50. 165

Magyar HÍRADÁSTECHNIKA

ORSZ. SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR

1

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA XII. ÉVF. 1. SZÁM 1—44. OLDAL BUDAPEST, 1961. FEBRUÁR

1961. február, XII. évfolyam, 1. szám

Magyar HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Felelős szerkesztő:
Balogh Pál
V., Október 6. u. 7.
Telefon: 183-772

Szerkesztő:
Boglár Gyula
XI., Fehérvári út 70.
Telefon: 268-840

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Titkársága:
V., Szabadság tér 17.
Telefon: 113-027

Előfizetési ár egész évre 30 Ft
Egyes szám ára 5 Ft

Megjelenik kéthavonként

TARTALOM:

Dr. Istvánffy Edvin: Parametrikus erősítők 1
Virág—Pollák-emlékérem alapítása 12
dr. Radványi László: A vonal tulajdonságainak hatása az átviteltechnikai berendezésekre 13
dr. Ipolyi Károly: Műanyag hírközlő kábelek alkalmazhatóságának kísérletei 21
dr. Sárközy Géza: Híradástechnikai berendezések üzembiztonságának néhány kérdése 30
Gáti Józsefné—Orgovány László: Aluminium és ötvözeteinek kromátozása és híradástechnikai felhasználása 36
Обобщение на руском яазике 42
Zusammenfassungen in deutscher Sprache 42
Summaries in English 43
Résumés des articles en langue française 43

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának pályázati felhívása

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya pályázatot hirdet olyan szabadon választható tudományos témák kidolgozására, amelyek az akadémiai kutatószervek hivatalos tématervében nem szerepelnek, de összefüggésben vannak a távlati kutatási terv tudományos célkitűzéseivel.

A pályázaton aspiránsok, tudományos fokozattal rendelkező személyek nem vehetnek részt. Hivatásos kutatók vezetőik előzetes engedélyével pályázhatnak. Ezeket az engedélyeket a Műszaki Tudományok Osztályának (V., Nádor utca 7 sz. I. em. 111. tel: 381-506) be kell mutatni.

Díjazásra érdemes dolgozatok 1000—3000 Forintig terjedő jutalomban részesülnek.

A pályázatok benyújtásának határideje: 1961. szeptember hó 1. A jutalmak kiosztása 1961 decemberében történik.

Magyar
HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOMJEGYZÉK

XII. évfolyam (1961)

	Szám	Oldal
Berczeli Tibor, dr.: Felületi hullámvezetők tervezése	2	51
Boglár Gyula: Az elemi csillapításfüggvény megközelítése	3	109
Bolgárfalvi Károly: Közvetlen, szemléletes módszer a lineáris reciprok négypólusok láncmátrixának meghatározására	4	145
Bondár István: Yagi rendszerű TV és URH vevő antennák méretezése	4	150
Csurgay Árpád: Előírt reflexiójú inhomogén tápvonalszakaszok tervezése	3	85
Ferenczy Pál—Szalai Pál: Új módszer a televízióadók oldalsávelnyomó és közösítő szűrőjének (filterplexer) méretezésére és beállítására	6	218
Forró Dezső—Gál István: A távválasztás elektronikus áramkörei	2	64
Fried Henrik: A magyar televízió képcsőgyártás fejlődése és a váci képcsőgyár ismertetése	4	158
Gál Imre: Kis fűtőteljesítményű, nagy áramsűrűségű porózus katód	5	192
Gál József: Univerzális távbeszélő segédközpont (Bérháztelefon)	3	102
Gáti Józsefné—Orgovány László: Alumínium és ötvözeteinek krómátozása és híradástechnikai felhasználása	1	36
Géher Károly — Czigány Sebestyén — Forgó Mihály—Villányi Ottó: A budapesti televíziólánc átviteli jellemzőinek mérése	4	134
Huszty Dénes: Mérőberendezés kemény ferritek mágneses tulajdonságainak meghatározására	3	94
Ipolyi Károly, dr. Műanyag hírközlő kábelek alkalmazhatóságának kísérletei	1	21
Ipolyi Károly, dr.: A polietilén dielektromos állandójának és veszteségi tényezőjének mérése folyadék kiszorítási eljárással	5	204
Istvánffy Edvin, dr.: Parametrikus erősítők	1	1
Juvancz Endre: Üzembiztosság és élettartam	5	173
Kardos György: Polietilén szalagszigetelésű és köpenyű távbeszélő kábelek	6	238
Kenczler Ödön— Valkó Iván Péter dr.: Hazai és külföldi kezdeményezések az egyetemi vákuumtechnikai gyakorlati oktatás bevezetésében	4	129
Kenderessy Miklós: Optimális csatolású iránycsatolók	5	187
Komarik József: Az impulzusszámlálás elvének alkalmazása FM jel demodulálására	6	213
Lipka István: A kereszttekercselő gép huzalvezetésének vezérléséről	6	242
Pásztorniczky Lajos: Tranzisztoros hangolt erősítőfokozatok instabilitása és stabilizálása	5	180
Radványi László, dr.: A vonal tulajdonságainak hatása az átviteltechnikai berendezésekre	1	13
Sárkány Tamás, dr.: Új mérőmódszer AM—PM konverzió és AM kompresszió mérésére	2	45
Sárközy Géza, dr.: Híradástechnikai berendezések üzembiztonságának néhány kérdése	1	30
Sebestyén Béla—Vajda Endre: Egyenfeszültség stabilizálása félvezető Zener dióddával	2	69
Seres Péter—Nagy Béla: Szinuszos gerjesztésű ferrográf a 1—60 kHz frekvenciatartományra	2	75
Tardos Lászlóné — Poszler Lászlóné: Adatok a Mg—Al—Mn ferritek kezdő permeabilitása hőfokkoefficiensének alakításához	5	202
Tarnay Katalin—Tarnayné Bártfai Éva: A Hall-generátor és alakalmazási lehetőségei az átviteltechnikában	5	194
Tarnay Kálmán: Tunneldiódák	6	229
Vajda János: Linearizáló kapcsolás	3	111

KÖNYVISMERTETÉSEK

Festékek és lakkok a híradástechnikai és a villamosiparban	6	250
Gurgyinszkaja, G. P.: Ultrarövidhullámok terjedése	1	29
Mayer, H. F.: Impulzuskód—moduláció	5	205
Obádovics József Gyula: Matematika	6	250
Oxley, G. C.—Nowak, A.: URH és TV antennák	1	29
Schultheiss, K.: Ultrarövidhullámú készülékek	6	251
Szoboljevszkij, A. G.: Impulzustechnika	5	205
Tóth I. Elemér: Kis TV készülékek építése	6	251

EGYÉB

A Magyar Tudományos Akadémia pályázati felhívása	1	B
A 4/0,8 kW-os TV adó	6	246
Érintésvédelmi kondenzátor	6	247
Híradástechnikai konferencia (előzetes)	4	133
Híradástechnikai konstrukció kiállítás (előzetes)	5	179
IV. Híradástechnikai Konferencia és Konstrukció Kiállítás	6	248
Klubnap a Híradástechnikai Tudományos Egyesületben	6	248
Konferencia a mozgóelemzés jelrögzítés témakörében	6	245
II. Mikrohullámú Összeköttetések Kollokvium	6	217
Miniatűr rétegpotenciométer	3	121
Szeményhívó berendezés	5	206
Tranzisztor paramétermérő	3	121
Tungsram OA1180 és OA1182 aranytűs diódák	4	164
Virág—Pollák emlékérem alapítása	1	12

Parametrikus erősítők

ISTVÁNFFY EDVIN,
a műszaki tudományok doktora,
a Híradástechnikai Tudományos Egyesület tagja,
Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú
Híradástechnikai Tanszék

A cikk ismerteti a parametrikus keverők és erősítők elméleti összefüggéseit, különös tekintettel a nonlineáris kapacitású dióda, mint aktív elemre. Utóbbi nem-reciprok 4-pólussal helyettesíthető. Tárgyalja az azonos frekvencián való erősítés feltételeit, a zajtényezőt és a gyakorlati megvalósítási módokat. Végül a sávszélesség növelésének hatásos eszközét, a haladó hullámú parametrikus erősítőket ismerteti.

A parametrikus erősítők abban különböznek az elektronikus erősítőktől, hogy az erősítéshez szükséges teljesítményt nem egyenáramú hanem váltóáramú áramforrásból kapják, továbbá, hogy aktív elemük nonlineáris reaktancia.

A tápláló váltóáram frekvenciája eltér a bevezetett jelfrekvenciától, tehát a nonlineáris reaktancia hatására moduláció következik be. Ilyenkor kombinációs frekvenciák és harmonikusok keletkeznek. Ide sorolandók a parametrikus keverők, ill. modulátorok, demodulárorok, és harmonikus generátorok.

A modulátor speciális esete az, amikor a jel frekvenciájával azonos frekvenciájú, de nagyobb teljesítményt kapunk a kimeneten. Szűkebb értelemben ezen eszközöket nevezik parametrikus erősítőknek.

A különböző vagy azonos frekvenciájú kimeneten kapott teljesítmény lehet kisebb vagy nagyobb a bevezetett jelteljesítménynél, tehát az erősítés lehet kisebb vagy nagyobb, mint 1.

Az általánosan elterjedt modulátorok, keverők nonlineáris ellenállással dolgoznak. Ez esetben az erősítés a nonlinearitás mértékétől függ és mindig kisebb, mint 1. A sávszélességet a külső áramkörök határozzák meg.

A parametrikus modulátorokban nonlineáris ellenállás helyett nonlineáris reaktanciát használnak, amikor — mint látni fogjuk — a működési viszonyok az előbbiektől lényegesen eltérők. A feltételek megfelelő megválasztása mellett 1-nél jóval nagyobb erősítés érhető el. Ha a dióda pozitív ellenállást visz be az áramkörbe, akkor az erősítés elvileg független a reaktancia nonlinearitásának fokától. A sávszélesség viszont a nonlinearitás mértékétől függ. Ha a dióda negatív ellenállást visz be, akkor a viszonyok változtatásával az erősítés tetszőlegesen fokozható, és jó közelítéssel a feszültségerősítés és a sávszélesség szorzata állandó.

A nonlineáris reaktancia hatásának szemléltetésére igen érdekes az MIT sorozat „Microwave Mixers" c. kötetben [1] Pound néhány megjegyzése.

A keverőkre vonatkozó számításokat nonlineáris ellenállások figyelembevételével végezte el, de általánosabb formában; Peterson 1945-ben publikált módszerét követve [2]. A bemeneti jelfrekvenciára és az ettől eltérő kimeneti frekvenciára felírt egyenletei teljesen analógok a 4-pólusokra érvényes összefüggésekkel, és szerepelnek benne a 4-pólusokra jellemző admittanciák.

Pound szerint az tapasztalták, hogy míg szilícium kristályok esetén a reciprocitás feltétele, vagyis a transzfer admittanciák egyenlősége : $Y_{12} = Y_{21}$ elég jól teljesül, addig hegesztett germánium kristályoknál a reciprocitás nem volt meg. Kisebb frekvenciától a nagyobb felé a konverzió hatásfoka mindig jobb volt, mint fordítva. Számítási eredményei csak szilikon kristály konverterekre adtak a tapasztalatokkal egyező eredményt.

A jelenség oka abban keresendő, hogy a hegesztett germánium kristályoknál a nonlineáris ellenálláson kívül a nonlineáris kapacitás is számottevő volt és ez módosította a keverő működését.

Történeti szempontból említésre méltó Hartley 1936-ban közzétett cikke, amely kondenzátor mikrofonnal kapcsolatban tárgyalja a nonlineáris reaktancia modulátort [3].

1949-ben publikáció jelent meg [4] a MHz rendű ferritmagos konverterre.

Az első mikrohullámú parametrikus erősítőt a nonlineáris giromágneses effektus felhasználásával készítették. Az aktív elem egy-kristályú ferrit tárcsa volt [5]. Azonban a nonlineáris effektus eléréséhez szükséges nagyfrekvenciás térerősség a ferrit rezonancia-sávszélességétől függ. A jelenleg előállítható ferriteknél ez túl nagy és a csökkentés érdekében egykristályt kellett alkalmazni. A szükséges gerjesztő teljesítmény azonban még így is több kilowatt.

Az 1957-ben publikált kísérleti erősítőben [6] 20 kW teljesítményre volt szükség, amit pulzus-magnetronnal állítottak elő. A 3 μsec impulzusok tartama alatt előálló jelenségeket kellett megfigyelni. Lehetséges, hogy a jelenleg világszerte fejlesztett granát-struktúrákkal, amelyeknél sokkal kisebb a rezonancia-sávszélesség, ki fognak majd hozni olyan anyagot, amellyel 1 watt alatti „pump" teljesítmény elegendő lesz.

A szakirodalomból megállapíthatóan a Szovjetunióban sokat foglalkoznak parametrikus giromágneses erősítőkkel [7].

Az anyagtechnológia jelenlegi állása mellett a nonlineáris kapacitású diódákkal már gyakorlatilag bevált eszközök állíthatók elő.

Ezért ezen cikk keretében csak az utóbbiakkal fogunk foglalkozni.

Nonlineáris kondenzátorral való keverés fontosabb elméleti összefüggéseit van der Ziel 1948-ban megjelent cikkében [8] kidolgozta, különös tekintettel a Bárium-Titanát kondenzátorra, mint keverő elemre.

Később kitűnt, hogy lényegesen kedvezőbb eredmények érhetők el germánium és diffúziós szilíciumdiódákkal, de ehhez szükséges volt ezen diódákat továbbfejleszteni úgy, hogy mint nonlineáris kondenzátorok optimális tulajdonságokat mutassanak.

A változó kapacitású diódák fejlesztése időközben más irányban is történt. Így egy 1956-ban publikált cikkből [9] kitűnik, hogy indiummal ötvözött germánium diódát hoztak ki önműködő frekvencia szabályozásra, reaktanciacső helyettesítésére 500 MHz-ig.

Mind a parametrikus diódáknál, mind ezeknél fontos követelmény volt a frekvenciahatár felfelé való kiterjesztése, ami a soros ellenállás jelentős csökkentését tette szükségessé. Az ilyen diódákat varaktor diódáknak is nevezik.

Ha a kapacitást az előfeszültség függvényében megmérjük, akkor az 1. ábrához hasonló görbét kapunk. Növekvő zárófeszültséggel a kapacitás csökken. 0 feszültség körül a kapacitás erősen nő. Pozitív irányban a feszültséget csak addig szabad növelni, amíg a vezetéses áram nem indul meg. Záró irányban a feszültség addig növelhető, amíg a záró áram hirtelen növekedése be nem következik. Elméletileg a kapacitásra a következő közelítő formulát vezették le [10], [11]

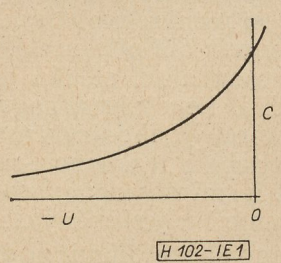
$$C = \frac{C'}{\sqrt[3]{1 - U/\Phi}} \qquad (1)$$

ahol a Φ feszültség rétegdiódáknál 0,5 — 0,6 V körül van. C_{min} a záróréteg átütő feszültségénél van. Más forrás mikrohullámú parametrikus diódákra a következő közelítő formulát adja meg:

$$C_{pF} = \frac{1}{\sqrt[n]{\Phi - U}} \qquad (2)$$

ahol egy konkrét esetben $n = 3$ és $\Phi = 0{,}6$ V.

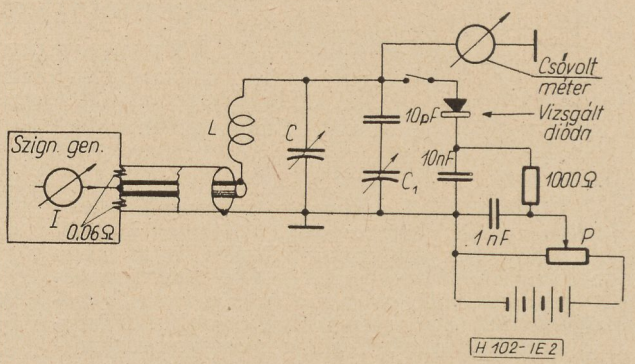
A kapacitás változásának oka elsősorban a tértöltéses réteg (depletion layer) vastagságának feszültségtől függő változásában van.



1. ábra. Parametrikus diódák jellegzetes kapacitásváltozása az előfeszültség függvényében

A $C = f(u)$ karakterisztika az ötvöző elemekkel és a gyártás technológiájával széles határok között változtatható.

Dióda kapacitás karakterisztikák beméréséhez szerző a 2. ábra szerinti áramkört használta.



2. ábra. A nonlineáris kapacitás mérésére használt vizsgáló áramkör. (Nagy kapacitású dióda mérésénél a 10 pF kapacitás rövidre volt zárva.)

A szignál generátor 0,06 Ohmmal lezárt 12 Ohm hullámellenállású koncentrikus kimenetéhez csatlakozott az LC hangolt kör, amelynek C kapacitásával parallel volt kapcsolva a 10 pF kapacitással sorba kapcsolt max. 50 pF kapacitású lineáris forgókondenzátor. Ezáltal $\Delta C = 0{,}05$ pF változás is mérhető volt. A rezgőkörrel párhuzamosan volt kapcsolva a záró tartományban szabályozhatóan előfeszített dióda.

A mérések többnyire 30 MHz-el történtek, de egyes mérések 10 és 45 MHz-el.

Először a K kapcsoló nyitott állásában a rezgőkör behangolása történt meg a C kondenzátorral. Ezután a K kapcsolót zárva —5 V előfeszültségnél a dióda kapacitás mérése a C_1 rezonanciára állításával történt. P potenciométer változtatásakor a kapacitás változás mérése a C_1 kondenzátor utána állításával történt.

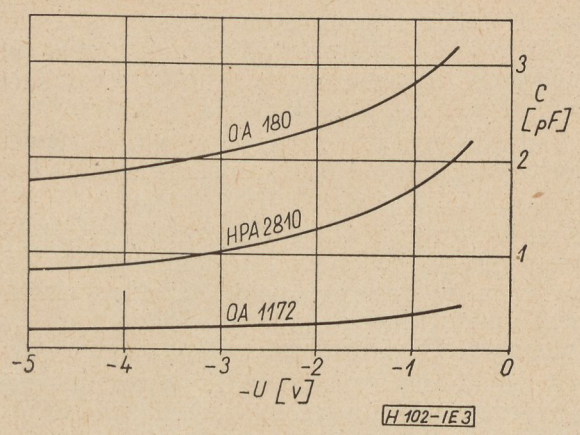
A dióda áramkörében levő kondenzátorok és az az ellenállás ábrán feltüntetett értékénél még 10 MHz-nél is csupán 0,01 Ohm soros ellenállás többlet jelentkezik a diódán.

A nagyfrekvenciás feszültség effektív értéke a méréseknél 0,5, ill. 0,25 V volt.

Néhány dióda bemért kapacitás karakterisztikáját a 3. ábra mutatja. Bár ezen mérések nem célozták a soros ellenállás pontos bemérését, annyi megállapítható volt, hogy nagy kapacitás változást (pl. 15—20 pF) mutató diódák soros ellenállása is nagyobb volt.

Igen kedvező, ha a vezetéses áram néhány tized volt feszültségnél kezd csak növekedni, mert a kapacitás nonlinearitása itt a legnagyobb mértékű. A HPA 2810 mikrohullámú parametrikus dióda ilyen szempontból kedvező tulajdonságú.

A dióda helyettesítő áramköre a 4. ábra szerinti. C a változó C_{sz} a szórási kapacitás, R_s a soros ellenállás és L a kivezetések induktivitása.



3. ábra. Néhány bemért dióda kapacitás-feszültség karakterisztikája

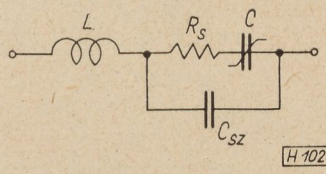
A dióda jósága a határfrekvenciával definiálható, ahol a reaktanciája egyenlő lesz a soros ellenállásával:

$$f_h = \frac{1}{2\pi R_s C} \qquad (3)$$

Mikrohullámú alkalmazás szempontjából igen fontos R_s alacsony értéken való tartása.

A (3)-ból számított frekvenciánál a dióda jósági tényezője: $Q_d = 1$. Ilyen frekvencián a dióda ezért nem használható. Ha a dióda kapacitása képezi a rezgőkör kapacitásának lényeges részét, akkor Q-ja nem lehet jobb a dióda Q-jánál.

Ha azt kívánjuk, hogy az ilyen rezgőkör Q-ja pl. 100 legyen, akkor a (3)-ból számított f_h-t 100-zal kell osztanunk, hogy az ilyen feltétel melletti határferkvenciát megkapjuk.



4. ábra. Előfeszített dióda helyettesítő áramköre

Azonos típusú rétegdiódánál a soros ellenállás fordítva arányos az érintkező felülettel, a kapacitás viszont arányos a felülettel, tehát az érintkező felület növelésével a határfrekvencia nem változik. E tekintetben a rétegdióda különbözik a tűs diódától, ahol a jó nagyfrekvenciás működéshez kis kontaktus felület szükséges.

Ma már olyan parametrikus diódákat tudnak készíteni, amelyek soros ellenállása 3 ohm alatt van, és veszteségük a mikrohullámú tartományban is csekély. Ha ilyen elemmel erősítést tudunk elérni, akkor a zajtényező is megjavítható a korábbi lehetőségekhez képest.

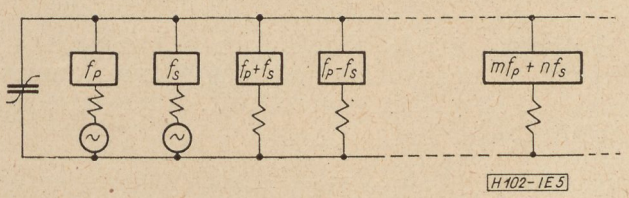
A korábbi lehetőségekbe nem számítottuk bele a „MASER"-eket, molekuláris erősítőket, amelyek megelőzték a parametrikus diódás erősítőket. A zajtényező csökkentésének a gondolata először a molekuláris erősítőknél merült fel, ahol az erősítéshez szükséges teljesítményt ugyancsak váltóáramú áramforrás szolgáltatja („pump" frekvencia), ahol azonban ez az aktív anyag normális energiaszint eloszlását változtatja meg és nem a reaktanciát.

Diódás parametrikus erősítőknél hűtés nélkül is kedvező zajtényező érhető el, ezért ezen eszközök komoly vetélytársat jelentenek a molekuláris erősítőkkel szemben.

Az elméleti számításokat nonlineáris kapacitással működő modulátorra (keverő) mutatjuk be, de a kapott eredmények felhasználhatók nonlineáris induktivitás esetére is.

Manley és Rowe 1956-ban közzétett publikációjában [12] általános érvényű teljesítmény összefüggéseket vezetett le, amelyek az ilyen eszközök működéséről igen jó tájékoztatást nyújtanak. Először ezen összefüggéseket ismertetjük, a meglehetősen hosszadalmas bizonyítás nélkül.

Az 5. ábrán feltüntetett elvi vázlaton a nonlineáris kapacitást f_p és f_s frekvenciájú



5. ábra

generátorok táplálják. A nonlinearitás miatt a kondenzátor kapcsain általában keletkezni fog minden

$$f_{mn} = mf_p + nf_s \qquad (4)$$

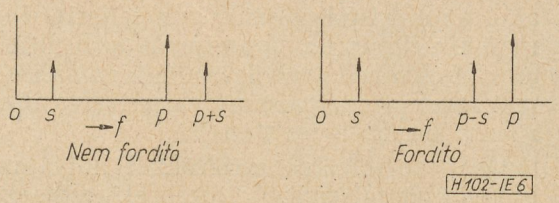
frekvencia, ahol m és n minden pozitív, negatív egész számot és zérust felvehet. Minden frekvencia számára ideális szűrő és terhelő ellenállás van, mely zérus impedanciát mutat a feltüntetett frekvenciára és végtelen impedanciát minden más frekvenciára.

Anélkül, hogy f_p és f_s frekvenciák feszültség viszonyára bármely megkötést tennénk, a (4) szerinti frekvenciáknak megfelelő kimeneteken a reális teljesítményekre a következő általános összefüggések írhatók fel:

$$\sum_m \sum_n \frac{mP_{mn}}{mf_p + nf_s} = 0\,; \quad \sum_m \sum_n \frac{nP_{mn}}{mf_p + nf_s} = 0 \qquad (5)$$

ahol P_{mn} az $mf_p + nf_s$ frekvencián az átlagos reális teljesítmény.

Keverőknél f_{p+s} és f_{p-s} frekvenciák érdekesek. Gyakorlati esetekben csak az egyik oldalhullámot használjuk fel. Megkülönböztetünk nemfordító és fordító modulátort. A 6. ábra a frekvencia spektrumot mutatja a két esetre.



6. ábra

Nem-fordító modulátor

Vizsgáljuk először a nem-fordító modulátort. Ez esetben csak f_{p+s} kimenet van. Az (5) a következő lesz:

$$\frac{P_p}{f_p}+\frac{P_{p+s}}{f_{p+s}}=0\,;\quad \frac{P_s}{f_s}+\frac{P_{p+s}}{f_{p+s}}=0 \qquad (6)$$

Felfelé történő transzpozíciónál, amikor f_s-et vezetjük be és f_{p+s}-et kapjuk, akkor minthogy P_p pozitív, a baloldaliból P_{p+s} negatív, a jobboldaliból P_s pozitív. A jobboldaliból:

$$|P_{p+s}|=|P_s|\frac{f_{p+s}}{f_s} \qquad (7)$$

Minthogy $f_{p+s}>f_s$, tehát $|P_{p+s}|>|P_s|$, vagyis, f_{p+s} frekvencián nagyobb teljesítményt kapunk, mint amit f_s frekvencián bevezettünk. A teljesítmény erősítés:

$$G_{p+s}=\frac{f_{p+s}}{f_s}>1 \qquad (8)$$

(A veszteségek figyelembevétele nélkül.)

Ha a transzpozíció lefelé történik, akkor f_{p+s}-en vezetünk be teljesítményt. Minthogy P_{p+s} pozitív, tehát P_p és P_s negatív. Az f_{p+s}-en bevezetett teljesítményt részben a helyi oszcillátor nyeli el, részben az f_s frekvenciára jut. Ilyenkor a teljesítményerősítés:

$$G=\frac{f_s}{f_{p+s}}<1 \qquad (9)$$

A nem-fordító modulátor stabilis és impedancia illesztés lehetséges.

Fordító modulátor

Ilyenkor:

$$\frac{P_p}{f_p}+\frac{P_{p-s}}{f_{p-s}}=0\,;\quad \frac{P_s}{f_s}-\frac{P_{p-s}}{f_{p-s}}=0 \qquad (10)$$

A jobboldali egyenletben negatív előjel van, tehát P_s és P_{p-s} azonos előjelűek és a baloldali egyenlet szerint P_p pozitív. A teljesítményt mindkét frekvencián P_p szolgáltatja. A teljesítmény nyereség nagatív. Bizonyos feltételek mellett a fordító modulátor instabilissá válhat és ha ilyenkor a bemenetről a teljesítményt levesszük, a rezgés valamennyi frekvencián megmarad. A bemeneti impedancia mindkét jelfrekvencián negatív, tehát impedancia illesztés nem lehetséges. Hasonlóan a nem fordító modulátorhoz a modulátor nyereség jóval nagyobb a demodulátorénál, de a nyereség tetszőlegesen fokozható, ha a viszonyokat az instabilitás határához közel állítjuk be.

Fenti energia összefüggéseket a nonlinearitás mértékének meghatározása nélkül lehetett levezetni.

Nem kaptunk azonban tájékoztatást az elérhető sávszélességről, utóbbinak a nonlinearitás fokával és a nyereséggel való összefüggéséről, a terhelő admittanciákról, továbbá a modulátornak a paraméterek változására való érzékenységéről.

A további tárgyaláshoz feltételezzük, hogy a bevezetett és kivezetett jelfeszültségek jóval kisebbek, mint a helyi oszcillátor által szolgáltatott feszültség. A 4-pólussal való helyettesítéshez Rowe 1958-as publikációját [13] vettük alapul, azzal a kiegészítéssel, hogy a számításokhoz a parametrikus dióda bemérhető kapacitás-feszültség összefüggését használtuk fel.

A 7. ábrán feltüntettük a dióda kapacitás-feszültség karakterisztikáját. Válasszunk a karakterisztikán valamely P munkapontot az előfeszültség megfelelő beállításával. Adjuk rá a diódára a helyi oszcillátor $u_p=U_p\cos\omega_p t$ feszültségét. Adjuk még hozzá az ehhez képest kicsiny δu jelfeszültséget, tehát a dióda kapcsaira $u_p+\delta u$ feszültséget adunk.

A nonlineáris kondenzátor kapacitása kifejezhető a karakterisztikának a munkapont környezetében való sorbafejtésével. Ha csak u_p van jelen, akkor

$$C(u_p)=C_0+au_p+bu_p^2+\ldots \qquad (11)$$

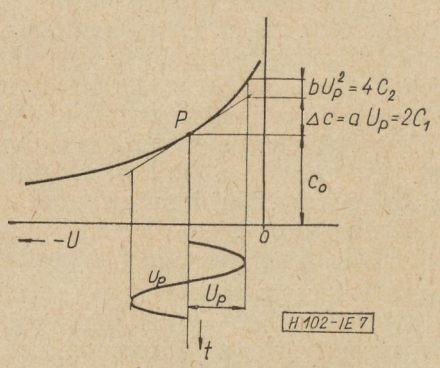
A továbbiakban elegendő ennyi tagot figyelembe vennünk.

A kapacitás feszültségfüggő, ezért a töltés:

$$q(u)=\int_0^u C(u)\,du \qquad (12)$$

Minthogy a nonlineáris kondenzátor kapcsain $u=u_p+\delta u$ feszültség van, ahol $\delta u\ll u_p$ ezért a töltés kifejezhető a Taylor-sor első két tagjával:

$$q(u_p+\delta u)=q(u_p)+\frac{dq(u_p)}{du_p}\delta u \qquad (13)$$



7. ábra. A nonlinearitásra jellemző értékek szerkesztése a dióda karakterisztikából

ahol $q(u_p) = \int_0^{U_p} C(u_p)\, du_p$ számunkra a továbbiakban érdektelen, mert csupán f_p frekvenciát tartalmazza.

$\frac{dq(u_p)}{du_p} = C(u_p)$, vagyis azonos a (11) kifejezéssel.

Eszerint a jelfrekvenciákat tartalmazó töltés a (13) jobboldalának második tagja:

$$\delta q = C(u_p) \cdot \delta u \qquad (14)$$

ami érthető, mert első közelítésben C csak u_p-től függ és független δu-tól.

A következőkben komplex írásmódot fogunk használni. Ezzel írható:

$$u_p = U_p \cos \omega_p t = U_p \cos x = \frac{U_p}{2}(e^{jx} + e^{-jx}) \qquad (15)$$

ahol $\omega_p t = 2\pi f_p t = x$ jelöltük.

A (11)-be való helyettesítésnél a $\cos^2 x = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}(e^{j2x} + e^{-j2x})$ kifejezésben az 1/2 tag csupán C_0 értékét változtatja meg kismértékben, ami elhanyagolható. Ezen helyettesítésekkel a (11) lesz:

$$C(u_p) = C_2 e^{-j2x} + C_1 e^{-jx} + C_0 + C_1 e^{jx} + C_2 e^{j2x} \qquad (16)$$

ahol $$C_1 = \frac{a}{2} U_p \text{ és } C_2 = \frac{b}{4} U_p^2 \qquad (17)$$

Eszerint C_0 a sztatikus karakterisztika által meghatározott kapacitás a munkaponton; $\Delta C = 2C_1$ a munkaponton a görbéhez húzott érintő által meghatározott kapacitás változás az $u_p = U_p$ helyen. C_2 a görbültség miatti eltérés.

A helyi oszcillátorra (pump) és a bevezetett jelfrekvenciára a következő jelöléseket alkalmazzuk:

$$x = \omega_p t = 2\pi f_p t; \qquad y = \omega_s t = 2\pi f_s t$$

A nonlineáris kapacitás kapcsain az összes kombinációs frekvencia előállhat. δu a jel és ezen feszültségek összege. Ha ezek közül csak $f_p \pm f_s$ számára alkalmazunk kimeneti szűrőket (kapukat), akkor úgy vehetjük, hogy a nonlineáris kapacitás kapcsain csupán $f_p \pm f_s$-nek megfelelő feszültségek keletkeznek, ami az exponenciális tagok argumentumában $x + y$, ill. $x - y$-nak felel meg. Ezen feszültségek tetszőleges fázisban lehetnek, ezért δu a következő formában írható:

$$\delta u = U_s e^{jy} + U_- e^{j(x-y)} + U_+ e^{j(x+y)} + U_s^* e^{-jy} + U_-^* e^{-j(x-y)} + U_+^* e^{-j(x+y)} \qquad (18)$$

ahol U_s a jelfeszültség U_- az $f_p - f_s$ frekvenciájú, U_+ az $f_p + f_s$ frekvenciájú komponensek feszültségének amplitudója. A csillaggal jelzettek a konjugált komplex értékek.

A (14)-ben definiált δq-t kapjuk, ha $C(u_p)$ (16) szerinti kifejezését δu (18) szerinti kifejezésével megszorozzuk.

