dimenzió nélküli mennyiségek. Különböző nagyságú, de geometriailag hasonló csőveknél értékük nem változik. A  $\mu_s$  számértéke tízes nagyságrendű,  $\lambda$ -é

egyenes nagyságrendű adótriódáknál. A  $G$  a cső geometriai alakzatától és méreteitől is függ. Az  $f$  értéke síktriódáknál  $2,34 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$ . A  $\mu_s$ ,  $\lambda$  és  $G$  összefüggésére a cső geometriai alakzatával és méreteivel sok vizsgálat történt és sok közelítő eredmény áll rendelkezésre. Ezekre nem térhetünk ki, csak az irodalomra utalhatunk ([3], [4], [5] és az ezekben található irodalmi hivatkozások). — A  $\gamma$ -t is csőparaméternek tekintve, a nagyságrendeket illetőleg utalunk a 3. ábrára.

*Közelítő triódakarakterisztika egyenletek.* Ezek után felírhatjuk a közelítő triódakarakterisztika egyenleteket, amelyek alkalmazhatóságának határait a fenti törvények érvényességi határai szabják meg.

A  $3/2$ -es törvény és az árameloszlási törvény segítségével kifejezhetjük a primer anód- és rácsáramokat. A (21), (22), és (24) felhasználásával:

$$I_k = I_{ap} + I_{rp} = F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2} \quad I_{ap}/I_{rp} = \lambda \sqrt{U_a/U_r}. \quad (26)$$

Ezek az egyenletek  $I_{ap}$  és  $I_{rp}$ -re megoldhatók. Ha a rács szekunder-emissziójából eredő áramot is számításba vesszük, akkor a (25) egyenlet felhasználásával írhatjuk, hogy

$$\begin{aligned} I_a &= I_{ap} + \gamma I_{rp} & U_a \geq U_r > 0 \text{ V} \\ I_r &= I_{rp} - \gamma I_{rp} & (\text{pontosabban } \gamma = 0, \text{ ha } U_r < 10 \text{ V}). \end{aligned} \quad (27)$$

Ezekből következik  $I_{ap}$  és  $I_{rp}$  behelyettesítésével (26)-ból, hogy

$$I_a = \begin{cases} \frac{F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2}}{1 + (1/\lambda \cdot \sqrt{U_a/U_r})} + \gamma \cdot \frac{F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2}}{1 + \lambda \cdot \sqrt{U_a/U_r}}, & \text{ha } U_v > 0 \\ & U_a \geq U_r > 0 \\ F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2} & , \text{ ha } U_v > 0 \\ & U_r \leq 0 \\ 0 & , \text{ ha } U_v \leq 0 \end{cases} \quad (28)$$

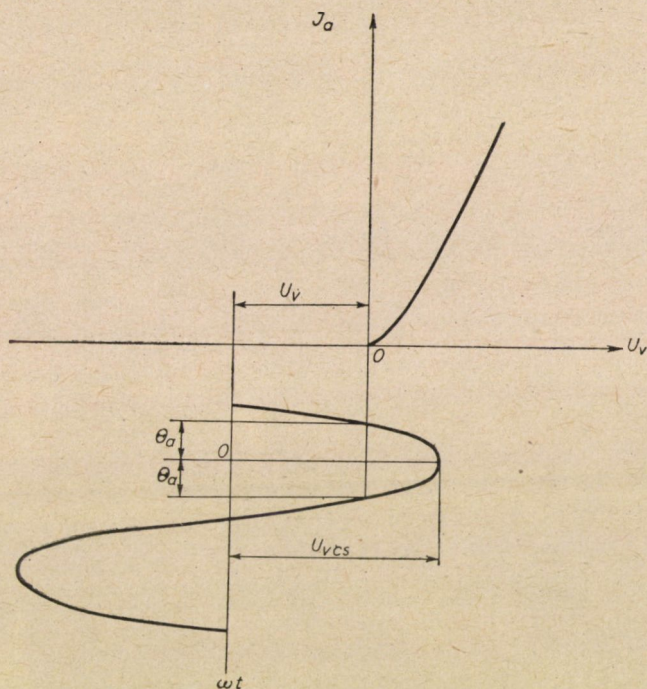
$$I_r = \begin{cases} \frac{F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2}}{1 + \lambda \cdot \sqrt{U_a/U_r}} - \gamma \frac{F \cdot G \cdot (U_r + U_a / \mu_s)^{3/2}}{1 + \lambda \sqrt{U_a/U_r}}, & \text{ha } U_v > 0 \\ & U_a \geq U_r > 0 \\ 0 & , \text{ ha } U_v > 0 \\ & U_r \leq 0 \\ 0 & , \text{ ha } U_v \leq 0 \end{cases} \quad (29)$$

$$U_v = U_r + U_a / \mu_s. \quad (29a)$$

Itt  $\gamma$  az  $U_a$ ,  $U_r$  feszültségek bizonyos résztartományaiban állandónak tekinthető.

Az alábbiakban vizsgált hasznos teljesítmény értékét az anódáram-impulzus maximuma és környezete szabja meg. (A pillanatnyi teljesítmény

a pillanatnyi áramérték négyzetével arányos.) Az anódáramlökés maximumának környezetében a lehetőleg nagy hasznos teljesítmény végett az anód- és rácsfeszültségek rendszerint keveset különböznek egymástól. Ekkor a  $\gamma$  és  $\lambda$  nagyságrendűségét, figyelembe véve a (28), (29) egyenletek második tagját, elhanyagolhatjuk, és közelítőleg a primer áramok eloszlásával számolhatunk.



4. ábra. Anódáram-vezérlőfeszültség dinamikus karakterisztika (HEYBOER és ZIJLSTRA: Senderöhren 39. I.)

(A károsan nagy szekunderemisszió esetét, mely az anódáramimpulzusok oldalaihoz tartozó pillanatnyi áramértékeket ténylegesen növelheti, nem tárgyaljuk.)

A triódák jellemzőiként a megengedhető maximális igénybevételeket itt csak megemlítjük. Ezek a katódáram megengedhető csúcs- és középpértéke, az anód- és rácsfeszültségek megengedhető maximális értéke, az anód- és rácsvesztések megengedhető maximális értéke és a maximális frekvencia.

#### Sztatikus anódáram-vezérlőfeszültség karakterisztikák

A (28) karakterisztikaegyenletek alapján kísérreljük meg értelmezni az áramköri elméletben használt, a dinamikus anódáram-vezérlőfeszültség karakterisztikát kifejező (4) és (5) empirikus egyenletet. Ebből a célból egészítsük



ki a HEYBOER és ZILJSTRA könyvéből ([1], 39. l.) vett dinamikus anódáram-vezérlőfeszültség karakterisztikákat (4. ábra) a (28) egyenlet segítségével felrajzolható statikus anódáram-vezérlőfeszültség karakterisztikákkal. (A dinamikus karakterisztikánál  $U_v = U_r + U_a/\mu_s$ -ben az  $U_v$  és  $U_a$  egyidejűleg változik az adott áramköri beállítástól függően. A statikus karakterisztikáknál  $U_a/U_r = \text{konst.}$  paraméter értékek mellett változtatjuk  $U_v$ -t és így egy görbesereget kapunk.)

A (28) egyenletből a második tag fent indokolt elhagyásával *állandó* anód- és rácsfeszültség viszony ( $\varkappa$ ) mellett azt kapjuk, hogy

$$U_a/U_r = \varkappa = \text{konst.} \quad \varkappa \geq 1 \quad (30)$$

$$I_a = F \cdot G \cdot U_v^{3/2} / (1 + [1/\lambda \sqrt{\varkappa}]) \quad U_a \geq U_r \geq 0. \quad (31)$$

Az anódáram tehát a vezérlőfeszültségnek  $3/2$ -es parabola alakú függvénye.

Ha  $\varkappa = 1$ , azaz  $U_a = U_r$ , akkor a legalacsonyabban futó parabolát kapjuk (5. ábra). Ha  $\varkappa = \text{konst.} > 1$ , akkor magasabban futó karakterisztikákat kapunk. Ha végül  $U_r \leq 0$ , akkor a (28) egyenlet második sora szerint

$$I_a = F \cdot G \cdot U_v^{3/2} = I_k \quad U_v > 0, U_r \leq 0. \quad (32)$$

Ekkor az anódáram egyenlő a katódárammal, rácsáram nincs.

Az így kapott karakterisztikaseregbe (5. ábra) berajzoltunk egy *tényleges dinamikus karakterisztikát* az  $U_{a \min}/U_{a \max} = \varkappa = 1$ -ig történő vezérlésnek megfelelően. A (4) és (5) egyenleteknek megfelelő *közelítő dinamikus karakterisztikákat* ( $a = 1, a = 3/2$ ) is be-berajzoltuk a statikus karakterisztikaseregbe. Így az 5. ábrában szemléltethetjük e dinamikus karakterisztikák és a (28) egyenlettel megadott statikus karakterisztikák viszonylagos helyzetét.

A (4) egyenlet tapasztalati állandóját a (30), (31), (32) egyenletekből most elméleti úton kapjuk. Az  $a = 3/2$  esetben

$$k = \begin{cases} F \cdot G (1 + [1/\lambda \sqrt{\varkappa}]) & U_a \geq U_r > 0 \\ F \cdot G & U_v > 0 \quad U_r \leq 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$\varkappa = U_{a \min}/U_{r \max}. \quad (34)$$

Az  $a = 1$  esetben a  $k$  értékét a (33)-ból  $U_{v \max}^{1/2}$ -el való szorzással kapjuk. Ez a (31)-ből az 5. ábra jelölésével következik.

Így a (4) empirikus összefüggést levezettük a karakterisztikaegyenletekből.

Az áramköri elméletnek a rácsáramokra vonatkozó (7) egyenlete is értelmezhető a (29) karakterisztikaegyenletek segítségével. Erre azonban nem térünk ki.



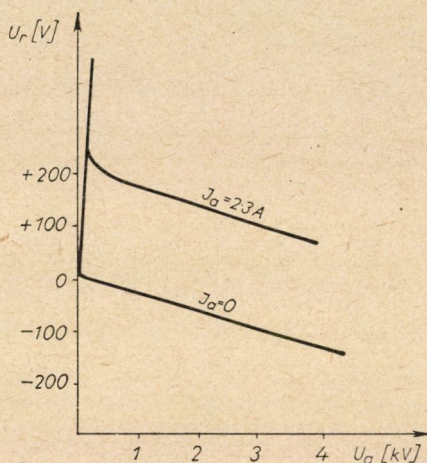


ként kapjuk az árameloszlási tényezőt,  $\lambda$ -t. Ha  $\lambda$  értékét növeljük, akkor a legyezőszerűen szétterülő karakterisztikák jobban záródnak felfelé a katódemissziós görbéhez ( $U_r = 0$ ) és fordítva.

2. Az  $U_r = 0$  görbe a katód tértöltési ( $3/2$ -es) emissziós karakterisztikáját adja. Ebből könnyen olvasható a tértöltési állandó értéke:

$$g = F \cdot G = \frac{I_k}{1000} [A/V^{3/2}], \text{ ha } U_v = 100 [V] \quad (35)$$

a (21) szerint.



6. ábra. Rácsfeszültség-anódfeszültség karakterisztikasereg

3. A szokásos  $I_a - U_a$ ,  $I_r - U_a$  karakterisztikákból a  $\lambda$ ,  $g$ , illetve  $G$ , az  $I_k$  értéke nem adódik olyan egyszerűen és szemléletesen, mint az  $I_a - U_v$  karakterisztikákból (5. ábra). Ezzel szemben az  $I_a - U_v$  karakterisztikákban rejtve marad a harmadik csőparaméter, a statikus erősítési tényező,  $\mu_s$  értéke. A  $\mu_s$  értéke az  $U_r - U_a$ , állandó áramú karakterisztikákban szemlélhető közvetlenül és olvasható le egyszerűen (6. ábra).

4. A csőparaméterek vizsgálatához tehát célszerűnek látszik az  $I_a - U_v$  és  $U_r - U_a$  karakterisztikák használata.

5. Az  $I_a - U_v$  karakterisztikákban adott  $U_a$  és  $U_r$  értékpárhoz meghatározott  $U_v$  és  $\alpha$  értékpár tartozik és fordítva:

$$U_v = U_r + U_a/\mu_s \quad \alpha = U_a/U_r \quad (36)$$

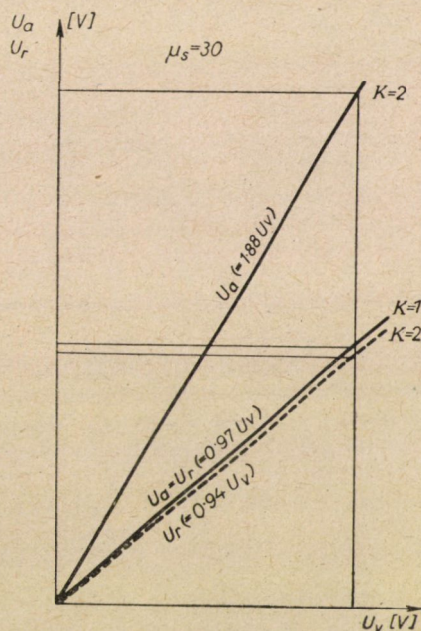
$$U_r = U_v/(1 + \alpha/\mu_s) \quad U_a = \alpha \cdot U_v/(1 + \alpha/\mu_s). \quad (37)$$

A (37) egyenleteket grafikusán ábrázolhatjuk (7. ábra). Ebből valamely  $U_v$  és  $\alpha$  értékpárhoz tartozó  $U_a$  és  $U_r$  értékek számítás nélkül kiolvashatók.



6. Az  $I_a - U_v$  karakterisztikák természetesen kölcsönös és egyértelmű kapcsolatban vannak a szokásos csőkarakterisztikákkal.

Végül megjegyezzük, hogy az  $I_a - U_v$  karakterisztikákat felrajzolhatjuk egy konkrét trióda esetében számítás és mérés útján a primeráramokra és a teljes áramokra vonatkozólag. Az így kapott különféle görbéket összehasonlítva hasznos következtetéseket vonhatunk le a cső geometriai és fizikai tulajdonságaira vonatkozólag.



7. ábra. Az  $U_a$ ,  $U_r$  és  $U_v$  összefüggés grafikus ábrázolása

### Az áramköri jellemzők és a csőparaméterek közötti kapcsolatról

A következőkben elsősorban azt vizsgáljuk, hogy az áramköri jellemzők ( $N_h$ ,  $\eta_a$ ,  $e$ ) hogyan függenek a csőkarakterisztika paramétereiktől ( $\mu_s$ ,  $G$ ,  $\lambda$ ) és ennek kapcsán egyes maximális csőigénybevételek befolyását is megvizsgáljuk.

Egy C-osztályú teljesítményerősítő áramkör *hasznos teljesítménye* (13) szerint függ  $U_{a0}$ -tól, melynek megengedhető maximális értéke a csővel adott. A hasznos teljesítmény függ továbbá  $U_a \min$  és  $\theta_a$  értékétől, melyek az áramköri beállítástól függenek, végül  $I_a \max$ -tól, melyet a cső katódjának telítési árama korlátoz és a csővel adott.

Ahhoz, hogy  $N_h$  lehetőleg nagy legyen,  $U_{a0}$  és  $I_a \max$  értékeket a cső által megszabott legnagyobb értéknek választhatjuk.  $U_a \min$ -ot lehetőleg

kicsinek vesszük az áramkör megfelelő kialakításával, azaz az anódenállás megfelelő megválasztásával. Végül az  $f_1(\theta_a)$ -nak  $\theta_a$  függvényében van maximuma, illetve — ha egyúttal a lehetőleg nagy anódhatásfok követelményt is figyelembe vesszük, akkor az  $f_1(\theta_a)$  és  $\varphi(\theta_a)$  egyidejű figyelembevételével —  $\theta_a$ -nak optimuma van ( $\theta_a = 70$  körül). Így  $\theta_a$  értéke valamelyik szempont figyelembevételével rögzített érték.

Az áramköri elmélet alapján könnyen belátható, hogy  $U_{a0}$ ,  $U_{a \min}$  és  $\theta_a$  a (13) egyenletben egymástól független változóknak tekinthetők. Érvényes ugyanis a következő összefüggés ([2], 319 l.):

$$U_{r0} = - \frac{1}{1 - \cos \theta_a} \left[ \frac{U_{a0}}{\mu_s} (1 - \cos \theta_a) + \left( \frac{U_{a \min}}{\mu_s} + U_{r \max} \right) \cos \theta_a \right], \quad (38)$$

melyből látható, hogy  $U_{a0}$  és  $\theta_a$  rögzített értéke mellett  $U_{a \min}$  (és  $U_{r \max} = U_{a \min}$ ) változtatásakor az  $U_{r0}$  rácselőfeszültség választható úgy, hogy  $U_{a0}$  és  $\theta_a$  változatlan maradjon.

Másrészt a csőkarakterisztikák elmélete szerint (30), (31) és (21) figyelembevételével érvényes, hogy

$$I_{a \max} = I_{k \max} / \left( 1 + \frac{1}{\lambda \sqrt{\varkappa}} \right) = F \cdot G \left( \frac{1}{\varkappa} + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \cdot U_{a \min}^{3/2} / \left( 1 + \frac{1}{\lambda \sqrt{\varkappa}} \right) \quad (39)$$

$$\varkappa = U_{a \min} / U_{r \max}. \quad (40)$$

A  $\varkappa =$  konstans, vagy különlegesen  $\varkappa = 1$  feszültségbeállítást alkalmazva, a (39) egyenletből a következőket olvashatjuk ki:

1. Az  $I_{k \max}$  a cső katódjával adott lévén, az  $I_{a \max}$  akkor lesz a fenti kívánalmaknak megfelelően viszonylag nagy, ha

$$\frac{1}{1 + (1/\lambda \sqrt{\varkappa})} \text{ különlegesen } \frac{1}{1 + (1/\lambda)} \quad (41)$$

viszonylag nagy.

2. A (39) szerint

$$I_{k \max} = F \cdot G \left( \frac{1}{\varkappa} + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \cdot U_{a \min}^{3/2} = g \left( \frac{1}{\varkappa} + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \cdot U_{a \min}^{3/2} \quad (42)$$

különlegesen

$$I_{k \max} = F \cdot G \left( 1 + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \cdot U_{a \min}^{3/2} = g \left( 1 + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \cdot U_{a \min}^{3/2}. \quad (43)$$

A  $U_{a \min}$  a fenti kívánalomnak megfelelően akkor lesz viszonylag kicsi, ha

$$g \left( \frac{1}{\kappa_s} + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2}, \text{ különlegesen } g \left( 1 + \frac{1}{\mu_s} \right)^{3/2} \quad (44)$$

viszonylag nagy.

Erre való tekintettel azonos anódfeszültség maximumra ( $U_{a0}$ ) és katódáram maximumra ( $I_{k \max}$ ) igénybevehető csövek közül, a nyerhető hasznos teljesítmény szempontjából előnyösebbek azok, melyeknek *árameloszlási tényezője és tértöltési állandója nagyobb*. A sztatikus erősítési tényezőt itt rögzítettnek tekintjük, mert annak relatív nagy voltát, mint látni fogjuk a teljesítményerősítés követeli. A  $\lambda$ -nak  $m$ -szeres növelésével elérhető teljesítményerőesség (41) szerint  $\kappa = 1$  esetén

$$\frac{m \cdot \lambda}{m \cdot \lambda + 1} \cdot \frac{\lambda + 1}{\lambda} \quad (45)$$

Például  $\lambda = 3$  és  $m = 2$  választással a teljesítményerőesség  $\kappa = 1$  mellett 14%. (SPANGENBERG adott példát arra, hogyan növelhető  $\lambda$  kétszeresére, miközben a többi csőparaméter változatlan marad [7].) Hasonlóképpen  $g$ -nek  $m$ -szeres növelése következtében elérhető erőesség az  $U_{a0} - U_{a \min}$  növekedése következtében  $\kappa = 1$  esetén (43)-ból:

$$\left( 1 - \frac{U_{a \min}}{U_{a0}} \frac{1}{m^{1/3}} \right) / \left( 1 - \frac{U_{a \min}}{U_{a0}} \right) \quad (46)$$

Például a gyakorlatban előforduló  $U_{a \min} / U_{a0} = 1/10$  és  $m = 2$  választással 4% a erőesség.

Ezzel szemben a *katód maximálisan megengedhető áramának* ( $I_{k \max}$ ), illetőleg a *maximálisan megengedhető anódfeszültségnek* ( $U_{a0}$ ) kétszeresre való növelése a teljesítményben 100%, illetőleg közel 100% erőességet idéz elő. A csőből kivethető hasznos teljesítményt tehát lényegileg ezek szabják meg.

Az *anódhatásfok* (14) szerint

$$\eta_a = \frac{1}{2} \frac{U_{a0} - U_{a \min}}{U_{a0}} \cdot \varphi(\Theta_a)$$

láttuk a (38) kapcsán, hogy  $U_{a0}$ ,  $U_{a \min}$  és  $\Theta_a$  független változók, melyek áramkörileg beállíthatók. (Az  $U_{a0}$ -nak a maximális értéke van csak a cső megengedhető igénybevétele által korlátozva). Az anódhatásfok ezek szerint, ha nem követelünk egyidejűleg nagy hasznos teljesítményt, vagy teljesítményerősítést, kizárólag *áramköri beállítás* kérdése. Ha egyúttal nagy hasznos teljesítményt is követelünk, akkor relatív nagy  $\lambda$  és  $g$  előnyös, mint láttuk.



Végül a *teljesítményerősítés* (15) képletében  $I_{a \max}/I_{r \max}$ -ot a karakterisztikaegyenletekből (a szekundéremisszió figyelmen kívül hagyásával), vagy közvetlenül az árameloszlási törvényből kifejezve a következő összefüggést kapjuk:

$$e = \frac{U_{a0} - U_{a \min}}{-U_{r0} + U_{r \max}} \cdot \lambda \cdot \left| \frac{U_{a \min}}{U_{r \max}} \cdot \frac{f_1(\Theta_a)}{f_1(\Theta_r)} \right|. \quad (47)$$

A (47) jobb oldalán az áramköri változók nem függetlenek egymástól.  $\Theta_a$ ,  $U_{a0}$ ,  $U_{a \min}$ ,  $U_{r \max}$  kiválasztásával pl. (38)-ból  $U_{r0}$  kiadódik ( $\mu_s$  a csővel adott lévén),  $\Theta_r$  pedig a (9)-cel van meghatározva ( $U_{rs} = -U_{r0} + U_{r \max}$ ). Ha adott áramköri beállítást veszünk figyelembe, akkor (47) szerint  $e$  arányos  $\lambda$ -val, és az  $U_{r0}$  helyébe még (38)-at behelyettesítve következik, hogy  $e$  növekszik  $\mu_s$ -el.

Míg  $e$  a  $\lambda$ -val arányos, a  $\mu_s$ -től való függése ennél gyengébb. Számszerűen például  $U_{a0} = 10 \cdot U_{a \min}$ ,  $U_{a \min} = U_{r \max}$ ,  $\Theta_a = 70^\circ$  gyakorlati értékkel  $e$  arányos  $\mu_s/(1,5 \mu_s + 10)$ -el. A  $\mu_s$ -et például 15-ről kétszeresre növelve  $e$  18%-kal növekszik.

Ha egyidejűleg nagy hasznos teljesítményre is törekszünk, akkor  $\lambda$  és  $g$  is fontos. Legfontosabb ekkor is a  $\lambda$  árameloszlási tényező a fentiek szerint.

## IRODALOM

1. IR. J. P. HEYBOER, IR. P. ZIJLSTRA: Senderöhren. 1951. — N. N. Philips Gloeilampenfabriken. Eindhoven.
2. SUSÁNSZKY L.: Rádióadástechnika. 1953. Közlekedési Kiadó. Budapest.
3. K. R. SPANENBERG: Vacuum Tubes. 1948. Mc Graw-Hill. New-York.
4. B. M. CARJEV: Elektroncsövek méretezése és szerkesztése. 1954. — Nehézipari Könyv és Folyóirat Kiadó Váll. Budapest.
5. W. G. DOW: Fundamentals of Engineering Electronics. 1952. — I. Wiley. New-York. Schapmann, Hall, London.
6. SIMONYI KÁROLY: Elméleti Villamosságtan. 1952. Tankönyvkiadó. Budapest.
7. K. SPANGENBERG: Current Divisions in Plane — Electrode Triodes. Proceedings of IRE. May 1940.
8. I. L. H. JONKER, B. D. H. TELLEGEN: The current to a positive grid in electron tubes. — Philips Research Reports 1, 13—32. Október 1945.
9. C. J. DE LUSSANET de LA SABLONIERE: Die Sekundéremission in Elektronenröhren, namentlich Schirmgitterröhren. — Hochfrequenztechnik und Elektroakustik. 1933.
10. DR. H. BRUINING: Physics and Applications of Secondary Electron Emission. — Pergamon Press Ltd. London.
11. H. BARKHAUSEN: Elektronen-Röhren. 1 Bd. Allgemeine Grundlagen. Sechste Auflage. — S. Hirzel Verlag Leipzig.

Köszönettel tartozom SZABÓ LÁSZLÓ kandidátusnak, aki szíves volt felhívni figyelmet KACMAN: Rádiócsövek számításának alapjai (Állami Energetikai Kiadó 1952. Lenin-grád) című könyvére, melyben  $e$  dolgozatban felvetett kérdésekhez közelálló vizsgálatok vannak. KACMAN munkáját azonban sajnos már nem tudtam figyelembe venni  $e$  dolgozat keretében.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az áramköri elmélet és a triódák karakterisztikáinak közelítő elmélete közötti kapcsolat könnyebb áttekintése végett bevezettük a *sztatikus anódáram-vezérlőfeszültség karakterisztikákat* (5. ábra). Ezek a rácsfeszültség—anódfeszültség karakterisztikákkal együtt igen szemléletesen mutatják a három alapvető fizikai csőparaméter, azaz a tértöltési állandó, az árameloszlási tényező és a sztatikus erősítési tényező szerepét az anód-, a rács- és a katódáram alakulására. Ezeket a karakterisztikákat a cső konstrukciója kialakításánál lehet — nézetünk szerint — elsősorban hasznosítani. E karakterisztikák kapcsán levezettük az áramköri elmélet egy nevezetes, empirikus összefüggését a cső karakterisztikák egyenleteiből.

Az említett három fizikai csőparaméter befolyását vizsgáltuk a C-osztályú teljesítményerősítők jellemző adataira. A következő eredményekre jutottunk:

1. A csőből nyerhető *hasznos teljesítmény* szempontjából előnyös a viszonylag nagy árameloszlási tényező és nagy tértöltési állandó. A hasznos teljesítmény azonban ezektől a csőparaméterektől csak gyengén (az arányosnál gyengébben) függ. Nagyságát — természetesen az áramköri beállításon kívül — lényegileg a katódból nyerhető maximális emissziós áram és a csőre adható maximális anódfeszültség szabja meg.

2. Az *anódhatásfok*, ha azt a hasznos teljesítménytől és a teljesítményerősítéstől függetlenül vizsgáljuk, csak az áramköri beállítástól függ, a csőparaméterektől nem függ.

3. A *teljesítményerősítésnél* igen fontos a csőparaméterek közül az árameloszlási tényező. A teljesítményerősítés ezzel arányos összefüggésben van, adott áramköri beállításnál. A teljesítményerősítés szempontjából kedvező továbbá a sztatikus erősítési tényező viszonylag nagy értéke. Az ettől való függés azonban gyengébb az arányosnál.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

## SUSÁNSZKY LÁSZLÓ:

Az előadó által is ismertetett számítási eljárás a teljesítményerősítő fokozatoknál csak az anódáram—anódfeszültség és a rácsáram—anódfeszültség karakterisztikákat alkalmazza. Ha az anódárammal dolgozik, akkor a karakterisztikákat gyakran idealizálja és a vezérlőfeszültséget csak az első hatványon szerepelteti. Rácsáram esetében dolgozik a négyzetes összefüggéssel. Azon tervezők számára, akik az adócsöveket katalógus adatokkal kapják és céljuk valamely berendezés tervezése, az előírt értékhez legközelebb álló cső kiválasztása, a körvonalazott számítási eljárás általában megfelel. De meg kell említeni egyéb körülményeket is, melyek nem hagyhatók figyelmen kívül. Ilyen elsősorban az erősítő üzemi frekvenciája, mely jelentős mértékben befolyásolja a rendszer hatásfokát és a teljesítményerősítés mértékét.

A cső árameloszlásának tárgyalásakor a pozitív rácsáramon és a szekundér rácsmisszió mellett jelentősek a gyakorlatban az egyéb rácsáramok is. Ezek az ún. negatív rácsáramok megváltoztatják a rácsáramokat és még bonyolultabb függvénné alakítják azt, mely időben sem mutat állandóságot.

Meg kell említeni még az olyan erősítő csöveket is, melyek a rádiófrekvenciás erősítéssel egyidejűleg valamilyen információt is tartalmaznak (pl. amplitúdó moduláció). Az ilyen célra alkalmazott csöveknél különlegesen fontosak a rácsáramkör állandói, tehát a cső-konstrukció kialakításánál erre is tekintettel kell lenni. Ilyen szempontból fontos a cső erősítési tényezője is, mert gyakran a rádiófrekvenciás fokozatban alkalmazott cső a hangfrekvenciás erősítőben is alkalmazásra kerül, tehát fontos paraméterként jelenik meg a méretezésnél a torzítási tényező is.

Felveti azt a kérdést, hogy a szóban forgó témával kapcsolatban a modell-kísérlet nem nyújthat-e áttekinthető eredményeket. Talán még több paramétert is figyelembe lehetne venni, és a gyakorlat számára gyorsan kiértékelhető módszert kialakítani.

## PÉCS LÁSZLÓ:

Ha valaki az előadásban említett, vagy bármely közismert irodalomban hozzáférhető méretezési képletek gépies felhasználásával végig számol egy csövet és elkészíti, kínos meglepetések érhetik. Szerencséje van, ha a mért adatok nagyságrendi egyezést mutatnak a számítottakkal. Ennek oka főleg abban keresendő, hogy az adócsőkatódok nagyon távol állanak a képletek alapját képező folytonos sík vagy henger felülettől. A részünkről használt katódok mindig közvetlen fűtésűek és több bizonyos szabály szerint elrendezett elemi szálból vannak. A rács aktív huzalelemei erre közel merőlegesen helyezkednek el. Ilyen rendszert elektronpályák szempontjából nem jellemezhetünk egyetlen sík metszettel. A pontos megoldást csakis térbeli vizsgálattal kaphatjuk meg. Már a síkban egyszerűsíthető csőgeometriánál is vannak szükségszerű elhanyagolások, amelyek bizonytalanná teszik a számítást. A térbeli vizsgálathoz szükséges két síkmetszet esetén ezek az eredményt a felismerhetetlenségig eltorzíthatják.

A mi részünkről követett eljárás lényege az volt, hogy induljunk ki egy cső mérési eredményeiből olyan formán, hogy a mért karakterisztika pontok összességét első lépésben minden fizikai meggondolástól mentesen adott pontseregnek tekintjük, és megvizsgáljuk, milyen matematikai módszerekkel írható le. Az így kiadódó végképleteket összehasonlítjuk a klasszikus csőelmélet megfelelő képleteivel, az egyes matematikai szimbólumoknak fizikai értelmet tulajdonítunk, és a probléma lényegének megfelelő virtuális méretek és korrekciós függvények bevezetésével a klasszikus formulákat hozzá idomítjuk egyes jellegzetes csőkonstrukciós megoldásainkhoz.

Az előadásban ismertetett módszerekkel általános fizikai törvényekből kiindulva kapott eredmények és a most vázolt mérési pontokból visszafelé haladó módszer, ha mindkettőt kellő gondossággal végezzük, szükségszerűen egymásba fut, és ez a találkozás hasznos kontrollt jelent mindkét eljárás számára.

## SZABÓ LÁSZLÓ:

Az adóépítőknél nem közömbös, hogy egy végcső meghajtásához mekkora teljesítmény szükséges. A meghajtó teljesítmény lényegében a rácsáram nagyságától függ. Modern adócsöveknél arra kell törekedni, hogy ennél kisebb rácsáram keletkezzék a szükséges hasznos teljesítményhez tartozó rácsfeszültségnél.

A rácsáram a rácsmenetek sűrítésével, a drótátmérő növelésével, a rács-katódtávolság csökkentésével, az  $U_a/U_g$  viszony csökkentésével növekszik. Ezek az alapvető megállapítások közvetlen fizikai meggondolásokkal is igazolhatók. A korszerű nagyteljesítményű adócsöveknél nagy meredekségük és erősítési tényezőjük van. Pl. a 3V25T csőnél  $\mu = 42$ ,  $S = 56$  mA/V. Egyes csöveknél a meredekség 70 mA/V értéket is elér. A nagy erősítési tényezőt durván számítva sűrű ráccsal, a nagy meredekséget változatlan erősítési tényező és működő katódfelület esetén a rács-katód távolság csökkentésével lehet elérni. Ezek a rácsáramok növekedéséhez vezetnek. Különösen az ultrarövidhullámú és mikrohullámú csöveknél a mind kisebb rács-katód távolság a rácsáram növekedését okozza. Tehát a rácsáramok csökkentésével egymásnak ellentmondó követelményeket kell kielégíteni. Kérdés az, hogy a rá semmissió jelenléte csökkenti-e a meghajtó teljesítményt.



## AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

SUSÁNSZKY Lászlónak a dolgozat eredményeinek érvényességi határaitra vonatkozólag voltak megjegyzései az üzemi frekvenciával, a modulációval, a rácsemisszióval kapcsolatban. Az érvényességi határokat helyes lett volna kifejezetten megemlíteni az előadásban. Az előadás gondolatmenetében ezek természetesen bentfoglaltatnak. Minden megállapítás a sztatikus karakterisztikák közelítő egyenletein alapszik. A sztatikus karakterisztikák stacionárius áramokra vonatkoznak. A levont következtetések addig érvényesek, míg a frekvencia növelésével az áramok kvazistacionáriusak maradnak. A frekvencianövelés hatásának vizsgálata külön probléma. Célunk itt csak a *karakterisztikák paramétereit* s az áramköri jellemzők közötti kapcsolat keresése volt.

PÉCS László felhívta a figyelmet, hogy technikai célra előállított csövek-nél a karakterisztikák numerikus számítása nehézségekbe ütközik. Tanulmányunkban csupán azt vizsgáltuk, hogy a csőparaméterek — melyek számítás vagy mérés útján több-kevesebb pontossággal meghatározhatók — milyen kapcsolatban vannak az áramköri jellemzőkkel. Numerikus számítás-nál Pécs korrekciói fontosak.

SZABÓ László felvetette, lehet-e a rácsemissziót hasznosítani a vezérlő-teljesítmény csökkentése szempontjából. Szerintünk ez technológiai probléma. Biztosítani kell, hogy a gyártásnál és az élettartam folyamán a rácsemisszió a zavarokra vezető kedvezőtlen nagy értéket el ne érje.



# A TITÁNGETTER TULAJDONSÁGAI ÉS ALKALMAZÁSA NAGY FAJLAGOS TERHELÉSŰ ELEKTRONCSÖVEKBEN\*

TOMASCHEK ZOLTÁN  
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA  
HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET

Az ismertetett vizsgálatok tárgya a tömör titángetter és a tömör zirkongetter oxigén és nitrogén lekötése. A vizsgált Ti getter Dr. KONCZ István előállította jódtitán volt, melynek a szennyezései a következők voltak:  $N_2 < 0,02\%$ ,  $O_2: 0,012\%$ ,  $Fe < 0,03\%$ ,  $Si < 0,01\%$ , Mg, Mn, Al, Sn, Sb gyenge nyomokban. A vizsgálatokat az előadó zárt üvegrendszerben végezte, melyben a vizsgált Ti-szalagot tartalmazó csövön kívül egy ionizációs manométercső, egy Pirani-manométercső és 8 db tiszta, ismert nyomású és térfogatú, kívánatra beüthető betörőzárás ampulla volt. Az egész rendszert szivattyúra helyezve először 2,5-től 3 órán át  $420-450\text{ C}^\circ$ -on kályházták, a fém alkatrészeket részben átmenő árammal, részben elektron-bombázással kiizzították, majd az egész rendszert a szivattyúról leforrasztották. Az ionizációs manométerrel a vákuumot lemérték, s ha ez egy nap múlva jó volt, a kísérletet elkezdték. Az első gázampulla beütése után a nyomást a Pirani-manométerrel lemérték, majd a Ti-t a kívánt hőmérsékletre hevítve meghatározott időnként a nyomást mérték. Ha a nyomás a Pirani-méréstartománya alá esett, tovább ionizációs manométerrel mérték. Egy bizonyos idő eltelte után a nyomás egy egyensúlyi értéket vett fel. Ezt jegyezve, a következő ampullát ütötték be. A beütött gáz mennyiségét és az egyensúlyi nyomás eléréséhez szükséges időket az összes ampulla beütése után összeadva megkapták a reakció lefolyását mutató isothermákat különböző hőmérsékleten. A kísérleti hőmérsékletek  $800-900$  és  $1000\text{ C}^\circ$  voltak. A diagramokból kitűnt, hogy az oxidációs folyamatnál a reakció kezdetben lineáris, majd parabolikus lefolyású. Nitrogén esetében a reakció végig parabolikus lefolyású.

A diagramokból értékelt egy-egy pont a következő:

Tömör Ti, $O_2$ felvétele	$800\text{ C}^\circ$ -on 100 perc alatt	$0,87\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Ti}$
Tömör Ti, $O_2$ felvétele	$900\text{ C}^\circ$ -on 100 perc alatt	$1,25\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Ti}$
Tömör Ti, $O_2$ felvétele	$1000\text{ C}^\circ$ -on 100 perc alatt	$2,96\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Ti}$
Tömör Zr, $O_2$ felvétele	$800\text{ C}^\circ$ -on 118 perc alatt	$0,47\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Zr}$
Tömör Zr, $O_2$ felvétele	$900\text{ C}^\circ$ -on 118 perc alatt	$0,60\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Zr}$
Tömör Zr, $O_2$ felvétele	$1000\text{ C}^\circ$ -on 118 perc alatt	$0,81\text{ mg } O_2/\text{cm}^2\text{ Zr}$

\* Az előadás kivonata.



Tömör Ti, N <sub>2</sub> felvétele	800 C°-on 118 perc alatt	0,11 mg N <sub>2</sub> /cm <sup>2</sup> Ti
Tömör Ti, N <sub>2</sub> felvétele	900 C°-on 118 perc alatt	0,52 mg N <sub>2</sub> /cm <sup>2</sup> Ti
Tömör Ti, N <sub>2</sub> felvétele	1000 C°-on 118 perc alatt	0,98 mg N <sub>2</sub> /cm <sup>2</sup> Ti
Tömör Zr, N <sub>2</sub> felvétele	1000 C°-on 118 perc alatt	0,41 mg N <sub>2</sub> /cm <sup>2</sup> Zr.

A fentiekből látható, hogy a Ti ugyanazon hőmérsékleten és idő alatt nagyobb mennyiségű gázt képes felvenni.

Az O<sub>2</sub> és N<sub>2</sub> felvétele Ti esetében is szilárd oldatok alakjában történik, a gázatomok a fém rácsába beilleszkedve a rácsot deformálják, minek folytán a fém törékennyé válik.

A fenti adatokból meghatározták a szívássebességeket is. A szívássebesség itt is a Ti-nál nagyobb, mint a Zr-nél, mind O<sub>2</sub>, mind N<sub>2</sub> esetében, de a Zr szívássebessége a felvett gázokkal sokkal nagyobb mértékben csökken, mint a Ti-nál.

Fenti adatokból a reakció sebessége:

*Ti—O rendszer :*

*Ti—N rendszer :*

800 C°-on $K = 128/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$	800 C°-on $K = 1,88/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$ .
900 C°-on $K = 268/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$ .	900 C°-on $K = 39,6/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$ .
1000 C°-on $K = 1437/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$	1000 C°-on $K = 136/\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec}$ .

Ezen adatokból kiszámított aktiválási energiák a következők:

*Ti—O rendszer :*

*Ti—N rendszer :*

$Q_{1000-900}$ C°: 49,806 kal/mol O <sub>2</sub>	$Q_{1000-900}$ C°: 36,915 kal/mol N <sub>2</sub>
$Q_{900-800}$ C°: 32,803 kal/mol O <sub>2</sub>	$Q_{900-800}$ C°: 75,993 kal/mol N <sub>2</sub> .

Fenti értékek nagyságrendben megegyeznek az irodalomban található értékekkel.

Megállapítottuk, hogy az oxigén 94—97%-a a fém magba diffundál, 3—5%-ban pedig a réteg képződésére használódik fel. 3,5—3,7 súly% oxigén felvételig a folyamat lineáris (TiO<sub>0,18</sub>—TiO<sub>0,20</sub>) és szilárd oldat képződik, s csak ezután indul meg az oxidképződés, ekkor lesz a folyamat parabolikus.

Az adatokból megállapították, hogy jó pár ezer órás élettartam elérésére egy 20 kW-os adócsőbe kb. 14 cm<sup>2</sup> = 0,3 g tömör Ti elegendő, hogy 800—900 C°-on hevítve a fémekből felszabaduló gázokat lekösse (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>), a hidrogén lekötésére pedig egy alacsonyabb hőmérsékletű kb. 0,02 cm<sup>2</sup> = 0,002 g Ti elegendő.

A por alakú Ti getterre vonatkozóan csak egy adat áll rendelkezésre: 800 C°-on 100 perc alatt 3,9 mg O<sub>2</sub>/cm<sup>2</sup> látszólagos felület.

Az előadáshoz MAKÓ Zoltán, MACYAR László, VÁMBÉRI Lőrinc és KONCZ István szoltak hozzá.

# KEVERŐCSÖVEK KEVERŐMEREDEKSÉGÉNEK TÖMEGMÉRÉSE\*

VASS TIBOR

TELEFONGYÁR

A keverőmeredekséget az

$$S = \frac{1}{Z_a} \cdot \frac{U_a}{U_1}$$

képlet alapján mérik, ahol  $U_a$  a  $Z_a$  anódköri impedancián megjelenő  $(f_2 - f_1)$  frekvenciájú feszültség, ha a vizsgált cső rácsára  $U_1$  feszültségű  $f_1$  frekvenciát, keverőrácsára  $U_2$  feszültségű  $f_2$  frekvenciát adunk. A feszültségeket csővoltmérőkkel mérik, melyeket csupán egymáshoz kell hitelesíteni. A mérőberendezés részei: 100 kHz környezetében beállítható oszcillátor  $U_1$  feszültség táplálására, 225 kHz frekvenciájú, változtatható feszültségű oszcillátor  $U_2$  táplálására, szelektív csővoltmérők, stabilizált tápfeszültség forrás, műszertábla, fűtőegység, végül a mérendő csőtípusokra kidolgozott mérőegységek.

Előadó ismertette a mérőberendezés részeit, a hitelesítés és a mérés módját, az elkészített mérőegység típusokat. A keverőmeredekség a szelektív csővoltmérő műszerén közvetlenül leolvasható. A mérés gyorsítására a vizsgálandó csöveket előfűtésnek vetik alá.

\* Az előadás kivonata.





# VÁKUUMTECHNIKAI TERMÉKEK AUTOMATIKUS MINŐSÉGELLENŐRZÉSE

BALÁZS JÁNOS és GÁL JÁNOS

TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

Ismeretes, hogy a vákuumtechnikai termékek minőségi ellenőrzése általában a termékek önköltségének csekély hányadát képezi, mégis jelentős munkaerőt és költséges berendezéseket kíván. A termékekkel szemben támasztott fokozott minőségi és megbízhatósági követelmények pedig gyors, megbízható és gazdaságos vizsgálati módszerek kidolgozását teszik szükségessé.

Jelen előadás keretében a Távközlési Kutató Intézet (TKI) 2. laboratóriumában eddig végzett mérésautomatizálási munkáról számolunk be. A rendelkezésre álló idő alatt az egyes készülékeket csak vázlatosan ismertethetjük.

## I. Rádiócső mérőautomata készülék

(Magyar Szabadalom száma: 143 130)

Valamennyi telepes és hálózati vevőcső, úm. trióda, tetróda, pentóda, pentagrid, kettős trióda, trióda-pentóda, trióda-heptóda, trióda hármasdióda, pentóda kettős-dióda minőség szerinti válogatására alkalmas.

A készülék a csöveket következő adataik alapján minősíti: elektróda zárlatvizsgálat, katód-fűtés-átvezetés negatív és pozitív feszültséggel, fűtőáram mérés telepes csöveknél egyen- és hálózati csöveknél váltó feszültséggel, rácsáram, segédrácsáram, anódáram munkapontban, anódáram levágási pontban, meredekség, telepes csöveknél aláfűtött meredekség, emissziós áram, iker-csőveknél különböző anódáram, dióda indulóáram, dióda átvezetési áram, dióda emissziósáram és iker diódáknál különböző áram.

