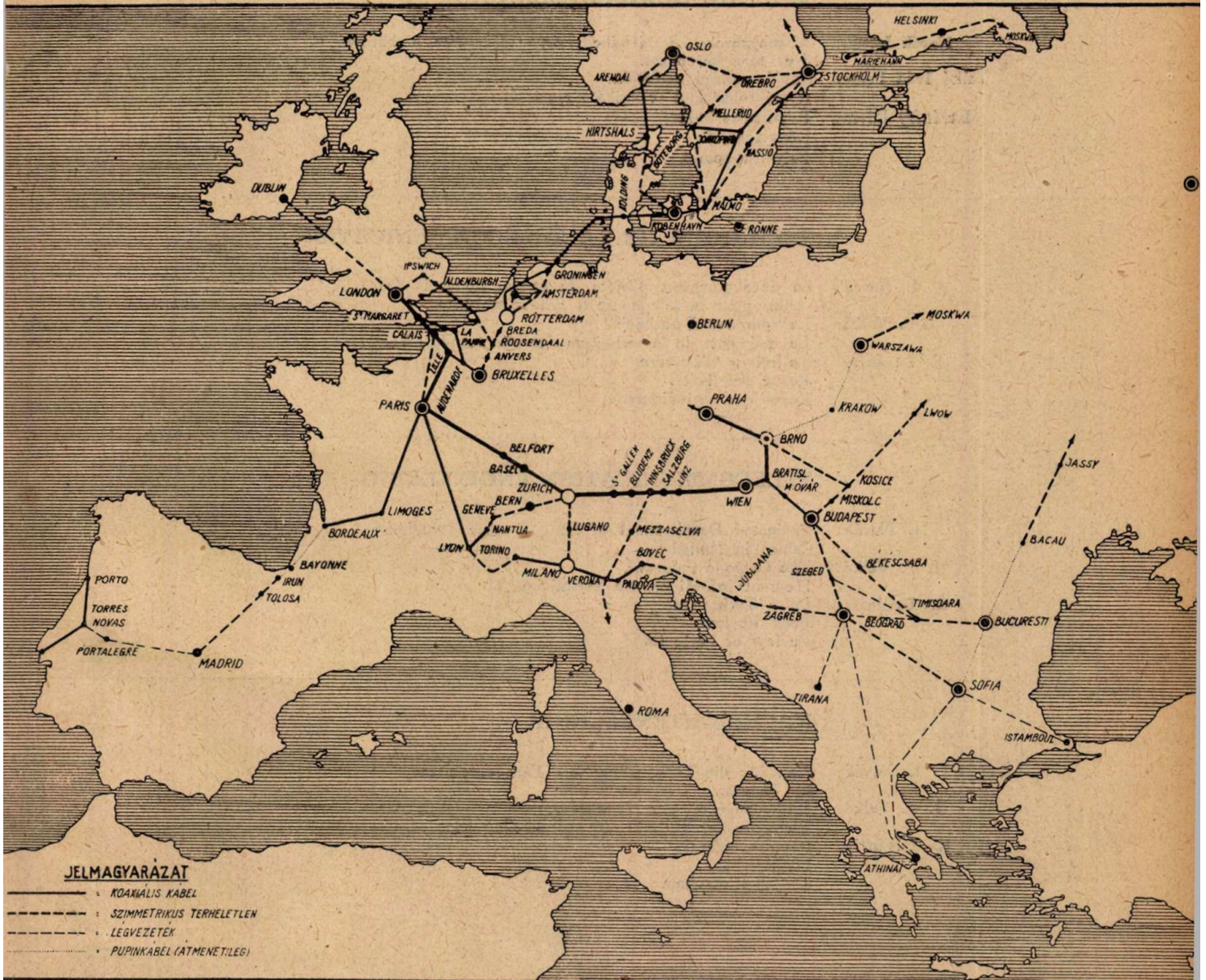


MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA



A C. C. I. F. TERVE: AZ EURÓPAI
NAGYTÁVOLSÁGÚ ÖSSZEKÖTTETÉ-
SEKRŐL. 1947—1952.



II. ÉVFOLYAM **7** SZÁM. 1947. IX.

KIADJA A MAGYAR MÉRNÖKÖK ÉS TECHNIKUSOK SZABAD SZAKSZERVEZETE

HÍRADÁSTECHNIKA

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

- Novák István: A magyarországi távkábelhálózat fejlesztése a három-
éves terv keretében.
Valkó Iván Péter: Katódsatolású erősítők.
Istvánffy Edvin: A mikrohullámú technika elemei VI.
Impulzustechnika.
Könyvszemle.
Folyóíratsszemle.

TECHNIQUE DE LA TÉLÉCOMMUNICATION

- I. Novák: La developpement projeté du reseau hongrois des
cables pour la telephonie à grande distance.
I. P. Valkó: La couplage à cathode.
Les éléments de la technique des micro-ondes, VI.
E. Istvánffy: Technique d'impulse.
Revue des livres.
Revue des periodiques.

TELECOMMUNICATION ENGINEERING

- I. Novák: Projected Development of Long-distance Telephone
Cables in Hungary.
I. P. Valkó: The Cathode Follower,
Elements of Microwave Technique, VI.
E. Istvánffy: Pulse Technique.
Book Review.
Review of Periodicals.

NACHRICHTENTECHNIK

- I. Novák: Plan für die Entwicklung des Fernkabelnetzes
in Ungarn.
I. P. Valkó: Kathodengekoppelte Verstärker.
Elemente der Technik der Mikrowellen VI.
E. Istvánffy: Impulstechnik.
Bücherschau.
Zeitschriftenschau.

HIRADÁSTECHNIKA

A Magyar Mérnökök és
Technikusok Szabad Szak-
szervezete Híradástechnikai
Szakosztályának lapja

SZERKESZTŐK: GERŐ ISTVÁN, SALLÓ FERENC, VALKÓ IVÁN PÉTER

TÁVBESZÉLŐ * RÁDIÓ * TÁVÍRÓ

A magyarországi távkábelhálózat fejlesztése a hároméves terv kereteiben

NOVAK ISTVÁN

A magyarországi távkábeleknél a hároméves terven belül tervezett fejlesztése a CCIF* európai távkábel fejlesztési tervének szerves részét alkotja. A következőkben a magyar tervet az általános európai terv nézőpontjából szándékozom megvitatni.

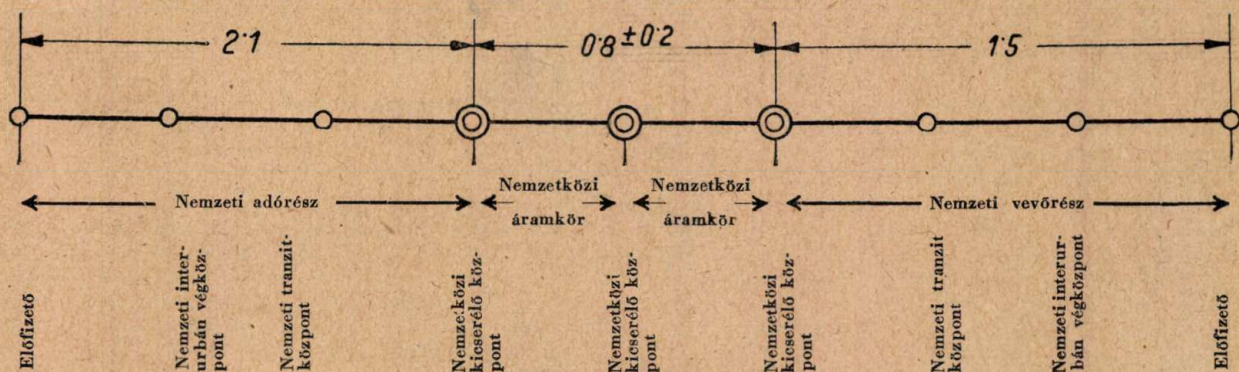
Körülbelül 15 éve annak, hogy a CCIF albizottságot állított fel azzal a célkitűzéssel, hogy az európai nagytávolságú távbeszélő összeköttetések tervezése egységes programba foglaltassék. A bizottság azóta a háborúokozta kényszerszünetet leszámítva, állandó működésben volt. Ennek során számos előírás, — a CCIF terminológiájával szólva, ajánlás keletkezett, melyek az átviteli utak megkívánt minőségére vonatkoztak. Mindazonáltal a beszédfrekvenciás áramkörökből alkotott európai hálózat idején a bizottság működése csak alárendelt jelentőségű volt, mert a távolsági áramkörnek két erősítőállomás közötti része független szakaszt képezett és e szakaszok átviteli tulajdonságai a különböző országok területén tág határok közt variálhatók voltak. (CCIF I. és II. terhelési rendszer, két és négyhuzalos áramkörök stb.) Döntő változást hozott azonban létre a vivőfrekvenciás technika

megjelenése és a távkábeleken való térfoglalás, melynek következtében az áramkör eleje és vége, bármekkora térbeli távolság ellenére is csak egyező típusú vivőfrekvenciás berendezésekkel vehető üzembe. Ez azonban a szabványosításnak messze-
menő kiterjesztését követeli meg az egész európai területen. Az albizottság az 1946-ban Montreuxban tartott teljes ülés jóváhagyása után a 160 oldalas «Programme Général d'Interconnexion Téléphonique en Europe (1947—1952)» című kötetben közreadta ajánlásait. Ennek fenti szempontból vett érdekessége a korábbi CCIF ajánlásokkal szemben az, hogy a minőségi értékekben szűk tolerenciákat szab, az alternatív ajánlások elmaradnak és ily módon a nagytávolságú összeköttetések áramköreire és berendezéseire szinte kötelező módon ad egységes minőségi feltételeket. Ezenkívül az átviteli elvi követelmények megállapításán túl konkrét nyomvonal- és áramkörtervezést tartalmaz.

A terv leíró része nagyjából a következőket állapítja meg:

Az utóbbi évtized gyors technikai fejlődése, továbbá a háborúokozta pusztulások elavulttá és nagyrészt használhatatlanná tették a meglévő, szerény méretű európai távbeszélőhálózatot. Ezért a meglévő, technikailag idejüket múlt kábelek helyett

* Comité Consultatif International Téléphonique.



egy újonnan felépítendő modern hálózatra támaszkodó távközlési tervet kell megalkotni. E tervnek mind áramkörszám, mind áramköri minőség tekintetében messzire kell tekintenie, hogy a belátható időn belül várható fejlődést ki tudja elégíteni. Első célkitűzése az, hogy öt éven belül Európa bármely telefon előfizetője bármely más ország előfizetőjét gyorsszolgálatlaltal, tehát két percen belül történő kapcsolással megkaphassa és vele kifogástalan érthetőséggel tudjon beszélni. A hálózatot úgy kell felépíteni, hogy a legnagyobb forgalmat vivő középső európai szakaszok igen nagy áramkörszám létesítésére alkalmas koaxiális kábelekkel építtessenek ki, míg a kisebb forgalmú bekötő útirányokat kisebb áramköri kapacitású szimmetrikus terheletlen kábelek alkossák. Mindkét áramkörtípuson azonos alapszisztemből képezett vivőfrekvenciás csoportos üzemet kell létesíteni, úgy hogy a terheletlen páros kábelek végberendezései a koaxiális kábelben alkalmazandó nagy áramkörszámú berendezéseknek alapszoportjait képezzék.

A terv a pupináramköröket a periferiális nemzeti hálózatokba szorítja vissza, azok a főhálózatban nem alkalmazhatók. A tervet 1952-ig meg kell valósítani.

A terv műszaki alapozása az első ábrából indul ki:

1. Kapcsolások felépítése.

A terv hosszabb időre a manuális kezelés fennmaradásával számol.

A forgalom gyors lebonyolítása ez esetben lehetőleg közvetlen áramköröket kíván, ezért a kapcsoló központok számát apasztani kell. Az összeköttetés így legfeljebb két nemzetközi áramkört és két-két nemzeti áramkört tartalmazhat az 1. ábra szerint.

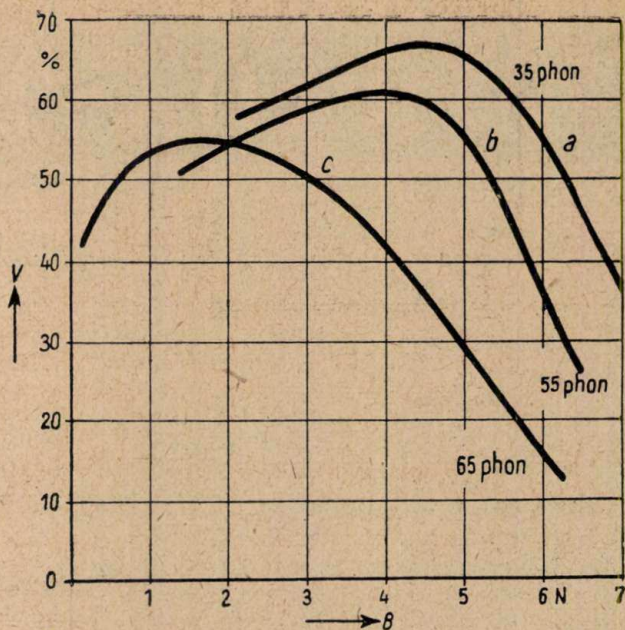
Ez a felosztás a nemzetközi hálózatban nagyszámú közvetlen viszonylatot igényel, mert hiszen bármely ország kieserelő központjának egy idegen országot legfeljebb egy tranzitkapcsolással kell elérnie.

A nemzeti oldalon engedélyezett egyetlen tranzitkapcsolás a nemzeti hálózatban szintén a közvetlen összeköttetések szaporítását igényli.

2. Érthetőség.

A 2. ábra szemlélteti az SFERT által végzett szótagérthetőségi vizsgálatok eredményét különböző átviteli egyenértékek és különféle teremzajok mellett. Az *a* jelű görbe paramétere 35 Phon, a *b* jelűé 55 Phon és a *c* jelűé 65 Phon teremzaj. A teremzajok nemcsak az érthetőség számértékét csökkentik, hanem egyúttal az érthetőségi görbe alakulását is erősen befolyásolják. (Megjegyezzük, hogy 30 Phonos zörejekkel jó hangszigetelésű távbeszélő fülkéknel számolhatunk, 40 és 60 Phon közötti teremzaj normális zaj-értékű irodahelyiségekben várható. Az 55 Phonos görbét tekinthetjük azon feltételnek, amelyre méreteznünk kell.) Az európai terv ezen az alapon 4.6 N-ben irányozza elő az átviteli egyenérték *maximális* értékét, amiből következik, hogy a 4 N körül mozgó átlagos átviteli értékek tényleg az 55 Phonos görbe csúcsertéke körüli 62%-os szótagérthetőséget biztosítják. Ezt az értéket az új ajánlás a következő, a korábbiakhoz képest lényegesen változott módon osztja fel.

