

VI

Magyar HIRADÁSTECHNIKA

3



Magyar

HIRADÁSTECHNIKA

A HIRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Szerkesztőség:

Budapest VI.
Rudas László u. 45.
Telefon: 113—027

Felelős szerkesztő:

Lévai Pál

Szerkesztőbizottság:

Alkér Tibor
dr. Barta István
Boglár Gyula
Bognár Géza
dr. Dénes Péter
Istvánffy Edvin
Izsák Miklós
Koczka László
Kodolányi Gyula
Komlós István
dr. Orbán György
Sárközy Géza
Székely Mihály
Szigeti György
Szikszay Lajos
Vágó Artúr
Valkó Iván Péter
Winter Ernő

Megjelenik kéthavonta
Előfizetési ár egy évre 30.—
Példányonként 6.— Ft.

Ambrózy András—Tarnay Kálmán: Elektroncsövek kimenő teljesítményének mérése	65
Ipolyi Károly: A PVC öregedése és annak vizsgálata (II. rész)	72
Rajó László: Újtípusú középfrekvenciaszűrők alkalmazása rádióvevőkészülékekben	76
Katona János: A híradástechnikai és műszertechnikai ellenállások újabb fejlődési irányai (II. rész)	87

A. Амбрози—К. Тарнай: Измерение выходной мощности электронных ламп	65
К. Ипольи: Старение П. В. Х. С. и его исследование (II.)	72
Л. Раё: Применение фильтров промежуточной частоты нового типа в радиоприёмных устройствах	76
Я. Катона: Пути новейшего развития сопротивлений применяемых в технике овази и приборостроении (II.)	87

A. Ambrózy—K. Tarnay: Messung der Ausgangleistung von Elektronröhren	65
K. Ipolyi: Veralterung und alterungsuntersuchung von PVC (II.)	72
L. Rajó: Die Verwendung Mittelfrequenzfilter neuer Typ in Rundfunkempfänger	76
J. Katona: Neuere Entwicklungslinien der Widerstände in der Fernmelde- und Messtechnik (II.)	87

A. Ambrózy K. Tarnay: Mesure de la puissance de sortie des amplificateurs	65
K. Ipolyi: Vieillessement du PVC et sa mesure (II.)	72
L. Rajó: Application dans les récepteurs radiophoniques des filtres a fréquence moyenne du type nouveau	76
J. Katona: Tendances nouvelles du développement des résistances de la télécommunication et des appareils de mesures (II.)	87

A. Ambrózy—K. Tarnay: Measurement of output power of valves	65
K. Ipolyi: Aging of PVC and its test (II.)	72
L. Rajó: Employment of a new type middle-frequency filter in radio-receivers	76
J. Katona: New principles of development of resistors for communications and testing instruments (II.)	87

Elektroncsövek kimenőteljesítményének mérése

AMBRÓZY ANDRÁS és TARNAY KÁLMÁN
Budapesti Műszaki Egyetem Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszék

Összefoglalás: Az alábbiakban elektroncsövek kimenőteljesítmény mérésének általános szempontjait és egy üzemi célokra alkalmazott kimenőteljesítménymérő berendezést ismertetünk, melyet a híradástechnikai ipar és a Műszaki Egyetem közötti kooperáció keretében az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Gyár részére a Budapesti Műszaki Egyetem Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszéke készített. A berendezés a teljesítményt ohmos ellenálláson méri, ezzel kiküszöböli az anódköri transzformátor vagy fojtótekeres által okozott mérési hibákat. Kapcsolástechnikai szempontból új megoldású effektívértékmérő cső-voltmérőt, torzításmérőt és tápfeszültségstabilizátort tartalmaz.

Rádiókészülékek végerősítő fokozataiban „A” osztályú triódás vagy pentódás végerősítőt találunk. Végerősítő csövek minőségellenőrzésénél fontos szerepet játszik a cső által szolgáltatott váltóáramú teljesítmény nagyságának ellenőrzése. A csőre jellemző az

a) érzékenység, mely az 50 mW kimenőteljesítmény előidézéséhez szükséges rács-váltófeszültség, és a

b) maximális kimenőteljesítmény, melyet a cső 10% torzítási tényező mellett szolgáltat. Néha maximális kimenőteljesítményként a teljes rácsfeszültségkivezérlés esetén ($3 \div 10/\mu\text{A}$ rácsáram fellépéséig) leadott teljesítményt szokás megadni.

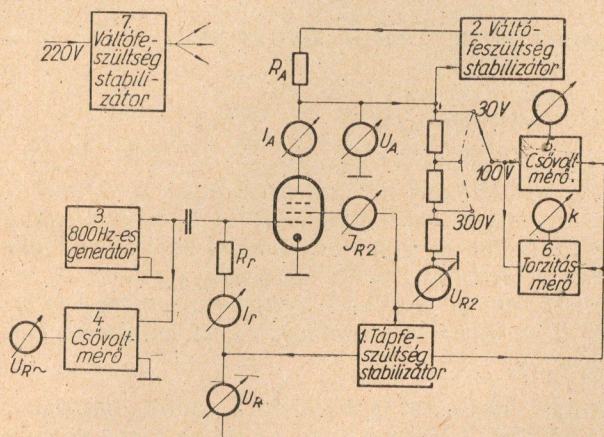
c) Jellemzi továbbá a végerősítőcsövet a maximális kivezérléshez tartozó torzítási tényező, valamint egyes kisebb kimenő teljesítmények a torzítási tényezőikkel.

Hangfrekvenciás teljesítmények és torzítások mérése ma már általában különböző módszerekkel végezhető el és nem okoz különösebb problémát. Az alábbiakban leírt, dr. Barta István egyetemi tanár elgondolásai alapján megtervezett berendezés annyiban jelent különleges esetet, hogy lehetővé teszi végerősítő csövek teljesítményének és torzításának folyamatos módon történő mérését, amint ez az elektroncsövek gyártási ellenőrzésének követelménye. Ennek megfelelően a mérést elegendő egyetlen, tetszőszerinti frekvencián elvégezni, hiszen a számításbajóképp frekvenciákon a cső karakterisztikája és tulajdonságai nem változnak. Szükséges azonban a mérést úgy végezni, illetve a mérőberendezést úgy megszerkeszteni, hogy lehetővé tegye a legkülönbözőbb csőtípusok előírással munkapontjukon történő gyors mérését a legkülönbözőbb anódteljesítményeknél, anódfeszültségeknél és fűtésbeállításoknál. Az alkalmazott anód-munkaellenállások is igen széles határok között különböznek egymástól a telepes csövek 15 — 20 kOhm-os értékétől a nagyobb végtriódák néhány száz ohmos értékéig. Az egyetlen mérőfrekvencia lehetővé teszi a torzításmérés jelentős gyorsítását: nincsen szükség, mint más célra szükséges berendezéseknél, az alapharmónikus beállítással történő kiszűrésére, hanem lehetséges megfelelő minőségű, a levágási frekvenciatartományban megfelelő csil-

lapítást biztosító felüláteresztő szűrőt használni. Ez viszont lehetővé teszi, hogy az átengedett, a torzításból eredő felharmónikusok effektív értékét közvetlen kompenzációs módszerrel hasonlíthassuk össze az eredeti jel egy törtrészeivel, amely közvetlenül a torzítás értékét szolgáltatja. E leosztás előre be is állítható és ezáltal a berendezés torzításmérő részében alkalmazott, a kompenzálást jelző torzításmérő mutatós műszer segítségével a cső egyenesen és közvetlenül a kívánt torzításig vezérelhető. E közben a leadott hasznos teljesítmény is közvetlenül mérhető egy effektív értékeket mutató műszer segítségével.

Régebbi berendezéseknél a mérendő cső anódáramellátása megfelelő nagyságú vasmagos fojtótekeresen át történt. E tekeres veszteségi ellenállása és reaktanciája párhuzamosan kapcsolódott az alkalmazott ohmos munkaellenállással, hasonlóképpen párhuzamosan kapcsolódott a teljesítményt mérő műszer, valamint a torzításmérő berendezés is, nehezen korrigálható módon megváltoztatva a munkaellenállás pontos értékét. További zavart okozott azonkívül azon körülmény is, hogy a vasmagos fojtótekeresen elkerülhetetlenül keletkező torzítások meghamisították a mérést, általában rosszabbnak tüntetve fel a csövet a valóságnál. A fojtótekeres kiküszöbölése lehetséges: a mérendő cső anódkörébe tisztán ohmos munkaellenállás kerül, a nyugalmi áram által okozott egyenfeszültségesést pedig azzal kompenzáltuk ki, hogy alkalmazott anódfeszültség ugyanezen értékkel nagyobb. Ilyen esetben azonban a folyamatos mérést gátolja, hogy az egymás után következő csövek anódáramának szórása folytán az anódon fellépő egyenfeszültséget újra meg újra be kell állítani. E hiba azáltal volt kiküszöbölhető, hogy az egyenfeszültség szükséges stabilizálását a mérendő cső anódjára vonatkoztatva végeztük el. Ezáltal nem csak az utánszabályozás nélküli csőcsere vált lehetségessé, hanem a cső vezérlés nélkül és vezérelve az esetleg beállított anódáram-változásra való tekintet nélkül mindig azonos feszültségen dolgozik. További stabilizátorokkal az egyéb tápteljesítmények is (fűtés, előfeszültség, segédrácsfeszültség) az egyes csövek által, valamint a hálózat által okozott változásoktól függetlenül lettek.

A fenti szempontok szerint megtervezett kimenőtelijsítménymérő berendezés blokkvázlata az első ábrán látható.



1. ábra
Kimenőtelijsítménymérő blokkvázlata

A cső részére az 1. jelű stabilizált egyenfeszültségforrás szolgáltatja a rác és segéd rác egyenfeszültségeket, a 2. jelű stabilizált egyenfeszültségforrás a cső anódegyenfeszültségét adja az R_A anódmunkaellenálláson keresztül. A cső rácsváltófeszültségét a 3. jelű 800 Hz-es generátor szolgáltatja és a 4. jelű hangfrekvenciás csővoltage mérő (EMG 1311 típus) méri. A cső anódján fellépő váltó feszültség effektív értékét az 5. jelű csővoltage mérő méri és ugyanide csatlakozik a 6. jelű torziós mérő. A tápfeszültségeket 220 V 50 periódusú hálózathoz egy HTV gyártmányú ferromagnetiás stabilizátor (7) stabilizálja.