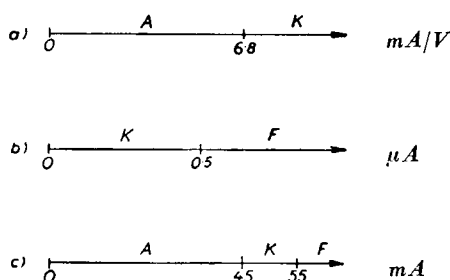
A felsorolt cső adatok között egy és két válogatási határú mérések fordulnak elő.

Egy válogatási határú mérésre példa a meredekség mérés. Ha a cső meredekségi értéke az 1a ábra szerinti válogatási határnál nagyobb, akkor meredeksége megfelelő, ha kisebb, meredeksége miatt selejt.

További példa a rácsáram mérés. Ha a cső rácsáram értéke az 1b ábrán feltüntetett válogatási határnál kisebb, akkor a cső rácsárama megfelelő, ha viszont nagyobb, akkor a cső, rácsárama miatt, selejt. Az egy válogatási határú méréseknél csak jó és selejt, tehát összesen két válogatási osztály van.

Két válogatási határú mérésre példa az anódáram mérés. Legyen a cső anódárama megfelelő, ha anódáram értéke az 1c ábra szerint 45 és 55 mA között van. Ha a cső anódáram értéke az alsó válogatási határnál kisebb, vagy a felső válogatási határnál magasabb, akkor a cső, anódárama miatt, selejt. A két válogatási határú méréséknél tehát egy jó és két selejt, vagyis összesen három válogatási osztály van.

Jelöljük az egyes válogatási osztályok közül a minőségre megfelelőt  $K$ -val, míg a selejt válogatási osztályokat értelemszerűen, az alsó válogatási határ alattit az  $A$ , illetve a felső válogatási határ felettit  $F$  betűkkel.



1. ábra. Egy cső különböző adataihoz tartozó válogatási osztályok lehetséges sorrendje. Az a) és b) ábrák válogatási osztályai megfelelő eltolással a c) ábra szerinti sorrendet adják

A cső csak akkor megfelelő végső minősítésű, ha valamennyi mért adata  $K$  válogatási osztályú volt. Ha a cső egy vagy több adata  $A$  vagy  $F$ , esetleg vegyesen mindkét féle válogatási osztályú volt, a cső selejt végső minősítésű.

### Az önműködő mérési módszer

Az elmondottakból következik, hogy az önműködő csőminősítéshez a cső egyes adatainak a válogatási osztályát kell meghatározni.

A cső minősítése folyamán  $10^{-7}$  és  $10^{-1}$  A nagyságrendű egyenáram, illetve  $10^{-4}$  és 1 A nagyságrendű váltóáram határok közötti értékek fordulnak elő. Ugyanakkor a mérés céljaira felhasználható feszültségesés nem lehet nagyobb mint a műszereké, vagyis 100 mV. Utóbbiak miatt a válogatási osztály meghatározását elektronikus úton célszerű elvégezni.

Az elektroncsövek minősítésére a mérendő áramokkal arányos feszültséget a megfelelő elektródával sorbakötött és ismert értékű ellenálláson kell létrehozni. Lényegében tehát az árammérő műszerek helyett mérőellenállásokat kell alkalmaznunk. A mérőellenállások választhatók úgy, hogy a cső egyes adataihoz megadott válogatási határokhoz tartozó áramok mindig azonos nagyságú feszültséget létesítsenek. Ezzel a megoldással a különböző nagyságrendű áramok válogatását azonos feszültségérték alatti, illetve feletti feszültség válogatására vezettük vissza. Ilyen feszültségérték szerint válogató elektroni-

kus elrendezés több is ismeretes. Céljainkra legalkalmasabbnak olyan komparátor kapcsolás bizonyult, mely mind egyen-, mind váltó feszültségértékek válogatására egyaránt alkalmas.

### *A válogatási osztályok meghatározása*

A mérendő adat válogatási osztályát a komparátor a mérőjel nagyságából határozza meg.

Egy válogatási határú méréseknél a komparátor állapota a lehetséges két válogatási osztály egyikét egyértelműen meghatározza.

A két válogatási határú méréseknél két komparátort kellene alkalmazni, és egyiket az alsó, a másikat a felső válogatási határhoz tartozó billenési feszültségre kellene beállítani. Mivel több két válogatási határú mérés van és az ezen mérések alsó és felső válogatási határához tartozó értékek viszonya nem azonos, így a második komparátor billenési feszültségét valamennyi két válogatási határú adatnak megfelelő értékre kellene önműködően beállítani.

Mint már említettük, a mérő ellenállások megfelelő méretezésével valamennyi adat valamennyi válogatási határát azonos feszültség szintre tudjuk hozni és a két válogatási határú méréseknél a válogatási osztályt egy komparátorral, de két lépésben határozzuk meg. Az említett két lépéssel a lehetséges három válogatási osztály bármelyike egyértelműen meghatározható.

Pl. az első lépésben az  $A$  osztály, illetve a  $K$  és  $F$  osztályok együttesen, míg a második lépésben a  $K$ , illetve  $F$  osztály határozható meg. Így tehát valamennyi adat valamennyi osztályát egy közös komparátorral meg tudjuk határozni. Utóbbi a tartalék áramkörök szempontjából előnyös.

### *Kivitelezési megfontolások*

Egy csövön egyidejűleg többnyire csak egy adat mérhető. Egy válogatásra alkalmas elrendezés birtokában a mérőautomata készülék kivitelét illetően a következő megoldások lehetségesek:

1. Valamennyi mérendő adat összes válogatási osztályait egyidejűleg, de más-más csöveken határozzuk meg. A minősítő eljárás folyamán minden mérendő csőnek minden válogató szervvel kapcsolatba kell jutnia. Ennél a megoldásnál a csövek mérési ideje csak a leghosszabb időtartamú minősítő művelettől függ, míg a mért adatok (és azok válogatási osztályainak) számától független. Pl. ha az említett leghosszabb idő 2 mp, akkor a berendezéssel óránként 1800 db cső minősíthető.

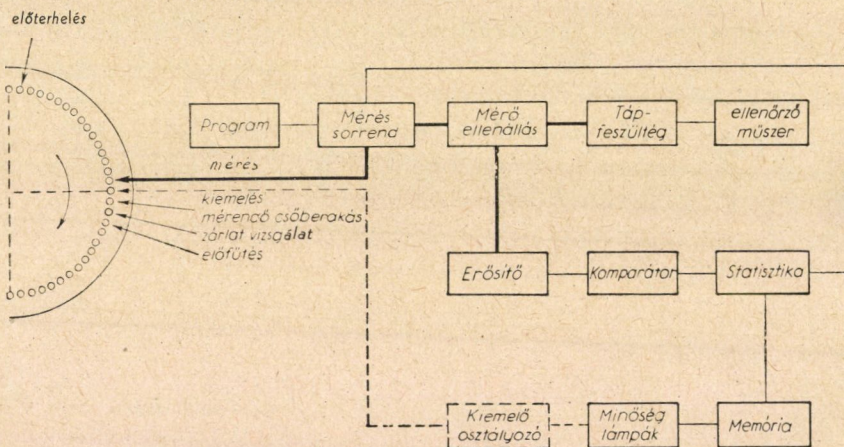
2. Valamennyi mérendő adat összes válogatási határát egyetlen komparátorral egymásután határozzuk meg. Egy cső minősítéséhez szükséges idő ennél a megoldásnál a mért adatok és azok válogatási osztályainak számától függ. A mérési idő ez utóbbi esetben különösen az iker csöveknél növekedik meg.



Az első szerinti kivitel inkább nagy darabszámú cső pl. raktári átmérésére a leggazdaságosabb, míg a második szerinti kivitel inkább egy csőgyártó szivattyú egységgel gyártott csövek folyamatos minőségellenőrzésére alkalmas. A berendezésben alkalmazható komparátorok számára vonatkozóan az említett két kivitel két véletlet képez és így a követelményeknek megfelelően azoktól eltérő számú komparátort is alkalmazhatunk. Pl. ikercsövek mérésére két egyidejűleg működő és teljesen azonos szerkezetű (második pont szerinti kivitelű) készüléket használhatunk, minek folytán a mérési idő egy egyszerű cső mérési idejére csökken. Az általunk megvalósított készülék utóbbi kivitelű és óránként kb. 350 db cső minősítésére alkalmas. Az egész berendezés, beleértve a mérendő cső számára szükséges stabilizált áramforrásokat is, összesen 25 csövet tartalmaz.

### A készülék ismertetése

A készülék működése a 2. ábrán látható kapcsolási vázlat alapján a következő:



2. ábra. Elektronicső mérőautomata kapcsolási vázlata. A vastagon kihúzott vonal a mérő-jel áramkört, a szaggatott vonal a fejlesztés alatt álló kiemelő és dobozoló készüléket ábrázolja

Hogy a minősítő eljárás folyamán a csövek felfűtési idejére várakozni ne kelljen, szakaszosan elforduló előmelegítő és adagoló készüléket használunk. Az előmelegítő a nyíl szerinti irányban fordul el és ezt követően megtörténik a cső elektródazárlat vizsgálata. Majd a továbbiakban fűtőfeszültséget és végül névleges elektróda feszültségű táplálást is kapnak a csövek. A csövek minősítése a forgó adagoló utolsó foglatában történik. Az előmelegítő elfordulását a mérő készülék vezérli. A megmért cső minőségét a kezelő számára a minőségnek megfelelő lámpa jelzi. Folyamatban van önműködő cső kiemelő és minőség szerinti dobozba rakó készülék kivitelezése, melyet Messó Ferenc





3. ábra. Rádiócső mérőautomata és forgó előmelegítő fényképe

tervezett. A berendezés elkészülte után csövek minősítése és osztályozása a mérő foglalatba helyezés kivételével önműködően végezhető el.

Minden csőtípus számára a mérési előírásnak megfelelően előre lyukasztott programlap van, melynek segítségével az elvégzendő mérések elektromos kijelölése és a mérés egyéb körülményei tévedés mentesen és gyorsan dugaszolhatóak.

Ugyancsak minden egyes csőtípus számára az összes mérőellenállás közös és csavarral oldható sávra van szerelve, aminek segítségével az utóbbi szintén gyorsan és tévedés mentesen cserélhető. A méréshez szükséges valamennyi tápfeszültség stabilizált. A tápfeszültségek ellenőrzésére két átkapcsolható műszer szolgál.

Mérés sorrendkapcsoló céljaira a távbeszélőtechnikában használatos szelektort használunk, mely a programlap által kijelölt méréseknél és a minősítés tartamáig időzik. A mérésre ki nem jelölt helyzeteket gyakorlatilag időveszteség nélkül átfutja. A mérések sorrendje nem változtatható.

A szelektor az adat méréséhez szükséges tápfeszültségeket és a mérőellenállást a megfelelő elektródára, illetve a válogatást végző komparátort a megfelelő mérőellenállásra kapcsolja. Az adat minőségét regisztráló számláló szerkezetet, valamint a működéshez szükséges egyéb segédberendezéseket szintén a szelektor működteti, és megfelelő módon összekapcsolja. A mérő jel az erősítőn át a komparátor egységbe jut, mely a válogatási osztályt meghatározza. Minden egyes megmért adat megfelelő válogatási osztályát egy-egy számláló jelfogó számlálja. Így a gyártás gyors és folyamatos szórási statisztikához jut. A selejt válogatási osztályokat a mérés végeztéig a memoriaegység tárolja. A memoriaegység jelfogókból áll. Valamennyi adat minősítése után a berendezés a megfelelő lámpa kigyújtásával jelzi a kezelőnek a mért cső végső minősítését, aki a csövet kiemeli és a minőségnek megfelelő dobozba rakja. A cső kiemelése után az előmelegítő önműködően elfordul. Az új cső minősítése az elfordulás végeztével önműködően megindul és az ismertetett folyamat ismétlődik.

A berendezés működését részletesebben a TKI közlemények 1955. májusi számában ismertettük.

### *Hitelesítés*

A készülék új típus mérésére kb. 10 perc alatt állítható át. Ebben az időben benne van a forgó adagoló átállítása, a mérési programnak lyukasított lap segítségével történő kijelölése, a mérőellenállások cseréje, tápfeszültségek beállítása és a mérőberendezés hitelesítése is.

A készülék hitelesítése az átkapcsolható mérőműszerrel mérhető ellenőrző jelnek az erősítőre való kapcsolásával és a komparátor állapotát jelző lámpák figyelésével hármikor egy perc alatt elvégezhető.

### *Tapasztalatok*

A készülék első példánya már több mint 3 éve működik, többnyire két műszakban. Ez idő alatt a berendezés üzembiztosan működött, azzal több mint 4 millió csövet mértek. Mérési pontosság  $\pm 1,5\%$ . Különösebb felügyeletet nem kíván. Karbantartását egy átlagos képességű elektroműszerész el tudja látni. A készülék kiszolgálásához a mérő személynek semmiféle szakképzettségre nincs szüksége és a kezeléshez szükséges tudnivalókat néhány órás gyakorlat után el tudja sajátítani. Az önműködő mérés megvalósításával egy eddig csak szakképzett mérőszemélyekkel végzett és meglehetősen műszaki gyakorlatot igénylő minőségellenőrzési munkát sikerült gépesíteni. Az önműködő



berendezés szubjektív hibától mentesen minősít, ami a minőségellenőrzésnél igen fontos körülmény. Ezenkívül a mérő személynél gyorsabban mér és így gazdaságosabb is.

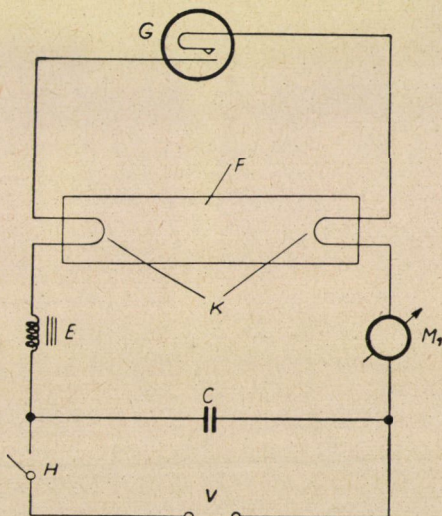
A berendezésnek hálózati egyenirányítók mérésére is alkalmassá tétele nem volt célszerű, mert azok mérése lényegesen eltér a vevőcsöveketől. Kivitelezés alatt van egy hálózati egyenirányító csöveket mérő automata.

További feladat a készülék minősítési tartományát dinamikus mérésekre is kiterjeszteni, továbbá a mérési teljesítmény fokozása. Az Egyesült Izzó Elektroncső Minőségellenőrzési Osztálya ZÁVOCZKY Ferenc vezetésével a forgó előmelegítőre szerelhető automatikus zörgető berendezést dolgozott ki, melyet a berendezés minősítő rendszerébe az év folyamán beépítünk.

Munkánk folyamán értékes támogatást kaptunk az Egyesült Izzó Elektroncső Minőségellenőrzési Osztálytól, Elektromos Szerkesztésétől, Mintagépgyártótól, továbbá személy szerint RÉDL Endrétől és HORVÁTH Páltól, akik a berendezések létrehozását szorgalmazták és ebben minket minden vonatkozásban hathatósan támogattak, melyért ezúton mondunk köszönetet.

## II. Fénycsőgyújtó mérőautomata

A fénycsőgyújtók minősítése a 4. ábrán látható szabványos kapcsolásban fénycsővel együtt történik. Ennél a módszernél a gyújtó minősítése a vizsgálathoz használt fénycső tulajdonságaitól is függ. Ezért távolabbi célunk olyan vizsgálati módszer kidolgozása, mely a gyújtók fénycső nélküli minőségellen-



4. ábra. Szokásos fénycső és gyújtó kapcsolás;  $C$  fázisjavító kondenzátor,  $E$  előtét fojtó,  $F$  fénycső,  $G$  gyújtó,  $H$  hálózati kapcsoló,  $K$  katód,  $M$  árammérő műszer,  $V$  hálózati feszültség



őrzésére alkalmas. Jelen előadás keretében a gyújtót még fénycsővel, de már önműködően minősítő készüléket ismertetjük.

### *A gyújtók működése*

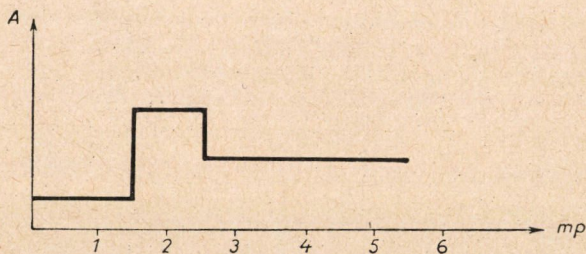
A fénycsövek gyújtására leggyakrabban ún. glimmgyújtót alkalmaznak. A glimmgyújtóban kisnyomású nemesgázt tartalmazó térben az elektródák bimetall-lemezek, melyek nyugalmi állapotban nyitottak. A hálózati feszültség következtében létrejövő glimmkisülés hőhatására az elektródák elhajolnak és rövidzárba kerülnek. A rövidzár következtében megszűnik a glimmkisülés. Az elektródák lehűlnek és a rövidzár megszűnik. Az említett rövidzár tartama alatt a gyújtó a fénycső katódját felmelegíti. A rövidzár megszűntekor az előtét fojtóban keletkező feszültséglökés a fénycsövet begyújtja. Ha a fénycső az első gyújtási kísérletre nem gyújt be, akkor az említett folyamat addig ismétlődik, amíg a fénycső be nem gyújt vagy a maximális várakozási idő le nem jár. A várakozási idő korlátozása az egyáltalán nem, vagy a nagyon későn működő gyújtók miatt célszerű.

Hogy a felmelegedett fénycső kedvezőbb gyújtási készsége a vizsgálatot ne befolyásolja, ezért a méréshez lehűlt mérőfénycsövet kell használni, ami úgy érhető el, hogy minden új méréshez más fénycsövet kapcsolunk be. Kellő számú mérőfénycső használatakor az említett feltétel teljesül.

Egy gyújtó csak akkor megfelelő minőségű, ha a fénycsövet az előírt időn belül gyújtja be, ellenkező esetben selejt. Az automatikus minősítéshez elvileg elegendő lenne a hálózat bekapcsolásától a fénycső begyújtásáig eltelt idő mérése. Valamennyi működési szakasz idejének mérése egyrészt minősítési, másrészt gyártási statisztikai okokból szükséges.

### *Önműködő mérési módszer*

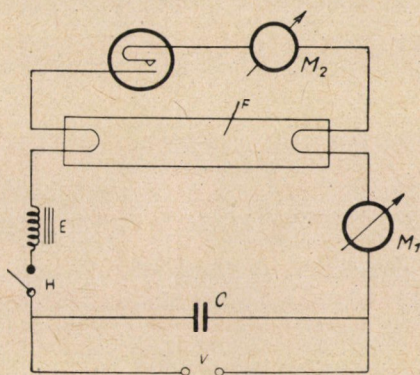
A gyújtó egyes működési szakaszaihoz tartozó áram-viszonyok az 5. ábrán láthatók.



5. ábra. Az egyes működési szakaszokhoz tartozó áramok, melyek a 2., 3. ábra  $M_1$  műszerén olvashatók le. Az ábrán a glimmelés 0—1,5 mp-ig, a rövidzár 1,5—2,5 mp-ig tart, a fénycső 2,5 mp-től ég



Az egyes működési időket a 6. ábra szerinti elrendezésben érzékelhetjük. A két műszer által mutatott áramokból a gyújtó és a fénycső működési állapota egyértelműen meghatározható. Mérőműszerek helyett mérőellenállásokat alkalmazunk. A mérőellenállásokon megjelenő mérőfeszültségeket felerősítjük és azokkal a megfelelő időmérő szerkezeteket vezérelhetjük.



6. ábra. A gyújtó egyes működési szakaszainak érzékelése. Glimmeléskor  $M_1$  és  $M_2$  egyenlő (kis áram) értéket mutat. A rövidzárási áramot  $M_1$  és  $M_2$  mutatja. A fénycső égési áramát  $M_1$  mutatja

A készülék a gyújtó glimmelési, rövidzárási és teljes gyújtási idejét méri és az utóbbi kettő alapján minősíti.

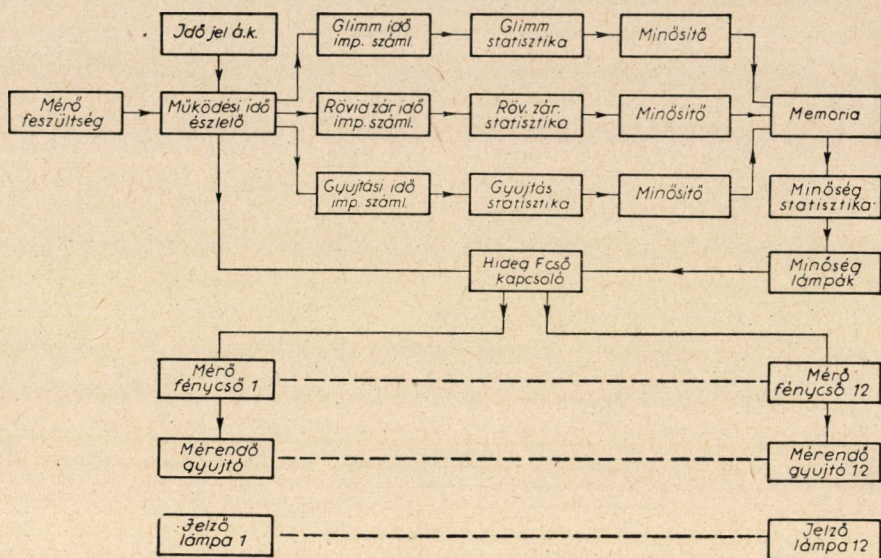
### *Időmérés*

Az említett idők mérése nem folyamatosan, hanem időközökre felosztva történik. A glimmelési és rövidzárási időt 0,3 mp-es, a teljes gyújtási időt pedig 1 mp-es időközökre felosztva mérjük. Egy időközön belüli idők nem különböztethetők meg egymástól.

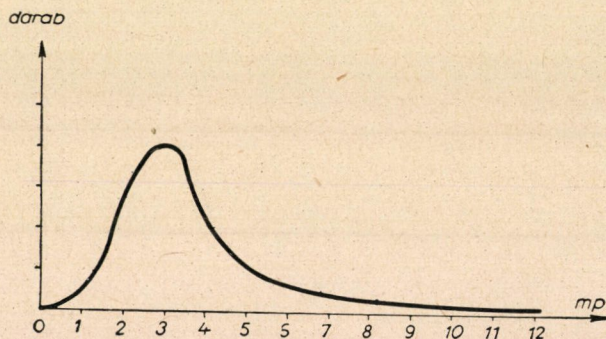
### *A készülék ismertetése*

A mérőfeszültséget a mérendő gyújtóra kapcsolva (7. ábra), az időmérő áramkörök működésbe lépnek és időjel impulzusokat adnak mindaddig, amíg a jelenség (pl. glimmelés) tart, vagy a maximális várakozási idő le nem jár. Az egyes időimpulzusokat egy-egy impulzus számláló számlálja. A jelenség megszűnte után annak időtartama az impulzus számlálóban (a vett impulzusok száma alakjában) rögzítődik. A gyártás számára fontos statisztikai adat az egyes működési időknek az egyes időközök szerinti eloszlásának az ismerete. Ezért az egyes működési idők időtartamait egy-egy számláló szerkezet számlálja. A számlálók leolvasása után az illető működési időnek az eloszlása azonnal adódik. A 8. ábrán egy típus gyújtási idő szerinti eloszlása látható.





7. ábra. Fénycsőgyújtó mérőautomata kapcsolási vázlata



8. ábra. Egy gyújtó típus gyújtási idő szerinti eloszlási görbéje

### Minősítés

A fénycső égésének érzékelése után a továbbiakban már csak egyes működési idők impulzus számainak együttes értékelése történik, mely kombinációt előre beállítjuk és a gyújtó minőségét már önműködően meghatároztuk. A gyújtó minőségét a memoriaegység tárolja és statisztikai célra minőség szerint egy-egy számláló számlálja. A gyújtó minőségét a kezelő számára a minőségnek megfelelő lámpa jelzi. Mérés végeztével a gyújtó kiemelése után a kezelő a következő gyújtó mérését indítja. A mérő fénycső csere önműködően történik.

### *Tapasztalatok*

A berendezés több mint egy éve üzembiztosan működik és azzal ez idő alatt több mint egy millió gyújtót mértek meg. Tekintve, hogy időmérésről van szó, így az egy óra alatt mérhető gyújtók száma nagymértékben a gyújtók minőségétől függ. A készülékkel óránként átlag 400–450 db gyújtó minősíthető. Karbantartását egy átlagos képességű elektroműszerész el tudja látni.





# EREDMÉNYEK HÍRADÁSTECHNIKAI ALKATRÉSZEK KUTATÁSA TERÜLETÉN

KATONA JÁNOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

## Bevezetés

A híradástechnikai alkatrészekkel szemben támasztott követelmények nagyon sokrétűek. A legfontosabbak: az idő előtti meghibásodás elkerülése, a fizikai és villamos állandók stabilitásának fokozása, a méretek nagyfokú csökkentése a fizikai és villamos jellemzők romlása nélkül, a frekvencia és hőmérséklet határok kibővítése, az ellenállóképesség növelése klimatikus és mechanikai hatásokkal szemben.

## Elektrolitikus kondenzátorok méretcsökkentése

Az elektrolitikus kondenzátorok méreteinek csökkentésével foglalkozva három különböző úton haladtunk:

1. az anódlemez felületének növelése,
2. a záróréteg dielektromos állandójának növelése és
3. egy nemrég felismert jelenség alapján, a katóda oldalán mutatkozó kapacitás növelése útján.

### *Az anódlemez felületének növelése*

Az anódlemezek felületének növelésével a fajlagos kapacitás ( $\mu F/cm^2$ ) növelhető, mert az anódán kialakított dielektromos záróréteg követi az anóda felületének változásait. Pontosabb vizsgálatok szerint ez csak akkor van így, ha a záróréteg vastagsága össze nem mérhetően kisebb, mint az anóda felületének változásai. A felület erősebben görbült, csúcsos és éles részein az erőtér nagyobb, mint a sík felületrészeken, ezért a réteggépződés is gyorsabb, a réteg vastagsága nem lesz egyenletes, a csúcsos éles helyeken a réteg vastagabb lesz. Ezenkívül a csúcsos, éles helyeken a réteggörbületek ellaposodnak és a másik elektróda felé kisebb felületet fognak mutatni.

Ez a hatás kapacitáscsökkenésben jelentkezik attól függően, hogy milyen volt a feldurvított fémfelület struktúrája. E hatást jellemezni lehet egy látszó-

lagos felülnövekedési tényezővel ( $k_l$ ). Ha a fényesített, sima felületű anóda felületegységén, adott feszültségen kiformált réteg esetében, a mért kapacitás  $C_0$ , a feldurvított felületen  $C$ , akkor a

$$k_l = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

viszony függvénye a feldurvított anóda felületi struktúrájának és a záróréteg átlagos vastagságának.

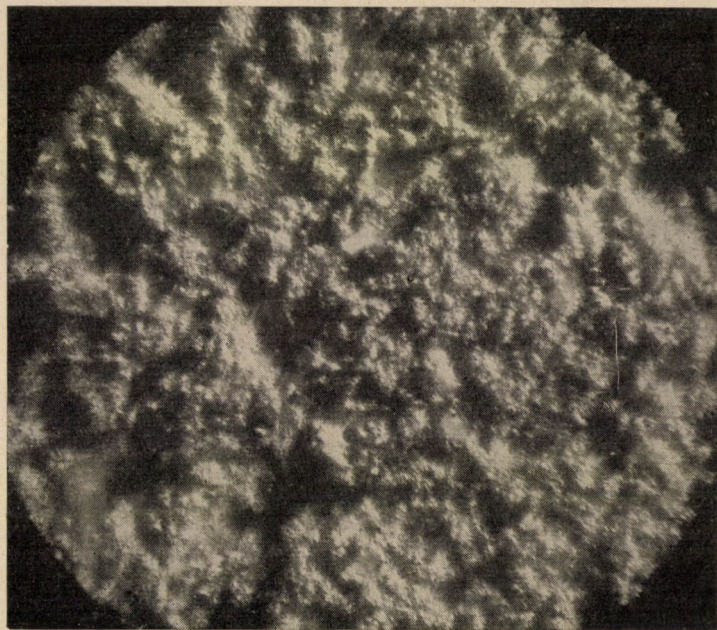
A felületnövelés eddig legáltalánosabban használt módszere az alumíniumfelület vegyi maratása. Az alumínium egyes savakban, pl. sósavban erős felületi korróziót mutat. Ennek az az oka, hogy az alumínium felületén kis mikroelemek keletkeznek a fémbe levő lokális szennyezésekből vagy a felületen levő egyéb energiakülönbségekből. E lokálemek anódján a fémalumínium oldódik, a katódon pedig hidrogén fejlődik.

Az eddig alkalmazott egyszerű vegyi maratás után a kialakult felületi struktúra igen sok tényezőtől függ és azokat mind irányítani és egyenletes, jól reprodukálható struktúrát elérni szinte lehetetlen. A kialakult felületszerkezet függ az alumíniumfólia kristályszerkezetétől, a kristallitok méreteitől és azok orientációjától, amik kohászati és hőkezelési paramétereiktől függenek. A felületi szerkezet ezenkívül a maratás tényezőitől is erősen függ, mégpedig a marófürdő koncentrációjától, amely a vegyi maratás folyamán folyton változik, függ a sósav szennyezéseitől, a marás hőmérsékletétől és idejétől is. Az így mart felület struktúrája erős gyártási ingadozást mutat és sok esetben igen kis látszólagos felülnövekedési tényezőt eredményez. Nagy hátránya még e módszernek az, hogy nagyon költséges, mivel nagy sósavfogyasztással jár. E módszernél egy lényegesen korszerűbb módszert dolgoztunk ki az elmúlt év folyamán, *a felület elektrolitos maratási módszert*, ami nemcsak fenti hibák nagy részét küszöbölte ki, hanem a kondenzátorok méretének lényeges csökkentésével is járt. A módszert külföldön már ismert elvek alapján dolgoztuk ki, de tovább fejlesztettük és az elért eredmény több szempontból jobb, mint az alapul vett külföldi. E módszer feleslegessé teszi a sósav használatát. A korróziót előidéző  $\text{Cl}^-$  ionokat konyhasó vizes oldatából nyerjük, ami a költségeknek kb. 1/4-re való csökkenését eredményezi. Az alumíniumfóliát  $\text{NaCl}$  vizes oldatában anódos kapcsolásban elektrolizáljuk. A  $\text{Cl}^-$  ionok az anódához érve leadják töltésüket és az alumíniummal  $\text{AlCl}_3$ -dá alakulnak. Ez a továbbiakban  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -dá válik és a fürdő fenekén ülepedik. Így a fürdő  $\text{Cl}^-$  ionkoncentrációja nem változik és a fürdő elektrolitja hosszú ideig nem szorul cserére. Ha az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  folyamatos eltávolítását biztosítjuk és a fogyó vizet pótoljuk, a fürdő hosszú ideig igen nagy egyenletességgel használható. Ha a kialakuló erőtér homogenitásáról megfelelő elektródák kiképzésével gondoskodunk, a kapott felületi struktúra sokkal egyenletesebbé válik, mint a vegyi maratásé.

Lehetővé vált a felületnövekedési tényező növelése is. Ezt részben az ugyancsak elektrolitosan működő dekapírozó fürdő és maró fürdő hőmérsékletének és áramsűrűségének megfelelő beállításával és a felületi szerkezet megfelelő kialakítása útján lehetett elérni.

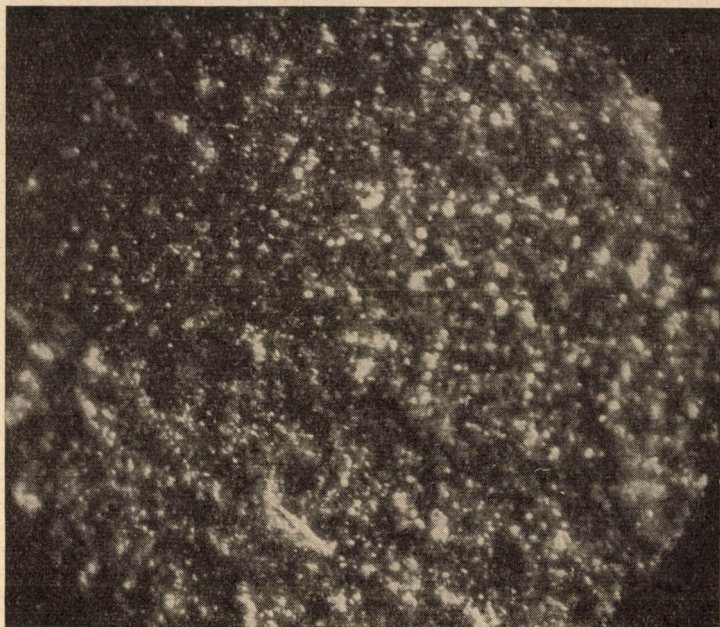
A mart felületek struktúráját mikroszkópi és elektronmikroszkópi felvételekkel ellenőriztük. E képek azt mutatták, hogy a felületnek kettős struktúrája van; egy durvább elsődleges szerkezet és egy finomabb másodlagos szerkezet, ami ráfekszik az elsőre. A durvább struktúrát a mikroszkópi kép mutatta. Ez megközelítően gúlákból összeállt szerkezeti képet mutat, többé-kevésbé hegyes kristallitokból. Minél kisebbek a gúlák csúcshölygei, annál nagyobb a felületnövekedés. E struktúrát azonos alumíniumfóliák esetén a maratás és a dekapírozás paramétereivel (koncentráció, áramsűrűség, idő, hőmérséklet) bizonyos határok között szabályozhatjuk (1. és 2. ábra). A másodlagos finom struktúrát az elektronmikroszkópos képek mutatták (3. ábra). Ez igen finom szerkezetű köbös kristályképet mutat, mely ráfekszik az elsődleges szerkezetre.

Az elektrolitos maratással lehetett olyan struktúrát kapni, amelynek igen finom túszerűen graduált elemei voltak. Az ilyen felületi struktúra vékony rétegek esetén igen nagy fajlagos kapacitást eredményezett, ez azonban a réteg vastagodásával meredek csökkenést mutat, mert a vastag réteg már nem követte a felület változásait, ha pedig az elsődleges struktúrát mély, de durváb-



1. ábra. Vegyi (sósavas) maratású 99,99%-os tisztaságú alumíniumfólia felületének mikroszkópi képe. ( $N = 250\times$ )





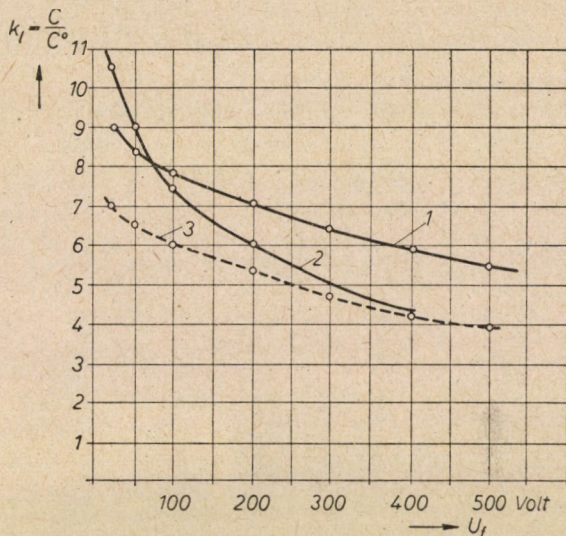
2. ábra. Elektrolitos maratású 99,99%-os tisztaságú alumíniumfólia felületének mikroszkópi képe. ( $N = 250\times$ )



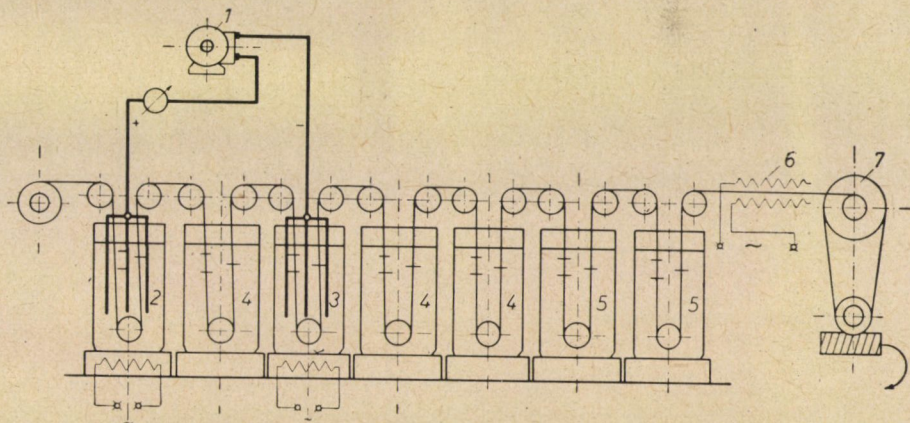
3. ábra. A maratott 99,99%-os tisztaságú alumíniumfólia felületének elektronmikroszkópi képe. ( $N = 9800\times$ )



ban graduált alakzatban állítottuk elő, ez vékony rétegek esetén ugyan kisebb, de vastagabb rétegek esetén nagyobb kapacitást mutatott. Az előbbi beállítás a kisfeszültségű, az utóbbi a nagyfeszültségű kondenzátorok céljaira alkalmas (4. ábra). Az elektrolitos maróberendezés vázlatos rajzát az 5. ábra mutatja.



4. ábra. A felületnövekedési tényező ( $k_1$ ) változása a formáló feszültség ( $U_f$ ) függvényében  
1 Elektrolitos maratás (nagyfeszültségű kondenzátorokhoz); 2 elektrolitos maratás kisfeszültségű kondenzátorokhoz); 3 kémiai maratás



5. ábra. Az elektrolitos maróberendezés vázlatos rajza

1 dinamó; 2 dekapírozó fürdő; 3 maró fürdő; 4 folyóvizes mosó fürdő; 5 desztillált vizes mosó fürdő; 6 szárító; 7 tekercselő

Az elektrolitos maratás során 30–100%-kal nagyobb felületnövekedési tényezőt értünk el az eddigi vegyi maratáshoz képest. Ezzel lehetővé vált mind a kis-, mind a nagyfeszültségű kondenzátorok fajlagos kapacitásának növelése.

Ezek alapján kidolgoztuk a nagyfeszültségű kondenzátorok lényegesen csökkentett méretű kivitelét. Az elektrolit tartó papírbetétek vastagságának némi csökkentésével és apróbb konstrukciós módosításokkal az elektrolitisan mart nagyfeszültségű kondenzátorok térfogati méreteit 1:2—1:2,5 arányban lehetett csökkenteni.

A méretcsökkentéssel egy időben gondoskodni kellett e kondenzátorok melegedésének csökkentéséről is, ami a stabilis működés előfeltétele. Ez az átvezetési áram leszorítását tette elsősorban szükségessé. A szennyezések csökkentésével és a formálási módszer megfelelő kialakításával ezt első lépésben 0,005  $\mu\text{A/volt}$ ,  $\mu F$  értékre sikerült csökkenteni. Ezt az eredményt azonban nem tekintjük véglegesnek, hanem tovább kívánjuk csökkenteni 0,001  $\mu\text{A/volt}$ ,  $\mu F$  értékre, nemcsak laboratóriumi, hanem üzemi viszonyok között is.

#### *A záróréteg dielektromos állandójának növelése*

Külföldön tantálanódájú kondenzátorokat fejlesztettek ki, mert a tantálan kialakított  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  réteg dielektromos állandója 11,6, ami 55%-os növekedést jelent ez  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -éhoz képest. A tantálanódás kondenzátoroknak egyéb előnyük is van, a tantálnak elektrolitokkal szemben mutatott igen nagy közömbösége miatt. Mégis széleskörű alkalmazásra egyelőre külföldön sem került sor, aminek fő oka a tantál fém nagy ára.

Hazai kísérleteket más irányban folytattunk. Vizsgálataink azt mutatták, hogy a hazai fémek közül a *titán* látszik alkalmasnak nagy fajlagos kapacitású elektrolitos kondenzátorok előállítására.

E kísérletek során megállapítottuk, hogy a titán gyenge és középérős savakban passzíválódik és a felületén anódos oxidáció esetén kis áteresztésű dielektromos záróréteg alakítható ki. A felületen kiformált  $\text{TiO}_2$  záróréteg kapacitása 3—6-szoros az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -hoz képest. A kísérleteknél felhasznált titán minták tisztasága azonban még eddig nem volt kielégítő és a zárórétegbe foglalt fémszennyezések oxidja a réteg szigetelési ellenállását rontotta. E kísérletek sikeres folytatásának előfeltétele a nagyobb tisztaságú titán fém előállítása.

#### *A fajlagos kapacitás növelése a katódoldalon jelentkező kapacitás növelése útján*

Pár évvel ezelőtt folytatott rétegekialakítási kísérleteink során megfigyeltük, hogy GÜNTHERSCHULZE részéről megállapított összefüggés, amely az elektrolitos kondenzátorok kapacitását ( $C$ ) a formáló feszültség ( $U_f$ ) függvényében adja meg, a kisfeszültségek tartományában látszólag nem érvényes. Az összefüggés

$$C = \frac{k_1 F}{U_f}, \quad (2)$$

ahol  $F$  az anóda felülete  $\text{cm}^2$ -ben,  $k_1$  anyagállandó (alumínium esetében 6,28).



A mért kapacitás az elektrolitos cella sarkain kisebb volt, mint (2) egyenlet szerinti. A cella kapacitása a fürdőbe merülő katódlemez felületének növelésével egy bizonyos határig növekedett, e határon felül azonban a növelés már nem volt hatásos.

A cella kapacitásának ezt a viselkedését a katóda oldalán jelentkező soros kapacitás feltételezésével lehetett megmagyarázni. Bővítsük ki a cella egyenértékű egyszerűsített helyettesítő villamos sémáját a katódoldali soros kapacitással. Az eredő kapacitás az anódoldali ( $C$ ) és a katódoldali ( $C_k$ ) kapacitásból számítható:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_k} \quad (3)$$

E képletből következik, hogy  $C' < C$ , ha azonban  $C_k$ -t növeljük (pl. a katóda felület növelésével) úgy, hogy  $C_k \gg C$ , akkor  $C'$  megközelíti  $C$  értékét.

Vizsgálataink szerint a katódoldalon levő kapacitást a polarizációs kapacitásból és a katódlemez felületén levő természetes oxidréteg kapacitásából vehetjük összetettnek. Az első, az elektrokémiából ismert jelenség: ha egy fémeket elektrolitba helyezünk, potenciálkülönbség mutatkozik a fém és az elektrolit között. Ez az elektrokémiai polarizáció. A keletkező potenciálkülönbség onnan származik, hogy a fémionoknak az oldatban más a kémiai potenciálja, mint a fémben. A fémionok abból a fémről, melyben nagyobb a kémiai potenciáljuk, átmennek a kisebb potenciálú fázisba. Mivel azonban az elektronok nem léphetnek át az oldatba, az eredetileg semleges fém az ion átmenet miatt negatív töltéssel marad vissza, amely az oldatba ment fémionokat vonzza. A fázishatárnak az oldat felőli részén tehát fémionokból, a fémfelőli részen pedig elektronokból álló kettős réteg jön létre, amely egy molekuláris méretű kondenzátorhoz hasonlít, ez a polarizációs kapacitás.

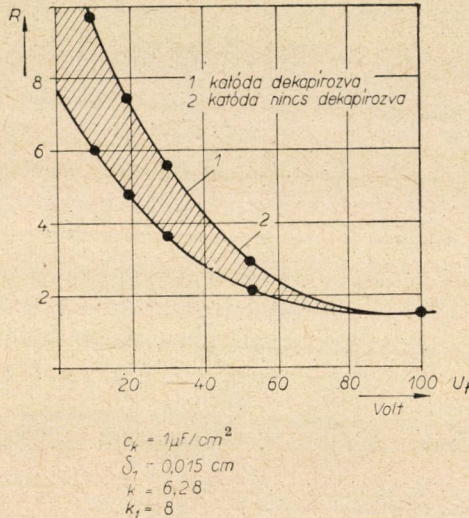
A katódoldalon mutatkozó kapacitás másik része az alumínium felületén levő természetes oxidréteg okozta kapacitás, ez az előbbivel sorosan kapcsoltan fogható fel.

Kísérleteink során igyekeztünk e kétféle kapacitást széjjelválasztani és hatásukat külön figyelni. Ez sikerült is akkor, amikor a dekapírozó fürdőben az alumíniumot elválasztottuk a természetes oxidrétegtől.