Tekintve a mikrofon és hallgató között fennálló és a jelenlegi konstrukciók mellett állandósultnak tekinthető 0.5–0.6 N-es különbséget,



2. ÁBRA.

a) a nemzeti adórendszer átviteli egyenértéke legfeljebb 2.1 N,

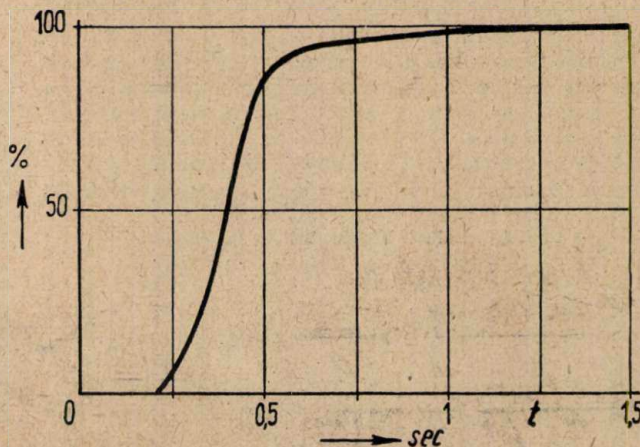
b) a nemzeti vevőrendszer átviteli egyenértéke legfeljebb 1.5 N,

c) a nemzetközi áramkör maradécsillapítása mind vég-, mind átmenő forgalomban egyaránt 0.8 N,

d) az erősítés vonalmenti ingadozásait 0.2 N-nel kell számításba venni.

3. Terjedési idő.

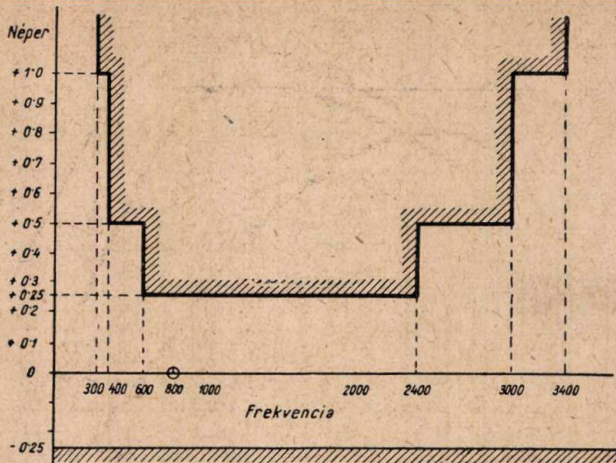
Ha a terjedési idő nagy, akkor a hallgatóhoz csak egy bizonyos időköz elmúlása után érkezik meg a beszéd tartalom. A felelet ilyen módon beállott késése miatt állandó ismétlések és közbekérdezések állanak elő, melyek a beszélgetések lebonyolítását igen erős mértékben hátráltatják. Erre vonatkozólag a 3. ábrán bemutatjuk a beszélgetés százalékos zavartatását az átviteli idő függvényében.



3. ÁBRA.

A vonatkozó ajánlások az összeköttetésre egyelőre 250 msec. terjedési időt engednek meg (50–50 msec. a nemzeti, 150 msec. a nemzetközi részre).

Tekintettel arra, hogy a zavarszám-görbe szerint 250 msec.-nál már érezhető zavarhatóság jelentkezik, az európai hálózat nemzetközi részére a terv már csak 100 msec.-ot engedélyez. Tekintve, hogy ebből



4. ÁBRA.

az erősítők mintegy 20%-ot használnak fel, a hálózatra csak kb. 80 msec. marad.

A következő táblázat a nálunk használt különböző vezeték típusok terhelését és átviteli sebességét tünteti fel, az utolsó oszlop pedig a 80 msec. terjedési idővel áthidalható távolságokat adja meg:

Áramkör	Terhelés mHy/1830 m	Határfrekvencia Hz	Terjedési sebesség Km/sec.	Áthidalható távolság Km
Pupinózott áram- körök	Törzs	177	2900	16500
	Fantom	63	3700	21600
	Törzs	88	4000	23000
	Fantom	50	4000	23000
	Törzs	44	5600	32500
	Fantom	25	6000	34000
Törzs	22	8050	45000	3600
Fantom	9	9750	34000	4300
Terheletlen páros kábel	—	—	210000	16800
Koaxiális kábel	—	—	275000	22000

Tekintve, hogy Európában csak légvonaltávolságban mérve is, 5000 km-en felüli nemzetközi szakaszok is előfordulnak, láthatjuk, hogy még a legkönnyebb terhelésű pupinárámkörök sem jöhetnek tekintetbe és — amint ezt a CCIF tervezi — a nemzetközi szakaszokat valóban csak terheletlen kábelekkel építhetjük ki.

4. Fázistorzítás.

A fázistorzításra vonatkozóan a régi követelmények változatlanok: 800 Hz és az átvitt legala-

csenyebb szélfrekvencia között legfeljebb 10 milisekundum, 800 Hz és a legmagasabb frekvencia között legfeljebb 5 milisekundum időkülönbség lehet.

5. Csillapítástorzítás.

Tekintve, hogy a terv a pupinárámköröket mellőzi, lehetővé vált a sáv szélesség kiterjesztése is, mert vívfrekvenciás áramköröknél az áramkör beruházási költségei a sáv szélesség növelésével sokkal kisebb mértékben emelkednek, mint a pupinárámköröknél. Ezért e ponton lényeges módosítás történt. Az áramkörök átviteli sávját 300—2600 Hz régi értékkel szemben 300—3400 Hz-re emelték fel, mely az új típusú távbeszélő készülékek lényegesen javult frekvenciasávját majd érvényesíteni engedi akkor, amikor a hálózat belföldi részén a jelenlegi frekvencia-szűk keresztmetszetet képező pupinkábelek átterhelése is meg fog történni. A csillapítástorzulási görbe határértékeit a 4. ábra tünteti fel.

*

A CCIF terv Magyarország számára minden lehetőséget megad arra, hogy a Délkelet-Európa felé irányuló egész távközlési forgalom kulcspozícióját magához ragadhassa. Számos tárgyalás során, a környező postaadminisztrációk segítségével sikerült azt a javaslatot elfogadtatni, melyet a címlapon feltüntetett térkép mutat. Eszerint Budapest a metszéspontját alkotja egy délkelet-északnyugati és egy észak-déli irányú kábelkeresztnek.

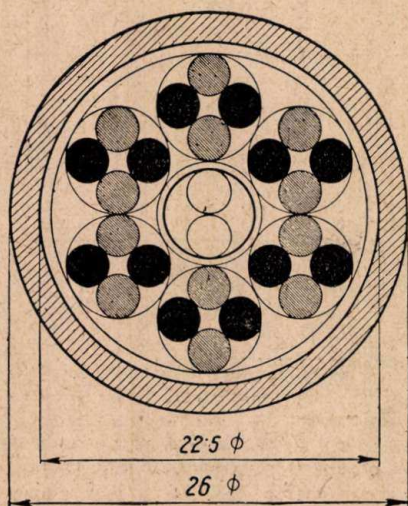
Ennek megvalósítása négy új kábel építését teszi szükségessé.

Fel kell vennünk Szeged felől a Balkán (Jugoszlávia, Bulgária, Görögország, Törökország) felől jövő forgalmat. Ezt észak felé (Lengyelország, Szovjetunió) a kassai kábelrel, nyugat felé a pozsonyi kábelrel kell továbbítanunk. Végül Románia forgalmának átvételére Békéscsaba felé kell kábelt építenünk.

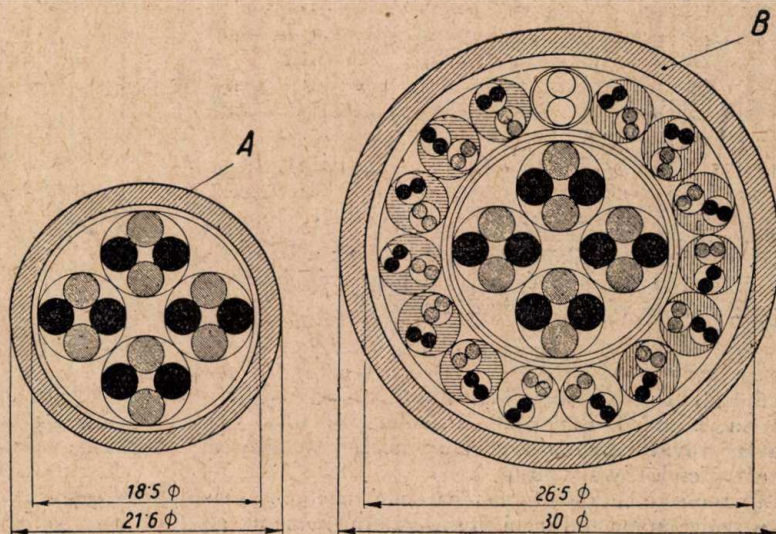
Sajnos, sem a meglévő bécsi-pozsonyi, sem a szegedi kábelünket nem használhatjuk fel, mert mindkettő régitípusú pupinkábel. E kábelekkel azonban, a nemzetközi forgalom alól való leterhelés után, a belföldi gyorsforgalom szolgálatába tudunk majd nagy áramkörszámokat állítani.

A CCIF tervéből Magyarországot érintő áramkörök számát és kifejtését a 6. ábra mutatja.

Az egyes szakaszokra vonatkozó terveink a következők:



7. ÁBRÁK.



8. ÁBRA.

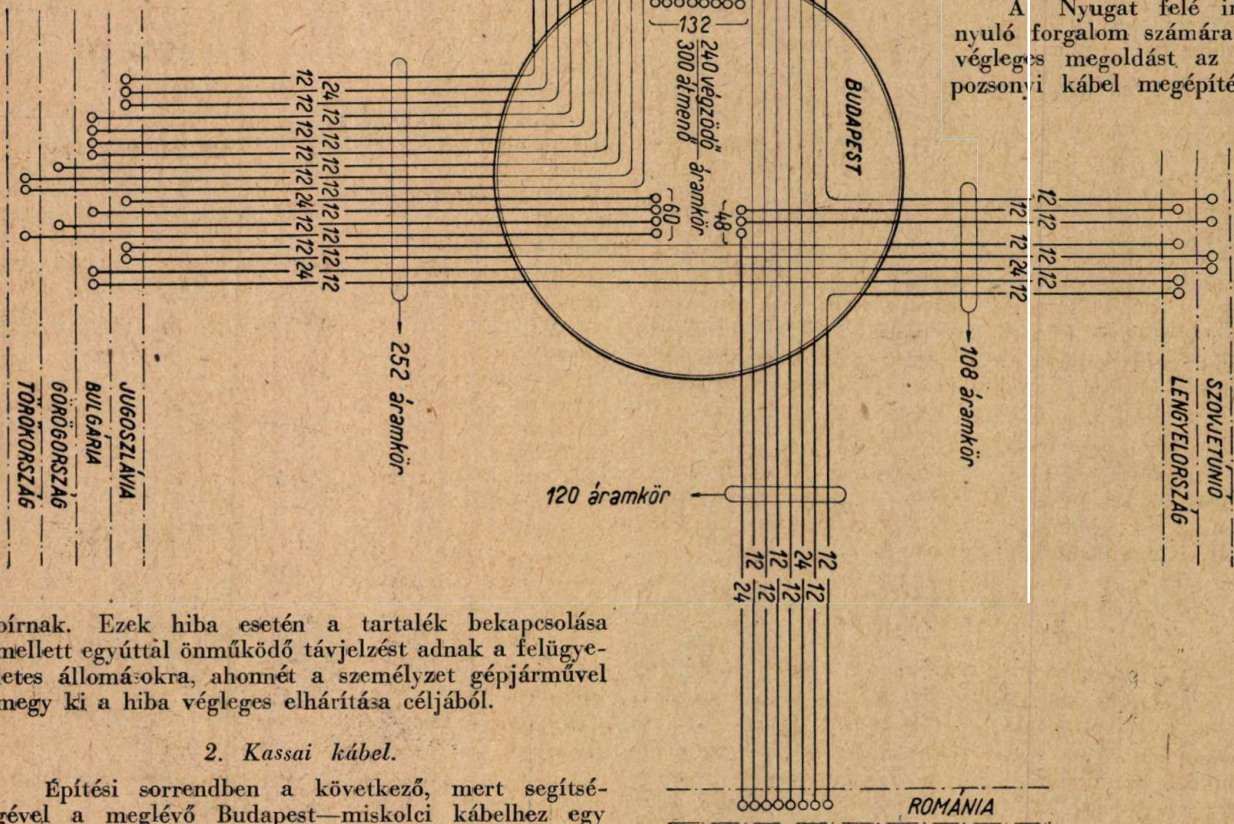
1. Szegedi kábel.

A jelentkező 250 áramkör számára 1.3 mm átmérőjű rézerekkel bíró egyenként 6 db csillagnegyest = 12 érpárt tartalmazó szimmetrikus kettős kábelt építünk, melyet 25 km-es távolságban elhelyezett erősítőkkal érpáronként 24 vivőfrekvenciás áramkörre építünk ki. A kettős kábel hossza 2×187 km. Keresztmetszetét a 7. ábrán tüntetjük fel, megjegyezve, hogy mindkét kábel magjában egy-egy zene-közvetítő áramkör elhelyezését tervezük.

A kábel főbb jellemzői:

üzemkapacitás 28 nF/km,
 a névértéktől való közepes kapacitáseltérés < 5%
 a középértéktől való egyéni eltérés < 7.5%
 hullámellenállás 108kHz-nél 170 Ohm $\pm 8\%$
 fajlagos csillapítás 108 kHz-nél < 260 mN/km.

A kábelerősítő állomások közül csak átlag minden harmadiknak lesz személynete beültetve, míg a zárt blokkházakban elhelyezett közbenső állomások automatikusan bekapcsolódó tartalékszerelvényekkel és áramellátással



6. ábra.

északi szláv államok felé nyitunk utat, hanem már addig is, amíg az új bécsi kábel megépül, a Kassa—Pozsony útvonalon tudunk Nyugateurópa felé is új áramkört üzembe helyezni.

A lehetőségeket ebben az irányban a csehszlovák postaadminisztráció már meglévő kassai kábelének befogadóképessége határolna és ezért erre 12 csatornás üzembn, 35 km-es erősítőközzel két, egyenként 4 érnegyest tartalmazó, szimmetrikus kábel fektetését tervezzük, 2×68 km hosszban.

3. Pozsonyi kábel.

A Nyugat felé irányuló forgalom számára a végleges megoldást az új pozsonyi kábel megépítése

bírnak. Ezek hiba esetén a tartalék bekapcsolása mellett egyúttal önműködő távjelzést adnak a felügyeletes állomásokra, ahonnan a személyzet gépjárművel megy ki a hiba végleges elhárítása céljából.

2. Kassai kábel.

Építési sorrendben a következő, mert segítségével a meglévő Budapest—miskolci kábelhez egy aránylag rövid szakaszt kell csak hozzáépítenünk és ezáltal a csehszlovák posta kassai kábeléhez csatlakozva, a miskolci kábelt azonnal a nemzetközi forgalom szolgálatába tudjuk állítani. Ezáltal nemcsak az

fogja meghozni. Tekintve, hogy már üzembevételekor a vele szemben jelentkező igény 360 áramkörre tehető, valamint azt, hogy az összes egyéb Dél-keleteurópából jövő áramköri igénynövekvés összegezve e szakaszt fogja terhelni, itt koaxiális kábel építését tervezzük, mely később, 10 km-es erősítőmezőkkel 2600 kHz-ig kihasználva összesen 600 áramkör létesítésére ad lehetőséget. A kábel hossza 2×190 kilométer.