Így egy 5 tagú összeget kell egy 6 tagú összeggel megszoroznunk, ami 30 tagot ad. Ebből 12 magasabb kombinációs frekvencia tehát kiesik. A megmaradó 18 fele a konjugált komplexeket adja, tehát elegendő 9 tagot felvennünk, de ezeket úgy kell kiválasztanunk, hogy három azonos U szerepeljen bennük. Ezáltal az egyik egyenlet konjugált komplex értéket adja meg. Ezzel a különböző frekvenciájú töltések mátrix formában írva:

$$\begin{bmatrix} Q_-^* \\ Q_s \\ Q_+ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_0 & C_1 & C_2 \\ C_1 & C_0 & C_1 \\ C_2 & C_1 & C_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_-^* \\ U_s \\ U_+ \end{bmatrix} \qquad (19)$$

vagyis:

$$Q_-^* = (C_0 U_-^* + C_1 U_s + C_2 U_+)\, e^{-j(x-y)}$$
$$Q_s = (C_1 U_-^* + C_0 U_s + C_1 U_+)\, e^{jy}$$
$$Q_+ = (C_2 U_-^* + C_1 U_s + C_0 U_+)\, e^{j(x+y)}$$

Ebből $I = j2\pi f Q$ és $I^* = -j2\pi f Q$ helyettesítéssel az áramok és a feszültségek közötti összefüggéseket kapjuk meg.

$$\begin{bmatrix} I_-^* \\ I_s \\ I_+ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j2\pi f_- C_0 & -j2\pi f_- C_1 & -j2\pi f_- C_0 \\ j2\pi f_s C_1 & j2\pi f_s C_0 & j2\pi f_s C_1 \\ j2\pi f_+ C_2 & j2\pi f_+ C_1 & j2\pi f_+ C_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_-^* \\ U_s \\ U_+ \end{bmatrix} \qquad (20)$$

Nem-fordító modulátor esetén f_--t elnyomjuk. Ilyenkor a mátrix a következő lesz:

$$\begin{bmatrix} I_s \\ I_+ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j2\pi f_s C_0 & j2\pi f_s C_1 \\ j2\pi f_+ C_1 & j2\pi f_+ C_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_s \\ U_+ \end{bmatrix} \qquad (21)$$

Fordító modulátorra (f_+-t nyomjuk el):

$$\begin{bmatrix} I_s \\ I_-^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j2\pi f_s C_0 & j2\pi f_s C_1 \\ -j2\pi f_- C_1 & -j2\pi f_- C_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_s \\ U_-^* \end{bmatrix} \qquad (22)$$

Minthogy C_0 és C_1 reálisak, az admittancia mátrixok tiszta imaginárius.

Mint ismeretes a közönséges imaginárius elemekből álló 4-pólusra, ahol a bemeneti és kimeneti frekvenciák azonosak, az admittancia mátrix ugyanilyen formájú:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} jB_{11} & jB_{12} \\ jB_{21} & jB_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} \qquad (23)$$

A különbség az, hogy a jelen esetben a bemeneti és kimeneti frekvenciák különbözők. A (21) és (22)-ből megállapítható, hogy $B_{12} \neq B_{21}$.

Eszerint a „pump" feszültséggel gerjesztett nonlineáris kapacitás nem reciprok 4-pólusnak felel meg.

A további számítás a 4-pólusokra ismert összefüggések felhasználásával lehetséges.

Feltételezzük, hogy a két jelfrekvenciát különböző kapukon át vezetjük ideális szűrőkkel. A két kapun át folyó reális teljesítmény :

$$P_1 = \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\; U_1^* I_1\,; \qquad P_2 = \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\; U_2^* I_2 \qquad (24)$$

Képezzük a következő összeget :

$$\frac{P_1}{B_{12}} + \frac{P_2}{B_{21}} = \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\left[\frac{U_1^*}{B_{12}} I_1 + \frac{U_2^*}{B_{21}} I_2\right]$$

I_1 és I_2 (23) matrix szerinti értékeit behelyettesítve :

$$= \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\,j\left[\frac{U_1^*}{B_{12}}(B_{11}U_1 + B_{12}U_2) + \frac{U_2^*}{B_{21}}(B_{21}U_1 + B_{22}U_2)\right]$$

$$= \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\,j\left[\frac{B_{11}}{B_{12}}\underbrace{U_1U_1^*}_{\text{reális}} + \underbrace{U_2U_1^* + U_1U_2^*}_{\text{reális}} + \frac{B_{22}}{B_{21}}\underbrace{U_2U_2^*}_{\text{reális}}\right] = 0$$

Ezzel

$$\frac{P_1}{B_{12}} + \frac{P_2}{B_{21}} = 0 \qquad (25)$$

Nem-fordító modulátorra a (21) matrixból :

$$B_{12} = 2\pi f_s C_1\,; \qquad B_{21} = 2\pi f_+ C_1$$

vagyis

$$\frac{P_s}{f_s} + \frac{P_{p+s}}{f_{p+s}} = 0 \qquad (26)$$

Fordító modulátorra a (18) matrixból :

$$B_{12} = 2\pi f_s C_1\,; \qquad B_{21} = -2\pi f_- C_1$$

vagyis

$$\frac{P_s}{f_s} - \frac{P_{p-s}}{f_{p-s}} = 0 \qquad (27)$$

A (26) és (27) megegyezik az általános energia összefüggésekből levezetett (6) és (10) jobboldali egyenletekkel.

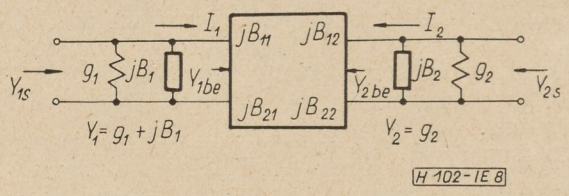
A lezáró impedancia és a sávszélesség számításához a 8. ábrán feltüntettük a 4-pólushoz a bemenetre és a kimenetre kapcsolt admittanciákat is.

Mint ismeretes, az Y_2 admittanciával terhelt 4-pólus bemeneti admittanciája :

$$Y_{1be} = Y_{11} - \frac{Y_{12}Y_{21}}{Y_{22} + Y_2} \qquad (28)$$

A (28) általános esetre vonatkozik. A jelen esetben : $Y_{11} = jB_{11}$; $Y_{22} = jB_{22}$; $Y_{12} = jB_{12}$;

$$Y_{21} = jB_{21};\; Y_2 = g_2 + jB_2$$



8. ábra. Nonlineáris kapacitás mint 4-pólus a bemeneti és kimeneti áramkörökkel ; az Y_2 helyesen $= g_2 + jB_2$

Ezzel :

$$Y_{1be} = jB_{11} + \frac{B_{12}B_{21}}{g_2 + j(B_2 + B_{22})} \qquad (29)$$

$$Y_{2be} = jB_{22} + \frac{B_{12}B_{21}}{g_1 + j(B_1 + B_{11})} \qquad (30)$$

$$Y_{1s} = Y_1 + Y_{1be} = g_1 + j(B_1 + B_{11}) + \frac{B_{12}B_{21}}{g_2 + j(B_2 + B_{22})} \qquad (31)$$

$$Y_{2s} = Y_2 + Y_{2be} = g_2 + j(B_2 + B_{22}) + \frac{B_{12}B_{21}}{g_1 + j(B_1 + B_{11})} \qquad (32)$$

Nem-fordító modulátornál a (21) mátrixból $B_{12}B_{21} > 0$, vagyis Re $Y_{1be} > 0$; Re $Y_{2be} > 0$, tehát az áramkör stabilis.

Maximális teljesítményt akkor kapunk, ha mindkét kapun konjugált komplex illesztés van, vagyis :

$$Y_{1be}^* = Y_1 \text{ és } Y_{2be}^* = Y_2$$

Ebből következik, hogy ilyenkor :

$$[g_1 + j(B_1 + B_{11})] \cdot [g_2 + j(B_2 + B_{22})] = B_{12}B_{21} \qquad (33)$$

Eszerint bármely kimeneti admittanciához található megfelelő bemeneti admittancia. A helyes megválasztás a sávszélesség figyelembevételével történik.

Ideális esetben B_1 és B_2 induktív szuszceptanciák, melyek a C_0 kapacitást hangolják ki sávközépen. A továbbiakban egy púpú, legszélesebb sávú rezonancia görbét tételezünk fel. Ezzel :

$$B_1 + B_{11} = 0\,; \qquad B_1 = -B_{11}$$
$$B_2 + B_{22} = 0\,; \qquad B_2 = -B_{22}$$

A (21) matrixból $B_1 = -2\pi f_s C_0$; $B_2 = -2\pi f_+ C_0$

Jelöljük a közepes frekvenciától való eltérést δf-el. A közepes frekvencián a (33) szerint ;

$$g_1 g_2 = (B_{12}B_{21})_{\delta f = 0} = 4\pi^2 C_1^2 f_{sk} f_{+k} \qquad (34)$$

ahol a k index a közepes frekvenciát jelenti.

Kimutatható, hogy a legszélesebb sávot akkor kapjuk, ha $g_1 = g_2 = g$. A (34)-ből :

$$g = 2\pi C_1 \sqrt{f_{sk} f_{+k}} = 2\pi C_1 f_{mk} \qquad (35)$$

ahol f_{mk} a frekvenciák mértani közepét jelenti. Eszerint az optimális terhelő konduktancia:

$$g = \omega_{mk} C_1 = \frac{1}{2} \omega_{mk} \Delta C \qquad (36)$$

Azzal a közelítéssel, hogy a viszonylagos sávszélesség igen kicsiny, vagyis

$$\frac{\delta f}{f_{+k}} \ll 1; \quad \frac{\delta f}{f_{sk}} < 0{,}25$$

hosszas aritmetikával kimutatható, hogy a 3 dB-es sávszélesség:

$$B = \frac{C_1}{C_0} \sqrt{2 f_{sk} f_{+s}} = \frac{\Delta C}{\sqrt{2} C_0} f_{mk} \qquad (37)$$

és

$$\frac{B}{f_{sk}} = \frac{C_1}{C_0} \sqrt{\frac{2 f_{+k}}{f_{sk}}} = \frac{\Delta C}{\sqrt{2} C_0} \sqrt{\frac{f_{+k}}{f_{sk}}} \qquad (38)$$

Példa: Legyen $f_s = 100$ MHz; $f_{p+s} = 4000$ MHz Az elméletileg elérhető erősítés felfelé:

$$G = \frac{f_{p+s}}{f_s} = \frac{4000}{100} = 40 = 16 \text{ dB}$$

Felvéve:

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{\Delta C}{2 C_0} = 0{,}05 \text{ értéket}$$

$$\frac{B}{f_s} = \frac{C_1}{C_0} \sqrt{2 \frac{f_{p+s}}{f_s}} = \frac{1}{20} \sqrt{80} = 0{,}45$$

tehát a sávszélesség összemérhető a bevezetett jelfrekvenciával. A számítás pontosabban is elvégezhető az alkalmazott közelítések nélkül (nagyobb C_1/C_0 esetére).

Lefelé konverternél 16 dB gyengítés volna azonos abszolút sávszélesség mellett.

Fentiekből látjuk, hogy nem-fordító modulátornál a működés stabilis, és jó illesztést kell biztosítani, a sávszélesség arányos a nonlinearitás mértékével, de az ilyen konvertert csak felfelé indokolt használni, ahol elég nagy nyereség kapható.

Vizsgáljuk ezután a fordító modulátort. Ez esetben a (22) matrix szerint $B_{12} B_{21} < 0$, tehát mindkét jelfrekvencián a bemeneti konduktancia negatív és illesztés nem lehetséges.

A két oldalon ismét rezgőkört képezünk a megfelelő frekvenciákhoz. L_1 és L_2 ugyanaz, mint nem-fordító modulátornál. A legszélesebb sávnak megfelelően a terhelő konduktanciákat a két oldalon egyenlőre választjuk.

A terhelő konduktanciának azonban nagyobbnak kell lennie, mint a nonlineáris kapacitás kapcsain jelentkező negatív konduktancia, mert különben a rendszer instabilis lesz. Ennek eleget teszünk, ha

$$| B_{12} B_{21} | = \alpha g_1 g_2 = \alpha g^2 \qquad (39)$$

ahol $g_1 = g_2 = g$ a terhelő konduktancia és $0 < \alpha < 1$

Hosszadalmasabb aritmetikával kimutatható, hogy abban a gyakorlatilag fontos esetben, amikor α közel 1, és $(1-\alpha) \ll 1$:

$$\frac{B}{f_s} = \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_0} \sqrt{\frac{f_{p-s}}{f_s}} (1 - \alpha) \qquad (40)$$

Kimutatható fenti formulákból, hogy

felfelé konverternél $\sqrt{G_t} B = \frac{C_1}{C_0} f_{p-s}$ (41)

lefelé konverternél $\sqrt{G_t} B = \frac{C_1}{C_0} f_s$ (42)

Tehát a sávszélesség és a feszültségerősítés szorzata állandó.

Az erősítés a sávszélesség rovására tetszőlegesen növelhető, de α növelésekor a stabilitás csökken.

Vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor G a frekvencia viszonnyal egyenlő, mint a nem-fordító modulátornál.

Erre az esetre $\alpha = 0{,}172$ és a relatív sávszélességre a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{B}{f_s} = 1{,}24 \frac{C_1}{C_0} \sqrt{\frac{f_{p-s}}{f_s}} \qquad (43)$$

Eszerint azonos erősítés mellett a fordító modulátor sávszélessége csak kevéssel kisebb, mint a nem-fordító modulátoré. Az instabilitása azonban nagyobb:

$$S_g = \frac{\mathrm{d}G_t/G_t}{\mathrm{d}g/g} = -\frac{1+\alpha}{1-\alpha} \qquad (44)$$

Példa: $f_s = 100$ MHz; $f_{p} = 20\,100$ MHz; $f_{p-s} = 20\,000$ MHz

α	$G_{t\,mod}$	$G_{t\,demod}$	B MHz	S
0,172	+23 dB	−23 dB	$1752 \frac{C_1}{C_0}$	−1,414
0,9	+48,5 dB	+2,5 dB	$70{,}7 \frac{C_1}{C_0}$	− 19
0,99	+69 dB	+23 dB	$7{,}07 \frac{C_2}{C_0}$	−199

Ha $\alpha = 0{,}99$, akkor, ha valamelyik konduktancia x%-kal megváltozik, akkor a teljesítményerősítés $199\,x$%-kal nő meg. Ha bármelyik konduktancia 1%-kal csökken, vagy a helyi oszcillátor kis amplitudó változása miatt C_1 0,5%-kal megnő, akkor az áramkör instabillá válik. Ezért ilyen nagy α értéket nem lehet üzemszerűen használni. Mindazonáltal fordító modulátornál jobban ki lehet használni a nonlinearitás fokozását, mint nem-fordító modulátornál.

Erősítés azonos frekvencián

Az előzőkben láttuk, hogy a fordító modulátornál negatív konduktancia jelentkezik az alsó jelfrekvenciás bemeneten is. Ha α elég nagy,

akkor itt is erősítés következik be, de ehhez szükség van az f_{p-s} frekvenciájú rezgésre és a hozzátartozó áramkörre is. Az ehhez szükséges fizikai magyarázat a következő.

Tételezzünk fel egy rezgőkört, mely az erősítendő frekvenciára van hangolva és igen kis gerjesztést kap.

Tegyük fel, hogy valami mechanizmussal gondoskodunk arról, hogy a maximális feszültség pillanatában a kondenzátor lemezeit kissé eltávolítsuk egymástól. Ezáltal feszültségnövekedés fog bekövetkezni, tehát a mechanikai energiát elektromos energiává alakítottuk át. Amikor a feszültség zérus lesz, akkor a lemezeket újból összetoljuk, amihez nem kell elektromos munka. Az ellenkező értelmű feszültségmaximum pillanatában újból megismételjük a műveletet stb. Ezáltal erősítés következik be. *A kapacitást a jelfrekvencia kétszeresével kellett változtatnunk.*

Ugyanezen jelenség megvalósítható nonlineáris kapacitással, ha a helyi oszcillátor frekvenciája éppen kétszerese a jelfrekvenciának és pontosan a megfelelő fázisban van.

Az ilyen erősítés azonban fázisérzékeny. 180° fáziseltolásnál gyengítés következik be. A helyi oszcillátor fázisa ilyen pontosan nem tartható és az erősítendő gyenge jellel nem is volna vezérelhető.

A feladat megoldható egy vak (idling) áramkör segítségével.

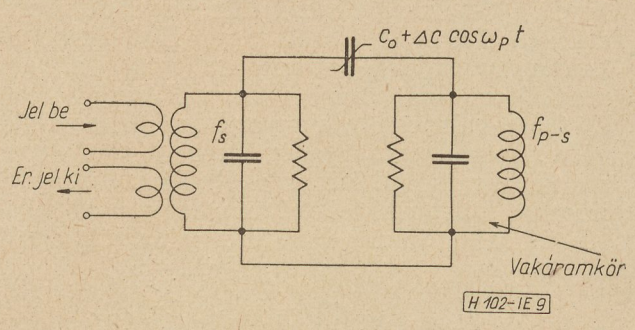
Ez esetben f_{p-s} frekvencia is keletkezik. f_p és f_{p-s} előállítja erősítve fázishelyesen f_s-et és nem szükséges, hogy f_s éppen a fele legyen f_p-nek. f_s és f_{p-s} összege lesz egyenlő f_p-vel.

A 9. ábra szerinti áramkör hátránya, hogy az erősített teljesítmény fele a bemeneti áramkörre jut és ezáltal 3 dB veszteség következik be. Ez a zajtényezőt is rontja, továbbá mind a bemeneti, mind a kimeneti áramkör illesztési hibája instabilitást okozhat.

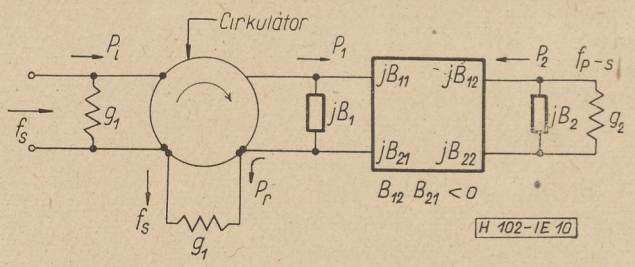
Lényegesen kedvezőbb a helyzet cirkulátor alkalmazásával, amikor a bemenet az azonos frekvenciájú kimenettől gyakorlatilag teljesen elválasztható.

Ennek sémáját — a nonlineáris kapacitást 4-pólussal helyettesítve — a 10. ábrán tüntettük fel.

P_i a jelforrás által bevezetett teljesítmény, P_r a cirkulátor másik kapuján át a kimenetre



9. ábra. Azonos frekvencián való erősítés elve „pump"-frekvenciával gerjesztett nonlineáris kapacitással és vakáramkörrel



10. ábra. Azonos frekvencián való erősítés 4-pólussal való helyettesítéssel és cirkulátorral

jutó teljesítmény, mely felfogható mint reflektált teljesítmény. Minthogy a bemeneti konduktancia negatív, a reflexiós tényező nagyobb mint 1, tehát erősítés lesz.

Ismét azon eset érdekes, amikor α közel 1:

$$(1-\alpha) \ll 1$$

Erre az esetre 3 dB sávszélességre:

$$B = \frac{1}{2}\frac{C_1}{C_0}\sqrt{f_s f_{p-s}}\,(1-\alpha) \qquad (45)$$

Az ehhez tartozó terhelő admittancia:

$$g = \frac{\omega_s C_1}{\sqrt{\alpha}} = \frac{\omega_s \Delta C}{2\sqrt{\alpha}} \qquad (46)$$

A feszültség erősítés és sávszélesség szorzata:

$$\sqrt{G_t}\,B = \frac{C_1}{C_0}\sqrt{f_s f_{p-s}} \qquad (47)$$

Az instabilitás:

$$S_g = -\frac{2}{1-\alpha} \qquad (48)$$

Példa: $f_s = 10\,000$ MHz; $f_{p-s} = 20\,000$ MHz; $f_p = 30\,000$ MHz

α	G_{t11}	B_{MHz}	S_g
0,9	+25,6 dB	$707\,\frac{C_1}{C_0}$	—18,95
0,99	+46 dB	$70{,}7\,\frac{C_1}{C_0}$	—199

Eszerint adott α mellett az erősítés a fordító modulátorénál kisebb, de a demodulátorénál nagyobb és azonos sávszélesség érhető el.

Zajtényező

Ha a parametrikus erősítő teljesítményerősítése G_1; zajtényezője F_1 és az utánna következő *kf* erősítő zajtényezője F_2, akkor mint ismeretes az eredő zajtényező:

$$F_{12} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \qquad (49)$$

és ha $G_1 \gg 1$, akkor $F_{12} \approx F_1$

A parametrikus erősítő által termelt külön zaj — ami a nonlineáris kapacitás soros ellenállásából és a „pump" által behozott zajból ered — a kimeneten

$$M_{ki} = (F_1 - 1)\ G_1\ KTB$$

A bemenetre vonatkoztatva:

$$M_{be} = (F_1 - 1)\ KTB = KT_1B \qquad (50)$$

ahol T a környezeti, T_1 a zajhőmérséklet. Ebből a zajhőmérséklet:

$$T_1 = (F_1 - 1)\ T < T$$

minthogy F_1 jó diódával és áramkörrel csak kevéssé nagyobb az egységnél.

Gyakorlati megvalósítási módok

Az elméleti tárgyalásnál használt alapséma szerint a különböző frekvenciás áramköröket párhuzamosan kapcsoltuk. Ez esetben az egyes ágaknak a többi frekvencián végtelen impedanciát kell mutatnia.

Ilyen esetben párhuzamos rezgőkörök nem megfelelelőek, mert ezek a rezonanciától távol igen kis impedanciát mutatnak és ezért a többi frekvenciánál sávzáróra is szükség volna.

Párhuzamos kapcsolás esetén soros rezgőkörök a megfelelőbbek, mert ezek a rezonancia frekvenciától távol igen nagy impedanciát mutatnak.

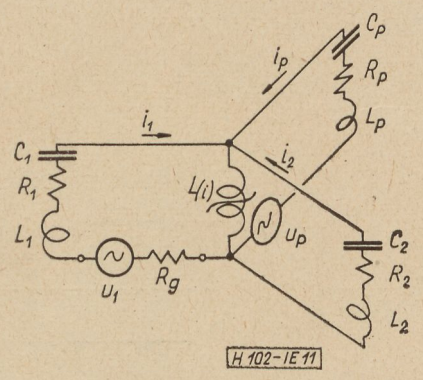
A 11. ábrán feltüntetett alapséma előnyösen használható, ha a keverő elem nonlineáris induktivitás.

Nonlineáris kapacitás esetén célszerűbb párhuzamos rezgőköröket alkalmazni és ezeket sorba kapcsolni a 12. ábra szerint.

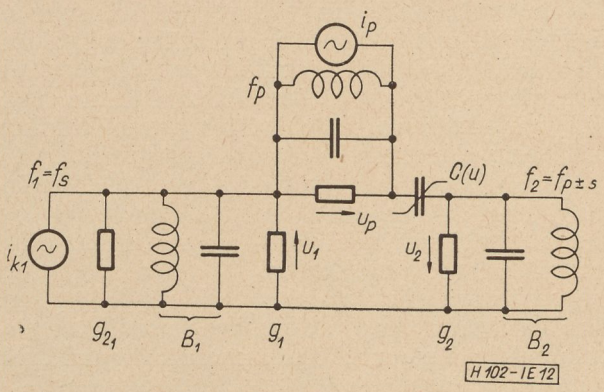
A rezonanciától eltérő frekvenciákon a parallel kör igen kis impedanciát mutat, tehát a feszültségek a nonlineáris kapacitásra jutnak és ott összeadódnak.

Minthogy a vázlat szerint az egyes körök is tartalmazhatnak kapacitást, törekedni kell arra, hogy a nonlinearitásra jellemző C_1/C_0 érték ne romoljon túlságosan.

Ilyen áramkörök viszonylag kis frekvenciákhoz is készíthetők. Ilyenkor a körök hangoló kapacitásai nagyobbak lesznek, és ezért nagy



11. ábra. Soros rezgőkörök párhuzamos kapcsolása nonlineáris induktivitás esetén



12. ábra. Parallel rezgőkörök soros kapcsolása nonlineáris kapacitás esetén; g_{21} helyesen g_{i1}

kapacitásváltozást adó diódára van szükség, de viszonylag kis határfrekvencia is megfelelő, tehát a soros ellenállás lényegesen nagyobb lehet, mint pl. mikrohullámoknál.

1960 februárban publikáltak Elsner, Pungs és Steiner [14] 100 kHz-es parametrikus kísérleti erősítőt. Az elvi kapcsolást a 13. ábra mutatja.

Az 1 MHz „pump" frekvenciát nagy ellenálláson át vezették be. OV6 Zener-diódát használtak, melynek munkaponti kapacitása kb. 650 pF volt és változása 180 pF/V.

A vakáramkör hangoló kapacitásának jelentős részét a Zener-dióda képezte. Az 50 μH induktivitás reaktanciája 100 kHz-nél elhanyagolható. Így a 100 kHz-es kör feszültsége csaknem teljesen a diódára jut. A vakáramkör feszültségének kb. 90%-a jut a diódára az 5 nF-on át.

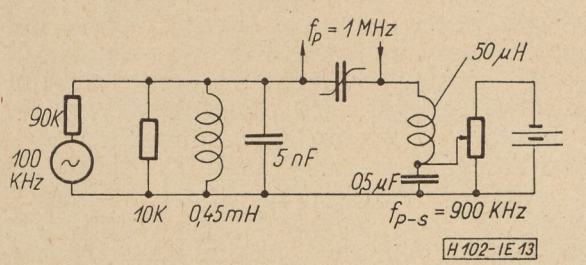
A 100 kHz-es bemeneti és kimeneti áramkör nem voltak egymástól elválasztva.

A kísérleti eredmények szerint a vakáramkör Q-jának javításával növelhető az erősítés anélkül, hogy ezáltal a jeláramkör sávszélessége csökkenne. 0,5% sávszélesség mellett 18 dB erősítést értek el. A bemenő kör terhelésének változtatásával az erősítés szabályozható volt (azonos pump feszültség mellett).

A feszültségerősítés és a sávszélesség szorzata gyakorlatilag állandó maradt.

A zajtényezőre adatot nem közöltek.

0,9 V előfeszültséget használtak és 2,5 V „pump" amplitudóval dolgoztak, hogy a szükséges erősítést elérjék. Ezáltal a periódus egy részében vezető tartományba kerültek, ami csillapítást vitt be az áramkörbe.



13. ábra

Nem valószínű, hogy fenti kisfrekvenciás kísérleti parametrikus erősítőnek különös gyakorlati jelentősége volna, inkább az elméleti és kísérleti eredmények összehasonlítására volt alkalmas. Azért vettük előre, mert ezen áramkör működése a legkönnyebben tekinthető át.

Mikrohullámú áramkörökkel készített kísérleti parametrikus erősítőkre és konverterekre vannak publikált adatok — elsősorban az elért eredményekre vonatkozóan — de a szerkezeti megoldásokra kevés adat áll rendelkezésre. Megállapítható, hogy többnyire használtak cirkulátort a bemeneti és kimeneti áramkörök szétválasztására.

A legegyszerűbb szerkezet akkor készíthető, ha a jel- és vakkör frekvenciái azonosak, és a „pump"-frekvencia kétszerese a jelfrekvenciának. Ez esetben elegendő két rezonátor.

Minthogy bizonyos sáv átviteléről van szó, a jel- és vakfrekvencia csak a sávközépen azonos. A sáv más helyén a két frekvencia kissé eltér egymástól, de a kettő összege egyenlő a „pump"-frekvenciával.

A jelfrekvencia üregrezonátorát terhelni kell a parametrikus diódával, de gondoskodni kell arról is, hogy a dióda a „pump"-frekvenciától megfelelő vezérlést kapjon.

Ha a jel- és a vakáramkör frekvenciái különbözőek, akkor a vakáramkör számára is kell üregrezonátor. Ilyen esetben célszerű a parametrikus diódát a két üreg csatolási helyére elhelyezni.

Ezután néhány publikált kísérleti eredményt ismertetünk.

1958 júliusban közzétett Bell Labs. publikáció szerint [15] 6000 MHz parametrikus erősítővel, 12 000 MHz „pump"-pal 18 dB erősítést értek el 8 MHz sávszélességgel és 5—6 dB zajtényezővel. A megoldás részleteire adatokat nem közöltek.

Más, 1959 januári publikáció szerint [16] 2900 MHz-es erősítőt készítettek 5800 MHz „pump"-frekvenciával, 50—100 mW „pump"-teljesítménnyel. 19,2 dB erősítésnél 0,5 MHz sávszélességet és 27 dB zajtényezőt (250° K zajhőmérséklet) értek el. Ez esetben a bemenet és kimenet szétválasztására hibrid rendszert használtak.

Különleges megoldást alkalmazott Heffner 1958 júniusban közzétett publikációja szerint [17]. A jelfrekvencia 1200 MHz, a vakfrekvencia 2300 MHz és a „pump"-frekvencia 3500 MHz (a kettő összege).

Négyszögletes doboz alakú üregrezonátort készítettek. Az üreg méreteit úgy választották meg (itt már túlmentünk kissé az eredeti ismertetésen), hogy a lehetséges rezgési módok közül 3 olyan legyen található, melyeknél a doboz közepe feszültség maximális hely és a frekvenciák megfelelnek az előre felvetteknek. Illetve feltehetően az eljárás fordított irányban történt és az alkalmazott frekvenciák megválasztása történt utólag. Így az üreg egyidejűleg három, a TE_{103}, TE_{301} és a TE_{101} módokon rezgett, fenti három frekvenciának megfelelően. A közölt ábrából, amit vázlatosan a 14. ábra mutat, arra lehet következtetni, hogy megfelelően elhelyezett hangoló csavarokkal az egyes módok frekvenciáit egymástól többé-kevésbé függetlenül is lehetett változtatni. Így tulajdonképpen degenerált módok keletkeztek.

70 mW „pump"-teljesítménnyel 20 dB erősítést ért el, 1 MHz sávszélességgel. 18 dB erősítésnél a zajtényező 4,8 dB volt.

Az említett szerző számításai szerint jobb diódákkal és rezgőkörökkel 0,4 dB zajtényező is elérhető volna (30°K) minden hűtés nélkül.

Tycsynski 1960-as publikációja szerint [18] 9—10 GHz „pump"-frekvenciával, 14 mW „pump"-teljesítménnyel működő kísérleti erősítővel 39 dB erősítés mellett 1,25—2 dB zajtényezőt mért.

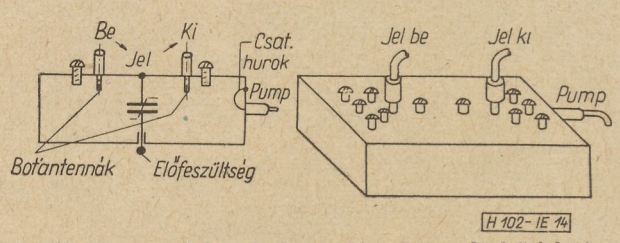
Parametrikus konverterekre vonatkozóan egy Bell. Labs. 1957 októberi publikáció szerint [19] a 6000 MHz-es TH gerinchálózati rendszerben 60—90 MHz középfrekvenciáról 6000 MHz-re történő keveréshez arannyal ötvözött germánium parametrikus diódával $G = 1$ mellett 10 MHz sávszélességet értek el.

Egy 1958-as publikáció szerint [10] felfelé konverterrel 460 MHz-ről 9375 MHz-re 9 dB erősítést és 2 dB zajtényezőt értek el. Nem reprodukálhatóan 21 dB erősítés mellett 1,1 dB zajtényezőt is elértek.

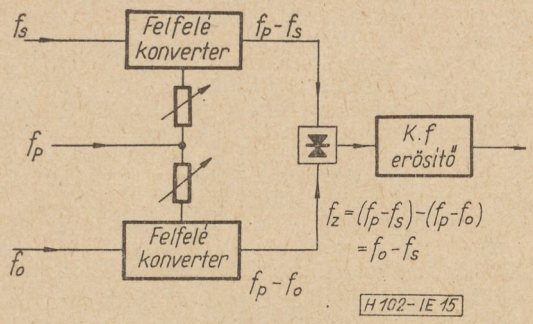
Parametrikus modulátornál lefelé konverziónál lényeges teljesítményveszteség van.

Ennek ellensúlyozására felmerült olyan elgondolás is, hogy parametrikus keverővel mind a jelet, mind az ütőoszcillátort felfelé transzponálják, és a két jelből a közép frekvenciát közönséges nonlineáris ellenállású diódás keverővel állítsák elő. (Lásd. 15. ábrát.)

A szakirodalomban foglalkoztak olyan megoldással is, ami lehetővé teszi a jelfrekvenciánál kisebb „pump"-frekvencia alkalmazását is [20]. A módszer lényege abban áll, hogy a nonlineáris kapacitáson a „pump"-frekvencia kétszerese is keletkezik, és az tölti be a „pump" szerepét. Ilyen kísérleti parametrikus erősítőt készítettek. A jelfrekvencia 380 MHz, a vakfrekvencia 220 MHz és a „pump"-frekvencia 300 MHz volt. A kísérleti eredmények szerint 20 dB erősítést elértek 30 mW „pump"-teljesítménynél. A sávszélesség kb. 0,3% volt és a zajtényező 10 dB. A terhelés a bemenettől nem volt elválasztva.