A kimenőtelijsítmény mérése

Egy végerősítőcső kimenőtelijsítménye a harmonikus feszültségamplitúdók és a végerősítő váltóáramú munkaellenállása ismeretében határozható meg:

$$P = \frac{\sum U_n^2}{R_A}$$

Szokás a kimenőtelijsítményt úgy is definiálni, hogy hasznos teljesítménynek csak az alapharmónikus teljesítményt tekintjük. A teljesítményt meghatározó összefüggésből következik, hogy a méréshez négyzetes karakterisztikájú műszert kell alkalmazni. A feszültség mérésére csúcs vagy átlagértéket mérő műszer nem alkalmas, mert a fellépő harmonikusok különösen a csúcsértéket erőteljesen befolyásolják. A második ábra a második és harmadik harmonikus hatását mutatja. Látható, hogy a második harmonikus, mely triódák torzításában dominál, a pozitív csúcsot kihegyezi és megnöveli, a negatívot pedig ellaposítja. Pentóda esetén, ahol a harmadik harmonikus hatása túlnyomó, a csúcsok szimmetrikusan belapulnak. Nyilvánvaló, hogy a csúcsmérő műszerek mindkét esetben igen pontatlanul mutatják a teljesítményre

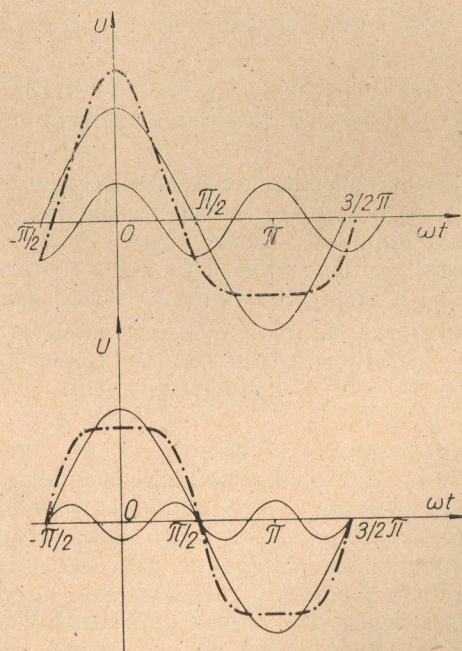
elsősorban jellemző alapharmónikus amplitúdóját.

A feszültség mérésére szóba jöhető megoldások a következők:

1. Kuprox egyenirányítós Deprez műszer.
2. Termokereszt.
3. Hődrótos műszer.
4. Bolométer-híd.
5. Termisztor-híd.
6. Lágyvasas vagy elektrodinamikus műszer.

Ezek közül az első megoldás hibája, hogy a kuprox karakterisztikája, mely a kezdeti szakaszán négyzetes jellegű, nem túlságosan stabil és hőmérséklet változásra különösen érzékeny. A 2–5. megoldások közös hibája a hőtehetetlenség folytán előálló késleltetés és a túlterhelés iránti érzékenység. Berendezésünkben ezért lágyvasas műszert alkalmazunk.

A mérésnél külön problémát jelent a cső munkaellenállása. A leggyakoribb megoldás szerint a cső anódegyenáramát fojtótekercsen vezetik át, amely-



2. ábra
Második és harmadik harmonikus hatása az anódfeszültség hullámformájára

lyel párhuzamosan kapcsolódik az ohmos terhelő ellenállás. A fojtótekercs egyenáramú ellenállása rendszerint elhanyagolható, a cső munkaponti anódegyenfeszültsége a tápfeszültséggel megegyezik. Elegendően nagy induktivitás esetén a fojtótekercs reaktanciája a mérést nem befolyásolja. Nagy induktivitáshoz azonban igen nagy tömegű vasmag szükséges, melynek vesztesége még kis indukció mellett is tekintélyes lehet, különösen a cső egyenárama által okozott előmágnesezés következtében. További zavarokat okozhat a légréses vasmag által felvett szórt mágneses mező.

Mindezeket figyelembe véve az új berendezés kizárólag ohmos munkaellenállást tartalmaz, mely 50–20 000 Ohm-ig 50 Ohm-os lépésekben változtatható. Az ellenálláson keletkező egyenfeszültségesés

kompenzálása céljából megnövelt anódtápfeszültséget alkalmazunk. Az alkalmazandó anódtápfeszültség nagyságát az illető ellenállás szabja meg. Pentódák esetén optimális illesztéshez éppen a cső egyenáramú ellenállásával megegyező ellenállás szükséges

$$R_A = \frac{U_A}{I_A}$$

Ezen az ellenálláson

$$U_R = I_A R_A = U_A$$

nagyságú, azaz éppen az anódfeszültséggel megegyező feszültségesés lép fel, ezért a tápfeszültség, mely a csövön fellépő U_A , és a munka ellenálláson fellépő U_R nagyságú feszültségesés összege

$$U = U_A + U_R = 2U_A$$

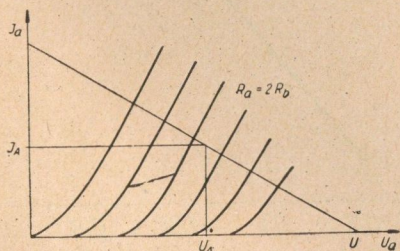
a kétszeres anódegyenfeszültség.

Hasonló megfontolások alapján az $R_A = 2R_b$ optimális illesztő ellenállással működő triódáknál

$$U = \frac{3}{2} U_A$$

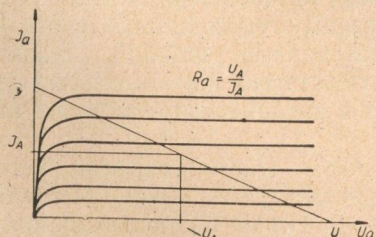
nagyságú tápfeszültségre van szükség. Tekintve, hogy végerősítő triódáknál általában kisebb torzítás elérése céljából $2R_b$ -nél nagyobb ($3R_b - 4R_b$) nagyságú illesztő ellenállást alkalmazunk, tápfeszültségként itt is kb. az anódfeszültség kétszeresét kell alkalmazni. Az anódfeszültséget egy stabilizált feszültségforrás szolgáltatja, melyet a későbbiekben ismertetünk. Már itt utalni kell arra, hogy ez a stabilizátor nem a kimenő kapcsai között, hanem a mérendő cső katódja és anódja között biztosít stabilizált — terheléstől és hálózati ingadozástól független — egyenfeszültséget.

A 3. ábra szemlélteti a triódánál, a 4. ábra pedig pentódánál az ohmos munkaellenállás alkalmazása következtében előálló feszültségviszonyokat.



3. ábra

Feszültségviszonyok ohmos munkaellenállással működő végerősítő triódánál



4. ábra

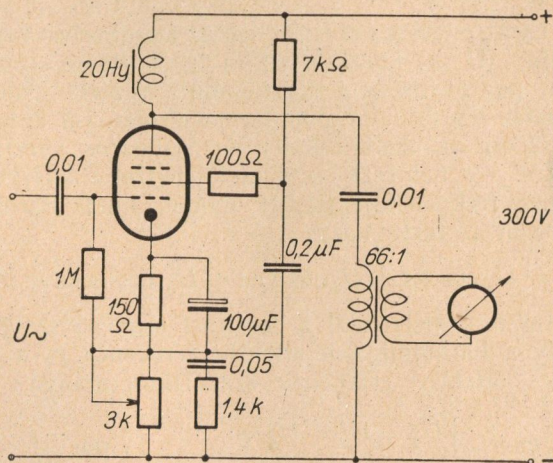
Feszültségviszonyok ohmos munkaellenállással működő végerősítő pentódánál

A kimenőteljesítményt egy lágyvasas ampermérő méri, melynek kitérése — tekintve, hogy az állórész és a mozgórész között ható mágneses coulomb-erők hozzák létre — az átfolyó áram négyzetével lesz kapcsolatban, tehát effektív értéket mér.

A mérendő cső anódja és a műszer közé kapcsolt erősítőnek az alábbi követelményeket kell teljesítenie:

1. Nagy bemenő impedancia.
2. Nagy kimenő impedancia.
3. Legalább 1,5 W hasznos kimenőteljesítmény.
4. Frekvenciafüggetlen erősítés az alapprofektív értéktől legalább az 5. harmonikusig.

Ezeket a feltételeket az 5. ábrán látható kapcsolás teljesíti. Az EL 41 katódkörében levő kOhm



5. ábra
Effektívérték-mérő csővoltage

nagyságrendű ellenállás erős áramvisszacsatolást okoz miáltal az erősítés $\frac{1}{1 + SR_k}$ arányban csökken.

Ugyanilyen mértékben csökkennek a tápfeszültség-változásból és csőöregedésből származó instabilitások is. Az áramvisszacsatolás további hatása a be-, és kimenőellenállás erőteljes megnövekedése. Tekintve, hogy $SR_k > 10$, az említett hatások jelentősek. Mérések szerint a bemenőellenállás nagyobb mint 10 MOhm, a kimenőellenállás pedig 350 kOhm körül van.

Az anódkörben egyenáram hozzávezetés céljából egy nagyinduktívitású vasmagos fojtótekerics található. A műszer illesztőtranszformátora egy aránylag kis kapacitáson keresztül csatlakozik az anódra. E kapacitás segítségével az alapprofektíván kihangolható a műszer átranzformált soros reaktanciája. A kihangolás nélkül az erősítőnek oly nagy meddőteljesítményt kellene szolgáltatnia, melyhez több csőre lenne szükség.

A csatoló kondenzátor a fokozat frekvencia karakterisztikáját károsan befolyásolná, ennek megakadályozására a katódkörben RC elemek találhatók. Ezek segítségével a frekvencia karakterisztikát olyan mértékben tudtuk kiegyenlíteni, hogy az erősítés a 6. harmonikusig csak néhány %-ot változik, ami annál inkább elhanyagolható,

mert a teljesítményben a csökkenő harmonikus amplitudók négyzetesen csökkenő mértékben vesznek részt.

A berendezés úgy ellenőrizhető legegyszerűbben, hogy a bemenetre egyidejűleg két különböző frekvenciájú jelet kapcsolunk. Helyes működés esetén a műszer kitérése a két bemenő amplitudó négyzetösszegével arányos.

A felhasznált műszer 0,5 osztályú, 1 A végkiterésű robusztus felépítésű lágyvasas típus. A teljes kapcsolás végkiteréséhez szükséges bemenő feszültsége 30 V. E méréshatárban vizsgálható a csövek 50 mW-os érzékenysége. A bemenő kapcsolókra ohmos feszültségosztón keresztül jut a mérendő feszültség, az osztó átkapcsolásával a méréshatár 100 és 300 V-ig kiterjeszthető.