A koaxiális kábel hosszú időre előreláthatólag az üzem legmodernebb típusú kábele lesz, mert az üregkábel csak oly nagy áramkörszámoknál gazdaságos, melynek ma még töredékei is elégségesek.

Középvezetője 2–6 mm átmérőjű tömör rézhuzal, melyet a visszavezetésre szolgáló 9.4 mm átmérőjű hengerpaláston 0.25 mm vastagságú lágy vörösrézszalag csőként burkol. A középvezető centrikus kitámasztását 50–60 mm-es közökben elhelyezett szigetelőtárcsák biztosítják, melyek kis dielektromos tényezőjű és nagyfrekvenciáknál is kis veszteségi szögű polystyrol, esetleg zsírkő-számazékokból készülnek. (1 MHz-nél $\tan \delta = 2-5 \cdot 10^{-4}$).

A belső reflexiók leszorítására a rézszalag vastagságát $\pm 1\%$, a kitámasztó tárcsák átmérőjét ± 0.05 mm tűréssel kell betartani.

A kábel főbb jellemzői:

impedancia	75 Ohm
csillapítás 2.5 MHz-nél	< 470 m N/km
átütési szilárdság szinuszos 50 Hz-es feszültséggel vizsgálva	> 2000 V
szigetelés	> 5000 M Ω /km.

Amint említettük, a rendszer erősítői 10 km-es közökben követik egymást. A sok erősítő gazdaságosság szempontjából csak akkor viselhető el, ha ezek fenntartást minimális mértékben igényelők egyszerű és olcsó szerkezetek. A rendszer ezt az általánosan éri el, hogy átlag csak minden harmadik erősítőállomáson alkalmaz személyzetet (főállomás) és tartalékáramforrást, mely épületet igényel. A közbenső állomások erősítőjét, mely természetesen mind a 600 csatornára közös kétirányú erősítő, ha a talajvízszint megengedi, kábelaknában zárt szekrényben helyezük el, vagy a föld felett építünk az erősáramú transzformátorbódékhoz hasonló építményeket. Az állomások lehetőség szerint erősáramú csatlakozást kapnak. Ha azonban a hálózat kimarad, a táplálást a tartalékgeppel ellátott főállomás veszi át, mely a középvezető és a köpeny között ad 50 periódusú, 325 V-os feszültséget.

A robusztus építésű, erősen stabilizált erősítőket normálisan havonta egyszer vizsgálják és állítják be.

E kábelünket sem szándékozunk belföldi áramkörökkel kombinált formában építeni, mert a vele azonos nyomvonalon haladó régi kábel ezen igényeket teljes mértékben ki tudja elégíteni.

4. Békéscsabai kábel.

A kábel-keresztmetszeteket a 8. ábra tünteti fel.

Budapest-Szolnok közt 99 km hosszban mindkét kábel a «B» keresztmetszettel készül. Ezáltal a belső magot alkotó 4–4 vivőfrekvenciás érnégyes 192 nemzetközi áramkörön kívül, a külső koszorú összesen 29 érnégyesével 87 pupináramkört és 1 rádióközvetítő érpárt nyerünk. Ezek a tiszántúli belföldi forgalom céljaira fognak szolgálni, mégpedig olyképpen, hogy az egyik kábel 15 érnégyesét Szolnokon használjuk fel, míg a másik kábel külső koszorúját alkotó 14 érnégyes és rádióérpár továbbmegy Békéscsabáig.

A Szolnok—Békéscsaba közti 109 km-es szakaszon tehát egy A és B keresztmetszetet kell fektetnünk, míg Békéscsabától magyar területen 20 km hosszban csak a vivőfrekvenciás áramköröket tartalmazó kettős A keresztmetszet megy tovább Arad felé. A határmenti közvetlen kis forgalom a vivőfrekvenciás érnégyesekből alakított alapáramkörön bonyolódhat le.

A kábel elektromos értékek szempontjából azonos a már ismertetett szegedi kábelével.

A terv kivitele a belföldön aligha gyártható koaxiális kábel importjának feltételezésével mintegy 3,700.000 belföldi munkaórát igényel, melyből 2,400.000 a fegyártmányok feldolgozására szükséges ipari munkaórák száma, míg a többi az építésekre esik.

A terv a magyar távkábelhálózat nyomvonalhosszát 72 százalékkal, áramkörhosszát pedig kerekén 135%-kal fogja növelni.

A terv fémfelhasználási diagrammait, az építési fémanyagok nélkül, a 9. alatti ábrák ábrázolják.

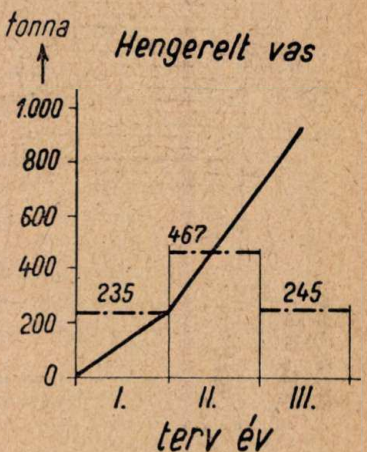
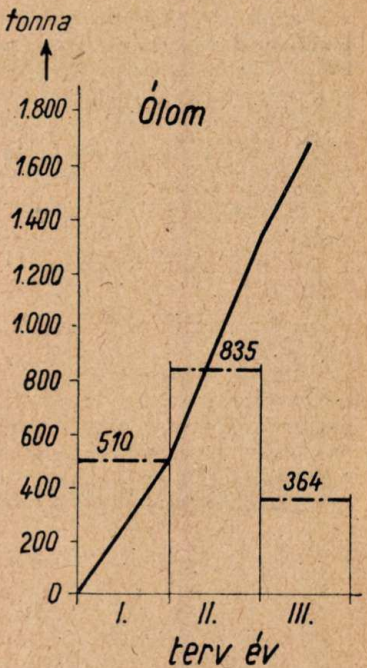
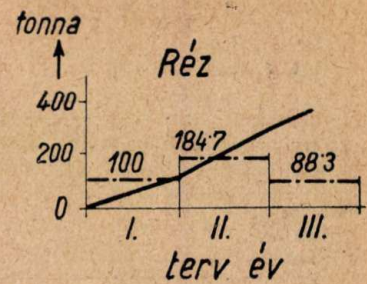
Megemlítjük még, hogy a választott új rendszerek nemcsak műszaki szempontból, de mind nyersanyagfelhasználás, mind beruházási tőke szempontjából a legkedvezőbb megoldásokat adják.

Érdekes ebből a szempontból néhány számadat szembeállításával megvizsgálni a régebbi és a most alkalmazandó áramkörtípusokat.

A számokat 1000 km hosszú összeköttetésre vonatkoztatva, a következő adatokat nyerjük:

1 drb. 1000 km-es áramkörhöz felhasznált rézmennyiségek a következőképp alakulnak:

3 mm \varnothing légvezetékekkel	84.000 kg
beszédfrekvenciás pupináramkörrel	15.000 kg
egycsatornás pupináramkörrel	7.500 kg
terheletlen 24 csatornás áramkörrel	2.000 kg
koaxiális kábeláramkörrel	170 kg



9. ÁBRA

	p u p i n		Áramkör terheletlen		
	beszéd- frek- vencia	egy- csator- nás	páros		ko- axialis
			12	24	
csatornás					
Összes csillapítás Néperben	40	50	190	260	470
Erősítők száma	15	15	29	40	109
Csővek száma	60	60	174	240	800
1 áramkörre jutó csőszám	60	30	11·6	10	1·33

Ezek az apadó anyagfelhasználási számok, bár a komplikált végberendezések miatt nem ilyen mértékben a költségekben is kifejezésre jutnak, amennyiben egy terheletlen sokcsatornás szimmetrikus kábeláramkör kb. 40%-kal olcsóbb a pupináramkörnél és a koaxiális kábel alkalmazása nagy csatornaszám mellett még további néhány százalékos olcsóbbodással jár.

Befejezésül felelni szeretnék arra a könnyen

feltehető kérdésre, hogy a posta miért fordít a tervgazdálkodás kereteiben ekkora erőfeszítést a nemzetközi átmenő forgalom kiépítésére a válasz egyszerű:

E törekvésünk magyarázata abban keresendő, hogy a nemzetközi átmenő forgalom idegen valutákban fizetendő nagy bevételekhez juttatja az átszelt országot. Svájc és Németország pl. Európa minden részéből befolyó tranzitjövedelmek révén lehetőséget kapott arra, hogy a kevésbé jövedelmező, kizárólagosan belföldi célokat szolgáló távközlési létesítményeket is nagy ütemben fejlesztesse.

E jövedelmek megszerzésére a CCIF tervben ki-harcolt előnyös helyzetünk következtében most a elvi lehetőséget határidőhöz kötötten megkaptuk. A terv megvalósulásával ezen bevételek módját adnak majd a postának arra, hogy a belföldön reáváró további feladatokat az ország pénzügyi erőforrásainak kisebb mértékű igénybevétele mellett valósítsa meg és a hároméves terv leforgása után is a fejlesztés üteme változatlanul fenntartható legyen.

Katódcsatolású erősítők

VALKÓ IVÁN PÉTER

A cikkben előforduló jelölések:

- A = a fokozat erősítése
- C_k, C = a katód és föld közti kapacitás
- E_a = anódegyenfeszültség
- E_c = rácselőfeszültség
- E_{gk} = rács és katód közti váltófeszültség
- E_i = bemenő váltófeszültség
- I_a = munkaponti anódáram
- I_{max} = maximális anódáram
- Y_a = a cső belső ellenállása
- Y_k = a katódkörbe helyezett külső ellenállás
- Y_{opt} = külső ellenállás értéke maximális kivehető teljesítmény esetére
- S = meredekség
- μ = erősítési tényező

1. A katódcsatolás alkalmazása

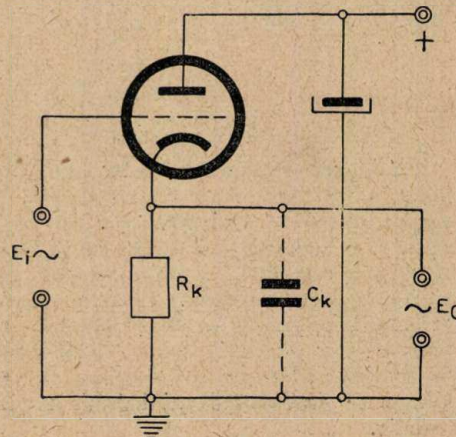
Az elektroncső három legfontosabb elektródja az anód, a katód és a vezérlő rács. Kapcsolásokban a csövet mindig négyfólusú rendszernek tekinthetjük két bemenő és két kimenő kapoccsal, amelyek közül egy-egy bemenő és kimenő pont lényegileg földpotenciálán van, tehát közös. A szokásos kapcsolásnál a vezérlő rács bemenő, az anód kimenő pont, a katód lényegileg a földdel van összekötve. Lehet azonban a rácsot hagyni földpotenciálán és a katódot megtenni bemenő elektródnak: így áll elő a legújabbban nagyon elterjedt földelt rácsú (grounded grid) kapcsolás. Ha

THE CATHODE FOLLOWER.

The main features of the cathode follower stage are its high input and low output impedance. This enables the use of small load impedance but analysis shows that only small input and output voltages can be applied in this case. Higher voltages are permissible if the load impedance is several times as high as the stage output impedance (Fig. 4.). As the effective load impedance is formed partly by the stray capacities, the output at high frequencies is limited very much the same way as in conventional stages (Fig. 6.). If maximum power output is needed, the optimum load is nearly the same as if the tube would be used in a conventional stage.

pedig az anódot helyezük el a jel szempontjából földpotenciálra és a rácsot bemenő, a katódot pedig kimenő elektródnak használjuk fel, előttünk áll a katódcsatolás (cathode follower).

Elvileg a kapcsolás nagyon egyszerű (1. ábra). Az egyetlen munkaellenállás a katód és föld között van, míg az anód közbeiktatott ellenállás nélkül kap szűrt egyenfeszültséget. A teljes bemenő feszültség a kimenő feszültségnek és a rács-katód közti feszültségnek összegével egyenlő. A rács-katód közti feszültség a tulajdonképpeni vezérlő feszültség. Ha pl. a cső erősítése normális kapcsolásban tízszeres, a rács és katód közé helyezett 1 V feszültség hatására a munkaellenálláson, vagyis katód és föld között 10 V feszültség lép fel, a bemenő feszültségnek tehát 11 V-



1. ábra. A katódcsatolás elvi kapcsolása.

nak kell lennie. Pontosabban megismerjük a fokozat működését, ha a rádiótechnikában szokásos módon felrajzoljuk a helyettesítő kapcsolást és ennek alapján számítjuk ki a kimenő és bemenő feszültségek viszonyát, azaz az erősítést, amelyről már láttuk, hogy mindig kisebb egynél. [1.] Ha az elektród-kapacitásoktól eltekintünk és a katód és föld közötti r_k munkaellenállást tisztán ohmosnak vesszük, az erősítés

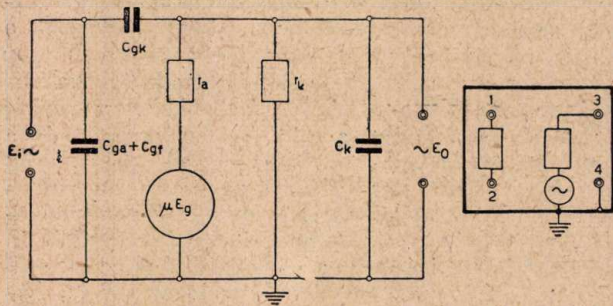
$$A = \frac{\mu r_k}{(\mu + 1) r_k + r_a} = \frac{\mu r_k}{\mu r_k + r_k + r_a} \quad (1)$$

Gyakorlatban sokszor elegendő egy durvább közelítés (2. ábra). A fokozatot ebben az esetben olyan négyfólyással helyettesítjük, amelynek kimenő kapcsolásai között $1/S$ belső ellenállású és E_i elektromotoros erejű generátor foglal helyet (E_i a bemenő feszültség).

Különös figyelmet érdemel a bemenő ellenállás. Ennek lényeges része a rács és katód között fekvő bármilyen impedancia, tehát pl. a rács és katód között fellépő kapacitás. Terhelés szempontjából a rács és katód közé helyezett impedancia pótolható egy a bemenő kapcsolók közé helyezett jóval nagyobb impedanciával. A rács-katód impedancia azért terhel, mert a bemenet kapcsán áramot vesz fel. Ez az áram azonban a mi esetünkben nagyon kicsi. Mint láttuk a katód váltófeszültsége csak nagyon kevéssel különbözik a rácsétól. Ennélfogva tehát a katód és rács között sokkal kisebb áram fog folyni, mintha ugyanaz az impedancia rács és föld közé lenne kötve, tehát az egész bemenő feszültség fellépne rajta. Az áram annyiszor kisebb lesz, ahányszor kisebb a rács-katód feszültség a bemenő feszültségnél. Ez a viszony pedig

$$1 - A = \frac{r_k + r_a}{\mu r_k + r_k + r_a} \quad (2)$$

Lényegében ugyanaz a jelenség lépett fel, amit a szokásos kapcsolásoknál dinamikus kapacitásnak nevezünk. Ott azonban fordított a helyzet, mert az anód váltófeszültsége sokkal nagyobb, mint a bemenő feszültség és így a rács és anód közötti impedancia



2. ábra. Pontos és közelítő helyettesítő kapcsolás katódcsatolóhoz.