A polarizációs kapacitás értéke  $3,5-4,8 \mu F/cm^2$ , a természetes oxidréteg okozta kapacitás értéke pedig  $0,25-2,5 \mu F/cm^2$  volt méréseink során. A természetes oxidréteg kapacitásának ezt az igen nagy szórását külön vizsgálva, megállapítottuk, hogy a természetes oxidréteg vastagsága függ a fólia előkezelési körülményeitől, elsősorban a hengerlési műveletek közötti hőkezelésektől, a fólia szennyezéseitől, tárolásának körülményeitől. Azt találtuk, hogy a hengerműből kikerülő fólia természetes oxidrétege igen tekintélyes ( $100-300 \text{ \AA}$ ), kapacitása  $0,25-0,75 \mu F/cm^2$ , míg dekapírozás után a 99,99% tisztaságú fólián  $35-50 \text{ \AA}$  vastagságnak megfelelően  $1,8-2,5 \mu F/cm^2$  kapacitást

mértünk. Az első tanulság tehát az volt, hogy kisfeszültségű kondenzátoroknál helytelen az eddig használt módszer, mely szerint a hengerműből szállított katódfoliát dekapírozás nélkül használták fel. A dekapírozással a fajlagos kapacitást máris bizonyos mértékig növelni lehetett.

Lényegesen nagyobb fajlagos kapacitást eredményezett az a további lépés, hogy a dekapírozott katódfolia felületét maratás útján 8–10-szeresre növeltük. Vizsgáljuk meg ez utóbbinak számszerű hatását GÜNTHERSCHULZE korrigált egyenlete alapján:



6. ábra. A fajlagos térfogategységenkénti kapacitás növekedésének ( $n$ ) változása a formáló feszültség függvényében ( $U_f$ )

(2) és (3) egyenlet egyesítésével

$$C' = \frac{k_1 k_l F C_k}{k_1 k_l + U_f C_k}, \quad (4)$$

ahol  $k_l$  a felületnövekedési tényező.

A fajlagos kapacitás:

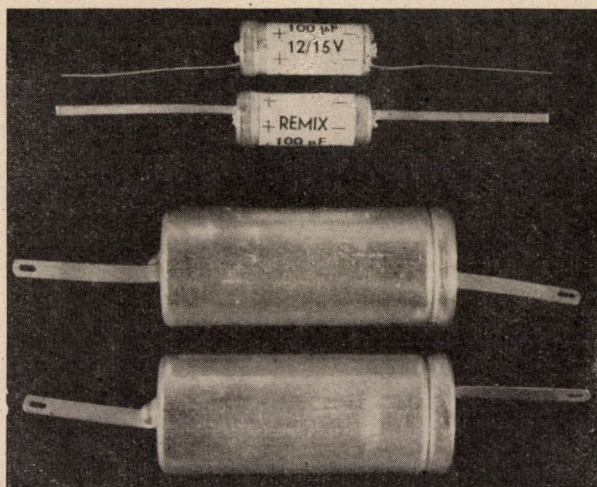
$$C_{fajl.} = \frac{C'}{F \delta} = \frac{k_1 k_l C_k}{\delta (k_1 k_l + U_f C_k)}, \quad (5)$$

ahol  $\delta$  a fegyverzetek teljes vastagsági méreteinek összege. Ha megnöveljük a katódfelületet is  $k_l$ -szeresre, a fajlagos kapacitás megnövekedése:

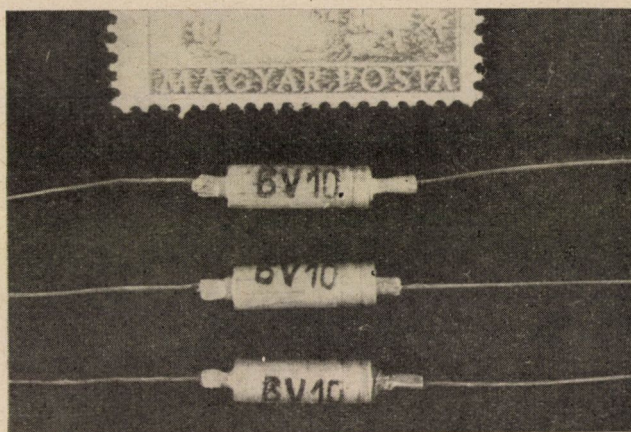
$$n = \frac{C'_{fajl.}}{C_{fajl.}} = \frac{k_1 + U_f C_k}{k_1 k_l + U_f C_k}. \quad (6)$$

A 6. ábra szerint láthatjuk, hogy a kisfeszültségek tartományában tekintélyes kapacitásnövekedést érhetünk el. Ha ehhez hozzávesszük a dekapírozás hatását,





7. ábra. A kisfeszültségű, miniatűr kivitelű és az eddig gyártott kondenzátorok összehasonlító fényképe (12/15 V, 100  $\mu$ F)



8. ábra. Szubminiatűr kivitelű, kisfeszültségű elektrolitos kondenzátorok (6/8 Volt, 10  $\mu$ F)

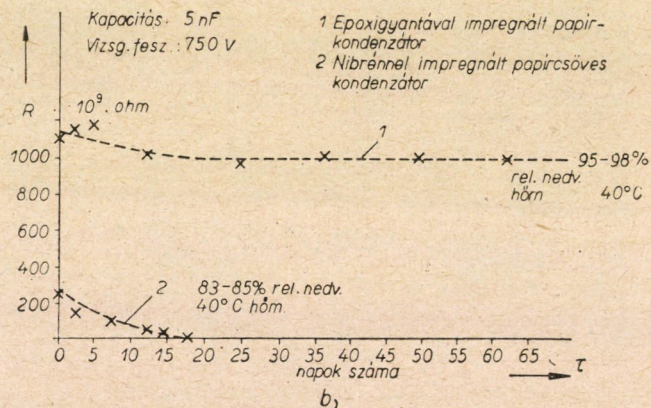
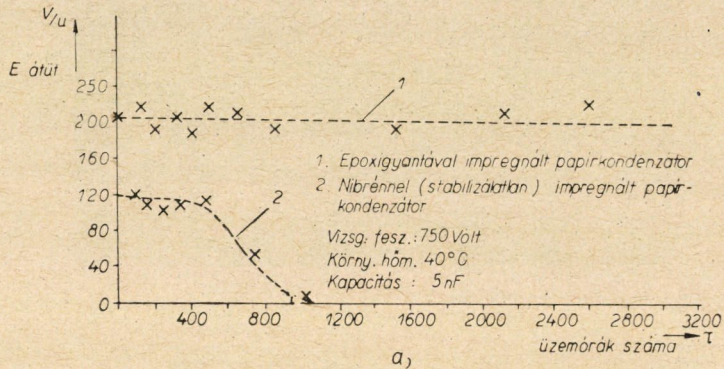
amit fenti számításnál nem vettünk figyelembe, a fajlagos kapacitásnövekedés 10–20-szoros értékű is lehet, ami ilyen mértékű méretesökkentést biztosít.

E kísérletek eredményei alapján kidolgoztuk a kisfeszültségű miniatűr és a tranzistor-áramköri szubminiatűr kondenzátorokat (7. és 8. ábra). E kondenzátorok méretei jóval kisebbek, mint a jelenleg külföldön készített kisfeszültségű kondenzátorok. A szubminiatűr kondenzátorok versenyeznek a külföldi tantál kondenzátorokkal méretek szempontjából, ezeknél kb. 30–80%-kal kisebbek.



### Papírdielektrikumú kondenzátorok műanyag impregnálással és burkolással

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az eddig gyártott hengeres papírkondenzátorok minősége nem kielégítő azért, mert az impregnáló anyagként használt klórozott naftalin (nibrén) egyenfeszültség hatása alatt elektrokémiai bomlást mutat. A katódon fejlődő nascens hidrogén klórt köt



9. ábra. Az átütési szilárdság ( $E_{\text{átüt}}$ ) és a szigetelési ellenállás ( $R$ ) változása a vizsgálati idő ( $\tau$ ) függvényében

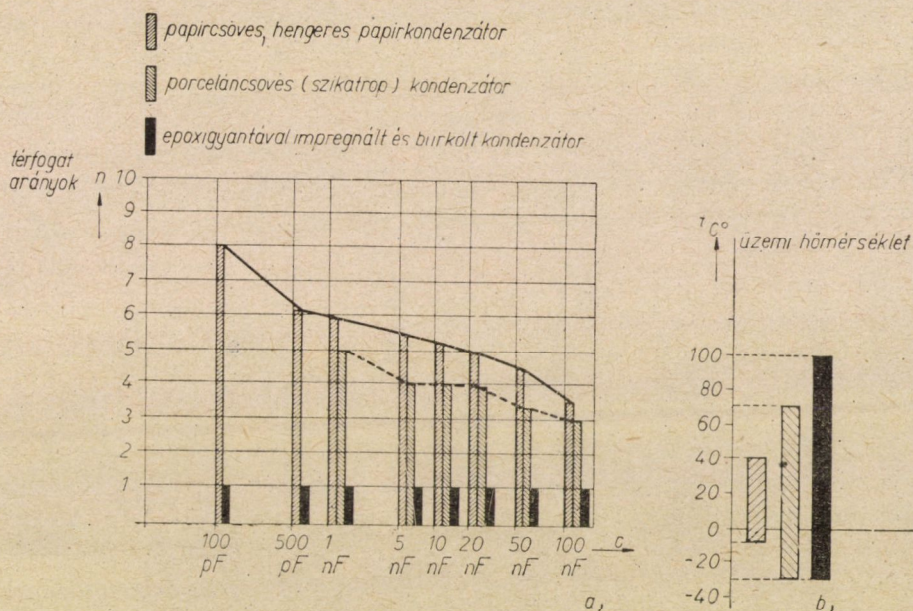
a) Az átütési szilárdság ( $E_{\text{átüt}}$ ) vizsgálata; b) szigetelési ellenállás ( $R$ ) vizsgálata

le, sósav keletkezik és így a dielektrikum villamos szilárdsága idő előtt letörik. A klórozott naftalin tulajdonságain némileg lehetett javítani inhibitorok alkalmazásával. Az inhibitorok a fejlődő hidrogén lekötésével megakadályozzák a sósav keletkezését és hatásukat addig fejtik ki, amíg nem fogynak el teljesen. Így pl. antrakinonnal vagy furillal stabilizált nibrén a kondenzátorok élettartamát az eddiginek 2-3-szorosára növelte. E megoldást azonban csak át-



menetinek tekintettük, mert csak valamennyire javít a jelenlegi helyzetet. Elektrokémiai szempontból is stabil és poláros tulajdonságokkal bíró impregnáló anyagok kutatására irányítottuk figyelmünket.

Részben külföldi eredményekre támaszkodva, új típusú papírkondenzátort dolgoztunk ki, amelynek igen sok előnye van az eddig gyártott papírkondenzátorokkal szemben. Impregnáló anyagként poláros jellegű műgyantát választottunk, mégpedig egy impregnálásra is alkalmas epoxigyanta-típust.



10. ábra. A térfogatarányok (a) és az üzemi hőmérséklet határok (b) összehasonlítása a papírcsöves nibrénnel impregnált, a porceláncsöves (szikatrop) és az epoxigyantával impregnált és burkolatú kondenzátoroknál

Az epoxigyanták monomerjei poliaddíció útján válnak polimerré. A poliaddíció a polimerizálás az a fajtája, midőn kettőskötésből az egyik felszakad, a felszabaduló helyekre két új atom vagy atomcsoport kerül. A keletkező polimerben az egymásra ható anyagok bent maradnak, kilépés, melléktermék nincsen. Az epoxi-csoportokkal és aminokkal hidakat lehet létrehozni, amivel 80–120 C° között hőre keményedő sűrű, térhálós, kis gőzáteresztésű polimer keletkezik. E gyantatípusnak igen kedvező dielektromos tulajdonságai vannak. Papírban impregnálva átütési szilárdsága kb. kétszeres a nibrénhez képest és a terhelés hatására nem változik, szigetelési ellenállása is többszöröse a nibrénnek és még 95–98% relatív nedvességű térben, 40 C° hőmérsékleten is alig változik (9. ábra). E műgyantát nemcsak impregnálóanyagként használtuk fel, hanem burkolóanyagként is, és így feleslegessé vált a

külön burkolási művelet. A burkolás, figyelembe véve az epoxigyanta nagyon kis diffúziós állandóját és nagyon jó kötését fémekhez, olyan minőségű, hogy helyettesíteni képes a szikatrop porceláncsöves kondenzátorokat is.

A nagyobb átütési feszültség és a külső burkolat mellőzése lényeges méretcsökkenést eredményezett, a térfogati méretek a kapacitásértéktől függően 1 : 3—1 : 7 arányban csökkentek. Az üzemi hőmérséklet határok is bővíthetők lettek  $-40\text{ C}^\circ$  és  $100\text{ C}^\circ$  határokig (10. ábra). Kidolgoztuk a gyártás új módszerét és a kondenzátorok konstrukcióját. Előzetes számítások szerint az új kondenzátortípusok valamivel olcsóbbak lehetnek az eddigiekénél. E számításoknál figyelembe vettük azt is, hogy az epoxigyanta egyelőre importanyag, de az eddig használt nibrén is az. A laboratóriumi mintapéldány sorozattal egyidejűleg elkészítettük a gyártáshoz szükséges berendezések kisebb méretű modelljeit, és ezeket 1957. év végén átadtuk a Remix gyárnak. A gyártás bevezetésének előfeltétele az új gyártó berendezések nagy méretekben való felépítése.

### Kondenzátorok kapacitásának és veszteségi tényezőjének gyors, önműködő mérési módszere

Ellentmondásnak látszik, hogy egy elektrolitos kondenzátor mérési ideje ma többszöröse egy átlagos elektroncső mérési idejének. A jelenlegi mérési idő 20—30 másodperc. Ismeretes, hogy a kondenzátorokat leggyakrabban impedanciahidban szokásos mérni, ahol két ellenállás változtatásával fokozatosan érjük el az egyen- és váltakozó feszültség szempontjából való kiegyenlítést. Ez nagyon időigényes művelet.

A ki nem egyenlített híd kimenő feszültsége ( $U_k$ ) és a be- és kimenő feszültség fázisszöge ( $\varphi$ ) a következő képletekből határozható meg:

$$|U_k| = \omega U \sqrt{\frac{(R_1 R_n - R_2 R_x)^2 \omega^2 C_n^2 C_x^2 + (R_n C_n - R_1 C_x)^2}{[(R_1 + R_x)^2 \omega^2 C_x^2 + 1] [(R_2 + R_n)^2 \omega^2 C_n^2 + 1]}} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi = \omega \frac{R_1 C_x [1 + \omega^2 C_n^2 (R_2 + R_n)^2] - R_2 R_n [1 + (\omega R_1 C_x + \operatorname{tg} \delta_x)^2]}{[1 + \operatorname{tg} \delta_x (\omega R_1 C_x + \operatorname{tg} \delta_x)] [1 + \omega^2 C_n^2 (R_2 + R_n)^2] -} \\ - [1 + \omega^2 R_n C_n^2 (R_2 + R_n)] [1 + (\omega R_1 C_x + \operatorname{tg} \delta_x)^2]} \quad (8) \\ \operatorname{tg} \delta_x = \omega R_x C_x. \end{aligned}$$

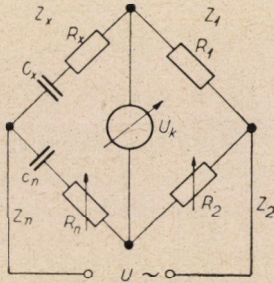
Mint látjuk,  $|U_k|$  és  $\operatorname{tg} \varphi$  függvénye a  $C_x$  ismeretlen kapacitásnak és az  $R_x$  veszteségi ellenállásnak (11. ábra). A híd többi ellenállásai ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_n$ ) és kapacitása ( $C_n$ ) ismertek.

Ha részletesebben vizsgáljuk e két függvényt, megállapíthatjuk, hogy kis kiegyenlítetlenség esetén a kimenő feszültség  $C_x$ -től erősen, a veszteségi

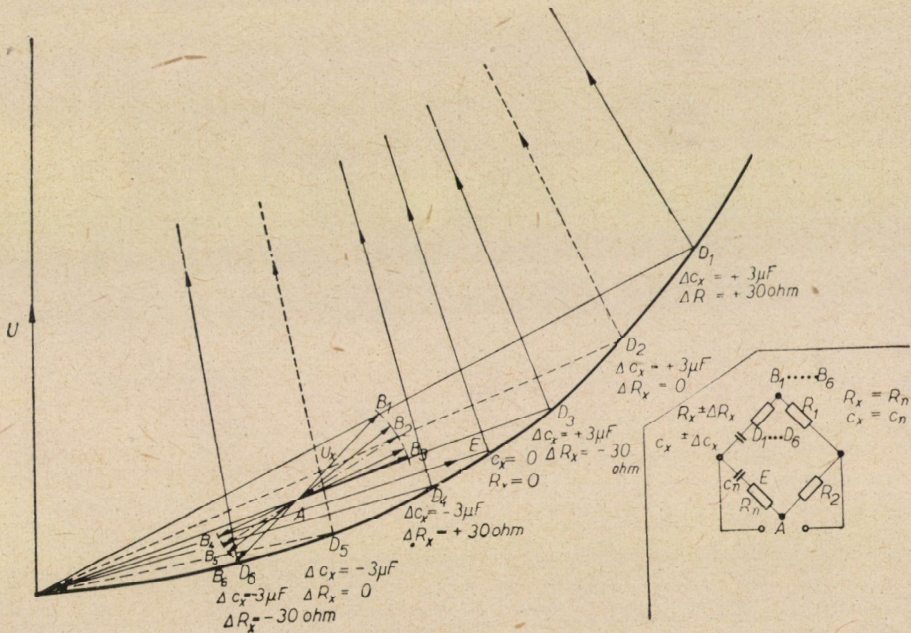


ellenállástól ( $R_x$ ) bizonyos beállításokban igen kevésé függ. Bizonyos határok között pedig  $\varphi$   $C_x$ -től kevésé, a veszteségi tényezőtől ( $tg \delta_x$ ) pedig erősen függ (12. ábra). E két függvény tulajdonságait kvalitatíve igen jól szemlélteti a vektorkördiagram. A diagramból is látható a két függvény jellegzetes viselkedése.

E vizsgálatok azt mutatják, hogy célszerű a hidat közel a kiegyenlítés állapotába hozni váltakozó feszültség szempontjából és a híd kimenő feszültségével  $C_x$ -t és a fázisszöggel  $R_x$ -t, illetőleg  $tg \delta_x$ -t indikálni. Ezt úgy valósít



11. ábra. A kiegyenlített és a kiegyenlítetlen váltakozó áramú impedanciahíd vizsgálata



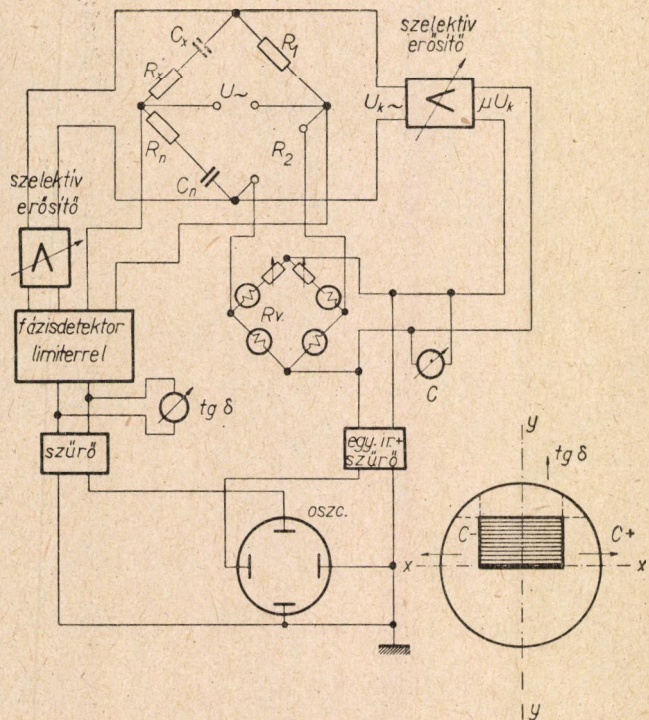
12. ábra. A kiegyenlítetlen váltakozó áramú impedanciahíd vektorkördiagramja (Változó:

$$C_x, R_x)$$

$$U = 1 \text{ Volt}, \omega = 2\pi \cdot 50, C_n = 8 \mu\text{F}, R_1 = R_2 = 80 \text{ ohm}$$

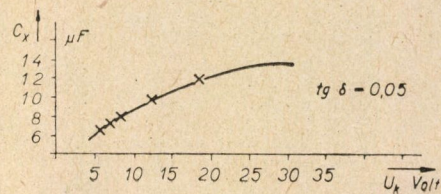
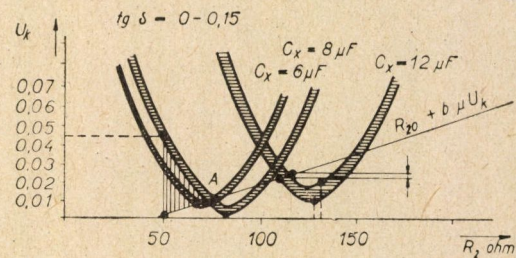
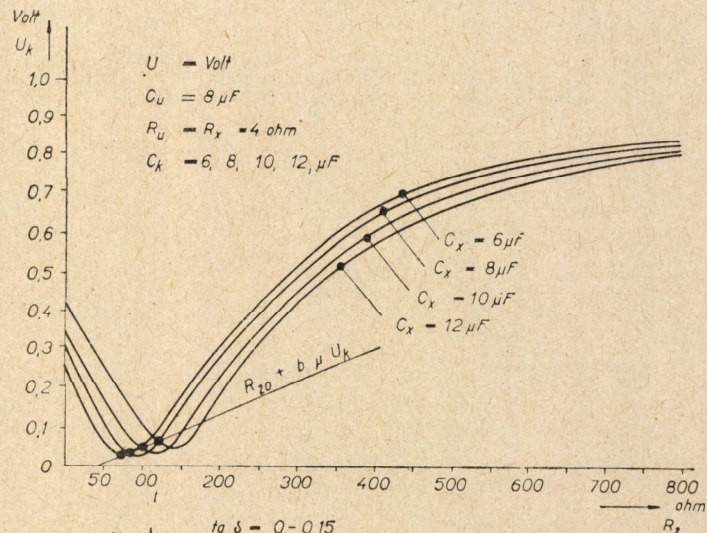
$$C_x = \pm 3 \mu\text{F}, R_x = \pm 30 \text{ ohm}$$





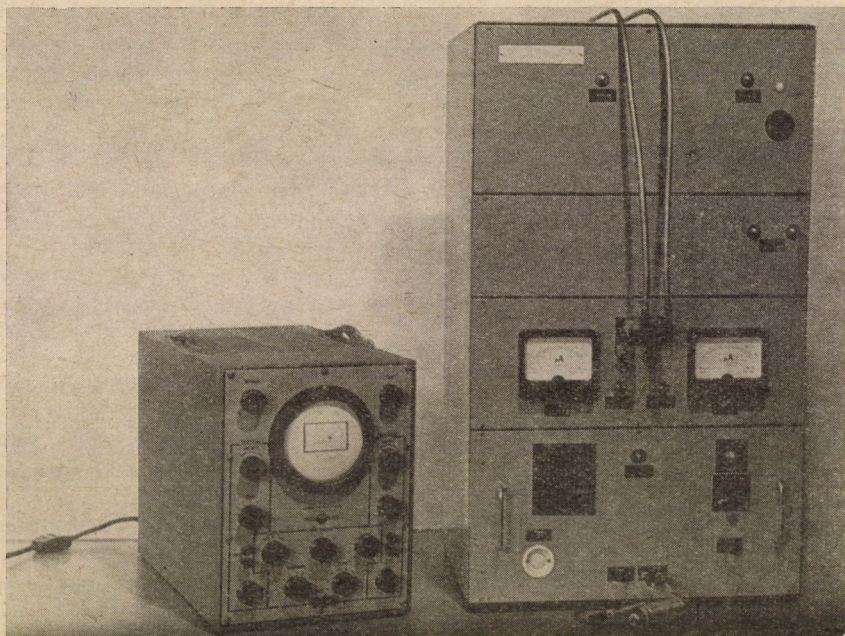
13. ábra. Az önműködően kiegyenlítődő váltakozó áramú impedanciahíd tömbvázlata

14. ábra. A híd kimenő feszültségének változása  $R_2$  aránykar nagyságának függvényében különböző  $C_x$  és  $tg \delta_x$  értékeknél





hatjuk meg, hogy az egyik ellenálláskar helyébe egy feszültségfüggő ellenállást (célszerűen hídba kapcsolva) helyezünk és az ellenállás változtatását nagyságától függően végezzük. A nonlinearis ellenállások vezérlését önműködővé tehetjük úgy, hogy ha a közel kiegyenlített híd kimenő feszültségét szelektív erősítővel megnöveljük és az erősítő kimenő feszültségével tápláljuk.



15. ábra. Önműködően kiegyenlítődő váltakozó áramú impedanciahíd. Mérési tartományok, kapacitás: 4, 8, 16, 25, 32, 50, és 100  $\mu\text{F}$ ; veszteségi tényező: 0—0,15, 0—0,35

Így közel a kiegyenlítés állapotába hozhatjuk a hidat. Ekkor az erősítő kimenő oldalára helyezett voltmérő kitérései egy névleges kapacitástól való kapacitáseltérésre kalibrálhatók. A be- és kimenő feszültség fázisszögével arányos feszültséget limiterrel és fázisdetektorral hozhatjuk létre, a kimenő oldalra kapcsolt voltmérő a veszteségi tényező eltérésekre kalibrálható (13. ábra). A leolvasás egyszerűsítésére a berendezést kibővítettük oszcilloszkópos indikálással is. Katódsugárcső horizontális eltérítő lemezeire a kapacitáseltéréseket mutató feszültséget kapcsoltuk egyenirányító és szűrő közbeiktatásával. A vertikális eltérítő lemezpárra a fázisdetektor szűrt kimenő feszültségét vezettük. Ekkor az oszcilloszkóp ernyőjén téglalap szerkeszthető a kapacitás és a veszteségi tényező tűrészatáraival. Ha az elektronsugár fénypontja e téglalapon belül helyezkedik el, akkor a kondenzátor kapacitás és veszteségi tényező szempontjából a tűrészatárokon belül van.



A híd stabilis működését számítással és szerkesztéssel is követhetjük. A 14. ábra elektrolitos kondenzátorokra (névleges kapacitás:  $8 \mu\text{F}$ ) a kiegyenlített híd esetén számított  $|U_k| = f_1(R_2)$  függvényt mutatja be különböző  $C_x$  és  $R_x$  értékek esetén. Ebbe a diagramba rajzoltuk fel a feszültségfüggő ellenállás karakterisztikáját is. Mint látható, 3 metszéspont adódik. A bekapcsolás pillanatában a feszültségfüggő ellenállás  $R_2 = R_{20}$  értékű, ennek megfelelő  $U_k$  érték adódik, és az egyensúly a megjelölt terület  $A$  csúcspontjában adódik. A diagramból látható, hogy a híd adatainak megfelelő megválasztása esetén  $U_k = f_2(C_x)$  karakterisztikák  $R_x$ -től alig függenek. A híd első modelljét elektrolitos kondenzátorok önműködő méréséhez dolgoztuk ki. A 15. ábra mutatja a berendezés fényképét. Az elért mérési pontosság kb.  $\pm 1,5\%$ .

## HOZZÁSZÓLÁSOK

DEÁK PÁL:

A mechanikai méretek csökkentése fokozott mértékben megköveteli a minél teljesebb gépi előállítást, mert kézi műveletek az egyöntetűséget nem képesek biztosítani.

A hazai elektrolitos kondenzátorok egyes típusai átvezetési áram tekintetében az utolsó két év alatt több mint egy nagyságrenddel javultak. Az állékonyságot legtöbbször a keletkező korrózió veszélyeztette. A legújabb vizsgálatok e tekintetben is igen megnyugtatók. A vonatkozó szabvány élettartamvizsgálati előírását két évvel ezelőtt még egyetlen magyar elektrolitos kondenzátortípus sem viselte el hiba nélkül. Ma már oly hazai elektrolitos kondenzátortípus is van, melynél az előírt élettartam vizsgálat háromszoros ideje alatt sem mutatkozott sem korrózió, sem szivárgás, vagy kapacitásváltozás.

Az eddig gyártott papírkondenzátorok állékonysága nem megfelelő. A vonatkozó magyar szabványnak megfelelnek ugyan, de a nemzetközi szintet nem közelítik meg. Állékonyságukra jellemző, hogy frissen 3–4 kV-os ionizációs feszültségük 1–2 évi raktározás alatt 1–0,3 kV-ra csökken, ami a névleges üzemi feszültségen is már átütést okoz.

KIMMEL JENŐ:

A felhasználó ipar egyre szigorúbb követelményeket támaszt az elektrolitos kondenzátor minőségével szemben, ami szükségessé tette az eddiginél szigorúbb átvételi vizsgálatok bevezetését. Így például jelenleg már az élettartam, üzembiztonság és villamos jellemzők stabilitásának vizsgálatára a kondenzátorokat 500 órán át  $60^\circ\text{C}$ -os térben az üzemi feszültségre szuperponált váltóáramú terhelésnek vetjük alá. Az igénybevétel után a kondenzátorok villamos jellemzői nem mutatnak lényeges változást. Ezeknek a szigorított követelményeknek azonban a régebben gyártott kondenzátorok nem feleltek meg. A vizsgálat után a legtöbb esetben megnőtt a maradékáram és ezeket a példányokat felbontva az anód kivezetések felületén kezdődő

korróziót lehetett megállapítani. Vizsgálataink szerint ezek a jelenségek főként a felhasználásra kerülő oxidált anódfólia felületi szennyezéseinek csökkentésével küszöbölhető ki.

Főként a klorid- és vasszennyezés hatása volt jelentős a kondenzátorok tulajdonságaira. Amennyiben az oxidáló fürdő kloridion-tartalma meghaladja a 200–300  $\gamma$ /lit. értéket, a fólia felületén számottevő mennyiségű kloridion adszorbeálódik, melynek egy része a mosó fürdőkön való áthaladás után is az oxidrétegben marad és végül a kész kondenzátorba kerül. Ilyen kondenzátorokon volt tapasztalható az 500 órás erőltetett vizsgálat után a maradékáram növekedése és a kivezetők korróziója. A kloridion-tartalom növekedése az oxidáló fürdőben a maratott alumíniumfelület gyenge korrózióját idézi elő az oxidáció folyamata alatt, és ennek a jelenségnek a hatása a felületnövekedési faktor számottevő csökkenésében nyilvánul meg — különösen nagyobb formáló feszültségeken. Ily módon tehát csökken az elérhető fajlagos térfogati kapacitás is. Az oxidáló fürdő kloridion-tartalmát most a technológiai előírások szigorításával és az elektrokémiai tisztítási eljárás bevezetésével 100  $\gamma$ /lit alá csökkentettük és az oxidált fóliák kloridion-tartalmának ellenőrzésére új vizsgálati eljárást kellett bevezetni.

Az új oxidáló berendezés szerelésénél csak a legszükségesebb alkatrészeket készítettük vashól, de még így is kimutatható volt, hogy az oxidáló fürdőbe kerülő minimális mennyiségű vashidroxid jelentős mértékben növelte a kondenzátorok veszteségi szögét és ezzel a váltóáramú terhelhetőség csökkentését okozta. Most a berendezés módosításával, részben pedig korrózióálló lakkozással a vashidroxid-tartalmat a kimutathatóság határa alá csökkentettük. Az elektrolit készítéséhez használt alapanyagok átvételi előírásait szigorítottuk, a glikolt pedig ismételt vákuumdesztillációval tisztítjuk.

A fentiek alapján a jelenleg előállított kondenzátorok maradékáramát átlagosan 0,15–0,20  $\mu$ A/V,  $\mu$ F, veszteségi tényezőjét pedig 5–8% alá csökkentettük. 500 órás, 60 C°-os terhelés után jelenleg a maradékáram 0,1  $\mu$ A/V,  $\mu$ F alá csökken, az átvezetőkön pedig 1000 óra után sem mutatkoznak korróziós nyomok.

A maradékáram és a veszteségi szög javításával lehetővé válik a HIKI részéről kidolgozott új nagyfeszültségű, csökkentett méretű elektrolitkondenzátor család gyártásának bevezetése is. Ezeknek a kondenzátoroknak az anódfóliáját már a HIKI-ben kidolgozott elektrokémiai eljárással fogjuk maratni, és így kiküszöbölhető lesz a jelenlegi kémiai maratásnál mutatkozó nagy ingadozás is.

#### CZEGLÉDI KÁROLY:

A miniatürizálási munkát tovább kell folytatni, a tantál és titán kondenzátorok helyett lehetőleg azonos méretű alumínium kondenzátor típusokat kell kidolgozni. Több kérdést tesz fel.

#### KOVÁCS GYULA:

Célszerű lenne, ha az előadó bővebben ismertetné azokat a tényezőket, amelyek lehetővé teszik az elektrokémiai maratás bevezetésekor a maratásnál felmerülő költségek negyedrézére való csökkenését, szemben a jelenleg általánosan használt sósavas maratással. Több kérdést tesz fel.

## AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

A szubminiatűr kondenzátorok első gyártási példányainál mutatkoztak kisebb mechanikai természetű kontaktus hibák. Az átvezetési áramot  $0,001 \mu\text{A/V}$ ,  $\mu\text{F}$  értékre kívánjuk csökkenteni.

Az elektrolitos kondenzátorok anódfelületének felületnövekedési tényezője erősen függ a formálási feszültségtől. Az elektrolitos maratással, 450 V formálási feszültségnél az elért növekedés 5,5–6-szoros. A fólia szélének erősebb maródását, csipkézettségét az erőtér megfelelő kialakításával (árnyékolással) lehet megakadályozni. Az elektrolitos maratás gyártási költségei lényegesen kisebbek, mint a kémiai maratásé. A mai árakat figyelembe véve, a költségek az eddigi költségek  $1/3$ – $1/4$ -ére csökkennének. A csökkenés fő tényezője a felhasznált sósav és a konyhasó ára között levő nagy különbség. A használt konyhasó koncentrációja: 12%, a maratás áramsűrűsége pedig  $250 \text{ mA/cm}^2$ . A szubminiatűr kivitelű elektrolitos kondenzátoraink térfogati méretei 30–80%-kal kisebbek egyes külföldi tantál kondenzátoroknál. A katódfólia maratása révén a fajlagos ( $\mu\text{F/cm}^3$ ) kapacitás pl. 10 V formáló feszültség esetén 6-szoros, 20 V esetén pedig 8-szoros a sima felületű katódához képest. A kapacitás-szórás értéke az átlaghoz mérten nem haladta túl a  $\pm 20\%$ -ot.

Az elektrolitos maratás folyamán keletkező  $\text{Al(OH)}_3$  a maratófürdő fenekén ülepedik. Ennek folyamatos eltávolítása centrifugálás és elszívás útján történhetik.



# FÉNYCSÖVEK ÉLETTARTAMÁT ÉS GYÚJTÁS- KÉSZSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ NÉHÁNY FONTOSABB TÉNYEZŐ VIZSGÁLATA

LAKATOS GYÖRGY

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET

A fénycső-élettartamot befolyásoló tényezők ismerete ma már nemcsak a gyártással és fejlesztéssel foglalkozó szakemberek számára, hanem a fénycsöves berendezéseket tervező és kivitelező szakemberek számára is szükséges.

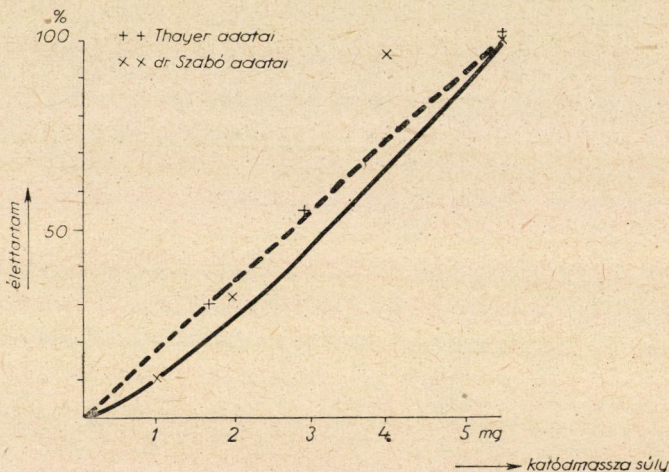
A fénycsövek lényegükben kisnyomású higanygőzkisüléses csövek, kisnyomású nemesgáz töltéssel, melyeknek előizzított katódú kivitelénél a gáz-kisülési áramot a katódspirálon elhelyezett földalkáli oxidokból kiképzett réteg termikus emissziója biztosítja. Váltakozó áramú üzemben az önálló kisülés létesülését elsősorban az anódi félperiódusban bekövetkező elektronbombázás során az elektródon fejlődő hő teszi lehetővé, amihez hozzájárul még az ionbombázás során keletkező hő és az elektródon átfolyó áramból származó Joule-hő is. Ismert tény, hogy az előizzított katódú fénycsövek élettartamát a katód emittáló rétegének elfogyása szabja meg. Ha ez bekövetkezik, a fénycső kiegészéről beszélünk. A kiegésznél a fénycső egyik katódja előizzításkor sárgás-vöröses színt mutat, a katódról nem lépnek ki többé elektronok olyan számban, hogy a csőben önálló kisülés mehessen végbe és maradhasson fenn.

A fénycsövek élettartamát befolyásoló fontosabb tényezők a következők: az emittáló réteget képező katódmassza minősége és mennyisége, a katód kiképzése, a töltőgáz minősége és nyomása, a fénycső és gyújtó összehangoltsága, a gyújtások gyakorisága, a gyújtó aszimmetriája, valamint egyéb olyan tényezők, amelyek befolyásának tárgyalása kívül esik az előadás keretein, pl.: a hálózati feszültség- és áram-görbe alakja, amplitúdója, a hálózat frekvenciája, a környezet hőfoka és relatív nedvességtartalma, a gyújtást megkönnyítő segédberendezések stb.

Az élettartam eloszlása megközelítően Gauss-görbe szerinti. A görbe maximumának megfelelő időt szokás az illető gyártási sorozat átlagos élettartamának nevezni. Ahol a továbbiakban a fénycső-élettartamról beszélünk, ott ezen ezt az átlagos élettartamot értjük. Kívánatos, hogy az élettartam szórása ( $\sigma$ ) lehetőleg kicsi legyen. A fénycsövek élettartamának alakulásában fontos a katódok befolyása. Vizsgálataink során ezt igyekeztünk elsősorban tisztázni.

a) *A katódmassza súlya.* SZABÓ János 1949-ben megkezdett vizsgálatai [1] feltárták a katódmassza súlya és a fénycső élettartama közötti összefüggést (1. ábra). Az ábrán látható, hogy SZABÓ 1950. évi, eddig nem publikált jelentésében feltárt összefüggést THAYER [2] 1954-ben publikált adatai jól alátámasztják, bár az égetési periódus ideje a két vizsgálatnál nem volt azonos. (Dr. SZABÓ vizsgálatainál 8 óra, THAYER vizsgálatainál 3 óra.)

Vizsgálatokat végeztünk egyperces égetési periódussal, kétféle glimmgyújtóval és mechanikai gyújtóval működtetett fénycsövekkel, melyeket



1. ábra. A fénycsövek átlagos élettartamának függése a katódra felvitt emittáló massa súlyától. (Folytonos vonal: dr. SZABÓ 1950. évi adata. Szaggatott vonal: THAYER 1954. évi adatai)

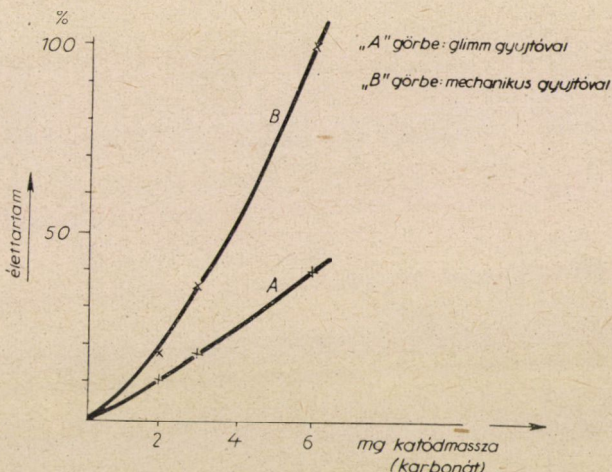
különböző katódmasszasúlyokkal az Egyesült Izzó fejlesztési gyáregysége készített el. E vizsgálatok eredményeit a 2. ábra mutatja. Ebből is világosan látszik az élettartam határozott függése a katódmassza súlyától. A vizsgálatnál alkalmazott egyperces égetési periódust 8 mp hűlési idő követte. Az alkalmazott gyújtók egyrészt a szokásos glimmgyújtók voltak, másrészt mechanikai gyújtók; ezekről a későbbiekben lesz szó.

Mindezen adatok egyértelműen arra mutatnak, hogy egyébként azonos kivitel mellett a fénycső élettartama közel lineárisan nő a katódmassza súlyának növelésével. Ez érthető is, mert a gázkiszülés során a katódmassza fokozatosan eltávozik a katódról, és így nagyobb katódmassza-mennyiséget magába foglaló katód alkalmazása növeli a fénycső élettartamát. Ezt egyébként pl. LOWRY [3] igen alaposan taglalja.

A katódmassza kémiai összetétele, felvitelének és kezelésének módja, a katódspirál kiképzése egyenként és együttesen is jelentősen befolyásolja a fénycső élettartamát.



Vizsgáltuk a katódokon alkalmazott anódtoldatoknak a fényeső élet-tartamára gyakorolt befolyását [4]. Azt találtuk, hogy egyperces égetési periódus és glimmgyűjtő alkalmazásánál — változatlan katódkonstrukció mellett — az anódtoldal elhagyása kb. 50%-kal csökkenti a fényeső élettartamát. A vizsgálatok kiterjedtek az anódtoldatok áramfelvételének és a geometriai viszonyoknak összefüggésére is.



2. ábra. Az élettartam függése a katódmassza súlyától, egyperces égetési periódusnál, különféle gyűjtők alkalmazásakor

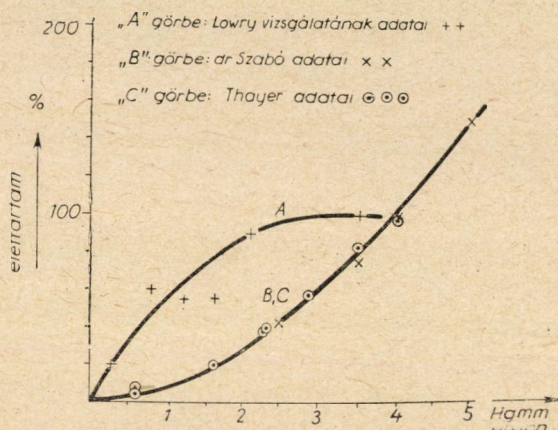
Megállapítható volt, hogy a katódok átkonstruálása nélkül az anódtoldatok LOWRY [3, 5] által említett elhagyása nem vihető keresztül.

b) *A töltőgáz nyomása.* A fénycsőben a kis nyomású higanygőzkisülés során keletkező higanygőzionok bombázása túl kicsiny töltőgáznyomás esetén néhány száz óra alatt teljesen tönkreteszi a katódokat. A néhány Hg-mm nyomású nemesgáztöltés, pl. argon, fékezi a higanyionokat, és emellett csökkenti az emissziós hőfokon a katód emittáló anyagának elpárolgási sebességét. Emellett a töltőgáz teszi lehetővé a fénycsőnek szobahőfokon való begyűjtését is. Normális hőfokon ugyanis az elektron szabad úthossza a higanygőzökre vonatkoztatva olyan nagy, hogy az ütközés valószínűsége elhanyagolható, így nem jöhet még létre a higanyatomok gerjesztése, vagy éppen ionizálása. Ezen segít a néhány Hg-mm nyomású nemesgáz. A töltőgáz nyomását úgy kell választani, hogy szobahőfokon vagy ez alatt a gyűjtés könnyen megtörténhessék, és emellett a katódbevonat bombázását és párolgását kellőképpen csökkentse.



Kompromisszumra van tehát szükség: szobahőfokon használt fénycsövekben az optimális nyomás argon használatakor kb. 3 Hg-mm, míg  $-30^{\circ}$ -on is használt fénycsövekben kb. 2 Hg-mm, ami az élettartam rovására megy. Az élettartamnak a töltőgáz nyomásától való függését argonra a 3. ábra mutatja.

LOWRY [6] szerint a töltőgáz nyomásának növekedtével az élettartam emelkedik ugyan, de az emelkedés meredeksége csökken. Dr. SZABÓ János [1] eddig nem publikált 1950. évi adatai szerint ez a meredekség nő. E megállapítással esnek egybe THAYER [2] adatai.