14. ábra. Három frekvenciára hangolt kísérleti üregrezonátor



15. ábra

Haladó hullámú parametrikus erősítők

Az eddigiekből láttuk, hogy parametrikus erősítésnél az elérhető sávszélesség nagyon kicsiny. A gyakorlati alkalmazások jelentős részénél ennél lényegesen nagyobb sávszélességre van szükség.

A feladat megoldható haladó hullámú parametrikus erősítővel.

Legyen a 16. ábra szerint a jelfrekvencia számára véges számú szakaszból álló haladó hullámú vonal, melynek minden tagjában nonlineáris kapacitás van. A nonlineáris kapacitásokat a „pump"-frekvenciával gerjesztik, mindegyiket megfelelő fáziseltolással. A „pump"-frekvenciát egy másik haladó hullámú vonalon vezetik. Fontos, hogy a terjedési idő a két vonalon megegyezzék. Kimutatható, hogy ez esetben exponenciálisan növekvő hullámot kapunk.

Könnyen belátható, hogy ily módon azonos erősítés mellett lényegesen nagyobb sávszélesség érhető el.

Érdekes, hogy az első parametrikuss haladó hullámú erősítőkre vonatkozó publikációk nem parametrikus diódákra vonatkoztak.

Luisell és Quate 1958. áprilisi publikációja [21] haladó hullámú csőben a tértöltés erősítésére vonatkozott. A „pump" szerepét az elektronnyaláb modulálása töltötte be.

Ugyanekkor Tien és Suhl [22] haladó bullámú ferromágneses parametrikus erősítő elméletét ismertette, ahol ferrit közegben, két tápvonal volt, és a kettő közötti csatolást a giromágneses közegben vezetett „pump"-frekvencia szabályozta.

Ha a bemenetre $u_s(t) = U_s \cos \omega_s t$ jelet adunk, akkor a nonlineáris csatolóelemek és a „pump" hatására az amplitudó exponenciális növekedése következik be.

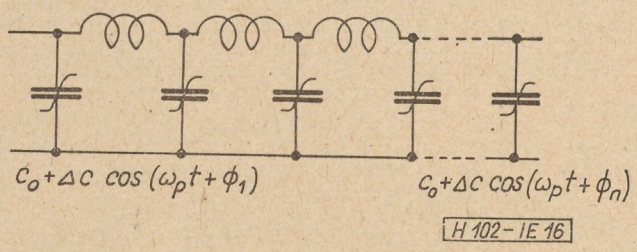
$$U_s(z,t) = U_s e^{\alpha_s z} \cos(\omega_s t - \beta_s z) \qquad (52)$$

Az erősítés maximum, ha a fázistényezők között a következő összefüggés áll fenn :

$$\beta_p = \beta_s + \beta_{p-s}$$

Ez esetben a hosszegységenkénti teljesítményerősítés :

$$2\alpha_s = \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C_0} \sqrt{\beta_s \, \beta_{p-s}} \qquad (53)$$



16. ábra. Haladó hullámú vonal megfelelő fáziseltolással gerjesztett nonlineáris kapacitásokkal

Engelbrecht 1958 júliusban már a diódás haladó hullámú megvalósított kísérleti erősítővel elért eredményeket ismerteti [15].

A jelfrekvencia 400 MHz ; „pump" 900 MHz 10 mW „pump"-teljesítménnyel 4-diódás haladó hullámú erősítővel 10 dB erősítést, 100 MHz sávszélességet (25 %) és 3,5 dB zajtényezőt ért el.

Lombardo és Sard 1959 májusban közzétett publikációja szerint [23] 4,5 MHz jelfrekvenciára készített 12 szakaszos haladó hullámú erősítőt. 8,4 dB erősítés mellett 2,7 MHz sávszélességet ért el. A zajhőmérséklet 117°K volt.

A parametrikus erősítőknek nagy jelentősége van ultrarövid és mikrohullámok erősítésénél, elsősorban a zajtényező csökkentése miatt. Így rádiólokátoroknál a hatótávolságot meg lehet növelni. Rádióteleszkópokkal a világűrben nagyobb távolságok figyelhetők meg.

Horizonton túli terjedésnél az eddiginél nagyobb távolságok lesznek áthidalhatók.

Mikrohullámú gerinchálózati rendszerekben konverterekben és esetleg erősítőként használva a jel/zaj viszony javulása érhető el, ill. azonos jel/zaj viszonynál kisebb adó teljesítményre lesz szükség.

Valószínű, hogy a jövőben az említett és egyéb területeken is alkalmazásra kerülnek a parametrikus erősítők.

IRODALOM

1. *R. V. Pound:* Microwave Mixers. MIT Radiation Laboratory Series Vol. 16. 1948.
2. *L. C. Peterson and F.B. Lewellyn:* The Performance and Measurement of Mixers in Terms of Linear Network Theory. Proc. IRE. 1945. július.
3. *R. V. L. Hartley:* Oscillations in systems with non-linear reactance. BSTJ. 1936 július.
4. *V. D. Landon:* The Use of Ferrite-Cored Coils as Converters, Amplifiers and Oscillators. RCA Review 1949 szept.
5. *H. Suhl:* Proposal for a Ferromagnetic Amplifier in the Microwave Range. Physical Review 1957 ápr.
6. *H. T. Weiss:* A Solid-State Microwave Amplifier and Oscillator Using Ferrites. Physical Review 1957 július.
7. *V. V. Nikolszkij:* Tyeorija ferromagnitnih uszilityeleji na osznovije principa vozmuscsenija. Radiotyehnika i elektronika 1960. január 1. szám.
8. *A. van der Ziel:* On the Mixing Properties of Non-Linear Condensers. Journal Appl. Phys. 1948 november.

9. *L. J. Giacoletto and J. O'Connell:* A variable-capacitance germanium junction diode for UHF. RCA Review 1956. március.
10. *A. Uhlir:* The Potential of Semiconductor Diodes in High Frequency Communications. Proc. IRE 1958. június.
11. *S. N. Ivanov, N. E. Szkvorcova, Ju. F. Szokolov:* Germanijevije diodi dlja parametricseszkovo uszilenyija. Radiotyehnika i elektronika 1959. szept. 9. szám.
12. *J. M. Manley and H. E. Rowe:* Some General Properties of Nonlinear Elements. Part I. General Energy Relations Proc. IRE. 1956. július.
13. *H. E. Rowe:* Some General Properties of Nonlinear Elements. Part II. Small Signal Theory Proc. IRE. 1958. május.
14. *R. Elsner, L. Pungs, K. H. Steiner:* Der parametrische Verstärker. Frequenz 1960. február.
15. Low-Noise Amplifier for High Frequencies Uses New Semiconductor Diodes. Bell Labs Record 1958. július.
16. *F. A. Brand, W. G. Matthei and T. Sand:* The Reactron A Low-Noise Semiconductor Diode Microwave Amplifier. Proc. IRE. 1959. január.
17. *H. Heffner:* Solid State Microwave Amplifiers. IRE. Transactions, 1959. január.
18. *V. P. Ticsinszkij, V. G. Fjedorov, P. I. Savilov:* Regenerativnij uszilityel — preobrazovatyel na diodah sz nyelinyejnoj jomkosztyju. Radiotyehnika i elektronika 1959. szept. 9. szám.
19. Semiconductor Diodes Jield Converter Gain. Bell Labs. Record, 1957. okt.
20. *K. K. N. Chang and S. Bloom:* A Parametric Amplifier Using Lower-Frequency Pumping. Proc. IRE. 1958. július.
21. *W. H. Luisell and C. F. Quate:* Parametric Amplification of Space Charge Waves. Proc. IRE. 1958. április.
22. *P. K. Tien and H. Suhl:* A Traveling Wave Ferromagnetic Amplifier. Proc. IRE. 1958. ápr.
23. *P. P. Lombardo and E. W. Sard:* Low-Frequency Prototype Traveling-Wave Reactance Amplifier. Proc. IRE. 1959. május.

Virág—Pollák-emlékérem alapítása

1. A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Virág József és Pollák Illés, a magyar híradástechnika úttörő műszaki szakembereinek emlékére

Virág—Pollák-emlékérem

elnevezéssel emlékérmet alapít.

2. Az emlékérem alapításának célja, hogy az Egyesület tudományos folyóiratának, a *Magyar Híradástechniká*-nak műszaki-tudományos színvonalát tovább emelje, és elősegítse, hogy a magyar híradástechnikai szakirodalom fejlődése a népgazdasági követelményekkel és a világszínvonallal lépést tartson.

3. Az emlékérem odaítélésének szempontjai:

a) *A Virág—Pollák-emlékérmet* elnyerheti minden olyan személy, akinek dolgozata a *Magyar Híradástechnika* c. folyóiratban megjelent.

b) Olyan önálló eredményeket tartalmazó dolgozatok tüntethetők ki emlékéremmel, amelyek elérik a tudományos színvonalat.

c) A fenti b) alatti feltételeknek elegettevő dolgozatok közül előnyben részesítendők,

— amelyek elősegítik az adott időszak aktuális ipari problémáinak megoldását,

— azok, amelyeknek szerzője szakmai felkészültségéhez képest kimagasló teljesítményt nyújtott. Ezzel a szemponttal az Egyesület a fiatalabb műszaki generáció szakirodalmi tevékenységét óhajtja serkenteni.

d) Emlékéremmel kitüntethetők olyan nem önálló kutatásokon alapuló dolgozatok is, amelyek nagymértékben elősegítik a szakmai továbbképzést.

4. Az emlékérem odaítélesére az elnökség által évenként előre kijelölendő bíráló bizottság tesz javaslatot. Az odaítélésről az elnökség dönt.

5. Az emlékérem évenként egyszer kerül kiosztásra, és évenként legfeljebb három személy nyerheti el. Az emlékéremmel járó díj összegét az Egyesület elnöksége határozza meg.

Budapest, 1960. december 22.

Dr. Barta István
elnök

Dr. Izsák Miklós
főtitkár

A vonal tulajdonságainak hatása az átviteltechnikai berendezésekre

DR. RADVÁNYI LÁSZLÓ †*

A közlemény a CCITT előírásainak eleget tevő vonalak és a sokcsatornás vivőáramú távbeszélő berendezések összekapcsolásának kérdéseivel foglalkozik, elsősorban a légvezetékekkel kapcsolatban. Tárgyalja a bevezetőkábelek illesztésének kérdését és szigorú előírású vonalszűrőknek egy olyan megvalósítását, melynek ötlete a szerzőtől származik.

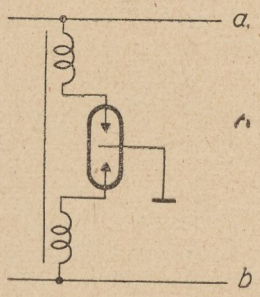
Az alább tárgyalandó problémák közös vezérfonala az a tény, hogy a CCITT ajánlásait [1] minden tekintetben kielégítő vonalnak is számos olyan tulajdonsága van, amely a berendezés tervezőjét többé-kevésbé bonyolult feladatok elé állítja. E tulajdonságok egy részét elegendő egyszerű adatként figyelembe venni, más része az átviteltechnikai berendezés felépítésében igényel különleges rendszabályokat, de van a vonalaknak néhány olyan tulajdonsága is, amely megkívánja, hogy a szorosan vett átviteltechnikai berendezést meghatározott — gyakran elég szigorú és speciális követelmények szerint tervezett — vonalszerelvényekkel egészítsük ki [2].

Fejtegetéseinket a következőkben — hogy az igen szétágazó anyagnak határt szabjunk — elsősorban a tizenkétcsatornás légvezetékes vivőáramú távbeszélő berendezésekkel kapcsolatos kérdésekre fogjuk korlátozni, mivel az egyéb berendezésekkel kapcsolatos hasonló problémák az itt leszűrendő eredmények értelemszerű alkalmazásával többnyire megoldhatók.

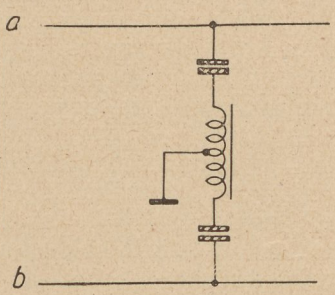
Az átviteltechnikai berendezések vonalszerelvényeinek a célja általában háromféle, nevezetesen vonalvédelem, vonalak összekapcsolása vagy csatolás elhárítás.

Először a vonal túlfeszültség- és villámvédelmének a kérdésével foglalkozunk. Ezen a területen egyre jobban elterjednek a viszonylag kis, 200 V körüli feszültségen átütő, izotóppal előfeszített nagyteljesítményű radioaktív túlfeszültséglevezetők, amelyek fokozatosan kiszorítják a sok karbantartó munka mellett is kis megbízhatóságú széntömbös villámvédőket. Ezek az újtípusú csövek tökéletesen önregenerálóak, ellentétben a széntömbös villámvédőkkel, amelyekben átütések után minden esetben erős elszennyeződés volt tapasztalható.

Az átütési feszültség alacsonyan tartása egyrészt a berendezés életveszélyességét, másrészt az egyéb vonalszerelvények igénybevételét csökkenti. Más oldalról viszont figyelmet érdemel, hogy a villámvédők gyakori átütésekor a vonal két ere közé jelentős sönt iktatódik. Az erekhez csatlakozó két elektróda és a föld-elektróda ugyanis ugyanabban az egyszerre ionizálódó térben van. Az ebből adódó beütések úgy küszöbölhetők ki, hogy a cső elektródáit nem közvetlenül a vonal két eréhez kapcsoljuk, hanem a vonal két ere közé iktatott, szoros csatolású felezett tekercs középkivezetései közé (1. ábra). Az ilyen tekercsen át a vonalelektródáktól a földelektróda felé folyó áramok a féltekercseket egymás ellen gerjesztik és egymás hatását kölcsönösen lerontják; a vonal huroköramkörében a tekercs teljes induktivitása viszont akkor is érvényesül, ha a villámvédőcső praktikusan rövidzár. Az ilyen tekercsek valamivel súlyosabb feltételek között dolgoznak, mint a széntömbös villámvédőkkel együtt alkalmazott hasonló tekercsek, mert a széntömbös villámvédők erenként osztottak és így a tekercsközép közvetlenül földelhető (2. ábra). Az újtípusú villámvédőcső a tekercs közvetlen földelését nem engedi meg és így a tekercsfelek vonalpotenciálon vannak.



1. ábra



2. ábra

A vonalszakaszok összekapcsolásához használt vonalszerelvények közül elsősorban az ún. átugró szűrőket kell megemlítenünk, amelyek például lehetővé teszik, hogy ugyanazon a vezetéken üzemeltetett átviteli rendszerek közül egyeseket más vezetékekre vigyünk át. Bár a kívánalmak meglehetősen változatosak lehetnek, az ilyen természetű feladatok rendszerint a vivőfrekvenciás berendezésben egyébként is alkalmazott vonalszűrőkkel oldhatók meg. A vonalszűrőkkel szemben támasztandó követelményeket a csatoláselhárítás kérdéseinek a kapcsán fogjuk taglalni.

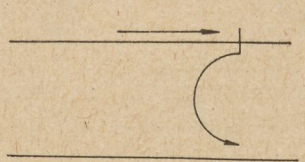
Különböző jellegű vonalszakaszok illesztéséhez gyakran használunk transzformátorokat. Ezektől sok esetben a hang- és vivőfrekvenciás

* A kiváló képességű szerző. 1959. V. 14.-én tragikus szerencsétlenség következtében elhúnyt. Ez a tanulmánya a szerzőnek röviddel halála előtt tartott előadásának kézirata alapján készült.

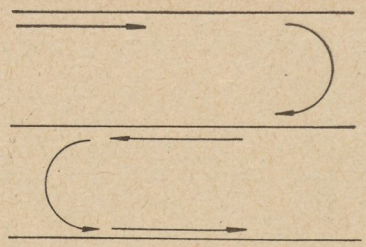
tartomány kifogástalan átvitele mellett azt is megkívánjuk, hogy a 20—50 Hz frekvenciájú csengetőjelet, sőt az egyenáramot is átvigyék. Ha valamennyi említett áramtípust át kell vinnünk, kondenzátorral felezett szimmetrikus autotranszformátort használunk, rendszerint több kivezetéssel, hogy minél pontosabb, minél visszaverődésmentesebb illesztést érjünk el, ami — mint látni fogjuk — a csatolásmentesítés szempontjából igen fontos. Ha a transzformátornak egyenáramot és kisfrekvenciás jeleket nem kell átvennie, előnyösebb kéttekercses transzformátor alkalmazása, mert ez a vonalszakaszokat egymástól galvanikusan szigeteli és így az erek potenciál-aszimmetriái a vezeték mentén nem adódhatnak össze.

A transzformátoroknak és a transzformátorokkal illesztett terheletlen kábelszakaszoknak a csillapítása viszonylag nagy. Ezért szóba kerül a légvezetékes összeköttetésbe helyenként beiktatandó kábelszakaszok oly mértékű pupinozása, hogy a légvezeték és a kábel illesztése transzformátor nélkül legyen lehetséges. A terhelés rövid belépő kábelek esetében az átviteltechnikai berendezésen belül egy hangolható állomási terhelő egységgel oldható meg. Hosszabb kábelszakaszokba javasolható 1 mH körüli induktivitású terhelőcsévék beiktatása mintegy 180 m-enként, ami kb. 600 ohm impedanciát és kb. 200 kHz határfrekvenciát eredményez [2, 3]. A legutóbb vázolt módszer alkalmazása különböző nehézségekkel jár. A várható légvezeték-impedanciákban mintegy 20 % bizonytalanság van; a beiktatandó kábelszakasz hosszát a helyi adottságok általában rögzítik; végül a határfrekvenciával a legmagasabb átviendő frekvenciát nem szabad megközelíteni. Ilyen korlátok mellett a terhelést a gyakorlatban minden kábelszakaszra külön, csaknem a helyszínen kell tervezni, illetőleg beállítani.

Mindezek után foglalkozzunk az áthallás-elhárítás kérdéseivel. Az áthallás- és keresztezéselméletből fogadjuk el adottságként, hogy a légvezetékeken az áthallások gyakorlatilag teljesen sohasem küszöbölhetők ki, és hogy az induktív és kapacitív csatolásokból származó közvetlen közelvégi áthallás mindig lényegesen erősebb, mint a hasonló eredetű távolvégi, [4], sőt fogadjuk el alapul a CCITT ajánlásait, amelyek szerint tizenkétcsatornás üzemben a távolvégi áthallási védettség nem lehet kisebb, mint 7,5 N. A közelvégi áthallási csillapítás végberendezéseknél, vagy középállomásokon a vonalon ténylegesen átvitt frekvenciasávban nem lehet kisebb, mint 4,8 N [1].



3. ábra



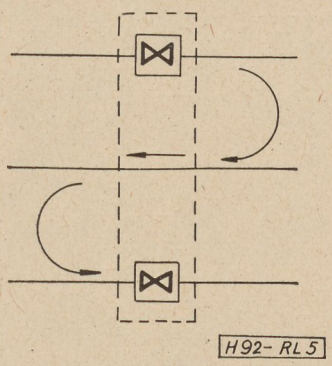
4. ábra

A légvezetékes vivőáramú berendezéseket általában kéthuzalos külön-frekvenciás üzemmódban alkalmazzuk, mert az ilyen üzem érzéketlen a közvetlen közelvégi áthallások iránt. A berendezéseknek a távolvégi áthallásokkal szemben való kényességét viszont úgy csökkentjük, hogy az egymással legszorosabb csatolásban levő érpárokon különböző frekvenciafekvésű rendszereket telepítünk, úgyhogy a kölcsönös zavarás csak érthetetlen zaj formájában jelentkezik [1, 2, 3]. A távolvégi áthallásokkal szemben a kényesség minden esetre fennáll, és így minden jelenség, amelyből távolvégi áthallás keletkezhetik, fokozott figyelmet érdemel.

Távolvégi áthallás esetén a zavaró jel és az áthallott jel terjedési iránya megegyezik. Tudjuk ugyan, hogy a közvetlen távolvégi csatolás általában jelentéktelen, de távolvégi áthallás keletkezhetik akkor is, ha az áthallott jel kettős irányfordulást szenved. A két irányfordulás közül az egyik visszaverődés folytán magában a zavaró, vagy zavart áramkörben is létre jöhet [2] (3. ábra). Távolvégi áthallást okoz a kettős közelvégi csatolás is, amikor az áthallott jel közelvégi áthallás révén először egy harmadik — közvetítő — áramkörbe jut, abban visszafelé terjed, majd terjedési iránya egy újabb közelvégi csatolással ismét megfordul és ezen át a zavart áramkörbe jut [2, 3] (4. ábra). Különös fontossága lesz azonban a kérdésnek a berendezéstervező szempontjából, ha a kettős közelvégi csatolás révén létrejövő áthallás a harmadik — közvetítő — áramkörön át egy erősítőállomást kerül meg [2].

Az erősítőállomást megkerülő áthallott jel azért veszedelmes, mert az erősítő kimenetéről a nagyszintű jel az erősítő kisszintű oldalára kerül vissza (5. ábra). A nagyszintű zavaró jel útjában — hacsak erről külön nem gondoskodunk — nincs más számottevő csillapítás, mint a két közelvégi csatolás, mert a rövid közvetítő áramkör csillapítása jelentéktelen, sőt a közvetítő áramkör még erősítést is tartalmazhat.

A kettős közelvégi csatolás okozta áthallás jelenségeinek a vizsgálatakor szem előtt kell tartanunk, hogy közvetítő áramkörként nem csupán a ténylegesen üzemeltetett áramköröket, hanem a szóban forgó vezetéknyalábon egyáltalában lehetséges áramkörök összességét kell figyelembe vennünk, beleértve az összes fémes és földvisszavezetéses fantomokat, szuper-fantomokat és egyéb áramköröket [4].



5. ábra

Az elmondottak alapján foglaljuk össze azokat a zavarjelenségeket, amelyek ellen védekeznünk kell.

Erősítő szakaszon belül eltűrhető mértékre kell szorítanunk a visszaverődés és közelvégi csatolás együttes előfordulásából, továbbá a kettős közelvégi csatolásból származó zavarokat.

Erősítőállomáson meg kell akadályoznunk, hogy az áthallott jel közvetítő áramkörökön keresztül az állomást megkerülje, vagy pedig az erősítőállomást érzéketlenné kell tennünk a megkerüléssel szemben. Az előbbi esetben a csatoláselhárítás eszközei változnak aszerint, hogy a számbajövő közvetítő áramkörön milyen üzem folyik.

Vegyük most már sorra a zavarelhárítás eszközeit.

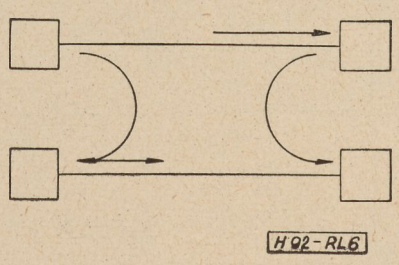
A visszaverődés okozta áthallási zavarok elhárításának a legegyszerűbb módja a visszaverődési tényező csökkentése. Már első közelítésben is közvetlenül látható, hogy az átviteltechnika sok területén elfogadott 1,6 N visszaverődési csillapítás itt megengedhetetlen. A zavaró és a zavart áramkörben egyenlő átviteli csillapítást tételezve fel az erősítőszakaszon belül, és a pesszimális 4,8 N közelvégi áthallási csillapítással számolva az áthallott jelnek a visszaverődési és áthallási csillapításokból eredő többletcsillapítása 6,4 N. Ez azonban még két áramkör közötti relációban is csak 6,1 N védettséget jelent, mert a csatolásnak két egymással egyenértékű útja van, nevezetesen az adóállomáson létrejövő közelvégi áthallás visszaverődése és a vevőállomási visszaverődés közelvégi csatolás (6. ábra). Hogy a vonalon a távolvégi áthallási védettségre előírt névleges 7,5 N értéket itt is elérjük, a visszaverődési csillapítást 3 N-re kell emelnünk, ami a CCITT által javasolt 5% visszaverődési tényezőnek felel meg [1]. A gyakorlat ennél annyiban kedvezőbb, hogy a legnagyobb frekvencián igyekszünk optimális — mintegy 3,5 N — visszaverődési csillapítást elérni, míg a sáv alsó határán az áthallási védettségben számíthatunk mintegy 0,5 N-rel nagyobb értékre. A CCITT is figyelembe veszi a viszonyok kedvezőbbé válását a kisebb frekvenciákon és ezért az alsó frekvenciasávban (36—84 kHz) már csak 7,5% visszaverődési tényezőt kíván, ami 2,6 N visszaverődési csillapításnak felel meg [1].

A kérdés nehezebb része a fenti követelmények kielégítése a berendezésben.

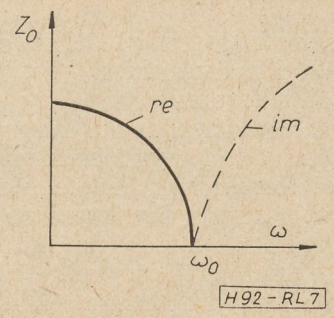
A vonalról feltételezhetjük, hogy az üzemi frekvenciák tartományában hullámimpedanciája már a veszteségektől gyakorlatilag független, és a $Z = \sqrt{L/C}$ formulának megfelelően állandó és ohmos [5]. Ezért a berendezésnek, illetőleg a vonalszűrőnek a vonal felé néző kapcsain is állandó ohmos értékre kell törekednünk, amit azután soros vagy haránt ellenállások beiktatásával illeszthetünk a vonal impedanciájához. Nem szabad megfeledkeznünk továbbá arról, hogy a szigorú illesztési követelmények a berendezésen belül is mindaddig kötelezőek, amíg a jel kis csillapítású passzív reciprok négypólusokon halad át, mert az ilyen négypólusok kimenetén visszavert jel a négypólusláncon visszafelé halad és végeredményben ismét a vonalra kerül. A szigorú illesztési követelmények alól biztos feloldást csak erősítők adhatnak.

A berendezéstervező feladatát elsősorban az nehezíti, hogy a vonalhoz közvetlenül vagy közvetve csatlakozó szűrők — a vonal- és irányszűrők — keskeny semleges sávok beékelése mellett hasznos átviteli sávokat választanak el egymástól, és így az egyes átviteli ágakban az áteresztő tartományokat az elméleti határfrekvenciáknak elég szoros megközelítéséig ki kell használniok. Mint a szűrőelméletből ismeretes, a szűrő hullámimpedanciája — veszteségmentes esetet tételezve fel — a határfrekvencián extrém, azaz vagy rövidzár, vagy szakadás. Ezért a szűrőket általában úgy tervezzük, hogy hullámimpedanciájuk a gyakorlati áteresztő tartományon belül ne változzék erősen, és az elméleti áteresztő tartománynak a semleges sávba eső részében hirtelen változással érje el a határfrekvencián felveendő extrém értéket. Természetesen minél magasabb fokú a hullámimpedanciafüggvény, annál több előírást tehetünk az áteresztősávon belül felveendő impedanciaértékekre, tehát annál hívebben kielégíthetők a pontos illesztés iránti követelmények. Az illesztésnek a tizenkétcsatornás berendezésekben megkívánt minősége általában második derivált szűrőimpedanciakarakterisztikákat követel meg [6].

A második derivált impedanciakarakterisztikákkal kapcsolatban igen elterjedt az a vélemény, hogy az ilyen impedanciakarakterisztikájú szűrők nem kapcsolhatók egymással párhuzamosan. Ezt a véleményt kívánom eloszlatni, és a feladat megoldására módszert mutatni.



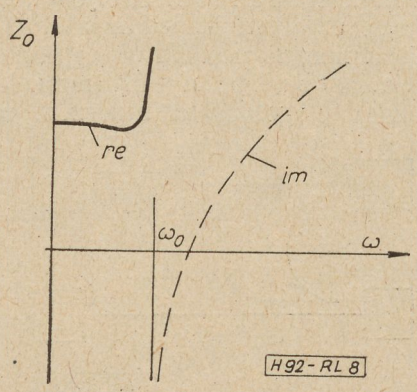
6. ábra



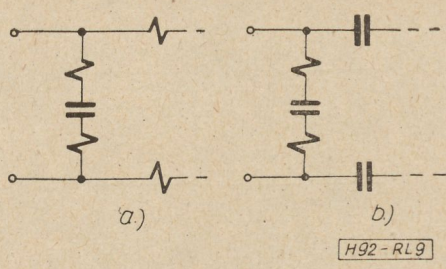
7. ábra

Minden esetre áll az a tétel, hogy ha frekvenciasávok szétválasztása végett szűrőket kapcsolunk párhuzamosan, egyik szűrőnek sem szabad a másik szűrő hasznos átviteli sávjában rövidzárat mutatnia. Ezt a feltételt biztonsággal csak a primitív **T** impedanciakatakterisztikák elégítik ki, amelyek csak a határfrekvencián adnak rövidzárat, egyébként a szakadáshoz tartanak (7. ábra). A párhuzamosan kötendő szűrők elméleti határfrekvenciája általában a semleges sávba esik, így a primitív **T** impedancia karakterisztikájú szűrők valóban párhuzamosan kapcsolhatók. Az ilyen szűrőpárokkal elérhető visszaverődési együtthatók azonban, — ha az elválasztandó hasznos átviteli sávok egymást valamennyire is megközelítik — annyira kedvezőtlenek, hogy kielégítőbb megoldást kell keresni.

A jobb megoldás felé az első lépés az első derivált π-oldali impedanciakarakterisztikájú szűrők párhuzamos kötése. Lényegében vonal- és irányszűrőkről lévén szó, elegendő alul- és felüláteresztő szűrőkből alakított szűrőpárokról beszélnünk. Első derivált π-oldali szűrőcsatlakozás esetén az impedanciakarakterisztika úgy alakul, hogy a szűrők elméleti határfrekvenciájukon szakadást mutatnak, viszont a zárótartományban jelentkezik egy rövidzár, ami már beleeshetik a kooperáló szűrő áteresztő tartományába (8. ábra). Ez a rövidzár elméleti akadálya lenne a szűrőtípus alkalmazásának, de — szerencsére — a megvalósításban a szűrő bemenetén egy söntölő rezonáns kör alakjában jelentkezik (9. ábra). A megoldás most már az, hogy a kellemetlen rezgőkört a párhuzamosan kapcsolt szűrők bemenetéről elhagyjuk. Ennek



8. ábra

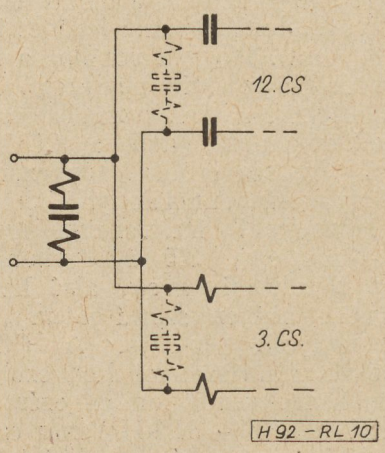


9. ábra

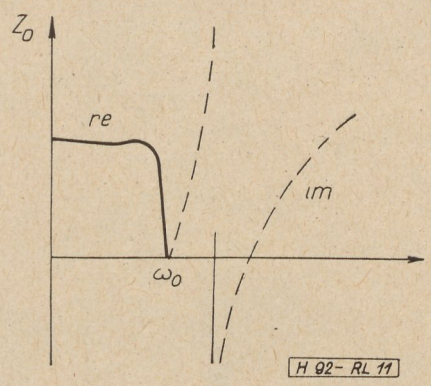
eredményeképpen az áteresztő tartományban mindkét szűrőnek reaktanciahiánya lesz, ami az együttműködő szűrő zárótartománybeli pozitív reaktanciájával és a semleges tartomány egy megfelelő frekvenciájára hangolt söntölő rezgőkörrel pótolható (10. ábra). E megoldások alapján lényegesen jobb minőségű szűrők tervezhetők, amelyek háromcsatornás berendezések üzemi viszonyai között is kielégítőnek bizonyulnak.

A második derivált **T**-oldali impedanciakarakterisztikájú szűrők párhuzamos kapcsolásával már a tizenkétcsatornás berendezések üzemi viszonyai között is kielégítő visszaverődési tényezőket lehet elérni. E szűrők impedanciakarakterisztikája a határfrekvencián rövidzárat ad, de ezenkívül még a záró tartomány egy további frekvenciáján is (11. ábra). Az előbbi rövidzár — mint láttuk — nem zavar, az utóbbit azonban ki kell használni. Ez a rövidzár a második derivált féltag klasszikus alakjában nem jelenik meg explicit rezgőkörként (12. ábra), a feladat azonban mégis megoldható, mert a második derivált féltagnak létezik egy π-transzformátlja is, amely a rezgőkört már explicit alakban tartalmazza [6, 7] (13. ábra), és így — ha a klasszikus alakú féltaggal nem is —, de annak π-transzformáltjával a fentebb már vázolt módon elérhető, hogy a tizenkétcsatornás berendezések vonal- és irányszűrői az indokoltan igen szigorú illesztési követelményeket kielégítsék.