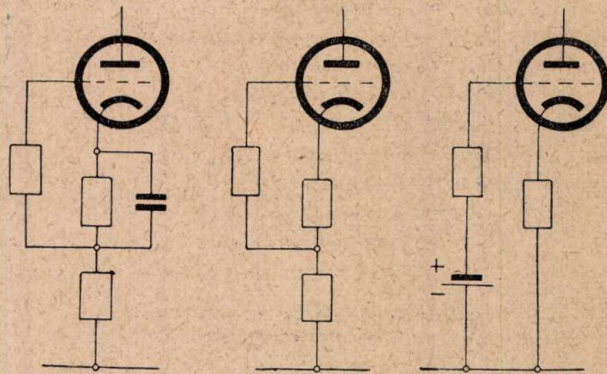
sokkal nagyobb áramot vesz fel, mintha rács és föld között foglalna helyet.

A bemeneti veszteségek nagy csökkenése a kapcsolás egyik főelőnye. Vizsgáljuk meg azonban, mi történik, ha a cső pentoda. Vezérlő rács és segéd-rács között elég nagy kapacitás van. Ha a segéd-rács váltóáram szempontjából a földdel van összekötve, úgy a kapacitás a bemenetet terheli. Ha azonban a segéd-rács a katód váltófeszültségét kapja, akkor a rács-segéd-rács kapacitás is $1-A$ -ad részére csökken (pentodáknál ez megközelítőleg $\frac{1}{S r_k}$). A kimenetnél természetesen fellép a katódelőellenállással párhuzamosan az anód és segéd-rács közti kapacitás. Ellentétben az ıro-

dalomban néhol található tévedéssel, a cső működésében nem válik triódává, hanem pentoda jellegét megtartja, ami a nagyobb kivezérlés lehetőségében nyilvánul meg. (Lásd alább a (3) és (4) egyenletet.)

A bemenő impedancia vizsgálatánál meglepő jelenség merül fel. Képzelnék el, hogy a katódban lévő terhelés lényegileg egy reaktancia, pl. nagy kapacitás, amely mellett az egyenáramú ellenállás elhanyagolható. Ebben az esetben a bemenő feszültség fázisa nem azonos a rács-katód közötti feszültség fázisával, hanem a kettő között mintegy 90° fázis különbség lép fel. Mivel a bemenő és kimenő feszültségek között a különbség kicsi, a bemenő feszültség iránya is majdnem azonos a kimenettel, vagyis kb. 90° -nyira tér el a rács-katód feszültségtől. A rács-katód kapacitáson át kapacitív áram folyik, amely fázisban 90° -kal tér el a bemenő feszültségtől, tehát a szóbanforgó áram és a bemenő feszültség fáziseltérése 180° . A bemenő kapcsolók fellépő látszólagos impedancia tehát nem kapacitásnak, hanem negatív ellenállásnak felel meg. Már pedig minden erősítő, amelynek bemenő ellenállása negatív, képes az oszcillációra, csupán olyan rezgőkört kell a bemenő kapcsolókra helyezni, amelynek csillapítása a negatív ellenállás értékénél nem rosszabb. Bármennyire különös is, a katódcsatolással, amelynek erősítése egynél kisebb, nem csak lehet oszcillációt előállítani, hanem különösen rövidhullámon nagyon stabilis és jó oszcillációt nyerhetünk. A kapcsolás tulajdonképpen Colpitts oszcillátornak felel meg, amelynél a feszültség a rács-katód és katód-föld kapacitáson oszlik meg. [3.]

A bemenő impedancia növekedése a rácslevezető ellenállásra is vonatkozik, ha azt nem a földhöz, hanem a katódhoz kötjük. Itt azonban beleszól a dologba a cső munkapontja is, hiszen a katódelőellenállás megszabja az előfeszültséget. A legtöbb esetben az ebből kiadódó katódelőellenállás értéke tulságosan kicsi lenne. Ezért alkalmazzuk a 3. ábrán bemutatott kapcsolási megoldásokat.



3. ábra. Az előfeszültség függetlenítése a katódelőellenállás értékétől. A bemenő ellenállás kiszámításánál a rácslevezető ellenállást az első esetben névértékével, a harmadik esetben $\frac{1}{1-A}$ szoros értékkel a középső esetben $\frac{1}{1-A} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ értékkel kell számítani.

Mint látjuk, a katódcsatolási fokozat bemenő feszültsége és kimenő feszültsége azonos fázisban van. Erősítése egynél valamivel kisebb, bemenő ellenállása nagy, kimenő ellenállása (látszólagos belső ellenállása) kicsi. Nyilvánvaló, hogy a fokozat szerepe csupán illesztés. Így pl. ajánlatos lenne két közönséges ellenállásos erősítő fokozat közé kapcsolni, ha az elsőnek a kimenő ellenállása nagy, a másodiknak pedig a bemenő ellenállása kicsi. Ez az alkalmazás televíziós erősítőkben kerülhet sorra, de nem terjedt el tulságosan, mert a modern szélessávú erősítésnél

soros és párhuzamos tekerések alkalmazásával lehet az ellenállásos erősítő fokozatok egymás után való csatolását megkönnyíteni. Bizonyos azonban, hogy katódcsatolású fokozat közbeiktatása még mindig jelenthet további előnyt, ha előtte az anódon párhuzamos tekeréset, utána pedig a rácson soros tekeréset használunk, mert kevésbé torzul a fázis. Nagyobb jelentősége van a katódcsatolásnak bemenő fokozatban. Kristály pick-up és hasonló eszközök esetén nagyon fontos, hogy a fokozat bemenő ellenállása minél nagyobb legyen és ezt a katódcsatolással tudjuk biztosítani. Elejét vesszük így annak is, hogy feszültségadagoló potencióméter felhasználása esetén a potencióméter állítása visszahatást idézzen elő.

A katódcsatolás legfontosabb alkalmazása kimenő fokozatban történik főleg szélessávú (televíziós) erősítőknél, de esetleg hangfrekvenciás erősítőknél is. Döntő előnyt jelent itt a kis látszólagos belső ellenállás, amely kb. a meredekség reciproka értékével egyenlő. Ez nyújt módot arra, hogy a teljesítményt kábé-re vigyük át, amelynek alkalmazása csak néhány száz Ohm körül van. Ha a külső ellenállás pl. 3-szor nagyobb mint a reciproka meredekség, a katódcsatolású fokozat erősítése 0.75, tehát a feszültségnek csupán 25%-a megy veszendőbe. Végfokozatoknál azonban a legfontosabb szempont az, hogy mekkora feszültséget vihetünk át. Itt pedig nagyon kellemetlen csalódás érhet bennünket. Kimutatható u. i., hogy a katódcsatolás első sorban kis feszültségek átvitelére alkalmas és nagyobb kivezérlések mellett a kapcsolás előnyei részben elvesznek.

2. Kivezérlés és külső ellenállás.

A kérdést olyan módon fogalmazzuk meg, hogy megvizsgáljuk, legfeljebb milyen nagy feszültséget adhatunk a cső bemenetére, anélkül, hogy tulvezérlés lépne fel. Ezen kivezérlési vizsgálatnál a feltételeket annyiban idealizáljuk, hogy a cső jellemző görbéit egyeneseknek tekintjük. A kivezérlés határát az szabja meg, hogy a csőben rácáramnak folyni nem szabad. A rác-katód közötti váltófeszültség csúcsértékénél tehát kisebbnek kell lennie a negatív rácselepfeszültségnek.

$$E_{gk} < E_c$$

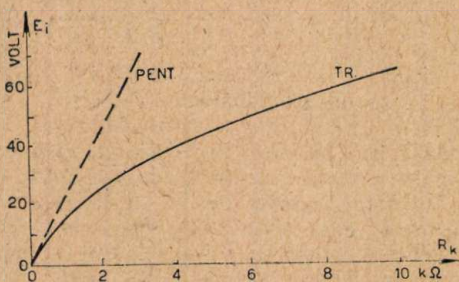
A rác-katód feszültség és a bemenő feszültség összefüggése

$$E_{gk} = (1 - A) E_i = \frac{r_k + r_a}{\mu r_k + r_k + r_a} E_i$$

tehát

$$E_{i \max} = \frac{\mu + r_a/r_k + 1}{r_a/r_k + 1} E_c \quad (3)$$

A kivezérlésnek az is határt szab, ha a cső rác-feszültsége pillanatnyilag olyan nagy negatív ér-



4. ábra. A megengedett legnagyobb bemenő feszültség a külső ellenállás függvényében 6AC7 ill. egy.ik EFF50 rendszer esetén. A kihúzott görbe trióda, a szaggatott görbe pentoda kapcsolásra vonatkozik.

tébe vesz fel, hogy anódáram a csőben nem folyik. Ez az ún. cut-off határ, amellyel triódák ese-

tében nem kell külön foglalkoznunk, mert a munkapont helyes megválasztásával ezt a határt az előző bemenő feszültség értékénél érjük el.

Ha a cső nem triódának, hanem pentódának van kapcsolva, a belső ellenállás végtelennek tekinthető és első közelítésként a következőt kapjuk.

$$E_{i \max} = (1 + S r_k) E_c \quad (4)$$

Mindkét egyenletről azt látjuk, hogy a kivezérléshetőség határát a külső ellenállás értéke rendkívül erősen befolyásolja. Ezekre a viszonyokra mutat példát a 4. ábra. A katódcsatolás kis kimenő ellenállásának éppen az volt az előnye, hogy kis külső ellenállást enged meg. Most azonban azt látjuk, hogy vagy le kell mondanunk a kis kimenő ellenállás nyújtotta előnyről, vagy bele kell törődnünk abba, hogy kicsi lesz a kivehető feszültség.

3. Kivezérlés és frekvencia.

Tévedés volna azt hinni, hogy feladataink ezzel megoldódtak. Négyszög hullámok esetében még sokkal kisebb a kivezérlés lehetősége. Hogy ezt megértsük, figyelembe kell venni, hogy a katód és a föld között, tehát a külső ellenállással párhuzamosan mindig van bizonyos szórt kapacitás. [2]. Ismeretes, hogy kapacitás jelenléte minden esetben eltorzítja a négyszög hullámot, mert a derékszög helyébe exponenciális feltöltési, ill. kisülési görbe kerül. Ez a torzítás annál csekélyebb, minél kisebb az ellenállás és kapacitás szorzatából számított időállandó. Minthogy a helyettesítő kapcsolás szerint a kapacitással párhuzamosan fekszik a külső ellenálláson kívül a cső nagyon kicsi látszólagos kimenő ellenállása is (kb. 1/S), azt várjuk, hogy a kis időállandónak megfelelően nagyon kicsi lesz a torzítás is.

Igy van ez mindaddig, amíg a négyszög hullámok amplitudója is kicsi. Tegyük fel azonban azt, hogy az áramváltozás amplitudója nagy. Kiindulunk az anódáram pillanatnyi legnagyobb értékéből. Legyen ez I_{max} a katód pillanatnyi feszültsége tehát $I_{max} r_k$. Ha ez az állapot megfelel a teljes kivezérlésnek, úgy a rác-katód feszültség éppen 0, tehát a bemenő és kimenő feszültség egyenlő. Most hirtelen negatívabbá tesszük a rácst. A katódon lévő kapacitás azonban fel van töltve és így a katód feszültsége csak fokozatosan esik le az $I_{max} r_k$ értékről. A katód nagy pozitív feszültségéhez képest a rác erősen negatív és a kettő feszültségének különbsége nagyobb lehet, mint a cső zárófeszültsége. Ebben az esetben a csőben megszakad az anódáram. De ha a cső nem működik, megszűnik a látszólagos kis belső ellenállás is. A kapacitás kizárólag a r_k ellenálláson keresztül süllhet ki és így az időállandó már nem C/S , hanem $C r_k$, tehát esetleg százszor nagyobb érték. Mi történik most? A kapacitás lassan elveszti töltése egy részét, ezzel kevésbé pozitívvá válik a katód, tehát csökken a negatív rác-katód feszültség. Egyszerre azután az áram is megindul a csőben, az időállandó nyomában újból felveszi a kedvező kisebb értéket és ezzel a kisülés rohamossá válik. Amikor azután a négyszög hullám másik felére, vagyis hirtelen pozitívabbá tesszük a bemenő feszültséget, az anódáram növekszik, tehát a cső egy pillanatra sem lesz lezárva. Ebben az esetben, vagyis a feltöltés esetén nincsen semmiféle veszély és a bemenet ugyanakkora értékű lehet, mint lassú változás esetére, amire a határokat az előbb tárgyalt módon a (3), ill. (4) egyenletekből nyerhetjük.

Amint látjuk, ha a négyszögfeszültség amplitudója nagyobb, mint a cső zárófeszültsége, erős torzítás lép fel. Nézzük meg, mekkora a zárófeszültség. Ha egyenes jellemzőket feltételezünk, a levágás beáll $E_i = I_{max}/S$ értéknél. Így tehát ez a bemenő feszültség legnagyobb megengedett hirtelen változása. A csőben fellépő legnagyobb anódáram

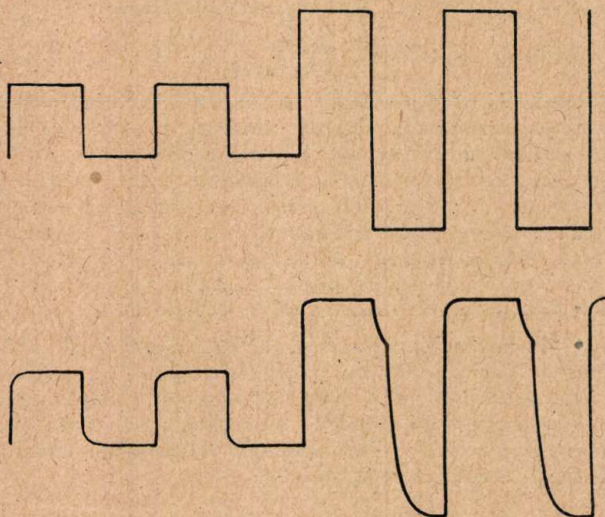
$$I_{max} = \frac{E_a}{r_a + r_k}$$

és mivel így tehát

$$S r_a = \mu$$

$$E_{i max} = \frac{E_a}{\mu + \mu r_k/r_a} \quad (5)$$

Ez pedig annyit jelent, hogy a cső semmivel sem dolgozhat fel nagyobb feszültséget, mint ha nem is negatív visszacsatolású katódcsatolásban, hanem közönséges, anódkörbe helyezett munkaellenállással működne. A megengedett határ túllépésénél beálló torzítás becslésére szolgáljon a következő példa: legyen $R_i = 10/S$ és $E_i = 3 E_{i max}$ ebben az esetben a kisülési idő 11-szeresére nő.