3. ábra. Az élettartam függése a töltőgáz nyomásától

A nyomás növelése az élettartam növelése szempontjából kívánatos, viszont csökkenti a fénycső fényhasznosítását és gyújtáskésztségét. Durva közelítéssel a fénycső élettartama a szokásos töltőgáznyomás határain belül arányos a nyomással.

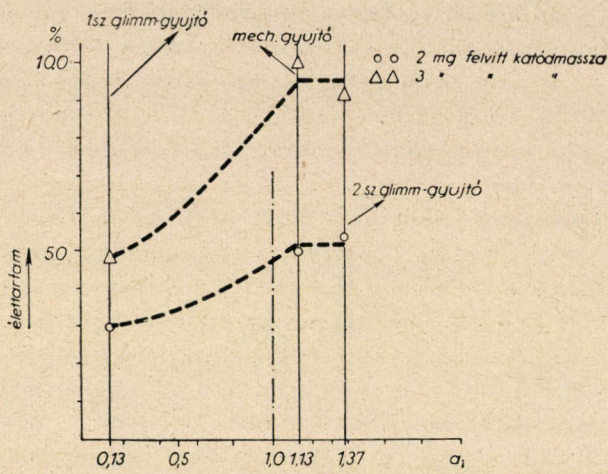
c) *Gyújtó és fénycső összehangoltsága.* A fénycsőkatód kellő ideig történő előfűtése biztosítja azt a megfelelő hőfokot, melyen elegendő elektront emíthet ahhoz, hogy a fénycső végein levő elektródokra adott feszültséglökés hatására meginduló gázkiszülés fennmaradhasson önálló kiszülés alakjában. Ha a szokásos kapcsolásban a fénycsőgyújtó helyét rövidrezárjuk és az áramkörbe helyezett kapcsolót bekapcsoljuk, úgy a fénycső katódjai kb. egy másodperc múlva felmelegsznek a kellő hőfokra és a katód két vége között gázkiszülés indul meg. A bekapcsolástól a gázkiszülés megindulásáig eltelt időt a fénycső „beglimmelési idejé”-nek nevezik. THAYER és BROWNELL [7] megállapították, hogy a duo-kapcsolás kapacitív ágában a gyújtó és az előtét által szolgáltatott nagy feszültséglökés — mely a fénycső beglimmelése előtt jut a fénycsőre — a fénycső élettartamát átlagban kb. 20–30%-kal csökkenti. Az előfűtési idő és fénycső-élettartam közötti összefüggést is megadták.

Megvizsgáltuk a gyújtó és fénycső e szempontból való összehangoltságát [8, 9], különféle gyártmányú fénycső és gyújtó esetére. Azt találtuk, hogy az összehangoltság általában nincsen meg még azonos márkájú fénycsőnél és gyújtónál sem. Ez elsősorban abban mutatkozott, hogy a glimmgyújtó első, megszakítás nélküli zárvatartási ideje általában jóval kisebb volt, mint a fénycső beglimmelési ideje. Ezért a gyújtó sokszor több eredménytelen gyújtási kísérletet végez, mielőtt begyűjtaná a fénycsövet. Az eredménytelen gyújtási kísérletek egyrészt a fénycső villogását okozzák, ami kellemetlen a szemnek, másrészt rongálják a kellően elő nem fűtött katódokat és ezzel csökkentik a fénycső élettartamát. Ennek ismeretében sikerült olyan gyújtót kidolgozni [10], melynek első zárvatartási ideje eléri, sőt a kívánt mértékben túl is haladja a fénycső beglimmelési idejét. E gyújtó, melyet az Egyesült Izzó FG-4 típuszámmal és piros csíkkal megjelölve hozott forgalomba, növeli a villogás nélküli begyűjtés valószínűségét. Időközben WENDT [11] adatai kísérletekkel is alátámasztották, hogy a gyújtó minősége különféle égetési periódusok esetén mennyire befolyásolja a fénycső élettartamát. Ezek az adatok azt mutatják, hogy ha a fénycsőkatódót a gyújtó kevéssé, viszonylag jól, vagy teljesen kifogástalanul fűti elő, úgy például 3 órás égetési periódus esetén — ami megfelel a nemzetközi előírásnak [12] — egymástól lényegesen eltérő fénycső-élettartamot kapott egyazon típusú fénycsöveknél.

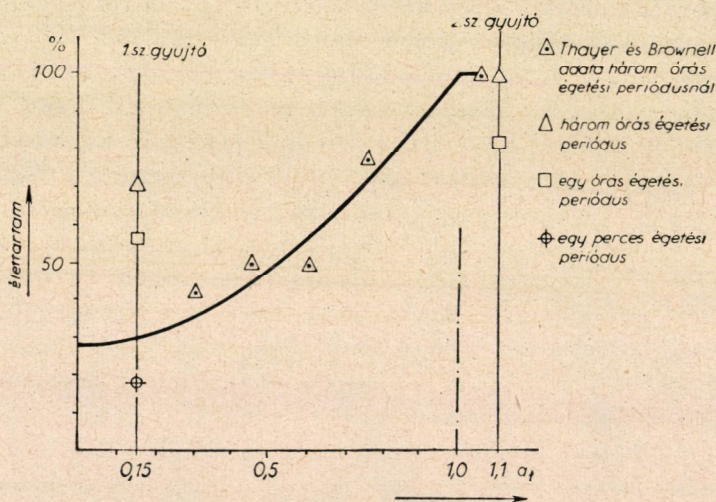
WENDT közlései azonban nem tartalmaztak adatokat arra vonatkozóan, hogy a fénycsőkatódót különböző mértékben hiányosan előfűtő gyújtókat számszerűen mi jellemzi vagy jellemezheti. THAYER és BROWNELL [7] sem tértek ki arra, hogy az általuk vizsgált gyújtók hova esnek a részükről megadott görbén. Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy a fénycsővel előizzítási idő szempontjából különböző mértékben összehangolt gyújtók hogyan befolyásolják a fénycső élettartamát. A vizsgálatok többféle paraméter mellett folytak; az eredményeket a 4–5. ábrák mutatják.

A vizsgálatnál bevezettük a fénycső és gyújtó  $a_i$  „összehangoltsági időtényező”-jének fogalmát;  $a_i = t_2/t_1$ , ahol  $t_1$  a fénycső beglimmelési ideje és  $t_2$  a gyújtó első zárvatartási ideje. Ha ez a tényező 1-nél kisebb, úgy a fénycső nincs eléggé összehangolva a gyújtóval az előfűtési idő szempontjából. A 4. ábrán egyperces égetési periódus mellett feltüntettük a fénycső élettartamának függését az  $a_i$  összehangoltsági tényezőtől, kétféle felvitt katód-massza-súllyal készült 40 W-os fénycsöveknél. A vizsgálatoknál kétféle glimmgyújtót és mechanikai gyújtót használtunk, mely utóbbi 2 mp előizzítási időt biztosított a fénycsöveknek. A vizsgálatnál használt glimmgyújtók első zárvatartási idejének átlaga az 1. sz. glimmgyújtónál  $t_2 = 0,23$  mp, a 2. számúnál  $t_2 = 2,45$  mp volt. Az 1. sz. glimmgyújtó a kereskedelmi forgalomban kapható átlagos minőségű gyújtó volt, a 2. sz. gyújtó pedig az általunk kidolgozott hőkéleltetésű glimmgyújtó [10]. A vizsgált fénycsövek beglimmelési idejének átlaga pedig  $t_1 = 1,78$  mp volt, mindkét csoportban. Egy-egy csoport-





4. ábra. A fénycső élettartama a fénycső és gyújtó  $\alpha_1$  összehangolási időtényezőjének függvényében, egyperces égetési periódusnál, különböző katódmassza-súlyok esetén



5. ábra. A fénycső élettartama az  $\alpha_1$  összehangolási tényező függvényében, különböző égetési periódusoknál

ban 8–10 db fénycső került vizsgálatra. A 4. ábrán jól látható, hogy az egység-nél lényegesen kisebb  $\alpha_1$  összehangolási időtényező esetén mily erősen csökken a fénycső élettartama. Látható az is, hogy a 2. sz. glimmgyújtó és a mechanikai gyújtó alkalmazásakor az élettartamban nincs lényeges különbség, bár a 2. sz. glimmgyújtó valamivel hosszabb első zárvatartási időt adott,



mint a fénycsövek beglimmelési ideje és mint a mechanikai gyújtók kapcsolási ideje. Felmerülhet az a kérdés, hogy ha a katódot a fénycső beglimmelése után tovább fűtjük, nem csökkentjük-e ezzel a fénycső élettartamát. STOYLE és BROWN [27] szerint a túl rövid előfűtési idő meggyorsítja a katódmassza elfogyását, viszont a túl lassú előfűtési idő feleslegesen túlterheli a katódokat, amiért ki kell cserélni az olyan gyújtókat, melyek néhány mp alatt nem gyújtják be a jó fénycsöveket. STOYLEék nem határozzák meg közelebbről, hogy mi az a túl hosszú előfűtési idő, ami a katódokat túlterheli.

Vizsgálataink részben választ adnak arra, hogy a katódok bizonyos ideig való túlterhelése milyen befolyást gyakorol az élettartamra. A 4. ábrán feltüntetett vizsgálati eredményeket átszámolva, az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

A fénycsőkatód túlfűtési idejének befolyása a fénycső élettartamára, egyperces égetési periódusnál és kétféle katódmassza-súlynál. A túlfűtési idő a c.) oszlophoz képest értendő

a	b	c	d	e	f		g	h
					Túlfűtési idő			
					összesen óra	kapcsolá- sonként mp		
Masszasúly átlag mg	Beglimmelési idő átlag mp	Mech. gyújtó kaps. idő mp	2. sz. hőkésl. glimm- gyújtó t <sub>1</sub> mp	Kapcsolások száma				Túlfűtés okozta élettartam változás %
2	1,77	2,0	2,45	40 000	5,00	0,45	+ 8	
3	1,78	2,0	2,44	75 000	9,16	0,44	— 7	

Ha a táblázat szerinti túlfűtési időket és élettartam változásokat összevetjük a 3 órás égetési periódus melletti élettartam adatokkal, úgy a következőket kapjuk: átlagos 7500 órasi élettartamnak 3 óránkénti kapcsolásnál 2500 kapcsolás felel meg. Ha feltételezzük, hogy a katódot minden kapcsolásnál 2 mp-ig fűtjük túl, úgy ez összesen 5000 mp-et tesz ki, ami 1,4 órának felel meg.

Ez az 1,4 óra csak kb. harmada a táblázat f) oszlopában előforduló 5 órasi túlfűtési időnek, mely mellett 8% élettartam növekedés adódott. Ez a szórási határon belül esik, tehát ha nem is szabad azt állítani, hogy a szükségesnél hosszabb előfűtés az élettartamot növeli, a közölt adatok alapján mindenesetre kimondhatjuk, hogy nem csökkenti, vagyis hogy 2 mp kapcsolásonkénti túlfűtés 3 órás égetési periódusnál még nem árt a katódnak. Ez a megállapítás abból a szempontból hasznos, hogy el lehessen dönteni: a fénycső élettartamának növelésére irányuló igyekezetek során a felhasznált gyújtók első zárvatartási idejét hogyan célszerű beállítani. A hőkésltetéses gyújtók első zárvatartási ideje ugyanis bizonyos határok között oszlik meg és olyan gyújtók is előfordulnak, melyek a fénycsövek beglimmelési idejéhez képest 1–2 mp túlfűtési időt adnak. Más kérdés, hogy az ilyen gyújtók gyújtási ideje valamivel hosszabb, mint ami feltétlenül szükséges. Ezért kívánatos

a túlfűtés idejének behatárolása. Az 5. ábrán a kereskedelmi forgalom részére szánt 40 W-os fénycsövekkel, ugyancsak az  $a_t$  összehangoltsági időtényező befolyásának tisztázására folytatott élettartam vizsgálatok eredményeit tüntettük fel. E vizsgálatokat az Egyesült Izzó Lámpavizsgáló Állomásán, azzal karöltve végeztük el [13].

Itt 20 db-os csoportokban 52 mp-es, 50 perces és 160 perces égetési periódussal működtek a fénycsövek, amihez 8 mp-es, 10 perces és 20 perces kikapcsolási idő járult. A felhasznált glimmglyújtók átlagos első rövidzárási ideje az 1. sz. gyújtónál  $t_2 = 0,23$  mp, míg a 2. sz. gyújtónál  $t_2 = 2,0$  mp volt. A felhasznált fénycsövek átlagos beglimmelési ideje kb.  $t_1 = 1,8$  mp volt. Az 5. ábrából látható, hogy a vizsgált fénycsövek élettartamát mennyire befolyásolja az  $a_t$  összehangoltsági tényező. Ugyanezen ábrán feltüntettük még háromórás égetési periódus esetére THAYER és BROWNELL [7] hasonló adatait, megfelelően átszámítva előfűtési időből összehangoltsági időtényezőre. A vizsgálat adatai és THAYERÉK átszámított adatai az  $a_t$ -től való függésre hasonló összefüggéseket mutatnak. Teljes egyezés csak akkor lenne várható, ha ismernők a THAYERÉK részéről észlelt feszültséglökés értékét és az egybesznék a vizsgált gyújtókéval. Hogy a feszültséglökés milyen fontos befolyással van korai gyújtásnál az élettartamra, azt igen szemléltetően mutatja LAKE [23] közlése. Szerinte ugyanis a gyújtó töltőgáznyomásának megfelelő módosításával csökkenthető a duo-kapcsolás kapacitív ágában alkalmazott gyújtó feszültséglökése, és ezzel a korai gyújtás élettartam-csökkentő hatása a korábbi 20–30%-ról 10%-ra mérséklődött.

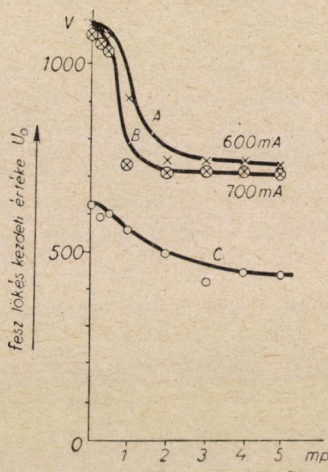
Az 5. ábra szerinti vizsgálatok ismétlésekor, melyet nagyobb darabszám mellett (30–30 db), de csak háromórás égetési periódus esetére az Egyesült Izzó Lámpavizsgáló Állomása végzett el [14], kitűnt, hogy a fénycső katódjainak kellő ideig történő előfűtését biztosító hőkéleltetési glimmglyújtó kb. 33%-kal hosszabbítja meg a fénycső élettartamát. Ugyanekkor a legkorábban kiégő fénycsövek élettartama is nő, sőt mérséklődik a fénycső égetése során mutatkozó fényáram-csökkenés [15] és a fénycsövek begyújtásakor mutatkozó villogások valószínűsége is.

A fénycső és gyújtó összehangoltságához az előfűtési idő összehangoltsága mellett hozzátartoznak a gyújtási feszültséglökés szempontjából való összehangoltság kérdései is [16], ezek között az a kérdés, hogy milyen nagyságú és alakú feszültséglökés szükséges a különböző ideig előfűtött katódú fénycső begyújtásához. Ide vonatkozóan végzett vizsgálataink [17] egyik eredményét a 6. ábra mutatja. E vizsgálatoknál különböző ideig tartó katód-előfűtés mellett exponenciálisan csökkenő feszültséget bocsátottunk a fénycsőre és megkerestük azt a minimális kezdeti  $U_0$  feszültséget, amely mellett a fénycső begyújtása oszcillográfon észlelhető.

A 6. ábrából látható, hogy az előfűtési idő növelésével a begyújtáshoz szükséges feszültség eleinte lassan, majd rohamosan esik; ezután ismét lassul

az esés; a feszültség végül asszimptotikusan közelít meg egy értéket. A feszültséglökés csökkenésének az  $U = U_0 \exp(-t/T)$  egyenlet szerinti  $T$  időállandója az „A” és „B” görbénél  $T = 720 \mu\text{sec.}$ , a „C” görbénél  $T = 81\,000 \mu\text{sec}$  volt. Az utóbbi esetben a feszültséglökés közel négyszög alakúnak vehető.

A 6. ábra „C” görbéjének jellege megegyezik LEMMERS és BROOKS [19] által publikált egyik olyan görbével, melyet gyújtó nélküli fénycsőkapcsolásról írott cikkükben ismertetnek. Megállapítható a 6. ábrából, hogy a gyúj-



6. ábra. Az előfűtött katódú fénycső begyújtásához szükséges feszültséglökés kezdeti  $U_0$  értékének függése az előfűtés idejétől

tóval működtetett fénycső előizzítási idejének csökkentésekor a gyújtáshoz szükséges feszültséglökés rohamosan emelkedik. Ez a tény maga kvalitatíve ugyan ismeretes volt eddig előttünk, de kvantitatíve nem.

A 6. ábrából kivehető, hogy az előfűtési áram nagyságának is része van abban, mennyi előfűtési idő után esik le rohamosan a gyújtáshoz szükséges feszültség.

Ha a gyújtó és fénycső  $a_t$  összehangoltsági időtényezője lényegesen kisebb egynél, úgy nagy feszültséglökést adó gyújtó be is gyújthatja a fénycsövet, még kellő idejű előfűtés nélkül is. Ez azonban a korábban ismertett adatok szerint a fénycső élettartamára nézve káros, amit megerősít DZIERGWA [20] megállapítása is. Ha tehát azt akarjuk, hogy a fénycső minimális feszültséglökéstől gyújtson be, úgy elegendő ideig elő kell fűteni a fénycsövet, a 6. ábra szerinti esetben pl. kb. 2 mp-ig. Ha a gyújtó által szolgáltatott feszültséglökés nagyobb, mint ami az adott idejű előfűtés után szükséges lenne, úgy a gyújtó olyan eredménytelen gyújtási kísérletet is tehet, ami részben a fénycső villogásával járhat [21], részben pedig a fénycső élettartamának csökkenésével jár.



Van olyan törekvés, hogy a gyújtó minél rövidebb idő alatt gyújtsa be a fénycsövet. A begyújtási idő egyrészt a bekapcsolástól a gyújtó első záródásáig eltelt időből, vagyis a gyújtó glimmelési idejéből, másrészt az első záródástól a begyújtásig terjedő időből adódik. A gyújtó glimmelési idejének csökkentése járható út, de a gyújtó első zárvatartási idejének a fénycső beglimmelési ideje alá történő csökkentése csak a fénycső élettartamának rovására vihető keresztül. A fentiekből látható, hogy a fénycső és gyújtó összehangoltsága fontos nemcsak a fénycső élettartama, hanem a szemre káros villogások tekintetében is.

d) *A gyújtások gyakorisága.* A gyújtások gyakoriságát az egy gyújtásra eső égetés idejével szokás jellemezni, amit égetési periódusnak is neveznek. VORLANDER és RADDIN [22], valamint WENDT [11] összefüggést adtak meg az égetési periódus nagysága és a fénycső élettartama között. Ezen összefüggéseket egészíti ki az a vizsgálatunk [13], mely figyelembe veszi a fénycső és gyújtó összehangoltságát jellemző  $a$ , számszerű értékeit is.

E vizsgálat számítási eredménye szerint a WENDT-féle görbéken optimálisnak jelzett gyújtóminőségnek a vizsgálatok során kidolgozott hőkéstetési gyújtó teljesen megfelel (az 5. ábra szerinti 2. sz. gyújtó), melynél  $a_1 = 1,1$ , míg a WENDT-féle közepes minőségű gyújtónak az 5. ábra szerinti 1. sz. gyújtó felel meg, melynél  $a_1 = 0,15$ .

Az elmondottakból is látható az időtényező jelentős befolyása a fénycső élettartamának kialakításában. Lehetőséget ad arra, hogy azzal a WENDT említette különféle glimmgyújtókat jellemezni lehessen, továbbá arra, hogy segítségével következtetni lehessen a gyújtónak a fénycső élettartamára gyakorolt befolyására, figyelembe véve az égetési periódust is.

e) *A gyújtó aszimmetriája.* A glimmgyújtók jelentős része aszimmetrikus kiképzésű, tekintve, hogy bennük lapos bimetall szalag érintkezik henger alakú, de kis átmérőjű, úgynevezett botelektródával. RIXTON [24] és DZIERGWA [20] külön-külön rámutatott, hogy ha a gyújtó áramkörének megszakadásakor a botelektróda negatív polaritású, úgy nagyobb feszültséglökés mutatkozik, mint ellenkező esetben. Ez azzal jár, mint DZIERGWA kifejtette, hogy a fénycső azon katódja megy hamarabb tönkre, amelyik a gyújtó botelektródájával van összekötve. Ez a körülmény jól kifejezésre jutott abban a vizsgálatban, mely a fénycsövek élettartama és katódmassza súlya közti összefüggésre irányult [25]. A vizsgálat egy részénél egyórás égetési periódus mellett kerültek megfigyelés alá olyan fénycsövek, melyek katódjain levő masszásúly előre ismert volt, és amelyek töltőgázának nyomása szűk határok közé esett. A masszásúly mérése a fénycső feltörése nélkül történt THAYER [2] módszerével, mely a katódmassza súlyának a katódok hőtehetetlenségére és ezen keresztül hőfoktól függő ellenállására gyakorolt befolyásán alapszik. A vizsgálatok során nem figyeltük meg azt, hogy a gyújtó botelektródája a fénycső melyik végéhez került. A vizsgálatok eredményéből jól kiadódott,

hogy a gyújtó aszimmetriájának figyelembevételével a katódmassza súlya és a fénycső élettartama között fennáll a lineáris összefüggés, változatlan töltőgaznyomás és adott gyújtóminőség mellett.

f) *A környezet befolyása.* Az eddig említettek általában belsőtéri világításra vonatkoztak. Szabadtéri világításnál számolni kell esetleg  $-30\text{ C}^\circ$ -ig süllyedő környezeti hőmérséklettel és nagy relatív nedvességtartalmú levegővel. Mindezek rontják a fénycső gyújtáskésztségét; ennek ellensúlyozására részben gyújtási segédberendezéseket alkalmaznak, részben csökkentik a fénycső töltőgazának nyomását. Ez utóbbi a fénycső élettartamának csökkenésével jár. Ez a csökkenés mintegy 30%. Ezt viszont a katódok megfelelő kiképzésével lehet kiegyenlíteni. A szabadtéri világításnál különösen fontos, hogy a gyújtási nehézségek miatt jól össze legyen hangolva a fénycső és a gyújtó. Nagyon elterjedt a szabadtéri világításnál a gyújtó nélküli fénycsőkapcsolás, ahol a fénycső katódjait rendszerint külön transzformátorok fűtik elő.

g) *Vizsgálati módszerek.* Az előírások [12] nem szabják meg az élettartam vizsgálathoz alkalmazandó gyújtó típusát és minőségét. Ezért a fénycsővek élettartamáról különböző helyekről közölt adatok az eddigiéek ismeretében csak akkor vethetők jól össze, ha ismerjük az élettartam vizsgálat módszerét a különböző helyeken, beleértve a gyújtók minőségét is.

h) *Gazdaságossági szempontok.* ROBINSON és STRANGE [28] kifejtik, hogy a fénycső és armatúra felületének porosodása következtében bekövetkező fénycsőcsökkenés, valamint egyes fénycsővek korai kiégése hogyan vehető figyelembe azon optimális idő kiszámításakor, melynek elteltével leggazdaságosabb kicserélni a még égő fénycsőveket, nehogy a cseréssel járó karbantartási költség nagyobb legyen, mint a fénycső utánpótlási költségek csökkenése.

A fénycső élettartamának hosszabbítására irányuló törekvések összehasonlításakor arra is figyelemmel kell lenni, hogy ezek a gazdaságosság szempontjából is kielégítőek-e. Pl. — mint ABERGER [29] említi — meg kell nézni, hogy a jobb gyújtó beszerzésének többletköltsége megtérül-e a fénycső utánpótlási költségének csökkenéséből. Azt is számításba kell venni, hogy egyes gyújtótípusok, mint pl. az ún. „thermal-switch”, energiát is fogyasztanak a fénycső égése alatt, ami ellentétes irányban hat a gazdaságosságra, mint a „thermal-switch”-csel elért élettartam hosszabbítás.

Külön ki kell még térni a gyújtó nélküli fénycsőberendezések gazdaságosságának kérdésére is. STURM [26] közléséből azt lehet látni, hogy ezek még nem minden szempontból felelnek meg a követelményeknek.

Azt is megállapítja STURM, hogy a szokványos fénycsővekhez használt gyújtó nélküli berendezések, ha nem is csökkentik a fénycső élettartamát, de növelik annak fogyasztását. Elmondhatjuk, hogy a gyújtóval és anélkül működtetett fénycsőberendezések versenye gazdaságossági szempontból még nem dőlt el és hogy e versenyben a magyar ipar is kivetheti a maga megfelelő részét.

## IRODALOM

1. Dr. SZABÓ János: Egyesült Izzó Kutató oszt. 1950. január 12-i publikálatlan jelentése.
2. R. N. THAYER: Determinants of fluorescent lamp life. *Illuminating Engineering Vol. XLIX.* No—11. (Nov. 1954) p. 527.
3. LOWRY: Thermionic cathodes for fluorescent lamps and their behavior. *Illuminating Engineering. Vol. XLVI.* No. 6. (June 1951) p. 288.
4. LAKATOS GY., FREUD G.-NÉ: HIKI B. L. 13021 sz. 1955. ápr. 2-i publikálatlan jelentés.
5. E. F. LOWRY, E. L. MAGER: Some factors affecting the life and lumen maintenance of fluorescent lamps. *Illuminating Engineering. Vol. XLIV.* No. 2 (Febr. 1949) p. 98.
6. E. F. LOWRY: A study of fluorescent lamp maintenance. *Illuminating Engineering. Vol. XLIII.* No. 2. (Febr. 1948) p. 141.
7. R. N. THAYER, A. BROWNELL: Performance of fluorescent lamps on leading power-factor circuits. *Illuminating Engineering Vol. XLIV.* No. 9 (Sept. 1949) p. 567.
8. LAKATOS GY., WEISZBURG J.: Fénycső és gyújtó összehangolása. *Villamosság 7. évf.* 1959. 1—2. sz. 41. old.
9. SZIGETI GYÖRGY: Fénycsövek gyártásával és fejlesztésével kapcsolatos problémák. *Magyar Tud. Akadémia Műszaki Tud. Oszt. Közl. XX.* kötet 3—4. szám.
10. LAKATOS GY., dr. SZABÓ J., Szigeti Gy., Weiszburg J.: 143.188 sz. magyar szabadalom.
11. M. WENDT: Die Beurteilung der Lebensdauer der Leuchtstofflampen in ihrer Abhängigkeit vom Schalten und Zünder. *Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen der Osram-Gesellschaft.* 6. Band. S. 11.
12. I. E. S. Guide for life performance of fluorescent lamps. *Illuminating Engineering Vol. LI.* No. 8. (Aug. 1956) p. 595.
13. LAKATOS GY.: HIKI B. L. és Egyesült Izzó 1956. máj. 22-i publikálatlan közös jelentése.
14. SIMON BÉLA: Egyesült Izzó L. V. Á. 1958. januári publikálatlan jelentése.
15. WEISZBURG J.: Statistical behavior of glow switches. *Közlés alatt.*
16. SZEMZŐ Imre, Lakatos Gy.: HIKI B. L. 13025 sz. 1955. szept. 1-i publikálatlan jelentése.
17. SZEMZŐ Imre, Lakatos Gy.: HIKI B. L. 130229 sz. 1957. okt. 31-i publikálatlan jelentése.
18. G. S. EVANS: Low temperature performance of krypton-filled fluorescent lamps. *Illuminating Engineering Vol. XLV.* No. 3. (March 1950) p. 175.
19. A. E. LEMMERS and W. W. BROOKS: New fluorescent lamp and ballast design for rapid starting. *Illuminating Engineering Vol. XLVII.* No. 11. p. 589.
20. DZIERGWA: Über den Spannungsstoss von Glimmzündern. *Technischwissenschaftliche Abhandlungen der Osram-Gesellschaft,* 6. Band. S. 6.
21. Közlésre vár.
22. F. I. VORLANDER and E. H. RADDIN: The effect of operating cycles on fluorescent lamp performance. *Illuminating Engineering Vol. XLV.* No. 1. p. 21. (January 1950).
23. W. H. LAKE: Glow starter design and fluorescent lamp life. *Illuminating Engineering Vol. LI.* No. 10 (October 1956) p. 689.
24. F. H. RIXTON: Glow switch transients for starting fluorescent lamps. *Illuminating Engineering. Vol. XLVI.* No. 1. (Jan. 1951) p. 21.
25. LAKATOS GY.: HIKI B. L. 13023 sz. 1956. aug. 21-i publikálatlan jelentése.
26. STURM: Stand und Entwicklung Starterloser Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen. *Lichttechnik,* März 1958. S. 109.
27. STOYLE and BROWN: Fluorescent tube guide. *Light and Lighting* Dec. 1957. p. 374.
28. The economics of planned lighting maintenance; *Electrical Journal* 13. May 1955. p. 1539. (W. Robinson és I. W. Strange tanulmánya után.)
29. ABERGER: Über den Einfluß der Starter auf die Lebensdauer der Niederspannungs Leuchtstofflampen mit vorgeheizten Elektroden. *Lichttechnik,* Juni 1957. S. 314.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A fénycsövek élettartamát és gyújtáskésztségét befolyásoló tényezők vizsgálatának itt ismertetett eredményei jól egyeznek az irodalomban közzétett eredményekkel és azokat néhány területen kiegészítik. A fénycsövek és gyújtók hazai fejlesztésénél és gyártásánál a vizsgálatok eredményeit túlnyomórészt fel is használták, ami hozzájárult ahhoz, hogy a hazai gyártású fénycsövek élettartama megfeleljen a kül- és belkereskedelem fokozódó igényeinek.

A fejlődés iránya megkívánja többek között, hogy a fénycsövek élettartamának szórása tovább csökkenjen, valamint, hogy a gyújtóval és anélkül működtetett fénycső-



berendezések versenyében tovább javítsuk a fénycső és gyújtó összehangoltságát, a gyújtási idő egyidejű lerövidítése mellett.

Szerző köszönetet mond WEISZBURG János és SZEMZŐ Imre tud. munkatársaknak a vizsgálatokhoz szükséges berendezések tervezéséért és a vizsgálatokban való közreműködésért, FREUD Gézáné tud. segédmunkatársnak, RYNDÁK Mária technikusnak, ZACHÁR István és MOLENDÁ Ilona intézeti mechanikusoknak a vizsgálatok elvégzéséért; SZICETI György akadémikusnak, dr. NAGY Elemér professzornak, dr. SZABÓ János tud. oszt. vezetőnek és KLATSMÁNYI Árpád egyet. docensnek a vizsgálatok kitűzése, elvégzése és értékelése során adott értékes tanácsaikért.

Szerző külön köszönetét fejezi ki az Egyesült Izzó vezetőségének az élettartam vizsgálatok elvégzésének lehetővé tételéért; dr. MOLNÁR József labor. vezetőnek az élettartam vizsgálatokhoz szükséges fénycsövek egy részének rendelkezésre bocsátásáért és az Egyesült Izzó Lámpavizsgáló Állomása dolgozóinak az élettartam vizsgálatok egy részének elvégzéséért.



# ELEKTROLITOS KONDENZÁTOROK TÖMEGGYÁRTÁSA\*

CZEGLÉDY KÁROLY

MECHANIKAI MŰVEK

Az elektrolitos kondenzátorok méreteinek csökkentése és az élettartam növelése a gyártásban felhasznált anyagok tisztaságától, az elektrolitok összetételétől és a gyártási eljárástól függ.

Az elektrolitos kondenzátorok dielektrikuma az anódszalagon elektrolitikusan kialakított oxidréteg. Fém-szennyeződések következtében az oxidrétegen vezető pontok maradnak, melyeknek száma és nagysága befolyásolja az átvezetési áramot. Legveszélyesebbek azok a jelenségek, amelyek csak hosszabb idő elteltével jelentkeznek, ilyen a korrózió. Igen nagy vasszennyeződés esetén az alumíniumoxidréteg elektrokinetikai potenciálja megváltozik, aminek következtében az oxidréteg leválhat. A jó minőségű alumíniumszalag szennyező anyaga vasból max 0,005%, szilíciumból vassal együtt max 0,01% lehet, réz nyomokban engedhető meg.

Nagy jelentőségű az alumíniumszalag kristálystruktúrája és kristályorientációja. A nagykristályos szalag oxidrétege keményebb, törékenyebb, mint a finomkristályosé. A jó alumíniumszalag krisztalit mérete 0,5–2  $\mu$ . Helyesen az alumíniumszalagot két irányban kell hengerelni homogén kristályorientáció elérése végett. A szalag hengerlésekor olyan kenőanyagokat kell használni, amelyek eltávolíthatók, pl. illóolajok. Lényeges, hogy a katódszalag felületén ne legyen vastag az előállításnál keletkező oxidréteg.

A vegyi anyagokkal szemben szintén szigorú tisztasági követelményeket támasztunk. Legkárosabb szennyeződések a klórion, a szulfácion és a nehézfémek. Klórion szennyezés esetleg csak bizonyos idő elteltével, a klórion tartalomtól függően kisebb-nagyobb roncsolást okozhat. Kisebbszennyeződés az átvezetési áramot növeli meg, később a kondenzátor átütéséhez vezet. A szulfácion szennyezés szintén roncsoló hatást fejt ki az alumíniumoxidrétegen. A nehézfém szennyeződések az oxid felületére rakódva jól vezető szigeteket képeznek, és rontják az oxidréteg átütési szilárdságát is. Csak olyan vegyi anyagok használhatók fel, amelyeknek főbb szennyező anyag tartalma kisebb mint pl. 0,0001% klór, 0,0005% szulfát, 0,0005% nehézfém.

\* Az előadás kivonata.



Az anódfólia felülete mechanikai durvítással, vegyi maratással, elektrokémiai maratással, fémszórással és fémszövet készíttéssel növelhető. Vegymarásra majdnem kizárólag sósavat vagy keverékét használják. Legjobbnak bizonyult az a fürdő, amely 10—12% sósavat és 8—10% alumíniumkloridot tartalmaz. Kémiai maratással megfelelő alumíniumszalagon max 6-szoros felület érhető el, de biztonságból 4—5-szörös felülettel megelégszenek.

Az egyenárammal előállított alumíniumoxidréteg szelephatást mutat. A záróirányban átfolyó áram nagysága a tisztaságtól és az oxidáló feszültség nagyságától függ. A nagyfeszültségű rétegnél előoxidálást is lehet alkalmazni a stabilitás növelése és az átvezetési áram csökkentése céljából. Az előoxidálás általában a nagyfeszültségű kondenzátoroknál előnyös, de mindenképpen ajánlatos a 450/500 V és 500/550 V kondenzátoroknál. Az előoxidált fóliával készült kondenzátorok 60 C°-on mért átvezetési árama jóval kisebb, mint az előoxidálás nélküli kondenzátoroké.

Az üzemi elektrolitok többnyire savas jellegűek. Ennélfogva több hónapos tárolás után az elektrolitnak az oxidrétegre gyakorolt oldóhatása folytán az átvezetési áram megnő. Újabb formálással az eredeti helyzet visszaállítható. Hat vagy annál több hónapig tárolt kondenzátor csak előzetes vizsgálat vagy formálás után szerelhető be.

Az elektrolit kondenzátor kapacitása erősen feszültségfüggő. Nem tapasztalható nagy eltérés akkor, ha a mérőfeszültség 2 V vagy annál kisebb.

Az előadó ismertette a különböző technológiai eljárásokat, párhuzamot vont a sztatikus és dinamikus marató és oxidáló eljárások között, ismertette azoknak gazdasági kihatását. Végül a felhasználók szempontjából néhány fontos paramétert ismertetett, amelyek jellemzők a kondenzátor élettartamára.

Az előadáshoz hozzászólt ISTVÁNYFI Edvin, BRÁDA Ferenc, KATONA János, KOVÁCS Gyula és LUDÁNYI József.

# AZ EGY- ÉS TÖBBKOMPONENSŰ KRISTÁLYOS SZÉNRETEGELLENÁLLÁSOK KUTATÁSA

(KRISTÁLYSZÉN- ÉS BÓRKARBONELLENÁLLÁSOK)

NEUHOF SUSKI LÁSZLÓ

HÍRADÁSTECHNIKAI IPARI KUTATÓ INTÉZET

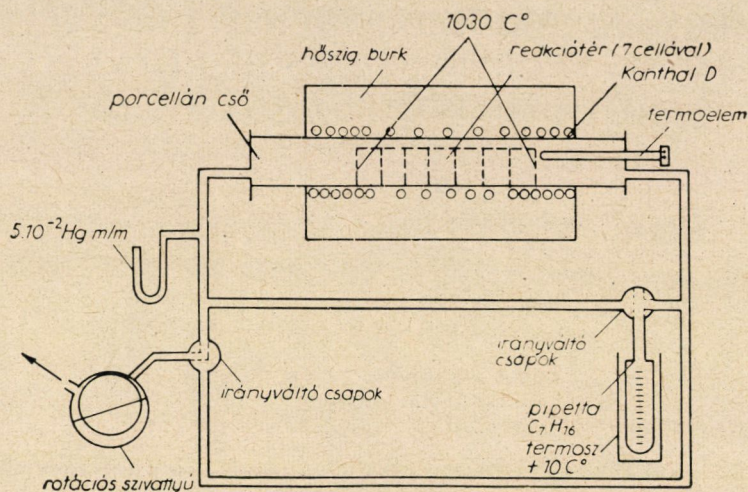
## Bevezetés

Ellenállások tömeggyártására alkalmas, olcsó, nagy fajlagos ellenállású anyagot a félvezető elemek és vegyületek közt találunk. A huzalellenállás alkalmazásának határt szab ellenállásértékével egyre növekvő mérete és ára, a fémrétegelLENállás alkalmazásának pedig drága volta. A félvezető elemek a MENDELEJEV-féle periódusos rendszerben a fémek és nem fémek közt foglalnak helyet a III/a oszloptól a VII/a oszlopig, a bőrt a wolframmal összekötő ferde vonal mentén [1]. Tizenkét elem tartozik ide: B, C, Si, Ge, szürke Sn, fekete P, As, Sb, S, Se, Te, J. Közülük az egyik legjobban használható a szén, mellyel az egykomponensű kristályos szénrétegelLENállás készül [2]. Újabban a kristályos szén rácsába bőrt építünk be, ezzel tulajdonságait lényegesen megváltoztattuk [3]. A bórkarbonellenállás kétkomponensű. Egyéb komponensekkel az ellenállás tulajdonságait tovább variálhatjuk.

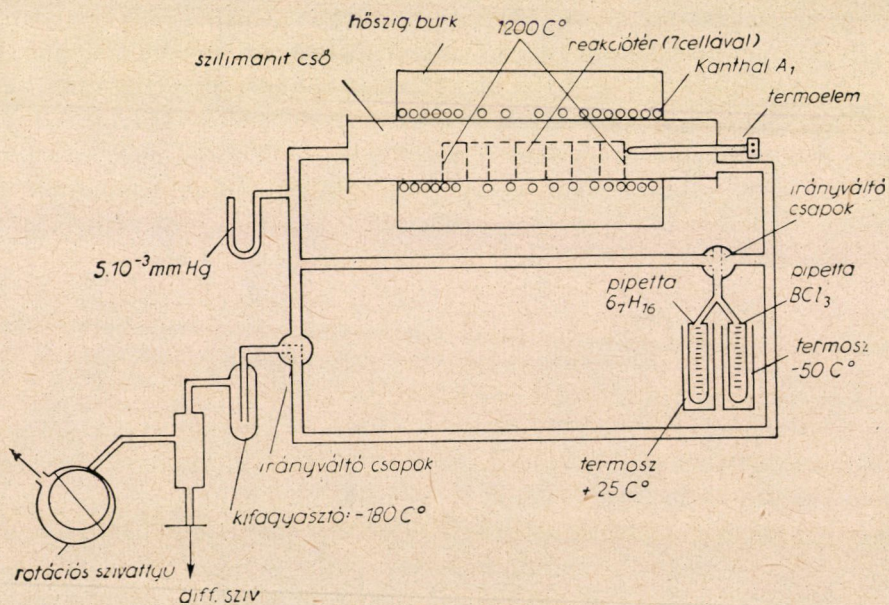
Egyik feladatunk a DIN 41.400 sz. szabvány 05 osztályának megfelelő nagy pontosságú kristályos szénréteg műszerellenállás kidolgozása volt. Ennek értékváltozása a névleges terhelés felének hatására  $5000^h$  alatt max  $\pm 0,4\%$ ,  $5000^h$  raktározáskor max  $\pm 0,1\%$  lehet. Másik feladatunk az 5 osztályú (rádióminőségű) bórkarbonellenállás kutatása volt. Ennél a terhelési és raktározási értékváltozás összege max  $\pm 5\%$  lehet.

## Előállítás. Krakkolási paraméterek

Kristályos szénréteget folyékony és illó széntartalmú vegyületek, első sorban szénhidrogének pirolízisével vagy krakkolásával krakkolókemencében (1a ábra) állítunk elő  $1000\text{ C}^\circ$  körül. Ez villamos fűtésű, nagyméretű, vákuumbiztos porceláncső, melynek közepét (reakciótér) porcelán ellenállástestekkel töltjük meg. A csövet evakuáljuk és felfűtjük. Az izzó térbe szívattuk a krakkolóanyag gőzét. Ez az izzó porcelánokon bomlást szenved, és a hordozótestek felületén kialakul a kristályos szénréteg. Az adag egyenletessége szem-



1a. ábra. A nagypontosságú kristályszénréteg műszerellenállás krakkolóberendezésének elvi vázlata



1b. ábra. A bórkarbonellenállás krakkolóberendezésének elvi vázlata



pontjából a gőzt váltakozva, a csőnek hol az egyik, hol a másik végén, egyenlő mennyiségben szoktuk beszívni.

A bórkarbonellenállások krakkolókemencéje (1b ábra) abban különbözik az előzőtől, hogy nagyobb hőmérsékletet bíró szilimanitcsövet alkalmazunk, mert a krakkolás 1200 C°-on történik. A szénhidrogéneken kívül egy folyékony és illó bórvegyület is szükséges, ezért két pipettát használunk. A két anyag gőzét egyszerre szívatjuk be és egyidejűleg krakkoljuk. Mint-hogy jó minőségű réteg keletkezéséhez az előzőnél nagyobb vákuum szükséges, diffúziós szivattyút iktatunk közbe. A krakkolás során sósav is keletkezik, ezért a diffúziós szivattyú elé cseppfolyós levegővel hűtött kifagyasztópalackot teszünk.

A nyers ellenállások végeit kontaktozzuk és fémkivezetéssel látjuk el. Ezek ohmértéke egyrészt különböző, másrészt csak bizonyos határok között változtatható a krakkolóanyag mennyiségével. Ezért azonos értékű, vagy nagy ellenállás elérése céljából a réteget a porcelán hengerfelületén csigavonalban felköszörüljük, így a keresztmetszetet csökkentve s a hosszát növelve, a rétegből spirális szalagot készítünk. Ezzel az alapérték 10—1000-szeresét állíthatjuk elő. A réteget végül lakkbevonattal védjük a külső hatásoktól.

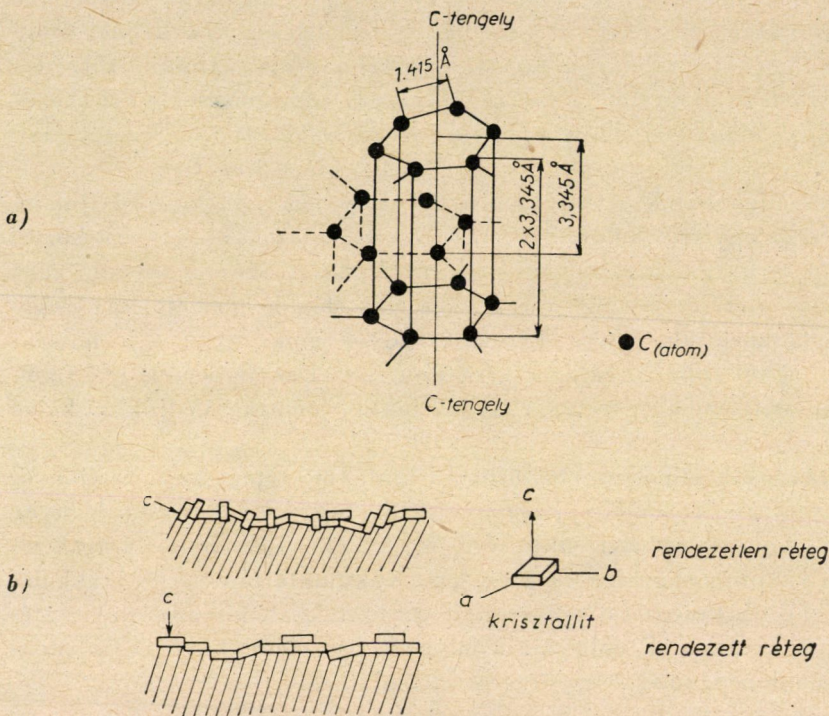
Az ellenállások minősége elsősorban a kialakuló réteg szerkezetétől, ez pedig a következő krakkolási paramétereiktől függ: 1. A krakkolóanyag minősége, 2. A hordozótestek minősége, 3. Az ellenállás helye a reakció-térben, 4. A vákuum nagysága és a rendszer vákuumtartása, 5. A krakkolás hőmérséklete, 6. A krakkolási sebesség, 7. Az elkrakkolt anyagmennyiség és a komponensek aránya. E dolgozat a fősorolt paramétereknek és az ellenállásréteg tulajdonságainak összefüggésével foglalkozik.