A második, erősítőszakaszon belül felmerülő kérdés a vonalon kettős közelvégi csatolás útján keletkező áthallásjelenségek elnyomása. E jelen-



10. ábra



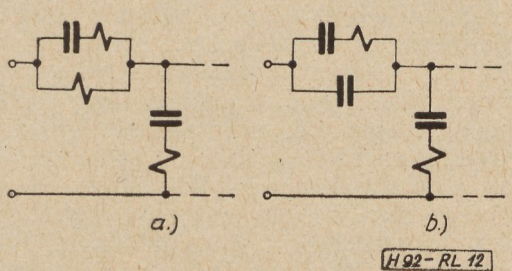
11. ábra

ségek értékelése során a következő áramköröket legalább típusonként elkülönítve kell vizsgálnunk.

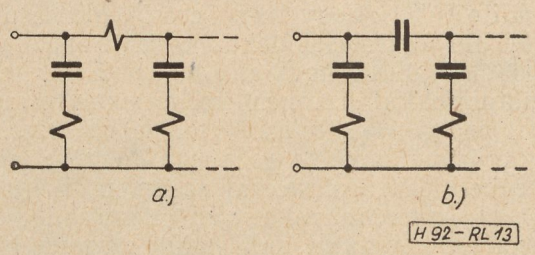
Érpárokon képzett fémes hurokáramkörök között 4,5 N körüli, és ezt meghaladó közelvégi áthallási csillapításokkal számolhatunk. Két közelvégi csatolás szuperponálódásából 9 N fölötti távolvégi védettség adódik. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a pesszimális érték is csak a legkritikusabb relációkban adódik, a kedvezőbb kombinációkon át csatolt teljesítmények pedig a legkisebb csillapítású utakon át átjuttatok mellett már el is hanyagolhatók, belátható, hogy a fémes hurokáramkörökön át közvetített áthallás jól keresztezett vonalon nem jelent komoly veszedelmet. Az így keletkező zavar a megengedett értéknek csak kis hányada.

Sokkal kritikusabbak a földvisszavezetéses fantom, szuperfantom és egyéb hasonló áramkörök. Ezek jelentős gerjesztő fluxust fognak át és maguk nem is keresztezhetők. Sterencsére, a közvetítő csatolásokat a zavaró és zavart áramkör minden keresztezése csökkenti, tehát az egy oszlopra esők is, vagyis azok, amelyek a közvetlen csatolások szempontjából kiesnek [4].

Fontos jellemzője a földvisszavezetéses közvetítő áramkörökben folyó áthallásközvetítő áramoknak, hogy azok mindkét érben egyező irányban és gyakorlatilag egyező erősséggel folynak. Az ilyen áramok zavaró hatását egyszerűen úgy küszöböljük ki, hogy a közvetítő áramköröket a tizenkétcsatornás frekvenciatartományban hosszanti fojtótekercsekkel praktikusan szakadtakká tesszük [3]. Ezeket a tekercseket a vasmagon a két összefogott érrel tekercseljük (14. ábra). Az ilyen tekercs nagy



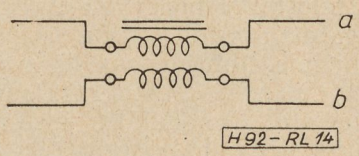
12. ábra



13. ábra

induktív impedancia a földvisszavezetéses közvetítő áramkörben, az érpár hurokáramkörében azonban nem érezteti a hatását, mert a két érben egymással ellentétesen folyó hurokáramok egymás gerjesztő hatását kölcsönösen lerontják. Négyerű fémes fantomáramkörök hosszanti fojtótekercseit a négy összefogott érrel tekercseljük (15. ábra).

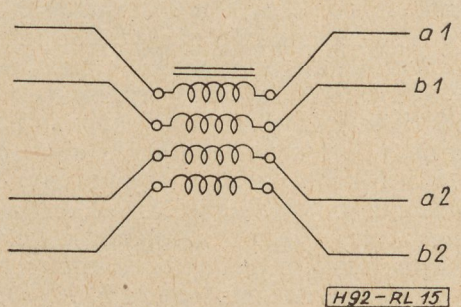
A hosszanti fojtótekercsek többnyire oszlopszerelvényekként készülnek. Gyakorlati megvalósításukban az a fő téma, hogy a tekercsek koncentrált kapacitást vihetnek a fémes hurokáramkörbe és visszaverődést okozhatnak, vagy



14. ábra

megnövelhetik a csatlakozó kábelszakasz kapacitását. Ezért a csévéket úgy kell tervezni, hogy szórt induktivitásuk a tekercselésközi elosztott kapacitással a cséve hurokáramkörbeli hullámimpedanciájaként a légvezetékek átlagos hullámellenállását adja.

A kettős közelvégi csatolások okozta áthallás — mint említettük — azért sokkal kritikusabb erősítőállomásokon, mint egy vonalszakaszon belül, mert ez esetben a közvetítő áramkör az erősített jelet az „adó" oldalról visszaviszi a kisszintű „vevő" oldalra [2]. Az állomás két oldalán mutatkozó jelek szintkülönbsége a 7 N-t meghaladhatja. Így a két közelvégi csatolás eredőjéül 9 N körüli értéket véve, akkor is csak mintegy 2 N védettség marad, ha a zavarjelet a közvetítő áramkör nem erősíti, pedig — mint látni fogjuk — a közvetítő áramkörben erősítés is lehet.



15. ábra

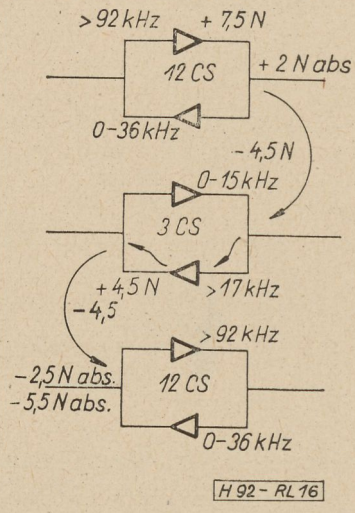
Említettük, hogy az erősítőállomásokat megkerülő csatolások okozta zavarokat úgy küszöbölhetjük ki, hogy az állomást a megkerülő csatolásokkal szemben érzéketlenné tesszük, vagy pedig a csatolási utakat reteszeljük.

Az erősítőállomást úgy tehetjük érzéketlenné a megkerülő csatolásokkal szemben, hogy az átvitt frekvenciasávokat az állomáson belül irányok szerint átmodulálással megcseréljük. Az ilyen erősítőállomásokon minden rendszer mindkét átviteli irányból ugyanazt a frekvenciasávot (pl. 36—84 kHz) veszi kis szinten és egy más frekvenciasávot (pl. 92—140 kHz) ad nagy szinten. A nagy szinten kilépő jel azonban hiába kerüli meg az állomást, ugyanazon állomásba nem tud a vevő szűrőkön át behatolni. Az átmodulálás eszközének igénybe vétele kihat a rendszer frekvenciakiosztási tervére is. Ha ugyanis megkívánjuk a tizenkétcsatornás üzemben, hogy a közös nyomvonalon üzemeltetett összes rendszerek tartalékaként egyetlen erősített vonalat használhassunk, szükséges, hogy a pilotfrekvenciák helye valamennyi rendszerben ugyanaz legyen. Az egyébként mindig azonos frekvenciával végzett átmodulálás miatt a pilotfrekvenciák relatív helyzetének a két váltogatott átviteli sávban szintén ugyanannak kell lennie. Minthogy pedig a gyakorlatban alsó átviteli sávként 48 kHz sávszélesség áll rendelkezésre, átmodulálás esetén a felső sávban is ennyivel kell beérnünk és az esetleges áthallások érthetetlenné tételéhez meg kell elégednünk a különböző rendszerek között a sávok inerziójával, de le kell mondanunk az egyébként szokásos lépcsőzésről. Ezzel a frekvenciakiosztásban kehetséges változatok száma kettőre csökken.

Ha nem alkalmazunk átmodulálást, az erősítőállomáson reteszelnünk kell az áthallás közvetítésére alkalmas utakat. Vegyük most ezeket az utakat sorra.

A szomszédos tizenkétcsatornás áramkörökkel nem kell foglalkoznunk. Ezek minden esetben erősítettek és begerjedés ellen akár erősítőn belül, akár az ugyanazon páron dolgozó háromcsatornás vagy hangfrekvenciás berendezésen át kielégítő védelmük van. Ez a védelem a csatolások csillapításával együtt elegendő az áthallásközvetítő utak reteszelésére.

A tizenkétcsatornás üzemet le nem bonyolító áramkörök közül a háromcsatornás erősített áramkörök közvetíthetik a legkritikusabb csatolásokat. A háromcsatornás rendszerek felső sávot átvivő iránya ugyanis éppen szembe fordul a tizenkétcsatornás rendszerek felső sávot átvivő irányával (16. ábra). Ez azt jelenti, hogy a tizenkétcsatornás rendszerben esetleg 7,5 N-rel erősített jel mintegy 4,5 N csillapítású közelvégi csatolás útján átkerül a háromcsatornás párra, a felületáteresztő vonal- és irányszűrőkön át bejut a háromcsatornás erősítőbe és abban mintegy 4,5 N erősítést kap. (Ennyi lehet a háromcsatornás felületáteresztő ág maximális erősítése 150 kHz-en.)

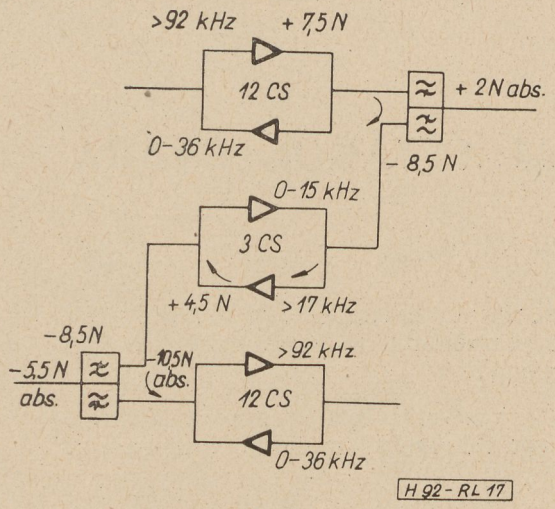


16. ábra

Erősítés után a zavaró jel a szűrőkön át ismét kikerül a háromcsatornás vonalra, amelyről további 4,5 N csillapítással akár az eredeti rendszerbe csatolódhatik vissza, akár idegen rendszert zavarhat. A csillapítások és erősítések egybevetéséből kiderül, hogy ilyen feltételezésekkel a zavaró jel szintje 3 N-rel a hasznos jel szintje fölött (!) van, tehát, egyebet nem is tekintve, biztos begerjedést okoz. Ha ilyen körülmények között 7,5 N áthallási védettséget kívánunk biztosítani, a háromcsatornás rendszer felületáteresztő ágába kb. 11 N zárócsillapítású aluláteresztő tetőszűrőt kell iktatnunk [3]. Minthogy azonban ez igen szigorú követelmény, figyelembe vehetjük, hogy a fent számításba vett, maximális erősítésre csak ritkán, zúzmarás viszonyok között van szükség, amikor még a CCITT is megenged némi minőségromlást [1]. Ezenfelül a legkritikusabb párok között a közelvégi csatolásokat is a lehetőség szerint leszoríthatjuk. Ezekkel az engedményekkel a tetőszűrő csillapításaként 9,5 N-t is elfogadhatunk.

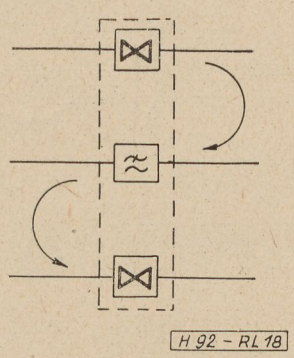
Tetőszűrőre lehet szükség a háromcsatornás rendszerben akkor is, ha a háromcsatornás rendszer az állomás egyik oldalán más tizenkétcsatornás rendszerrel működik közös vezetéken, mint a másik oldalon (17. ábra). Ez esetben az áthallási csatolásokat a tizenkétcsatornás vonalszűrők mintegy 8,5 N csillapítása helyettesíti, de tetőszűrő nélkül ez sem biztosít 5 N-nél nagyobb áthallási védettséget.

Az erősítetlen áramkörökön át haladó áthallásközvetítő utakat ún. áthalláselnyomó vagy csatolásmentesítő szűrőkkel reteszeljük [3] (18. ábra). E szűrők iránt támasztott követelmények mind csillapítás, mind impedanciaillesztés szempontjából meglehetősen szigorúak. A szűrők típusa különböző aszerint, hogy a szűrővel reteszelendő áramkörön folyik-e háromcsatornás üzem vagy sem. Előbbi esetben a szűrő csillapításkarakterisztikája 31 és 36 kHz között meredeken emelkedik, míg az utóbbi esetben 10 és 30 kHz között lankásan.



17. ábra

Az áthallásnyomó szűrők felépítésében alkalmazott néhány gyakorlati fogással azokban az áramkörökben, amelyek ilyen szűrőkön haladnak át, megtakaríthatjuk a fantom-áramkör reteszeléséhez egyébként szükséges hosszanti fojtó tekercset. E célból a két érbe szimmetrikusan beiktatandó tekercseket a szokásos szoros csatolású tekercsfelek helyett külön tekercsekként készítjük, vagy pedig a szűrőinduktivitást laza ellencsatolású tekercsfelekkel hangoljuk, amikor is a tekercsfelek egymást gerjesztő induktivitása a fantomjellegű áramkörben a szűrő középföldelt harántkondenzátoraival alacsony határfrekvenciájú szűrőt alkot, és a háromcsatornás berendezéssel üzemeltetett érpár fantomáramkörébe már 20 kHz-en is jelentékeny csillapítást visz.



18. ábra

A hangfrekvenciás áramkörökbe iktatott kéthuzalos erősítők szűrői, amelyek magát az erősítőt védik begerjedés ellen, általában nyújtanak némi védelmet, különösen ha figyelembe vesszük, hogy a kritikus frekvenciákat már az erősítő csévéi is erősen csillapítják. Az ilyen erősítőket esetenként kell ellenőrizni és a teendőkről dönteni.

Befejezésül említsük még meg a tizenkétcsatornás rendszerekkel közös oszlopsoron üzemeltetett háromcsatornás berendezésekhez gyakran szükséges pótkiegyenlítőt. Ilyen esetben ugyanis a háromcsatornás rendszer, ha közös huzalpáron működik a tizenkétcsatornás rendszerrel — a vonalszűrők aluláteresztő ágán —, ha pedig külön érpáron van üzemben, áthalláselnyomó és tetőszűrőkön halad át. Bármilyen jók is ezek a szűrők, ha nagyobb számban kerülnek beiktatásra, csillapítástorzításuk felgyülemlik és kiegyenlítést igényel. Az e célra beiktatandó kiegyenlítő teszi teljessé a tizenkétcsatornás légvezetékes üzem telepítéséhez szükséges vonalszerelvények összességét.

IRODALOM

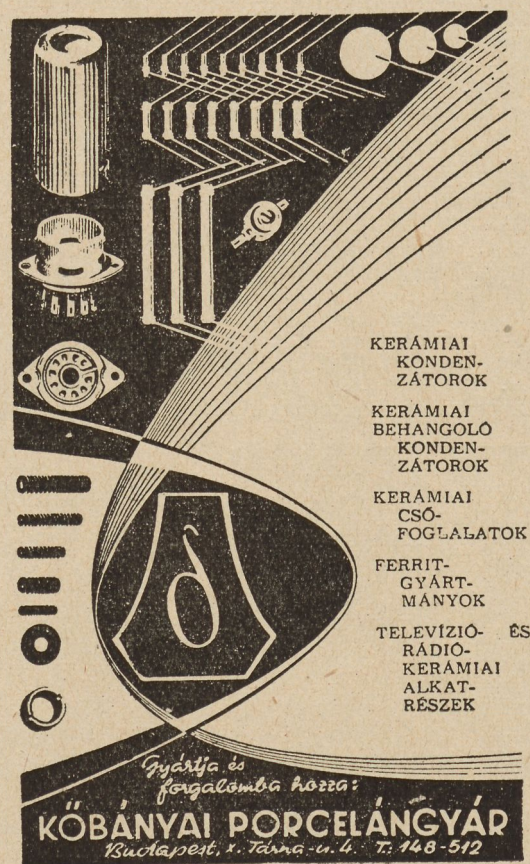
1. CCITT XVII th Plenary Assembly, Geneva, 1957. Vol. III.
2. *L. M. Ilgenfritz, R. N. Hunter and A. L. Whitman:* Line Problems in the Development of the Twelve-Channel Open-Wire Carrier Systems. The Bell System Technical Journal, Vol. XVIII, pp. 363—387, 1939.
3. *B. W. Kendall and H. A. Affel:* A Twelve-Channel Carrier Telephone System for Open-Wire Lines. The Bell System Technical Journal, Vol. XVIII, pp. 119—142, 1939.
4. *A. G. Chapman:* Open-Wire Crosstalk. The Bell System Technical Journal, Vol. XIII. pp. 19—58, 195—238, 1934.
5. *E. I. Green:* Transmission Characteristics of Open-Wire Lines. The Bell System Technical Journal, Vol. IX. pp. 730—759, 1930.
6. *O. J. Zobel:* Extension to the Theory and Design of Electric Wave Filters. The Bell System Technical Journal, Vol. X. pp. 284—341, 1931.
7. *Dr. Radványi László:* Egy ritkább szűrőtípusról. Magyar Híradástechnika, VI. évf. pp. 75—77, 1955.

A HÍRADÁSTECHNIKAI ANYAGOK GYÁRA

Vác, Zrínyi utca 17.

- a híradástechnikai és műszeripari vállalatok részére készíti a különböző típusú és formájú M 800-as és M 1100-as permeabilitású ferritanyagokat (eltérítő gyűrű, U-mag, fazékmag, hangolómag stb.)
- gyártmányai közé tartoznak továbbá a nyomtatott áramkörű lemezek amelyeket üvegszövet alapú és bakelit alapú folírozott lemezekből a megadott típusok, illetve rajzsémák szerint állít elő
- szalagrendszerben gyárt rádió, televzió és más híradástechnikai átviteli berendezésekhez különböző tipusú transzformátorokat
- horganylemez hengerdéjében minden méretben és minőségben gyártja a horganylemezeket. Gyárt továbbá különböző összetételű tömör és töltetes forrasztóón huzalokat. Gyártmányai közé tartozik a fémszorás továbbá a galvanizálás

Felvilágosításokat szívesen ad a gyár Műszaki és Kereskedelmi Osztálya



H·Sz

HÍRADÁSTECHNIKA KTSZ

VII., PÉTERFFY S. UTCA 51

TEL.: 225-216

Televíziós

és egyéb elektronikus

mérőműszerek

Műanyag hírközlő kábelek alkalmazhatóságának kísérletei*

dr. IPOLYI KÁROLY,
a műszaki tudományok kandidátusa,
a Híradástechnikai Tudományos Egyesület tagja
Posta Kísérleti Intézet

A szerző ismerteti a műanyag hírközlő kábelekkel folytatott magyarországi kísérleteket. Készült papír érszigeteléssű műanyag köpenyű kábel különleges övszigeteléssel. A **pvc** *felépítésű kábelek előnyös tulajdonsága, hogy a kezdeti gyengébb villamos értékek több évi vízbenállás után sem romlanak jelentősen. Új megoldás a polietilénfólia érszigetelésű kábel. A jövő szempontjából a legfontosabb a tömör polietilén érszigetelésű, polietilén köpenyű kábelek fejlesztése. Nagyfeszültségű szekunder vezetékek keresztezésére polietilénnel szigetelt kadmium bronzhuzal alkalmas. Ritkább településekben az önhordólégkábel gazdaságosan helyettesítheti a légvezetékeket. Műanyagkábelek köpenyére a polietilén előnyösebb a* **pvc**-*nél.*

I. A műanyagok tulajdonságai

A polimer vegyi ipar fejlődése lehetővé tette, hogy kábelek gyártására minél nagyobb mértékben műanyagokat használjunk. Az e célra használt műanyagok jó szigetelők legyenek, jó dielektromos tulajdonságokkal rendelkezzenek, a nedvesség hatásának ellenállóak legyenek és a kábeleknek kellő használati élettartamot biztosítsanak. A műanyagköpeny a fémköpennyel szemben előnyt biztosít, mert a vegyi és kifáradási korrodeáló igénybevételekkel szemben ellenállóbb. Kisebb a műanyaggal készült kábelek súlya, ez a szállításnál előnyt jelent. Sok esetben a műanyagfelépítésű kábelek szerelése a fémköpenyűeknél könnyebb. Igen fontos érv a műanyagkábelek használata mellett, hogy ólomból világszerte hiány mutatkozik, ezért ahol csak lehet, az ólomköpenyes kábelek használatát mellőzni kell.

A műanyagok bevezetése forradalmasította a kábelgyártási eljárásokat azáltal, hogy a kábelgyári berendezés egyik sarokpontjává a tömlőző gépet tette. A gyengeáramú kábelek gyártásánál a szalagfonófej mindinkább feleslegessé válik. E.E.L. Winterborn [1] kábelgyárban használatos különböző érszigetelőgépek működési sebességét összehasonlította egymással, megadva, hogy 0,5 mm átmérőjű rézér egy mérföld hosszú darabjának szigetelése mennyi időt vesz igénybe. Eszerint:

a zománcozás	25 perc
a textilbefonás	300 perc
a körülszövés	1500 perc
a papír érszigetelés	45 perc
a lakkozás	30 perc
a tömlőzés	7 perc

Újabb adatok szerint [2] egy mérföld vezeték tömlőzési ideje 2½ percre csökkenthető, ami óránként 43 km érszigetelés gyártási sebességet jelent. A korszerű műanyagtömlőző gépek igen nagy termelékenységgel készítik a szigetelt ereket.

A kábeliparban a **pvc** és a polietilén (továbbiakban **pet**) a két legáltalánosabban használt szigetelő anyag. E két műanyag tulajdonságait a táblázat mutatja.

A műanyag	**pvc**	**pet** nagynyomású	**pet** kisnyomású
Dielektromos állandó	5—6	2,3	2,3
Diel. veszt. tényező. 10^{-4}	600—1000	1—3	<5
Villamos szilárdság kV/mm	~30	~40	~40
Fajl. térf. ellenállás ohm. cm 20 C°-on	$\sim 10^{13}$	$\sim 10^{17}$	$\sim 10^{17}$
Szakító szilárdság kg/cm²	120—200	70—150	200—300
Nyúlás %	150—300	400—600	20—50
Sűrűség	~1,3	0,92	0,95—0,96
Diffúziós állandó (vízgőzáteresztő képesség) g · cm^{-1} · h^{-1} · Torr^{-1} · 10^{-8}	2—4	0,25	0,06-0,10
Hidegállóság C°	—20...—30	—60	—60
Lánggal szembeni ellenálló képesség	nem ég	ég	ég

A **pet**-ből a kábeliparban általában a nagynyomású használják, lassan azonban a kisnyomású is tért hódít. A **pet** dielektromos tulajdonságai a **pvc**-nél lényegesen jobbak. A **pvc** a **pet**-nél jobban színezhető, ezért ahol sok élénk szín kívánatos és a villamos tulajdonságok kevésbé fontosak, **pvc**-t használunk.

II. A műanyag kábelek alkalmassági kísérletei

A műanyag kábelek üzembevezetését laboratóriumi kísérleteknek kell megelőzni. E kísérletek folyamán a műanyag kábeleket gyorsított igénybevételi vizsgálatnak kell alávetni, hogy azok várható élettartamát, a kábelek villamos jellemzőinek változásait megállapíthassuk. A műanyag felépítésű kábelek nedvességállóságának laboratóriumi vizsgálatára több lehetőség van, [3], így:

a) vízfürdőben, szobahőmérsékleten 20± 5 C° mellett,

b) kamrában, 100% relatív páratartalmú levegőben szobahőmérsékleten,

c) naponta többször (1—4-szer), periódusosan ismétlődő hőfokváltozásoknak kitéve,

d) gőzkamrában 100% relatív páranedvességgel és + 50 C° állandó hőmérséklet mellett (trópusi üzem),

e) természetes üzemi feltételek mellett.

A leggyorsabb és legszigorúbb módszer a kísérleti mintáknak gőzkamrában, tehát trópusi

* A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Átviteltechnikai Szakosztályán, 1960. X. 12-én elhangzott előadás.

feltételek között való vizsgálata. Kísérleteinkhez a lehetőségek közül a szobahőmérsékleten, vízfürdőben való vizsgálatot és a természetes üzemi feltételek mellett történő beépítést választottuk. A szobahőmérsékleten történő vízfürdőben való tartás a vízpára behatolása szempontjából a természetes üzemi feltételek közötti beépítésnél szigorúbb vizsgálat, mert a laboratóriumban a vízfürdő hőmérséklete magasabb a földbefektetett kábelek évi átlagos hőmérsékleténél s ezért a vízpára nyomása a laboratóriumi kísérleteknél nagyobb.

Kísérleteinknél általában 50 m hosszú kábeldarabot tekercsalakban vízfürdőbe tettük és időközi mérésekkel villamos jellemzői értékeinek változásait figyeltük.

Kísérleteinket:

1. papír érszigetelésű, műanyagköpenyű,
2. **pvc** felépítésű,
3. **pet** folia érszigetelésű,
4. tömör **pet** érszigetelésű kábelekkel folytattuk le, de azokat
5. újabb alkalmazási területekre is kiterjesztettük.

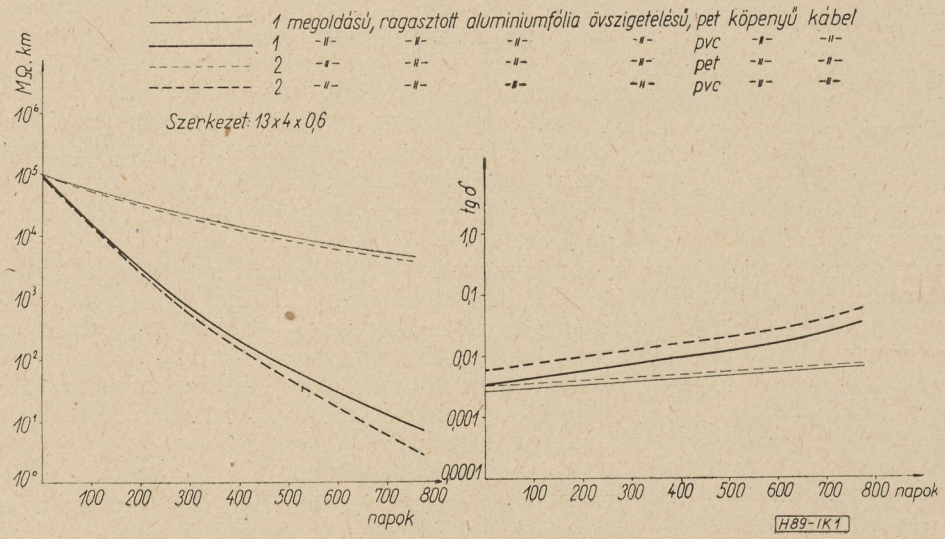
1. Papír érszigetelésű, műanyagköpenyű kábelek

Külföldön kiterjedten használják a papír érszigetelésű, műanyagköpenyű kábel kivitelben a Stalpeth-kábelt. [4, 5, 6]. Irodalmi adatok szerint e fajta kábel az USA-ban az ólomköpenyes papír érszigetelésű kábelek kb. 95 %-át kiszorította [4]. A Stalpeth-kábelnél a kábellelket vízpárát át nem engedő fémburkolat zárja le. E célból egy különleges övszigetelést alkalmaznak. A papír érszigetelésű kábellelket 0,20 mm vastag hullámosított alumínium-, majd 0,175 mm vastag hullámosított ónozott vasszalaggal burkolják. A vasszalagot hosszirányban leforrasztják. Ez biztosítja a szükséges zárást vízpára behatással szemben, de mechanikai és korrodeáló hatások ellen nem nyújt kellő védelmet. E célból visznek fel a kábelre egy időjárásálló, folytonos **pet** köpenyt. A **pet** köpeny és a vasszalag közé még egy jól tapadó szigetelőréteg kerül.

Hazai viszonyaink között a Stalpeth-kábel készítése technológiai adottságok miatt nem lehetséges, ezért más megoldással kellett próbálkozni. A $13 \times 4 \times 0{,}6$ szerkezetű papír érszigetelésű kísérleti kábeleinknél az övszigetelést különleges ragasztott alumíniumfólia réteg képezte. Az övszigetelés két különböző módon készült, ezek 1. ábrán 1 és 2 jelölést kapták. Mindkét fajta övszigeteléssel **pet** és **pvc** köpennyel mintakábelek készültek. A kábelek vízbeáztatás hatására bekövetkező szigetelési ellenállás és tg δ értékeinek változásait az 1. ábra mutatja. A szigetelési ellenállás mérése mind ezen, mind a későbbiekben említendő kísérleteknél egy érpár két ere között történt. Az ábrából látható, hogy ugyanazon idő alatt a pvc köpenyű kábel szigetelési ellenállása a **pet** köpenyűvel szemben megközelítően három nagyságrenddel esett. Két évi vízbenállás után is a **pet** köpenyű kábel szigetelési ellenállása még éppen elérte a papír érszigetelésű helyi kábelek átvételi követelményét, az 5000 MΩ · km-t. Nem találtunk lényeges különbséget a kétféle ragasztott alumíniumfólia övszigetelésű kábel villamos értékei változásában.

A **pet** köpenyű kábel várható használati élettartama e kísérletek alapján hat évre becsülhető. A várható használati élettartamot a diffúziós állandó értékének behatárolásával is ellenőrizhetjük.

A ragasztott alumíniumfólia övszigetelés önmagában nem biztosít vízpárazáró szigetelést, de csökkenti a vízpára áthatolási képességét. A vízpára diffúzióját csökkentő érték nagyságrendűen kiértékelhető, ha a **pvc** köpenyű kísérleti kábel szigetelési ellenállás görbéjét a szintén **pvc** köpenyű, papír—pamutérszigetelésű falikábellel összehasonlítjuk [7]. Eszerint a ragasztott alumíniumfólia övszigetelés kb. egy nagyságrenddel csökkentette a vízpára-diffúzió értékét. A **pet** vízgőzzel szembeni diffúziós állandója $2{,}5 \cdot 10^{-9}$ [8], így a kábelre vonatkoztatott diffúziós



1. ábra.
Papír érszigetelésű, ragasztott alumíniumfólia övszigetelésű **pet**, illetve **pvc** köpenyű kábelek szigetelési ellenállás és tgδ értékeinek változása a vízbeáztatási idő függvényében

állandó az övszigetelés javító hatására megközelítheti a 10^{-10} értéket. P. O. Schupp [9] cikkének ábrája szerint 2 mm vastag műanyagköpeny esetén $2 \cdot 10^{-10}$—$9 \cdot 10^{-11}$ diffúziós állandó szükséges ahhoz, hogy különböző átmérőjű papír érszigetelésű kábeleknél 20 év használati élettartam elérhető legyen. A használati élettartamot a felezési időből számítják, mely alatt a kábel szigetelése felére csökken [10]. E. Müller szerint [11] ez az érték nagyságrendben egyezik azon idővel, mely alatt 3 mm vastag műanyag köpenyű kábelnél a papír érszigetelés 1% nedvességet vesz fel. A **pet** köpenyű kísérleti kábelekre vonatkoztatva ezen irodalmi adatokat, kb. hat év használati élettartamot várhatunk. Ez az érték egyezik a szigetelési ellenállásgörbéből becsült adattal.

A különleges alumíniumfólia övszigetelés nem biztosít a kábelnek vízpára áthatolást záró burkolást, de a kísérletek azt mutatják, hogy ezt a megoldást javítani lehet. A diffúziós állandó lényegesen csökkenne, ha egy helyett két **pet** köpenyt alkalmaznának és a ragasztott alumíniumfólia rétegeket szilárd alapra, a két köpeny közé vinnék. A **pvc** köpeny azonban ilyen megoldásra nem alkalmas, a **pvc** gyenge diffúzióállandója miatt.

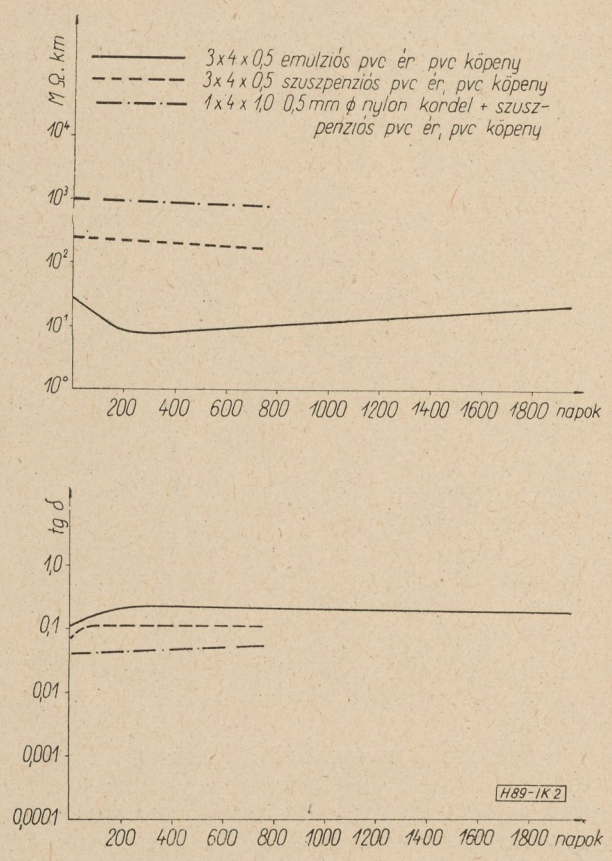
A papír érszigetelésű, műanyagköpenyű kábelek meghibásodásra érzékeny pontjai a kötési helyek és a végelzárók. Kísérleti célokra földbe is fektetünk kábeleket. A **pet** köpenyű kábel szigetelése erősen lecsökkent. A végelzárókat levéve és a kábelt visszavágva, a szigetelési ellenállás három nagyságrenddel javult. E kísérlet is azt igazolta, hogy műanyagköpenyű kábelek részére az ólomköpenyes kábelek szokványos szerelvényei nem nyújtanak kellő biztonságot.