5. ábra. Fent: a rácsra ható ideális négyszöghullám. Lent: a katódon + fellépő deformált négyszöghullám.

Szerencsére a gyakorlatban a hiba nem jelentkezik ilyen nagy mértékben és nem teszi lehetetlenné a televízióban a katódcsatolás használatát négyszöghullámok átvitelére. A látszólagos ellentmondást a következő gondolatmenet oldja fel [5.]: Merőleges feszültségfrontokat, tökéletes négyszöghullámokat a gyakorlatban lehetetlen előállítani. Mindig eltart bizonyos ideig, amíg egy feszültség-csökkenés vagy növekedés lefolyik. A gyakorlatban használt négyszöghullámok mind olyanok, mintha egy tökéletesen merőleges frontú négyszöghullámot már átbocsájtottunk volna egy bizonyos időállandóval bíró körön. Az ilyen deformált négyszöghullámok esetében nagyobb amplitúdót engedhetünk meg. Ha a feltételezett előző kör időállandóját T_i -vel jelöljük, felállíthatjuk a következő szabályokat:

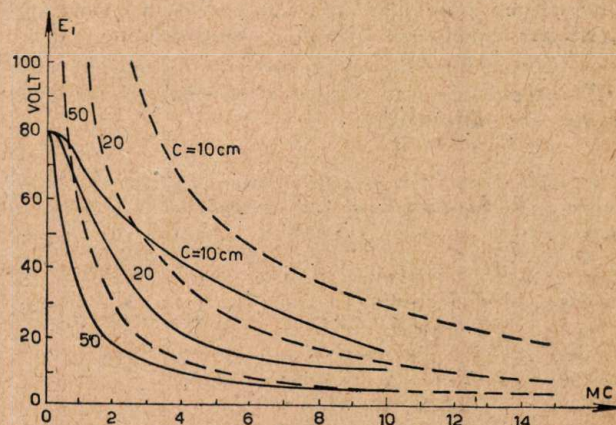
a) Ha $T_i > C r_k$, akkor a bemenet egyáltalában nincsen szigorúbban korlátozva, mint lassú változások esetén,

b) Ha $T_i < C r_k$ akkor az amplitudó ugyan korlátozva van, de a korlátozás annál gyengébb, minél közelebb van egymáshoz a kétféle időállandó, így pl.

$$T_i = \frac{C r_k}{2} \text{ esetében} \quad E_{i max} = \frac{E_{i max} \text{ lassu}}{2}$$

Nemcsak négyszöghullámok, hanem nagy frekvenciával bíró szinuszhullámok átvitelénél is súlyos sze-

repe lehet a katód szórt kapacitásának. Hosszabb számítás nélkül is azonnal láthatjuk ezt, ha a (3) képletben a külső ellenállás helyett, terhelő impedancia gyanánt a katódelőállás és a kapacitás párhuzamos kombinációját vesszük számításba. Nyilvánvaló, hogy ebben az esetben a terhelő impedancia nagy frekvenciánál igen erősen lecsökken. A (3) egyenletből pedig láttuk, hogy a kivezrlés határa a külső impedanciának és a fokozat kimenő ellenállásának a viszonyától igen erősen függ. Világos tehát, hogy igen nagy frekvenciák mellett a kivezrlés is erősen lecsökken. Példaképpen megjegyezzük, hogy $\frac{1}{\omega C} = r_k$ esetében a külső terhelés a kisfrekvenciás ohmikus értéknek csupán 70%-a és ennek megfelelően már csökken a kivezrlés is. (Végülén nagy frekvenciák esetén a négyszöghullámoknál fellépő $\frac{E_a}{\mu + \mu r_k/r_a}$ adódik. A helyzet szemléltetésére szolgáljanak a 6. ábra görbéi. Itt egy televíziós, szélessávú pentodánál (6AC7, vagy EFF50



6. áb a. A megengedett legnagyobb bemenő feszültség a frekvencia függvényében 6AC7 ill. EFF50 csőnél, 10.000 Ohm katódelőállással, különböző kimenő kapacitások esetében. A kihúzott görbék trióda, a szaggatott görbék pentóda kapcsolásra vonatkoznak.

egyik rendszere) bemutatjuk, hogy különböző szórt kapacitások esetében hogyan változik a frekvencia függvényében a kivezrlési lehetőség.

4. Illesztés.

A fenti eredményeket összegezve azt látjuk, hogy a kivezrlés szempontjából ajánlatos nagy katódelőállást alkalmazni. Különösen akkor áll ez, ha nem dolgozunk túlságosan nagy frekvenciákkal. Utóbbi esetben a kivezrlést a szórt kapacitás impedanciája határoolja és így azt kell csökkentenünk. R_k értékét viszont ebben az esetben nem ajánlatos túlságosan nagyra venni, mert ez növelné a túlzás esetében fellépő időállandó és ezzel a torzítást is. Minél nagyobb frekvenciával dolgozunk, annál inkább csökkentenünk kell r_k értékét, éppen úgy, mint szabályos ellenálláserősítőnél az anódköri ellenállás értékét. Nagy feszültségek átvitelére tehát igen nagy frekvencián a katódcsatolás sem nyújt módot.

r_k értékének megválasztásánál más szempontjaink is lehetnek. Figyelembe kell venni az r_k ellenálláson fellépő egyenáramú feszültséget is. Ez nem hághat túl bizonyos értéket, amelyet a csőgyárok mint maximális fűtés-katód feszültséget megadnak. A fűtés u. i. rendszerint össze van kötve a földdel. Igaz ugyan, hogy alkalmazható külön fűtő-

transzformátor, ez azonban nagyon megnöveli a költséget. Egyébként az anódfeszültség nagysága is korlátozva van, u. i. annak növelése drágítaná az anód-pótlót. A gyakorlatban általában kisebb csöveknél

$$r_k \sim 10,000 \text{ Ohm}$$

nagy végsőveknél pedig

$$r_k \sim 1000-2000 \text{ Ohm}$$

Egészen más a probléma, ha a katódcsatolású fokozatot tisztán teljesítményerősítésre használjuk fel, ami bizonyos hangfrekvenciás kapcsolásoknál fordulhat elő. Ezt a kérdést itt csak röviden érintjük. Van egy általános tétel, amely szerint a negatív visszacsatolás nem sokat változtat az optimális illesztés adatain. Ez a sokszorosan igazolt tétel csak azért hangzik furcsának, mert a negatív visszacsatolás a kimenő ellenállás látszólagos értékét erősen megváltoztatja. Illesztés esetében azonban nem ezzel a látszólagos ellenállással, hanem magának a csőnek valódi belső ellenállásával kell számolni. Az erős negatív visszacsatolás u. i. első közelítéssel nem változtatja meg a túlvezérlés határait, csupán a jelleggörbék menetét. A legkedvezőbb illesztést pedig a túlvezérlési határok szabják meg. Érvényesek maradnak tehát a legkedvezőbb illesztésnek szabályszerű kapcsolásokra vonatkozó feltételei, amelyeket alább sorolunk fel.

Nagyon kicsi kivezérlés esetén a legnagyobb rács-váltó feszültség van megadva és érvényes az erősáram generátorszabály.

$$r_{opt} = r_a \quad (8)$$

Nagyobb kivezérlés esetén döntő szerepe van a O rácsfeszültség paraméterhez tartozó belső ellenállás-egyenésnek és mint egyszerű számítással levezethető

$$r_{opt} = 2 r_a \quad (9)$$

Ezzel a képlettel élünk, ha az anód-egyenfeszültség van adva.

Végül, ha a belső ellenállás nagyon kicsi

$$4 r_a < \frac{E_a}{I_a}$$

az anódáram szab határt a kivezérlésnek és

$$r_{opt} = \frac{E_a}{I_a} - 2 r_a \quad (10)$$

Mivel pentódáknál a nagy r_a helyett az $E_c = 0$ görbének felmenő ága alkotja a határt, és ez sok

esetben szinte merőlegesnek tekinthető, ezeknél durvábban a következő illesztést kapjuk

$$r_{opt} = \frac{E_a}{I_a} \quad (11)$$

Hangfrekvenciás erősítésnél rendszerint van kimenő transzformátor, tehát az optimális illesztésre megvan a mód. Kivételképpen az is előfordulhat, hogy a tulajdonképpeni terhelő ellenállást kondenzátor segítségével csatoljuk párhuzamosan a katódkörbe elhelyezett ohmos ellenálláshoz. Itt már nincs sok választásunk, kívánatos a katódba helyezett ellenállást a megengedett legnagyobb értékre venni.

Eddigi számításainkban teljesen figyelmen kívül hagytuk a torzítás kérdését. Mint minden negatív visszacsatolásnál, itt is az a helyzet, hogy a torzítás két fajta bontható: a túlvezérlés (rácsáram, levágás) által okozott deformáción nem tudunk segíteni, viszont a jelleggörbe enyhe görbületeit a negatív visszacsatolás kiigazítja. Első közelítésben azt mondhatjuk, hogy a torzítás ugyanolyan arányban csökken, mint az erősítés. A katódcsatolásnál ez

az arány megközelítőleg $\frac{r_k + r_a}{\mu r_k + r_k + r_a}$ Helyesebb mód-

szernek látszik azonban, ha magát a jelleggörbét vesszük szemügyre. Ezúttal azonban a negatív visszacsatolás által javított jelleggörbékre lenne szükség. Ezeket a normális görbékből lehet megszerkeszteni [7]. A legtöbb esetben a torzítás 1% alatt marad. Nagyfrekvenciáknál azonban, ahol a terhelés már nem ohmikus, a torzítás a számított értékeknél nagyobb. Kritikus értéket azonban itt sem vesz fel addig, amíg a túlvezérlést elkerüljük.

E tanulmány keretében a katódcsatolásnak számos új alkalmazására nem térhettünk ki, csupán röviden utalunk arra, hogy a kapcsolás módot nyújt egyszerű multivibrátorok és oszcillátorok, továbbá külön fázisfordítás nélkül működő ellenütemű erősítő fokozatok építésére [4, 6].

- IRODALOM: 1. A. Preisman: RCA Review 1938. 430. o.
 2. H. Goldberg: Proceedings I. R. E. 1945. nov. 778. o.
 3. K. Schlesinger: Proceedings I. R. E. 1945. dec. 843. o.
 4. W. Amos: Wireless Engineer 1946. febr.
 5. W. T. Cocking: Wireless World 1946. márc. 79. o.
 6. K. A. Pullen: Proceedings I. R. E. 1946. jún. 402. o.
 7. H. L. Kraus: Electronics 1947. jan. 116. o.

Impulzustechnika

ISTVÁNYFY EDVIN

A mikrohullámú technika a második világháború alatt történt nagy fejlődése szétválaszthatatlanul összefügg az impulzustechnika fejlődésével. A legfontosabb mikrohullámú alkotások a radar készülékek és az időbeosztású sokcsatornás berendezések (Pulse modulated radio relay systems) alapelvét rövid impulzusok kisugárzása és vétele képezi, amelyek vételi időpontjából radar készülékeknél a tárgy távolságát állapítható meg; az időbeosztású sokcsatornás berendezéseknél pedig az átvitt rövid impulzusok időbeli eltolódása határozza meg a modulációt.

Radar készülékeknél a távolságmérés pontossága és két különböző távolságban lévő tárgy megkülönböztethetősége annál jobb, minél rövidebb az impulzus. Időbeosztású sokcsatornás berendezéseknél viszont minél több csatornát viszünk át, annál kevesebb ideig lehet egy csatornát bekapcsolni és az impulzus tartama ehhez képest is igen kicsiny kell, hogy legyen.

Az impulzus időtartamot a célnak megfelelően kell megválasztani. A szükségesnél rövidebbre sem célszerű venni, mert ezáltal a kisugárzott energia is csökken, feltéve, hogy az adócsőre megengedhető maximális üzemi feltételeket már a hosszabb impulzusnál is kihasználtuk.

Radar készülékeknél a szokásos impulzustartamok $0,1 \mu\text{ mp}$ – $50 \mu\text{ mp}$ időtartamúak és többnyire $0,5$ és $10 \mu\text{ mp}$ között vannak. (Kivételt képez a hold-radar, ahol lényegesen hosszabb impulzusokra van szükség.)

Az impulzusok előállításánál kívánatos a meredek oldalakkal és vízszintes tetőrészel határolt alak elérése. Ez első sorban nem a távolságmérés pontosságának fokozása miatt kell, hanem mint-hogy öngerjesztéses oszcillátorokat használnak, a frekvencia az anódfeszültségtől is függ; az ideális impulzus egyik feltétele az impulzus alatt változatlan anódfeszültség, amiáltal elkerülhető a nem kívánatos frekvencia moduláció.

Az impulzusokkal való moduláció alatt

azt értjük, hogy az adót csak az impulzus tartama alatt hagyjuk működni; ez alatt lehetőleg változatlan energiával. (Egyetlen impulzus alatt természetesen nagyszámú nagyfrekvenciás rezgés játszódik le.) Az impulzusok a radar készülék hatótávolságától függő időközben ismétlődnek. Az ismétlődő frekvencia vagy impulzus-frekvencia néhány 100-tól több 1000 szokott lenni mp-ként, amelynek vezérlő frekvenciáját igen pontosan kell megtartani, mint-hogy radar készülékeknél a távolságmérés alapját ez képezi.

Bár az adó frekvenciája ideális esetben az impulzus alatt nem változik; mégis frekvencia spektruma az 1. ábra szerint 0 -tól ∞ -ig terjed. A vevő sávzsélességének olyan nagygnak kell lennie, hogy a legkedvezőbb vétel-zaj arányt kapjuk. Az e szempontból szükséges sávzsélesség Δf a mp-ekben kifejezett impulzus idő reciprok értéke; pl. $1 \mu\text{ mp}$ impulzus vételéhez 1 mc sávzsélességű vevő szükséges.

Az impulzustechnikában a feltalálói leleményesség már eddig is annyi változathozott ki, hogy szinte lehetetlen a maradék nélkül való rendszerbe foglalás. Mindazonáltal a radar technikában használatos módszerek három fő csoportba sorolhatók: 1. kemény csövekkel használatos módszerek; 2. szikraközös módszerek impulzus formáló művonallal; 3. vasmagos módszerek.