Torzításmérő

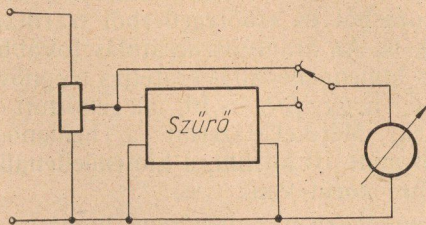
Elektroncsöves erősítőkben az anódkörben megjelenő jel a karakterisztika görbülete miatt nem pontos mása a rácsra adott vezérlő jelnek, torzítás lép fel. A hullámforma eltorzulása következtében az anódköri jel — szinuszos vezérlés esetén — nemcsak a vezérlőjel frekvenciájával azonos frekvenciájú jeleket, hanem annak harmonikusait is tartalmazza:

$$U_a = U_1 \cos \omega t + U_2 \cos 2\omega t + U_3 \cos 3\omega t + \dots$$

A torzítás mértékéül a torzítási tényező szolgál, mely a harmonikusok effektív értékének és a jel teljes effektív értékének százalékos aránya:

$$k = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}} \cdot 100 \%$$

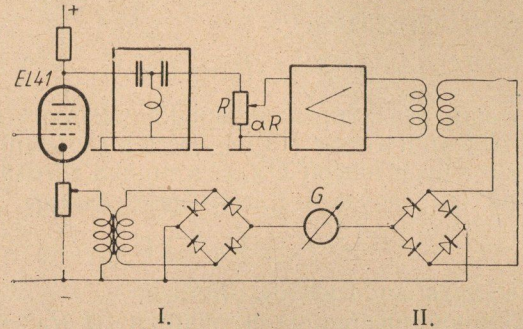
A torzítási tényező mérése általában úgy történik, hogy a jel effektív értékét feszültségosztóval beállítják egy adott értékre, utána kiszűrik az alapharmonikust és a fennmaradó rész effektív értéke arányos lesz a torzítási tényezővel (6. ábra).



6. ábra
Torzításmérő

Ez a mérési mód nem alkalmas elektroncső kimenőteljesítménymérőben való alkalmazásra, ugyanis ott egy meghatározott torzítás eléréséig kell a csövet kivezérelni és ez a mérés csak lépésenkénti megközelítést tesz lehetővé: beállítunk egy kivezérést, a torzításmérő bemenőfeszültségét az előírt értékre állítjuk, majd kiszűrjük az alapot és leolvassuk a torzítási tényezőt — ha ez az előírtasznál nagyobb, akkor a kivezérést csökkentjük, ha kisebb, növeljük — majd ismét a torzításmérő bemenőfeszültségét beállítva és az alapharmonikust kiszűrve, leolvassuk a torzítási té-

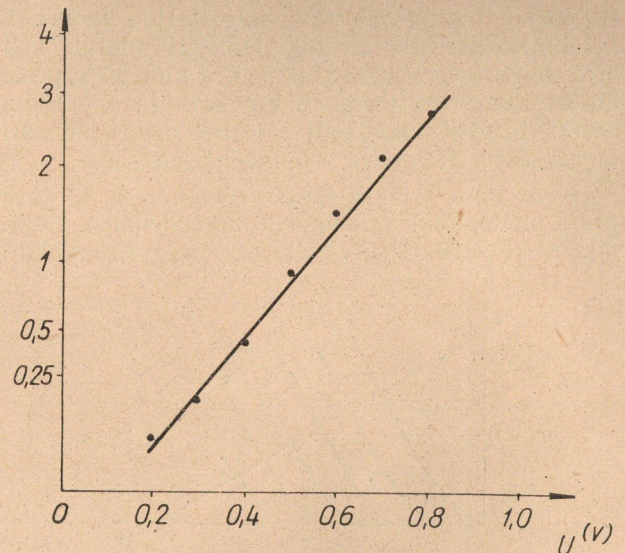
nyező nagyságát, legjobb esetben is az előírt torzítási érték eléréséig 3—4 beállítást kell végezni, ami az üzemi mérést igen lassúvá teszi. Ezek figyelembevételével kidolgoztunk egy olyan torzításmérőt, mely az üzemi mérés követelményéhez alkalmazkodik, és az előre beállított torzítási tényező (általában 10%) elérését indikálja. A torzításmérő elvi rajza a 7. ábrán látható.



7. ábra

A kimenőteljesítménymérőben alkalmazott torzításmérő elvi kapcsolása

A mérendő cső anódján fellépő feszültség megfelelő leosztás után egy katodyn rácsára jut. A leosztást az a feszültségosztó végzi, mely az anódváltófeszültséget mérő csővoltmérő bemenetét is kapcsolja, ez biztosítja, hogy a katodyn rácsára csak bizonyos határok között változó effektív értékű feszültség jut. (10—30 V) A katodyn az



8. ábra
Kuprox karakterisztika

aránylag nagy katódellenállás következtében fellépő erőteljes negatív visszacsatolás miatt gyakorlatilag torzításmentesen működik, tehát a rácsra adott jel változatlan hullámformával jelenik meg az anód és a katódkörben elhelyezett munkaellenállásokon.

A katódkör transzformátoron keresztül egy kuprox egyenirányítót táplál. Méréseink szerint a Siemens gyártmányú Graetz-kapcsolású kuprox egyenirányító patron (ún. cserebogár) karakterisztikája jó közelítéssel négyzetesnek tekinthető. A 8. ábrán láthatók mérési eredményeink.

A koordináta-rendszer vízszintes tengelyére a váltófeszültséget lineáris léptékekkel, függőleges tengelyére az egyenirányított áramot négyzetes léptékekkel vittük fel. Ebben a koordináta-rendszerben a négyzetes jelleggörbét egy egyenes ábrázolja. Látható az ábrából, hogy a karakterisztika 0,3 és 0,9 Volt között valóban csak jelentéktelen eltérést mutat a kvadratikustól. Ez a négyzetes egyenirányítás a váltófeszültség különböző frekvenciájú komponenseit négyzetesen összegezi, tehát a kuprox árama

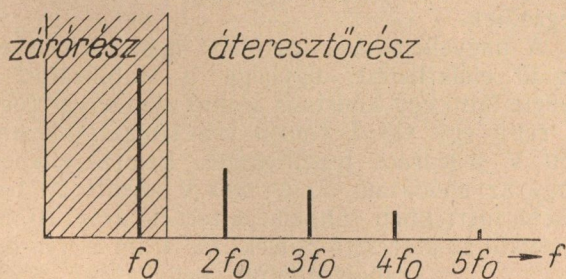
$$I = a \sum_1^{\infty} U_n^2.$$

Ez az áram az R ellenállásokon átfolyik, és

$$U_I = IR = aR \sum_1^{\infty} U_n^2 = \\ = aR [U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots]$$

nagyságú feszültségesést hoz létre, tehát az I. egyenirányító az alap és a harmonikusok effektív értékének négyzetével arányos egyenfeszültséget szolgáltat.

A katodyn anódkörében elhelyezett ellenálláson fellépő feszültség egy LC elemekből felépített felüláteresztő szűrőt táplál, amely az alapharmonikusra minimálisan 60 dB csillapítást ad, és az egyes harmonikusokat az amplitúdók arányának megváltoztatása nélkül áteresztí. (9. ábra.)



9. ábra
Felüláteresztő szűrő karakterisztikája

Tekintve, hogy a mérést mindig egyetlen frekvencián végezzük, az alapharmonikus kiszűrését nem az elterjedtebb szelektíverősítős, áthidalt vagy kettős T hidas módszerekkel oldottuk meg. Ezek ugyanis csak egyetlen frekvenciát szűrnék ki, és az oszcillátorfrekvencia, vagy a szűrő egyetlen elemének kismértékű megváltozása esetén a szűrés hatásossága jelentősen lecsökken, továbbá az esetleg jelenlevő 50 vagy 100 Hz frekvenciájú bűgőfeszültséget sem szűrik ki.

A szűrő utáni jelet, amely már csak harmonikusokat tartalmaz

$$U = U_2 \cos 2\omega t + U_3 \cos 3\omega t + U_4 \cos 4\omega t + \dots$$

egy feszültségosztóra vezetjük, mely után

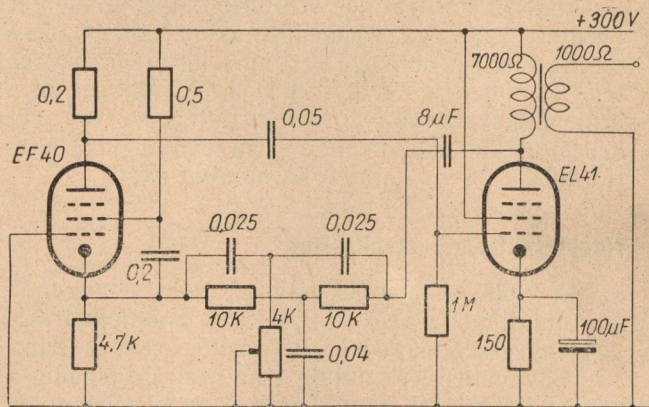
$$U' = \alpha U =$$

$$= \alpha (U_2 \cos 2\omega t + U_3 \cos 3\omega t + U_4 \cos 4\omega t + \dots)$$

nagyságú feszültséget kapunk. Ezt a feszültséget egy erős negatív visszacsatolású kétfokozatú erősítő segítségével kellő szintre emeljük, és a II. kuprox egyenirányítóba vezetjük, melynek munkaellenállásán

$$U_{II} = aR \sum_2^{\infty} \alpha^2 A^2 U_n^2 = \\ = a \alpha^2 A^2 R [U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots]$$

nagyságú, a harmonikusok effektív értékének négyzetével arányos feszültség lép fel. A két egyenirányító által szolgáltatott egyenirányított feszültséget egy érzékeny középpállású lengőtekerces műszer közbeiktatásával szembekapcsoljuk.



10. ábra
800 Hz-es generátor kapcsolási rajza

Ha a két egyenirányított feszültség egyenlő, akkor a műszeren nem folyik áram. A két feszültség egyenlőségét felírva és rendezve a kifejezést

$$\frac{1}{\alpha} = A \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}} = Ak$$

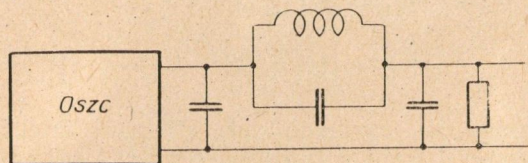
Látható, hogy α fordítottan arányos a torzítási tényezővel. Ily módon tehát ezzel a torzításmérővel egy előre beállított torzítási tényező elérését indikálhatjuk, ha α értékét a mérés elején beszabályozzuk, vagy adott kivezérlés esetén az α értékét szabályozó kalibrált potenciométerrel a műszert középpállásba hozzuk és a torzítási tényező értékét a potenciométer skálájáról olvassuk le.