A kísérleti célokra földbefektetett kábelek szigetelési ellenállás mérésének értékei nagyságrendben egyeztek a vízbeáztatott kábelek adataival.

2. *Pvc felépítésű kábelek*

Tisztán műanyagszigetelésű vezetékek közül üzembe legelőször a **pvc** kárpithuzal került, mely csaknem kiszorította az ólomköpenyes és teljesen a beszőtt kárpithuzalt. A kárpithuzal két párhuzamos érből álló érpár. A műanyag kárpithuzalt vezetékes rádió céljaira föld alatti berendezésekben is használják, de a szokványosnál vastagabb szigetelő réteggel készült kivitelben.

Vizsgáltuk a műanyag szigetelésű kárpithuzal érpár viselkedését tartós vízbeáztatás hatására. Emulziós polimer **pvc**-vel készült kárpithuzal szigetelő rétege 5½ évi vízbeáztatás hatására lágyító tartalmának kb. 10%-át, (3,3% lágyító tartalmat) elvesztette. A vezeték szigetelési ellenállása kb. háromszorosára emelkedett, ami a lágyítóveszteség természetes következménye. E kísérlet is igazolta, hogy **pvc** szigetelésű vezetékek állandó nedvességnek kitett helyeken is eredménnyel használhatók.

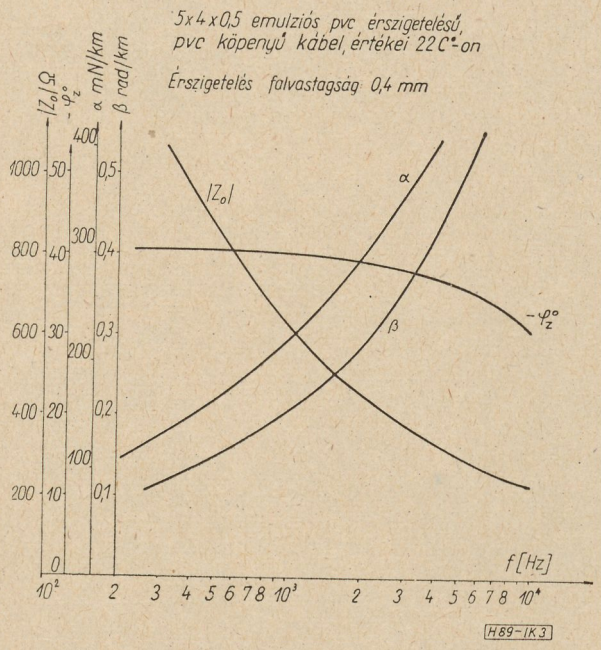


2. ábra. **Pvc** érszigetelésű és **pvc** köpenyű kábelek szigetelési ellenállás és tg δ értékeinek változása a vízbeáztatási idő függvényében

A következő üzembe bevezetett típus volt a **pvc** falikábel. A rézereket 0,4 mm névleges falvastagságú **pvc**-vel szigetelték. A kábelsodrat övszigetelésére pvc fólia és alumíniumfólia rétegek szolgáltak. A kábellelket fényabszorbens pigmentet, kormot tartalmazó **pvc** köpeny burkolta. A 2. ábrán látható emulziós és szuszpenziós polimer **pvc** érszigeteléssel készült falikábelek szigetelési ellenállásának és tg δ értékének változása a vízbeáztatás időtartamának függvényében. A szigetelési ellenállás kevéssé változott, szinte állandó értékűnek mondható. Az eredetileg is gyenge tg δ valamelyest emelkedett, azután állandósult. A 3. ábra emulziós polimer **pvc**-vel készült falikábel átviteli értékeit mutatja.

Külföldi tapasztalatok alapján készült olyan kábel is, melynél a dielektrikumot nylonkordel közbeiktatásával javították. 1 mm átmérőjű rézérre nylonkordel jött, efölé a folytonos szuszpenziós polimer pvc érszigetelés. Az egyetlen érnégyest pvc köpeny burkolta. E kábel üzemkapacitása 31,6 nF/km volt. A villamosértékek változása a tartós vízbeáztatás hatására a 2. ábrán látható. Az átviteli értékeket a 4. ábra mutatja. A kordel a kábel villamosértékeit erősen javította. A kordeles és **pvc** érszigetelésű kábel vidéki góchálózatokban vivőfrekvenciás üzemre alkalmas lehet.

Pvc erű és **pvc** köpenyű páncélos kábel készült kísérleti célokra a papír érszigetelésű



3. ábra. Emulziós polimér **pvc**-vel készült **pvc** falikábel átviteli értékei

helyikábeleket megközelítő üzemkapacitás értékekkel. Postai használatra e lehetőséget el kellett ejteni. A rossz dielektrikum miatt szükséges túl vastag érszigetelés a kábel méreteit nagyon megnövelte. Alkalmas azonban az ilyen kábel bányákban, ahol fontos követelmény, hogy a kábel gyúlékony szigetelő anyag mentes legyen. Bányákban előnyös e kábel azért is, mert a pvc kopással és mechanikai igénybevételekkel szemben eléggé ellenálló.

Mivel a **pvc** dielektromos tulajdonságai gyengék, a **pvc** érszigetelésű kábelek csak olyan helyeken használhatók, ahol a villamos követelmények kisebbek. A **pvc** érszigetelésű kábelek előnye, hogy a kezdeti viszonylagosan gyengébb villamos értékeit tartós nedvesség behatása után is megtartja és ezen értékek a használat folyamán lényegesen nem változnak.

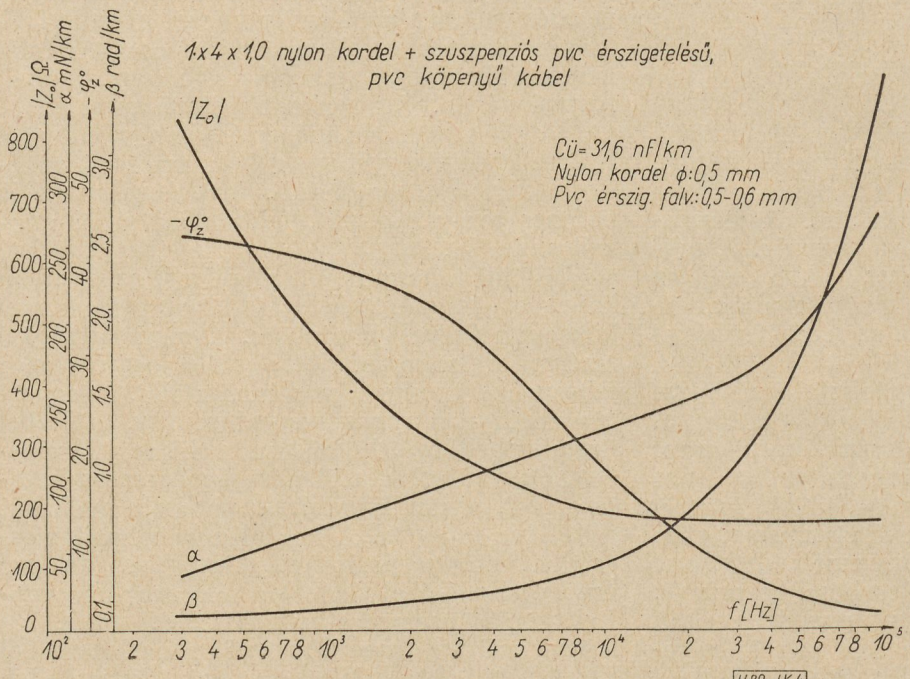
*3. **Pet** fólia érszigetelésű kábelek*

A **pet** fólia érszigetelésű kábelek gyártásának gondolata hazai kezdeményezés. E szigetelési eljárással lehet a legvékonyabb ereket készíteni. A **pet** fólia érszigeteléshez külön gépek nem szükségesek, a meglevő papír érszigetelést készítő gépek használhatók. Az érszigetelésre két egymással ellenkező irányban felcsavart vékony, kb. 0,035—0,05 mm vastag, az elérendő üzemkapacitás értékének megfelelően megválasztott, **pet** fóliaszalag szolgál. A külső **pet** fólia az erek megkülönböztethetősége céljából színes lehet. Ezen kábelek azonos méretek mellett a papír érszigetelésű kábelekkel azonos üzemkapacitás értékeket mutatnak.

Switch-kábelek céljaira készült olyan kísérleti kábel is, melynél az érszigetelés egy réteg **pet** fóliaszalag, melyet az erek megjelölhetősége céljából színes perlonfonallal spirál alakban lekötöttek. De készült olyan kábel is, melynél a **pet** fólia érszigetelést színes perlonfonállal teljesen befonták.

Az első ilyen kísérleti kábelek **pet**, a későbbiek **pvc** köpennyel készültek. Az övszigetelés általában két **pet** fólia, majd két alumíniumfólia, melyek között egy **pvc** fólia réteg volt. Az övszigetelést viszonylag vastagon azért kellett készíteni, hogy a köpeny tömlőzésekor az erek szigetelése a hőhatástól védve legyen.

A **pet** fólia érszigeteléssel készült kábelek szigetelési ellenállás és tg δ értékeit a vízbeáztatási idő függvényében az 5. ábra tünteti fel. Az ábra világosan mutatja, hogy a csupán **pet** fólia érszigetelésű kábel villamos értékei tar-

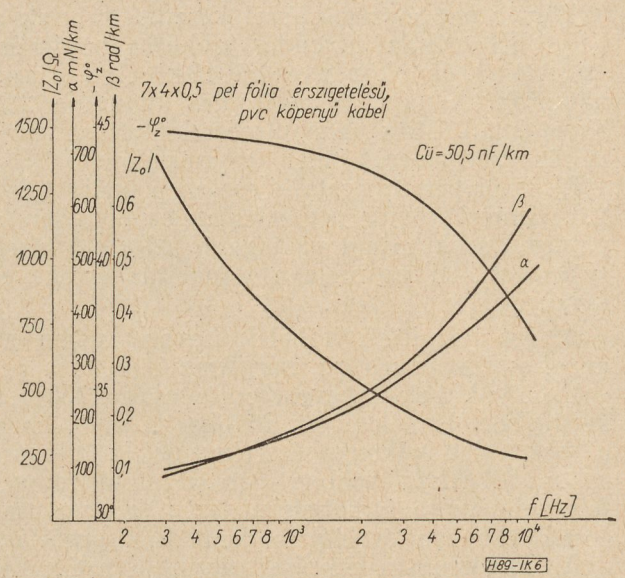


4. ábra. Nylon kordeles, szuszpenziós polimér **pvc** érszigetelésű és **pvc** köpenyű kábel átviteli értékei

tós vízbeáztatás hatására sem romlanak. A kábel két évi vízbeáztatás után is csaknem az eredeti villamos értékekkel rendelkezett. Azon kábeleknél, ahol az érszigetelés lekötésére vagy annak befonására higroszkópos anyagot, perlont használtak, a szigetelési ellenállás és a tg δ erősen leromlott. A villamos értékek romlása viszonylag gyorsan következett be, mert e kábelek **pvc** köpennyel készültek. Természetesen **pet** köpeny esetében is ez bekövetkezett volna, csak sokkal lassabban. E kísérlet élesen kihozta, hogy **pet** fólia érszigetelés esetében a kábelbe nem szabad higroszkópos anyagot beépíteni, ha nedves környezetben használt kábelnél a villamos értékek állandóságát kívánjuk biztosítani.* A 6. ábra mutatja egy 7 × 4 × 0,5 szerkezetű **pet** fólia érszigetelésű falikábel átviteli értékeit. E kábelnél az érnégyes lekötés perlon fonállal történt, a köpeny pvc.

Kísérleti célokra készült távkábel jellegű **pet** fóliás kábel is, ahol a rézérre előzetesen **pet** kordel került. E kábel a külföldön használt styroflex kábeleket helyettesítheti. A gyártási technológia egyszerű. A styroflex kábelnél a fólia merevsége miatt a fonófej orsókat zárt térbe kell elhelyezni és 70 C°-ra felfűteni. A styroflex kábel gyártásánál az ólomköpeny préselésénél a prés belső szerkezetét víz és léghűtésre alkalmassá kell tenni. A **pet** kordeles és **pet** fóliás érszigetelésnél e nehézkes gyártási eljárásra nincs szükség.

A **pet** fólia érszigetelésű kábelek hátrányos tulajdonsága, hogy köpeny sérülés esetén — nedves környezetben használva a kábelt — a be-



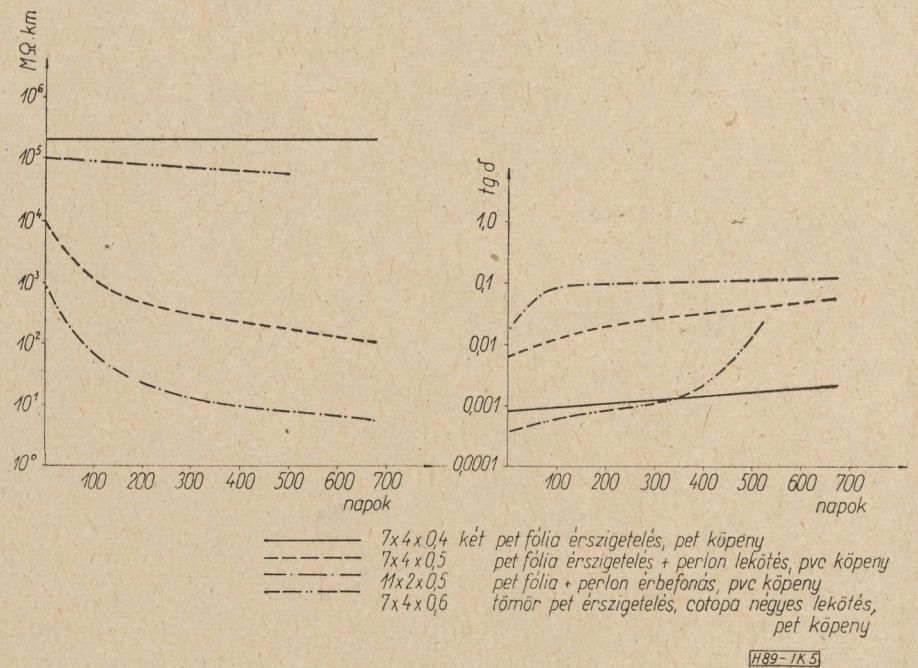
6. ábra. 7×4×0,5 szerkezetű **pet** fólia érszigetelésű kábel átviteli értékei

szivárgó víz a kábel szigetelését lerontja. A kábelbe bekerülő víz eltávolítására a papír érszigetelésű, ólomköpenyű kábeleknél szokásos hőhatással történő szárítás nem használható.

*4. Tömör **pet** érszigetelésű kábel*

Papír érszigetelésű kábeleknél a fémköpeny sérülése esetén a kábel beázik és költséges javítás szükséges. Tömör **pet** érszigetelést használva, a kábel akkor is is kifogástalan üzemben marad, ha valahol a műanyagköpeny megsérül, mert az erek műanyagszigetelése biztosítja a kábel üzemképes állapotban maradását. Tömör **pet** érszigeteléssel a geometriai méretek és így a jó átviteli értékek könnyen biztosíthatók.

*Épületen belül, száraz helyiségekben ilyen szerkezetű kábelek megfelelőek lehetnek.



5. ábra.
Pet fólia érszigetelésű kábelek szigetelési ellenállás és tgδ értékeinek változása a vízbeáztatási idő függvényében

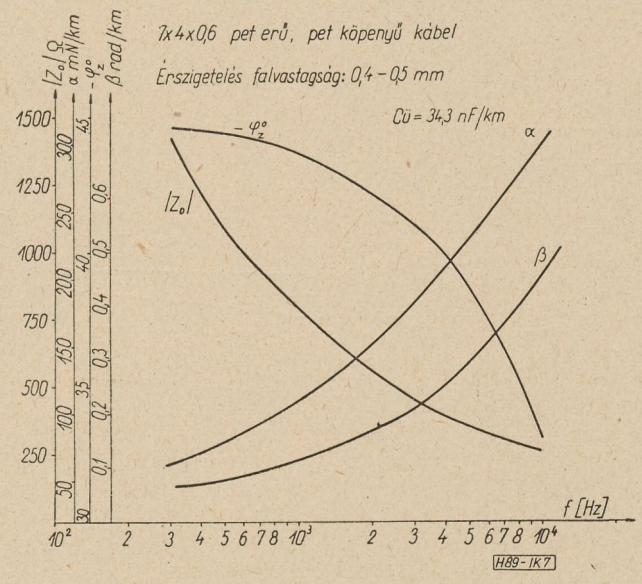
Tömör **pet** érszigeteléssel készülő kábelek a helyi hálózatban az eddig szokásos papír érszigetelésű, ólomköpenyes kábelek helyett használhatók. A papír dielektromos állandója 2,2, a **pet**-é 2,3. Mivel a papír érszigetelés levegőt is közbezár, az eredő dielektromos állandó 1,5—1,7, tömör **pet** érszigetelés esetében pedig 1,9—2,0. Emiatt tömör **pet** érszigetelés esetében a papírnál szokásosnál vastagabb szigetelő réteg szükséges, ha ugyanazon kapacitás értékeket kívánjuk fenntartani.

A **pet** felépítésű kábelek bevezetésében az angol posta az úttörő, bár Angliában is a **pet** erű helyi-kábelek bevezetésére csak 1950-ben került sor. Ennek egyik fő oka az volt, hogy a viszonylag vékony rézerekre nehéz kifogástalan, hibátlan, vékony **pet** szigetelő réteget felvinni. Azóta e kábeleket száz érpárig csatornába húzva és légkábelként is használják.

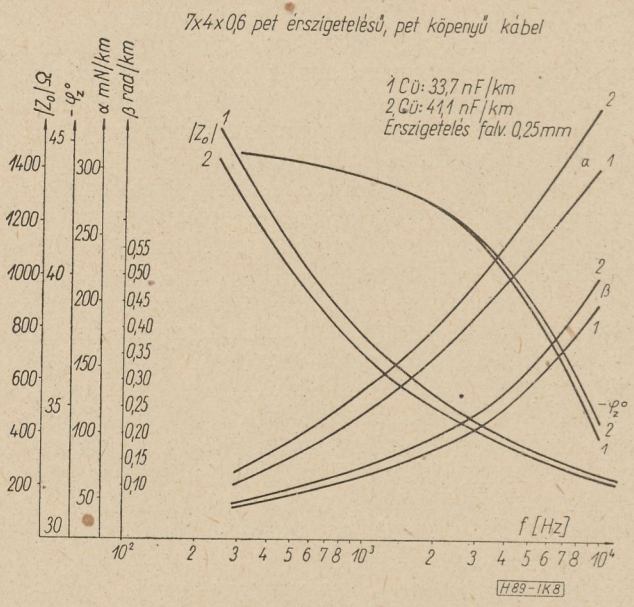
Az angol posta előírásai szerint a **pet** kábeleknél az érszigetelés falvastagsága és ennek tűrése a következő:

Vezetőér átmérő	Érszigetelés falvastagság
0,51 mm	0,20 ± 0,025 mm
0,635 mm	0,25 ± 0,031 mm
0,90 mm	0,30 ± 0,051 mm

Az első tömör **pet** szigetelésű kábel még akkor készült, mikor az angol posta előírásait nem ismertük, ezért az erek szigetelésére minimálisan 0,4 mm, valóságban 0,5 mm falvastagságú **pet** szigetelőréteget vitettünk fel. E kábel szigetelési ellenállás és tg δ értékeit az 5. ábra mutatja, az átviteli értékeket pedig a 7. ábra szemlélteti. Feltűnő, hogy a tg δ érték a vízbeáztatás előrehaladásával romlott. Ennek az lehet az oka, hogy a **pet** szigetelésű érnégyesek lekötésére cotopa fonalat használtak, mely lassan vizet véve fel, az eredő dielektrikum



7. *ábra.* 7 × 4 × 0,6 szerkezetű **pet** érszigetelésű kábel átviteli értékei. Az érszigetelés falvastagsága 0,4—0,5 mm



8. *ábra.* 7 × 4 × 0,6 szerkezetű **pet** érszigetelésű kábel átviteli értékei. Az érszigetelés falvastagsága 0,25 mm

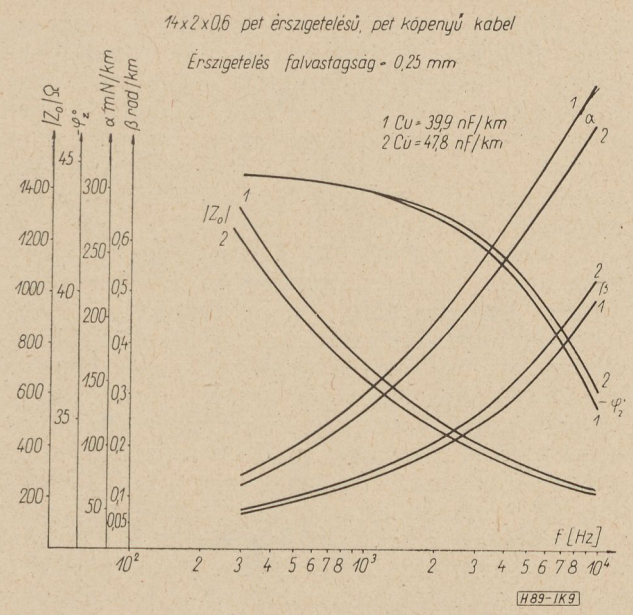
leromlott. A második kísérleti kábelnél már az ereket 0,25 mm átlagos vastagságban szigeteltettük **pet**-tel. E kábelt két kivitelben készíttettük el: 7 × 4 × 0,6 és 14 × 2 × 0,6 szerkezetekben. Az érpáros kábelt azért gyártattuk le, mert az angol posta e kábeltípust érpáros kivitelben használja. E kábelek átviteli értékei a 8. és 9. ábrákon láthatók. Az átviteli értékek az érnégyeses kábelnél kedvezőbbek, ami természetes is, mivel az erek egymástól nagyobb távolságban vannak, mint az érpáros kábelnél.

A **pet** kábelek vizsgálatára olyan módszer szükséges, mely kimutatja, hogy az erek szigetelése folytonos és hibamentes-e. Mivel a szigetelt erek a gyártás folyamán is megsérülhetnek, a hibamentességet a kész kábelen kell vizsgálni. A vizsgálat a szigetelt ereknél szokásosnál nagyobb, de egyenfeszültséggel történik. A feszültségi próbánál védőellenállást használnak. Az egyenfeszültség átütés esetén sem okoz komoly károsodást az erek szigetelésében.

Az angol posta előírásai szerint valamennyi érnek az összes többi érrel és az árnyékolással szemben a következő egyenáramú feszültséget kell két másodpercig kibírni:

Vezetőér átmérő	Vizsgáló feszültség
0,51 mm	6000 volt
0,635 mm	8000 volt
0,90 mm	10000 volt

A kábel összes ereinek 95%-a teljesíteni tartozik az előírt feszültségi próbát. Az átütött ereknek is utólagosan bírniok kell 2000 voltos feszültségi próbát. A köpeny hibamentességét vízfürdőben vizsgálják 5000 volt egyenáramú feszültséggel a vízfürdő és az árnyékoló



9. ábra. 14×2×0,6 szerkezetű **pet** érszigetelésű kábel átviteli értékei. Az érszigetelés falvastagsága 0,25 mm

fólia között. Az erek szigetelési ellenállás követelménye is magas, 40 000 MΩ · km.

A villamos követelmények teljesítése igen komoly feladat elé állítja hazai kábeliparunkat, mert csak megfelelő gépberendezéssel, jól ellenőrzött gyártással és gondos kivitelben lehet e szigorú követelményeket teljesíteni.

A tömör **pet** érszigetelésű és **pet** köpenyű kábelek átmérője kb. azonos az ugyanolyan érszerkezetű papír érszigetelésű ólomköpenyes kábelekével, de a **pet** érszigetelésű kábel átviteli értékei a papír érszigetelésűénél kedvezőtlenebbek. A külső méretek egyezése előnyös, mert a meglevő csatorna méretek egyaránt megfelelők mind az ólomköpenyes, mind a **pet** kábelek behúzására.

Felmerül a kérdés, mennyiben gazdaságos a tömör **pet** érszigetelésű kábelek használata. Toshio Wayakama és Hisashi Yabe [6] szerint kisebb kábeleknél a tömör **pet** érszigetelésű, **pet** köpenyű, nagyobb kábeleknél a papír érszigetelésű, ólomköpenyű megoldás a gazdaságosabb. Szerintük nem lenne helyes nagy érpár számú kábeleket műanyag felépítéssel készíteni. G. Böhme [18] a tömör **pet** érszigetelésű kábeleket nagyobb csillapításuk miatt 1 km-nél hosszabb darabokban nem ajánlja beépíteni. Hazai viszonyaink között is a kisebb érnégyes számú kábeleknél látszik helyesnek a tömör **pet** érszigetelésű kábelek bevezetése. A helyi hálózatban az ólomköpenyes kábeleket egyelőre 52 × 4 szerkezetig, s ha ez sikerrel jár, 104 × 4 szerkezetig kívánatos **pet** felépítésre átállítani. Természetesen ennek előfeltétele, hogy kábeliparunk a **pet** érszigetelést a megkívánt vékony rétegben, egyenletesen és hibamentesen tudja elkészíteni. Helyi előfizetői kábelek céljaira, üzembiztonsági és gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve, a fentebb említett szerkezeteknél a tömör **pet** érszigetelésű és **pet** köpenyű kábelek fejlesztésére kell a súlyt helyezni.

5. *Újabb alkalmazási területek*

A legújabban bevezetésre kerülő két műanyag kábel a szigetelt bronzhuzalpár és az önhordó légkábel.

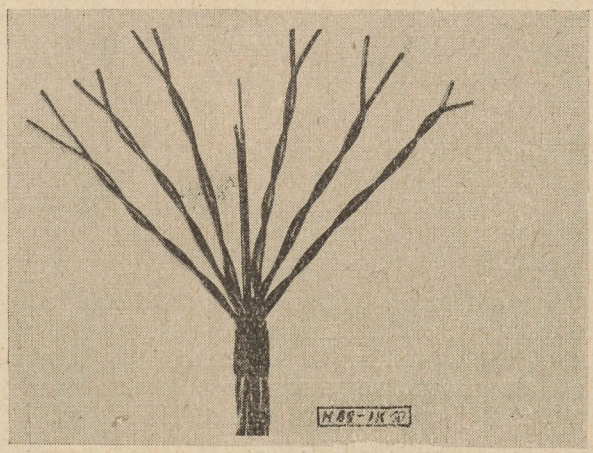
A nagyfeszültségű szekundervezetékek kereszteséséhez azelőtt gumiszigetelésű, lenfonallal beszőtt, ólomfehéres lenolajkencés festékkel itatott alumíniumbronzhuzal vezetékpárat használtak. Az alumíniumbronzhuzal előírt szakítási szilárdsága 95 kg/mm². Technológiai nehézségek miatt e vezeték típust a felszabadulás óta nem gyártják.

A szigetelt nagyszilárdságú alumíniumbronzhuzal vezetékpár helyettesítésére a légvezeték hálózatban használt csupasz kadmiumbronzhuzalt műanyaggal szigeteltettünk. A kadmiumbronzhuzal szakítószilárdsága 60 kg/mm² [1]. A huzal kisebb szakító szilárdságát nagyobb huzalátmérővel egyenlítettük ki, így az újtípusú vezeték szakítóereje megegyezik a régiével. A vezeték szigetelésére **pet** vagy **pvc** használható, de előnyösebb a **pet** alkalmazása. A felhasználandó **pet**, illetve **pvc** időjárásálló, koromtartalmú. A műanyagszigetelés egyéb külső védelmet nem kap. Az új vezeték típus szilárdsági és villamos szempontból kellően biztonságos.

A másik bevezetés alatt álló kábel típus az önhordó légkábel. Az önhordó légkábel háromféle megoldással készülhet. [6, 12, 13, 14.]

Az első megoldásnál nincs külön tartókötél, a kábel megfelelő mechanikai tulajdonságait a kellő szilárdságú és vastagságú vezetőerek biztosítják. A második és harmadik megoldásnál már külön acél tartókötelet alkalmaznak. A második megoldásnál a tartókötél a kábellélek felett nyer elhelyezést. A kábel és a tartókötél védelmét közös, nyolcas keresztmetszetű műanyagköpeny biztosítja. A harmadik megoldásnál a szigetelt tartókötél köré sodorják a szigetelt érpárakat, ez esetben a kábelnek köpenye nincsen.

Kísérleti kivitelezésre ez utóbbi megoldást választottuk. Előnyös e kábeltípus, mert az előfizetői leágazások könnyen keresztülvihetők. A vezetőerek 0,9 mm átmérőjű rézhuzalok. A szigetelés koromtartalmú **pet**. Hat szigetelt érpár a szigetelt acélhuzal tartókötél köré van sodorva. (10. ábra). Az önhordó légkábel a légvezetékeket ritkább településeknél előnyösen helyettesítheti. Önhordó légkábel alkalmazásával kb. 80%, illetve 64% rézmegtakarítás érhető el, attól függően, hogy az 2 mm-es, vagy 1,5 mm-es bronzhuzalt helyettesít. Megtakarítás mutatkozik még, mert a vezeték oszlopokat a légvezetékeknél szokásosnál nagyobb távolságban alkalmazhatjuk és a szerelvények is egyszerűbbek.



10. ábra. Az önhordó légkábel képe

III. Pet és pvc köpeny összehasonlítása

Felvetődik a kérdés, műanyagkábelek köpenyére a **pet** vagy **pvc** alkalmasabb-e. Az ár nem befolyásolhatja a kérdést döntően, mert a **pet** magasabb árát a kisebb sűrűsége többé-kevésbé kiegyenlíti.

A **pvc** nagyobb szilárdságú a **pet**-nél, nagyobb a kopásállósága is, de csatornába való behúzásnál a **pet** előnyösebb kisebb súlya és kisebb súrlódási tényezője miatt.

A **pvc** hátrányos tulajdonsága, hogy nagyobb fagyban hajlékonyságát elveszti és így a **pvc**-vel készült kábelek merevvé válnak. Nagyobb hidegben **pvc** vezeték vagy kábel szerelése, hajlítása a szigetelés épsége veszélyeztetésének kockázatával jár. A **pet**-nel készült kábeleket a hazánkban előforduló leghidegebb időjárás mellett is üzembiztosan lehet szerelni, hajlítani.

A **pet** vízgőzzel szembeni diffúziós állandója teljes nagyságrenddel kisebb, mint a **pvc**-é. A **pet** vízfelvétele rendkívül csekély, 20 C°-on három évi vízben állás után éri el a 0,15% mennyiséget [19]. A **pet** vízfelvétele két nagyságrenddel kisebb a **pvc**-nél.

A vízbeáztatott kábelek köpenyének szigetelési ellenállása a vízfürdő és az alatta levő aluminiumfólia között mérve a **pet** köpenyű kábeleknél 1000·MΩ km nagyságrendű, a **pvc** köpenyű kábeleknél pedig 10·MΩ km nagyságrendű volt.

A **pet** köpeny előnye, hogy fényhatásával szemben 2—3% mennyiségű korom adalékanyaggal könnyen stabilizálható. A **pet**-be a szükséges finomszemcséjű korom könnyen bevihető. A **pvc**-be hazai viszonyaink között egyelőre csak 1% korom mennyiséget tudnak bevinni, a feldolgozásnál pedig már emiatt is sokszor nehézségek mutatkoznak. A **pet** nagyobb koromtartalma valószínűsíti, hogy időjárásállóbb és így a felhasználásával készült kábel nagyobb élettartamú lesz, mint ha kisebb koromtartalmú **pvc** köpenyt alkalmaznának. Természetesen ez csak az esetben fontos, ha a kábelt szabadban, napsütésben kitett helyen alkalmazzák.

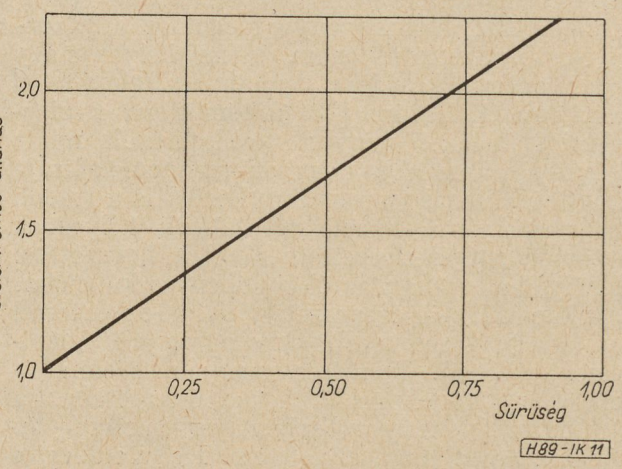
A **pet** hátránya az éghetősége. A **pvc** az égést nem táplálja, nem terjeszti tovább. A **pet** éghetősége azonban nem oly mértékben veszélyes mint ahogy első pillanatban látszik. A **pet** a gyertyához hasonlóan ég, a lángot nem terjeszti gyorsan tovább. Tűz esetén a **pet** kábel nem áll pillanatok alatt lángban, idő marad az oltásra.