### A kristályos szénrétegek struktúrája és textúrája

A kristályos szénréteg a röntgendiffrakciós, elektrondiffrakciós és elektronmikroszkópos vizsgálatok szerint szénkrisztallitok halmaza, ezek struktúrája hasonlít a grafitéhoz [4, 5, 6, 7].

A grafit a hexagonális kristályrendszerben a dihexagonális bipiramisos osztályban kristályosodik hatszöges táblákban. Kristályrácsában (2a ábra) 6—6 szénatom egy hatszöges oszlop 6—6 csúcsán helyezkedik el, ezek alkotják az oszlop alap- és fedőlapját, az elemi bázissíkokat, amelyekből a makroszkópos grafitkristály valóságos geometriai határlapjai, a bázislapok alakulnak ki. A bázissíkok középpontját összekötő egyenes a kristálytani C-tengely. Két elemi bázissík közt távolságuk felezősíkjában, félperiódussal eltolva egy másik hatszöges réteg helyezkedik el úgy, hogy ennek középpontja és az oszlop két szemben fekvő csúcsán levő két szénatom középpontja egy egyenesbe

esik. Ha ezeket az elemi rácscsíkokat saját síkjukban, a rétegek számát pedig a C-tengely irányában megsokszorozzuk, megkapjuk a makroszkópos grafitkristályt. Ez tipikus rétegekristály. A szénatomok a bázis síkjában kovalens (homöopoláros) kötéssel kapcsolódnak 3 szomszédjukhoz. A szén 4 valenciáelektronja (2 s és 2 p) közül hármát igénybevesz a kémiai kötés. Ezek



2. ábra. A kristályos szénréteg szerkezete; a) a grafit kristályrácsa (struktúra); b) a kristallitok elrendeződése (textúra)

$\sigma$ -kötések. A  $p$  alcsoport ezáltal annyira fellazul, hogy a negyedik, „szabad” ( $2p$ ) elektron  $\pi$ -kötést létesít, azaz közös lesz, és a rács megfelelő zónáiban csaknem szabadon mozdul el. Azaz az összes negyedik elektron — elemi bázissíkonként két  $2p$  elektron, két  $\pi$ -kötéssel — az egész bázissíkhöz tartozik fémes kötés jellegét adva neki, tehát a grafitkristály a bázis mentén fémesen vezet. A szénatomok távolsága a bázis síkjában 1,415 Å. Az egyes rétegeket a kovalens kötés erőinél nagyságrendileg kisebb Van der Waals-erők tartják össze, melyek a távolsággal rohamosan csökkennek. Az egyes rétegek távolsága 3,345 Å, többszöröse a bázissíkon levő atomok távolságának. A C-tengely irányában tehát a grafitkristálynak igen nagy az ellenállása. Ez a magyarázata annak is, hogy a grafitkristály keménysége a két irányban különböző, a bázis irányában mért keménység tized-

része a C-tengely irányában mért keménységnek, továbbá, hogy a rétegek kis erők hatására elcsúsznak egymáson a bázissal párhuzamosan, azaz a grafit a bázis szerint kitűnően hasad.

A kristályszénnek grafit típusú rácsa van, elemi cellája azonban deformálódott a természetes grafitrácsához képest. A bázis síkjában az atomok távolsága kisebb: 1,398 Å, a rétegek távolsága viszont nagyobb: 3,59 Å. A kristályos szén elemi hatszöges oszlopai tehát karecsúbbak a természetes grafitrács oszlopainál. Ez magyarázza meg, hogy a kristályszén tulajdonságai eltérnek a grafitétől, keménysége pl. a C-tengely irányában nagyobb (1. táblázat) [5, 6, 7, 8].

1. táblázat

A grafit, a kristályos szén és a bórkarbon tulajdonságai

Tulajdonságok	Egység	Grafit egykristály Bázis-sík	Kristályos szén	Polikristályos grafit	Grafit egykristály C-tengely	Bórkarbon
Keletkezési hőmérséklet	C°	>2000	1000	—	>2000	1200
Fajlagos ellenállás: $\rho$	$10^{-4} \Omega \text{ cm}$	0,39	10—30	<75	~ 4000	2
Ellenállás hőmérsékleti együtthatója: $T_k$	$10^{-4} \text{ C}^{-1}$	$\begin{matrix} +40 \\ (0-18 \text{ C}^\circ) \\ +20 \\ (18-100 \text{ C}^\circ) \end{matrix}$	-1,8-től -6-ig	-10	- 400	-0,5, -1,8
Lineáris hőkiterjedési együttható	$10^{-6} \text{ C}^{-1}$	1,2	6,5—7,0	7,5	26	—
Sűrűség	$\text{g cm}^{-3}$	—	2,07	2,26	—	—
Keménység	Mohs szerint	> 0,5	9,8	0,5—1,0	~ 6,5	—
Hővezetőképesség	$\text{W cm}^2/\text{cm/C}^\circ$	> 4,0	0,08	0,4	~ 0,8	—
Hővezetőképesség hőmérsékleti együtthatója	$\text{C}^{-1}$	~ -0,005	-0,007	-0,0011	—	—
Wiedemann—Franz állandó	$[\text{W} \Omega \text{ C}^{-1}] \cdot 10^4$	1,6	1,1	3,2	~ 80	—
Oxidálódási hőmérséklet alsó határa	C°	—	300—400	—	—	700—800
Oxidálhatóság	viszonylagos	17	—	—	1	—



A kristályszen kristallitjai nem helyezkednek el szabályszerűen, többé-kevésbé rendezetlen halmazt alkotnak (2b ábra, 1. táblázat) [5, 6, 7, 8, 9]. Ezt a textúrát MIKLASEVSKIJ és USZPANSZKAJA, továbbá GRISDALE tanulmányozták elektrondiffrakciós és Debye—Scherrer-diagramok alapján. A 2b ábrából látható, hogy az elektromos vezetőképesség annál nagyobb, minél rendezettebb a réteg, azaz minél több a C-tengelyével a hordozófelületre merőleges kristallit, minél több tehát az érintkezés a fémes vezetés irányában. Látható az is, hogy a vezetőképesség és a többi elektromos tulajdonság a kristallitok méretétől is függ, mert nagyobb méret esetén kevesebb a hosszegységre eső kontaktusok száma. A kristallitok átlagos mérete 25 Å, azaz mikroszkóppal már nem látható, de az atomi méreteknél nagyobb, szubmikroszkópos (kolloid) méretek tartományába tartoznak, a réteg tehát szubmikroszkópos diszperz rendszer. Függenek az ellenállás tulajdonságai az érintkező kristallitok határfelületének minőségétől és a réteg vastagságától is. A rétegvastagság 1 m $\mu$ -tól 10  $\mu$ -ig terjed a használatos ellenállásoknál, azaz a vékony rétegek tartományába esik, kolloid difform rendszert alkot.

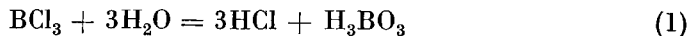
Összefoglalva, a főntebb felsorolt krakkolási paraméterek a réteg következő jellemzőit szabják meg: a kristallitok rácsszerkezetét, a kristallitok átlagos méretét, a kristallitok rendezettségét, a kristallitok határfelületének minőségét, a réteg vastagságát s az itt felsorolt rétegjellemzők értékének statisztikai szórását [10]. Ezekről függenek az ellenállás fizikai, fizikai-kémiai és villamos tulajdonságai.

## A krakkolási paraméterek hatása az ellenállásréteg tulajdonságaira

### 1. A krakkolóanyag minősége

Kristályszenréteg előállítására a heptán látszott legalkalmasabbnak [11]. Kísérleteztünk ezenkívül petroléterrel, benzinnel, izooktánnal, benzollal, etanollal. A különféle krakkolóanyagok bomlási folyamatai és reakciójuk kinetikája más és más. Ettől függően várható, hogy a keletkező rétegek struktúrája és textúrája különböző lesz, sőt a különféle bomlatlanul maradt szénhidrogényök folytán a kristallit-határfelületek minősége is. Az ilyen szennyezések a bázissíkon elektronmegkötőként szerepelhetnek. Érthető ezért, hogy a krakkolóanyag minősége az elektromos tulajdonságokat befolyásolja. A legjobb villamos tulajdonságokat és stabilitást eddig normál heptánnal értük el.

Bórkarbonréteg előállításához n-heptánt és bórtrikloridot használtunk [3]. A bórtriklorid + 18 C°-on forró folyadék, ezért tenziójának csökkentése végett erőteljes hűtéséről kell gondoskodnunk. Nedvesség hatására az alábbi egyenlet szerint bomlik:



Észrevehető termikus disszociációt 1200 C°-ig nem észleltünk. A bór mégis beépül a kristályszén rácsába, mert a heptán bomlásakor keletkező nascens hidrogén kiredukálja. A  $\text{BCl}_3$  alkalmazása a reakciót lényegesen megváltoztatja, ez a hatása észrevehető a kifagyasztott termékeknél, a réteg szerkezetében és a villamos jellemzőkben is. A bór a szénnel nem alkot vegyületet a rétegben, mert súlyaránya semmilyen stöchiometriai viszonyoknak nem felel meg és a  $\text{BCl}_3$  koncentrációjával, a krakkolás hőmérsékletével, valamint a vákuum (nyomás) nagyságával folytonosan változtatható.

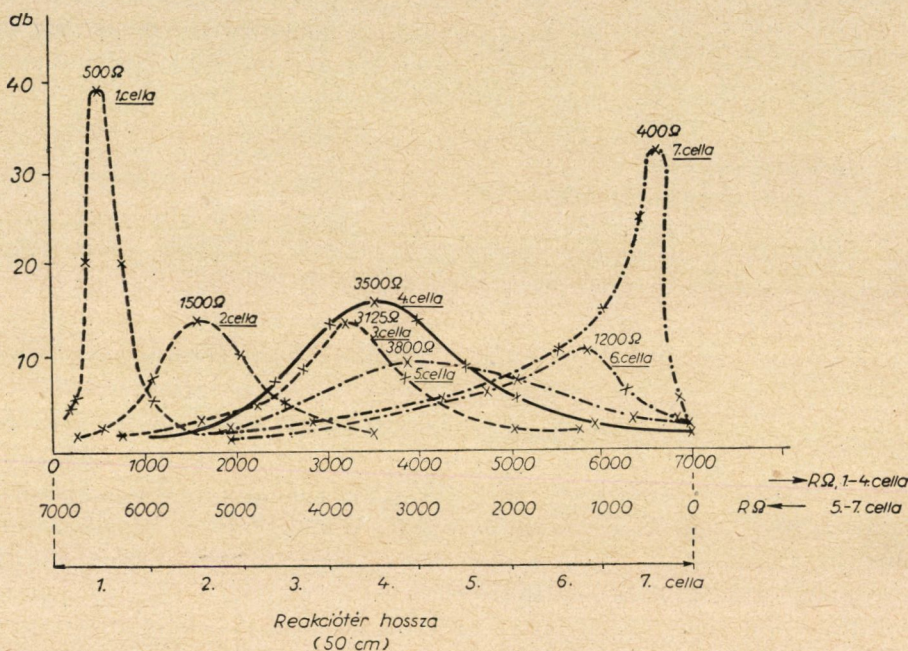
## 2. A hordozótestek minősége

A réteg tulajdonságait az ellenállástest felületének morfológiája, anyagi minősége és ettől függően lágypontja, szigetelési ellenállása, ennek hőmérsékleti együtthatója és a lineáris hőtágulási együttható befolyásolja [6, 12]. A felület szerkezetét köszörüléssel, fluorsavas marással vagy homokolással lehet kialakítani. Megnövelt felületen, egyébként azonos körülmények között, vastagabb réteget (kisebb ellenállást) kapunk. Ez is egyik bizonyítéka annak, hogy a krakkolási folyamat az izzó felületen lezajló heterogén reakció [16]. Bár az igen vastag (10  $\mu$ ) réteg megfelelő tapadását a felület durvításával kell biztosítanunk, ez az egyenletesség és rendezettség rovására történik. A hordozó anyagi minősége, kerámiák esetében, a réteg kialakulását és tapadását nem befolyásolja lényegesen, a villamos terhelés alatti stabilitást annál inkább. Az ellenállás hőmérsékleti együtthatója, a  $T_k$  nagymértékben függ a hőtágulási együtthatótól. Fontos, hogy értéke közel essék a kristályszén hőtágulási együtthatójához. Kísérleteinknél a porcelánok hőtágulási együtthatója 3,1–4,6 · 10<sup>-6</sup>/C° volt, valamivel kisebb a kristályos szénénél és a  $T_k$  mérések szerint a bórkarbonénál is.

## 3. Az ellenállás helye a reakcióterben

Ha a reakcióterben (1. ábra) a porcelánokat hét egyenlő részre, hét „cellába” osztjuk és az ellenállásokat cellánként mérjük, a 3. ábrát kapjuk. Ez az ellenállások darabszámának értékük szerinti eloszlását tünteti fel cellánként (és megmagyarázza egyben az egy krakkolás ellenállás-eloszlásgörbéjén mutatkozó két maximumot is). A reakcióter két végén az ellenállásérték kisebb, mint a közepén. A maximum nagy és éles, ebbe az aránylag szűk értéktartományba sok darab esik, viszonylag kis szórással. A reakcióter közepe felé az ellenállás nő, de az eloszlásgörbék maximumai kisebbednek és széthúzódnak, a szórás az előzőnél nagyobb. Ennek az a magyarázata, hogy az első és utolsó cellára bomlatlan krakkolóanyag jut nagy koncentrációban. A bomlás sebessége itt nagy, ezért a krakkolóanyag koncentrációja

a szélső cellák után rohamosan csökken. A reakciótér közepe felé haladva a koncentráció tovább csökken, de gradiense kisebb, mint közvetlenül a szélső cellák után. A rétegvastagság tehát a reakciótér közepe felé egyre csökken, az ellenállás nő, ugyanakkor a  $T_k$  abszolút értéke is nő, az ellenállás stabilitása pedig csökken. E változások oka az, hogy a koncentrációgradiens következtében, amihez a pirolitikus reakción kívül a reakciótérbe diffun-



3. ábra. Kristályos szénrétegegenállás eloszlásgörbéi, cellák szerint. Rádióminőség

dáló levegő (oxigén) is hozzájárul (l. 4. pont), megváltozik a cső hosszában a reakció kinetikája is, ami együttjár a krisztallitméret, a határfelületek és rendezettség változásával.

Fokozottabb mértékben jelentkeznek ez a bórkarbonrétegnél. Itt ugyanis a bórkoncentrációnak — mint elsőrendű meghatározó tényezőnek — a csökkenése sokkal nagyobb változást idéz elő. Ezért a villamos tulajdonságok változása a cső hosszában nagyobb mértékű, mint ahogy az a rétegvastagság és a textúra megváltozásából következne.

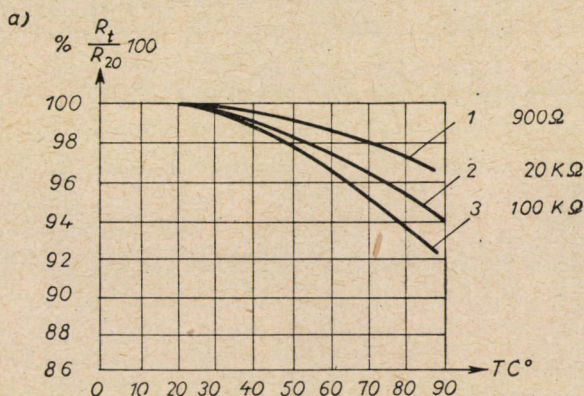
A hőmérsékleti együttható [13, 17] a réteg textúrájára nagyon jellemző. Az egy- és többkomponensű kristályos szénrétegegenállások (és általában a félvezetők) ellenállása a hőmérséklet emelkedésével exponenciálisan csökken:

$$R_T = a \cdot e^{\frac{b}{T}} \quad (2)$$

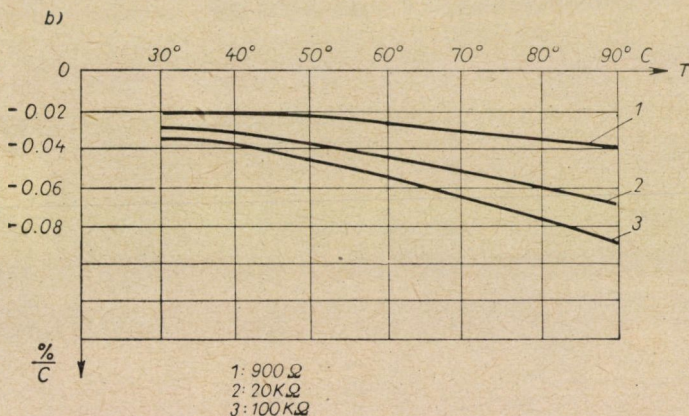


(4a ábra) [17]. Az ellenállás hőmérsékletfüggését a hőmérsékleti együtthatóval jellemezzük:

$$T_k = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} \quad (3)$$



4a. ábra. A kristályszenellenállás százalékos változása a hőmérséklet függvényében. Rádió minőség



4b. ábra. Kristályos szénréteg hőmérsékleti együtthatójának változása a hőmérséklet függvényében. Rádióminőség

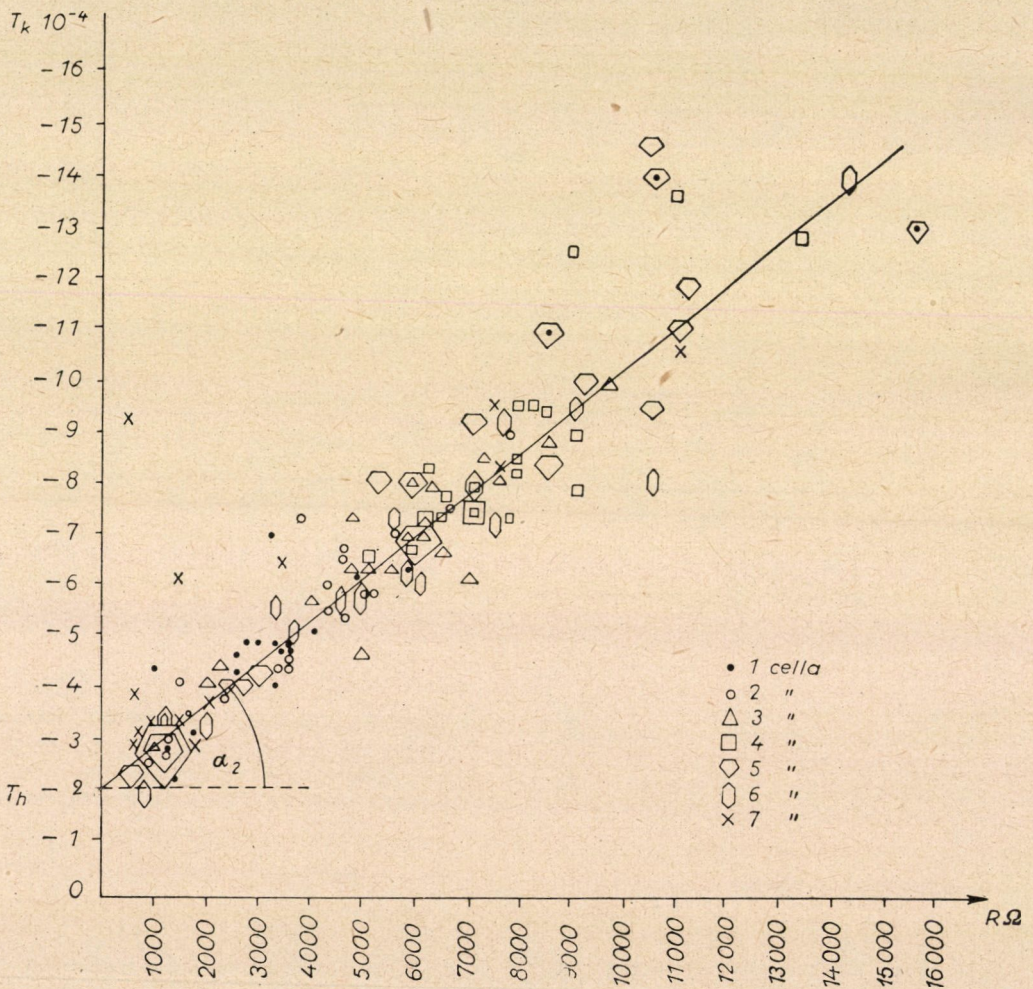
Ez maga sem állandó, a hőmérséklet emelkedésével csökken. (2) és (3) egyenletből:

$$T_k = \frac{1}{R_T} \frac{d}{dT} a e^{\frac{b}{T}} = -\frac{b}{T^2} \quad (4)$$

(4b ábra). A  $T_k$  a réteg struktúrájától és textúrájától is függ, tehát a  $b$  állandó is függvénye ezeknek. (A bőrkarbonrétegnél ezenkívül az összetételtől is függ.) De függ a  $T_k$  a rétegvastagságtól is.



Mindkét hatást jól megvilágítja az 5. ábra. Ebben a hőmérsékleti együtthatókat tüntettük fel az ellenállásérték függvényében, jelezve azt is, hogy melyik cellából származnak. Látható, hogy  $T_k$ -nak egy krakkoláson belül szórása van, ugyanahhoz az ellenállásértékhez különböző  $T_k$ -értékek tartoznak. Ennek két oka lehet. Tegyük föl először, hogy a rétegvastagság azonos. Ekkor ugyanahhoz a vastagsághoz ugyanaz az ellenállás, de különböző  $T_k$ -értékek tartoznának, aminek az lenne a magyarázata, hogy a kristallitok mérete és rendezettsége más és más. Ez azonban ellentmondást tartalmaz, mert ekkor  $T_k$ -nként, a textúrától függően, különbözőeknek kellene lenniök a fajlagos ellenállásoknak is, ami azonos rétegvastagság esetén különböző



5. ábra. Kristályos szénrétegegenállások hőmérsékleti együtthatója az alapohmérték függvényében. Rádióminőség

ellenállást jelent. A jelenség magyarázata tehát csak az lehet, hogy a réteg-vastagságok kissé különbözők, de az ellenállásértékek azonosak, mert fajlagos ellenállásuk textúrájuknak megfelelően más és más, és ennek megfelelően különböznek a  $T_k$ -értékek is. A  $T_k$  tehát függ a fajlagos ellenállástól s mindkettő a réteg textúrájától.

$T_k$  ezenkívül az ábra szerint a  $0,5 \text{ m}\mu$ — $1 \mu$  tartományban, azonos előállítási körülmények mellett, közel lineárisan függ az ellenállástól, azaz a réteg-vastagságtól és a kis ellenállásoknál határértéke van. Erről a következő módon adhatunk számot. Ez az összefüggés azt jelenti, hogy ugyanakkora hőmérséklet-emelkedés hatására a vékonyabb réteg ellenállása százalékosan nagyobb mértékben csökken, mint a vastagabbé. Ez csak a krisztallitok közötti kontaktusok ellenállásának megváltozásából eredhet. Láttuk, hogy a kristályszenréteg hőtágulási együtthatója nagyobb a hordozó porcelánénál. A jó réteg a porcelánra igen jól tapad, mechanikailag le sem választható. Melegedéskor a réteg jobban tágul a porcelánnál, így ez a réteg tágulását akadályozza, a kontaktusok összenyomódnak. Minthogy a kristályszen atomrétegei a bázissal párhuzamosan könnyen elcsúsznak, vastag réteg esetén a hordozófelülettől távoli atomrétegek táguláskor el tudnak csúszni egymáson, a kontaktusok nem nyomódnak össze, csak az alsó rétegekben, ezért a százalékos ellenállásváltozás — tehát a  $T_k$  — kisebb lesz, mint vékony réteg esetén. Ez a bórkarbonrétegnél is bekövetkezik.

A hőzóna, a reakciótér és a krakkolási paraméterek célszerű választásával sikerült az átlagos alapértékszórást kristályszennél  $\pm 30\%$ , az átlagos  $T_k$ -szórást  $\pm 15\%$  alá, bórkarbonnál  $\pm 70\%$  és  $\pm 30\%$  alá csökkentenünk. A többi villamos jellemző szórása is ennek megfelelő.

#### 4. A vákuum nagysága és a rendszer vákuumtartása

A krakkolási folyamatot és a réteg kialakulását nagymértékben befolyásolja a vákuum és a vákuumtartás [19]. A vákuum a szivattyú végvákuumán kívül függ ugyan a rendszer tömítetlenségétől, elsősorban azonban mégis a szívási sebességtől függ. A vákuumnak függvénye a reagáló molekulák közepes szabad úthossza. A vákuumtartás az időegység alatti nyomásnövekedés a szívás megszüntetésekor. Ez méri, hogy mennyi levegő hatol a rendszerbe az időegység alatt, tehát csak a pórusosságtól függ. Ebből kiszámítható, hogy krakkolás közben mennyi levegőt szívunk át a rendszeren. A levegő oxigénje egyenértékű krakkolóanyagot vagy szenet oxidál el a rétegből, sőt a levegőben levő, valamint a reakció során keletkező víz is (vízgáz-reakció:  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ ), és  $\text{CO}_2$  is oxidál (generátorgáz-reakció:  $\text{C} + \text{CO}_2 = 2 \text{CO}$ ) a krakkolás hőmérsékletén. Ezek a bomlási folyamatot is megváltoztatják. Megváltozik ezenkívül a kristályos szén struktúrája is, mert az oxigén beépül a rácssíkok közé és azokat szétfeszíti.



Fokozottabban érvényesülnek ezek a bőrkarbonréteg kialakulásakor. Itt a víz a bórtrikloridot is elbontja (1. egyenlet), az oxigén pedig mind a  $\text{BCl}_3$ -t, mind a már kivált bórt oxidálja a rétegben, a reakciót ezzel a kívánt irányból még jobban eltolja, a réteg bór tartalmát csökkenti, szerkezetét pedig megváltoztatja. A  $\text{B}_2\text{O}_3$ -szennyezés a rétegben pl. teljesen elronthatja az ellenállás nedvességállóságát.

Azt tapasztaltuk, hogy a vákuum romlása a  $T_k$  és a stabilitás romlásában jelentkezik mindkét típusnál. Kristályos szénréteg előállításakor a vákuumnak krakkolás előtt legalább  $5 \cdot 10^{-2}$  Hg-mm-nek, a vákuumtartásnak pedig 0,05 Hg-mm/10 percnél kell lennie. Krakkoláskor a nyomás egy állandó értékig nő a krakkolóanyag tenziója és a bomlástermékként keletkező gázok nyomása következtében. Ennek a stacionér „egyensúlyi” nyomásnak 0,5 Hg-mm alatt kell lennie. Jó bőrkarbonréteg előállításához legalább  $5 \cdot 10^{-3}$  Hg-mm vákuum és 0,1 Hg-mm/30 perc vákuumtartás szükséges. Az egyensúlyi nyomás kísérleteinknél 2 Hg-mm alatt volt. Azt tapasztaltuk, hogy a nyomás csökkenésével a rétegjellemzők javultak, a bőr beépülési aránya pedig nőtt.

### 5. A krakkolás hőmérséklete

A krakkolás hőmérséklete három tényezőt befolyásol, a reakciómechanizmust, a rendezettséget és a bőrbeépülés mértékét.

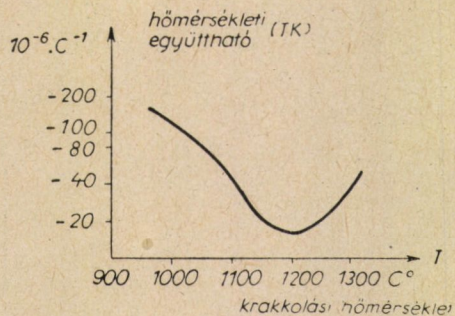
Kristályszen kísérleteinknél tapasztaltuk, hogy  $900^\circ\text{C}$  alatt krakkolva korom és kátrányfélesek keletkeztek a hőmérséklettől függően. Ezenkívül a reakció lefolyása a krisztallit-határfelületek minőségét is alapvetően befolyásolja az ott megkötött, el nem krakkolódott szénhidrogéngyökök folytán. A rendezettség a krakkolás hőmérsékletének függvényében maximumot mutat [8]. A maximális rendezettséget  $990\text{--}1030^\circ\text{C}$  között kaptuk. A maximum elég éles,  $950^\circ\text{C}$  alatt és  $1075^\circ\text{C}$  felett a rendezettség már jelentéktelen. Ezért a krakkolási hőmérsékletnek nem szabad jobban ingadoznia  $\pm 20^\circ\text{C}$ -nál.

A bőrkarbonrétegnél a bőrbeépülés mértéke függ legjobban a hőmérséklettől s  $1200^\circ\text{C}$ -on optimális [14], mert a  $T_k$  és a fajlagos ellenállás itt minimális (6a, c. ábra). A különféle hőmérsékleten készült bőrkarbonellenállások raktározás alatti ellenállásváltozása a 7a ábrán, a stabilitás függése a krakkolási hőmérséklettől pedig a 8. ábrán látható.  $1200^\circ\text{C}$ -on a változás minimális.

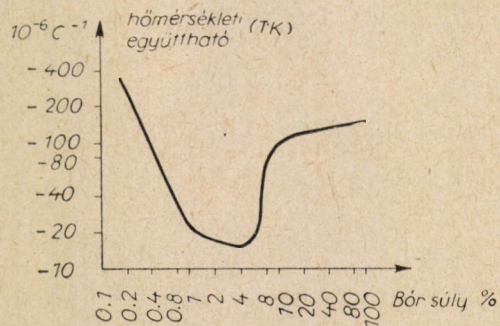
### 6. A krakkolási sebesség

A krakkolási sebesség mértéke az  $1^{\text{h}}$  alatt elkrakkolt anyagmennyiség. Ez befolyásolja a reakciósebességet. A krakkolási sebesség a krakkolóanyag párolgási sebességétől, ez pedig a gőztenziótól függ, és termosztálással állítható be pontosan. A kristályszenréteg képződése szénhidrogénekből részben auto-

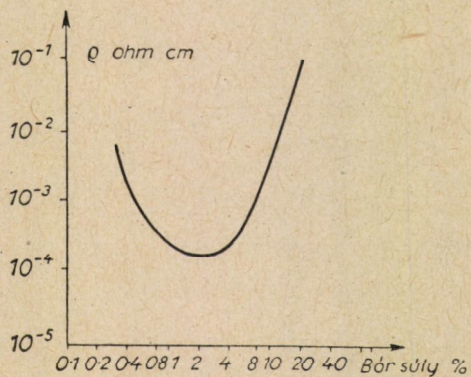
a)



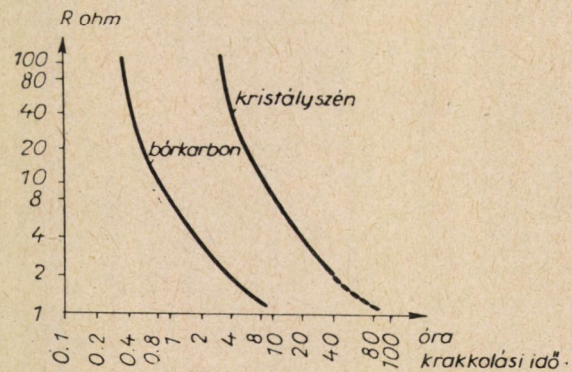
b)



c)

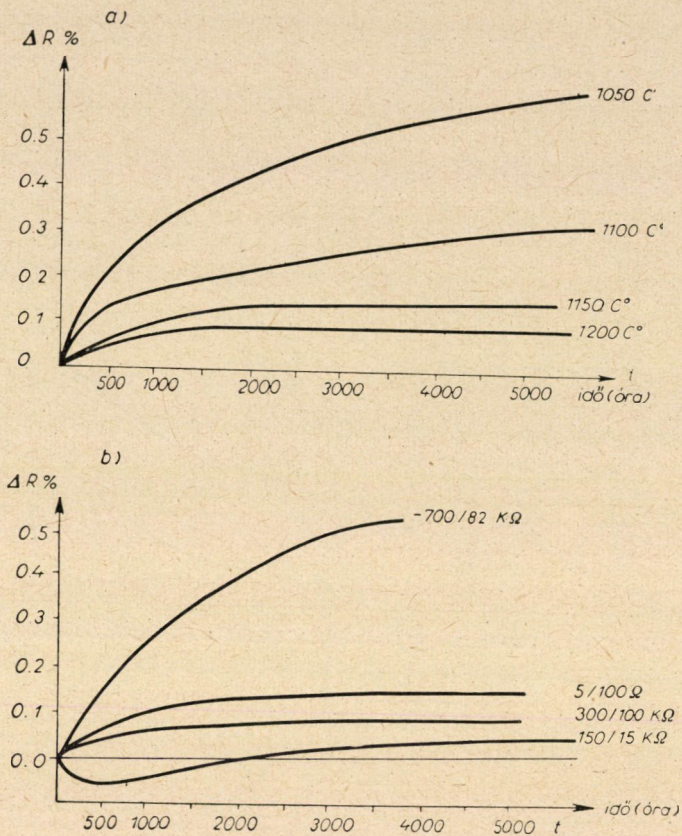


d)



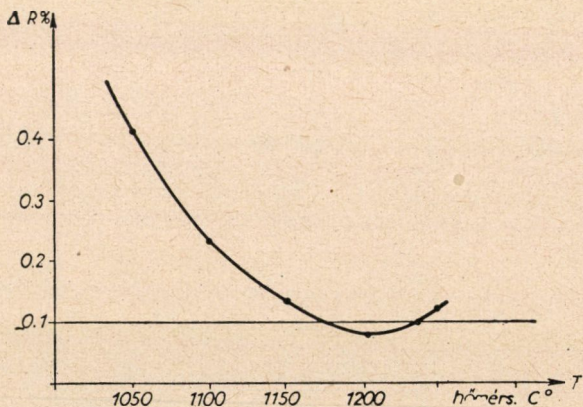
6. ábra. A bórkarbonellenállás krakkolási paramétereinek hatása az egyes tulajdonságokra a) Az ellenállás hőmérsékleti együtthatója a krakkolási hőmérséklet függvényében, 4% B-tartalomnál b) A  $T_k$  a rétegbe beépült B súly %-ának függvényében c) A fajlagos ellenállás a rétegbe beépült B súly %-ának függvényében d) A bórkarbon és a kristályos szénréteg ellenállása a krakkolási idő függvényében





7a. ábra. Raktározási tényező, különböző hőmérsékleten krakkolt bórkarbonellenállások esetében

7b. ábra. Raktározási tényező, különböző rétegvastagság (alapellenállásérték) mellett, bórkarbonellenállásoknál (a számláló az alapohmértéket, a nevező a felköszörült értéket jelenti)



8. ábra. Az ellenállás stabilitása és a krakkolási hőmérséklet közötti összefüggés bórkarbonellenállásoknál (4000 órás raktározás után mérve)



katalitikus folyamat [16]. A kristálygócok kialakulásának sebessége kicsi. A réteg vastagságának növekedési sebessége viszont a már meglévő szénfelületen nagy. Úgy látszik, a kristályos szén a pirolitikus reakciót katalizálja. Ebből is következik, hogy a krakkolási sebességtől függ a krisztallitméret és a rendezettség (9a, b ábra) [8]. A krisztallitok átlagos mérete a bázis síkjában a krakkolási sebesség növekedésével csökken. Vastagságuk (a C-tengely irányában) 10 Å, és közel független a krakkolás körülményeitől. A rendezettség foka a sebességgel nő. Függ a sebességtől a reakciómechanizmus is, kedvezőtlenül nagy sebesség koromkiválást eredményez. Az optimális krakkolási sebesség kristályszenréteg előállításánál 3,3 ml/óra, bórkarbonréteg előállításánál ennek kb. kétszerese.

A krisztallitok rendezettségének mérésére egyszerű módszert dolgoztunk ki. Rendezett réteget föltételezve, a krisztallitok C-tengelyükkel merőlegesek a hordozófelületre. Ez esetben a rétegre merőlegesen maximális, a bázissíkok irányában pedig minimális ellenállást kell mérnünk. A két irányú fajlagos ellenállás viszonyának csökkennie kell és egyhez kell tartania, ha a réteg a teljes rendezetlenség felé tart. A mérést nagy pontosságú mérőhíddal végeztük. Először az ellenállás két végét kontaktoztuk és mértük ohmértékét. Ez tartalmazza a felületre merőleges ellenállást a kontaktozott felületeken és a hosszmenti ellenállást a kontaktusok között. Ezután a két kontaktozott felületet ellenállásköszörűvel körben felvagtuk, ezzel megnyitottuk a réteg keresztmetszetét a bázissíkok irányában, és azt kontaktozva, mértük a hosszmenti ellenállást. 0,5 W-os 60 ohmos nagy pontosságú kristályszenellenállásnál pl. az effektus 2,64% ellenálláscsökkenést eredményezett.

### 7. Az elkrakkolt anyagmennyiség és a komponensek aránya

Azonos körülmények között végzett krakkolások adataiból az átlagos ellenállást az elkrakkolt heptánmennyiség függvényében tüntetve föl, hiperbolát kapunk, azaz az ellenállás a heptánmennyiség reciprokának függvényében egyenes. Ez lényegében az  $R = \rho \frac{l}{q}$  összefüggés érvényét jelenti, mert kétszer annyi heptánt krakkolva, a rétegvastagság kétszer akkora, s így az ellenállás feleakkora lesz. Az egyenes egyenlete:

$$\bar{R} = C \frac{1}{V}. \quad (5)$$

Értelmezzük az egyenes C iránytangensét. Evégből az  $\bar{R} = \rho \frac{l}{q}$  egyenletben a q-t a fogyott krakkolóanyag térfogatával fejezzük ki. Ekkor azt találjuk, hogy a krakkolóanyag széntartalmának csak egy részéből keletkezik réteg. Ezt ellenállásmérésen kívül súlyméréssel is igazoltuk. A hordozótesteken képződött szén

mennyiségének és a beadagolt szén mennyiségének hányadosát hasznosítási tényezőnek nevezzük és  $\kappa$ -val jelöljük. Ennek értéke egynél kisebb. Ily módon azt kapjuk, hogy egy krakkolásban az átlagos ellenállás:

$$\bar{R} = \frac{1}{V} \frac{\rho}{\kappa} \frac{l^2 n M s_r}{12 \nu s_k} = \frac{1}{V} \frac{\rho}{\kappa} \cdot \text{konst.} \quad (6)$$

Tehát

$$\text{tg } \alpha = \frac{\rho}{\kappa} \text{Konst.} = C, \quad (7)$$

ahol  $\bar{R}$  = átlagos ellenállás

$V$  = az elkrakkolt krakkolóanyag térfogata

$\rho$  = a réteg fajlagos ellenállása

$\kappa$  = hasznosítási tényező

$l$  = egy ellenállástest hossza

$n$  = az ellenállástestek száma a reakcióterben

$M$  = a krakkolóanyag molekulásúlya

$s_r$  = a réteg sűrűsége

$\nu$  = a szénatomok száma a krakkolóanyag egy molekulájában

$s_k$  = a krakkolóanyag sűrűsége.

$\kappa$  és az iránytangens szoros összefüggésben áll a folyamat kinetikájával. A krakkolási sebesség növekedésével  $\kappa$  csökken,  $\text{tg } \alpha$ , és ezzel az ellenállás nő.

Láttuk (5. ábra), hogy  $T_k$  értéke az ellenállással lineárisan nő egy alsó határértéktől, tehát:

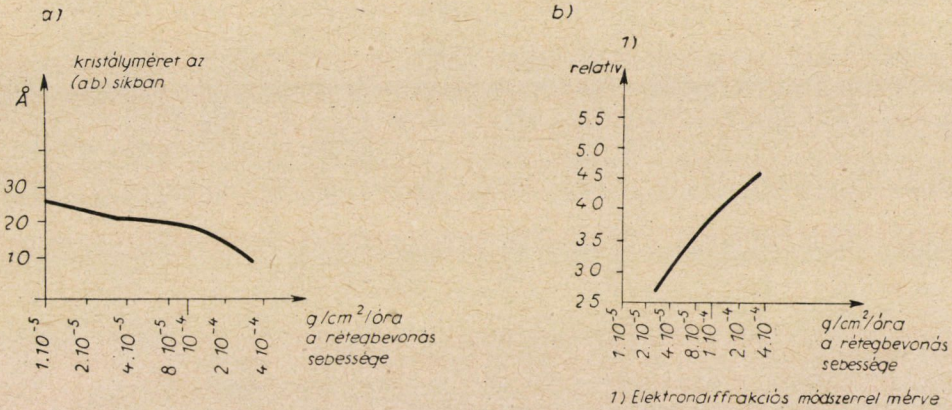
$$T_k = \text{tg } \alpha_2 \bar{R} + T_H \quad (8)$$

$T_H$ -értéknél metszi az egyenes az ordinátát. Ez  $T_k$  határértéke 0 ellenállásra, azaz végtelen rétegvastagságra extrapolálva, a rétegvastagságtól tehát már független és a textúrára jellemző. Megadja egyben az adott krakkolási paraméterek mellett elérhető minimális  $T_k$  értékét is.  $T_H$  maga is függ a krakkolás körülményeitől. Látszik továbbá, ha  $\bar{R}$ -t (6)-ból (8)-ba helyettesítjük, hogy előző megállapításainkkal összhangban  $T_k$   $\kappa$ -tól és  $\rho$ -tól is függ, azaz a hőbontáskor lezajló folyamatoktól és a réteg szerkezetétől. (2. táblázat.)