Az elkészített berendezés segítségével 1% és 20% közötti torzítások mérhetők két mérés-határban (1–5%-ig, 5–20%-ig), továbbá a leggyakoribb, 10%-os torzításhoz egy fix feszültségosztó van beépítve.

800 Hz-es generátor

A mérendő cső részére a vezérlőfeszültséget egy 800 Hz frekvencián működő oszcillátor szolgáltatja. A torzításmérés követelményeit szem előtt tartva a berendezésben egy kettős T hiddal működő RC oszcillátort alkalmaztunk, mely a rendkívül nagy hurokerősítés miatt igen kis harmonikus tartalmú jelet szolgáltat. (10. ábra.)

A kimeneten még jelenlevő néhány tized százalék nagyságú harmonikusokat (főként harmadik harmonikus) egy aluláteresztő szűrővel szűrtük ki, melynek 2400 Hz-nél pólusa van, és a zárótartományban minimálisan 20 dB csillapítást ad. (11. ábra.)



11. ábra
Aluláteresztő szűrő kapcsolási rajza

Ennél a harmonikus szűrőnél külön problémát jelentett az, hogy vasmagos tekercs alkalmazása esetén a szűrő önmaga is termel harmonikusokat, tehát a kimeneten a torzítás nagyobb lehet, mint a bemenőjel torzítása. E miatt légmagos tekercset kellett alkalmazni, amely a rajta levő nagy gerjesztés mellett sem termel harmonikusokat.

Nagyfeszültségű stabilizátor

Az előbbiek alapján látható, hogy a mérendő cső anódtáplálásához a névleges anódfeszültség-nél lényegesen nagyobb tápfeszültségre van szükség. Kíváncsian e feszültség stabilizálása, és pedig a szokástól eltérően úgy, hogy a stabilizálás ne a tápfeszültség pontra, hanem a mérendő cső anódjára vonatkozzék. Tekintve hogy a berendezéssel telepes csövektől rádiókészülékekben még használatos legnagyobb teljesítményű végerősítőig óhajtunk mérni, az anódfeszültségnek 45–350 V-ig, azaz a tápfeszültségnek kb. 60–700 V-ig kell változnia.

E követelményeknek megfelelően a stabilizátor vezérlő feszültségét a mérendő cső anódjáról kell venni, nagy ellenállású láncon keresztül,

amely nem terheli számottevő mértékben a munkaelenállást. Figyelembe veendő az is, hogy a mérendő cső anódján az egyenfeszültséggel azonos nagyságrendű váltófeszültség is jelentkezik; ezért gondoskodni kell arról, hogy a fent említett ellenállás-lánc csak az egyenfeszültséggel arányos jelet szolgáltatssa a stabilizátor vezérlő csövének rácsára. Nem célszerű azonban a váltófeszültség leválasztását kizárólag RC tagokkal megvalósítani, mert a szükséges nagymértékű szűrés mellett a szabályozás időállandója nagymértékben megnövekednék. A szűrés ezért kétfokozatú, egy RC és egy LC tagból áll.

A nagy feszültségátfogás miatt a stabilizátort átkapcsolható kivitelben kellett elkészíteni. Az alsó (45–160 V) és felső (160–350 V) sáv átkapcsolásakor az egyenirányító által szolgáltatott feszültség is átkapcsolódik. A sávokon belüli folyamatos szabályozást egy fokozatosan kapcsolható ellenállás-lánc és egy potenciométer segítségével végezzük. Fokozatos ellenállásokra azért volt szükség, mert a nagyellenállású osztóláncban szükséges teljes változás 0,6 MOhm, amely szénpotencióméterrel nem oldható meg kellő stabilitással.

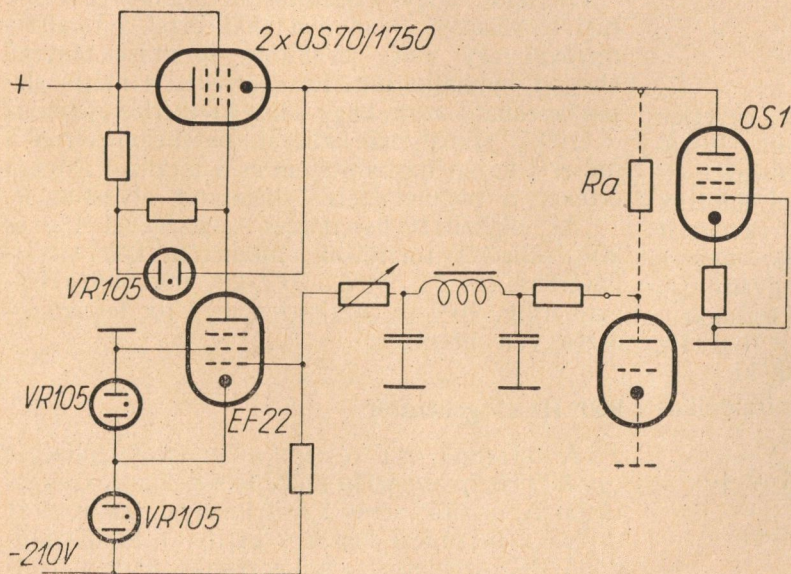
A stabilizátor kapcsolása egyebekben nem különbözik a szokványos áteresztő típusú stabilizátor-kapcsolásoktól. Az áteresztő csövek szerepét két db OS 70/1750 cső látja el, szabályozócsőként EF 22-t alkalmaztunk, melyet előzőleg tüzetes vizsgálatnak vetettünk alá a tekintetben, hogy az esetleg fellépő 1000 V körüli anódfeszültségeket is elbírná-e. E mérések megnyugtató eredménnyel végeztek.

A nagyellenállású osztólánc nem biztosít elegendő előterhelést, úgyhogy a stabilizátort el kellett látni egy konstans áramú alapfogyasztóval. E célra egy OS 1 típusú cső szolgál, konstans 150 V segédrács feszültséggel. Ezáltal elérhető, hogy az anódáram 50 és 600 V között 20%-nál kisebb mértékben változik. A terhelő áram 20 mA. E nélkül az áteresztő csövek kis áram esetén nem szabályozhatók kellőképpen, úgy, hogy a stabilizátor belső ellenállása erősen megnövekednék.

Az elvégzett mérések szerint a belső ellenállás a vizsgálandó cső anódján mérve sehol sem haladja meg a 150 Ohm-ot, holott ebben az áramkörben a több kOhm-os munkaellenállás is bent foglaltatik. Ebből az a kellemes eredmény is adódik, hogy a mérendő cső anódkörét megszakítva sem emelkedik a foglalatban levő feszültség életveszélyesen magasra.

Segédberendezések

A mérőberendezés áramellátása 220 V-os egyfázisú hálózatról történik. A mérendő cső segédrács feszültségét, továbbá az elektronikus egységek anódfeszültségét egy, az Egyesült Izzóban szabványosan



12. ábra
Nagyfeszültségű stabilizátor kapcsolási rajza

használt stabilizátor adja. Ugyaninnen vehető le a mérendő cső előfeszültsége is. A fűtőfeszültséget 150 V-ig dugaszolható transzformátor, illetve telepes csöveknél lépésenként és folyamatosan szabályozható szelvényirányító szolgáltatja. Utóbbiak a 220 V-os ferrozonanciás stabilizátorra csatlakoznak.

Az elektróda feszültségeket és áramokat a műszerfalán elhelyezett 0,5 osztályú forgótekercses, ill. lágyvasas műszerek mérik. Itt vannak elhelyezve a kimenőteli teljesítmény és a torzításmérésre szolgáló műszerek is. A feszültségmérők az üzemi követelmények miatt aránylag nagy fogyasztásúak, kivéve az anódfeszültségmérő műszert, mely közvetlenül az anódlampré csatlakozik, fogyasztása tehát a mérendő csövet terheli. E műszer alapérzékenysége 100 μ A, úgyhogy a legalacsonyabb — 75 V-os — méréshatáron is minimálisan 750 kOhm kapcsolódik a munkaellenállással párhuzamosan. Az esetleg fellépő anódtúlfeszültség romboló hatását elkerülendő, a műszer 75 V-os kapcsaival egy kb. 90 V gyújtófeszültségű parázfény lámpa van párhuzamosan kapcsolva.

További biztonsági berendezés a mérendő cső foglalatát elfedő keret, melynek eltávolításakor a pozitív feszültségek a foglalatról lekapcsolódnak. Így foglalatváltás esetén áramütés nem lehetséges.

A teljesítménymérő berendezés az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Gyár végső ellenőrzésében

1955. júniusa óta használatban van. Az üzemi tapasztalatok szerint gyors és megbízható mérések végezhetők vele.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet kell mondanunk dr. Barta István egyetemi tanárnak, aki a készülék tervezését és elkészítését értékes tanácsaival támogatta, Rédl Endre, Závoczky Ferenc és Szántó László mérnököknek, akik üzemi tapasztalataikkal nyújtottak segítséget, továbbá Kemény Ádám mérnöknek, aki a berendezésben alkalmazott egyenfeszültség stabilizátorokat tervezte.

Irodalom

Rothe-Kleen: Elektronenröhren als End- und Sendeverstärker Akademischer Vlg. 1940.

Bartels: Grundlagen der Verstärkertechnik. Hirzel 1949.

Schweizer: Röhrenmesstechnik. Franzis Vlg. 1950.

Graffunder—Kleen—Wehnert: Leistungs- und Verzerrungsmessungen an Rundfunk-Empfängerröhren. Telefunken Röhre 1934/35, 142—163 old.

Wilhelm-Kettel: Über ein neues Verfahren zur Darstellung und Messung Nichtlinearer Verzerrungen. Telefunken Röhre 1936. 24 old.

Koschel: Messung der Nichtlinearen Verzerrungen. Archiv Tech. Messen V. 3621—26.

Graffunder: Die Messtechnik der neuzeitlichen Röhrenentwicklung. Telefunken Mitteilungen 1940. 55. old.

S Z E M L E

Rovatvezető: G Á L I S T V Á N

A múlt év utolsó negyedében fejezték be a Dánia és Norvégia között létesített új tenger-alatti koaxiális kábelösszeköttetés szerelését. A kábel mintegy 70 tengeri mérföld hosszú és a kábelcsillapítás kiegyenlítését két tengeralatti erősítő biztosítja. Az erősítők egyenáramú táplálása szintén a kábel érpárjainak a felhasználásával történik. Az új összeköttetés 60 csatornával járul hozzá a megnövekedett forgalom lebonyolításához. A kábelen működtetett berendezések vívőfrekvenciái az egyik irányban 24—264 kHz, a másik irányban pedig 312—552 kHz között vannak.