1. Kemény csövekkel használatos módszerek.

Rövid impulzusok előállításának egyik módja az, hogy az impulzus frekvenciának megfelelő, elég nagy feszültségű szinuszgörbét szögletes alakítják át és a hirtelen változást differenciálják. A szögletesítésre gyakran alkalmazott módszer a rácsáram felhasználásával történik. A ráccsal nagy ellenállást, pl. 1 – 2 megohmot kapcsolnak sorba és a vezérlést ezen keresztül adják a rácsra. Amíg a vezérlés erősen negatívban jár, addig az anódáram zérus lesz; pozitív feszültség esetén a rácsáram és a sorba-kapcsolt nagy ellenállás miatt a rácsfeszültség csak alig fog zérus fölé emelkedni. Elég nagy vezérlőfeszültség

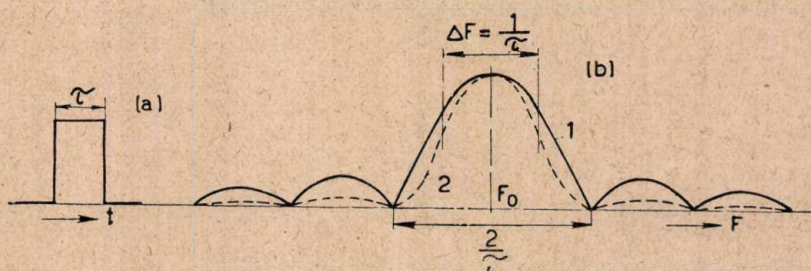
esetén az anódáramban meredek lépcső kapható. Differenciálás elérhető pl. úgy, hogy az anódkörben kondenzátort és ellenállást kapcsolunk sorba és a feszültséget az ellenállás kapcsairól veszünk le. Ez esetben aránylag kis impulzusokat kapunk, mert differenciálás akkor jön létre, ha az ellenállás kicsiny a kondenzátor reaktanciájához képest. Így egy pozitív és egy negatív impulzus keletkezik, melyek közül a következő cső csak az egyiket erősíti.

Más, gyakrabban használt módszer a differenciálásra úgy történik, hogy a szögletes feszültséggel vezérelt cső anódkörébe önindukciót vagy transzformátort kapcsolnak, ahol $L \frac{di}{dt}$ ill. $M \frac{di}{dt}$ feszültség keletkezik és így az áramlépcsőnél feszültségimpulzus jön létre. A jelenség bonvolódik, a tekercs saját kapacitása miatt és tulajdonképpen a saját rezonancia által meghatározott kitergés jön létre. Transzformátorra azért van szükség, mert a következő cső rácsára megfelelő polaritással kell vezetni az impulzust. Katóderősítő alkalmazása esetén a megfelelő polaritás elérhető transzformátor nélkül is.

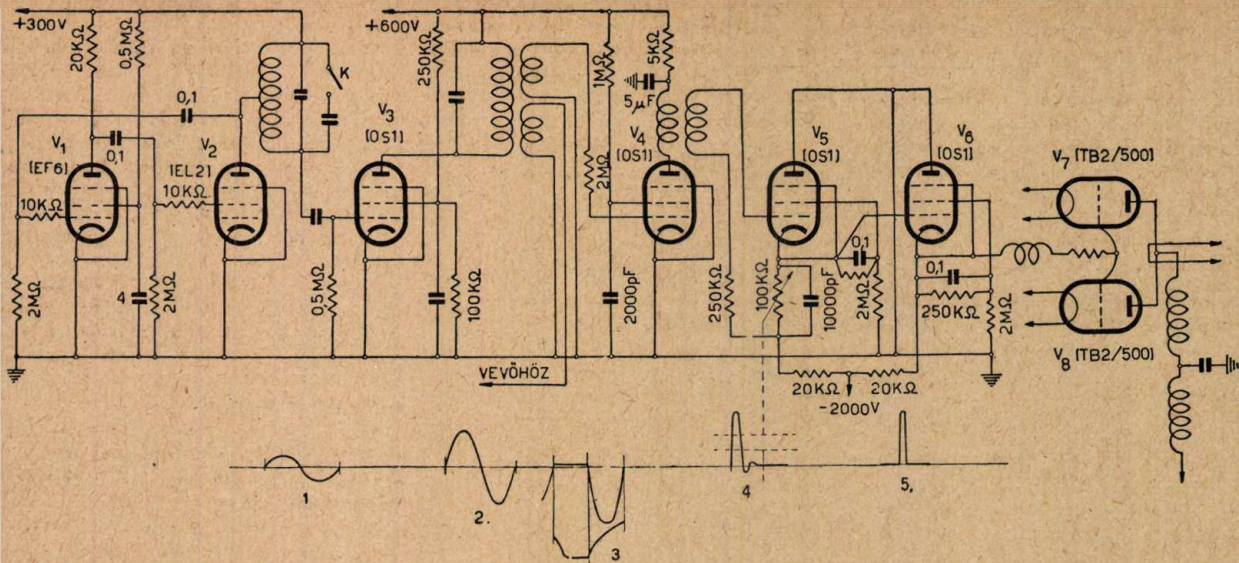
Erősítésnél az impulzuszsélesség szűkítése történhet pl. nagyobb negatív rácselőfeszültség alkalmazásával, amikoris az impulzusnak csak a keskenyebb hegye vezérli a rácsot.

A modulátorcső rácsa már tekintélyes impulzusfeszültséget kap. A modulátor gondoskodik arról, hogy az adócső csak az impulzus ideje alatt vegyen fel anódáramot. Ez elérhető oly módon, hogy a modulátorcsövet sorba-kapcsoljuk az adócsővel; ilvenkor az impulzus alatt a teljes anódáram áthalad a modulátorcsővön, lezáráskor viszont a teljes anódfeszültséget felveszi. Ez a módszer az ú. n. anódvezérlés. Ennél egyszerűbb követelményeket támaszt a modulátorral szemben a rácsvezérlés (rácslökődés), amely esetben a modulátorcső az adócső erősen előfeszített rácsát pozitívvá teszi az impulzus alatt. Utóbbi módszernek hátránya, hogy az adócső a szünetekben is igen nagy anódfeszültség alatt van, továbbá a legfontosabb mikrohullámú alkalmazásoknál magnetront használnak és így csakis anódmoduláció alkalmazható.

Az impulzustechnika itt ismertett módszereit és modulációt alkalmaztuk a hazánkban kifejlesztett radaroknál. A 2. ábrán látható a «Sas» felderítő radar impulzus generátora. Az első két cső a hangfrekvenciás oszcillátor, amely az impulzusfrekvenciát állítja elő jóminőségű porsavmagos tekercsel. A következő cső hangfrekvenciás erősítő, amely kb. 300 V eff. feszültséget ad ki. Ezután következik a rácsban szegletesítő az anódban differenciáló impulzuskeltő cső. E cső kapcsolásának külön érdekessége a nagy segéd rács ellenállás és kis kondenzátor (Dr. Szabó Nándor munkatársamtól való kapcsolás) ami miatt a segéd rácsfeszültség az



1. ábra. a) négyzetes impulzus. b) az a) szerinti impulussal modulált rezgés frekvencia spektruma. Az 1 görbe a feszültség elosztását; a 2 görbe az energia elosztását mutatja.



2. ÁBRA.

A hazai „SAS” felderítő radar impulzus generátora és modulátora.

V_1 és $V_2 = 750$ periódusú oszcillátor a torzításmentes impulzsfrekvencia erőállítására.

- 1 = V_3 cső rácán a vezérlő feszültség.
- 2 = V_3 cső anódkörében a feszültség.
- 3 = V_1 cső rácán az ellenállással és rácárammal szögletesített feszültség.
- 4 = V_1 katóderősítő rácán a differenciált feszültség.

A $100\text{ K}\Omega$ változtatásával az impulzustartam szabályozható.

a 3. ábrán az AN/MPG-1 amerikai radar impulzusformáló elvi áramkörét.

A vezérlésre használt 1 négyszögletes feszültséggörbét a $C_1 R_1$ áramkörbe vezetik, mely azt differenciálja. Így a lépcső elején egy pozitív és a végén egy negatív impulzus keletkezik. Az R_1 ellenállás kapcsairól kapott differenciált 2 feszültséget a V_1 cső rácára vezetik, amely csak a pozitív impulzust erősíti, amelyet ezután a T_1 transzformátor differenciál és megfordít, hogy vele a V_2 katóderősítő csövet vezérelni lehessen.

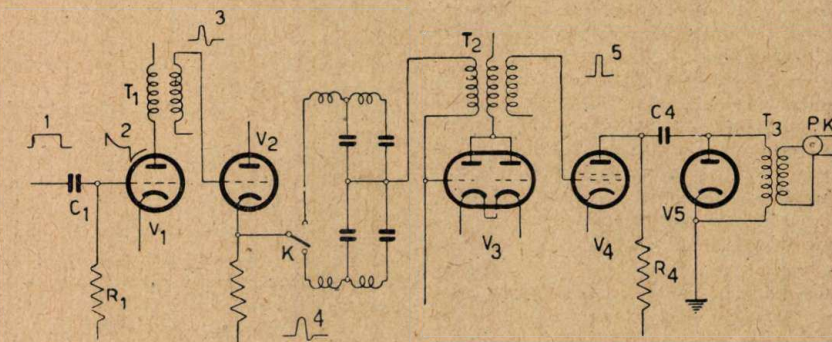
mot. Ezáltal a lépcső igen meredek lesz. Az impulzus végén meginduló degeneratív folyamat hasonlóan élesítő hatású. A V_2 és V_3 cső között egy késleltető vonal van és minthogy a T_2 transzformátor szekundér tekercsének rácselfőli oldala az impulzus kezdetekor pozitív lesz, a művonal felőli vége negatívra töltődik. A művonal időállandójától függő idő után a művonal kondenzátorai teljesen feltöltődnek, amikor a rác negatívvá válik és az impulzusnak a blocking-oszcillátor degeneratív hatása miatt hirtelen vége-

áramfolyás ideje alatt hamar lecsökken és így az anódaáram is (lásd 2. ábra 3. jelű alsó görbét). Ezáltal a cső kevésbé melegszik és aránylag nagy impulzusteljesítményt tud leadni. A következő OS1 nagyteljesítményű katóderősítő; végül az utolsó OS1 a modulátor cső, amely az impulzusok alatt az egyébként -2000 voltra előfeszített adócsövek rácát a földre kapcsolja.

Értesüléseim szerint a német technika is lényegében ezeket a módszereket alkalmazta, bár a feladatot több csővel oldották meg, mint mi.

Az angolszász radartechnika — mint az az azóta nyilvánosságra jutott közleményekből kitűnik — a fejlődés további fokozatáig jutott el. Az impulzusok előállításánál az egyik lényeges különbség az, hogy csaknem minden esetben alkalmaznak az impulzust meredekké tévő áramkört, továbbá, hogy az impulzustartamot művonalas áramkör alkalmazásával állítják be. Ezáltal elérik azt, hogy valóban négyszögletes impulzusokkal dolgoznak, amelyek időtartama pontosan megtartható és egyszerű átkapcsolással az időtartam más értékre állítható be, ami független a csövek, előfeszítés stb. beállításától.

A lépcső meredekké tételére alkalmaznak blocking-oszcillátort vagy 1-lövetű multivibrátort. Példaképen bemutatjuk



3. ÁBRA.

Az AN/MPG-1 amerikai radar impulzusformáló áramköre és modulátora.¹

- 1 = szögletesített vezérlő feszültség.
- 2 = A $C_1 R_1$ körrel differenciált feszültség.
- 3 = V_2 csövet vezérlő feszültség.
- 4 = V_3 csövet vezérlő feszültség.
- 5 = A művonal által behatárolt és a V_3 blocking-oszcillátor által élesített vezérlő feszültség a V_4 modulátorcső rácán.

A V_3 blocking-oszcillátor anódkörében 3-tekercses transzformátor van. Az egyik tekercs pozitív visszacsatolást ad a rácra. Ezáltal ha anódaáram indul meg, akkor a növekedés arányában pozitív feszültség jut a rácra, amely ismét növeli az anódaá-

szakad. A késleltető vonal átkapcsolható a K kapcsolóval és így az impulzustartam két különböző értékre állítható be. $1\ \mu\text{ mp}$ és $0,25\ \mu\text{ mp}$.

Ha az impulzus hosszát a felire veszik, akkor egyidejűleg az impulzsfrekvenciát a kétszeresére szokták változtatni, hogy a magnetron átlag anódaáram felvétele ne változzon meg. Az így nyert 5 határozott tartamú, meredek kb. 1000 voltos impulzussal a V_4 modulátorcső rácát vezérik kb. 240 volt pozitívrá. Ekkor a C_4 kondenzátor a T_3 impulzustranszformátor primer tekercsén át külső és a P. K. pulzuskábelben alacsonyabb feszültséggel vezetik a távolabb elhelyezett magnetronhoz, ahol az impulzust újból nagyobb feszültségre transzformálják fel. Az impulzusok közötti időben C_4 kondenzá-

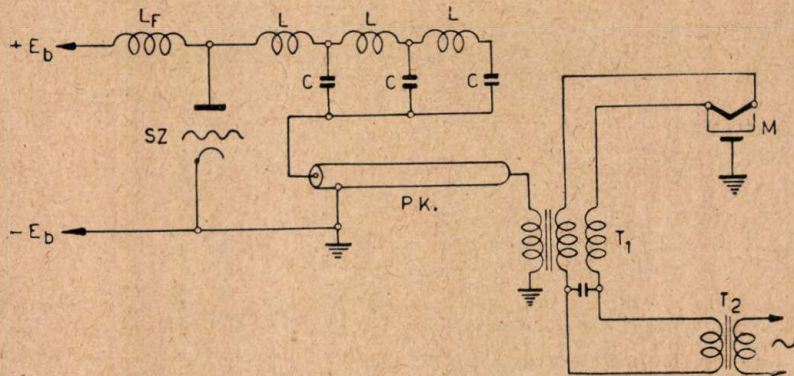
¹ Electronics, 1946. január.

tor az R_4 ellenálláson át töltődik fel. A V_5 dióda az impulzus után létrejövő vadrezgések megszüntetésére szolgál.

Az eddig ismertetett módszerek kemény modulátorcsövekkel történtek. Hátrányuk az aránylag nagy modulátor csőteltjesítmény és az ehhez szükséges nagy vezérlő feszültség.

2. Szikraközös módszerek, impulzusalkító művonallal.

A szikraközös modulációs módszerek művonalas modulátorral dolgoznak,



4. ábra. Művonalas modulátor elvi áramköre.

közvetlen a C kondenzátorokra van kapcsolva. Az Sz szikraköz különböző típusú lehet, bár az ábrán thyatron van feltüntetve.

A szikraköz működésének pillanatában C kondenzátorok E értékre voltak feltöltve, amely, mint látni fogjuk, többnyire $2E_b$ -vel egyenlő. A művonall hullámmellenállását egyenlőre szokták választani a pulzuskábel hullámmellenállásával. Ezáltal a szikraköz kisülésekor a feszültség a művonall kapcsain hirtelen $E/2$ -re esik és ugyanakkor a terhelés kapcsain, ami a jelen esetben a pulzuskábel, (de lehet közvetlen a magneton is) $-E/2$ feszültség jelenik meg, mert a szikraköz rövidzáró hatása miatt a kétfő összege zérus kell, hogy legyen. A művonall elején fellépő $-E/2$ feszültséglökés végigfut a művonalon, a végén visszaverődik és visszaérkezéskor kioltja a $+E/2$ feszültséget, mire az adásnak végeszakad. Az impulzus alakját és időtartamát a művonall szabja meg. Az impulzus időtartama a művonall terjedési idejének a kétszeresével egyenlő. A minél pontosabb négyzetleges impulzus létrehozásához célszerű a művonallat minél több tagból készíteni. Ha a művonall n egyenlő tagból áll, akkor a benne tárolt energia a kapacitásból és a feszültségből számítható:

$$P = \frac{1}{2} n C E^2 \quad (1)$$

Ha a művonall hullámmellenállása Z_k egyenlő a terhelő impedanciával, akkor az impulzus alatt teljes energiáját átadja a terhelésnek. Ha az impulzus időtartama τ akkor felírható

$$P = \left(\frac{E}{2}\right) \left(\frac{E}{2 Z_k}\right) \tau \quad (2)$$

Minthogy az (1) és (2) egyenlők kell hogy legyenek, tehát a két egyenlethől:

amelynek kondenzátorai egy fojtótekeresen át feltöltődnek és valamilyen fajtájú szikraközös kapcsolóval oly módon lesznek kisütve, hogy egy meghatározott rövid ideig tartó állandó áram folyjon az oszcillátorban.