A fentiek alapján általában a **pet** köpeny használata látszik előnyösebbnek. **Pvc**-t az esetben kell használni, ha alkalmazását különleges biztonsági szempontok indokolják. Föld alá építve, csatornába behúzva, a **pet** köpeny az előnyösebb. Főközpontokban, ahová nagytömegű kábel kerül beépítésre, nem kívánatos a **pet** köpeny alkalmazása. De kérdéses, jelent-e különösebb veszélyt a **pet** köpeny falikábeleknél, mikor e kábel facsatornába, éghető anyagba van szerelve és e kábel ua. helyen nagyobb mennyiségben nem kerül beépítésre. Falikábeleknél azelőtt papír—pamut érszigetelést használtak, melyet viaszos anyaggal itattak. Központjainkban a kifejtett switch-kábel végeket viaszos anyaggal itatják. A viaszos itatás rendkívül veszélyes, mert tűz esetén a lángot gyorsan továbbterjeszti. Megfontolandó, helyes-e bizonyos esetekben a **pet** köpenyű kábelektől tartózkodni, mikor a jelenleg is használt és megengedett megoldások nem biztonságosabbak.

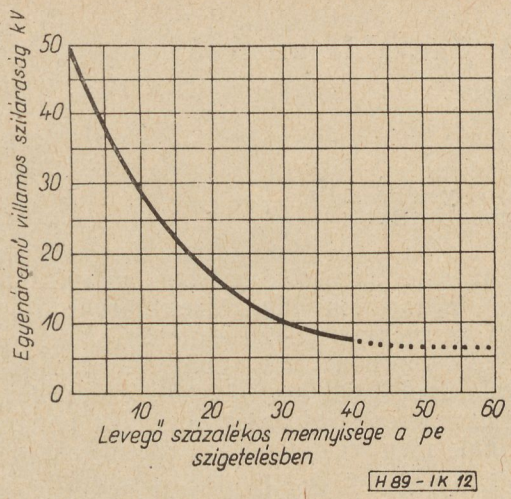
IV. Hab-pet érszigetelésű kábelek

A **pet** dielektromos állandója csökkenthető, ha habosítjuk. Ezáltal a 2,3 dielektromos állandó 1,5-re, illetve ez alá is levihető. A 11. ábra mutatja a hab-**pet** sűrűsége és a dielektromos állandó összefüggését [15]. A sűrűség a habosításmértéke.

A **pet** habosítása úgy történik, hogy a **pet**-hez olyan nitrogén tartalmú szerves vegyületet adnak, mely a tömlőzés hőmérsékletén nitrogén fejlődés mellett elbomlik. A hőmérsékletet úgy szabályozzák, hogy a habosító anyag bomoljon el, mielőtt a **pet** a tömlőző gép fejét eléri. Ez a hőmérséklet rendszerint 150 C° körül van. Túl magas hőmérsékletet alkalmazva, a gáz meg-



11. ábra. Hab **pet** dielektromos állandója a sűrűség függvényében



12. ábra. Hab-**pet** villamos szilárdsága a polietilén levegőtartalmának függvényében

szökhet, alacsonyabb hőmérsékleten a bomlás nem tökéletes és az anyag nem habosodik kellőképpen. A visszamaradó habosító anyag következtében a hab-**pet** veszteségi tényezője a tömör **pet**-nél nagyobb, kb $6 \cdot 10^{-4}$ értékű.

A hab-**pet** szigetelésű erek kapacitása kisebb a tömör **pet** szigetelésűeknél. Japán adat szerint [6] új technológiával helyi kábelek céljaira 0,2 mm falvastagságú hab-**pet**-nel szigetelt ereket is készítenek. A hab-**pet** szigetelés hátránya, hogy a villamos szilárdság nagyobb mértékű habosításnál rohamosan csökken [16] (12. ábra).

A hab-**pet** érszigetelésű kábeleket külföldön sikeresen fejlesztik. Így a Szovjetunióban hab-**pet** érszigetelésű kábeleket és hab-**pet** szigetelésű kis koaxiális kábeleket kívánnak használni a megyei hálózatban. Négy hab-**pet** koaxiális csőből álló kábelt 600 csatornára lehet igénybevenni [17].

A kábelre vonatkoztatott dielektromos állandó legnagyobb mértékben csökkenthető, ha tárcsás **pet** szigeteléssel koaxiális kábeleket készítenek. A koaxiális kábelek kérdésével kísérleteink folyamán nem foglalkoztunk.

IRODALOM

1. *E. E. L. Winterborn:* Plastics in cables. Post Office Electr. Eng. Jour. 51, (1958) 33.
2. *J. F. S. Hinchliffe:* The use of plastics materials in electric cables and associated products. Plastics Inst. Transactions and Jour. 27, (1959) 30.
3. *K. Ja. Szergejcsuk, A. Ja. Kazsdan, N. V. Zaharova:* Műanyagköpenyű hírközlő kábelek. Közdok. 1957.
4. *H. N. Padowicz:* Thin metal strips for sheating telephone communication cables. Wire and Wire-products 34, (1959) 1098.
5. *James S. Herbert:* Manufacture of aluminium conductor telephone cable. Wire and Wireproducts 31, (1956) 178.
6. *Toshio Wakayama and Hisashi Yabe:* Plasticized cable. Japan Telecommunication Review. Summer (1959) 39.
7. *Ipolyi Károly:* Higroszkópos érszigetelésű, zománcozott erű pvc köpenyű kábelek. Magyar Híradástechnika 9, (1958) 204.
8. Badische Anilin & Soda — Fabrik A.G.: Lupolen ismertetője.
9. *P. O. Schupp:* Über die Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffmanteln für Fernmeldekabel. Europäischer Fernsprechdienst 55, (1940) 110.
10. *Walter M. H. Schulze:* Das Problem der Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Kabelmanteln aus organischen Kunststoffen. Kunststoff-Technik u. Anwendung 10, (1940) 249.
11. *E. Müller:* Ein Messverfahren zur Bestimmung der Diffusionskonstanten von Kabelmänteln aus Thermoplasten. Bulletin SEV 41, (1950) 77.
12. *J. Bluring, H. F. Snow:* Experiments in aerial-cable construction. Post Office Electr. Eng. Jour. 52, (1959) 47.
13. *J. G. Reynolds:* How to do it suggestions. Telephone Eng. Management 56, (1952) 46.
14. *C. C. Lawson:* Rural distribution wire. Bell Lab. Record 32, (1954) 167.
15. Imperial Chemical Ind. Ltd: Cellular Alkathene Polythene Compounds IS 599 ismertetője.
16. *A. S. Windeler:* Polyethylene Insulated Telephone Cable. Bell System Techn. Jour. 32, (1953) 1245.
17. *Soós Zoltán, Ipolyi Károly:* Tapasztalatok és élmények a Szovjetunióban. Szoc. Posta 11, (1959) 276.
18. *G. Böhme:* Fernmelde — Ortskabel. Fernmelde — Praxis 37 (1960) 601.
19. *A. Renfrew—Phillip Morgan:* Polythene. Interscience Publishers Inc. New York. (1957)

KÖNYVISMERTETÉS

G. C. Oxley—A. Nowak :

URH és TV antennák

Műszaki Könyvkiadó, 1959. 247 oldal. Ára : 23 Ft.

Az ultrarövidhullámú sávokon történő műsorszórás és televízióadás időszerűvé teszi azon antennarendszerek ismeretét, amelyeket a különböző sávokon különböző célokra használnak. A szerzők azt a célt tűzték ki, hogy ilyen antennarendszerek tervezéséhez gyakorlatilag használható adatokat és megoldásokat bocsássanak a tervezők és kivitelezők rendelkezésére. A könyv a jelenségeket egyszerű módon, magasabb matematikai eszközök használata nélkül tárgyalja, azonban ennek ellenére a tárgykört kellő alapossággal ismerteti. Az egyes antennatípusok ismertetésén kívül külön fejezeteket szentel az antennaméréseknek és az antennákra vonatkozó biztonsági előírásoknak. A tárgykörrel foglalkozók részére igen hasznos segédeszközt nyújt és előmozdítja a hazai irodalomban kissé mellőzött antennakérdések ismertetését.

G. P. Grugyinszkaja :

Ultrarövidhullámok terjedése

Műszaki Könyvkiadó, 1959. 61 oldal. Ára : 6 Ft.

A szerző ismerteti a különböző hullámsávok terjedési viszonyait a méteres, deciméteres, centiméteres és milliméteres hullámhosszaknál. A tárgyalás módja leíró és nem alkalmaz magasabb matematikai ismereteket igénylő elméleti levezetéseket. Célja a gyakorlati tervezés igényeinek kielégítése és ennek kapcsán tárgyalja a legújabb kutatások eredményeit is. Az egyes fejezetek a látóhatáron belüli terjedésen kívül ismertetik a troposzferikus és ionoszferikus terjedést is az ultrarövid hullámsávoknál. Egy rövid zárófejezetben kitér az ultrarövidhullámú sávokban jelentkező vételi zavarokra is.

Híradástechnikai berendezések üzembiztonságának néhány kérdése

dr. SÁRKÖZY GÉZA
a műszaki tudományok kandidátusa,
a Híradástechnikai Tudományos Egyesület tagja,
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

A cikk először az üzembiztonság kérdésének fontosságát világítja meg. Ezután foglalkozik az egyes alkatrészek élettartamát és meghibásodási tényezőjét befolyásoló körülményekkel és ezen tényezők számszerű értékeivel különböző elektromos alkatrészeknél. Ezen adatok ismeretében a statisztikai matematika módszereivel közelítő számításokat lehet végezni bonyolult rendszerek várható üzembiztonságára. Néhány példát tárgyal azzal kapcsolatban, hogy milyen elrendezésekkel lehet növelni bonyolult rendszerek üzembiztonságát.

A második világháborút megelőző években a híradástechnikai ipar jelentős részben olyan berendezéseket tervezett és állított elő, amelyek szórakoztató célokat szolgáltak és nem tartalmaztak nagyszámú alkatrészt és szerkezeti elemet. Ezeknél az üzembiztonság kérdése nem játszott döntőszerepet és elsősorban a gazdaságos gyártás, olcsó alkatrészek alkalmazása és a tetszetős külső voltak az irányadó szempontok. Az üzembiztonság növelésének igénye főleg a katonai célokra készült berendezéseknél lépett előtérbe és némileg háttérbe szorította a fenti szempontokat.

Az üzembiztonság kérdéseinek rendszeres és mélyreható vizsgálata azonban lényegében csak a második világháború után, az ott szerzett kedvezőtlen tapasztalatok kiértékelésével kezdődött meg. Ezekre a tapasztalatokra rávilágítanak az Egyesült Államok háborús berendezéseivel kapcsolatban nyilvánosságra hozott adatok. Ezek szerint például 1949-ben a haditengerészet elektronikus berendezéseinek 70%-a nem működött kifogástalanul. A második világháború alatt a Távol-Keletre szállított repülőgépradióberendezések 60%-a sérülten érkezett a helyszínre. A raktáron tartott berendezések és tartalékok 50%-a tönkrement, még mielőtt üzembe helyezték volna.

Még további meglepő példákat lehetne felsorolni, de a fenti esetek is eléggé aláhúzzák az üzembiztonság kérdéseinek sorsdöntő jelentőségét mindazon alkalmazási területeken, ahol a berendezések működéséhez, a lehetőleg folytonos üzem fenntartásához és a meghibásodások számának és gyakoriságának lehető csökkentéséhez igen fontos életbiztonsági vagy súlyos anyagi érdekek fűződnek. E tény felismerése késztette a kutatókat és üzemeltetőket a kérdés alapos elméleti és gyakorlati megvizsgálására azzal a céllal, hogy a feltárt törvényszerűségek figyelembevételével tervezett és gyártott berendezések megfeleljenek a korszerű követelményeknek.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni az üzembiztonság kérdésének gazdasági vonatkozásait sem, amelyek egyrészt a kiesett idő miatt előállott jövedelemcsökkenésben, másrészt a javításra és tartalék alkatrészek tárolására fordított összegekben jelentkeznek.

Az alábbiakban csak néhány fontos kérdés tárgyalásával foglalkozunk. Az egész kérdéskomplexum rendkívül szerteágazó és bonyolult és annak még vázlatos tárgyalása sem volna lehetséges egyetlen rövid cikk keretében.

Üzembiztonság és élettartam

A berendezések üzembiztonságának kérdése szorosan összefügg az abba beépített alkatrészek üzembiztonságával. Ezzel a kérdéssel az utóbbi 10 év alatt igen sok szerző foglalkozott és több olyan törvényszerűséget ismertek fel, amelyek támpontokat adnak az alkatrészek helyes megválasztására nagy üzembiztonság vagy — ami ezzel egyenértékű — hosszú átlagos élettartam elérése céljából.

A véletlen meghibásodások statisztikus jellegűek és ezeket az ún. *P*-faktorral, vagyis az időegységben meghibásodó alkatrészek viszonylagos számával lehet jellemezni. A *P*-faktor az egyes alkatrészek élettartama folyamán nem mindenütt állandó, de általában kijelölhető egy olyan időszakasz, amelyen belül a *P*-faktor állandó. Ezen a szakaszon belül a vizsgálat kezdetén meglevő alkatrészek száma exponenciális törvényszerűség szerint csökken. A *P*-faktort %/1000 óra vagy 10^{-6}/óra egységben szokás kifejezni.

A tendenciózus meghibásodások öregedési jelenségekkel függnek össze és az alkatrészek élettartamának vége felé jelentkeznek. Ennek okai lehetnek az anyag kristályszerkezetének átrendeződése, kémiai vagy elektrokémiai folyamatok.

Nyilvánvaló, hogy bizonyos számú vizsgált alkatrész esetében egyénileg igen különböző élettartamok fordulhatnak elő. Az alkatrész élettartamának meghatározása egyébként is elég nehéz, mert berendezésben való alkalmazás esetén nagymértékben függ a terheléstől, a környezeti makro- és mikroklímától és még számos más külső tényezőtől. Ilymódon az élettartam meghatározása csak bizonyos rögzített körülmények között és bizonyos konvenciók figyelembevételével állapítható meg. Megnehezíti a kérdés szabatos tisztázását az a körülmény is, hogy az elektromos paraméterek bizonyos mértékű megváltozása egyes áramköri alkalmazásokban nem okoz működésképtelenséget, míg ugyanilyen mértékű változások más áramkörökben való alkalmazásnál már üzemzavart okoznak.

Példaképpen megemlítjük, hogy külföldi források szerint elektroncsöveknél az elektromos paraméterek mely változásait tekintik az élettartam végének:

1. Rádiófrekvenciás és középfrekvenciás erősítőknél a névleges meredekség 65%-ra való csökkenése.
2. Keverő fokozatokban a névleges keverő meredekség 50%-ra való csökkenése és a névleges oszcillátor rácsáram 65%-ra való csökkenése.
3. Kisebb teljesítményű triódáknál a névleges meredekség 50%-ra való csökkenése.
4. Kimenő fokozatok csöveinél a névleges kiadott teljesítmény 50%-ra való csökkenése.
5. Diódáknál a névleges egyenáram 40%-ra való csökkenése.
6. Egyenirányító csöveknél a kiadott áram vagy feszültség 80%-ra való csökkenése.
7. Ellenállás-kapacitás csatolású erősítők csöveinél a kiadott váltófeszültség 70%-ra való csökkenése.

A fenti adatokat nem szabad merev szabályoknak tekinteni és csak annak illusztrálására szolgálnak, hogy adott körülmények között milyen eltérő élettartamok adódhatnak ki ugyanazon csőtípusnál különböző alkalmazások esetén.

Hasonló meggondolások érvényesek tranzisztorok és félvezető diódák esetében is, de itt más paraméterek szolgálnak jellemzésül.

A meghibásodások megoszlása a különböző alkatrészek között függ a készülék típusától és rendeltetésétől, de megállapítható, hogy a csövek okozzák az összes hibák jelentős részét. A Brit Tengerentúli Légitársaság repülőgépein alkalmazott elektronikus berendezések 1953. évre vonatkoztatott hibastatisztikája a következő volt:

Alkatrész	*Meghibásodás*
Elektroncsövek	55,6%
Kondenzátorok	21,5%
Ellenállások	13,5%
Transzformátorok	2,6%
Kapcsolók	1,8%
Fojtótekercsek	1,8%
Jelfogók	1,6%
Összekötő kábelek	1,3%
Dugaszok, foglalatok	0,3%

Más berendezéseknél a számadatokban vannak eltérések, de nagyságrendileg hasonló megoszlás tapasztalható a meghibásodásoknál.

Korszerű berendezéseknél éppen a fenti tapasztalatok alapján csak ún. hosszú élettartamú csövek alkalmazása jöhet szóba. Az élettartam jellemző értéke 10 000 óra, ami elfogadott konvenció szerint azt jelenti, hogy ennyi üzemidő után a kezdetben működő csöveknek még 90%-a üzemképes. Tekintettel arra, hogy az üzem kezdeti szakaszában a csöveknél korai meghibásodások fordulnak elő, a P-faktor itt még nem tekinthető állandónak, hanem csak körülbelül 1000 óra üzem után állandósul a P-faktor. Ha az első 1000 óra alatt a csövek 4%-a esik ki, a következő 9000 óra alatt az összes kiesés 6%. Ennek 0,67%/1000 óra P-faktor felel meg. Külföldi adatok alapján megállapítható, hogy a P-faktort távlati célkitűzésként 0,15%/1000 óra értékre kívánják leszorítani.

Tranzisztorok és félvezető diódák esetében még nem áll rendelkezésre elég hosszú idő a P-faktorok megbízható számszerű kiértékelésére. Azt azonban már ma is biztonsággal lehet állítani, hogy ezek P-faktorai 0,1%/1000 óra érték alatt maradnak.

Kondenzátorok és ellenállások P-faktorai igen nagy mértékben függnek a névleges és tényleges üzemfeszültségek, illetve terhelések viszonyától és a környezeti hőfoktól. Ilymódon csak a laboratóriumban rögzített körülmények között mért adatokra lehet támaszkodni, amelyek nem vihetők át minden további nélkül a készülékekbe beépített alkatrészekre. Az eddigi laboratóriumi mérések csak néhány 1000 órai vizsgálatok adatait állapították meg, az alkatrész elektromos paramétereinek bizonyos megengedett értékeit tekintve az élettartam végének. Nagy erőfeszítések történnek világszerte az elektromos paraméterek változásainak csökkentésére és a jelenlegieknél lényegesen stabilabb és hosszabb életű alkatrészek előállítására.

A fent mondottak általános használatú elektromos alkatrészekre vonatkoznak. Ettől eltérő, egészen újszerű feladatot jelent a különleges, nagy hőfokokra és gyorsulásokra alkalmas alkatrészek problémája, amely kívül esik jelen megfontolásaink körén.

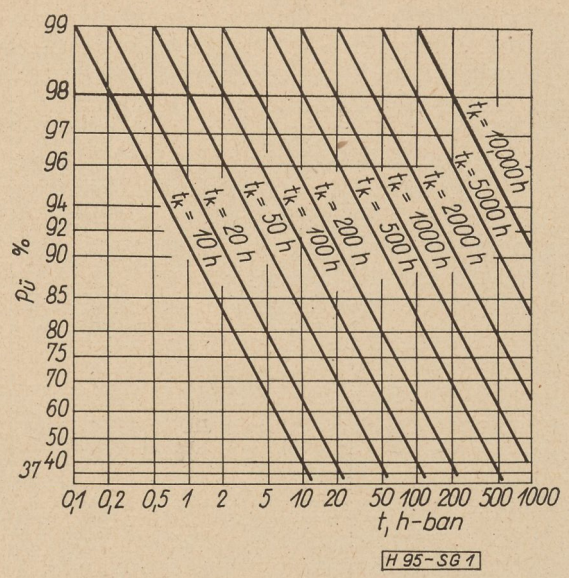
Nagyberendezések üzembiztonsága

Az üzembiztonság kérdése annál nagyobb jelentőséget nyer hiradástechnikai és egyéb elektronikus berendezéseknél, minél nagyobb számú elektroncsövet, félvezető elemet és egyéb elektromos alkatrészt tartalmaznak azok. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen berendezés üzemétől megkívánjuk a hosszabb ideig tartó üzemzavarmentes működést, amit számszerűleg az összes üzemidő alatt kieső üzemidő százalékával szokás jellemezni. Hogy mekkora ez a megengedhető kieső üzemidő, az sok körülménytől függ. A probléma a statisztikai matematika eszközeivel közelíthető meg elméleti alapon.

Egy berendezés üzembiztonsága a következő képlettel fejezhető ki:

$$p_{ü} = e^{-\frac{t}{t_k}} \qquad (1)$$

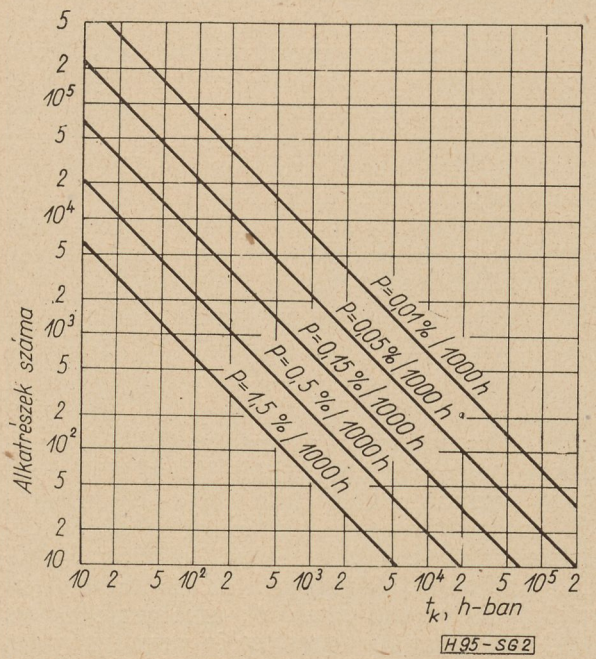
ahol $p_{ü}$ a berendezés zavarmentes működésének valószínűsége, t_k két meghibásodás között eltelt idő, t a vizsgálati időtartam. Ez az összefüggés csak aránylag nagy üzembiztonságú berendezésekre érvényes, amelyekkel jelenleg foglalkozni kívánunk. A tapasztalat azt bizonyítja, hogy olyan berendezéseknél, amelyekre nézve az (1) exponenciális összefüggés nem érvényes, az üzembiztonság is kicsi.



1. ábra

Az 1. ábrán logaritmikus koordináta rendszerben feltüntettük az (1) összefüggést különböző t_k időtartamokra, a vizsgálati t idő függvényében. Ha pl. 90 %-os üzembiztonsági valószínűséget akarunk elérni, 20 órás megszakítatlan üzemben, úgy két meghibásodás közötti t_k időtartamot kb. 200 órának kell választani.

Annak meghatározására, hogy milyen összefüggés van a berendezésben levő összes alkatrész száma, és a meghibásodások közötti közepes időtartam között, különböző P-faktorokra vonatkozólag a 2. ábra ad felvilágosítást. Ha például egy berendezés 6000 alkatrészt tartalmaz a csöveket is beleértve és a két meghibásodás közötti időtartamot átlagban 200 órának választjuk, ehhez körülbelül 0,1 %/1000 óra P-faktor tartozik. Ez igen nagy követelményt jelent az alkatrészekre vonatkozólag és a jelenleg általánosan használt alkatrészekkel még nem valósítható meg.



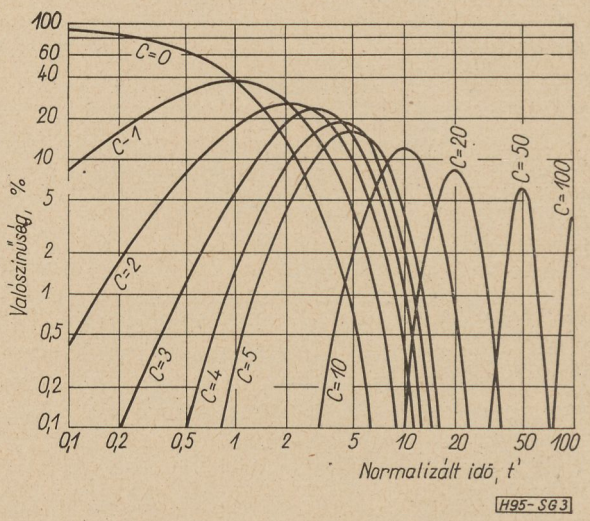
2. ábra

Üzembiztonsági számításoknál általában Poisson-féle valószínűségi eloszlással lehet számolni. Ha bevezetjük a normalizált idő fogalmát, amelyen a vizsgálat időtartamának két meghibásodás közötti átlagos időtartamhoz való viszonyát értjük az alábbi végtelen sor írható fel $\left(t' = \frac{t}{t_k}\right)$:

$$e^{-t'} + e^{-t'} \cdot t' + \frac{e^{-t'} \cdot t'^2}{2} + \frac{e^{-t'} \cdot t'^3}{3} + \ldots = 1 \qquad (2)$$

A végtelen sor minden egyes tagja a megfelelő meghibásodások számának valószínűségét határozza meg.

Az első tag $e^{-t'}$ jelenti a meghibásodások hiányát, vagyis a megszakítatlan üzemet t idő alatt, két meghibásodás között t_k idő mellett.



3. ábra

A második tag $e^{-t'} \cdot t'$ megadja annak valószínűségét, hogy t' normalizált idő alatt egyetlen meghibásodás fordult elő. Hasonlóképpen lehet a sor további tagjait is kiértékelni. A 3. ábra feltünteti a %-os valószínűséget a normalizált idő függvényében, a meghibásodások számát véve paraméterül.

A 3. ábra gyakorlati fontosságának illusztrálására néhány példát mutatunk be.

Tegyük fel, hogy a vizsgált berendezésnél ismerjük két meghibásodás közötti átlagos időtartamot. Ez legyen 100 óra. Ha a vizsgálat időtartama 50 óra vagyis a normalizált idő $t' = \frac{t}{t_k} = \frac{50}{100} = 0{,}5$, annak valószínűsége, hogy a berendezésben 4 meghibásodás történik, 0,1 %; annak valószínűsége, hogy 3 meghibásodás fordul elő, 1,2 %; annak valószínűsége, hogy 2 meghibásodás fordul elő, 8 %; annak valószínűsége, hogy 1 meghibásodás fordul elő,

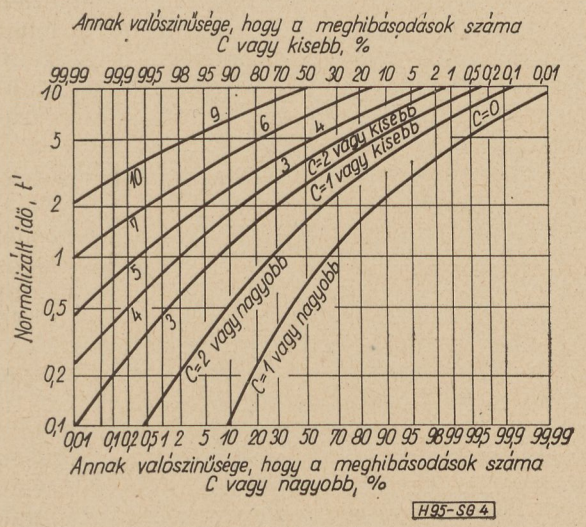
30%; és 60%-nál nagyobb valószínűséggel fog a berendezés üzemzavarmentesen működni.

Ha a vizsgálat időtartama 500 óra, vagyis a normalizált idő $t' = \frac{500}{100} = 5$, akkor várható, hogy a berendezés csak 0,7% valószínűséggel fog üzemzavarmentesen működni; 4% valószínűséggel fog 1 üzemzavar előfordulni; 9% valószínűséggel fog 2 üzemzavar előfordulni; 14% valószínűséggel fog 3 üzemzavar előfordulni és 17% valószínűséggel fog 4 üzemzavar előfordulni. Nagyobb számú meghibásodás valószínűsége fokozatosan csökken.

A gyakorlatban rendszerint az érdekel minket, hogy mekkora az összes megengedhető meghibásodások száma a vizsgált időtartam alatt. Ennek meghatározására az integrált valószínűségi görbét kell használni. Ha elvégezzük a meghibásodások összegezését a normalizált idő t' minden értékére, akkor egy görbesereget kapunk, amely a 4. ábrán van feltüntetve.

Ennek az ábrának két vízszintes skálája van. A felső skálán annak a %-os valószínűsége van feltüntetve, hogy a berendezésben C számú vagy annál kevesebb meghibásodás fordul elő. Az alsó skála ennek 1-re való kiegészítése, vagyis annak %-os valószínűsége, hogy a berendezésben C számú vagy annál több meghibásodás fordul elő. A diagram ordinátáján a normaizált idő van feltüntetve és paraméterül a meghibásodások száma (C) szolgál.

A görbesereg használatára például szolgál a következő eset: Tegyük fel, hogy egy adott berendezésnél két meghibásodás között átlag 100 óra telik el és a vizsgálatot is 100 óra hosszáig folytatjuk. Ez esetben a normalizált idő, $t' = 1$. A 4. ábrából leolvasható, hogy 2 vagy annál kevesebb meghibásodás előfordulásának valószínűsége 92%; annak valószínűsége, hogy legfeljebb 1 meghibásodás fordul elő, 74%. 3 vagy több meghibásodás előfordulásának valószínűsége pedig már csak 8%.



4. ábra

Bonyolult rendszerek üzembiztonsága

A hiradástechnikában és rádióelektronikában jelenleg már olyan berendezéseket is állítanak elő, amelyek igen nagy számú elektroncsövet, félvezető elemet és eletromos alkatrészt tartalmaznak. Példaképpen megemlítjük a nagy sebességű elektronikus számológépeket, a nagyszámú ismétlőállomást tartalmazó sokcsatornás vezetékes rendszereket és mikrohullámú összeköttetéseket stb.

Nyilvánvaló, hogy ilyen bonyolult berendezéseknél az üzembiztonság kérdése rendkívül nagy jelentőségű, mert aránylag rövid élettartamú alkatrészek használata esetén, illetve tartalék egységek bekapcsolási lehetősége nélkül a két egymásután következő meghibásodás közötti átlagos időtartam igen rövid lesz. A hibaelhárításra fordított idő ilyen módon az összes üzemidő többszörösét is kitehetné. Ez a helyzet teljességgel megengedhetetlen lenne, ezért feltétlenül gondoskodni kell olyan módszerekről, amelyek a berendezések rendeltetésszerű működését biztosítják.

Egy nagysebességű számológépben például körülbelül 50 000 elektroncső és 160 000 germánium dióda van beépítve. Az elektromos alkatrészek száma milliós nagyságrendű. A 2. ábrán láttuk, hogy legfeljebb 10 000 alkatrész esetén mekkora P-faktorokra van szükség különböző t_k idők esetén. Például $t_k = 20$ esetén 10 000 alkatrésznél 0,5%/1000 óra P-faktorra van szükség. Ha csak az elektroncsöveket és germánium diódákat számítjuk, ez összesen 210 000 elemet jelent. Ha az átlagos P-faktor ezekre vonatkoztatva is 0,5%/1000 óra lenne, akkor ehhez $t_k = 1{,}05$ óra tartoznék. Ilyen gyakori meghibásodás mellett a berendezést már nem lehet üzembiztosnak tekinteni. Ahhoz, hogy a berendezés üzembiztos legyen, a két meghibásodás közötti átlagos időt $t_k = 5$ órára kellene felemelni, amely értékhez kb. 0,10%/1000 óra P-faktor tartozik. Kiváló minőségű hosszú élettartamú csövek és germánium diódák alkalmazása esetén ezt megvalósíthatjuk. Ennél a számításnál egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy az elektroncsöveknek és a félvezető diódáknak egyforma P-faktoruk van. A valóságban a helyzet ettől eltér, amennyiben a félvezető diódák P-faktora kisebb szokott lenni, mint az elektroncsöveké. Az egyéb, nagyszámú elektromos alkatrész P-faktorainak figyelembevétele viszont a helyzetet lényegesen kedvezőtlenebbé teszi. Összesen 2 000 000 alkatrész esetén (az elektroncsöveket és félvezető diódákat is beleértve) 0,15%/1000 óra P-faktor esetén t_k-ra már csak 0,35 óra adódnék. Ha ilyen körülmények között $t_k = 2$ órát kívánnánk elérni, úgy az átlagos P-faktort kb. 0,03%/1000 óra értékre kellene megjavítani.

A fenti példából világosan kitűnik, hogy ilyen bonyolult esetekben milyen rendkívül szigorú követelményeket kell támasztani az egyes alkatrészek P-faktoraival szemben. Ez nem minden esetben valósítható meg és ezért

már néhány év óta az a törekvés nyilvánult meg bonyolult nagy berendezések tervezésénél, hogy miképpen lehetne a meghibásodott alkatrész gyors és lehetőleg automatikus kiiktatásáról, illetve helyette üzemképes új alkatrész beiktatásáról gondoskodni. Ezt az elvet meg lehet valósítani például sok ismétlő állomást tartalmazó vezetékes sokcsatornás berendezéseknél vagy hosszú rádió relévonalaknál.