## 2. táblázat

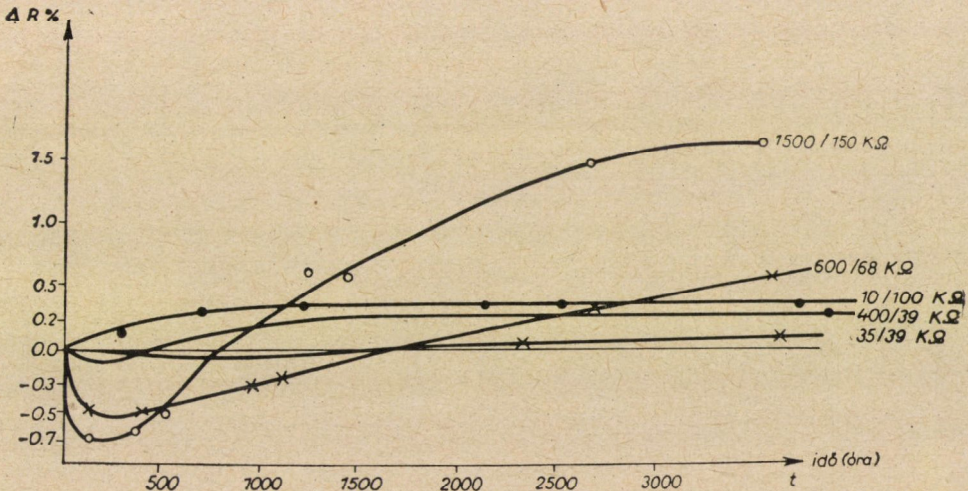
0,5 W-os kristályszénellenállás adatai a krakkolási sebesség függvényében

Krakk. sebesség ml/óra	$\kappa$ , %	$T_H$ $10^{-4}/\text{C}^\circ$	$\text{C}_7\text{H}_{16}$ ml	$\bar{R}$ $\Omega$	$10^{-4} \rho_{\text{cm}}$
3	35	1,8	30	10	15
30	3	2,4	30	150	20



9. ábra. A kristályos szénréteg szerkezetének függése a krakkolás paramétereitől (Grisdale nyomán)

- a) A kristallitméret változása a krakkolási sebességgel
- b) A kristallitok rendezettségi fokának függése a krakkolás sebességétől

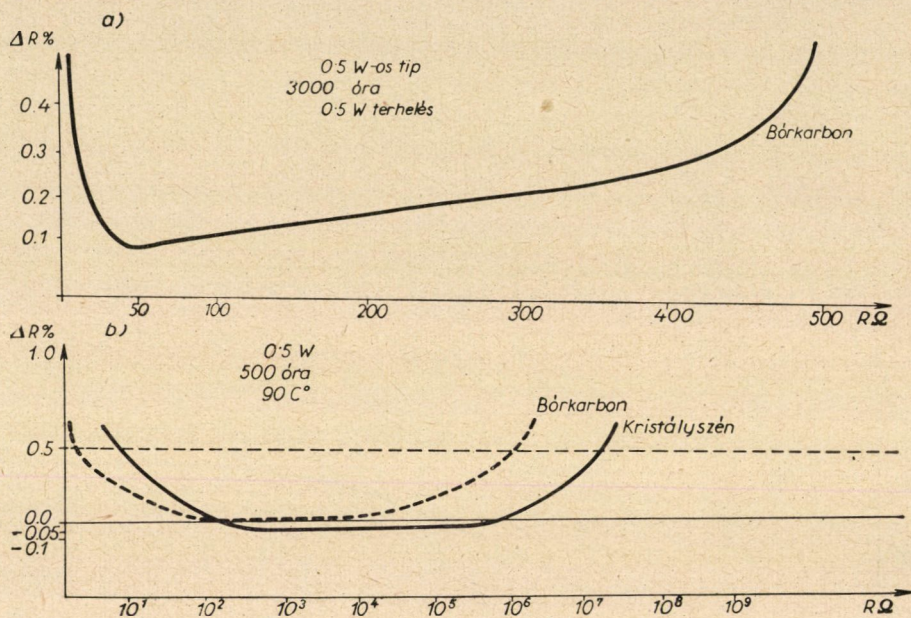


10. ábra. Terhelés hatására bekövetkezett ellenállásváltozás az idő függvényében bórkarbon-ellenállásoknál. (Különböző rétegvastagság-ellenállásalapérték mellett. A számláló az alapértéket, a nevező a felkészített értéket)

A rétegvastagság lényegesen befolyásolja az ellenállás egyéb tulajdonságát is, a kristályszenréteg  $\rho$ -jának kivételével. Ez a vékony fémrétegekével ellentétben a tárgyalt rétegvastagságtartományban közel állandó. Mind a kristályszennél, mind a bórkarbonellenállásnál függ a rétegvastagságtól a stabilitás, mégpedig bizonyos küszöbértékek között normális a viselkedés, ezeken kívül anomális. Ez a két küszöb  $5 \text{ m}\mu$  és  $10 \mu$ . Ebben a tartományban az ellenállás egyéb tulajdonságai is normálisak. Bórkarbonellenállásnál különböző rétegvastagság esetén a raktározási tényező változását az idő függvényé-



ben a 7b ábra, a terhelés hatására bekövetkező ellenállásváltozást a 10. ábra mutatja be. A 11a és b ábrán minimum látható a rétegvastagság függvényében, a 11a ábrán a terhelési stabilitásban bórkarbonellenállásnál, a 11b ábrán a raktározási stabilitásban, mind a bórkarbon, mind a kristályszenellenállásnál. Látható, hogy a stabilitás a vastag rétegeknél is csökken, de a bórkarbonellenállás e tekintetben előnyösebben viselkedik. Itt a minimum utáni növekedés



11a. ábra. Terhelés hatására bekövetkezett ellenállásváltozás az alapellenállásérték függvényében

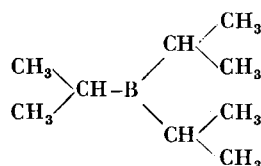
11b. ábra. Raktározáskor bekövetkező ellenállásváltozás az ohmérték függvényében (köszörült példányok)

joliban eltolódik a kisebb ellenállásértékek felé, mert a bórkarbonréteg fajlagos ellenállása kisebb, ezért is érdemes a kis értékeket bórkarbonrétegből készíteni.

A bórkarbonréteg tulajdonságai még a komponensek arányától is függenek (6b, c ábra) [3, 14]. A  $T_k$  4 súly% rétegbe illeszkedett börtartalom esetén, a fajlagos ellenállás [15] ugyancsak 4 súly% bór esetén minimális. Ez akkor következik be, ha a  $C_7H_{16}$ :  $BCl_3$  térfogatarány krakkoláskor kb. 1:1. Minthogy a bórkarbonréteg fajlagos ellenállása kb. ötödrésze, optimális krakkolási sebessége pedig kétszerese a kristályszenének, ezért a krakkolás ideje kb. tizedére csökken (6d ábra). A krakkolási idő megrövidülése miatt a kis ohmértékek tartományában a bórkarbonellenállás előállításának költsége — a  $BCl_3$  viszonylag nagy ára ellenére is — egy szinten mozog a kristályszenével. Ezért különösen gazdaságos a kis ohmértékű bórkarbonellenállások gyártása.

## Bórkarbonréteg előállítása egy krakkolóanyagból

Bórkarbonellenállást előállíthatunk bóralkilekből is. Kísérletsorozatot kezdtünk normál és elágazó szénláncú alkilekkel: tri-n-butil-bórral, tri-n-propil-bórral, valamint tri-izobutil-bórral és tri-izopropil-bórral. Ezekben a vegyületekben a szénatomok számától függően egyrészt eltérő a bór—szén arány, másrészt forráspontjuk különböző. A legtöbb bórt százalékosan a tri-izopropil-bór tartalmazza s forráspontja a legkisebb. A legjobb eredményt eddig a tri-izopropil-bórral:



értük el.

Erre a krakkolási módszerre az jellemző, hogy az ellenállások már születésükkor eléggé stabilisak, nincs szükség öregítésre. Ennek a rendkívüli stabilitásnak egyik oka a bór—szén arány rögzített voltában rejlik. Másik oka valószínűleg az, hogy a reakciómechanizmus a célnak megfelelőbb, a bór ugyanis közvetlen kötésben áll a szénnel, ezért a rétegbe való beépüléshez és a szerkezet kialakulásához nincs szükség közbenső reakciókra, a mellékreakciók kevésbé zavarnak.

## Fizikai, fizikai-kémiai és villamos tulajdonságok [17, 18]

## 3. táblázat

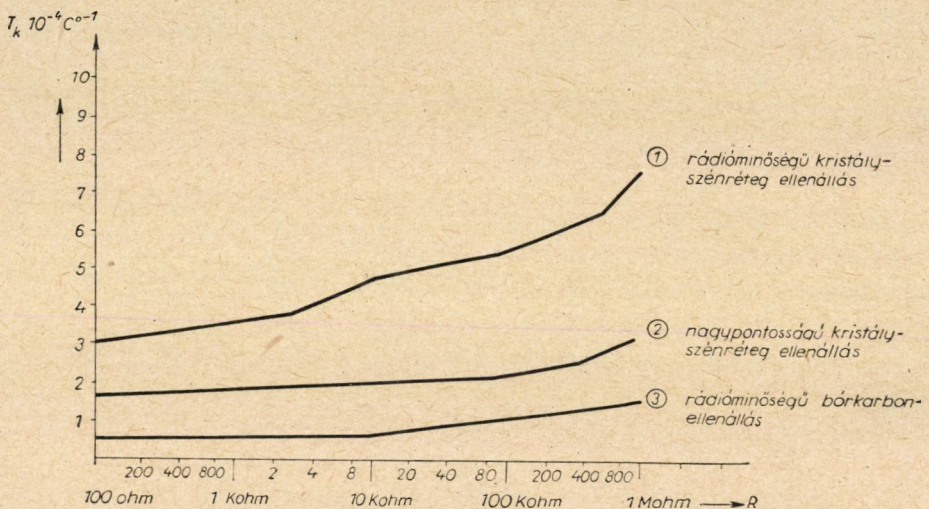
A 0,5 osztályú kristályszenrétegeellenállás és az 5 osztályú bórkarbonellenállás villamos jellemzői

Jellemzők	Kristályszen	Bórkarbon
Ellenállás értéktartomány	100 Ω—2MΩ	10 Ω—0,1 MΩ
$T_k$ , 10 <sup>-4</sup> /C°	1,8—4,8	0,5—1,8
Terhelési stabilitás, ΔR% 5000h névleges terhelésre	± 0,2	± 0,5
Raktározási stabilitás, ΔR% 5000h raktározáskor	± 0,08	± 0,3
Nedvesedési tényező, ΔR% 85% relatív nedv., 20 C°, 96h	± 0,1	± 0,1
Feszültségtényező, ΔR%/V	0,0002—0,0008	0,0002—0,0008
Zajtényező, μV/V	<1	<1

A  $T_k$ -ellenállás összefüggés valamennyi típusra a 12. ábrán látható. (Az összefüggés azért nem lineáris, mert az ellenállások különböző mértékben



köszörültek, a lépték pedig logaritmikus.) A kristályszenrétegegenállás raktározási és terhelési változásait a 13a, b ábra mutatja be. Megfigyelhető, hogy a nagy változások az első három hónapban mutatkoznak. A nagy pontosságú ellenállást 1/2—1 évig szokták feldolgozás előtt öregítés céljából raktározni. Az ábra szerint a  $\Delta R$  függvény három hónap után az abszcisszával gyakorlatilag párhuzamossá válik, elegendő tehát ennyi ideig öregíteni. A raktározási változás a rétegben fennálló belső feszültségektől, a bevonattól és külső hatásoktól származik. Belső feszültségek létezését sikerült megfigyelnünk. A bórkarbonrétegnél hasonló a helyzet. Megjegyezzük, hogy ezekben a kismértékű ellenállásváltozásokban alkalomadtán a kivezetők kontaktusának is hatása van.



12. ábra. Köszörült szénrétegegenállások hőmérsékleti együtthatója az 1 M $\Omega$ -ig terjedő ellenállástartományban

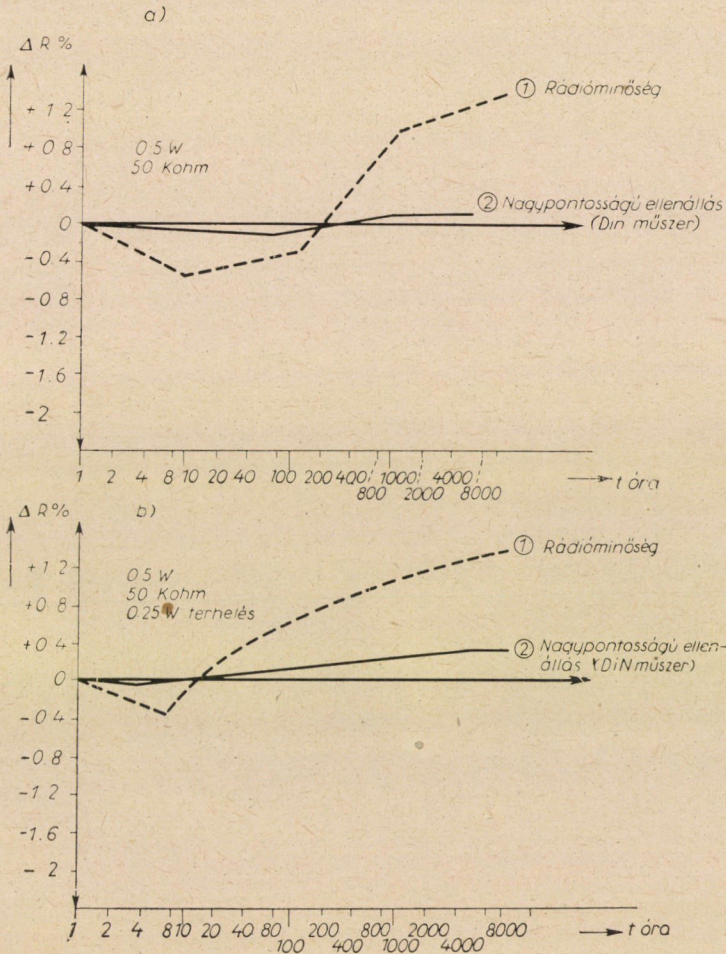
Az ellenállások nem követik az Ohm-törvényt [1, 17], értékük a feszültség függvényében közel lineárisan csökken. A feszültségtől — a konstrukción kívül — a kristallitok közötti kontaktusok minőségének és számának a függvénye. Minél kisebb az átlagos kristallitméret, annál több a hosszegységre eső elemi kontaktus — s ezek nem követvén az Ohm-törvényt — a feszültségtényező annál nagyobb. A feszültségtényező a réteg vékonyodásával csökken, mert csökken az elemi kontaktusok száma is (14. ábra).

Az ellenállások zajfeszültsége a konstrukción és a kivezetők kontaktusellenállásán kívül a réteg szerkezetétől és vastagságától, továbbá az áram-sűrűségtől és a frekvenciától függ. Ez a zaj nagyságrendileg nagyobb és lényegesen különbözik a fémekben keletkező Johnson-f. (termikus) zajtól.

Az ellenállások frekvenciafüggése (15. ábra) [17, 18] konstrukciós és rétegszerkezeti okokkal magyarázható. Az aktív ellenállás a frekvencia növeke-



désével csökken. Ennek rétegszerkezeti oka az, hogy a krisztallitoknak egymáshoz képest el nem hanyagolható kapacitásuk is van. A textúra úgy fogható fel — helyettesítő kapcsolás alakjában —, mint elemi ellenállásokból és kondenzátorokból álló hálózat. Egyenáram esetén a krisztallitok saját és határfelületi (kontaktus) ellenállása érvényesül, azaz a kondenzátorok nem vesznek



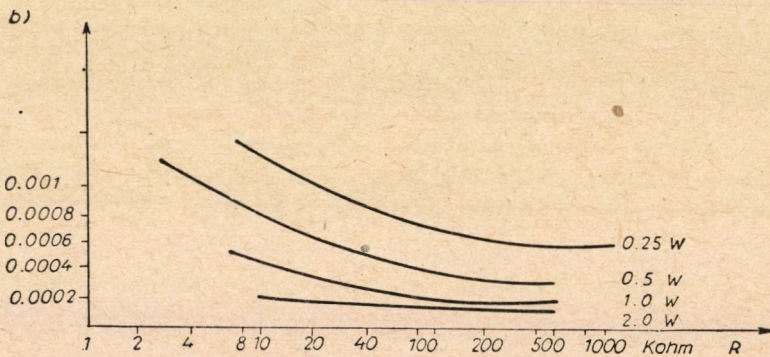
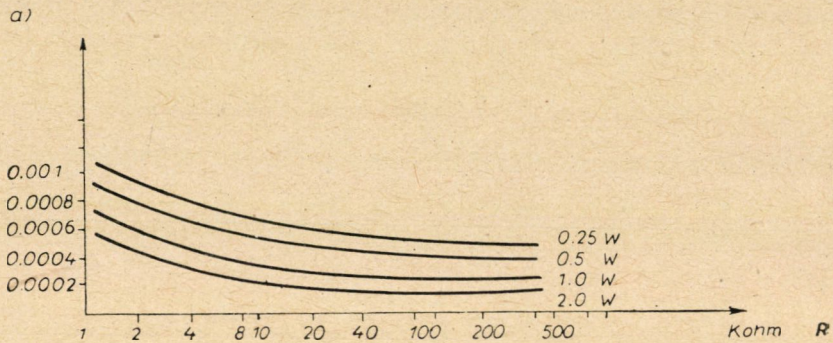
13. ábra. Kristályszenrétegellenállások átlagos ellenállásváltozása %-ban kifejezve, az idő függvényében a) Raktározási tényező b) Terhelési tényező

részt a vezetésben. Váltófeszültség alkalmazásakor a kondenzátorok vezetni kezdenek, ezért csökken az aktív ellenállás a frekvencia növekedésével.

A kristályos szénrétegfélék tulajdonságai azt a gyanút ébresztik, hogy a krisztallitok között lejátszódható közöséges ívjelenségek helyett esetleg inkább



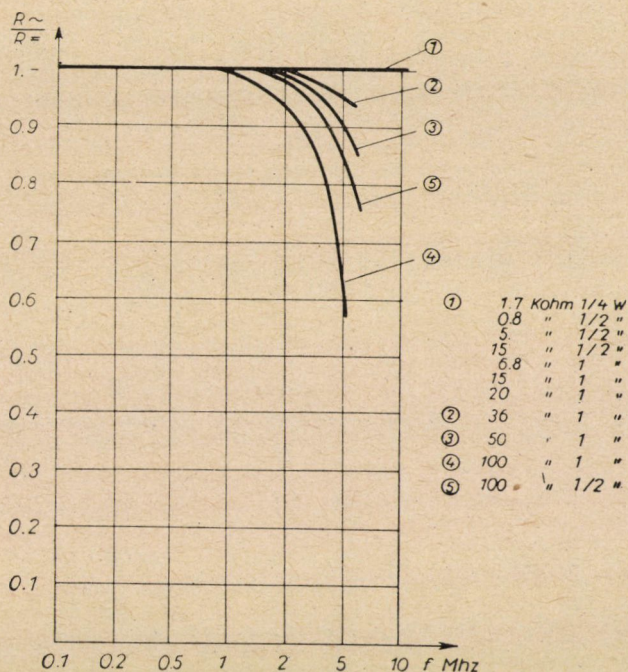
a félvezetésnek egy különleges típusával van dolgunk. Elképzelhető ugyanis olyan hipotézis, hogy félvezetést nemcsak az ismert rácshibák létesíthetnek, hanem a vezető diszperz rendszerekben az ezeket mintegy helyettesítő határretegek és azok szennyeződése is, esetleg a fémek érintkezésénél ismert kilépési jelenségekhez hasonló hatásokkal kombinálva. Ezt természetesen csak további kísérletek dönthetik el, melyek közül legfontosabb a Hall-állandó mérése.



14. ábra. Kristályos szénréteg feszültségtényezőjének változása az ellenállásérték függvényében (köszörült példányok) a) Nagy pontosságú ellenállás b) Rádióminőség

A bőrkarbonellenállások terhelhetősége a kristályos szénrétegnek több mint kétszerese. Ennek oka abban rejlik, hogy a bőrkarbonrétegnek az említett rétegvastagság-tartományban nagyobb a hőmérsékleti stabilitása. Sokkal nagyobb hőmérsékleten változik meg és kezd oxidálódni, mint a kristályszénréteg (1. táblázat). Ez a hőmérséklet kristályszénnél  $300-400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bőrkarbonnál  $700-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ez teszi lehetővé a méretek csökkentését. A bőrkarbonellenállások mérete kb. fele az ugyanolyan watt-terhelhetőségű kristályszénréteg-





15. ábra. Kristályos szénretegellenállások frekvenciafüggése. Rádióminőség

ellenállásokénak. A kristályszénréteg max. üzemi hőmérséklete (felületi hőmérséklet) 80—110 C°, a borkarbonellenállásé 200—300 C°.

A 0,5 osztályú kristályszénretegellenállás és az 5 osztályú borkarbonellenállás gyártása kutatásaink eredményeképpen a Remix-gyárban megvalósult. A bóralkiles módszerrel való gyártás pedig bevezetés előtt áll.

#### IRODALOM

- O. MADELUNG: Halbleiter. Handbuch der Physik. Band XX. Elektrische Leitungsphänomene II. Springer, S. 1—245. (1957.)  
LANDOLT—BÖRNSTEIN (6. Aufl.) 4. Band. Technik. 3. Teil S. 30.
- HARTMANN und DOSSMANN: D. R. P. 459553. (1952.)  
Z. techn. Phys. 9. S. 434. (1928.)
- R. O. GRISDALE, A. C. PFISTER, G. K. TEAL: U. S. P. 2, 671, 735. (Mar. 9. 1954.)
- WINKLER: Struktur und Eigenschaften der Kristalle. Springer. 1950.
- Dr. M. FALTER, dipl. ing. H. HENNIGER u. E. HEIBER: Schichtwiderstände als Präzisions-Bauelemente der Nachrichtentechnik. Nachrichtentechnik. 4. Jg. Heft M. S. 480—483. (November. 1954.)
- A. J. MIKLASEVSKIJ, A. J. USZPENSZKAJA: Huzal nélküli szénretegellenállás porcelán-  
testen. Zsurnal Prikladnoj Himii. 1951. 3. sz.
- ELSE KOCH—HOLM: Wiss. Veroffen. Siemens-Konzern. 6. 188. (1927.)  
A. H. WHITE and J. H. GERMER: J. Chem. Phys. 9. 492. (1941.)  
U. HOFMANN und D. WILM: Z. Elektrochem. 42. 504. (1936.)  
BLAYDEN, RILEY and TAYLOR: J. Am. Chem. Soc. 62, 180. (1940.)  
H. L. RILEY: J. Royal Coll. Sci. 10, 10. (1940.)



- K. S. KRISHNAN and N. GANGULI: Proc. Roy. Soc. (London.) 177. 168. (1941.)  
 HÖFFMANN: Z. ang. Chemie. 44. S. 881. (1931.)  
 BECHERER: Elektrotechn. 7. H. 8. S. 381. (1953.)
8. R. O. GRIDDALE: The Properties of Carbon Contacts. J. Appl. Phys. Vol. 24. Nr. 10. p. 1288—1296. (Oct. 1953.)
  9. D'ANS, LAX: Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Springer. (1949.)
  10. M. BELLUGUE: Les résistances à usage radioélectrique, leurs caractéristiques, leurs limites d'emploi. L'Onde Électrique. (Mars, 1955.)
  11. BELL O. S.: Resistors.
  12. BECHERER: Silicatechn. 1. S. 53. (1950.)
  13. R. O. GRIDDALE: Angol szab. 601, 847. sz.
  14. A. P. FLOYD: Resistor Temperature Coefficients. Tele Tech. (Jun. 1953.)
  15. GRIDDALE, PFISTER and ROOSBROECK: Bell syst. techn. J. H. 4. P 271. (1951.)
  16. WEINTRAUB: Trans. Amer. Electrochem. Soc. 16. p. 165. (1909.)
  17. TESZNER P. A., RAFALKESZ J. Sz.: A felületen való szénképződés folyamata a szén-hidrogének hőbontása alkalmával. Dokl. Akad. Nauk. SSSR. 875. sz. p. 821—824. (1952.)
  18. KATONA JÁNOS: Réteg- és tömőellenállások feszültségfüggése. Magyar Híradástechnika. 1. sz. 13—17. l. (1955. febr.)  
 KATONA JÁNOS: Ellenállások zaja. Magyar Híradástechnika. 3. sz. 78—86. l. (1955. május—június.)  
 KATONA JÁNOS: Ellenállások vizsgálata. Mérn. Továbbképző Int. 3287. (1955.)
  19. MANSFELD: Nachrichtentechnik. 2 H. 4. S. 105. (1952.)  
 FISCHER: Z. ang. Phys. 5. H. 11. S. 413. (1953.)
  20. DOKTORITS ISTVÁN: A nagyvákuum-technika fizikai alapjai. Mérn. Továbbképző Int. 2999. (1955.)  
 S. Dushman: Scientific Foundations of Vacuum Technique.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

DEÁK PÁL:

A közölt adatokból láthatóan a bőrkarbonellenállás-típusnak a fogyasztó szempontjából elsősorban kis ellenállásértékeknél van létjogosultsága, különösképpen a kisebb méretekre való törekvés tekintetében. Egyebekben a kristályos szénrétegeellenállások olcsóbbak és jól kiforrott gyártás mellett megbízhatóbbak is. Általános felhasználás céljára a kisebb hőmérsékleti együttartó nem jelent számottevő előnyt. Műszer célokra viszont már komoly előnyt jelenthet. Nagyobb súllyal esik latba az ellenállások stabilitása, valamint raktározási állékonysága. E tekintetben a klasszikus kristályszenellenállások bizonyultak a jobbaknak.

Egyes bőrkarbon- és kristályszenellenállás-típusok a szabvány követelményei egynémelyikének nem tesznek eleget. Ilyen teljesítetlen követelmény az impulzusterhelés befolyása, mely igénybevétel alatt az ellenállások jelentékeny része kiesik a szabvány tűréséből vagy teljesen leég. Ennek oka valószínűen a porcelánanyag porózussága, vagy az ehhez mérten kis mélységű köszörülés. Méréseink eredményei egyebekben a közölt adatokkal egyeznek.

A szabványban előírt ciklikus nedvesítés és szárítás után visszamaradó ellenállásváltozás többszörösen felülmúlja az első nedvesítés utáni ellenállásváltozás mértékét, ami alkalomadtán kivizsgálendő lenne. (Köztudomású, hogy a kristályszenréteg általában nem nedvességérzékeny.)

## RÁTKY LÁSZLÓ:

A rétegelLENállások — különösen műszer és precíziós célokra történő felhasználásánál — egyik alapvető minőségi jellemzője a gyártásnál beállított ohmérték állandó megtartása. A Remix RK-2, de különösen az RK-05 osztályú ellenállásainak értéktartásával kapcsolatban kialakuló általános vélemény jónak mondható. Ennek ellenére a krakkolási mechanizmus tisztázatlan volta miatt van még bizonytalanság a gyártásban.

A HIKI-ben fejlesztett nagy pontosságú ellenállások értéktartásának gyártási körülményei nem egészen tisztázottak. Az előírás szerint krakkolt ellenállások a krakkolás befejezése után meleg oldószeres kezelésnek alvettve ohmértéküket változtatják. A tulajdonságokra tehát az előadásban felsorolt paraméterek mellett a rétegbe helyezkedett szerves oldószerben oldódó anyagok mennyisége is jellemző. A meleg oldószeres kezelés után az ellenállások már csak elhanyagolható mértékben szenvednek ellenállásváltozást. Ezért javaslom, hogy a HIKI végezzen kutatásokat a rétegbe beépülő, nem kristályos szénhidrogén termékek kiküszöbölésére vonatkozóan. Ez a kérdés feltehetően a reakcióterbe adagolt szénhidrogén felesleg mennyiségével függ össze.

Kísérleteink szerint kialakítható egy optimum a kemencetérben levő porcelántest felület és az elgőzölendő szénhidrogén mennyisége, valamint a gőzölési sebesség között.

Az előadó közlése szerint a bórkarbonellenállások fajlagos ellenállása közel egy nagyságrenddel kisebb értékű a kristályszénrétegenél. Ebből következik, hogy ha  $M\Omega$ -os nagyságrendű bórkarbonellenállást akarunk készíteni, kb. tízszer vékonyabb réteget kell készíteni, mint a szénrétegelLENállásnál. Pedig ebben a tartományban már a szénrétegelLENállások ohmérték növelésének is határt szab a réteg vékonysága. Ezért számolnunk kell azzal, hogy 100 kohm-os érték felett megbízható bórkarbonellenállás nem készíthető. Ezt bizonyítják a külföldi adatok is, ahol az ohmérték felső határa 100–500 kohm körül mozog.

Az előadó érintette, hogy a kis ohmértékű rétegelLENállások készítésére a bórkarbon megfelelő. Ez annál is inkább fontos, mert az előadásban ismerttetett ellenállás és gőzölt mennyiség közötti összefüggést feltüntető hiperbola alakja szerint kis ohmértékű kristályos szénrétegelLENállások előállítása nagy nehézségekbe ütközik.

## BRÁDA FERENC:

Megvizsgáltuk a bórkarbonellenállások hőmérsékletfüggését. Az ellenállás logaritmusa a hőmérséklet reciprokának függvényében — nagyobb darabszámnál és többféle értéknél — reprodukálhatóan egyenest adott. Ebből arra következtetünk, hogy a bórkarbonréteg félvezető tulajdonságú.

A bórkarbonellenállásokra az 1. táblázatban közölt 7–800 C°-os hőmérsékleti stabilitást túlzott értéknek tartjuk, mert vizsgálatainknál az ellenállások már 500 C°-on sem bizonyultak használhatónak.

## KATONA JÁNOS:

A bórkarbonellenállások 100 MHz frekvenciatartományban, éppúgy, mint az egyszerű kristályszénrétegelLENállások, erős frekvenciafüggést mutatnak. E célokra fémrétegelLENállások alkalmazását javasolhatjuk.

## KONDÁSZ ISTVÁN:

A bőrkarbonellenállások nagy terhelése következtében az ellenállástest felületi hőmérséklete is megnövekszik, ezért hőállóbb lakkfajta kellett keresni. Erre a célra a Lakkipari Kutató Intézet által szállított szilikonlakkot használtuk fel, mely nem mindenben megfelelő.

A heptán- és bórtrikloridos gőzölési rendszernél a bórsúlyszázalék beállítását állandó termosztálással érjük el. Ez a gyártást kissé bonyolulttá teszi. Az egypipettás rendszernél folytonos szabályozásra nincs szükség, mivel a bór és a szén aránya kötött, ily módon a gyártás egyszerűbb, viszont gazdasági szempontból nem megfelelő. A tri-izopropil-bór előállítási ára kilogrammonként 80 000,— Ft, a kétpipettás rendszernél használatos  $\text{BCl}_3$  kg-ja 3—3500,— Ft. Ez azt jelenti, hogy egy-egy gőzölés 400—500,— Ft-ba kerül, míg a kristályos szénrétegnél használatos normál heptánnal történő gőzölés csak filléreket tesz ki. Célszerű lenne ezért olcsóbban beszerezhető, lehetőleg hazailag előállítható bóralkilvegyület kutatása, amely az előbbivel azonos műszaki tulajdonságokat kölcsönözzön a bőrkarbonellenállásoknak.

## AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

A MEI-nek kiküldött példányokról tudni kell, hogy különböző időpontokban, különböző módon készült ellenállások voltak. Valamennyinél fennállt az a körülmény, hogy az idő rövidsége miatt öregítésre — amit egyébként a gyártásban előírtunk — nem kerülhetett sor. A bemutatott görbék szerint azonban ez az ellenállásváltozás asszimptotizált.

A 25-szörös impulzusterhelésre nincs még tapasztalatunk. A bőrkarbonrétegnak elvileg jobban kell bírnia ezt, de a legkisebb köszörülési hiba, vagy a lakk elszenesedése leégést idéz elő.

A kristályszenréteg valóban eléggé nedvességálló. Ezért az ellenállás nedvességállósága elsősorban olyan értelemben lakk-kérdés, hogy a bevonatnak kell olyan nedvességálló tulajdonságokkal (felületi nedvesedési szög, diffúziós állandó, duzzadás) rendelkeznie, hogy az ellenállás nedvességállóságát ne rontsa.

A 100 ohm alatti bőrkarbonellenállás előállítása nem ütközik különösebb nehézségbe. A nehezebbik feladat valóban a felső értékhatár kiterjesztése, de a rétegvastagságból eredő elvi korlát ezt nem teszi lehetetlenné, mert többféleképpen is megkerülhető. Az egyik lehetséges módszernek látszik a krakkolás körülményeinek célszerű kiválasztása, egy másiknak utókezelések alkalmazása. Nem szabad elfeledkeznünk a nagyobb mértékű felköszörülés lehetőségéről sem. Végül a beépített bór százalékának változtatásával a fajlagos ellenállás — a  $T_k$  rovására ugyan — de tetszés szerint növelhető. Az ilyen nagy ellenállásoknál viszont a stabilitás sokkal fontosabb tényező, mint a  $T_k$ .

A  $\log R-1/T$  görbék fölvétele a bőrkarbonellenállásoknál igen érdekes, és az a tény, hogy egyenest kaptak, a bőrkarbonréteg félvezető tulajdonságára utal, egymagában azonban még nem perdöntő bizonyíték.

Az 1. táblázatban közölt hőstabilitási adatok nem a legmagasabb alkalmazható üzemi hőmérsékletet jelentik, ahol az ellenállások még működnek, hanem azt a legnagyobb hőmérsékletet, ahol a réteg még nem ég le.

A védőlakknál az okozza a nehézséget, hogy legalább +200 C°-tól —40 C°-ig terjedő hőmérséklet-tartományban kell megfelelnie. A nagy



üzemi hőmérsékletet csak a szilikonlakkok bírják, ezek viszont általában ridegek, ezért mély hőmérsékleten repedeznek. Lágyításuk nehézkes. Jelenleg hazailag lágyított külföldi szilikonlakkokat használtunk, ezek nem teljesen megfelelők. Folyamatban van azonban belsőleg plasztifikált, rugalmasabb szilikonlakk kidolgozása, mely mindenben megfelelő lesz.

A krakkolási sebesség beállítása üzemi viszonyok között sem okoz nehézséget. Az üzemi beállítási mód a krakkolóanyagok tenziójának lehűtessel és termosztálással történő beállításán alapul. Ez pontos és megbízható módszer. Nem is nehézkes, mert adott rendszerre csak egyszer kell a hőmérsékletet megállapítani, ezután mindig erre a hőmérsékletre lehet beállni. Termosztátként ablakkal ellátott Dewar-edényt kell használni, ez egyszeri beállítás után a krakkolás egész időtartamára megtartja hőmérsékletét.

A tri-izopropil-bórt hazánkban jelenleg nem gyártják. Kísérlet céljára különféle bóralkileket rendeltünk a Szerves Vegyipari Kutatóintézettől, 100–200 ml-es mennyiségben. Ők az előállítás módját kikísérletezték, és kisebb mennyiségeket állítottak elő laboratóriumi úton. Az így előállított, kutatási költségekkel terhelt tri-izopropil-bór került kb. 80 000,— Ft-ba kg-onként. A SZU-ban azonban üzemszerűen gyártanak tri-izopropil-bórt és belőle bórkarbonellenállást. Elképzelésünk szerint a hazai előállítás megindulásáig a gyártást erre az importált tri-izopropil-bórra kell alapozni.



# MŰANYAGOK FELHASZNÁLÁSA HÍRADÁSTECHNIKAI KONDEZÁTOROKBAN\*

SÓS FEODÓRA  
TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

A műanyagokat a híradástechnikai kondenzátorokban meglevő típusok burkolására, önálló dielektrikumként és papírkondenzátorok impregnálóanyagaként használják. A cél a minőség javítása, miniatürizálás, felhasználás kiterjesztése nagyobb hőmérséklet, klíma, frekvencia és feszültség határokra és az élettartam növelése. Ahhoz, hogy a ma ismert műanyagok tömege közül a célnak legmegfelelőbbet ki tudjuk választani, ismerni kell az egyes műanyagok különböző tulajdonságait, mint az anyag kémiai és makromolekuláris szerkezetének függvényeit. Ezen felül pontosan meg kell határozni a felhasználási követelményeket és adott esetben engedményeket kell tenni a kevésbé fontos követelmények rovására.

Az előadó néhány konkrét példán bemutatja azt a gondolatmenetet, amellyel bizonyos felhasználási problémák esetében a legmegfelelőbb műanyagot ki lehet választani. Pontosán lefekteti az adott probléma kapcsán felmerülő követelményeket és miután megállapítja, hogy az egyes követelményeknek megfelelően a strukturális tulajdonságok alapján melyik műanyag-családtól várhatjuk a legjobb teljesítményt, javaslatot tesz a probléma megoldására, illetve összehasonlítja a szokásos megoldások előnyeit és hátrányait.

Az előadáshoz KOVÁCS Lajos és LŐRINC Imre szólt hozzá.

\* Az előadás kivonata.





# NYOMTATOTT ÁRAMKÖRÖK KÉSZÍTÉSE\*

HASKÓ FERENC

ORION RÁDIÓGYÁR

Az előadó rövid történeti áttekintés után ismertette a nyomtatott áramkörök és a nyomtatott huzalozás fogalmát. Az eddig kialakult fontosabb eljárások közül (fémszórás alakozóval, vezetőlakkal való nyomtatás, fémfólia kivágása és szigetelőlapra erősítése, maratásos eljárás), az előadó a maratásos eljárást ismertette részletesen, mivel az Orion Rádiógyárban ezt a módszert vezették be.

A maratásos eljárás kiinduló anyaga a rézfóliával borított szigetelőlemez, mely rendszerint papír-, vagy üvegszövetvázaz műanyagból készül. A jó minőségű borított lemez fontosabb jellemzői a jó megmunkálhatóság, a fólia jó tapadása, hőállóság és a kedvező elektromos tulajdonságok. Legelterjedtebb szigetelőlemez erre a célra a papírbakelit.

A fóliával borított lemezre rányomtatják a huzalozási ábrát saválló festékekkel, fotokémiai, szitanyomó vagy offset eljárással. A saválló festéket beégetik. A nyomtatás után szabadon maradt rézfóliát vasklorid oldattal maratják le. A maratás sebessége a koncentrációnak, a hőmérsékletnek és a folyadék áramlási sebességének a függvénye. Optimális koncentrációjú az 1,41 fajsúlyú oldat. A maratás befejezése után öblítés és a festék lemosása következik.

A nyomtatott huzalozás elkészítése után az áramköri alkatrészek behelyezése céljából sokbélyeges szerszámmal az alkatrészek kivezetései számára lyukakat sajtolnak. Az így kiképzett lyukakba az alkatrészek kivezetését kézi úton vagy automatikusan, géppel befűzik. Erre a célra különleges nyomtatott áramköri alkatrészeket alkalmaznak. Az alkatrészeket célszerűen egy lépésben, mártóforrasztással forrasztják be. A forrasztó ónfürdő 60% Sn-t, 40% Pb-t tartalmaz, hőmérséklete 220–240 C°. Az ónfürdő felületének oxidmentesítése, valamint a lemez kímélése céljából alkalmazzák az állóhullámos mártóforrasztást.

Kapacitások, ellenállások és önindukciók előállíthatók nyomtatott kivitelenben. Ellenállásokat és kondenzátorokat vagy közvetlenül a huzalozott

\* Az előadás kivonata.

lemezre, vagy külön kis kerámia lapkákra nyomtatják. Utóbbi esetben 5–8 RC-tagból álló egységeket készítenek. A lapkák igen nagy dielektrikus állandója miatt ( $\varepsilon = 5000$ ) viszonylag nagy kapacitások készíthetők. Önindukciókat közvetlenül a nyomtatott huzalozású lemezre készítenek a huzalozással egy lépésben.

A nyomtatott huzalozás és a nyomtatott áramkör a híradástechnikai iparban előnyösen alkalmazható, mivel gazdaságos, különösen, ha a gyártás automatizált, a készülékek elektromos jelzőinek szórása csökken, a szerelés egyszerűbbé válik, kevesebb kötőelemre (csavar, bilincs, szegecs) van szükség, csökkenthető a készülék súlya és térfogata, végül a kis méretek következtében nagy mechanikai szilárdság érhető el. Jelentős előnye a nyomtatási eljárás alkalmazásának, hogy a készülék elektromos ellenőrzése is automatizálható.

Az előadáshoz BERGHAMMER Antal, ESZES Lajos és KATONA János szóltak hozzá.



# MINIATŪR ÉS TRANZISZTOR ÁRAMKÖRI ALKATRÉSZEK

BRÁDA FERENC

REMIX RÁDIÓTECHNIKAI GYÁR

A híradástechnikai ipar fejlődésében határozott irányvonalként jelentkezik a fokozott követelményeket kielégítő berendezések alkalmazása, általában csökkenő térfogat mellett. Ennek elengedhetetlen előfeltétele az alkatrészek korszerű kivitelben való készítése.

Az újabb elektronikus kapcsolásokhoz, a miniatűr csövek és tranzisztorok felhasználásához szükséges alkatrészek fejlesztése már évekkel ezelőtt megindult. A különböző követelmények kielégítéséhez az alkatrészek kidolgozásánál alkalmazandó alapelv is kikristályosodott. Olyan alkatrészekre van szükség, amelyek méretei és elektromos tulajdonságai lehetővé teszik a korábban használt alkatrész egységek kisebb térfogatban való elhelyezését.

A miniatűr elemek igen nagy mennyiségben kerülnek a tranzisztor áramköri, tehát kisebb feszültségű kapcsolásokba alkalmazásra. Nem szabad azonban ezen alkatrészek felhasználhatóságát csak erre a területre korlátozni. Számos más áramkörben ugyanis az új alkatrésznek a korábbi követelményeket kell kielégíteni, pl. a miniatűr csövek anódfeszültsége is nagyobb, mint a kollektorfeszültség stb.

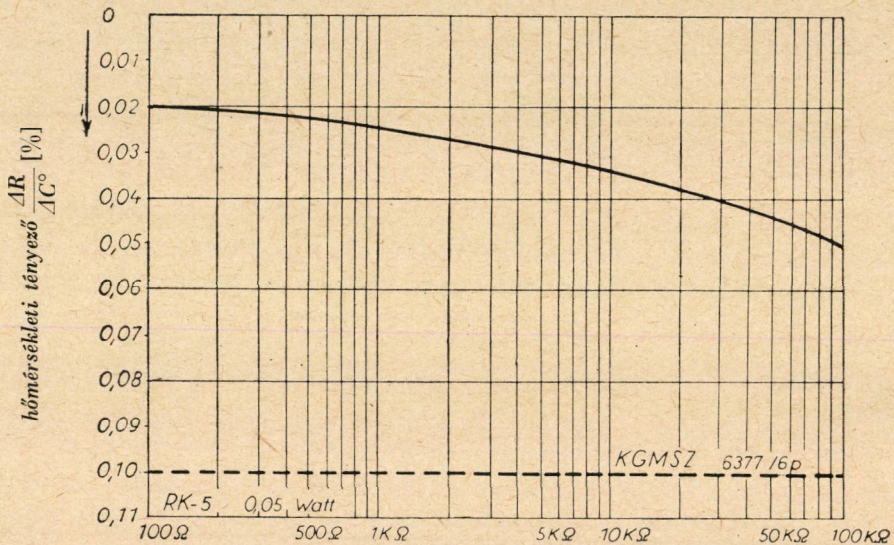
Teljesen helytelen lenne a híradástechnikai alkatrészgyártás eddig elért számos eredményét feladni, ugyanis nagyon sok felhasználási területen továbbra is szükséges bizonyos követelmények (értékállóság, mechanikai és elektromos túlterheléssel szemben való érzéketlenség, hosszú élettartam, raktározhatóság) maradéktalan kielégítése.

## Kristályos szénréteggellenállások miniatűrízálása

Mint ismeretes, a kristályos szénréteg különleges grafit struktúrájú kristályszén, amely 1000 C° körüli hőmérsékleten gáz vagy folyékony szénhidrogén vegyületből termikus hasítással csapható le, pl. kerámia hordozóra. A polikristályos szénréteg hexagonális grafitrácsokból keletkezik. A kristálylapokra merőleges irányban található rétegek egymáshoz képest kb. félkristálynyira eltolva alakulnak ki. Természetesen nemcsak ilyen szabályos kristályszerkezet jöhet létre, hanem sokszor a kristályok rendezetlenül fejlődnek,

vagyis a grafit parakristályos modifikációja alakul ki. Általában a réteg előállításából, szerkezetéből kifolyólag a grafit modifikációk erős anizotropiát mutatnak.

Főként a nagy értékű ellenállásoknál, ahol az alkalmazható legvékonyabb réteggel kell számolni, arra kell törekedni, hogy a kristályszerkezet a fémes sajátságokat minél jobban közelítse meg. Ez a réteg képződési körülményeinek a függvénye. A legfontosabb tényezők: oxigénmentes kemencében (nálunk megfelelő vákuumtérben) a megfelelő hőmérséklet, szénhidrogén koncentráció, a hordozótest tulajdonságai, idegen anyagok befolyása. Ezek a tényezők

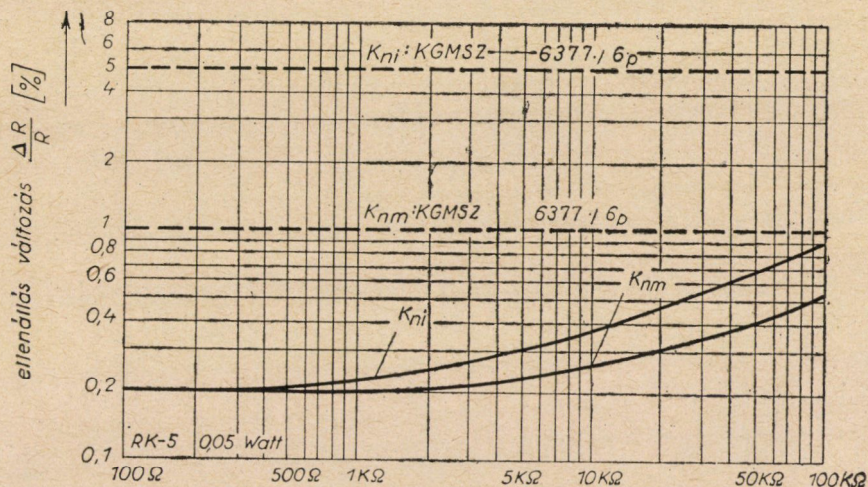


1. ábra. Hőmérsékleti tényező ( $k_t$ ) ellenállásérték függvényében (+20 és +70 C° hőmérsékleten)

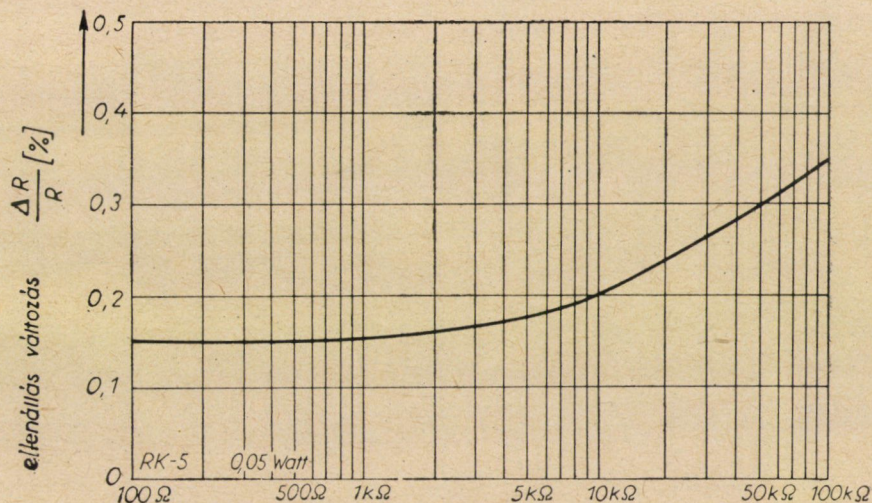
határozzák meg a kristály nagyságát és orientációját, a határréteg viszonyokat, tehát a réteg elektromos tulajdonságait. A kristály fősíkoknak a hordozó felülethez való paralel orientációja biztosítja a fémes viszonyok megközelítését.