A művonalas modulátor elvét a 4. ábrán láthatjuk. Az L önindukcióból és C kondenzátorokból képzett művonallal a $P. K.$ pulzuskábelbe sorba van kapcsolva. A pulzuskábel belső vezetője a T_1 pulzustranzformátor primerjén át földelve van, tehát az E_b egyenfeszültség az L_F fojtótekeresen át

szerkezete eltér a szokásos fojtótekeresektől.

Pulzus-transzformátorokhoz a porvasmagok nem kedvezőek a háromirányú megosztás miatt. Ily célra igen vékony permalloy lemezekből (3–6 mikron) készült vasmagokat használnak, miáltal nagy permeabilitást kapnak és kis örvényáram veszteségek mellett hű impulzusátvitelt érnek el. A szigetelést kafaforézissel viszik rá a permalloy szalagra.

A 4. ábrán látható M magnetron anódja földelt és a fűtőszálára adják rá T_1 impulzus transzformátorral a negatív anódfeszültséget. Ezáltal a T_2 fűtőtranszformátort nem kell nagy feszültségre szigetelni.

Az Sz kapcsoló-szikraköznek az impulzusok között sok ezer volt anódfeszültséget kell kibírnia és a mikromásodpercenkénti impulzus alatt 100 Amperet kell tudni vezetnie. A szikraköznek másodpercenként néhány száz-tól néhány ezerig kell tudni kapcsolnia, elhanyagolhatóan kicsiny energiavesztés mellett.

Forgó szikraközök.

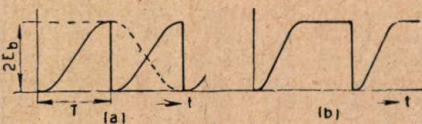
Kezdetben szikrakapcsolónak forgó szikraközöket használtak, amelyeknél a szikraköz begyújtása mechanikusan volt vezérelve. Ilyenekkel több mint 20 kV feszültséget is kapcsoltak és igen jól beváltak. Nehézségek csak kis feszültség esetén voltak, de megfelelően elhelyezett csúcsok koronahatásával az ionizációt segíteni sikerült, miáltal 4 kV esetén is 100%-os biztonsággal követhetett be a szikra. A forgó szikraközök a 6. ábra mutatja. 1, 2, 3 és 4,3

$$n C = \frac{\tau}{2 Z_k} \quad (3)$$

vagyis

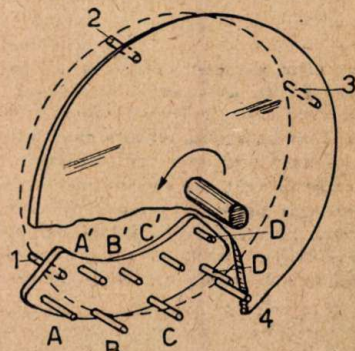
$$\tau = 2 Z_k n C \quad (4)$$

tehát az impulzus időtartama egyenlő a művonall összes kapacitásából és hullámmellenállásából álló áramkör időállandójának kétszeresével.



5. ÁBRA.

Fontos szerepe van az L_F fojtótekeresnek a töltés ideje alatt. A művonall kondenzátorain töltés közben a feszültség az 5. ábra (a) görbéje szerint változik. A feszültség T idő múlva a tápfeszültség kétszeresére növekszik. Ezt felhasználják rezonáns töltésnél oly módon, hogy a töltő fojtótekeres az nC kapacitással az impulzus frekvencia felénél adjon rezonanciát. Ilyen esetben a szikraköz mindig a maximum feszültségnél kapcsol. Egyes esetekben használják az ú. n. lineáris töltést is, amikor a töltő fojtótekeres önindukciója nagyobb, mint amennyi a rezonanciához szükséges. Ez esetben a fűrészfűrészekhez hasonló feszültséggörbét kapunk. Az ú. n. diódatöltésnél diódát kapcsolnak sorba a fojtótekeressel, amelynek önindukcióját kisebbre választják, mint amennyi a rezonanciátöltéshez szükséges. Ilyenkor a kondenzátor hamarabb éri el a legnagyobb feszültséget, és azt meg is tartja a kisülésig. (Lásd: 4. ábra (b) görbét). Rezonancia és dióda-töltésnél a fojtótekeres igénybevétele tekintélyes és ezért



6. ábra. Forgó szikraköz.

mm átmérőjű wolfram-rudak forganak és elhaladnak az A, B, C és D álló, hasonló wolfram elektródák közelében. A forgó rész egy teljes körfordulása alatt 16 szikra jön létre. A', B', C' és D' segéd elektródák csúcsokkal vannak ellátva és koronahatásukkal elősegítik a szikraköz begyújtását.

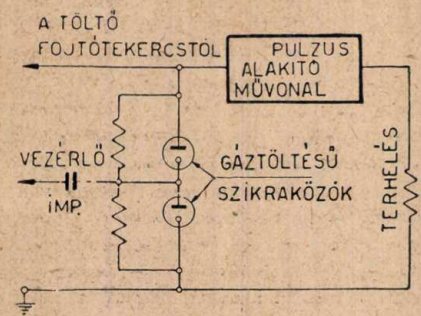
Forgó szikraközöket repülőgépfedélzeti-radaroknál is alkalmazták, ahol a szikraközöt teljesen lezárt tartályba kellett helyezni, hogy nagy magasságban se változzon a légnyomás. Ilyenkor azonban a szikrázás hatása miatt nitrogénoxidok és salétromsav keletkezett, ami gyors korrózióra vezetett. Ezt azzal sikerült megakadályozni, hogy

rézrel impregnált aktív szénét helyezték el a tartályba és így kb 500 óra üzemidőt sikerült elérni. Érdekes megemlíteni, hogy az amerikai hadsereg részére a háború alatt a Western Electric több mint 10.000 db hajó és repülőgép fedélzeti radart szállított forgó szikraközzel.

Gáztöltésű szikraközök.

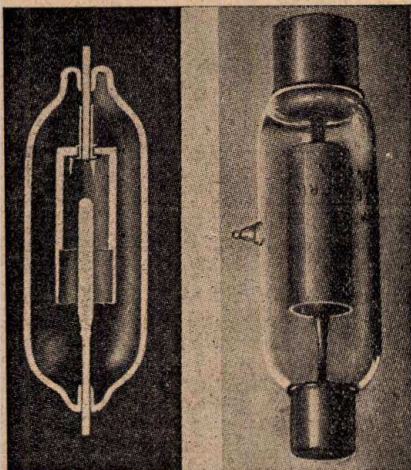
Ilyenek előnyösebbek a forgó szikraközöknél, mert működésük alacsony külső légnyomásnál sem változik meg és az impulzus-frekvenciát a ráadott villamos vezérlő impulzusokkal szabályozzák. Alkalmaztak vezérlő elektróda nélküli és vezérlő elektródás szikraközöket.

A vezérlő elektróda nélküli gáztöltésű szikraközökből legalább két darabot sorba kell kapcsolni ahhoz, hogy vezérlés alkalmazható legyen. Az elvi kapcsolást a 7. ábra mutatja. A ne-



7. ábra. Sorbakapcsolt gáztöltésű szikraközök begyújtása vezérlő feszültséggel.

gativ vezérlő impulzus begyújtja a felső csövet, amiáltal csaknem az egész anód-feszültség az alsó csőre jut, amely szintén átüt. Ilyen csöveket az amerikai Western Electric dolgozott ki és kb. 15.000 db radar-készüléket szállítottak velük. A csöveket 75% hidrogén és 25% argon keverékkel töltötték. A hidrogén gyors deionizációja miatt a legelőnyösebb; az argon hozzáadás a hidrogén-nagy katódosodásának csökkentéséhez kellett. A 8. ábrán bemutatott WE1B22 csőnek zárt alumíniumcső katódjá van, amelyben központosan van



8. ábra. Western Electric 1B22 típusú gáztöltésű szikraköz.

elhelyezve a végén legömbölyített hengeres alumínium anód. Többnyire két csövet használtak sorba kapcsolva, amellyel kb. 105 kW csústeljesítményt tudtak kapcsolni 67 Amper csúcsárammal 4 KV feszültség mellett. Az ábrán a katódnak az anóddal szemben fekvő végén koronaképzős csúcs látszik, melynek közelében kis mennyiségű rádiumot helyeztek el a begyújtás elősegítésére.

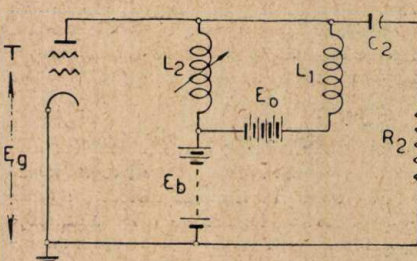
Más érdekes típus a hasonló gázkeverékkel töltött higanykatódás, molibdénanódás cső, mellyel csövenként

Csőtípus	4 C 35	5 C 22
Fűtőfesz	6,3 V	6,3 V
Fűtőáram	5,5—6,7 A	9,6—11,6 A
Csúsanód-fesz.	8 kV	16 kV
Csúcsanód áram	90 A	325 A
Átlagos anódáram	100 mA	200 mA
Max. Imp. frekvencia	4000	
Környezeti hőfok	— 50 C°-tól + 90 C°-ig	

E csöveknek nagy előnye az előbbi diódákkal szemben, hogy a vezérlésükhöz sokkal kisebb teljesítmény kell.

3. Vasmagos pulzusformáló tekercsek.

Amerikában az ismertett módszereken kívül vasmagos tekercsekkel is állítottak elő impulzusokat, sőt ilyeneket a magnetron modulálására közvetlenül is felhasználtak. A hadihajókon és különösen a tengeralattjárókon igen kis helyre kellett a magnetront a modulátorral együtt elhelyezni. Nagyteljesítményű használható thyatronokat és pulzus-transzformátorokat csak legújabbban tudtak gyártani, ezért a legtöbb hajó és tengeralattjáró ma is tekercs-modulátorral van felszerelve. A pulzusformáló tekercsek vasmagjait többnyire 0.025 mm vastag molibdén-permalloy szalagból készítik, melyet gyűrű alakúra tekercselnek és toroid tekercseléssel látják el. A keletkező igen nagy feszültségek miatt a tekercseket olajtartályba helyezik. Kis teljesítményű impulzusok előállíthatók vasmagos tekercsel közvetlenül a váltóáramból, de nagyteljesítményű impulzusformálásnál egyenáramot használnak, amit egy vezérelt tetródával kapcsolhatnak a tekercsre.

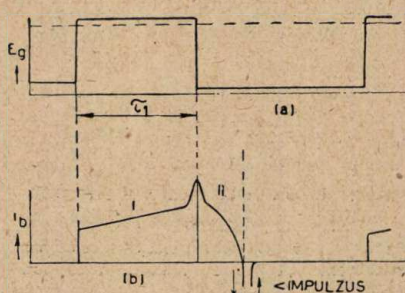


9. ábra. Vasmagos tekercs-modulátor elvi kapcsolása

A 9. ábrán a T tetróda négyszögletes feszültséggel van vezérelve a 10. ábra szerint. A vezérlést multivibrátorral állítják elő. A rácsfeszültség az idő egy részében negatív, amikor is az anódáram zérus. Az áramfolyás ideje alatt a rácsfeszültség kevéssel a katódpotenciál felett van.

kb. 10 kV feszültség mellett 300 Amper csúcsáram is elérhető volt. A higany felszínének a mozgását úgy szüntették meg, hogy visszavacsot higannyal telítettek.

A vezérlő elektródás gáztöltésű csövek közül a legmegfelelőbb az újabban kifejlesztett hidrogén-thyatron, amely valószínűleg az összes többi típust ki fogja szorítani. Néhány szemléltető adatot közlünk a Sylvania Electric Product, Inc. bostoni cég két hidrogén-thyatron csőtípusáról (közvetett fűtésű csövek).

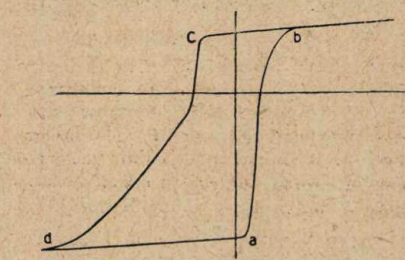


10. ábra. Feszültség és áram változása egy impulzus szakaszban.

(a) vezérlő feszültség a tetróda kapcsain.

(b) a tetróda anódárama.

Az E_b anódáramforrás az L_1 lineáris és az L_2 vasmagos önindukciót párhuzamosan táplálja. Ezenkívül egy kis E_0 feszültség arra a célra szolgál, hogy az L_2 tekercs vasmagját telítésig polarizálja, miáltal önindukciója igen kicsiny lesz. A tetródnál áthaladó áramot a 10. (b) ábrán láthatjuk és az L_2 tekercs mágnesezési görbáját a 11. ábra mutatja.



11. ábra. A vasmagos modulátortekercs mágnesezési görbéje Peterson szerint ²⁾

Amikor a tetróda vezetővé válik, akkor a telítésben lévő L_2 tekercs önindukciója igen kicsiny és az áram hirtelen megnő. Ez addig tart, míg a 11. ábrán a d pontból az a-ba jutottunk, ahol a vasnak nagy permeabilitása kezdődik. A nagy permeabilitású részen a-tól b-ig való áthaladásnál az L_2 tekercs árama csak lassan növekszik, viszont L_1 lineáris teker-

²⁾ Bell System Techn. J. 1946, október.

csen az áram lényegesen gyorsabban nő. Amikor L_2 tekercs újból telítésbe érkezik a b pontban, akkor önindukciója ismét lecsökken, ami megakadályozza, hogy L -en tovább növekedjen az áram. Ekkor a tetróda negatív vezérlést kap és az anódáram megszakad. Ezzel befejeződik a 10. (b) ábrán az I-el jelzett szakasz és a II. kezdődik, ahol a tetróda már nem szerepel. Ekkor az L_1 önindukcióban tárolt energia feltölti a C_2 kondenzátort. Ezen energia egy része arra használódik fel, hogy

teljessé tegye L_2 -ben a mágneses körfolyamatot. Az áramváltás c -től d -ig aránylag gyors, miáltal az örvényáramok megnövekednek és a mágnesezési görbe alakja megváltozik. Ekkor L_2 ismét lecsökken és a C_2 kondenzátor rajta keresztül kisül. Így egy teljes periódusban csupán egy impulzus keletkezik. C_3 jóval nagyobb feszültségre töltődik fel, mint E. Az adatok megfelelő megválasztásával 10–20-szoros feszültség is elérhető, ami igen kedvező, minthogy C_2 közvetlen a magnetronnal

van és odáig jóval kisebb feszültséget kell a kábelekben vezetni.