Példaképpen vegyük egy sok ismétlő állomást tartalmazó rádió relévonal esetét. A rendszer kiépítése az 5. ábrán látható változatok valamelyike szerint történhet.

Az (S_1) esetben az egész rendszer sehol sem tartalmaz tartalék berendezést.

Az (S_2) esetben az üzemi lánc mellett egy teljesen hasonló tartalék lánc van kiépítve a kettő között kézi átkapcsolással.

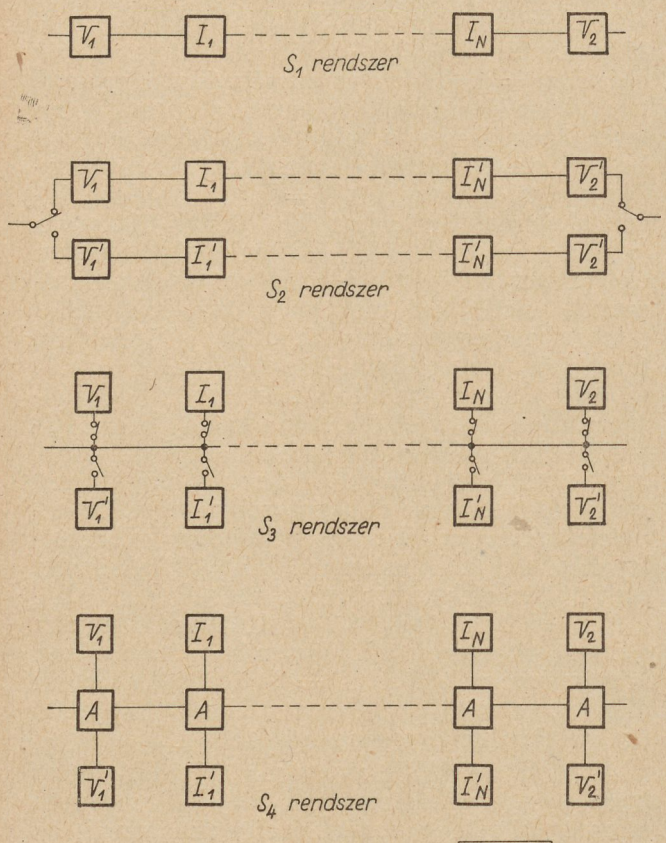
Az (S_3) rendszernél minden állomáson kézi átkapcsolású tartalék berendezések vannak beépítve.

Az (S_4) rendszernél minden állomáson tartalék berendezések vannak beépítve, amelyeket az üzemi egység meghibásodása esetén egy érzékelő rendszert tartalmazó átkapcsoló berendezés automatikusan üzembe helyez.

Kimutatható, hogy az S_1-, S_2-, S_3-, illetve S_4-el jelölt rendszerek N számú ismétlő állomás esetén üzembiztonság szempontjából a következőképpen számíthatók:

S_1 rendszernél:

$$p_1 = \exp(-2s_v) \cdot \exp(-Ns_i) \cdot \exp[-(N+1)\, s_e] \tag{3}$$



5. ábra

S_2 rendszernél:

$$p_2 = 1 - (1 - p_1)^2 \tag{4}$$

S_3 rendszernél:

$$p_3 = \{1 - [1 - \exp(-s_v)]^2\}^2 \cdot \{1 - [1 - \exp(-s_i)]^2\}^N \cdot \exp[-(N+1)\, s_e] \tag{5}$$

S_4 rendszernél:

$$p_4 = \{1 - [1 - \exp(-s_v)]\} \cdot \{1 - \exp[-s_v - s_a]\}^2 \cdot \{1 - [1 - \exp(s_i)]\} \cdot \{1 - \exp[-s_v - s_a]\}^N \cdot \exp[-(N+1)\, s_e] \tag{6}$$

ahol:

p_k = az S_k rendszer üzemzavarmentes működésének valószínűsége k = 1 . . . 4.

s_v = a végberendezés megbízhatósága a (7) képlet szerint.

s_i = az ismétlődő állomások berendezéseinek megbízhatósága a (7) képlet szerint.

s_a = az átkapcsoló berendezés megbízhatósága (7) képlet szerint

s_e = az elektromágneses hullámok pályájának megbízhatósága (fading jelenségek figyelembevételével) a (7) képlet szerint

N = az ismétlő állomások száma.

Egyetlen állomás berendezéseinek megbízhatóságára vonatkozólag az alábbi összefüggések állapíthatók meg:

Ha a rendszer m_j számú berendezésből áll, amelyek mindegyike n_i számú alkatrészből áll, ahol i az alkatrészek típusszámát jelenti, a funkcionális megbízhatóság a következőképpen fejezhető ki:

$$p_f = \prod_j \exp\left(-m_j \sum_i n_i \frac{l_i}{l_k}\right) \tag{7}$$

Ennek megfelelően annak valószínűsége, hogy a rendszerben egy vagy több üzemzavar fordul elő

$$1 - p_f \tag{8}$$

Ilyen bonyolult berendezések üzemeltetésénél igen fontos annak figyelembevétele, hogy üzemzavar esetén mennyi időt vesz igénybe annak elhárítása. Állomásonként automatikusan átkapcsolódó tartalékegységeket alkalmazva az üzemkiesések összes ideje adott vizsgálati időre vonatkoztatva nagymértékben csökkenthető. Az üzemi berendezés hibaelhárításának ideje alatt a tartalékberendezés viszi az üzemet és annak valószínűsége, hogy éppen a javítási idő alatt az is meghibásodik, nagyságrendekkel kisebb.

Az ilyen számítások a kérdés további matematikai vizsgálatát tették szükségessé. A Matematikai Kutatóintézet konkrét esettel kapcsolatban foglalkozott a témával és számítási módszereket dolgozott ki az üzembiztonság meghatározására, a hibaelhárításra szükséges idő figyelembevételével.

A jelen cikk keretében ezen számítások részleteire nem térünk ki, annyit azonban meg lehet

állapítani a számítások alapján, hogy ilyen sok ismétlő állomást tartalmazó rendszereknél az 5. ábra szerinti S_4 elrendezés mellett egy 2500 km hosszú ún. „referencia" szakaszon közepes minőségű alkatrészek mellett 95%, kiváló minőségű alkatrészek mellett pedig 99% időbeli üzembiztonságot lehet elérni napi 24 órás üzem mellett, egy év időtartam alatt, ha az alkatrészeken ezen időn belül öregedés következtében nem jelentkezik a *P*-faktorok növekedése.

Összefoglalás

Korszerű híradástechnikai berendezéseknél — különösen igen sok alkatrészt tartalmazó bonyolult rendszereknél — mind nagyobb jelentőséget nyer az üzembiztonság kérdése. Elméleti megfontolások és kísérleti adatok alapján az alkatrészek *P*-faktorainak ismeretében előre számítással közelítőleg meg lehet határozni hosszabb vizsgálati időtartam esetére a várható meghibásodások valószínűségét, illetve ennek alapján az egész berendezés várható időbeli üzembiztonságát. Ezen üzembiztonság növelése érdekében kézzel vagy automatikusan bekapcsolható tartalékberendezések beépítése válik szükségessé, amelyeknek ára növeli a teljes berendezés önköltségét, viszont nagymértékben megjavítja az üzembiztonságot a várható üzemzavarok számának és időtartamának csökkentése által.

Mivel a magyar híradástechnikai iparnak az elkövetkező években nagy mennyiségű, meghatározott üzembiztonságú berendezéseket kell szállítania, igen fontos szempont ezen berendezések tervezésénél azon törvényszerűségek ismerete, amelyek az üzembiztonságot befolyásolják.

IRODALOM

1. *Katona János:* Kondenzátorok és ellenállások élettartamvizsgálatai. Magyar Híradástechnika XI. évf. 2. sz.
2. *Keith Henney:* Reliability Factors for Ground Electronic Equipment. McGraw — Hill, Book Co. 1956.
3. *Marcus A. Acheson:* Electron-Tube Life and Reliability. The Sylvania Technologist, July 1954.
4. *Z. Prihar:* Reliability and Economics of Telecommunication Systems. Ire Transactions on Communication Systems. June 1958.
5. Maintainability of Services Equipment. Journal of the British Institution of Radio Engineers. Discussion Meeting on March 30—th, 1955.
6. Вопросы надежности радиоэлектронной аппаратуры. Издательство „Советское Радио" Мошква, 1959.

PUBLI SERVICE

4e SALON INTERNATIONAL DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

PARIS,
PORTE DE
VERSAILLES
1961. február 17-től
február 21-ig

4. NEGYEDIK NEMZETKÖZI ELEKTRONIKUS KIÁLLÍTÁS

A legnagyobb
nemzetközi kiállítás
az elektronika terén

FÉDÉRATION NATIONALE DES
INDUSTRIES ÉLECTRONIQUES
(Az Elektronikus Ipar Nemzeti Szövetsége)

23, rue de Lübeck, Paris 16e — PAS. 01.16

A KIÁLLÍTÁS A FENTI
FRANCIA IPARÁGI SZÖVETSÉG
VÉDNÖKSÉGE ALATT ÁLL

NEMZETKÖZI
KONFERENCIA
A FÉL-VEZETÖK TERÉN

A konferenciát a Francia
Elektromérnökök Társasága
szervezi

PARIS, MAISON DE L'UNESCO
(UNESCO-PALOTA)
125, AVENUE DE SUFFREN

1961. FEBRUÁR 20-TÓL
FEBRUÁR 25-ig

Alumínium és ötvözeteinek kromátozása és híradástechnikai felhasználása

GÁTI JÓZSEFNÉ és ORGOVÁNY LÁSZLÓ
Mechanikai Laboratórium Híradástechnikai Kísérleti Vállalat

A kromátozás összefüggő, jól tapadó, enyhén irizáló zöld alaptónusú bevonatot eredményez alumínium felületen. A híradástechnika számára fontos tulajdonsága, hogy ellentétben az elox-réteggel, az elektromosságot vezeti. A kromátozás alkalmazásának híradástechnikai készülékek alkatrészeinél konstrukciós, műszaki és gazdasági előnyei lehetnek. Jó festékalap, ilyen minőségben helyettesíteni tudja az elox-réteget. A bevonat lágyabb és kevésbé kopásálló, mint az elox-réteg. Üzemi alkalmazásához nincs szükség elektromos berendezésekre. Technológiája egyszerű, de az előírt üzemi körülményeket pontosan be kell tartani.

A második világháború után a fejlett ipari államokban az alumínium és ötvözeteinek új kikészítési eljárását — kromátozását — dolgozták ki. A kromátozás az utóbbi évtizedben nagyon elterjedt és főként a repülő-, közlekedés-, híradástechnikai- és hadiipar használta fel. Cikkünk keretében a kromátozás technológiáját és alkalmazásának híradástechnikai vonatkozásait ismertetjük. Ezzel kapcsolatban irodalmi források alapján összefoglaljuk a külföldi eredményeket és ismertetjük a saját vizsgálatainkat is.

A híradástechnikában használatos alumínium alkatrészek, szerelő lapok kikészítésénél hazailag eddig az eloxálás és a lúgozás jöhetett számításba. Anódos oxidációval — vagy, ahogy nálunk ismerik eloxálással — jól tapadó, összefüggő, elektromos áramot szigetelő alumíniumoxid bevonat képződik.

Ha az alkatrész felületének elektromosan vezetőnek kell lennie, akkor eddig a lúgozást alkalmazták. A lúgozást helytelenül gyakran védőréteget kialakító eljárásnak tekintik. Ellentétben e hibás nézettel a lúgozás felülettisztító művelet, amely eltávolítja a levegőn képződő oxidréteget, a szennyeződéseket és fémesen tiszta felületet alakít ki. Tekintve a fémalumínium igen nagy affinitását az oxigénhez, felületén a levegő hatására gyorsan alumíniumoxid film képződik. Ennek következtében a lúgozott alumínium kezdeti jó elektromos vezetőképessége fokozatosan romlik.

Az alumíniumkromátozási eljárással az alumínium felületén képződő védőréteg legfontosabb tulajdonsága a híradástechnika számára, hogy vezeti az áramot és elektromos tulajdonságait klímaigénybevétel alatt gyakorlatilag hosszú ideig nem változtatja.

A kromátréteg elektromos vezető sajátsága előnyös műszaki megoldások alkalmazását biztosítja. A kromátozott alumínium használata lehetővé teszi a készülékek súlycsökkentését, ahol jó felületi vezetőképesség fenntartása miatt az eloxált, vagy lúgozott alumínium szerelőlapok alkalmazása eddig nem volt lehetséges, ott galván bevonattal ellátott vas vagy réz szerelőlapot alkalmaztak. Ilyen helyeken a kromátozott alumínium szerelőlapok alkalmazása a vashoz viszonyítva kb. háromszoros, rézhez viszonyítva több, mint háromszoros súlycsökkenést eredményez.

Az alumínium kromátozása csökkenti a kontaktkorrózió veszélyét, ha a kromátozott munkadarabot passzivált horgany, kadmium, vagy ezüst bevonattal ellátott alkatrésszel kell összeépíteni. Ily módon az eljárás egyes, felületvédelemmel kapcsolatos konstrukciós problémákat is megold.

A kromátozás, mint technológiai eljárás, rendkívül olcsó, kevés helyet, készüléket, de nagy begyakorlottságot kíván. Ellentétben az eloxálással elektromos áram nélkül végbemenő, tisztán kémiai folyamat.

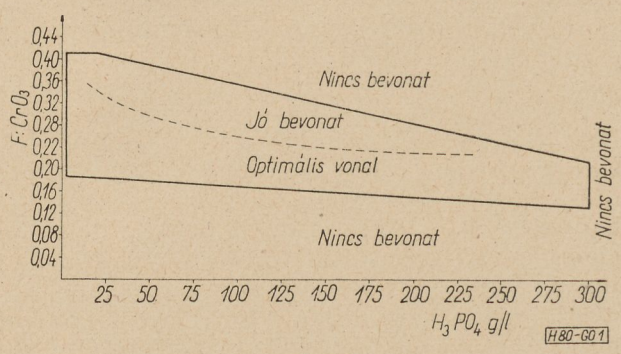
Az eloxálás kémiai eljárással való helyettesítésének igénye főként nagy munkadarabok kezelésénél merült fel először. Ilyen esetben, megfelelő méretű eloxáló berendezés vagy rendkívül drága, vagy gyakorlatilag nem is oldható meg. A legelső kémiai kezelések az eloxáláshoz hasonlóan oxidréteget alakítottak ki.

A kromátozás jelentősége nemcsak az, hogy áram nélkül lehet védőréteget kialakítani, hanem az is, hogy egy új műszaki tulajdonságokkal rendelkező védőréteget eredményez.

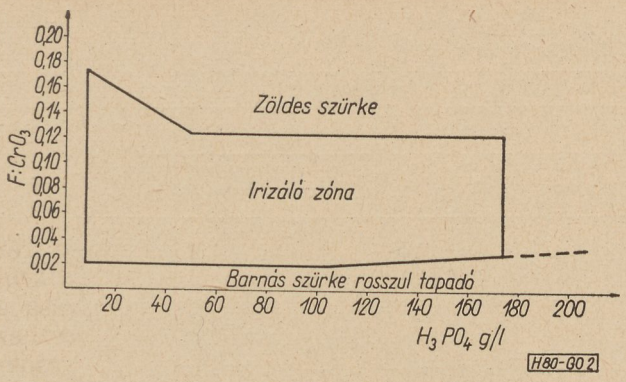
Az első gyakorlatilag hasznosítható irodalmi forrás az 1945-ből származó amerikai Frank Palin-féle szabadalom. Ő egy zöldes-szürke, jól tapadó bevonatot állított elő. Kísérletekkel igazolta, hogy jó védőréteg csak az $F : CrO_3$ aránynak és a foszforsav-tartalomnak a diagram által meghatározott összefüggéseiben képződhet (1. ábra).

Frank Palin a következő fürdőösszetételt adja meg :

PO_4^{---}	20—100 g/l
F^-	2— 6 g/l
CrO_3	6— 20 g/l



1. ábra



2. ábra

Hasonló összetételű fürdőt későbbiekben „Alodine" eljárás néven ismertet az irodalom.

Ugyanezen eljárás a német irodalomban „Alumínium foszfátozás" név alatt szerepel. Ketterl H. tanulmányt közöl az eljárásról és a képződött réteg tulajdonságairól.

Az F : CrO_3 arány és a foszforsav mennyiség további tanulmányozásával a frankfurti Metallgesellschaft Aktiengesellschaft 1957. évi szabadalma olyan eljárást ismertet, amellyel még előnyösebb műszaki tulajdonságú és esztétikailag is kedvezőbb bevonatot lehet nyerni. A közölt diagram szerint a koncentráció határok az alatt a terület alatt fekszenek, mint amelyet az F : CrO_3 viszony alsó értékeként az amerikai szabadalom megad. Ez arra a koncentráció tartományra esik, amelyre az amerikai szabadalom helytelenül kimondja, hogy rétegképződés nem lehetséges.

Összehasonlítás céljából a következőkben bemutatjuk a szabadalmi leírásban közölt diagramot, amely a pillanatnyilag általunk ismert legkorszerűbb álláspontot képviseli (2. ábra).

A diagram által határolt területen irizáló bevonat keletkezik, amely kiváló tapadó tulajdonságokkal rendelkezik és esztétikailag is kedvező.

A további és későbbi szabadalmak és tanulmányok mind elvileg az előbbi diagram alapján állnak. Különböző hozzátétekkel, nehézfémsó adalékokkal kívánnak valamilyen szempontból a bevonat tulajdonságain javítani. Így alkalmaznak különböző nehézfémsókat, ecetsavkomplexeket, bórfluorid és bizmut származékokat. A módosítások hátránya, hogy nehezebbé teszik a fürdők kézbentartását és az egyenletes minőség biztosítását.

A kromátozott réteg tulajdonságai és alkalmazhatósága

Az alumínium felületén kromátozással kialakított réteg nagyon bonyolult, nem definiálható vegyületkomplexumból áll. A bevonat alapvetően amorf króm-kromát komplex, amely valamilyen formában foszfort és fluoridot tartalmaz. A kromátozás alatt először egy gélszerű réteg képződik a felületen, amely száradás után megszilárdul. A kromát gél megszilárdulásig könnyen sérül és hőhatásra is érzékeny. Ezért öblítésnél erős vízsugártól, szárításnál dörzsöléstől és magasabb hőfoktól óvni kell. A réteg 65 C°-nál repedezik és 93 C° fellett korrózióvédő értéke jelentősen csökken.

A kromátréteg az elektromos áramot vezeti. A réteg felületi ellenállása — porózussága miatt — függ az érintkező felületek felületi nyomásától. Híradástechnikai felhasználás céljából fontos, hogy a kromátréteg elektromos tulajdonságait klímaigénybevétel alatt gyakorlatilag hosszú időn keresztül nem változtatja. Összehasonlítva a kromátozott alumíniumot lúgozott alumíniummal a kromátozott felület ellenállása valamivel nagyobb, mint a lúgozotté, de a fémes alumíniumon gyorsan képződő oxidréteg hamarosan lerontja a lúgozott felület kezdeti jó vezetőképességét.

A híradástechnikai iparban a kromátozás alkalmazható mindazon alumínium alkatrészeknél, ahol jó korrózióvédelemre és elektromos vezetőképességre van szükség. Így külföldön széles körben használják szerelőlapok, kontaktusok, elektromos kapcsoló dobozok kikészítésénél.

Elektromos készülékeknél elkerülhetetlen, hogy különböző fémekből készült, vagy különböző bevonattal rendelkező alkatérszek kerüljenek szoros kapcsolatba egymással. Ilyen összeépítéseknél, a levegőben mindig jelenlevő nedvesség hatására, kontaktkorrózió lép fel. Ha az összeépítés nem kerülhető el, akkor a fémek közötti galvanikus potenciál csökkentésére az alumínium alkatrészt kromátozzuk, a cink, kadmium, vagy ezüst bevonatot pedig kromátos oldatban passziváljuk.

A kromátréteg nem alkalmazható ott, ahol nagy keménységre és kopásállóságra van szükség. Ezen tulajdonságai alatta maradnak az eloxréteg értékeinek. Hajlítással szemben a kromátrétegnek azonban nagyobb az ellenállása, mint az eloxrétegé.

A porózus kromátréteg az eloxréteghez hasonlóan szerves színezékkel színezhető. A szerves színezékek kémiai és fizikai kapcsolatot létesítenek a bevonattal, ezért jó állandósági fokokkal tűnnek ki.

A tárgyalt technológia szerint előállított kromátréteg alapvetően kékes-zöld bevonat, amely tetszetősen irizál. A bevonat színárnyalata függ a kezelt alumínium összetételétől. A színalumíniumnál a bevonat világos, réz és mangán tartalmú ötvözeteknél a bevonat sötétebb színárnyalatú, ezért egy készüléken belül az alkatrészek lehetőleg azonos anyagból készüljenek.

A bevonat összetétele függ ezenkívül a kezelés idejétől és a kezelés hőfokától. Magasabb hőfokon, vagy huzamosabb ideig történő kezelésnél sötétebb színű bevonat képződik.

A kromátréteg javítja a lakkok tapadását az alumíniumon, ezért festékalapnak jól használható. A festékek élettartamát növeli és ilyen szempontból egyenértékűnek tekinthető az eloxréteggel. Egyes szerzők szerint a kromátréteg pótolja a cinkkromátos könnyűfém alapozó

1. táblázat

Korróziós vizsgálatok összefoglalása

Fürdő összetétel	Kromátozás		Lemez anyaga	Kromátozott lemezek vizsgálat előtt	Klíma vizsgálatok							
					Gyorsított nedves-meleg			Sópermet			Tartam nedves-meleg	
	Hőfoka C°	Ideje perc			1 nap	6 nap	12 nap	2 nap	7 nap	12 nap	21 nap	56 nap
I. fürdő	50	3	Al	Egyenletes, enyhén irizáló, zöldes bevonat	—	—	mattult	—	—	foltosodás mattulás	—	—
I. fürdő	50	3	Dural	Egyenletes, zöldesbarna, enyhén irizáló bevonat	—	—	erős mattulás	—	—	lyukasztásnál, széleken korrózió	—	—
I. fürdő + 3 g/l $NiSO_4 \cdot 7H_2O$	50	3	Al	Nagyon szép, élénken irizáló bevonat	—	—	mattulás	—	—	erős mattulás	—	—
I. fürdő + 3 g/l $NiSO_4 \cdot 7\,H_2O$	50	3	Dural	Szép irizáló barnás színárnyalatú bevonat	—	—	mattulás	—	—	széleken korrózió	—	—
I. fürdő + 3 g/l $NiCl_2 \cdot 6H_2O$	50	3	Al	Matt irizáló bevonat	—	—	széleken korrózió	—	—	széleken korrózió	—	—
I. fürdő + 3 g/l $Co(NO_3)_2$	50	3	Al	Enyhén irizáló zöldes bevonat	—	—	erős mattulás	—	—	erős mattulás	—	—
I. fürdő + 3 g/l $Co(NO_3)_2$	50	3	Dural	Barnászöld árnyalatú enyhén irizáló bevonat	—	—	erősen mattult széleken korrózió	—	—	széleken kezdődő korrózió	—	mattulás
I. fürdő + 3 g/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	50	3	Al	Enyhén irizáló kékeszöld alaptónusú bevonat	—	mattul	széleken korrózió	—	—	felületen pontszerű korrózió	—	erős mattulás
II. fürdő	50	3	Al	Enyhén irizáló zöldes bevonat	—	mattulás	széleken korrózió	—	—	mattulás	—	—
II. fürdő	50	3	Dural	Zöldesbarna enyhén irizáló bevonat	—	mattul	széleken korrózió	—	mattul	erős mattulás	—	mattulás
II. fürdő + 3 g/l $NiSO_4 \cdot 7H_2O$	50	3	Al	Zöldes egyenletes irizáló bevonat	—	mattul	erősen mattul	—	mattul	széleken kezdődő korrózió	—	—
II. fürdő + 3 g/l $NiCl_2 \cdot 6H_2O$	50	3	Al	Szép irizáló bevonat	—	mattul	széleken kezdődő korrózió	—	mattul	széleken kezdődő korrózió	—	mattul
II. fürdő + 3 g/l $Co(NO_3)_2$	50	3	Al	Enyhén irizáló bevonat	—	—	mattulás	—	—	mattulás	—	mattul
II. fürdő + 3 g/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	50	3	Al	Kékeszöld enyhén irizáló bevonat	—	erősen mattul	széleken korrózió	—	mattul	széleken korrózió	—	erősen mattul

Megjegyzés : I. fürdő összetétele 22 g/l CrO_3
180 g/l H_3PO_4 (75 %-os)
4,1 g/l NaF

II. fürdő összetétele 22 g/l CrO_3
180 g/l H_3PO_4 (75 %-os)
2,05 g/l NaF

használatát lakkbevonatoknál. Szerintünk ezt esetenként a klímaterületnek megfelelő korróziós vizsgálattal kell eldönteni.

Beégetős lakkoknál a magas hőfokigénybevétel miatt a kromátréteg hatása megszűnik. Egyes kutatók szerint ha lakkokat kromátozott felületre viszünk fel, káros mellékhatások nélkül a száradási idő csökken.

Teljesség kedvéért megemlítjük, hogy az alumínium kromátozását rendkívül széles körben használja a repülőgép- és közlekedési par. Ezen a területen kiemelik a szerzők az eljárás gazdaságosságát, mivel nem kell a nagy munkadarabok számára költséges elektromos berendezést létrehozni. Számos beszámoló kitér a kromátozás széleskörű hadiipari alkalmazására.

Kísérletek

Irodalmi tanulmányozás alapján igen sok fürdővel végeztünk kísérletet. Gyakorlatilag használható eredményeket a következő két fürdővel tudtunk elérni :

	I.	II.
CrO_3	22 g/l	22 g/l
H_3PO_4 (75%)	180 g l	180 g/l
NaF	4,1 g/l	2,5 g l
$F : CrO_3$	0,084	0,042

A két fürdő között csak NaF tartalomban van különbség. A NaF szerepe nem teljesen tisztázott. A kromátréteg kialakulásában rendkívül fontos szerepe van és nem tisztázott kötési módon a védőréteg is tartalmaz fluoridot.

Számos kutató foglalkozott az általunk vizsgált fürdőtípusokhoz hasonló fürdőknél különféle adalékanyagok hatásának vizsgálatával. Mi magunk is alkalmaztunk néhány nehézfémsó adalékot 3 g/l mennyiségben, ezek a következők voltak : nikkelszulfát, nikkelklorid, kobaltnitrát és rézszulfát.

Vizsgáltuk a kromátozás és az utókezelés körülményeinek hatását a kromátréteg tulajdonságaira. Az általunk elvégzett nagyszámú kísérlet részletes ismertetésére természetesen nem térhetünk ki, ezért a kísérletsorozatból csak a leglényegesebbeket emeljük ki. Az egyes tényezők szerepének vizsgálatánál a legfontosabb szempont a védőérték változása, melyet korróziós vizsgálatokkal ellenőriztünk. A I. és II. típusú fürdővel végzett kísérleteket és a csatlakozó korróziós vizsgálatok eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A kísérletekből levonható következtetések

A fluoridtartalom — illetve az $F : CrO_3$ arány — érzékenyen befolyásolja a kromátréteg védőértékét és színét. A magasabb fluoridtartalmú fürdőből erősebben irizáló bevonat képződik, amelynek korrózióval szembeni ellenállóképessége jelentősen jobb.

Az ötvözet összetételétől szintén függ a bevonat színe és korrózióval szembeni ellenállása. Réztartalmú ötvözeteken kialakult kromátréteg korróziós ellenállóképessége mindhárom korróziós vizsgálatnál kedvezőtlenebbnek bizonyult.

Vizsgálataink szerint a nehézfémsó adalékok lényegesen nem javítják a kromátréteg tulajdonságait. Nikkelszulfát adagolása esetén a kromátréteg színe mélyül, tetszetősebb lesz, ezért adalékanyagként a továbbiakban is felhasználtuk. Rézszulfát és nikkelklorid adagolása esetén a kromátréteg korrózióval szembeni

2. táblázat

Kromátozás technológiájának műveletei

Műveletek	Körülmények: Hőfok C°	Körülmények: Időtartam perc	Körülmények: Fürdő fajsúlya g/cm³	Fürdő összetétele	Kád anyaga	Megjegyzés
1. Benzines zsírtalanítás	18—20	1—2		benzin	alumínium	
2. Lúgozás	65—70	2—5	1,053	50 g/l NaOH	vaslemez	
3. Folyóvizes öblítés	18—20			csapvíz		
4. Réz eltávolítás	18—20	1—2	1,169	25%-os HNO_3	PVC-vel bélelt vaslemez	rezet nem tartalmazó ötvözetek nél csak áthúzás
5. Folyóvizes öblítés	18—20			csapvíz		
6. Kromátozás	50±2	3	1,09—1,1	22 g/l CrO_3 180 g/l H_3PO_4 4,3 g/l NaF 3 g/l $NiSO_4 \cdot 7H_2O$	saválló acél	a kromátozó kádban a folyadékszintet meg kell jelölni és a párolgási veszteséget kondenzvagy desztillált vízzel pótolni
7. Öblítés hideg folyóvízben, bemártással	18—20			csapvíz	alumínium	öblítés alatt vízsugár alá tartani a lemezeket nem szabad
8. Öblítés meleg folyóvízben bemártással	max. 60			csapvíz	alumínium	
9. Szárítás meleg levegővel	max. 60					fűrészporban ledörzsölni nem szabad

védőértéke romlik. Klorid ión jelenléte a fürdőben a lemez felületén pontszerű bemaródásokat okozott.

A klímavizsgálatok a magyar Híradástechnikai Szakmai Szabvány (KGMSZ. 670.500) előírásainak megfelelően történtek. A szabványban ismertetett igénybevételek közül a „D" gyorsított nedves-meleg, a „C" tartós nedves-meleg és a „K_c" sósköd igénybevételeket alkalmaztuk. A táblázatban feltüntetett adatok szerint a próbalemezek a „D" igénybevétel 4., a „C" igénybevétel 4. és a „K_c" igénybevétel 4. szigorúsági fokának felelnek meg.

A kromátozás technológiájának műveletei

Mivel a kromátréteg színe és korrózióvédő értéke függ a kromátozás körülményeitől, ezért azokat szigorúan azonos értéken kell tartani. A technológiai műveleteket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A kromátozó fürdő elkészítése a következő módon történik: Először feloldjuk a CrO_3-at, majd hozzáadjuk a H_3PO_4-et. A víz egy-egy kis részletében külön feloldjuk a NaF-ot és a $NiSO_4 \cdot 7H_2O$-t, s egyenletes keverés közben a krómsav-foszforsav elegyhez adjuk.

A kromátozó kád fűtését a legcélszerűbb elektromosan megoldani, mert ez kontakthőmérővel jól szabályozható és az 50 ± 2 C° betartását biztosítani tudjuk.

1 liter fürdő térfogatra 60—70 dm² kromátozandó felületet lehet számítani, utána a fürdőt erősíteni kell, vagy ki kell cserélni.

IRODALOM

1. *Walter E. Pocock:* Finishes for Alumínium Alloys Part II. Chemical or Conversion Coatings. Metal Progress 70 k. 5 sz. 1956. nov. p. 97—101.
2. Aluminium Cleaning time sliced in half. Chemical chromating process prepares even the biggest airframes for painting at Lockheed. Steel 133 k. 5 sz. 1953. aug. 3. p. 127.
3. *H. Ketterl:* Die Chromatierung von Aluminium. Aluminium, 7. 1958. p. 398.
4. *H. Ketterl:* Das Alodineverfahren. Aluminium 28. 1952. p. 346—349.
5. *H. Ketterl:* Die Phosphatierung von Aluminium. Aluminium 29. 1953. p. 509—513.
6. *W. Machu:* Nichtmetalische anorganische Überzüge. 1952. S. 105.
7. Alumínium és ötvözeteinek felületvédelme árammentes módszerekkel. Zprávy Z. Technologia 1954. 8. sz.
8. *Dr. E. Hermann:* Chemische Schutzschichten Aluminium 1959. 6. p. 344.
9. *Dr. A. Pollack:* Könnyűfémfelületek vegyi védelme. Metall 1957. szept. p. 754—755.
10. *R. Stricklen:* Ein neues Verfahren zum Schutz von Aluminium. Materials and Methods 35. S. 91—95. (1952)
11. Szabadalmak: Österreichisches Patent 190 764 (1957)

A.P. 2,796.370
A.P. 2,296.371
A.P. 2,843.513
A.P. 2.844.496
A.P. 2,859.147
A.P. 2,867.514
A.P. 2,868.682
F.P. 1,075.264
F.P. 1,119.649
F.P. 1,174.128

SZEMLE

Összeállította: HARGITAI ENDRE

Rendkívül kis légnedvességű és kisnyomású levegőben (nagy magasságokban) a forgógépek szénkeféi berágódnak és kedvezőtlen körülmények között már néhány perces üzem alatt elporlanak. Ennek jelentősége a nagy magasságban haladó repülőgépek forgó generátorainál mutatkozik meg elsősorban. A kérdés megoldására olyan kefeanyagokat dolgoztak ki, amelyek adalékokat tartalmaznak, hogy a hiányzó légnedvesség kenő hatását száraz kenőanyagukkal pótolják. Kísérleteket végeztek e kefékkel 95 mm átmérőjű rézgyűrű mellett, amely 15 m/s kerületi sebességgel forgott. Három kefeanyagot próbáltak ki, amelyeket 420 p/cm² nyomással terheltek meg. Az alkalmazott áramerősség 10 ... 18 A/cm² között változott. A vizsgálati összeállítást barokamrában helyezték el és a kiértékelést a kefefogyás/idő függvény alapján végezték el.