*

Az Egyesült Államokban a farmoknak csaknem 50%-a rendelkezik telefonkészülékkel. Ez mintegy 2 300 000 készüléket jelent. A készülékek száma az 1950. évi helyzethez képest 10% emelkedést mutat.

*

A rezgőkörökben kitűnően bevált styroflex kondenzátorok terén újabb lényeges előrehaladást ért el a Siemens vállalat. Az előző évben kifejlesztett 125 V üzemi feszültségű kondenzátorsorozat méreteit sikerült csaknem a felére csökkenteniök. A legfeljebb 250 pF kapacitású kondenzátorok mérete: $\varnothing 3 \times 7$ mm.

*

Észak Írorszában, azon a helyen, ahol Marconi 1900 táján első rádiótávíró berendezéseivel kísérletezett, emléktáblát szándékozik felállítani a helyi hatóság. Közöttük és a Marconi cég között még vita folyik az emléktábla pontos évszámáról.

*

Az Egyesült Államokban a chicagói távolbalátó adó lesz az első, amely majd kizárólagosan színes műsort sugároz. Az átalakítási munkálatok 1,25 millió dollárba kerülnek és ez év első negyedében fejeződnek be. A műsor a tervek szerint napi 10 óra lesz. Az eddigi „egyszínű” vevők az előadásokat fekete-fehéren veszik.

*

Vezetékes híradástechnikai zsebkönyv készül a Műszaki Könyvkiadó kiadásában. A zsebkönyvet szakemberek állítják össze Lajkó Sándor és Czegléd György irányításával. Tartalma fel fogja ölelni a vezetékes híradástechnika méretezési elveit és az ehhez szükséges műszaki adatokat, táblázatokat. Ez az első ilyen nagyszabású munka a tervek szerint ez évben készül el és a jövő év elején jelenik meg.

*

A PVC öregedése és annak vizsgálata

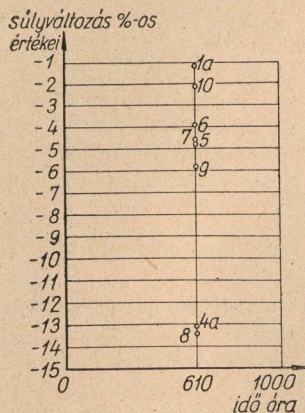
IPOLYI KÁROLY

Posta Kísérleti Intézet

(Folytatás az 1956. 2. szám 54. oldaláról)

A súlyváltozás (18. ábra)

A súlyváltozás teljes mértékben az illó, lágyító anyagtartalommal arányos. Legnagyobb volt a súlyvesztés a 4a. és a 8. jelű, a sok DBP-t tartalmazó

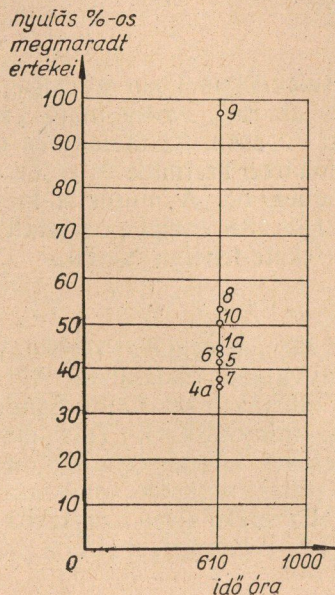


18. ábra

mintáknál. A legkisebb a súlyvesztés az 1a. és 10. jelű mintáknál, a többi minta értékei ezek között foglalnak helyet.

A nyúlás százalékos megmaradt értéke (19. ábra)

Az I. csoport mintáinál 782 órás Weatherometer besugárzás után csak az 1. jelű mintának maradt valamelyes nyúlása, a többi minta úgyszólván teljes nyúlását elvesztette. A II. csoport mintáinál a 9. jelű korommentes minta nyúlása alig csökkent valamit. A többi minta nyúlása eredeti értékének

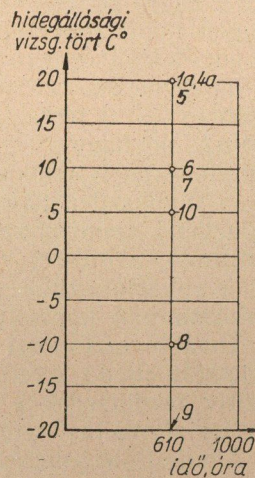


19. ábra

40–50% körüli értékére esett vissza. A sok DBP-t tartalmazó 8. jelű kormos minta nyúlása szintén erősen csökkent.

A hidegállóság (20. ábra)

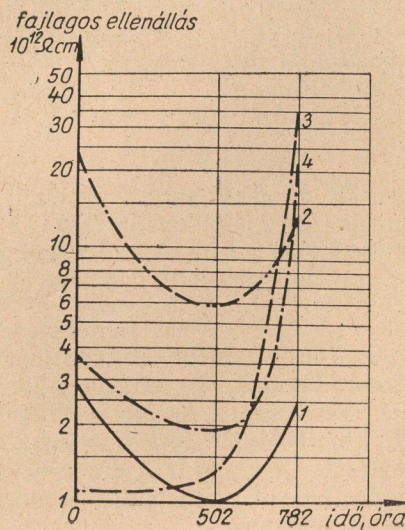
Az I. csoport mintái 782 órás Weatherometeres öregítés után a hidegállóság vizsgálatnál márszobahőmérsékleten törtek. A II. csoport mintáik közül 610 órás öregítés után is meglepően jól bírták a hidegállóság vizsgálatot a korommal töltött PVC-k. A 9. jelű, sok DOP-t tartalmazó minta még -20°C -on sem tört, az ugyanolyan összetételű 7. jelű korommentes minta pedig 10°C -on tört. A 8. jelű, sok DBP-t tartalmazó minta -10°C -on tört, a vele azonos összetételű, korommentes 4a. jelű minta pedig 20°C -on. Ugyanazon összetétel mellett tehát a hidegállósági próbánál 30°C értékkel adtak jobb értéket azok a minták, melyek még kormot is tartalmaztak.



20. ábra

A fajlagos ellenállás (21. ábra)

A fajlagos ellenállásértékek vizsgálatát csak az I. mintacsoportnál végeztük el két öregítési időpontban. A fajlagos ellenállás először esett, azután javult. Jó értékeket találtunk a már teljesen előregedett mintáknál is. A II. mintacsoportot csak egy időpontban vizsgáltuk, az értékek változásában



21. ábra

törvényszerűséget nem találtunk, egy részüknél esett, más részüknél javult. Amely mintáknál az értékek csökkentek, a változás nem volt olyan mértékű, hogy a PVC felhasználását hátráltatná.

Az eredmények kiértékelése

A PVC-t hőhatással, természetes, szabadban való kihelyezéssel és Weatherometerben öregítettük. A különféleképp öregített mintákat fizikai tulajdonságaik változására megvizsgáltuk. Kérdés, hogy a vizsgált paraméterek közül melyek azok, melyek a PVC időállósági indexének tekinthetők.

A PVC minőségromlásának megítélésére legcélszerűbbnek látszik, ha Korobkov javaslatát fogadjuk el, aki szerint a PVC öregedése egy indukciós és egy bomlási szakaszból áll. Az indukciós szakasz az eredeti nyúláshoz képest megmaradt 50%-os nyúlásérték eléréséig terjedne. Az öregedés minősítésére meg kellene határozni, mennyi idő alatt csökken a PVC minták nyúlása az eredeti érték 50%-ára. Ezen idő arányos a minta használati élettartamával.

E minősítést azonban ki kell egészíteni még az öregített PVC hidegállósági követelményeivel is. Kísérleteink ugyanis azt mutatták, hogy a PVC az öregítések alkalmával sok esetben annyira leromlott, hogy a hidegállóság meghatározására előírt vizsgálatokat már szobahőmérsékleten sem bírta. E vizsgálat tehát a PVC öregedésére igen jellemzőnek látszik. A minták előregedettnek minősíthetők, ha a hidegállóság vizsgálatánál 15–20 °C-on már törnek. A PVC gyakorlati felhasználása szempontjából is e vizsgálat rendkívül fontos, mert a szabadban alkalmazott PVC előregedett állapotában hidegben könnyebben törhet, repedhet.

A háromféle öregítési módszerrel nyert vizsgálati értékeket összevetve megállapíthatjuk, hogy a hőregítési vizsgálatok a PVC időállóságának megállapítására nem alkalmasak. Ilyen vizsgálatok csak arra adhatnak választ, nincsen-e a PVC-ben nagyobb mennyiségű alacsonyabban illó lágyító. E szempontból azonban e vizsgálatot el kell végezni.

A legmegbízhatóbb öregítési módszer a szabadban való öregítés, mely a tényleges igénybevételre ad helyes választ. A PVC viselkedésére szabadban való öregítésnél sürgős esetben már egy éven belül is, március elejétől október végéig való kihelyezéssel, választ kaphatunk, kihagyva a napfényzegény téli hónapokat, melyek az öregítés szempontjából úgysem számottevőek. Az ezen idő alatt szabadban, déli irányban, 45°-os szögben elhelyezett 0,8 mm vastag PVC lemezminták minőségi értékeinek változásából tiszta képet alkothattunk azok minőségére, illetve időállóságára. A természetes kihelyezéssel való öregítést addig kell folytatni, míg a nyúlás értéke az eredetinek 50%-ára nem csökken. A hidegállóságnak ilyen állapotban is még a 0 °C-os követelményt bírnia kellene.

A Weatherometeres öregítésnél a kezdeti indukciós szakasz lassan indult, később az öregedés meggyorsult. Egyes irodalmi adatok szerint 100 órás Weatherometeres öregítés 1 évi szabadba való kihelyezésnek felel meg. Kísérleteink ezen adatokat nem igazolták. A két Weatherometeres vizsgálatunkat figyelembe véve, nagyságrendben kb.

500 Weatherometer óra felel meg egy évi szabadba való kihelyezésnek, illetve kb. 100 000 gkal/cm² napsütés behatásnak. 500 órától azonban a Weatherometerben az öregítés már meggyorsult, mert 782 órai behatás után sokkalta nagyobb minőségromlást tapasztaltunk, mint a közel két évi szabadba való kihelyezés hatására.