A felületen kialakuló határréteg okozhatja a hőmérsékleti együttható (későbbiekben TK) nem megfelelő voltát, az irreverzibilis változások bekövetkezését stb. A határsíkokon megkötött idegen anyagok (szénhidrogén hasadási termékek vagy egyéb elemek) befolyása nagyon jelentős. Főleg precíziós ellenállások előállításánál, ahol vastagabb alapréteg alkalmazása célszerű. Vastag réteg esetén ugyanis a felületi réteg okozta elektromos tulajdonság változások viszonylag csak kis részét alkotják az egész rétegből adódó értékeknek. Az ellenállások gyártása közben nem elhanyagolható a szénréteg azon tulajdonsága, mely szerint az ellenállásérték változás nem lineárisan arányos a réteg-





2. ábra. Nedvesítési tényezők az ellenállásérték függvényében ( $K_{ni}$  átmeneti;  $K_{nm}$  maradó)



3. ábra. Öregedési tényező az ellenállásérték függvényében (96 óras — a névleges terhelhetőségnek megfelelő — 150%-os túlterhelés)

vastagsággal. A TK-értékeket elsősorban a kristályorientáció, a réteghőmérséklet, a hordozó anyag lineáris hőkiterjedésű együtthatója, a határfelületen létrejött szabad vegyértékek által megkötött idegen elemek befolyásolják. Az utóbbi tényező hatását mesterséges telítéssel, pl. megfelelő lakk alkalmazásával csökkenteni lehet.

Jelenleg futó gyártmányaink közül geometriai méretekben és elektromos terhelhetőségben a legkisebbek a 0,1 W és 0,05 W-os ellenállások. Az első típus az eddigi felhasználásból már ismert.



A 0,05 W-os ellenállásokat vákuumtérben szénhidrogén vegyületből termikus reakcióval állítják elő. Mivel az előállított réteg tiszta szénkristályokat tartalmaz, ebből következőleg hőmérsékleti együtthatójuk negatív és maximálisan  $-5 \cdot 10^{-4} \text{ C}^\circ$  értékű. A réteg előállítási módjából adódóan szennyezőelem a kristályszerkezetbe nem kerül be. Amennyiben ez valamilyen hiba folytán mégis bekövetkeznék, úgy az az elektromos tulajdonságokban azonnal változást okoz.

Az 1. ábrán látható az ellenállások hőmérsékleti tényezője az ellenállás függvényében. A mért ellenállások a görbében megadott értékeknél jobb eredményt adtak. A kihúzott szaggatott vonal a vonatkozó KGMSZ 6377-ben megadott értéket ábrázolja.

A 2. ábra a nedvesítési tényezőt szemlélteti az ellenállás függvényében. A  $K_{ni}$ -vel jelzett görbe (felső) az átmeneti értékváltozást, a  $K_{nm}$ -mel jelzett görbe a maradandó értékváltozást jelöli. A szaggatott vonal a KGMSZ-6377-ben előírt értéket ábrázolja.

A 3. ábra az öregedési tényezőt mutatja az ellenállásértékek függvényében (96 órás, a névleges terhelhetőségnek megfelelő 150%-os túlterhelés esetén). Az ellenállások az 5 osztálynak megfelelő követelményeket elégitik ki. Értékhatar:  $100 \Omega - 100 \text{ k}\Omega$ .

### Fémrétegegenállások

A fémrétegegenállások kidolgozása a Remix Rádiótechnikai Vállalat Fejlesztési osztályán folyamatban van. Mint ismeretes, az ellenállásokat vákuum gőzölési eljárással vagy katódporlasztással állítják elő.

A gőzölési eljárással felvitt réteg általában krómnikkel ötvözet, ami közvetlen fémötvözetből vagy a különböző összetételeknek megfelelő szuszpenziókból állítható elő. A katódporlasztással felvitt réteg általában nemesfémekből áll. Ezek meglehetősen költségesek ugyan, azonban a porlasztási eljárásból adódó kis anyagveszteségek miatt alkalmazhatók.

A nemesfémek ellenállásréteggként való alkalmazása már a múlt század végén megindult. A gőzölési és a porlasztási eljárás alkalmazása is elég régi keletű. A platinaellenállásokat a nagy TK-értékek miatt hamarosan arany, ezüst, platina és más fémek ötvözeteiből készült ellenállások váltották fel. Ezek az ellenállások képezik a mai gyártás egy részének az alapját is.

A vékony rétegben porcelántestre porlasztott anyag elektromos tulajdonságai főként a TK, a mikrokristályok rendezetlenségének a függvénye. A kristályszerkezet hőkezeléssel bizonyos fokig alakítható. Így érhető el pl. nagy negatív TK-érték csökkentése, illetve kis negatív tartományból pozitív tartományba való eltolása. A kristályszerkezet rendeződése az előállítás után már a vákuumtérben megtörténik és ezt követően folytatódik a normál légtérben, ahol oxidáció, vagy gőzelnylelés következtében a felületen határréteg keletkezik.

Ezeknél az ellenállásoknál nem nagyon vékony réteg esetén az ellenállásérték és a TK a rétegvastagsággal lineáris összefüggést ad. A kritikus rétegvastagság felett a TK értéke pozitív, az alatt pedig negatív. Ez utóbbi esetben még nem rendezett a kristályszerkezet, hanem mikrokristályokból kialakult látszólag rendezetlen, amorf jellegű. Tulajdonképpen itt is a kristályos tulajdonságok jelentkeznek, azonban ebben az értéktartományban az elektromos jellemzők meglehetősen rosszak. A kritikus rétegvastagságra gondosan ügyelni kell. Azt átlépní, főleg precíziós ellenállásoknál, nem szabad. Innen alakult ki az a gyakorlat, hogy tiszta fémekből  $1 \Omega$ -tól  $10 \text{ k}\Omega$ -ig terjedő ellenállásértékek készíthetők, a különböző ötvözetekből pedig a  $\text{M}\Omega$ -os értékek is előállíthatók.

A fémréteggellenállásoknak a nem fémréteggellenállásokkal szemben időközönként megismétlődő háttérbe helyezése csak az utóbbiak technológiai olcsóbb előállíthatóságának volt a következménye. Ma már a fémréteggellenállások alkalmazása, különösen a szigorú követelményeket kielégítő kapcsolásokban, elterjedt.

### Elektrolitkondenzátor

Az elektrolitkondenzátor gyártása terén geometriai méretekben már a külföldiekkel egyenértékű, sőt annál kisebb kondenzátorok gyártását is megkezdtek. A miniatűr és a szubminiatűr kondenzátorok kapacitásának lényeges növekedése a katódoldali polarizációs kapacitás helyes kihasználásával biztosítható. A katódoldali polarizációs kapacitás ugyanis sorosan kapcsolódik az anódoldali kapacitáshoz és így a katódoldali kapacitás növelésével az eredő kapacitás mindjobban megközelíti az anódoldali kapacitás értékét. A kidolgozott megoldás szerint a kapacitás ezen növekedése a katódfelület felületi felürvítésével, maratásával érhető el.

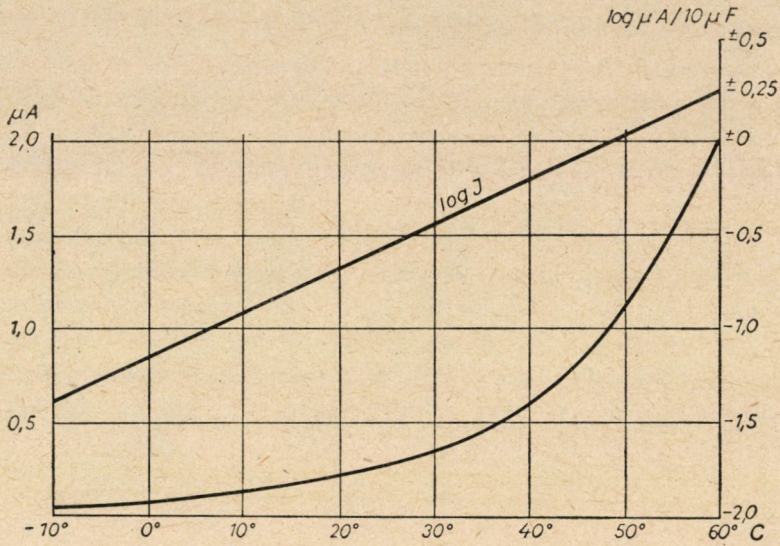
A kondenzátor veszteségi tényezője pedig közelítésben az összveszteségi ellenállás, a körfrekvencia és a fajlagos ( $1 \text{ cm}^2$  anódfelületre eső) kapacitás szorzata adja:

$$\text{tg } \delta = R \omega C .$$

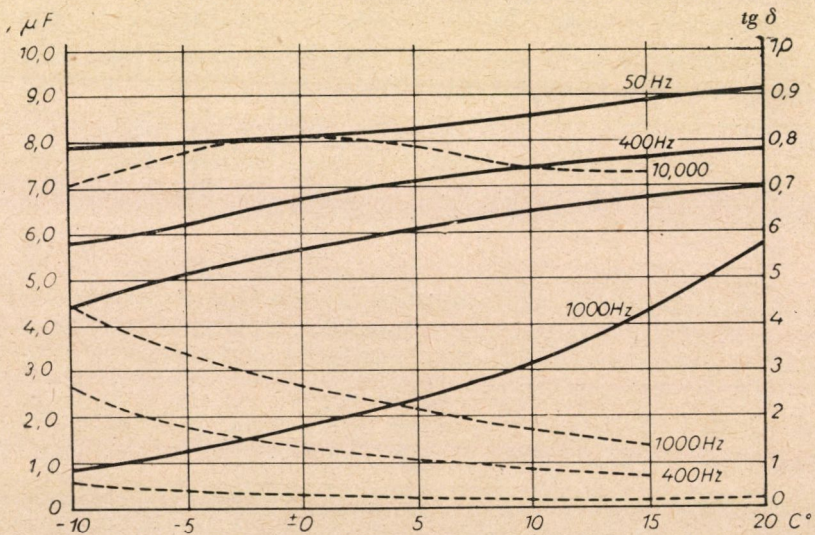
Mivel a veszteségi ellenállás nagy részét az elektrolit soros ellenállása adja, így a fenti egyenlethez következőleg a veszteségi tényező azonos értéken való tartásához az elektrolit fajlagos vezetőképességét is meg kellett változtatni, ugyanis a fajlagos kapacitás értékének növekedése a veszteségi tényező növekedését is jelenti. Tehát kis fajlagos ellenállású, helyesebben nagy fajlagos vezetőképességű elektrolit alkalmazása vált szükségessé ( $800 \Omega/\text{cm}^3$ ).

A következő ábrákon néhány a szubminiatűr elektrolitkondenzátoron végzett mérési sorozat látható.

A 4. ábra  $6/8 \text{ V}$ ,  $10 \mu\text{F}$  kapacitású kondenzátorok átvezetési áramát mutatja be a hőmérséklet függvényében. A mérési pontok  $10-10 \text{ db}$  kondenzá-



4. ábra. Szubminiatűr 6 V, 10  $\mu F$  elektrolitkondenzátor átvezetési áramának hőfokfüggése:  $J = e^{aT-b}$  (8 V formálási és 6,1 V mérési feszültségnél  $a = 0,05-0,09$  és  $b = 20-23$ )



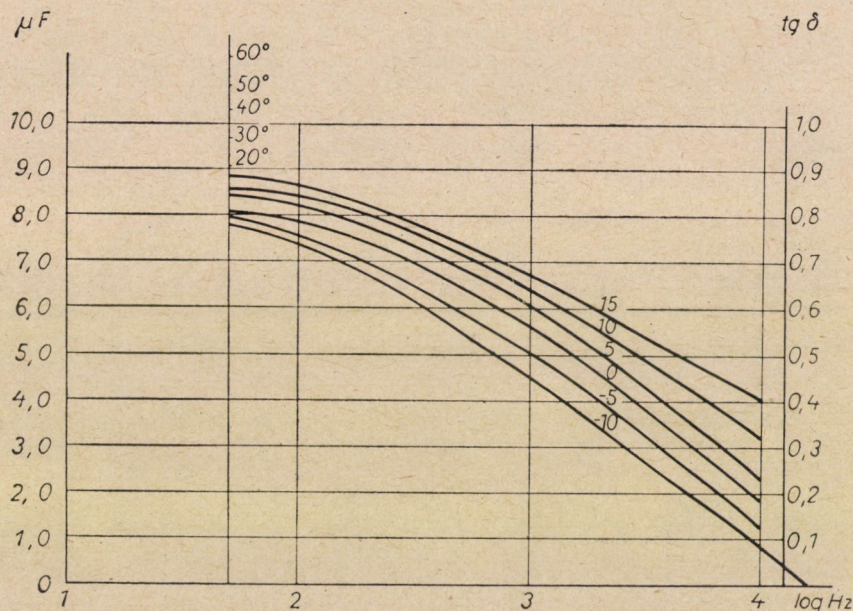
5. ábra. Szubminiatűr 6 V, 10  $\mu F$ -os elektrolitkondenzátor kapacitásának és veszteségének függése 50, 400, 1000 és 10 000 Hz frekvenciákon (Előfeszültség 6,1 V, mérőfeszültség  $\sim 0,21$  V)



tornál kapott eredmény középértékét ábrázolják a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő hőmérséklet határok között.

Az 5. ábrán ugyancsak  $6/8\text{ V}$ ,  $10\text{ }\mu\text{F}$  kapacitású kondenzátorok kapacitása és veszteségi tényezője látható a hőmérséklet függvényében, paraméterként négy különböző frekvenciát vettünk fel. A frekvenciaérték a  $6\text{ V}$  egyenfeszültségre szuperponált  $0,2\text{ V}$  váltakozó feszültségre vonatkozik.

A 6. ábra a kapacitásértékek változását ábrázolja, ugyancsak  $6/8\text{ V}$ ,  $10\text{ }\mu\text{F}$  kapacitású kondenzátorokra vonatkozóan a frekvencia logaritmusa függvényében.



6. ábra. Szubminiatur 6 V,  $10\text{ }\mu\text{F}$ -os elektrolitkondenzátor kapacitásának változása a frekvencia függvényében (Előfeszültség  $6,1\text{ V}$ , mérőfeszültség  $\sim 0,21\text{ V}$ )

### Papírkondenzátorok

A papírdielektrikumú kondenzátorok fejlesztése terén két irányvonal érvényesül, a miniatürizálás és az élettartam növelés egyen- és váltóáramú felhasználásra. Az előbbi nagy dielektromos állandóval, nagy átütési szilárdsággal és kis dielektrikum vastagsággal rendelkező anyagok, az utóbbi stabilis szerkezetű, jó elektromos tulajdonságú impregnálóanyagok alkalmazásával érhető el.

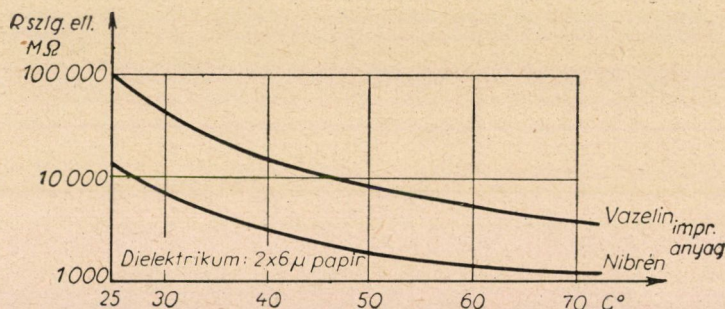
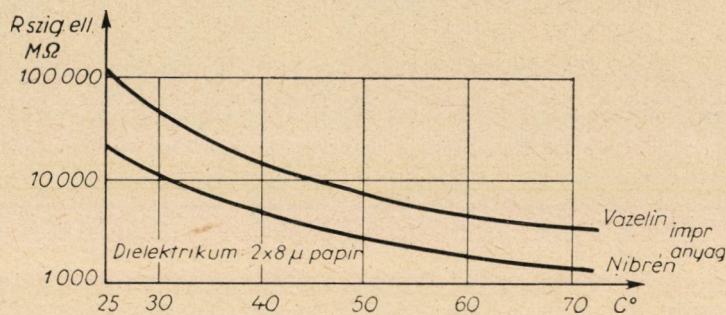
A jelenleg alkalmazott impregnálóanyagainkra vonatkoznak a következő értékelések:



A 7. ábrán feltüntetett kondenzátorok  $2 \times 8 \mu$ , illetve  $2 \times 6 \mu$  dielektrikummal készült porceláncsőbe szerelt papírkondenzátorok. Látható a szigetelési ellenállás csökkenése a hőmérséklet növekedésével egyidejűleg.

A 8. ábrán  $2 \times 8 \mu$ , illetve  $2 \times 6 \mu$  papírszigeteléssel készült kondenzátortekecs nedvesség vizsgálata látható az idő függvényében.

A 9. ábra a nibrén és vazelin impregnálású kondenzátorok gyorsított élettartam vizsgálatát mutatja. A kondenzátorok 200 V egyenfeszültségre



7. ábra. Porceláncső burkolatú kondenzátor szigetelési ellenállásváltozása a hőmérséklet függvényében

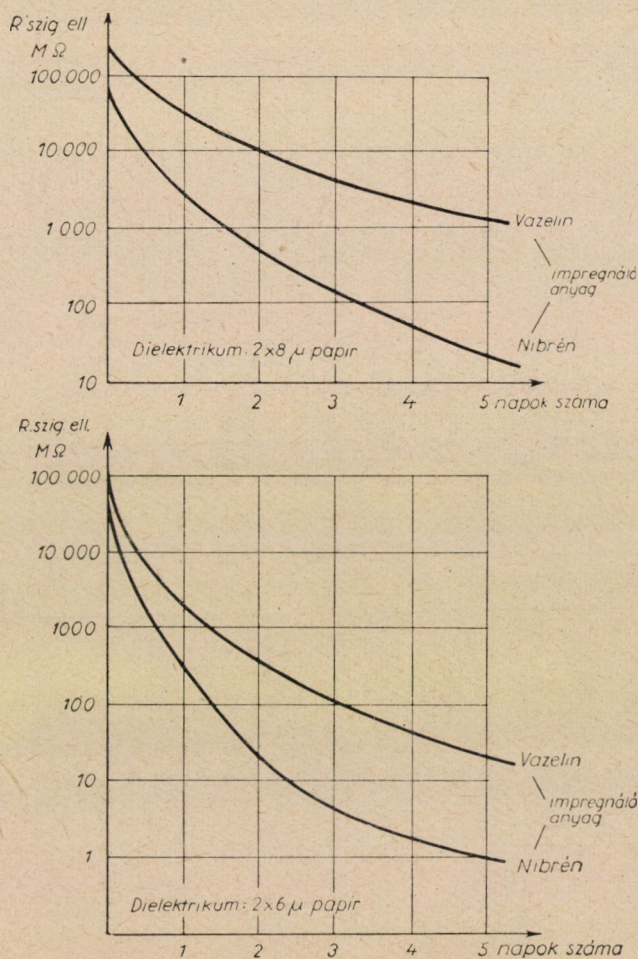
méretezettek. A gyorsított élettartam vizsgálatot pedig 400 V váltófeszültséggel végeztük  $+70 \text{ C}^\circ$ -on. Az ábrán a darabszám csökkenése látható a terhelési idő függvényében.

Természetesen magas hőmérsékleten és nagy feszültség mellett a különböző impregnálóanyaggal átítatott kondenzátorok az impregnálóanyagok tulajdonságainak különbözőségéből kifolyólag eltérően viselkednek. A szigorú követelmények kielégítése a kis dielektromos állandóval rendelkező nem poláros impregnálóanyaggal, mint pl. olaj, vazelin, ez könnyen teljesíthető. Más



azonban a helyzet a poláros impregnálóanyagok alkalmazása esetén. Nézzük meg irodalmi vonatkozásban az átütés mechanizmusát.

A 10. ábra poláros impregnálóanyaggal átítatott papirkondenzátorok veszteségi tényezőjét mutatja a hőfok függvényében. Az 1 görbének megfelelő

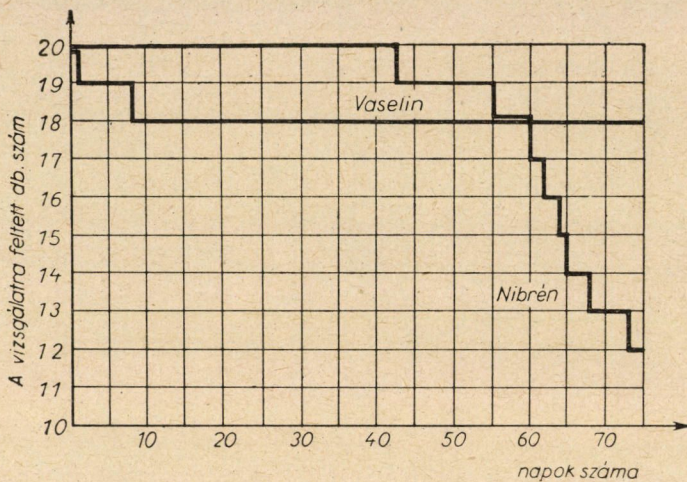


8. ábra. Kondenzátortekercs szigetelési ellenállásváltozása. Környezet: zárt edény, alján desztillált vízzel  $25 \pm 5^\circ C$

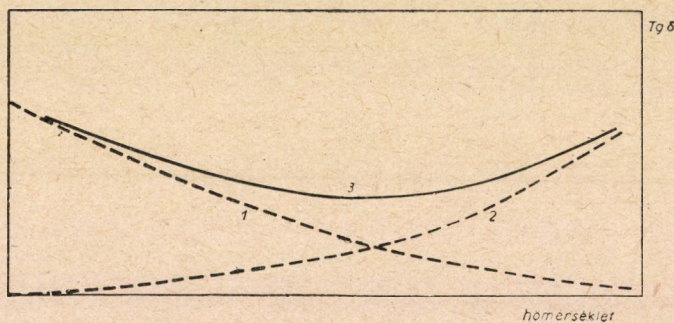
kondenzátor  $17 V/\mu$  terhelés mellett néhány óra múlva átütött. A 2 görbe tulajdonságainak megfelelő kondenzátor 90 óra után és a 3 görbének megfelelő kondenzátor 1000 óra terhelés után sem ütött át. Az ábrán látható görbéből egyértelműen megállapítható: a kondenzátorok élettartama szoros összefüggést mutat a hőmérséklet függvényében felvett veszteségi tényező értékével.



Mérésekkel lehet igazolni, hogy a kondenzátor élettartamát, pontosabban az átütés bekövetkeztét nagymértékben befolyásolja a hőmérsékleti instabilitás. A kondenzátorok wattban kifejezhető dielektromos veszteségei olyan



9. ábra. Hengeres porcelánsöves kondenzátor, 50 Hz szinuszos váltóáramú terhelés. Átütési görbe



10. ábra. A papír tg  $\delta$  változása a hőmérséklet függvényében

áramnak felelnek meg, amely fázisban van a feszültséggel és az hővé alakul át. A hővé átalakuló teljesítményt az ismert

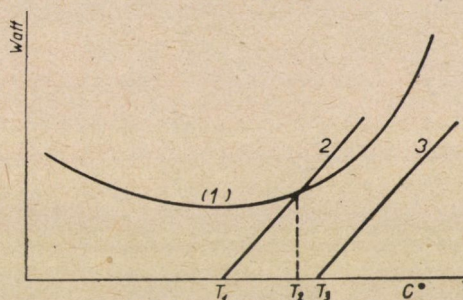
$$W = U^2 \cdot C \cdot \omega \cdot \text{tg } \delta$$

kifejezés alapján lehet számítani. Illetve, ha ismerjük a  $C$  és  $\text{tg } \delta$  hőmérséklet-től való függését, akkor a hővesztésnek megfelelő teljesítményt ábrázolni tudjuk a hőmérséklet függvényében. Vagyis grafikus ábrázolással szemléltethetően vizsgálhatjuk terhelés alatt levő kondenzátor hőmérsékleti egyensúlyi állapotát.



A 11. ábrán 1 görbe ábrázolja egy kondenzátor veszteségi teljesítményét a hőfok függvényében. Amennyiben a kondenzátor hőmérséklete magasabb a környezet hőmérsékleténél, akkor a kondenzátor sugárzás útján hőt ad át. A hőtadás ugyancsak az ábrán látható a  $T_1$  hőmérsékleti értékből kiinduló egyenesen. A teljesítmény arányos a kondenzátor és a környezet hőmérséklet különbségével. Az arányossági tényező azonban minden tekercselési típusra más és más, mivel az különböző jellemzőktől függ. Így pl. elsősorban a kondenzátor felülete és a térfogata közötti aránytól.

A  $T_1$  hőmérsékleti pontból kiinduló egyenes a  $T_1$  pontban rögzített hőmérsékleti ponthoz tartozó kisugárzó teljesítmény értéket, melyet a kondenzátor hő alakjában ad át környezetének. Az 1 görbe és 2 egyenes metszés-



11. ábra. Elektromosan terhelt poláros impregnálóanyaggal átitatott papirkondenzátor termikus egyensúlyi karakterisztikája

pontja adja a hőmérsékleti egyensúlyi helyzetet, amikor is a kisugárzott teljesítmény megegyezik a keletkező hőteljesítménnyel. Magasabb környezeti hőmérséklet esetén ( $T_3$  hőmérsékleti ponthoz tartozó egyenes), ahol a veszteségi teljesítmény görbe erősebben emelkedik, egyensúlyi helyzet már nem következik be. A kondenzátor hőmérséklete állandóan emelkedik, egy bizonyos hőmérsékleten túl ionizáció indul meg és hamarosan bekövetkezik az átütés.

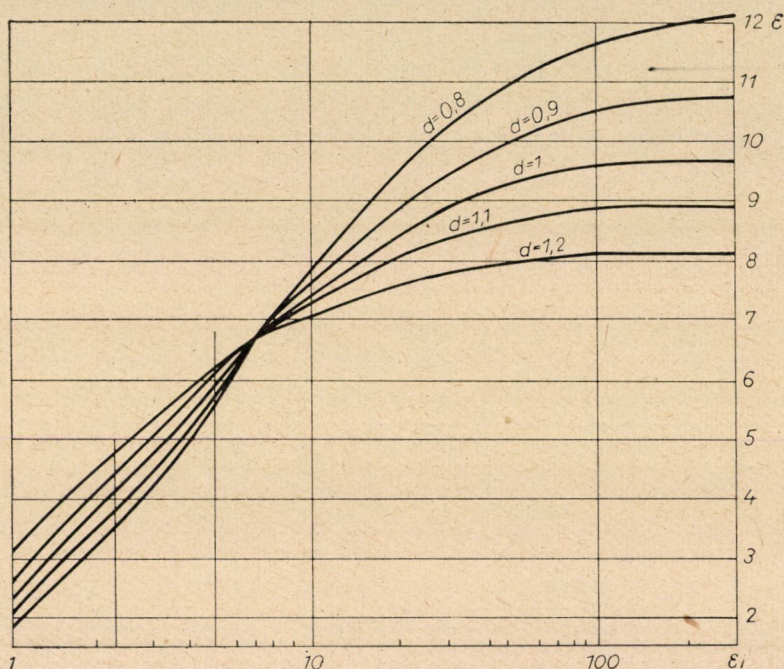
A valóságban természetesen ez a folyamat sokkal bonyolultabb. A kondenzátortekercs hőmérséklete általában nem mindenütt azonos. Ahhoz, hogy a tekercs belsejében a hőmérséklet egyenletességet is figyelembe vehessük, nagy tekercsek készítésére lenne szükség, ahol szondák segítségével lehetne ellenőrizni a hőmérsékletet.

Hűtési szempontból nagyon lényeges a tekercs alakja is. Lapos kondenzátortekercs példájában a terhelés kezdetén az egész kondenzátor hőmérséklete kb. egyenletesen melegszik fel. Amint a környezet hőmérsékletét elérjük, megindul a hősugárzás és a felülethez közelebb levő rétegek gyorsabban hűlnek le. A tekercs külső és belső részei között hőmérsékleti különbség keletkezik. Mivel a kondenzátor veszteségi tényezője a hőmérséklettel növekszik, ezért az állandó üzem a veszteséges helyen további túlmelegedést fog előidézni.



Jelen esetben a lapos tekercsnek a belseje a nagyobb hőmérséklet következtében nagyobb igénybevételt jelent a dielektrikum számára és így az átütési veszély a tekercs belsejében fokozott alakban fennáll.

Sokkal kedvezőbb a helyzet olyan henger alakú tekercseknél, ahol egy cső van a kondenzátor belsejében. Főleg folyékony impregnálóanyag alkalmazásakor a tekercs belső felületén is bizonyos hűtéssel lehet számolni, ez ter-



12. ábra. Impregnált papír dielektromos állandójának változása az impregnálóanyag dielektromos állandójának függvényében

mészeteszen nem azonos a kondenzátor külső hűtésével. Mindezek csak hangsúlyozzák, hogy nagy élettartamú kondenzátorok konstrukciójának elkészítésénél a hőmérsékleti egyensúlyi helyzet tisztázása a lehetőségeknek megfelelően nagyon fontos.

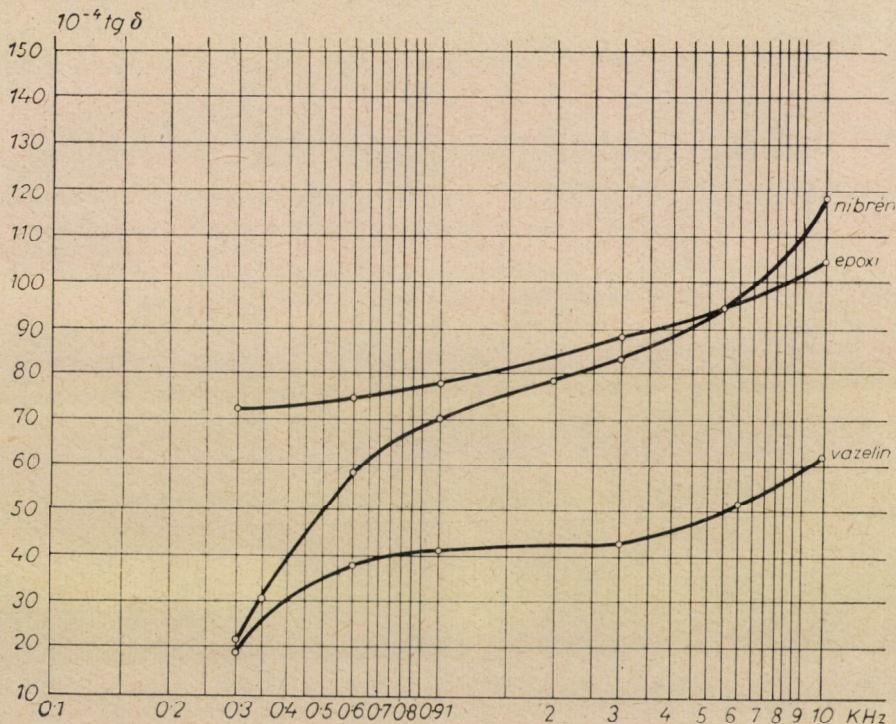
Már láttuk, hogy a (dielektromos) veszteségi tényező milyen összefüggésben van az élettartammal. Ebből kifolyólag nem elhanyagolható, hogy milyen tényezők befolyásolják a veszteségi tényezőt. A miniatűrízálás vonalán haladva első tekintetre kézenfekvőnek látszott az az út, hogy nagyobb dielektromos állandójú anyagot kell alkalmazni.

Általában azonban nagyobb dielektromos állandóhoz nagyobb veszteségi tényező tartozik, s ezzel főleg magasabb hőmérsékleten és elektromosan erősen igénybe vett kondenzátorok konstrukciójánál legalább olyan mértékben kell



számolni, mint a dielektromos állandóval. Az irodalomból ismeretes, hogy még a felhasznált papír sűrűségét sem lehet elhanyagolhatónak venni, mivel adott dielektromos állandójú impregnálóanyag és adott minőségű papír esetén az impregnált papír veszteségei fordítottan arányosak az anyag sűrűségével.

A 12. ábra az impregnált papír dielektromos állandójának változását mutatja az alkalmazott impregnálóanyag dielektromos állandója függvényé-



13. ábra. Különböző impregnálóanyagokkal itatott papírkondenzátorok veszteségi tényezője szobahőmérsékleten

ben. A dielektromos állandó változása különböző papírsűrűségek esetén is fel van tüntetve. A görbékből látható, hogy olyan impregnálóanyagok alkalmazásakor, amelyek dielektromos állandója közel azonos a papír dielektromos állandójával, a sűrűség változtatásával sokkal kisebb mértékben befolyásolhatjuk az impregnált papír dielektromos állandóját, mint a kisebb dielektromos állandójú impregnálóanyagok alkalmazásakor. Megemlítem, hogy bár a nagy-sűrűségű papír nagyobb biztonságot nyújt az átütés ellen, a kísérletek azt bizonyítják, hogy az általunk használt kb. egységnyi sűrűségű papírok a kondenzátor gyártásnál minden szempontból megfelelnek.

Az újabb impregnálóanyagok közül megemlítjük az epoxigyantát, mely elég sok jó tulajdonsággal rendelkezik. Ezek között megemlítjük nagy átütési szilárdságát, nemcsak impregnálóanyagként, hanem burkolóanyagként való felhasználhatóságát, jó nedvességállóságát stb.

A 13. ábra különféle impregnálóanyagokkal itatott papírkondenzátorok veszteségi tényezőjét mutatja szobahőmérsékleten. Összehasonlításként a nibrén, epoxigyanta és vazelin impregnálóanyagokkal végeztük el a méréseket. Az ábrából világosan megállapítható, hogy az epoxigyantával impregnált kondenzátorok veszteségi tényezője kevésbé függ a frekvenciától, mint a nibrénnel impregnáltaké. Megállapítható azonban, hogy a vazelin veszteségi tényezője jobb az epoxigyantáénál.

Az epoxigyantának burkolóanyagként való felhasználhatósága papírcsőves kondenzátorainkhoz viszonyítva nemcsak minőségi előrehaladást, de méretcsökkentést is jelent. Kísérletek folynak a kisfeszültségű (63 V) epoxigyantás kondenzátorok kifejlesztésére is.

A tranzistor áramköri felhasználásban alkalmazandó kondenzátorok feszültségi értékei egyrészt a 10 V körüli értéktartományra, másrészt az 50 V körüli értéktartományra esnek. Az előbbi felhasználásra a szubminiatűr elektrolitkondenzátorok, az utóbbira az említett epoxigyantás, de még inkább a lakkfilmkondenzátorok alkalmasak.

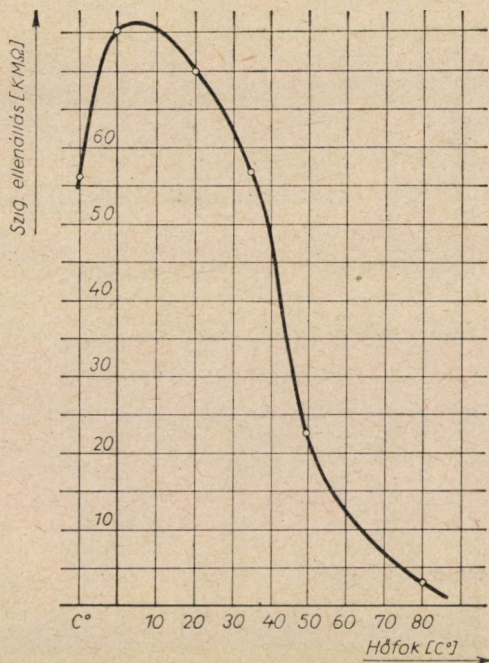
### Lakkfilmkondenzátorok

A kondenzátorok kidolgozása körül főleg a vékony lakkréteg előállítása miatt adódnak nehézségek. Mint ismeretes, a lakkfilmkondenzátorok előállításánál úgynevezett hordozórétegre viszik fel a dielektrikumként alkalmazandó mikron vastagságú lakkréteget. Az így előállított dielektrikumra vákuum gőzölési eljárással lehet felvinni a fémfegyverzetet. Természetesen ebben az esetben a fegyverzetek kivezetésének megoldása csak a fémezett-papírkondenzátoroknál már alkalmazott eljárással lehetséges.

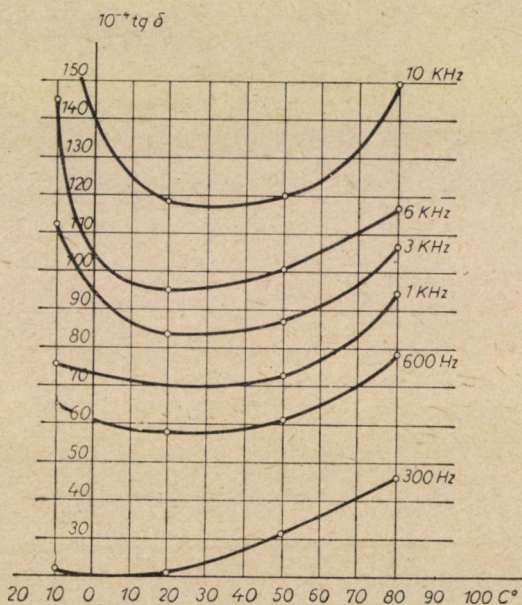
A lakkfilmkondenzátorok előállítása történhet a hordozóanyag bennhagyásával, vagy a lakkrétegnek a hordozóanyagról való leválasztása után, csak a fémezett lakkréteg tekerceselésével. Külföldi irodalmi adatok alapján 2,5  $\mu$  vastag lakkréteg előállítása leválasztás útján már semmi nehézséget nem jelent.

Lakkfilmkondenzátorok előállítására a kísérleteket fejlesztési osztályunkon is megkezdtek. Az általunk előállított kondenzátorok külföldről kapott Desmodur-Desmofen lakkal bevont fémfóliából készültek. A felhasznált lakkozott fólia mindkét oldalán 3—3  $\mu$  lakkréteg van. Ez annyit jelent, hogy a fólia kondenzátorra való összetekercselése alkalmával a dielektrikumot  $2 \times 3 \mu$ -os lakkréteg alkotja. A lakkozott fémfólia vastagsága 6  $\mu$ .





14. ábra. Lakkfilmkondenzátorok szigetelési ellenállása a hőmérséklet függvényében



15. ábra. Lakkfilmkondenzátor veszteségi tényezője a frekvencia és a hőmérséklet függvényében



A 14. ábra a fent említett lakkozott fóliából készült kondenzátorok szigetelési ellenállását mutatja a hőmérséklet függvényében.

A 15. ábra a lakkozott fóliából készült kondenzátorok veszteségi tényezőjét mutatja a frekvencia és a hőmérséklet függvényében.

Mint a fent említett vastagsági méretekből következik, a  $6 \mu$  vastag fémfóliára kétoldalt felvitt  $3-3 \mu$  lakkréteg térfogati előnyöket nem jelent a fémezett-papírkondenzátorokhoz viszonyítva, ahol az alkalmazott legvékonyabb dielektrikum vastagság  $8 \mu$  és az alkalmazott fémfegyverzet max  $0,01 \mu$ .

További méretcsökkentés azonban a  $2-2,5 \mu$  vastagságú dielektrikum és gőzölési eljárással felvitt fémfegyverzet alkalmazásával biztosítható.

Az eddigiekben megemlített miniatűr alkatrészeken kívül még több tranzisztorköri és nyomtatott áramköri alkatrész kidolgozása van folyamatban, aminek részletezésére itt nem térek ki.

Az egyes alkatrészekkel kapcsolatban elmondott néhány kérdés bizonyos képet ad a miniatűrizzálással kapcsolatos problémákról. A követendő cél természetesen megtalálni a helyes utat, az olyan látszólag ellentmondó követelmények kielégítésére, mint az állandóan fokozódó mértékben megkívánt méretcsökkentés és az alkatrészek megbízhatóságának, raktározhatóságának, az elektromos tulajdonságok időbeli állandóságának biztosítása.

#### IRODALOM

- P. HENNINGER: Entwicklungsprobleme der Miniatürbauelemente. NTF. 6. 1957.  
 H. STRÄB: Selbstheilende Kondensatoren. NTF. 6. 1957.  
 I. COQUILLION: Condensateurs au papier imprégné de pyralène pour le courant alternatif. Électricité. 1956.  
 DR. M. FALTER, H. HENNINGER, DR. E. HEIBER: Schichtwiderstände... NTZ. 4. 11. 1954.

#### HOZZÁSZÓLÁSOK

LŐRINCZ IMRE:

A rendkívül vékony filmmel való manipuláció érdekében célszerű a filmet hordozóanyagra felvinni és a kondenzátorgyártási folyamat egy későbbi fázisában arról leválasztani. A lakkfilm leválasztása a hordozóról nem jelent különösebb nehézséget, ha megfelelő hordozóanyagot (szalagot) alkalmazunk, vagy pedig a lakkréteg felvitele előtt a hordozóanyagot egy közbeeső, az elválasztást megkönnyítő réteggel vonjuk be. Általában az utóbbi megoldás bizonyul jobbnak, mert a hordozóanyaggal szemben az elsődleges követelmény a megfelelő szilárdság. A leválasztás egyik jó módszere szerint a kész szalagot (amely a következő rétegekből van: hordozóanyag, leválasztó réteg, lakkfilmréteg, fémréteg) egy forgó orsó felületén vezetjük el úgy, hogy a film van az orsó felé fordítva. A filmet valamilyen módszerrel az orsóhoz kell ragasztani, a hordozót pedig egy következő orsóra feltekerni.

Ilyen módon, amennyiben a film viszonylag könnyű elválása biztosított, a fémezett film a forgó orsóra feltekeredik.

Az egyenletes vastagságú és hibahely-mentes film előállítása nemcsak az alkalmazott filmképzőanyagától függ, hanem az ahhoz alkalmazott oldószertől, a koncentrációtól és nem utolsósorban a felvitel módjától is. Lehetséges a filmréteg folytonos felvitele és szárítása egy műveletben is. Vizsgálódásaink alapján nem látszik kilátástalannak a lakkréteg felvitele a fémfóliára elektrosztatikus módszerrel sem. Ezt a módszert a lakktechnikában alkalmazzák, és ezzel, úgy látszik, egyenletes vastagságú filmréteg állítható elő.

A sok gyártási nehézséget mérlegelve előnyösnek látszik kész lakkozott fémfóliából gyártani kondenzátort. Ez egy híradástechnikai alkatrészgyár szempontjából vonzóbbnak látszhatik, mint lakkfilmréteget állítani elő.

KATONA JÁNOS:

A szubminiatűr kivitelű elektrolitkondenzátorok fizikai és villamos jellemzői közül ki kell domborítani a kondenzátorok igen kicsiny átvezetési áramát. Ez a 6/8 V, 10  $\mu\text{F}$ -os kivetelnél átlag 0,3—0,4  $\mu\text{A}$ , ami a 0,005—0,007  $\mu\text{A/V}$ ,  $\mu\text{F}$  fajlagos értéknek felel meg. Ez az előírt szabvány határértéknek csak kb. 1/15—1/20-a. A nyugatnémet és az amerikai gyártású tantál kondenzátorokon ennek az átvezetési áramnak 2—3-szorosát mértük.