A három kefetípus a következő volt.:

A molibdénszulfid egyenletesen elosztva a szénkefe anyagában

B molibdénszulfid a felfekvő felületre merőleges furatokban vagy rovátkákban alkalmazva

C azonos a *B* típussal, de kis mennyiségű báriumfluorid adalékkal.

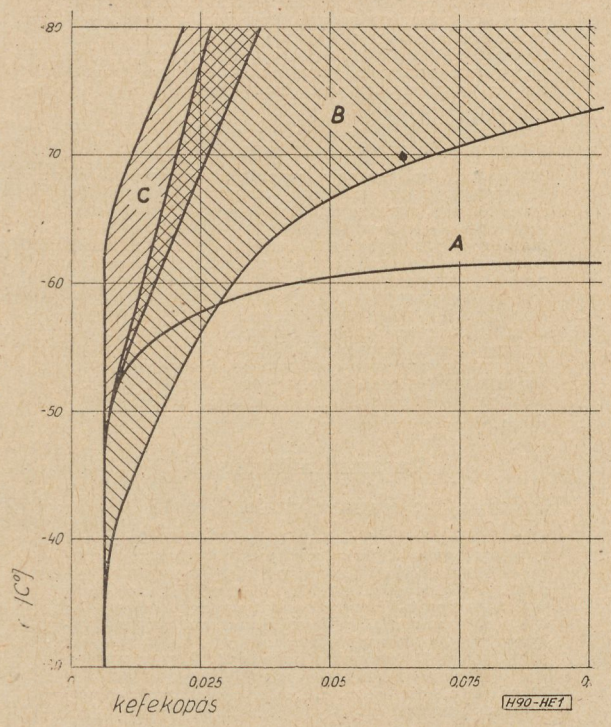
Megállapították, hogy a kefefogyás független mindhárom típusnál az áramerősségtől. A kefefogyás és a harmatpont összefüggését az 1. ábra szemlélteti 20 000 m magasságnak megfelelő légnyomás mellett (55,2 mbar légnyomásnál). Az ábrából látható, hogy —60 C° harmatpont fölött az *A* kefetípus rendkívül kopik, porlik az adalék ellenére. A *B* típus lényegesen jobb eredményt mutatott fel, de a legmegfelelőbb a *C* típus.

(Az ábrát lásd a következő oldalon.)

*

Újabban a General Telephone and Electronics Laboratories olyan tunneldiódát fejlesztett ki, amely 10 000 MHz-ig használható. Jelenleg tömegben gyártják a 300 MHz-ig felhasználható típusokat. Különleges kerámiai foglalatban ezek a diódák üregekbe helyezve 8000 MHz-ig jól működnek. Az új 10000 MHz-es tunneldióda germánium helyett gallium-arzenidből készül.

*



1. ábra

Érdekes összehasonlítást találunk hírközlő rendszerek gazdaságosságáról a Bell Laboratoires Record 1960. II. számában.

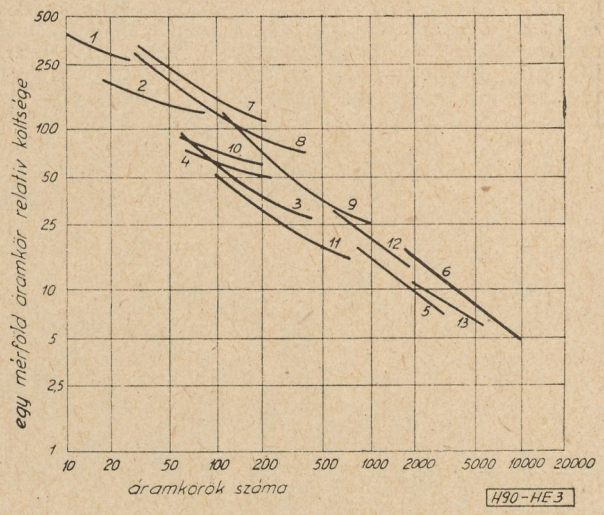
Rövid távolságú berendezések

A berendezés megnevezése	Összeköttetés	Frekvenciasáv (kHz)	Az összeköttetés maximális hossza (km)	Csatornaszám	
				irányonként	egységenként
2 huzalos	légvezeték	0,3..3,4	320	12	1
4 huzalos	kábel	0,2..3,4	160	450	1
C	légvezeték	4,6..30,7	800	60	3
J	légvezeték	36..143	1250	144	12
O	légvezeték	2..156	250	300	16
N	kábel	44..260	320	600	12
ON	kábel	36..268	320	1000	20—24
OK/K	kábel	6 8..136	320	120	12—16
TJ	rádió	10,7..11,7	320	720	48—240
W—F	rádió	5,9..6,4	250	180	48
P	légvezeték	8..100	40	14	4

Nagyávolságú berendezések

A berendezés megnevezése	Összeköttetés	Frekvenciasáv (kHz)	Csatornaszám	
			sávonként	irányonként
K	kábel	12..60	12	720
L_1	koaxiális kábel	60..3096	600	1 800
L_3	koaxiális kábel	308..8320	1860	5580
TD-2	rádió	3700..4200	600	3 000
TH	rádió	5925..6425	1800	10 800
O/H	rádió	800..2200	36—120	120

A mérföld áramkörre eső évi fenntartási költséget (végberendezések költsége nélkül) a csatornaszám függvényében a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. Összehasonlítás hírközlő rendszerek gazdaságosságáról.

Légvezetékes rendszerek: 1 — hangfrekvenciás összeköttetés; 2 — hangfrekvenciás összeköttetés és C berendezés (háromcsatornás); 3 — hangfrekvenciás összeköttetés és C + J berendezések (három és 12 csatornás); 4 — O berendezés(16 csatornás)

Mikrohullámú rendszerek: 5 — TD-2 berendezés; 6 — TH berendezés

Kábel rendszerek: 7 — négyhuzalos hangfrekvenciás berendezések; 8 — kéthuzalos hangfrekvenciás berendezések; 9 — K berendezés rövid távolságra; 10 — N berendezés (12 csatornás); 11 — ON berendezés (24 csatornás). Koaxiális kábel rendszerek: 12 — L_1 berendezés; 13 — L_3 berendezés

A legkisebb fenntartási költséget a mikrohullámú és utánuk a koaxiális kábelen működő berendezések igénylik. Érdekes, hogy a légvezetékes három- és tizenkétcsatornás berendezések együttes üzeme legalább olyan gazdaságos mint a szimmetrikus kábelen működő berendezéseké. A legkevésbé gazdaságos a hangfrekvenciásan kihasznált légvezeték.

*

Japánban 1959-ben közel 1 milliárd dollár értékű elektronikus készüléket állítottak elő, ami éppen a duplája az 1958. évi termelésnek. A televíziókészülékek 335 mio, a rádióvevő készülékek pedig 157 mio dollárral szerepelnek. Rádiócsövek 72 mio, TV képcsövek 59 mio és tranzisztorok 45 mio dollár termelési értéket képviselnek.

*

Törökországban is kiépítik a televízióhálózatot. Első lépésként Ankarában, Istambulban és Izmirben létesítenek adókat, amelyeket mikrohullámú lánc fog összekötni. A berendezéseket külföldi cégek szállítják és szerelik. A vevőkészülékeket is importálják, de a későbbiek során rátérnek ezek hazai gyártására.

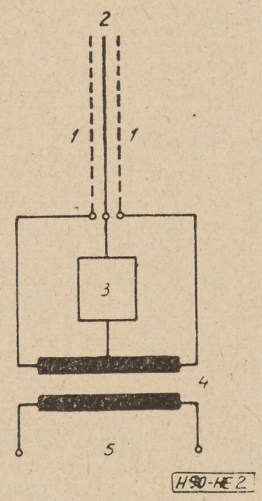
*

Indiában 1959-ben 200 000 db rádióvevő készüléket állítottak elő. A szükséges alkatrészek negyedrészét még import útján biztosították.

*

Újrendszerű elektrosztatikus hangszórót hozott piacra Max Braun Frankfurt/Main-i cég. A hangszóró nagyméretű, könnyű foliamembránja teljes felülettel rezeg két rácsos elektróda között. Frekvenciamenete majdnem teljesen egyenes. Magas hangokat

is tökéletesen lesugározza rendkívül kis torzítás mellett. Teljesen hiányzik a klasszikus hangszóróknál tapasztalt tipikus dobozhang, mert a berezgési idő kicsi és így az ebből eredő torzítások is elmaradnak. Az új hangszóró lapos és így bárhol elhelyezhető. A működés a 3. ábra alapján látható.



3. ábra. Max Braun cég hangszórója

1 — elektródák;
2 — membrán;
3 — előfeszültségforrás;
4 — illesztő transzformátor; 5 — hangfrekvenciás bemenet

Főbb jellemzők:

frekvenciasáv	45 ... 18 000 Hz ± 3 dB
legnagyobb teljesítmény	15 W
impedancia	4 és 15
mérete	83 × 77 × 32 cm

Обобщение

Др. Иштванффи Э.: Параметрические усилители

Статья трактует теоретические основы параметрических сместителей и усилителей, особенно имея в виду диод с нелинейной ёмкостью как активный элемент. Последний может быть изображён как необратный четырёхполюсник. Испытываются условия усиления на тождественной частоте, фактор шума и практические решения. Наконец описаны параметрические усилители бегущей волны, полезные средства увеличения ширины полосы.

Др. Радваньи Л.: Влияние параметров линии на проектирование оборудований проводной связи

Статья трактует вопросы соединения линий удовлетворяющих рекомменации МККТТ и многоканальных аппаратур уплотнения для телефонных разговоров; во-первых в случае воздушных линий. Описываются вопросы согласования входных кабелей, и такое решение линейных фильтров с строгой спецификацией, принцип которых выдуман автором.

Др. Иполи К.: Отечественные испытания применения кабелей с пластмассовой изоляцией

Автор описывает испытания с кабелями связи с пластмассовой изоляцией во Венгрии. Деланы кабели с бумажной изоляцией жилы и с специальной пластмассовой оболочкой. Преимуществом кабелей с изоляцией ПВХ является, что начальные низкие электрические параметры не ухудшаются значительно даже после несколько лет стояния в воде. Новым решением является кабель с изоляцией жил из полиэтиленовой фольги. Из точки зрения будущего самым важным является разработка кабелей с изоляцией жилы из сплошного полиэтилена и с оболочкой из полиэтилена. Для пересечения высоковольтных вторичных проводников подходящий провод из кадмий-бронзы с полиэтиденовой изоляцией. На неплотных поселениях самоподдерживающий воздушный кадель может экономично замещать воздушный провод. Как оболочка из кабелей полиэтилен более выгодный чем ПВХ.

Др. Шаркези Г.: Некоторые вопросы надежности оборудований связи

Статья во-первых освещает важность вопроса надежности. Потом трактуются условия влияющие на жизнь и коэффициенты повреждения отдельных деталей и цифровые данные этих коэффициентов у электрических деталей. Эти данные дают возможность делать ближние расчеты с методами статистической математики относительно ожидаемой надежности сложных систем. Даны некоторые примеры, каким образом можно увеличить надежность сложных систем.

Гати Й. и Орговани Л.: Хроматизирование алюминия и его применение в технике связи

Хроматизирование дает связный, немножно иризирующий слой зеленого основного цвета на поверхности алюминия. Важным свойством данного слоя — при применении в технике связи — является то, что он проводит электрический ток, по контрасту с слоем элокса. Применение хроматизирования может обеспечить конструктивные, технические и экономичные преимущества для деталей оборудования связи. Он является хорошой основой краски и в этом качестве может замещать слой элокса. Покрытие мягче и меньше износоустойчиво чем слой элокса. Его применения на заводах не требует электрических аппаратур. Технология проста, но необходимо точно следовать специфицированным условиям работы.

Zusammenfassungen

Dr. E. Istvánffy: Parametrische Verstärker

Der Artikel befasst sich mit den Verhältnissen der parametrischen Überlagerer und Verstärker, besonders bezüglich der Dioden mit nicht linearer Kapazität, als aktives Element. Letztere können durch Nicht-Reziprok-Vierpole ersetzt werden. Es werden die Bedingungen der Verstärkung an gleiche Frequenzen, der Rauschfaktor und die Methoden der praktischen Realisierung behandelt. Ferner werden die wirksamen Methoden der Vergrösserung der Bandweite, die parametrischen Wanderwellenverstärker beschrieben.

Dr. L. Radványi: Einfluss der Leitungseigenschaften auf die Projektierung der übertragungstechnischen Einrichtungen

Der Verfasser beschäftigt sich mit den, den CCIT Vorschriften entsprechenden Leitungen und mit den Fragen der Kupplung der Mehrkanal-Telefonieträgerstrom-Fernsprechereinrichtungen — an erster Stelle im Bezug auf Freileitungen. Er befasst sich mit der Frage der Anpassung der Zuführkabel und entwickelt eine neue Lösung zur Verwircklichung der streng vorgeschriebenen Leitungsfilter.

Dr. K. Ipolyi: Forschungen im Gebiete der Anordnung von Kunststoff-Schwachstromkabeln in Ungarn

Der Verfasser beschreibt die in Ungarn durchgeführten Vorschungen im Gebiete der Kunststoffschwachstromkabeln. Es wurden Kabel mit Papieraderisolierung angefertigt, die einen Kunststoffmantel und besondere Gürtelisolierung hatten. Die vorteilhafte Eigenschaft der P.V.C. Mantel versehenen Kabel ist, dass die am Anfang schwächeren elektrischen Werte auch nach mehrjährigem Stehen im Wasser sich nicht bedeutend verschlechtern. Eine neue Konstruktion ist der Kabel mit Polyethylenfolien-Adelisolierung. Für die Zukunft ist die Entwickelung der Kabel mit Polyethylen-Adelisolierung und mit Polyethylenmantel am wichtigsten. Für Kreuzungen der sekunderen Hochspannungsleitungen entsprechen die mit Polyethylen isolierte Kadmium-Bronz-Leitungen. In wenig bevölkerten Siedlungen können die Freileitungsdrähte wirtschaftlich durch selbsttragende Luftkabel ersetzt werden. Für Kunststoffkabel-Mäntel ist Polyethylen vorteilhafter als P.V.C.

Dr. G. Sárközy: Etliche Fragen über die Betriebsicherheit der Einrichtungen für Fernmeldetechnik

Der Artikel stellt erst die Wichtigkeit der Betriebssicherheitsfragen klar. Im weiteren beschäftigt er sich mit den Verhältnissen welche die Lebensdauer und die Störungsfaktoren der einzelnen Bestandteile beeinflussen, ferner mit den numerischen Werten dieser Faktoren bei verschieedenen elektrischen Bestandteilen. In Kenntnis dieser Angaben kann man mit den Methoden der matematischen Statistik approximative Berechnungen bezüglich auf die votaussichtliche Betriebssicherheit zusammengesetzter Systeme durchführen. Der Artikel gibt einige Beispile, die zeigen, mit welchen Gruppierungen man die Betriebssicherheit der zusammengesetzten Systemen erhöhen kann.

Frau J. Gáti und L. Orgoványi: Die Kromatierung und fernmeldetechnische Anwendung des Aluminiums und seiner Legierungen

Die Kromatierung ergibt einen gut haftenden, mild irisierenden grün grundtonigen Überzug auf die Oberfläche des Aluminiums. Von besonderer Bedeutung für die Fernmeldetechnik ist, dass die

Kromatierung im Gegensatz zu der Eloxschicht die Elektrizität leitet. Die Anwendung der Kromatierung bei fernmeldetechnischen Apparaten hat konstruktive, technische und wirtschaftliche Vorzüge. Es ist eine gute Grundschicht für Anstriche und kann in dieser Form die Eloxschicht ersetzen. Der Überzug ist weicher und ist weniger reibwiderstandsfest, als die Eloxschicht. Zu seiner betrieblichen Verwendung sind elektrische Einrichtungen unnötig. Die Technologie ist einfach, die vorgeschriebenen betrieblichen Verhältnisse müssen aber genau eingehalten werden.

Summaries

Dr. E. Istvánffy: Parametric Amplifiers

The article presents the theoretical relations of the parametric mixers and amplifiers with special regard to the diodes with non-linear capacitance as an active element. These last might be substituted by non-reciproc four-poles. It discusses the conditions of the amplification on the same frequencies, the noise figure and the practical methods of realisation. Finally it describes the enlargement of the bandwidth by means of the travelling wave parametric amplifiers.

Dr. L. Radványi: Influence of the Properties of the Line on the Planning of the Equipment for Transmission Technique

The Author describes the lines which are in accordance with the CCIT specification and the problem of linkage for multi-channel carrier current telephone equipments, notably in connection with the open-wire lines. He deals wirh the question of the matching of the entrance cable and presents his conception concerning the realisation of line filters with sever specification.

Dr. K. Ipolyi: Hungarian Experiment Concerning the Application of Plastic Cables

The author presents the Hungarian experiments made with plastic telecommunication cables. These were paper isolated cables with special belt-isolation and plastic sheats. The advantageous quality of p. v. c. cables is, that the initially weaker electrical values do not significantly decline after staying in water for several years. A new construction for cables is the polyethylenfoil isolated conductor. Most important for the future is the developpement of the solid polyethylene insulated conductor and polyethylene sheated cable. Polyethylene insulated annealed cadmium copper wire is suitable for the crossing of secundair high-voltage cables. In rarely populated settlements the self supporting aerial cables economically replace the open wire lines. Polyethylene is more advantageous for the sheat of plastic cables, than the p. v. c.

G. Sárközy: Certain Questions Concerning the Safety of Telecommunication Equipments

The articke describes the importance of the question concerning safety. It deals with the circumstances which influence the endurance and failure of certain components, further with the numerical values of these factors at different components. In posession of these data one can do with the aid of statistical methods approximate calculations concerning the safety of composed systems. It discusses some examples of the way of arrangements by which the safety of composed systems might be increased.

Mrs. J. Gáti and L. Orgoványi : Chemical Cromating Process of Aluminium and its Alloys and their Application in Telecommunication

The result of this process is an unbroken well adhesive, sligthly iridescent green coating on the surface of the aluminium. Its important peculiarity for telecommunication is, that it conducts electricity in contrats to the elox-layer. The application of this process in the components of telecommunication equipments might have technical and economical advantages. It is a good undercoat and substitutes the elox-layer well. Its coating is softer and less wear resistant, than the elox-layer. To its operative application electrical installations aren't necessary. Its technology is simple but the prescriptions have to be kept exactly.

Résumés

Dr. E. Istvánffy: Amplificateurs parametriques

L'article fait connaître les relations théoriques des changeurs de fréquence et des amplificateurs parametriques, notamment les diodes à capacité nonlinéaire comme éléments actifs. Ceux-ci peuvent être remplacés par des quadripôles non réciproques. Il expose les conditions de l'amplification sur fréquences identiques, le facteur de bruit el les méthodes pratiques de la réalisation. Enfin il présente le moyen efficace de l'augmentation de la largeur de la bande, des amplificateurs paramétriques à l'onde progressive.

Dr. L. Radványi: L'influence des propriétés des lignes sur la construction des équipements de transmission

L'auteur décrit les lignes qui sont en accordance avec les spécifications de CCIT et des questions de l'accordement des équipements courant-porteurs téléphoniques de cannaux multiples, notamment en rapport avec des lignes aériennes. Il dispute la question de l'adaptation des câbles d'entrée et il présente la réalisation des filtres de ligne d'une spécification sévère ce qui est la solution de l'auteur.

Dr. K. Ipolyi: Les expériments en Hongrie concernant les câbles de télécommunication en matière isolante plastique

L'auteur fait connaître les expériments faits en Hongrie avec des câbles de télécommunication en isolation plastique. On a produit des câbles de conducteur isolé à papier avec de manteau, d'une isolation de ceinture spéciale. La propriété avantageuse des câbles en p. v. c. c'est que les valeurs éléctriques faibles au commencement, ne s'alterent remarquablement même après être tenus sous l'eau au cours des années. Le câble à conducteur isolé d'une feuille mince de polyéthylène est une nouvelle construction. Au point de vue de l'avenir le développement des câbles à conducteur à isolation polyethylène compacte et du manteau de la même matière, est le plus important. Le conducteur en cadmium bronze est convenable pour le croisement des lignes sécondaires à haute tension. Dans les lieux rarement habités le câble autoportatif peut remplacer avec économie polyéthylène. Le polyéthylene est plus avantageux, que le p. v. c. pour la construction du manteau des câbles plastiques.

G. Sárközy: Quelques questions concernant la sécurité des installations télécommunicatives

L'article présente d'abord l'importance de la question de sécurité. Il s'occupe ensuite des circonstances qui influencent la durabilité et la facteur de corruption de certaines pièces détachées, puis des valeurs numériques de ces facteurs concernant de différentes pièces détachées. Ayant une connaissance de ces données, on peut faire les méthodes de la statistique des calculations approximatives sur la sécurité prévisible des systèmes compliqués. L'article décrit quelques examples concernant des arrangements, avec les-quels on puet augmenter la sécurité des systèmes composés.

Mme. J. Gáti et L. Orgoványi : Procédé pour appliquer une couche de cromate sur l'aluminium et ses alliages et son application dans la technique

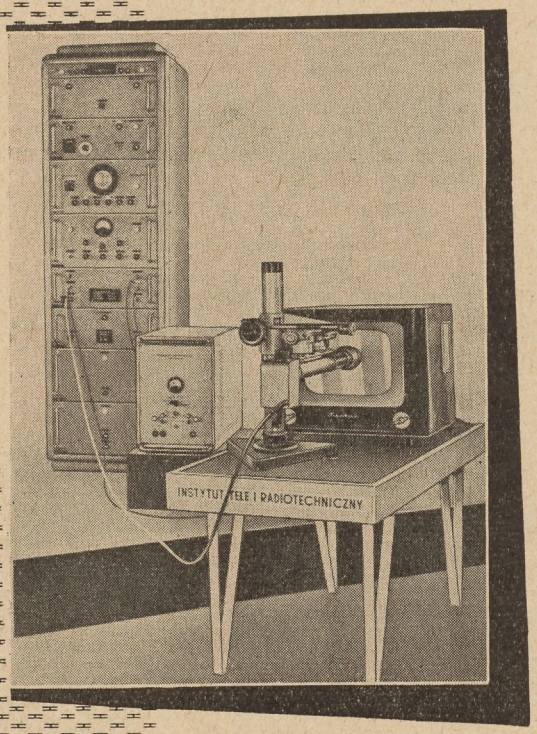
Ce procédé donne une couche cohérente, bien adhésive, doucement iridescente, de couleur verte. Sa particularité principale au point de vue de la télécommunication est, qu'a l'encontre de la couche-elox elle conduit l'électricité. L'application de ce procédé peut avoir des avantages techniques et économiques dans la construction des pièces détachées. C'est une bonne couche de base pour la peinture, pouvant remplacer la couche-elox. Elle est plus molle et moins résistante à l'usure que cette dernière. Pour son application il ne faut pas avoir aucun equipment éléctrique. Sa technologie est simple mais il faut observer exactement les prescriptions.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

Felelős szerkesztő: Balogh Pál — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó Budapest, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. — Telefon: 113-450
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1155 példányban

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál
Előfizetési díj: félévre 15 Ft, egész évre 30 Ft. Egyes szám ára: 5 Ft. Megjelenik kéthavonta — Csekkszámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066, vagy átutalás az MNB 07. sz. folyószámlájára.

61.12621 Egyetemi Nyomda, Budapest, Dohány utca 12. — F. v. Janka Gyula igazgató



Minden kutatólaboratóriumban, amely a televíziótechnika problémájával foglalkozik,

minden televíziókészülék- és berendezésgyárban,

minden televíziójavító műhelyben

használunk lengyel elektronikus mérőkészülékeket a televíziótechnika részére.

Legmodernebb korstrukciójú kiváló készülékek, megbízható kivitelű építő sorozatok. Leggondosabb szerelés. Legegyszerűbb kezelés.

Ajánlunk:

TSE-2M típusú elektrooptikai képminőség-vizsgáló berendezéseket, fekete-fehér televízió képekhez,

különféle konstrukciójú fűrészrezgés generátorokat,

video-generátorokat,

kisfrekvenciás és nagyfrekvenciás generátorokat,

volt-, ohmmérőket a televíziótechnika részére,

vektoroszkópokat,

fáziseltolódás-mérőket

és egyéb televízióméró berendezéseket.

FORDULJON TÁJÉKOZTATÁSÉRT HOZZÁNK!
KÉSZSÉGGEL NYÚJTUNK BÁRMILYEN FELVILÁGOSÍTÁST
ÉS ELKÜLDJÜK AJÁNLATAINKAT.

Kizárólagos exportör:

„Elektrim"

Lengyel Külkereskedelmi Elektrotechnikai Kft.
Warszawa, 2, Czackiego 15/17. Lengyelország

Telefon: 662-71
Távirati cím: Elektrim Warszawa
Postafiók: 254

ATVITELTECHNIKAI MÉRŐKOCSI

Műszaki adatok:

Elektronika KTS BUDAPEST

Nagyfrekvenciás generátor

Frekvenciatartomány	I 4 — 150 kHz II 150 — 320 kHz
Finom hangoló	± 4 kHz

Kimenő impedancia szimmetrikus 0—600—150—125 Ohm (külön kívánság a további két tetszőleges értékre beállítható).

Kimenőszint	+ 20 dB (+2N)-től — 60 dB (-6N)
Torzítás	2 %

Vivőfrekvenciás vevő

Szélessávú vétel

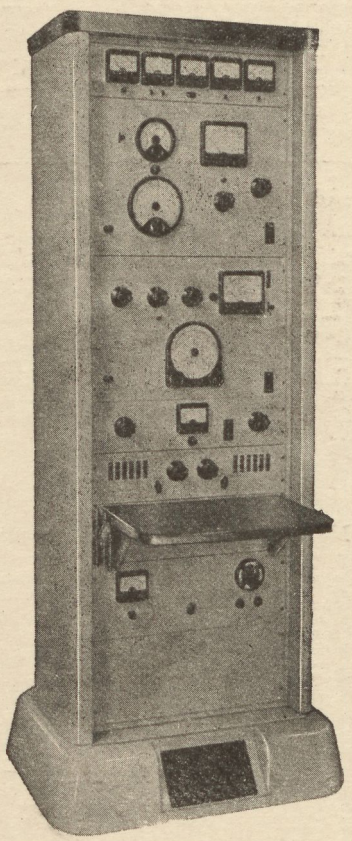
Frekvencia tartomány	I 0,3 — 10 kHz II 4 — 620 kHz
Leolvasható, szintek	— 70 (—8 N)-től + 20 dB (+2 N)
Szint pontosság	± 0.2 dB (2 cN)
Bemenő impedancia	0,3 — 60 kHz között ⩾ 10 kOhm 4 — 320 kHz között ⩾ 5 kOhm 320 — 620 kHz között ⩾2.5 kOhm
Kapcsolható lezárások	125 — 150 — 600 Ohm ± 5 %

Szelektív vétel

Frekvencia tartomány	04 — 620 kHz
Leolvasható szintek	— 110 dB (—12 N) + 20 dB (+2 N)
Bemenő impedancia	10 — 150 kHz között ⩾10 kOhm 04 — 320 kHz között ⩾ 5 kOhm 320 — 620 kHz között ⩾2.5 kOhm
Kapcsolható lezárások	135 — 150 — 600 Ohm

Impedancia mérés

Frekvencia tartomány	4 — 320 kHz
Mérési tartományok	50 — 300 Ohm 100 — 600 Ohm 500 — 3000 Ohm
Pontosság	± 10 %



Reflexiós- és szimmetria-csillapítás mérés:

Frekvencia tartomány	4 — 320 kHz
Mérési tartomány	40 dB
Mérési pontosság	± 1 dB

Hangfrekvenciás generátor 0,2 — 4 kHz

Frekvencia pontosság	± 1 %
Torzítás	1 %
Szintkapcsoló állásai	+ 20, + 5, 0, —4, —6, —10, —15 —20, —25, —30 dB
Kimenő impedancia	600 Ohm

Szűrőegység

800 Hz sávszűrő	impedancia 600 Ohm
60 kHz sávszűrő	impedancia 135 Ohm
60/120 kHz váltó	impedancia 135 Ohm

ORSZ. SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR

Méretek

A mérőkocsi teljes	magassága	kb 1900 mm
	szélessége	„ 600 mm
	mélysége	„ 370 mm

Elektronika, Budapest, VII., Klauzál u. 30. Telefon: 221-646, 221-825

Példányonkénti eladási ára : 5,— Ft

TUNGSRAM

tranzisztor típusok

OC 1070, OC 1071 és OC 1075 tranzisztorok adatai

Beállítások	Határértékek								Visszáram		h paraméterek és levágási frekvencia					Zaj
									$-U_{CB}$ 4,5V	$-U_{CE}$ 4,5V	$-U_{CE}=2$V $f=1$kHz $-I_E=0{,}5$mA (OC 1070) $-I_E=3$ mA (OC 1071—75)					$-U_{CE}=2$ V $-I_E=0{,}5$mA
Jelölések	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-I_C$	$-I_{CM}$	I_E	I_{EM}	$-I_B$	$-I_{BM}$	$-I_{CBO}$	$-I_{CEO}$	h_{11e}	h_{12e}	h_{21e}	h_{22e}	$f\alpha_e$	F
Mértékegység	V	V	mA	mA	mA	mA	mA	mA	μA	μA	kΩ	—	—	μS	kHz	dB
OC 1070	30*	30*	10	50	12	55	2	5	5	110	2,2	9.10^{-4}	30	23	15	10
OC 1071	30*	30*	10	50	12	55	2	5	4,5	150	0,8	$5{,}4.10^{-4}$	47	80	10	10
OC 1074	30*	30*	10	50	12	55	2	5	4,5	350	1,3	8.10^{-4}	90	125	8	10

*$R_{BE} \leqq 1$ kΩ

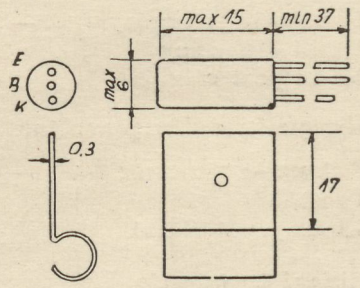
OC 1072, OC 1076 és OC 1077 tranzisztorok adatai

Beállítások	Határértékek												Visszáramok				
													U_{CB} 10 V	$-U_{EB}$ 10 V	$-U_{CE}$ 6 V	U_{CE} 6 V $-I_E$ 10 mA	$-U_{CE}$ 2 V $-I_E$ 0.5 mA
Jelölések	$-U_{CB}$	$-U_{CBM}$	$-U_{CE}$	$-U_{CEM}$	$-U_{EB}$	$-E_{EBM}$	$-I_C$	$-I_{CM}$	I_E	I_{EM}	$-I_B$	$-I_{BM}$	$-I_{CBO}$	$-I_{EBO}$	$-I_{CEO}$	$f_{\alpha e}$	F
Mértékegység	V	V	V	V	V	V	mA	mA	mA	mA	mA	mA	μA	μA	μA	kHz	dB
OC 1072	32	32	32*	32*	10	10	125	250	125	250	20	125	4,5	4,5	125	>8	<15
OC 1076	32	32	32*	32*	10	10	125	250	125	250	20	125	4.5	4,5	125	>8	<15
OC 1077	60	60	60*	60*	10	10	125	250	125	250	20	125	4,5	4,5	125	>8	<15

*$R_{BE} \leqq 1$ kΩ

Maximálisan megengedett kollektor veszteségi teljesítmény

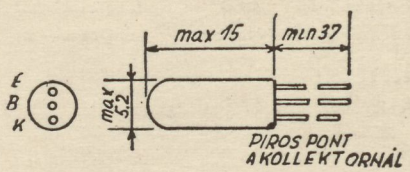
Típus	Hűtőlemez nélkül		12 5 cm² hűtőlemezen	
	Környezeti hőmérséklet		Környezeti hőmérséklet	
	25 C°	45 C°	25 C°	45 C°
OC 1070 OC 1071 OC 1075	125 mW	75 mW	—	—
OC 1072 OC 1076 OC 1077	125 mW	75 mW	165 mW	100 mW



Az OC 1072 OC 1076 OC 1077 tranzisztorok külalakrajza

Nagyjelű áramerősítési tényező az OC 1072, OC 1076 és OC 1077 típusoknál

$-U_{CE}$ / I_E	h_{21E} 5,4 V 10 mA		h_{21E} 0 7 V 80 mA		h_{21E} 0.7 V 125 mA		h_{21E} 1 V 250 mA	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
OC 1072	45	120	30	90	25	—	15	—
OC 1076 OC 1077	45	330	30	230	25	170	15	125



Az OC 1070 OC 1071 OC 1075 tranzisztorok külalakrajza