A Weatherometerben ugyanolyan százalékos nyúlás értékcsökkenés mellett lényegesen gyengébb hidegállósági értékeket kaptunk, mint a természetes öregítésnél. A Weatherometert azonban igen nagy előnnyel használhatjuk gyorsított öregítésre, csak ez esetben a vizsgálandó mintákkal párhuzamosan szabadban való öregítésnél már ismerten viselkedő PVC mintákat kell elhelyezni és ezekhez kell viszonyítani a vizsgálandó minták romlását. A PVC végleges minősítése azonban lehetőleg mindig szabadba kihelyezés vizsgálatával történjen. Jó minőségű PVC-től megkívánhatnánk, hogy 30 °C-on lefolytatott Weatherometeres vizsgálatnál, 600 órás behatás után, eredeti nyúlásának 50%-át még ne veszítse el, hidegállósága pedig 0 °C-on megfelelő legyen. E követelményt azonban még több minta vizsgálatával tisztázni kellene.

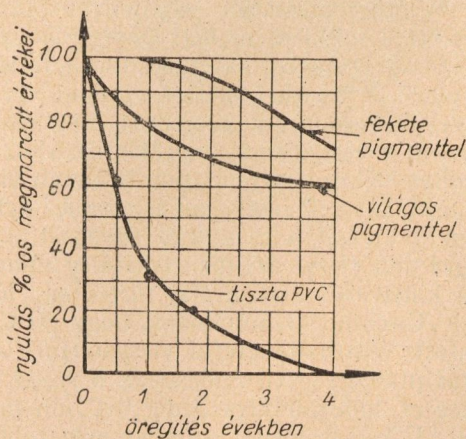
Valamennyi öregítési kísérletnél bebizonyosodott, hogy DBP a vezetékek és kábelek készítésére szolgáló PVC-hez lágyítóanyagul nem használható. A DBP tartalmú PVC-k öregedtek a leghamarább. Legsürgősebben kellene tehát intézkedni, hogy a kábelipari felhasználásra kerülő PVC lágyítására DBP-t egyáltalán ne használjanak.

A kísérletek ugyanakkor élesen kihozták, milyen nagy minőségjavulást hozott, ha PVC-hez korom töltőanyagot adtunk. Mind a szabadban, mind a Weatherometerben öregített, koromot tartalmazó PVC-minták kitűnően viselkedtek. A 8. jelű minta Weatherometerben való gyengébb viselkedését a sok DBP tartalom okozta, de még így is jól bírta a hidegállósági próbát. A korom töltőanyag megátolta, hogy a fény a PVC-ben romboló hatását kifejthesse, mert a fényt abszorbeálva, azt hővé alakította. A korom töltőanyag alkalmazása a PVC élettartamát becslés szerint kb. háromszorosra növelheti.

Nem lehet azonban minden PVC-t korommal tölteni. A korommal töltött PVC igen alkalmas kábelköpeny céljaira, de az érszigetelések készítésénél világos és élénk színekre is szükség van. De Coste és Wallder szerint a világos színű PVC-t titán-dioxidpigment hozzáadással állíthatjuk elő. A titán-dioxiddal fehérre színezett PVC-t a szükség szerinti színre színezhettük. A titán-dioxidból azonban két minőség van, a rutil és az anatáz típus. Ezek közül a rutil a jobb. Mindkét típusnak hátrányos tulajdonsága, hogy fény hatására oxidációs, katalitikus hatás jön létre, melyet inhibitorral lehet csak csökkenteni. Irodalmi adatok szerint a titán-dioxidot horgannyal, alumíniummal és szilíciummal szokás kezelni. Hogy ez a kezelés hogy történik, milyen az így készült titán-dioxid, arra részletesebb adatokkal nem rendelkezünk, e kérdés tisztázása további feladat lenne.

A 22. ábrából láthatjuk az említett szerzőknek Murray Hill-ben lefolytatott kísérleteinek eredményeit. Szabadban elhelyeztek színezetlen, világos

pigmenttel és korommal töltött PVC mintákat és az idő függvényében vizsgálták az eredeti nyúláshoz viszonyított megmaradt nyúlás százalékos értékét. Az ábrából láthatjuk, milyen kevésbé csökkent a világosszínű pigmenttel és a korommal töltött PVC nyúlása a tiszta PVC-vel szemben, s mennyire javult a pigment hozzáadásokkal az időállósága.

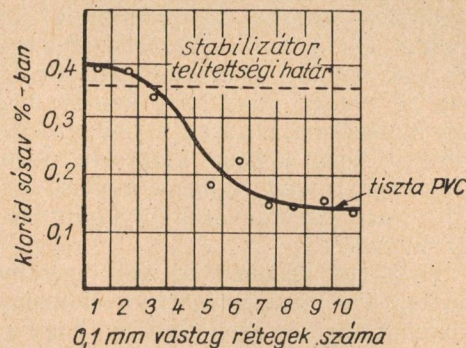
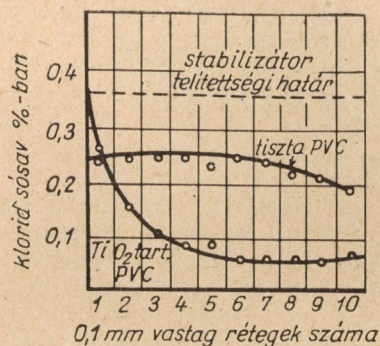


22. ábra

Az öregedési kísérletekből azt a következtetést vonhatnánk le, hogy a PVC időállósága igen csekély, hiszen két évi szabadban való kihelyezéssel a pigmentekkel nem védett minták lényegileg tönkrementek.

A minőségromlás azonban nem lesz ilyen kedvezőtlen, ha az öregítéssel kapott értékeket vezetékekre és kábelekre felvitt PVC-re kívánnánk vonatkoztatni. Elvileg tulajdonképpen a PVC csak belső szerelésekre lenne alkalmas, külső alkalmazásra az ólomköpenyes kábelek nyersanyag nehézségei miatt került sor. Éppen ezért mindent meg kell tennünk, hogy a szabadban való alkalmazásra is megfelelő PVC álljon rendelkezésre.

A külső szereléseknél használt PVC kábelek nincsenek teljes felületükön a napsugár romboló hatásának kitéve és felületüknek aránylag kis része öregszik kedvezőtlen körülmények között. Az a tény, hogy a kábelek köpenyei céljaira általában elég vastag PVC réteget alkalmazunk, már magában is csökkenti az öregedés mérvét. Szabadban elhelyezett kábeleknél a PVC öregedése a felületen indul meg, onnan halad a bomlás befelé. E tény Wartman kísérleteivel igazolható. Wartman kísérleteket végzett oly módon, hogy 10 db 0,1 mm vastag PVC lemezt rétegezett egymás fölé, ezek széleit alkalmas módon összehegesztette. Az így kapott 1,0 mm vastag lemezt Weatherometerben öregítette. A PVC minőségromlását a kísérlet folyamán a PVC-ből felszabaduló, a stabilizátor által megkötött és abból vízzel kioldható klorid mennyiségének meghatározásával mérte. Minél több volt a kioldható klorid mennyisége, annál nagyobb mérvű volt a PVC bomlása. A kísérletek céljaira különböző összetételű PVC-ket alkalmazott. A 23. ábrán az egyik minta tiszta PVC, a másik ugyanolyan összetételű, de titándioxid pigmentet tartalmazott. A 24. ábrán egy másfajta, töltőanyagot nem tartalmazó PVC viselkedése látható. Az ábrákon a telítettségi határ-



23. és 24. ábra

vonal mutatja, hogy a PVC stabilizátora mennyi sósavat képes megkötni. Láthatjuk, hogy a több rétegből összerakott PVC lemeznek a fényforrás felé eső rétegeiben indult meg a sósav lehasadása, ezekben nagyobb volt a bomlás, mint az alsóbb rétegekben. E hatás különösen a 23. ábrán érdekes, mert itt csak a titándioxid töltőanyag hatása biztosította, hogy az alsóbb rétegekben a sósav lehasadás kisebb legyen.

Összefoglalás

A kísérleti munka összefoglalásául megállapíthatjuk.

1. A PVC öregedés okozta elváltozásainak vizsgálatára a hőhatással történő vizsgálat egyedül nem alkalmas, ez csak arra ad feleletet, nincsen-e a PVC-ben sok illó lágyítóanyag.

2. A PVC öregedésének vizsgálatára legalkalmasabb módszer a szabadban való természetes öregítés.

3. A PVC öregedése okozta elváltozások gyors vizsgálati módszere a Weatherometerben való öregítés.

4. Az öregítés folyamatának, illetve a PVC minőségének vizsgálatára legcélszerűbb, ha megállapítjuk, hogy a minták eredeti nyúlásuk hány százalékát tartották meg és hogyan változott hidegállóságuk. A fajlagos ellenállás vizsgálata az öregedés előrehaladásának minősítése szempontjából elhanyagolható.

5. A kábeliparban a PVC-nek DBP-vel való lágyítását meg kell szüntetni.

6. A korom töltőanyag rendkívüli módon növeli a PVC időállóságát, csökkenti öregedési sebességét. Valószínű, hogy korom hozzáadásával a PVC élettartama megháromszorozható.

7. Irodalmi adatok szerint időálló színes PVC-t titándioxid pigment hozzáadással és utólagos színezéssel lehet előállítani. A titándioxid minőségek közül a rutil-féleség a jobb, az anatóz e célra kevésbé alkalmas. A megfelelő minőségű titándioxid kiválasztása azonban még további kutatást igényel.

8. Törekedni kell oly PVC készítésére, mely komolyabb károsodás nélkül 2000 Weatherometer óra öregítést, vagy 3 évi szabadban való kihelyezést elbír.

*

Köszönettel tartozom a Nagytétényi Gumi-gyártól Blaschek Dezső és Vancsó Gyula kartársaknak, a kísérletekhez használt PVC minták elkészítéséért. Az ő megértő, szíves segítségük tette lehetővé, hogy a különböző összetételű PVC minták vizsgálata megtörténhetett. Köszönettel tartozom még munkatársaimnak, Horvai Jenőnek és Mátyás Ferencnek, akiknek lelkiismeretes munkája tette lehetővé a kísérletek elvégzését.