Ilyen pulzusformáló tekercseket 40 kV magnetron feszültségig készítettek és 1 megawattig terjedő energiacsúcsokat értek el. Az impulzus időtartama 0,2 mikromp-tól több mint 1 mikromp-ig terjed. A használatos impulzusfrekvenciák 400–3600/mp.

1 kg súlyú vasmaggal 100–250 kW impulzusteljesítmény érhető el. 1 megawattal készített vasmag súlya 13 kg volt.

S Z E M L E

A rádió alkalmazási területei vasúti üzemben

(Railway Signalling 1946 december.)

Az amerikai szakfolyóiratokban, de még a népszerű folyóiratokban is újabban sűrűn jelennek meg cikkek, amelyek a rádió vasúti üzemben alkalmazásával foglalkoznak. Ezeket a cikkeket részben propagatív, részben szenzációkeltési céllal közlik. A terhelésnek békecélokra állíttása következtében a rádiógyártással foglalkozó vállalatok újabb piacokat keresnek és nem kellett hozzá különösebb tehetség, hogy felismerjék a vasúti üzemben még parlagon heverő alkalmazási lehetőségeket. Itt nem olyan alkalmazási területre gondolunk, amely az utasközönség kényelmét van hivatva kiszolgálni, mint rádióműsorvevők, hangszóróberendezések vagy a vonatnak a nyilvános távbeszélőforgalomba bekapcsolása, hanem kizárólag a vasút üzemi céljait szolgáló berendezésekre.

Elteltekintve a vasutak használatában levő rádió összeköttetésektől, melyek pl. bizonyos központi szervek hírvonalának kicserélésére valók s amelyek részünkre semmi újat sem jelentenek, két olyan terület van, melynek műszaki kimunkálásán most a vállalatok egész sora fáradozik. Ezek: a vonat eleje és vége közötti távbeszélő értekezés, a vonat és fix pont, vagy vonat és vonat közötti távbeszélő kapcsolat.

A vonat eleje és vége közötti távbeszélő összeköttetés jelentőségét vasúti szakemberek azonnal felismerték. Tudnunk kell azt, hogy a vonat utolsó járműve a vonat biztonság szempontjából úgyszólván olyan fontos, mint maga a mozdony. A vonat biztonságára elől a mozdonyvezető, hátul a zárfékvezető, esetleg az ott utazó vonatvezető vigyáz. Sok előny származik abból, ha ezek menetközben egymással értekezhetnek.

A vonat és fix pont közötti kapcsolat

révén a mozgásban levő vonatnak az egyes állomások szükség szerint utasításokat adhatnak, amivel végeredményben bizonyos rendkívüli vonatmegállításokat lehet elkerülni és a forgalom is meggyorsítható. Ugyanezt a célt szolgálja a vonat és vonat közötti értekezés is, azzal megtoldva, hogy itt még bizonyos veszélyességi állapotot is tudomására lehet hozni a mozdonyvezetőnek.

A vonat és fix pont közötti értekezés különleges alkalmazási területei a rendező- és gurító-pályaudvarok, ahol az egész tolatási művelet irányítását ilyen módon a rendelkező tisztviselő közvetlenül végezheti.

A feladatok megoldására irányuló kísérletek úgylátszik már lezártaknak tekinthetők és nagyjából két rendszer alakult ki. A vonat eleje és a vonat vége közötti értekezés gyakorlati megoldásaként az ultrarövid hullámú (152–162 megaciklus) térsugárzó rendszerek tekinthetők, a vonat és fix pont valamint a vonat-vonat viszonylatban különleges vivőáramú (carrier) berendezések váltották be az alkalmazásukhoz fűzött reményeket. Ez utóbbiak vivőfrekvenciái a 80–250 kilohertz frekvenciatartományban helyezkednek el.

Az alkalmazott adóteljesítmények 5–50 watt között mozognak. Vivőáramú berendezéseknél a fix állomások adóinak teljesítménye a kedvezőbb csatlakozási viszonyok folytán kisebb lehet a járműveken alkalmazott berendezéseknél, utóbbiaknál az 50 watt körüli teljesítmények használatosak. A vevőberendezések hangfrekvenciás teljesítménye a mozgó berendezéseknél 5 watt, a fix állomásokon 2–3 watt. Hangfrekvenciás sáv szélessége 300–3000 Hertz. Mind az ultrarövid, mind a vivőáramú rendszerek frekvenciamodu-

láttak. A frekvenciamoduláció vasúti üzemben már mintegy szabványos.

Az ultrarövid hullámú térsugárzó rendszerek általánosan ismertek, ezekkel e helyen nem érdemes részletesen foglalkoznunk, ellenben különleges műszaki megoldású és ezért érdeklődésre tarthat számot a vivőáramú rendszerek alkalmazása és kivitele.

A hangfrekvenciás rész megoldása mindkét fajta értekezési eszközre nézve azonos és mintegy szabványosnak tekinthető. Az állandóan üzembentartott vevőkészülék hangszórót táplál, a felhívás tehát akár jelzőhanggal, akár élőszóval történik, a hangszóróban hallható. A kezelőkészlet kézibeszélőből és nyomóbillentyűkből, kallantyúkból vagy kapcsolókulcsokból áll, beszéd esetén a mikrofon, illetve az adó áramköröit a kézibeszélő nyelvébe épített billentyűvel kell bekapcsolni. Adáskor a vevő áramkörök lekapcsolódnak a hallgatóról, illetve a hangszóróról. Ilyen módon küszöbölik ki a különben elkerülhetetlen akusztikus visszacsatolást.

A vivőáramú berendezések működésének elengedhetetlen feltétele, hogy a pálya mentén légvezetékrendszer vagy legalább is egy szál a földtől szigetelt vezeték legyen felszerelve, melynek két végét földelik.

A fix állomások adó-vevő rendszerei a vezetékekkel kapacitív vagy induktív módon állanak kapcsolatban. A másik sarok földelt, illetve a vágányokhoz csatlakozik. A légvezeték-nyalábban folyó vivőáramok a légvezeték-nyaláb körül koncentrikus mágneses erőteret létesítenek. A mozgó állomások (mozdonyok, szolgálati kocsik) vevőberendezései ezeket az erőtereket két zárt tekercsrendszerrel (kisméretű keretantenna) érzékelik. A tekercsek síkja a vágánnyal párhuzamos. A mozgó állomások adói egy a vágánnyal párhuzamos síkban elhelyezett keretbe táplálják az energiát; ez a keret egy pontján fémes csatlakozásban áll az alvázal.

Van olyan megoldás is, amely pl. egy az alvázról elszigetelt forgószámbolyba

táplál, ily módon a szigetelt és a vele szomszédos nem szigetelt forgószámló közötti símszakaszba táplált nagy intenzitású modulált vivőáramok létesítik az átvitelhez szükséges térerősséget.

A hatótávolság vonat és fix pont, vagy vonat-vonat viszonylatban kb. 50—80 kilométer, de igen kedvező körülmények között még 160 kilométerre is lehetett kielégítően értekezni. A fix állomások hatótávolsága a kedvezőtlen csatlósi viszonyok mellett az előbbieknél is nagyobb, átlag 200 km.

Gurítópályaudvari és rendezőpályaudvari üzemből bár a térsugárzó ultrarövidhullámú és a vivőáramú rendszerek egyaránt használhatók, a térsugárzó rövidhullámú rendszerek alkalmazása látszik előnyösebbnek. Ez utóbbi berendezések használathavételével hazánkban is számolhatunk, mert ezek a rendezőpályaudvarok üzemvitelét és ezzel gazdaságosságukat is lényegesen fel lehet fokozni, a befektetések tehát megtérülnek.

A térsugárzóberendezéseknek egyetlen komoly hibájuk, hogy alagutakban bizonytalanul működnek. Ennek kiküszöbölésére irányuló vizsgálatok és kísérletek most vannak folyamatban.

A készülékek kivitele rendkívül fontos a berendezés gyakorlati alkalmazhatósága szempontjából. A fix állomásoknál általában nincs különösebb nehézség, annál több volt a megoldandó feladat a mozgó berendezéseknél. A mozdonyokra szerelt készülékek minden egyes része rendkívül mechanikai igénybevételnek, ütéseknél, rázásoknak van kitéve. Extrem hőhatások és az atmoszférikus változások iránt teljesen ellenállóképesnek kell lennie; emellett szabályozásra üzemből nincs lehetőség.

Ugy az áramköröknek, mint az alkatrészeknek tehát igen stabilnak kell lenniük. Külön gondot okozott a szükséges tápáramok biztosítása is.

A béketermelésre átváltított amerikai rádióipar azonban felhasználva háborús tapasztalatait, pompásan megoldotta ezeket a feladatokat és ma már több száz térsugárzó, illetve vivőáramú berendezés működik a vasúti üzemből szolgálatában.

Pósa Jenő

Részlet a Szovjetunió negyedik 5 éves tervéből

Information Bulletin New-York 1946. VI.

A távközlési berendezéseket, különösen a hírszóró állomásokat és összekötő kábeleket teljes mértékben helyre kell állítani és tovább fejleszteni a német megszállás alatt állott területeken a legmodernebb berendezések alkalmazásával. A Szovjetunió általános távközlési tervének megfelelően; megbízható távbeszélő és távíró összeköttetés biztosítandó Moszkva és vala-

ennyi köztársasági székhely között, továbbá a köztársaságok székhelyei és a hozzájuk tartozó körzetek központjai között. Távbeszélő összeköttetést kell létesíteni minden körzeti központ, falusi szovjet gép- és traktorállomás és állami gazdaság között.

7800 km távbeszélő- és távírókábel állítandó helyre, vagy újonnan létesítendő. 50.000 km bronz vagy alumínium légvezeték építendő. Az összekötő vonalak modern nagyfrekvenciás berendezésekkel látandók el.

55 rádió-távíró és távbeszélő adóállomás létesítendő, köztük 20 állomást a központos fekvésű területeken a Távolkelet — Kazahstan, Középázsia és Tranzkaukázussal való forgalom javítása céljából.

A távbeszélő központok befogadó-képessége növelendő, különös figyelem fordítandó önműködő távbeszélő központok bevezetésére.

A moszkvai televíziós központ helyre-állítandó és műszakilag újra felszerelendő. Új televíziós központok létesítendőek Leningrádban, Kiebben és Sverdlovskban.

Vágó Artur

W. T. COCKING:

Television Receiving Equipment

Kiadó: Iliffe & Sons, Ltd. London,
Második kiadás, 1947.

Mint a könyv címe is mutatja, az anyag csak a vétel kérdéseit öleli fel, és az adást csak annyiban részletezi, amennyire az a vétel tárgyalásához szükséges. A különböző mechanikus képbontó módszerek ma már csak történelmi jelentőségűek, ezért a könyv csak a katódcsöves rendszert tárgyalja, mégpedig a BBC által használt 405 soros keresztezett letapogató módszert («interlaced scanning»).

Ami a könyv tárgyalásmódját illeti, mint ennek fő erősségét kell megemlítenünk az egyes kapcsolások működésének szabatos ismertetését. A szerző a tárgyalat kapcsolási rajznak szinte minden egyes kondenzátorát és ellenállását sorra veszi, úgyhogy az ember valóban tisztá képet nyer a helyenként eléggé bonyolult kapcsolások működéséről.

A következőkben ismertetjük az egyes fejezetek lényeges pontjait.

I. A televízió általános elvei. A soros és keresztezett letapogató módszer.

II. A televíziós jel alakja. A fehérnek, feketének és a szinkronizáló impulzusnak megfelelő modulációs százaléka. A BBC által használt «Marconi»-rendszer részletes ismertetése. A képelemek száma és a moduláló frekvencia.

III. A katódcső elektródarendszerének részletes tárgyalása.

IV. Az anódpótló különleges szempontjai televíziós vevőkénél.

V. Elektromos eltérítés. A fűrészfogás. A katódcső érzékenysége. A fűrészfogás erősítése és az eltérítő lemezek csatolása.

VI. Mágneses eltérítés. A tekercesek elrendezése. A fűrészfog-áram időbeli alakulása. A kapcsoláselemek méretezése.

VII. Fűrészfog-oszcillátorok. A kondenzátor-töltőáram exponenciális alakja, a linearitás megvalósításának különböző módjai. Vákuum-csőves és thyatron-csőves oszcillátorok. A szinkronizáló impulzusok és a biztos vezérlés feltételei. A kondenzátor gyors kisütése elektroncsöves kapcsolásokkal. Közvetlen fűrészfog-áram előállítás.

VIII. A rádióvevő hangfrekvencia-fokozatának megfelelő képfrekvencia («vision-frequency») erősítése. Az erősítendő frekvenciasáv. Csatlakozás a demodulátorhoz és a katódcső rácsához.

IX. Középfrekvencia-erősítés. Különböző csatlósi módok megfelelő frekvenciagörbe kialakítására. A középfrekvencia megválasztásának szempontjai. Egy- és kétoldalsávú erősítés.

X—XIII. Rádiófrekvenciás erősítés és keverés. Az erősítés szabályozása. Az oszcilláció stabilitásának biztosítása. Interferencia-problémák szupervevőkénél, a tükrállomás kiküszöbölése. Demodulátor: kétfázisú és feszültségduplázó kapcsolás. A demoduláció hatásfoka.

XIV. A képjel és a szinkronizáló impulzus különválasztása («sync separation»). Amplitúdó-limitér alkalmazása: karakterisztika-könyök felhasználása, dióda-lezáró kapcsolás. Az egyenáramú komponens szerepe a szeparációnál, «D. C. restoration». Differenciátor- és integrátor-kapcsolások. A frekvenciakarakterisztika hatásai.

XV. Hang-vétel. A kép-vevő és a hang-vevő közötti interferencia elkerülése. Közös rádiófrekvenciás erősítés, a kép-jel és hang-jel különválasztásának csatlósi megoldásai.

XVI. Speciális televíziós kapcsolások. Frekvenciafüggetlen impedanciájú körök. A katódcsatlósú erősítő alkalmazási területei.

XVII. A vevőantenna. A félhullám-hosszú dipólus jellemzői. Az antenna illesztése a vevőhöz, tápvezeték. A helytelen illesztés következményei, dupla képek. A tápvezeték csatlósi módjai a vevőhöz és az antennához. Reflektor alkalmazása, iránykarakterisztika. Fáziskülönbség közvetlen és reflektált jel között. Pozitív és negatív kép.

XVIII—XX. A teljes vevő csatlósi rajza. Különálló egységek az építésnél. Különböző hibák: a képnégyszög torzulásai, torzítás a kép szélén, elmosódott kontúr, egyenlőtlen sor-elosztás, ugráló lép. Hiba: elhatárolás oszcilloszkóppal.

Sárkány Tamás