A mi vizsgálataink is azt mutatták, hogy a poláros klórozott naftalinnal, nibrénnel impregnált kondenzátorok villamos stabilitása és élettartama sokkal rosszabb, mint az apoláros olajjal vagy cerezinnel impregnáltaké. Vizsgálatainknál azonban az a különbség mutatkozott, hogy a kondenzátorok egyenfeszültség alatt mutattak rövid élettartamot, váltakozó feszültség alatti terhelésnél nem. A műsorvevő rádió és a televíziókészülékekben az esetek túlnyomó többségében egyenfeszültség és esetleg erre szuperponált kis váltakozó feszültség fordul elő. A tönkremenés oka ez esetben döntő mértékben az impregnálóanyag elektrokémiai bomlása; a melegedésnek igen kis hatása van. Az ilyenkor fejlődő meleg az alkalmazott kapacitás értékek, feszültségek mellett legkedvezőtlenebb esetben is csak néhány  $\mu\text{W}$ , ami a hőmérséklet emelkedésében ki sem mutatható. Az előadó megmondolásai erősáramú nagykapacitású, viszonylag nagy változó feszültség alatt és impulzus üzemben működő kondenzátorokra vonatkoznak. Ezeknél a kondenzátoroknál befolyása van a veszteségi tényező nagyobb értékeinek a melegedésre és a kondenzátorok hőegyensúlyának megbomlására.

Az eddigi kísérletek azt mutatják, hogy az epoxigyantával impregnált kondenzátorokkal 50—60 V alsó üzemi feszültség határig fogunk tudni eljutni. A tranzisztor áramkörökben azonban 1,5—10 V kollektor és 10—30 V emitter feszültséggel kell számolnunk. Erre a célra kis veszteségi tényezőjű kondenzátorként a lakkfilmkondenzátor jöhet számításba. E kondenzátor gyártási módja merőben eltér minden eddigi gyártottal szemben.

Az elektrolitkondenzátoroknál, de különösképpen a miniatűr kisfeszültségű kondenzátoroknál az anód- és katódoldalon lejátszódó jelenségek meglehetősen bonyolultak. A  $\text{tg } \delta = \omega \cdot C \cdot R$  összefüggés csak első közelítésben állja meg a helyét, amidőn is az összes veszteségi ellenállásokat egy soros ellenállással helyettesítettük. A kondenzátor helyettesítő villamos sémája azonban lényegesen bonyolultabb, mint ez az egyszerűsített forma.

Itt figyelembe veendő a polarizációs, a természetes oxidréteg okozta kapacitás, az elektrolit tartó papírbetét diafragma ellenállása, a kiformált réteg pórusos szerkezete miatt ható diffúz kapacitás, a mart felület egyes üregei kapacitásának toldalékos veszteségi ellenállása stb. Ezért van az, hogy kétszer akkora ellenállású elektrolit nem kétszer akkora veszteségi tényezőt fog eredményezni, mint azt fenti összefüggéstől várnók. Az egyes tényezők hatását külön-külön igen nehéz és csak bizonyos közelítésekkel lehet meghatározni.

PICHLER FERENC:

A miniatűr elektrolitkondenzátorok látszólagos kapacitását és veszteségét a katód polarizáción kívül még egy másik tényező is befolyásolja, amely a nagy fajlagos felületi kapacitású anódok használatakor szükséges nagy vezetőképességű elektrolitoknál is jelentkezik. Ha egy bórsavra nézve nagy töménységű elektrolitot a vezetőképesség növelése céljából fokozatosan glikollal hígítunk, a növekvő disszociáció és a csökkenő viszkozitás következtében a fajlagos ellenállás először csökken, majd további hígításra — mikor már csökkenni kezd a térfogategységre eső áramhordozó ionok száma — ismét növekedik. Ha egy nagy fajlagos felületi kapacitású anódlemez kapacitását és veszteségét mérőcellában a fenti hígítási sorozatból vett azonos  $R$  értékű, de különböző hígítású elektrolitokban mérjük, kitűnik, hogy  $tg \delta$  értéke nem  $R$ -rel arányosan változik, mint ez a  $tg \delta = \omega \cdot R \cdot C$  képletből következne. A hígítás mértékének növekedtével  $tg \delta$  az  $R$ -nél rohamosabban nő, a kapacitás pedig csökken. Ez az összefüggés azonos minőségű tekercsekben készített kondenzátoroknál is érvényesnek bizonyult. Ezt az eltérést szerintünk a koncentrációs kapacitás keletkezése okozza. Az elektrolitkondenzátort polarizálva a tér hatására anionok vándorolnak a folyadék belsejéből az anód környezetébe és a feszültségtől, valamint a réteg vastagságtól függő töltéssűrűségű diffúz fegyverzetet hoznak létre. Ugyanígy kation-fegyverzet jön létre ( $H^+ NH_4^+$ ) a katód vékony oxidrétege előtt is. Ezzel egyúttal töltések koncentráció különbsége jön létre az anion, illetve kation-fegyverzet és az elektrolit belseje között: ez a két különböző töltéssűrűségű réteg az elektrodák kapacitásával sorosan kapcsolt kapacitást képez.

Minél kisebb a térfogategységben levő ionok száma, annál kisebb mértékben töltődhetnek fel — adott feszültségen — a fent említett folyadék-fegyverzetek, tehát annál kisebb lesz a mérhető összkapacitás és annál nagyobb a koncentráció különbségek létrehozásához szükséges munka, tehát veszteség is. Ha ellenben az üzemi elektrolit nagy feleslegben tartalmazza az ionképző gyenge elektrolitot (pl. glikolban oldott glikol-bórsav ammóniumsója), nem mutatkozik nagyobb mérvű ionelszegényedés a folyadék belsejében, mert az elektrodákhoz vándorló ionokat a bomlatlan molekulák disszociációjából származó anionok pótolják a tömeghatás törvényének értelmében:

komplex anion +  $NH_4$  (bomlatlan komplex só = konst.) szükséges követelmény tehát, hogy az üzemi elektrolit az ionképzőre nézve túltelített legyen (a hígítás-ellenállás görbe leszálló ágán kell maradni).

A folyadékfegyverzetek töltéssűrűségének diffúzió útján való csökkenésével magyarázható továbbá a kondenzátorok feltöltés után mért kapacitásának és veszteségének csökkenése az idő függvényében. Ezeknek a tényezőknek befolyásuk van a kapacitás és veszteség frekvenciafüggésének alakulásában is.



## CZEGLÉDY KÁROLY:

A miniatűr alkatrészek terén elért eredmények között figyelemre méltó az a körülmény, hogy a méretek csökkenésével az alkatrészek stabilitása és időállósága nem romlott, sőt egyes paraméterek javulást mutatnak. A vizsgálatok szerint miniatűr papírkondenzátorok átütési szilárdsága a tárolási idő függvényében romlik. Ez a vizsgálat azonban nem nyújt tiszta képet arról, hogy az átütés csak a dielektrikumnak az öregedése következtében beállott romlása vagy a tárolási idő alatt többször megismételt átütési szilárdságvizsgálat következtében jött-e létre.

Célszerű lenne olyan vizsgálati módszer bevezetése, amelynél az átütés előtti ionizációs jelenséget használnák fel. A vizsgálati feszültséget csak az ionizáció bekövetkeztéig kellene növelni. Ebben az esetben a fegyverzetek közötti szigetelőanyagok nem szenvednek károsodást, így hosszú ideig figyelemmel lehet kísérni a kondenzátor öregedését anélkül, hogy át kellene ütni. Az ionizációval gerjesztett kisüléseket nagyfrekvenciás vevőkészülékkel jól lehet indikálni.

## NEUHOF SUSKI LÁSZLÓ:

A miniatűr 0,05 és 0,1 W-os ellenállások említett  $100 \Omega$  —  $0,1 M\Omega$ -ig terjedő — értéktartományát ki lehetne bővíteni bórkarbonréteg alkalmazásával. Ez a kis ohmértékek felé minden további nélkül lehetséges, sőt előnyös is, ilyen kísérleteket a HIKI Alkatrész Laboratóriumában már végeztünk is. Az ellenállás értéktartomány kiterjesztése érdekében a nagy ohmértékek felé nagyobb börtartalmú réteggel kísérletezhetünk, tekintve, hogy ezeknél az ellenállásoknál nem a  $TK$  a legjelentősebb tényező. Kristályszénréteg alkalmazásakor a krakkolási paraméterek célszerű beállításával és utókezelések alkalmazásával lehet megfelelő minőségű vékonyabb réteget előállítani egy bizonyos határig. Gondolnunk kell azonban a finom-köszörülés adta lehetőségekre is.



# A HÍRADÁSTECHNIKÁBAN ALKALMAZOTT ÚJTÍPUSÚ PRIMER ÁRAMFORRÁSOK

MATÓK GYÖRGYNÉ  
TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET

## Bevezetés

A híradástechnikai ipar gyártmányai között egyre több könnyűsúlyú és kisméretű hordozható készülék jelenik meg. A hordozható készülékekkel szemben egyre nagyobb igényeket támasztanak, főképpen mióta az alkatrészek miniatürizálása és a tranzisztorok fejlesztése terén elért eredmények jelentős méret- és súlycsökkenést tettek lehetővé. A hordozható készülékek áramforrásainak — mind a primer elemeknek, mind pedig az akkumulátoroknak — lépést kell tartaniok a fejlődéssel. Természetes tehát, hogy ezek fejlesztésére is széleskörű kutató munka folyik világszerte. Ezen előadásban a híradástechnikában alkalmazott primer elemek fontosabb típusaival fogunk foglalkozni.

Gyakorlatilag a galvánelem annál értékesebb, mennél nagyobb a wattóra kapacitása, tehát mennél nagyobb és egyenletesebb feszültségű és intenzitású áramot mennél hosszabb ideig képes szolgáltatni. Hordozható készülékekben különösen fontos a súly, illetve térfogategységre eső energiatartalom, azaz a wattóra/g, illetve wattóra/ccm érték, továbbá az elemek tárolhatósága. Az egyes elemekből nyerhető feszültség és áram nagyságát és ezek folyamatosságát a felhasznált anyagok elektrokémiai jellemzői (fajsúly, egyenértéksúly, normál potenciál, depolarizáló képesség stb.) és — mivel a folyamatok csak az elektródák felületén mehetnek végbe — az elemek konstrukciója szabják meg.

Még ma is nagy gyakorlati jelentősége van a LECLANCHE-elemnek, amely 1856 óta uralkodó jelentőségű, természetesen úgy, hogy közben az alaptípust állandóan fejlesztették. A fejlesztés kétirányú volt. Egyrészt vonatkozott új gyártási eljárások bevezetésére, mint például a cink káros korrózióját gátló amalgámzás, a depolarizátorbabák burkolása, az ún. megfoghatatlan grafit ( $10\ \mu$ -nál kisebb részecskék) és a mesterséges mangándioxid alkalmazása. A fejlesztés másik iránya az elem konstrukciójában jelentkezett a lapos cellák bevezetésével. Ezeknél a hatóanyagok jobb kihasználása folytán megnövekedett a súlyegységre eső energiatartalom. Kifejlesztették ezen elemtípus fagyálló változatait is, megfelelő elektrolit alkalmazásával. Főleg kalciumklorid, litiumklorid és szerves sókkal, például methilaminklorhidráttal értek



el kedvező eredményeket. (A fagyálló LECLANCHE-telepek hazai fejlesztésével az Akkumulátor-gyárban foglalkoznak.)

### Újabb, nagy energiatartalmú elemtípusok

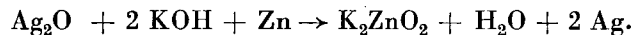
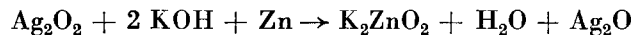
A LECLANCHE-rendszerek — ide tartozik a Pertrix-rendszer is —, ahol az elektrolit szalmiáksó helyett mangán, kalcium- és cinkklorid széleskörű elterjedésük ellenére sem adnak módot a korszerű híradástechnikában megkövetelt miniatürizálásra. A fokozott igényeket csak olyan modern rendszerek elégíthetik ki, melyek térfogategységnyi energiatartalma többszöröse a LECLANCHE-, illetve *Pertrix*-típusoknak.

Ezek közül ismertetünk néhány típust, részben irodalmi adatok, részben saját munkáink alapján.

### Irodalmi adatok alapján ismertetett típusok

Az *ezüstperoxid-cink* rendszerű, nagy kapacitású elemek, a töltőelemek csoportjába tartoznak, azaz a gyártásból száraz állapotban kerülnek ki és közvetlenül a felhasználás előtt aktiválják azokat elektrolit feltöltéssel.

Az elektród reakció mechanizmusa még nem tisztázott, de az alábbi folyamat a legvalószínűbb:



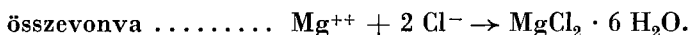
A cink anód rendszerint ezüstrácsra pasztázott cinkpor, az ezüstperoxid katód pedig ezüstsó redukciója, majd elektrolites oxidációja útján készül.

Az elem főleg a pozitív hőmérsékleti tartományban, kb. 85 C°-ig alkalmazható. Specialitása, hogy nagy kisütő áramsűrűség (1–2 A/cm<sup>2</sup>) esetén is folyamatosan igénybe vehető. Tárolhatósága száraz állapotban korlátlan, aktivált állapotban azonban csak mintegy 72 óra hosszat tárolható.

Tudomásunk szerint ezen elemeket a kereskedelem számára még nem készítik.

Az *ezüstklorid—magnézium* töltőelemek alacsonyabb hőmérsékleti tartományban is jól működnek. Kereskedelmi forgalomban 1943 óta kaphatók. Ezeket a vízzel aktiválható telepeket elég nagy áram- és energiateljesítmény, állandó feszültség, kis súly és aktiválatlan állapotban hosszú tárolási élettartam jellemzi.

Az elem kisütésekor a következő reakció játszódik le:



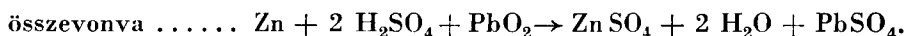
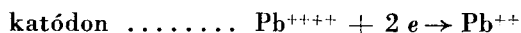
A reakciók igen gyorsan mennek végbe, az elem teljes feszültsége és áramszolgáltató képessége a vízzel történő aktiválás után gyorsan kialakul. Mivel az ezüstklorid fémzüstté redukálódik, a depolarizátor massa elektromos vezető-képessége a kisütési reakció előrehaladásával párhuzamosan növekszik, ezért az elem üzemi feszültsége állandó értéken marad. Amikor az ezüstklorid teljesen fémzüstté redukálódott, a feszültség hirtelen csökken.

Az elemek szerkezete a felhasználás célja szerint különböző. A rendkívül nagy áramsűrűségekkel történő kisütés céljára készített elemek anódját vékony magnéziumlemez, katódját pedig ezüstlemez képezi, utóbbi felületét elektrolitos úton kialakított ezüstklorid réteg borítja. Kisebb áramsűrűség esetén a depolarizátor hengerelt ezüstkloridlemezből, az anód vastagabb magnéziumlemezből van.

Az ezüstklorid—magnézium telepeket — mint a töltőtelepeket általában — speciális célokra használják: rádióberendezések vérsztartalékkaként, hajótöröttek mentésére szolgáló, iránykereső, repülőgépeken alkalmazott elektronikus berendezésekben stb.

Az ólomoxid—cink töltőelemeket a második világháború alatt főleg katonai célokra fejlesztették ki. A rendszert már 1843 óta ismerték, gyakorlatilag azonban nem használták, mert negatív polarizációs hatások, erős gázfejlődés és rossz tárolási élettartam következtében működése nem volt kielégítő.

Az elemekben a következő reakciók mennek végbe:



A gázfejlődés csökkentése végett újabban anódként elektrolites cinklemez alkalmaznak amalgámozott alakban. A negatív lemez teljesítménye erősen függ az alkalmazott felület-előkészítő eljárásoktól.

Mivel a katódos reakciótermék oldhatatlan, a pozitív lemeznek olyan porozitással kell rendelkeznie, hogy a reakciótermék ne zárja el a lemeznek a reakció során még át nem alakult részeit, ezért rendszerint ötvözött ólomrácsba préselt ólomdioxid a pozitív lemez. Míg az ólomoxid előállítás módja a kezdeti kapacitást befolyásolja, addig az ólomötvözet összetétele a tárolási élettartamra van nagy hatással. A felhasználandó szeparátornál főként két szempontot kell figyelembe venni: egyrészt a felhasználandó anyagnak kis ellenállással kell rendelkeznie, másrészt szabad utat kell biztosítani a negatív lemezen felszabaduló gáz számára. Külföldön eredményesen alkalmaztak szövött műanyagszitát és porózus papírt, hazai viszonylatban pedig PESTY László szabadalma alapján szilikagélre kicsapott PVC-t. A töltő-elektrolit

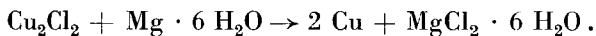
kénsav, amelynek optimális töménységét két egymással ellentétes szempont szabja meg. Nagyobb töménység a pozitív lemezzel kapcsolatban nagyobb hatásfokot eredményez, de megnöveli a negatív lemez polarizálódását, míg kisebb töménység esetén ennek fordítottja következik be.

Az elem alkalmazhatóságának határt szab a hőmérsékleti hatásokkal szembeni érzékenysége.

### Saját kísérleteink alapján ismertetett típusok

A hőmérsékleti hatásokkal szemben lényegesen érzéktelenebb a *rézklorid—magnézium rendszerű töltőelem*. Ezt, továbbá az említett töltőelem-típusokat megvizsgálva, figyelembe véve a súlyegységre eső energiatartalmat, tárolhatóságot, a kezelés egyszerűségét és nem utolsó szempontként a gazdasági lehetőségeket, egyik hazai kutatásunk céljából a rézklorid—magnézium rendszerű töltőelem kidolgozását tűztük ki a TKI Elektrokémiai osztályának laboratóriumában. Az elérendő célt a meteorológiai szolgálatban használt rádiószondák áramforrásaival szemben támasztott igények szabták meg, nevezetesen: a telepek kifogástalanul működjenek a légbalonnal történő feleresztés alatt bekövetkező  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten és 40 Hgmm nyomáson. A magnézium—rézklorid rendszer kisütési reakciója eléggé exoterm ahhoz, hogy nagy áramsűrűséggel végzett kisütés esetén olyan túlmelegedést idézzon elő, amely a külső alacsony hőmérsékletet kompenzálja a működés mintegy 90 perce alatt.

A reakció a következő:



A kisütési reakció gyorsan halad előre, ezalatt az elem feszültsége nagy értéken marad, majd a reakció befejeződésével az elem kimerülése hirtelen következik be.

Kutatásunk során meg kellett oldani a depolarizátormassza összetételét, készítményét, fajlagos mennyiségét és porozitását, illetve ezek optimumának megállapítását, a fajlagos terhelhetőségi görbe megfelelő kialakítását, az aktíváló elektrolit minőségét, a szeparátor vízfelvételek beállítását, megfelelő aktiválási idő és raktározhatóság biztosítását kielégítő fajlagos kapacitás mellett.

A rézklorid katódot pasztázott kivitelben találtuk legelőnyösebbnek, mivel az olvasztott katódtípushoz különlegesen kiképzett felületű rézlemez szükséges, ami gazdaságilag nem kedvező, a por alakú kuprokloridból préselt katód készítése pedig körülményes és nehezen reprodukálható. Kötőanyagként toluolban oldott polisztirolt alkalmaztunk.

A polisztirol mennyiségét a biztos kötéshez szükséges minimumra szorítottuk a cella belső ellenállásának kis értéken tartása végett. Ugyancsak a belső ellenállás csökkentése és az aktiválási idő leszorítása céljából vezető söt



kevertünk a depolarizátormasszába, így elértük azt, hogy az egyszerű aktiválási mód mellett is — ami csupán vízesap alá tartással, vagy vízbedobással végezhethető — kielégítő az elektrolit vezetőképessége.

A katódmassza porozitásának, azaz az aktív felületnek megnövelését az alkalmazott oldószer mennyiség helyes kiválasztásával értük el.

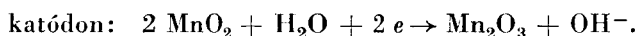
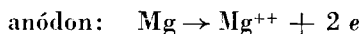
Hathónapos tárolási adataink nem mutatnak különbséget a friss állapotban történt kisütésekhez képest. Száraz állapotban légmentesen lezárva, telepeink normál hőmérsékleten elvileg korlátlanul tárolhatók.

A kutatást 1957 közepén indítottuk meg és ma már folyamatban van a kutatási eredmény ipari bevezetése. Egyik kidolgozott típusunk  $72 \times 50 \times 45$  mm méretben tartalmaz egy 40 V-os anód- és egy 1,5 V-os fűtőcellát, mely 90 percig szolgáltat 8 mA anód- és 260 mA fűtőáramot. Súlya vízzel együtt 125 g. A telep vizsgálatát részben a laboratóriumi berendezéssel — melyben a valóságos légköri körülményeknek megfelelő fokozatos lehűtést és ezzel paralel evakuálást tudunk produkálni — részben terepkísérletekkel végeztük.

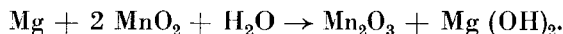
Foglalkozunk még *magnézium anódú szárazelemek* kutatásával is. (Az eddig ismertett típusokkal szemben ezeknél semminemű folyadékkal való aktiválás nem szükséges.) A magnéziumnak szárazelemek anódjaként való alkalmazása sok szempontból előnyös. Ha az elméleti számításokból adódó értékeket valóra lehetne váltani, 1 kilogramm magnézium háromszoros anód-feszültség mellett 2,7-szer annyi Aó-nak megfelelő árammennyiséget szolgáltatna, mint azonos súlyú cink anód. A magnézium gyártása az utolsó 25 év folyamán annyira tökéletesedett, hogy a magnézium ma már ár és utánpótlás szempontjából — ha nálunk nem is, de világviszonylatban — versenyképes egyéb fémekkel, mint például az alumíniummal és cinkkel.

A magnézium és a cink korróziósebessége között a magnézium rovására nagyságrendi különbség van. Ennek a hátránynak a kiküszöbölése a kutatás egyik legnagyobb problémája.

Az áramtermelő folyamat reakciói a következő módon írhatók le:



Az összevont reakció:



Első vizsgálatainkat az anód elektrolit és katód optimális összetételének megállapítására kísérleti cellában végeztük, mivel a kísérleti cella a paraméterek egyszerűsített vizsgálatát teszi lehetővé. Ezen vizsgálataink során kapott eredményeinket normál szerkezetű szárazelemek kis sorozatban készült laboratóriumi mintáiban fejlesztettük tovább.

Kísérleti cellákkal végzett vizsgálataink során már kezdettől fogva dolgoztunk tiszta fém-magnézium, és magnézium-ötvényzet anódokkal. Ötvöző anyagként alumíniumot, cinket, mangánt és kalciumot alkalmaztunk. Mind korrózióállóság, mind megmunkálhatóság szempontjából az AZ31 ötvözet adta a legjobb eredményeket.

Megvizsgáltuk a magnézium kémiai pácolásával kialakított korrózió védőrétegek hatását. Az alkalmazott pácfürdők közül kromát, magnézium-nitrát és kalciumfluorid tartalmúak bizonyultak hatásosnak.

Hatásosnak mutatkozott még az a kezelés, melynek során vékony speciális műanyaghárttyát képeztünk ki a magnézium felületén. A hárttya felvitelével a korrózió sebessége egyes esetekben 1:10 arányban is csökkent, anélkül, hogy a cella belső ellenállása megnövekedett volna.

A cellák katód anyagául egyrészt mangándioxidot, másrészt szerves vegyületeket (dinitro-, diklór-, dibrom- stb. benzolszármazékok) alkalmaztunk vezetőképesség növelő adalékokkal, illetve mindezen anyagok kombinációit. Kísérleteink szerint a szerves katódanyagok mind a fajlagos kapacitás, mind a reprodukálhatóság és a kisütési görbe alakját illetően kedvezőbb eredményt adnak.

A kisütési görbe ugyanis szerves katódanyagok esetén közel vízszintes és csak a hatóanyagok teljes elhasználódása után esik hirtelen.

Az elektrolit kiválasztásakor két egymással ellentmondó követelményt kell szem előtt tartani:

a) Az elektrolitnak biztosítani kell a magnézium nagy elektród potenciáljának kialakulását.

b) Az elektrolittal szemben a magnéziumnak eléggé korrózióállóknak kell lennie olyankor, amikor az elem nem ad áramot.

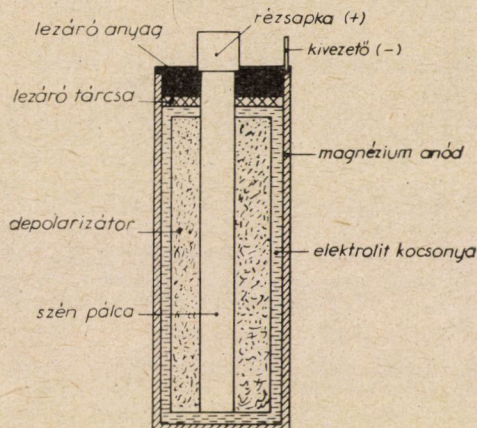
Kísérleteinkből megállapítottuk, hogy az alumíniumsó tartalmú elektrolit aktiválja legjobban a magnéziumot, használata azonban nem előnyös nagy korróziósebessége miatt. Alkalmasabb a perszulfát tartalmú elektrolit, mert ezzel a feszültség ugyan néhány tized V-tal kisebb, de sokkal állandóbb. Földalkáli-bromidokkal végzett kísérletek jó közepes eredményt adtak, a krómsavas magnéziumcella a leggyengébbek közé tartozik.

Kísérleti cellákban kapott eredményeinket hengeres alakú szárazelemek kis szériában történő szerelésével igyekeztünk reprodukálni.

Hengeres szárazelemek szerkezete hasonló a Pertrix-rendszerű rúdelemek konstrukciójához (1. ábra).

Hengeres szárazelem kísérleteink nem minden téren igazolták a kísérleti cellákban mért eredményeket. Ezt a kísérleti cellákban mindig meglévő elektrolitfelesleg, továbbá a szárazelemek légmentes lezárása miatt megváltozott körülmények magyarázzák. Például a perszulfát tartalmú elektrolit előnyeit nem tudtuk kihasználni, mivel nehezen kocsonyásítható, nedvszívó anyagba való felszívás esetén pedig károsan megnövekszik az elem ellenállása.

Végül is az előkísérletekkel ellentétben a földalkáli-bromidos elektrolit bizonyult legmegfelelőbbnek. Különböző mértékű korrigálásra szorultak a kísérleti cellák vizsgálata során optimálisnak talált eredményeink a többi alkatrészek-



1. ábra. Magnézium anódú szárazelem keresztmetszete



2. ábra. Megfelelő minőségű anódlemez kristályszerkezete megmunkálatlan és hőkezeletlen állapotban ( $N = 600\times$ )

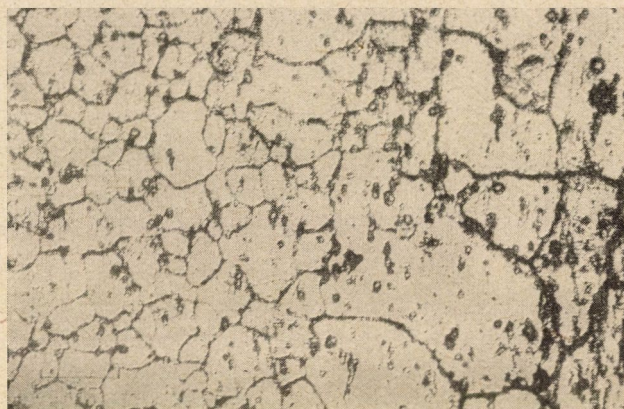
nél is, sőt a hengeres elemekkel végzett kísérletsorozataink számos új problémával állítottak szembe bennünket, mint amilyenek: konstrukciós megoldások, a massa elektrolittartalma, az elektrolit kocsonyásíthatósága, stabilitása stb.

Rúdelem kísérleteink egyik leglényegesebb eredménye az, hogy a magnézium ötvözetű anód fizikai állapota és kristályszerkezete döntő hatással van a szárazelem működésére. Az ötvözet homogenitása, keménysége, felületi sajátosságai fontosak a lokálkorrózió megakadályozása céljából. A 2., 3. és 4.



ábrákon közölt mikroszkópi felvételekről jól láthatók a különböző megmunkálási módszerek okozta struktúra változások.

A magnéziumcellák kapacitása átlagban a Pertrix-cellák kétszerese,



3. ábra. A 2. ábrán látható lemez kristályszerkezete helytelen hőkezelés után ( $N = 600\times$ )



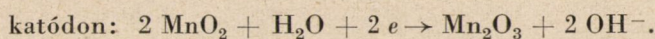
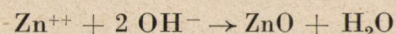
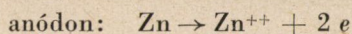
4. ábra. Ütősajtóval készített anódserleg kristályszerkezete ( $N = 150\times$ )

de több kiemelkedő laboratóriumi szériával — az irodalmi adatokat túl haladva — három és félszeres kapacitásnövekedést is elértünk. Több hónapos tárolási adataink azt mutatják, hogy magnézium anódú elemtípus tárolhatóság terén is versenyképes lesz az egyéb rendszerekkel.

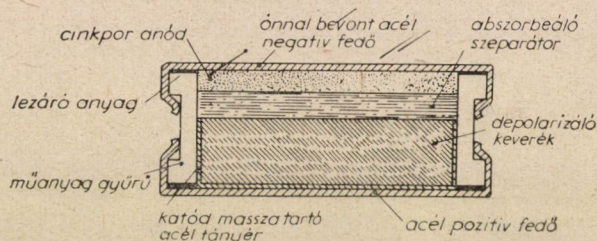
Egy másik nagy kapacitású szárazelem típus a *lúgos—mangándioxidos*, melyet először 1949-ben hoztak kereskedelmi forgalomba. A fedők alakja miatt koronaelem néven is ismeretes.



A cella kisütése közben a következő reakciók játszódnak le:



Az elem anódját cinkporból préselik. Ezt a grafitos mangándioxidból sajtolt katódtól porózus cellulóze-szeptátor választja el. A seprátor vizes



5. ábra. Lúgos mangándioxidos elem keresztmetszete

nátriumhidroxid elektrolit oldattal át van itatva. Az elektródok és az elem is pasztilla alakúak. A cink anódot műanyag gyűrűbe préselik és a gyűrű egyik oldalán ónnal bevont acélfedőn vezetik ki. A katódot acéltányérba préselik és hozzá hegesztett acélfedőn vezetik ki. A fedőket a műanyag gyűrűkre ráperemezik (5. ábra).

Mivel mind az anód-, mind a katódanyag abszorbeálja az elektrolitot, a cella szinte teljesen szárazzá válik, elektrolit nem szivárog ki belőle.

Egy lúgos mangándioxidos cella kapocsfeszültsége kb. 1,5 V. Optimálisan kis áramsűrűségű kisütéssel használják (általában 2–15 mA között), mivel ilyen áramerősség esetén a reakciók majdnem 100%-os anyagkihasználással játszódnak le. Az elem nagy térfogati fajlagos kapacitással rendelkezik.

A híradástechnikában nagy jelentőségre tettek szert a tranzisztoros berendezések áramforrásaként használt *higanyoxid—cink rendszerű szárazelemek*. Egyike legkomolyabb miniatürizálási lehetőségeket nyújtó rendszereknek, mivel a térfogategységre eső energiatartalma többszöröse a Pertrix-típusúnak.

Szerkezete a következő (6. ábra): a katódot pasztillába préselt higanyoxid és grafit képezi, az anód amalgamozott cink, az elektrolit cinkkel telített

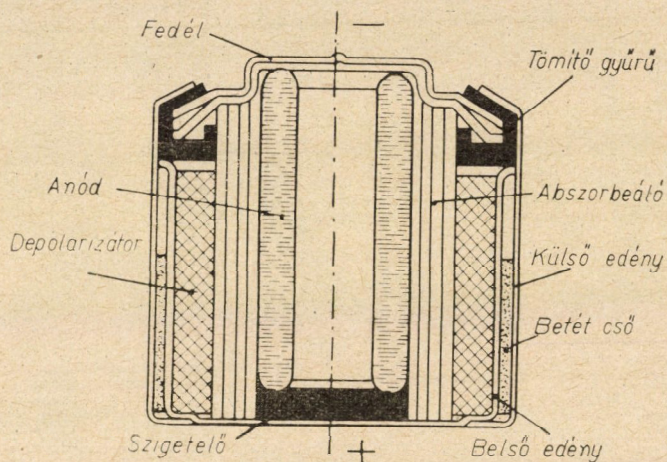


káliumhidroxid, melyet egy abszorbeáló tulajdonságú térköztartó szeparátor köt meg.

A rendszer összevont kisütési reakciója a következő:



A frissen összeállított elemek kezdeti feszültsége kb. 1,34 V. Ez a feszültség a terheléstől függően néhány órán belül 1,1–1,3 V közötti értéknél közel állandóvá válik. A folyamatos és szakaszos kisütésnél elért kapacitások gyakorlatilag egyenlők. Ezen tulajdonságok egyik oka az, hogy a higanyoxid közvetlenül — közbenső termékek nélkül — redukálódik higannyá, másik oka pedig az a tény, hogy a cinkkel telített elektrolit összetétele a kisütés folyamán



6. ábra. Higanyoxidos elem szerkezete

állandó marad. Az alkotórészek közel 100%-os kihasználással fordítódnak áramszolgáltatásra, ellentétben a Leclanche-telepekkel, amelyek feszültsége a nyersanyagok elhasználódása előtt a hasznosítható érték alá eszik.

Az elem kiváló tulajdonságaihoz hozzájárul az acélházban történő légmentes lezárás, ami nagyban növeli a környezet korrodeáló hatásával, illetőleg a hőmérséklet- és a nyomásváltozásokkal szembeni ellenállását, továbbá a tárolhatóságát. A cellák 100 C° körüli hőmérsékleten is jól működnek, 0 C° körüli hőmérsékleten azonban teljesítményük korlátozott.

Ezen elemtípus hazai megvalósítása céljából is kísérletek folynak a TKI Elektrokémiai osztályán.

A felsorolt elemkutatósi munkákat HORVÁTH Zoltánné, HANZÉLY Eszter és HEINCZ György munkatársaimmal együtt végeztük.



## HOZZÁSZÓLÁSOK

HORVÁTH ZOLTÁNNÉ:

Szárazelem kísérleteinkhez már kezdettől fogva főleg magnézium-ötvözeteket használtunk. (Végeztünk ugyan vizsgálatokat tiszta fém-magnéziummal is, de ezek a kísérleteink csak elméleti jellegűek voltak és főként összehasonlítási alap szerzésére irányultak.) Kísérleteket végeztünk 1–3% mangántartalmú magnézium-ötvözetekkel és AZ-típusú ötvözetekkel.

Az AZ-ötvözetek alumíniumot, cinket, kis mennyiségű mangánt, bizonyos esetekben kalciumot is tartalmaznak. Az alumínium az ötvözet szemcseeloszlását finomítja. A mangán növeli a korrózióellenállást, ezenkívül jól hegeszthetővé és kovácsolhatóvá teszi az ötvözetet. A cink ugyancsak befolyásolja az ötvözet korróziós tulajdonságait, ha az tartalmaz vas-szennyezést, azáltal, hogy nagymértékben tompítja a vas káros, korróziós hatását. Az ötvözet vastartalma max 0,005% lehet. A kalcium a magnéziumcellák késleltetési effektusát csökkenti, mert a kalciummal ötvözött magnézium oxid- és nitridmentes felületű.

Kísérleteink során optimális eredményeket kaptunk 2–5% alumínium-tartalmú AZ-ötvözetekkel. A 7%-nál több alumíniumot tartalmazó ötvözetből készített száraz celláink tárolhatósága igen csekély volt. Egy heti tárolás alatt olyan nagymérvű kölcsönhatás mutatkozott az anód és az elektrolit között, hogy a cellák már a korróziós termékek hatására is tönkrementek. Korrózió és elektrokémiai határfok szempontjából az AZ31 ötvözet bizonyult a legjobbnak.

Megfelelő struktúrájú AZ31 anóddal készült, lizstkeményítő keverékkel kocsonyásított alkáli-földfém-bromid-elektrolittal olyan cellákat készítettünk, amelyek friss állapotban szakaszos kisütéssel átlagban 2,4 Aó kapacitást adtak. Ugyanezen telepeink 62 napi tárolás után 2,34 Aó-t szolgáltattak. Ez 2,5% csökkenésnek felel meg.

Az általunk kidolgozott magnézium-rendszerű cellák feszültség-szintje közel azonos a jelenleg használatos cinkcellákéval. A kisütés kezdeti szakaszában van ugyan 0,1–0,3 V-os feszültségtöbblet, de ez pár órás kisütés után eltűnik, és a cellák feszültsége egyenlővé válik a cinkcellák feszültség-szintjével.

A magnéziumcelláknál jelentkező 3–6 sec-os késési effektus az elektródok polarizációjával magyarázható. Ez általában nem jelent ugyan hátrányt, de vannak olyan alkalmazási területek, ahol ez káros lehet. Mivel a késési effektus főként tárolt elemeknél jelentkezik, azért megvizsgáltuk, hogy a tárolt elemek feszültségcsökkenését a magnézium vagy az ellenelektroda okozza-e. Evégett megmértük 3 hónapig tárolt elemek feszültségét és megállapítottuk, hogy a tárolás alatt a feszültség átlagban 0,42 V-tal csökkent. A telepeket alkotórészeikre szedtük szét, és újra összeszereltük azokat új anóddal és új elektrolittal, de a régi katódot használtuk fel. Az új anód és elektrolit a feszültséget 0,3 V-tal megnövelte. Mivel még mindig a régi katód volt jelen, a fennmaradó 0,12 V csökkenést a katódnak kellett viselnie. Ez annak folytán jött létre, hogy a katódmassza  $p_{II}$ -ja az anód lassú megtámadása folytán megnövekedett. Ezen jelenség beható vizsgálatára segédelektrodás cellákat szerelünk össze.

## KORACH MÓR:

A híradástechnikai készülékek tervezőit-készítőit a primer és secunder elemekkel kapcsolatban elsősorban olyan adatok érdeklik, mint pl.: a fajlagos teljesítmény, kisütési, töltési görbék, ciklusszám, élettartam stb.

Előadó szabatosan felhívja a figyelmet bizonyos még nyitott kérdések további megválaszolásának szükségességére, s e szempontból különösen jelentősnek ítéljük a kísérleti Mg—MnO<sub>2</sub> cellákkal végzett vizsgálatok szériakísérletekkel történt kiterjesztését, amelyek során bebizonyosodott, hogy a kísérleti cellák eredményeitől eltérő viselkedés mutatkozott. A szériagyártás üzembiztonságának egyik módszertani feltétele — amit nálunk még túl gyakran elhanyagolnak — a helyes félüzemi szériakísérlet. Hogy ezt a feltételt szerző nem hanyagolta el, ezért külön dicséret illeti.

## EMÓD GYULA:

Az előadó említette, hogy a magnéziumnak és ötvözeteinek képlékeny alakítása ipari méretekben már 25 éve megoldott. Elektrokémiai alkalmazások céljára azonban speciális feltételeknek kell eleget tenni. A híradástechnika kívánásaihoz egészen gondosan kell kiválasztani az ötvözetet és kísérletek alapján megállapítani a megfelelő minőséget. A legmegfelelőbb a homogén, apró kristályos lemez, és kevésbé felel meg a durva kristályos, valamint a laza kristályú anyag. Az AZ31-es ötvözet közel  $\alpha$ -fázisú, és így vegyületfázisok csak kismértékben fordulhatnak elő benne. Az  $\alpha$ -fázis viszont homogén, és így érthető, hogy a nagyobb alumíniumtartalmú ötvözetek a célnak nem feleltek meg, mert ott már vegyületfázisok is előfordulnak. A cél tehát az kell legyen, hogy az ötvözetben vegyületfázisok ne legyenek, finom, homogén szövétű legyen. Ha helyi túlmelegedések vannak, akkor az erős rekristallizáció következtében a kristályok megnőnek és korróziós göcot képeznek. Melegítésre viszont feltétlenül szükség van, mert a magnézium egykristály hexagonális szerkezetű, aminek egy csúszási felülete van és így közönséges hőmérsékleten csak kismértékben vagy egyáltalán nem alakítható. Ha hidegen mégis alakítanánk, akkor a hexagonális kristályok egymáson elcsúsznak, a kristályok közötti kapcsolat meglazulhat, az így keletkezett hézagokba az elektrolit benyomul és erős korróziót indít meg. A magnézium, illetve ötvözetei 220 C°-nál nagyobb hőmérsékleten piramidális kristályszerkezetűvé alakulnak, és így több csúszási felületük lévén, jól alakíthatók. Ebből következik, hogy ha a magnéziumot, illetve ötvözeteit bármilyen alakításnak tesszük ki, azt mindig 220 C°-nál nagyobb hőmérsékleten kell végezni.

## HEINCZ GYÖRGY:

A meteorológiai szolgálatban használt rádiószondák áramforrásául kidolgoztunk olyan rézklorid—magnézium rendszerű telepet, amely 1,4 V fűtőfeszültséget és 60 mA fűtőáramot, továbbá 90 V anódfeszültséget és 8 mA anódáramot szolgáltat a felszállás 60—90 perce alatt. A telep súlya dobozzal együtt mintegy 180 g, méretei: 55×50×90 mm. A meteorológiai gyakorlatban elterjedt PbO<sub>2</sub>—Zn rendszerű telepek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-val történő aktiválásával szemben, ami veszélyessége miatt óvatosságot kíván és körülményes, a csapvízzel történő aktiválási lehetőség nagy előnyt jelent. A telepre nem szükséges külön hőszigetelés, mert a szonda emelkedésével fokozatosan hide-

gebbé váló környezet hűtőhatását a működés közben termelt hő kompenzálja, és így az befagyás nélkül biztosan működik a kívánt ideig. Építettünk olyan kísérleti vizsgáló berendezést, amellyel a tényleges légköri viszonyokat utánozzuk, légnyomás fokozatos csökkenésének kivételével. Az első vizsgálatoknál a légnyomást is csökkentettük, később azonban ennek elhanyagolását azért engedték meg, mert az ilyen vizsgálatsorozat biztonságot jelent. A valóságban a csökkentett nyomású, azaz ritkább térben a telepek kevésbé hűlnek.

Hordozható rádió adó-vevő készülékekhez tartalék telepként való alkalmazásra kidolgoztunk olyan típust, mely 90 V névleges anódfeszültség mellett 50 mA anódáramot képes szolgáltatni 6 órán át  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten is.

A fentiekhez hasonló céllal készítettünk fagyálló fűtőtelepet is, amely  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 1,2 V kapocsfeszültség mellett 400 mA áramot ad ugyancsak 6–8 órán át. Ezen típusú CuCl/Mg töltőtelepek fajlagos kapacitása átlagban 40 Aó/kg. Számításaink szerint előállítási költségük nem nagy, így gyártásuk kifizetődő.

#### PESTY LÁSZLÓ:

A magnézium elektródos anódtelepek ügyében EMÖD Gyula hozzászólását egészítem ki. Közelmúltban ütősajtolással készített serlegeknek a fenéktől számított 5–10 mm távolságban mutatkozó gyors korróziójával foglalkozva azt találtam, hogy az erős alakváltozással járó ütősajtolás oly belső feszültségeket idéz elő a serlegekben, amely feszültségek nemcsak Vickers-készülékkel mutathatók ki jelentékeny keménységi fok különbség alakjában, hanem pontos elektrokémiai potenciométeres méréssel igen jelentékeny, 10–20 mV potenciálkülönbség is észlelhető a serleg különböző részei között. Ennek elhárítására rekrisztallizációs célból különféle hőkezeléseket alkalmazva, a korrózió hajlamot igen nagymértékben sikerült csökkenteni. Újabb potenciométeres mérések, valamint Vickers-próbák mindenben igazolták a kedvező eredmény elérését.

Az előadó megemlékezett mikroporozus PVC szigetelőimről, amelyekbe a készítéssel egyidejűleg szilikagélt inkorporáltam. Ezen különleges szigetelőknak a szigetelésen és a hidrogén lekötésen kívül még egy harmadik feladatuk is volt, nevezetesen az, hogy a hidrogénfejlődéssel kapcsolatban megszűntesse a rádiószonda elemeknek különösen a magasabb légrétegekben mutatkozó habképződését, mely a kénsav fedő olajréteg és a naszcens hidrogén hatására kellemetlen diszperz-fázist hoz létre, s aminek a következménye az elektrolitnak az elemedényből a habbal együtt való távozása. Ezt a kérdést a mikroporozus szigetelőnek a szilikagéllal való szerencsés kombinációjával sikerült teljesen megoldani.

#### AZ ELŐADÓ VÁLASZA:

Az ütősajtolással előállított elektródokon keletkező feszültségekhez hasonló jelenségeket mi is észleltünk és más módszerekkel vizsgáltunk is. A lokális potenciálkülönbségek potenciométeres vizsgálatát be fogjuk vezetni.



A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki szerkesztő: Farkas Sándor

A kézirat nyomdába érkezett: 1960. II. 3. — Terjedelem: 29,75 (A/5) ív, 156 ábra, 1 melléklet

---

1960.50782 — Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György