IRODALOM

- K. Thinius: Über die Stabilität von Polyvinylchlorid. Kunststoffe 1950. 191—193 oldal.
- J. G. Hendricks, E. L. White and Don S. Bolley: Stabilization of Vinyl Plastics Containing Chloroparaffins. Ind. and Eng. Chemistry 1950. 899—903 oldal.
- J. G. Hendricks, E. L. White: Stabilization of Polyvinyl Chloride-Type Plastics. Ind. and Eng. Chemistry 1951. 2335—2338 oldal.
- Fred G. Clark: Accelerated and Outdoor Weathering of Colored Vinyl Films. Ind. and Eng. Chemistry 1952. 2697—2709 oldal.
- A. Rosenberg: Stabilizatoren für Polyvinylchlorid. Kunststoffe 1952. 41—43 oldal.
- K. Stockert: Wie prüft man Stabilizatoren für Polyvinylchlorid. Kunststoffe 1952. P45—46 oldal.
- Gerry P. Mack: Theorie und Praxis der Stabilisierung von Vinylverbindungen. Kunststoffe 1953. 94—101 oldal.
- C. F. Weider: Blei Stabilisatoren. Kunststoffe 1953. 102 oldal.
- B. S. Bigg—W. L. Hawkins: Oxidative Aging of Polyethylene. Modern Plastics Vol. 31. (1953) No. 1. 121—126
- A. Raeithel: Alterung von Kunststoffen unter dem Einfluss von Licht. Kunststoffe 1954. 281—284 oldal.
- W. H. Peacock: Types of Colorants for Plastics. Modern Plastics Vol. 31. (1954) No. 11, 74—75 és 172—178 oldal.
- C. Reimer: Das irreversible Wärmeverhalten fester organischer Isolierstoffe. Kunststoffe 1955. 367—374 oldal.
- J. B. De Coste, V. T. Wallder: Weathering of Polyvinyl Chloride. Ind. and Eng. Chemistry 1955. 314—322 oldal.
- L. H. Wartman: Heat and Light Degradation of Vinyl Chloride Resin. Ind. and Eng. Chemistry 1955. 1013—1019 oldal.
- Korobkov, P. A. Polivinilklorid plasztikátok és kábelburkolatok öregedése atmoszférikus feltételek mellett. Informacionno-Techniceszkij Szbornik, 57. füzet 1954. 3—11 old.
- Rozsdesztvenszkij, V. A.: A PVC öregedése. Himicseskaja Promislenoszt', 6. sz. 1954. 350—353 oldal.

HOZZÁSZÓLÁSOK

Bánki Dezső: A fényhatásnak kitett öregítésnél egyszerű letakarással, pl. egy PVC köpeny burkolásával, milyen mértékben csökkennek az öregedési hatások?

A korommal kevert PVC anyag diffúziós tulajdonságait nem befolyásolja-e kedvezőtlenül a korom hozzáadása? Kedvező öregedési viszonyok és kielégítő diffúziós tulajdonságok lehetővé tennék ugyanis a PVC érszigetelésű és PVC köpennyel ellátott mérő-működtető kábelek szélesebb körű alkalmazását szabadterén és épületen belül.

Kiss Béla: Kérdezi, hogy az eddigi kutatások során volt-e alkalom a feldolgozási technológia öregedésre való befolyásának vizsgálatára. Az eddigi vizsgálatok alapján van-e lehetőség arra, hogy valamilyen üzemszerű vizsgálatmal meg lehessen állapítani az optimális feldolgozási technológiát? Szükségesnek tartja, hogy a további vizsgálatok során programba vennék a PVC massa összeállítási és feldolgozási technológiájának a PVC öregedési tulajdonságaira gyakorolt esetleges befolyásának vizsgálatát.

Szilvassy Andor: A terepen használt készülékekben használható-e a PVC-vel szigetelt vezetékek, tekintetbe véve a $-40 + 70^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletek közötti hőállóságra vonatkozó előírást? Ugyanilyen körülmények között a PVC színezése színtartó-e, mert áramköröket színezéssel jelölnek.

Forró György: Fontosnak tartaná korom felhasználásával készült keverékeknek aktív, félaktív és inaktív korommal történő összehasonlító kísérletek elvégzését. Ajánlja fekete festékekkel, továbbá fényelnyelő és kibocsátó, ún. fluoreszkáló festékekkel készült keverékek vizsgálatát is elvégezni. Fontosnak tartaná még hő- és fénystabilizátorok hatásának tisztázását.

Jármay Zoltán: Érdekes volna megállapítani, hogy a kormok szemcsenagysága milyen összefüggésben van a PVC öregedésével. A gumi öregedése ugyanis egyenes arányban van az oxigén abszorpciójával és az oxigén oldhatóságával, ezek viszont a korom felületével. Feltehető, hogy a felület nagyságával összefüggő sósav abszorpció okozza PVC-nél a korom töltőanyag jó hatását.

A titándioxid tanulmányozásánál érdekes lenn a rutil és anatóz típusú titándioxidok hatásának megfigyelése.

A titándioxiddal alapozott, különböző színekre festett PVC természetes öregedés alatt különbözőképpen viselkedhet. Különösen a heliogenblau (rézkomplex kék festék) és valamilyen orange festék összehasonlítása lenne érdekes.

Leyrer Richárd: A PVC kábel szigetelőmasszákkal az eddigi kísérletek és vizsgálatok csak arra terjedtek ki, hogy a receptura megfelelő kialakulásával a meglevőnél jobb minőségű szigetelőmasszákat gyártsanak. Arra nem fordítottak kellő figyelmet, hogy a működésben levő berendezésekben a PVC-vel szigetelt vezetékeken az idők folyamán milyen elváltozások következnek be.

A kísérleti eredmények világosan mutatják, hogy a PVC megfelelő minősége érdekében a trópusi vidékekre kerülő és a napfény hatásának kitett PVC masszákhoz fényabszorber töltőanyagot kell tenni.

Szükségesnek tartja, hogy az ismertetett vizsgálatokat szuszpenziós polimér PVC porból készült keverékekre is kiterjesszük. A szuszpenziós polimér a villamosiparban mindinkább kiszorítja az emulziós polimér PVC port, ezért számolhatunk azzal a lehetőséggel, hogy nálunk is megindul a szuszpenziós polimér PVC felhasználása.

Az előadó válasza:

A PVC öregedését elsősorban a napfény hatás gyorsítja. Ha a PVC-t csak szűrt fény éri, vagy fényt nem kap, az öregedés sebessége sokkalta kisebb. Kutatásainknál csak a gyorsított öregedést vizsgáltuk, nem foglalkoztunk a fény közvetlen hatásának ki nem tett PVC öregedésével.

Korom töltőanyag tartalmú PVC diffúziós állandóját nem mértük. Valószínű azonban, hogy az egyenletes színezést biztosító kevés korom hozzáadása a diffúziós állandót lényegesen nem befolyásolja.

A kutatási vizsgálatokat ki lehetne terjeszteni a feldolgozási technológia befolyásának tisztázására is. E kérdéssel eddig nem foglalkozhattunk, mert főfeladatunk volt a PVC öregedés vizsgálatára alkalmas módszer keresése és a különböző lágyítókat és kormot tartalmazó PVC öregedésének vizsgálata.

Megfelelő minőségű PVC terepen használható. A PVC alkalmasan színezhető.

A különböző kormoknak a PVC-re gyakorolt hatását kívánatos lenne vizsgálni. Irodalmi adatok szerint a legkedvezőbb szemcsenagyság 20 mikrométer körül van. A különböző stabilizátorok hatásának vizsgálatát már felvettük munkatervünkbe. A rutil és anatóz titándioxidnak a PVC öregedésére való befolyását is tisztázni szeretnénk.

Szuszenziós polimér PVC-nek az emulziós polimér PVC-vel való összehasonlító öregedési vizsgálatát szintén fontosnak tartjuk. E célból azonban először elegendő kísérleti alanyagot kellene biztosítani.

Újtípusú középfrekvencia szűrők alkalmazása rádió vevőkészülékekben

RAJÓ LÁSZLÓ Műszeripari Kutató Intézet

1. BEVEZETÉS

A rádió adóállomások számának és teljesítményeinek növelése napjainkban olyan helyzetet teremtett, hogy a konvencionális vevőkészülékek által nyújtott középfrekvencia szelektivitás még az átlagos rádióhallgatót sem elégti ki.

Feladatul tűztük ki a középfrekvencia szelektivitás növelésének gazdaságos megoldását.

A szelektivitás jóságát a sávközép frekvenciájától ± 9 KHz-re levő két szomszédos állomás csillapításán ítéljük meg. Egy konvencionális középfrekvenciás (KF) szűrőfokozat csillapítása itt kb. 12 dB. Két fokozat alkalmazása esetén tehát kb. 24 dB csillapítást kapunk.

Két műsorszint között legalább 40 dB, de inkább 60 dB szintkülönbségnek kell lenni ahhoz, hogy az áthallás ne legyen zavaró. (Telefonpárok között a CCIF 87 dB áthallási csillapítást ajánl.)

Ha 60 dB csillapítást veszünk alapul (gondolva az adóállomások közötti szintkülönbségre), úgy 5 KF fokozat lenne szükséges. Ez a megoldás nem követhető. Drágasága mellett a begerjedési veszély olyan nagy ilyen fokozatszám esetén, hogy erre a megoldásra gondolni sem lehet.

Másik megoldás lehetne a szűrők foksámának növelése. Általában rezgőkörönként 6 dB csillapítással számolva 10 rezgőkör lenne szükséges. Mivel erősítés szempontjából a jelenlegi 2 fokozat kielégítő, erősítőfokozatonként 5 rezgőkört tartalmazna a szűrő. Ennek a megoldásnak hátrányaként a szükségtelenül nagy elemszámot tekintjük. Nem kevésbé hátrányos az a tény, hogy ilyen nagy foksámú szűrő behangolása és főleg szervizre komoly revíziós és szerviz felkészültséget és műszerezést kíván.

Minden szempontból kielégíthetők az igények az ún. derivált szűrők alkalmazásával. Az elemszám (kondenzátorok és tekercsek száma összesen) csökkentése céljából azonban takarékkapcsolást alkalmazunk.

Erre a célra egy Riegger által már 1922-ben kidolgozott, de azóta szinte feledésbe ment szűrőtípus alkalmazunk. Ennek a szűrőnek két praktikus kivitelezését mutatjuk be. Ezt a Riegger-szűrőt az első KF fokozatban alkalmazzuk. A második KF fokozatba konvencionális szűrőt teszünk. Ennek a két szűrőnek a kombinálásával a két szomszédos állomáson 60 dB csillapítást érünk el.

Az 1-es típusú Riegger-szűrő egyetlen rezgőkör többlettel éri el a kívánt csillapítást. A szűrő behangolása nem kíván nagyobb felkészültséget a konvencionális szűrőnél a revízió és a szerviz részéről és nem igényel precízebb műszerezettséget sem.

Tárgyalásunkat három részre tagoljuk:

Az első részben a Riegger-kapcsolás általános tulajdonságait ismertetjük. A második részben egy

egyszerűbb, a harmadik részben egy magasabb csillapítástulajdonságokkal rendelkező Riegger-szűrőt mutatunk be.

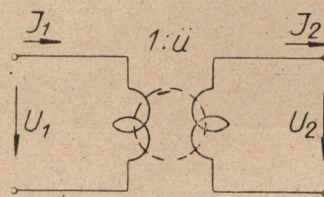
A szűrők analízisén kívül az elvi tervezés menetét is ismertetjük. A tervezés szemléletesebbé tétele céljából egy numerikus példán kidolgozunk két szűrőt az Orion készülékekben alkalmazott 473, 6 kHz középfrekvenciára.

1. Rész

2. A Riegger-kapcsolás

2.1. A négypólusok mátrix algebraja

A következőkben feltételezzük a négypólusok mátrix kezelésének ismeretét. A jelölések bevezetése céljából néhány előkészítő megjegyzést teszünk.



1. ábra

Az 1. ábrán jelölt ideális transzformátor négy-pólusegyenletei, mint ismeretes

$$U_1 = \frac{1}{\ddot{u}} U_2 \quad 2.1.1.$$

$$I_1 = \ddot{u} I_2 \quad 2.1.2.$$

Az általános négypólus

$$U_1 = AU_2 + BI_2 \quad 2.1.3.$$

$$I_1 = CU_2 + DI_2 \quad 2.1.4.$$

ún. lánc egyenleteiből alkotjuk az

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \quad 2.1.5$$

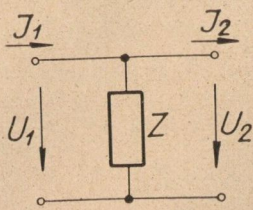
lánc-mátrixot. Az ideális transzformátor lánc-mátrixa tehát

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \ddot{u} & 0 \\ 0 & \ddot{u} \end{pmatrix} \quad 2.1.6.$$

A 2. ábrán látható elfajuló négypólus lánc egyenletei

$$U_1 = U_2 \quad 2.1.7.$$

$$I_1 = \frac{1}{Z} U_2 + I_2 \quad 2.1.8.$$



2. ábra

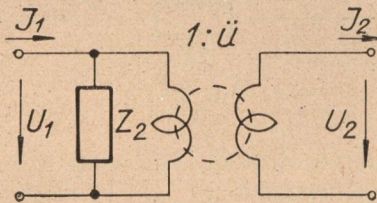
a lánc-mátrix tehát

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z} & 1 \end{pmatrix} \quad 2.1.9.$$

Két négypólus lánc-kapcsolásából keletkezett eredő négypólus lánc-mátrixát a két komponens mátrix szorzata adja, a mátrix szorzás szabályai szerint.

$$\begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1 A_2 + B_1 C_2 & A_1 B_2 + B_1 D_2 \\ C_1 A_2 + D_1 C_2 & C_1 B_2 + D_1 D_2 \end{pmatrix} \quad 2.1.10.$$

Kössük láncba az 1. és 2. ábrán adott négypólusokat a 3. ábrán látható módon.



3. ábra

Itt

$$\begin{aligned} A_1 &= 1 & \text{és} & & A_2 &= \frac{1}{\ddot{u}} \\ B_1 &= 0 & & & B_2 &= 0 \\ C_1 &= \frac{1}{Z} & & & C_2 &= 0 \\ D_1 &= 1 & & & D_2 &= \ddot{u} \end{aligned} \quad 2.1.11.$$

Ezeket a 2.1.10.-be téve az eredő négypólus lánc-mátrixa.

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\ddot{u}} & 0 \\ \frac{1}{\ddot{u}Z} & \ddot{u} \end{pmatrix} \quad 2.1.12.$$

Az eredő négypólus lánc-egyenletei tehát 2.1.12. alapján

$$U_1 = \frac{1}{\ddot{u}} U_2 \quad 2.1.13.$$

$$I_1 = \frac{1}{\ddot{u}Z} U_2 + \ddot{u} I_2 \quad 2.1.14.$$

A négypólus ellenállásegyenletei:

$$U_1 = Z_{11} I_1 - Z_{12} I_2 \quad 2.1.15.$$

$$U_2 = Z_{12} I_1 - Z_{22} I_2 \quad 2.1.16.$$

Ezzel a négypólus ellenállás-mátrixa

$$\begin{pmatrix} Z_{11} & -Z_{12} \\ Z_{12} & -Z_{22} \end{pmatrix} \quad 2.1.17.$$

A lánc- és ellenállás-mátrixok közötti átszámítás a

$$\left. \begin{aligned} Z_{11} &= \frac{A}{C} \\ Z_{12} &= \frac{1}{C} \\ Z_{22} &= \frac{D}{C} \end{aligned} \right\} \quad 2.1.18.$$

ill.

$$A = \frac{Z_{11}}{Z_{12}} \quad C = \frac{1}{Z_{12}} \quad 2.1.19.$$

$$B = \frac{Z_{11} Z_{22} - Z_{12}^2}{Z_{12}} \quad D = \frac{Z_{22}}{Z_{12}}$$

képletekkel történik, az

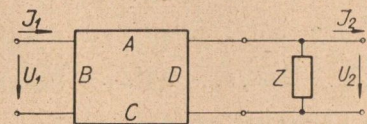
$$AD - BC = 1 \quad 2.1.20.$$

ún. lánckötés figyelembevételével.

Fentiek alkalmazásával a 3. ábra négypólusának ellenállás-mátrixa

$$\begin{pmatrix} Z & -\ddot{u}Z \\ \ddot{u}Z & -\ddot{u}^2 Z \end{pmatrix} \quad 2.1.21.$$

Számítsuk ki végül a 4. ábrán látható két négypólus eredő lánc-mátrixát.



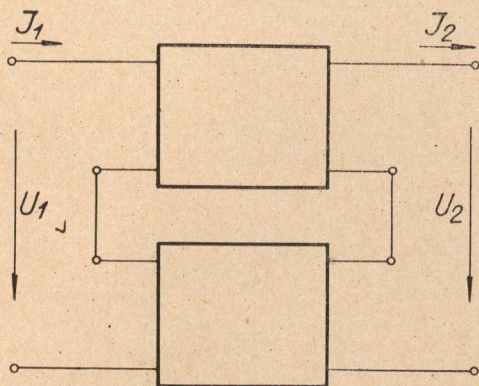
4. ábra

A 2.1.10. formula értelemszerű alkalmazásával az eredő lánc-mátrix

$$\begin{pmatrix} A + \frac{B}{Z} & B \\ C + \frac{D}{Z} & D \end{pmatrix} \quad 2.1.22.$$

Az 5. ábrán két négypólus soros kapcsolását tüntettük fel. A soros kapcsolat eredő ellenállás-mátrixát a komponens négypólusok ellenállás-mátrixainak összege adja.

$$\begin{aligned} (Z_e) &= \begin{pmatrix} Z_{11} & -Z_{12} \\ Z_{11} & -Z_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Z'_{11} & -Z'_{12} \\ Z'_{12} & -Z'_{22} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} Z_{11} + Z'_{11} & -(Z_{12} + Z'_{12}) \\ Z_{12} + Z'_{12} & -(Z_{22} + Z'_{22}) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad 2.1.23.$$

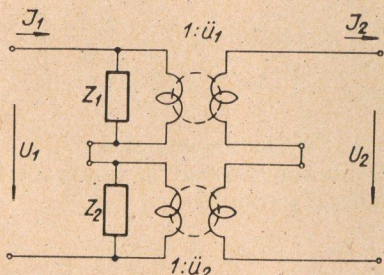


5. ábra

2.2. A Riegger-kapcsolás analízise

A 2.1. pontban az általános négy-póluselmélet néhány — a következő tárgyalások szempontjából fontos — képletét elevenítettük fel.

Az előbbieket felhasználásával írjuk fel a 6. ábrán látható kapcsolás ellenállás- és lánc mátrixait.



6. ábra

A négy-pólus két négy-pólus soros kapcsolásaként kezelhető. Az eredő ellenállás-mátrix

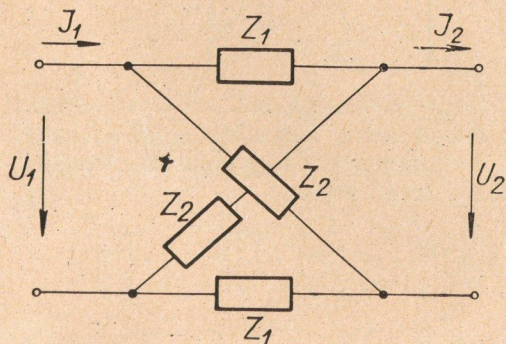
$$(Z_e) = \begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & -(\ddot{u}_1 Z_1 + \ddot{u}_2 Z_2) \\ \ddot{u}_1 Z_1 + \ddot{u}_2 Z_2 & -(\ddot{u}_1^2 Z_1 + \ddot{u}_2^2 Z_2) \end{pmatrix} \quad 2.2.1.$$

Speciálisan válasszuk az áttételeket

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_1 &= -1 \\ \ddot{u}_2 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad 2.2.2.$$

Ebben az esetben

$$(Z_e) = \begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & -(Z_2 - Z_1) \\ Z_2 - Z_1 & -(Z_1 + Z_2) \end{pmatrix} \quad 2.2.3.$$

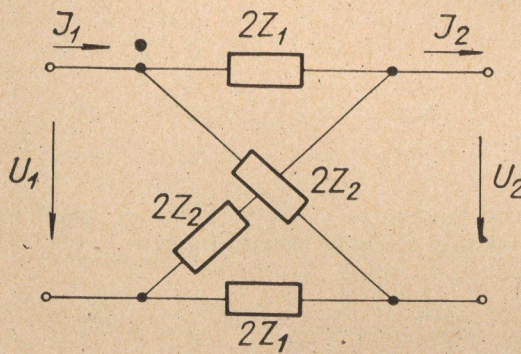


7. ábra

A négy-pólus-elméletből ismeretes, hogy a 7. ábrán jelölt szimmetrikus X-tag ellenállás-mátrixa.

$$\begin{pmatrix} \frac{Z_1 + Z_2}{2} & -\frac{Z_2 - Z_1}{2} \\ \frac{Z_2 - Z_1}{2} & -\frac{Z_1 + Z_2}{2} \end{pmatrix} \quad 2.2.4.$$

A két mátrix egybevetéséből azonnal kitűnik, hogy speciális kapcsolásunk a 8. ábrán látható X-taggal ekvivalens.



8. ábra

Az ellenállás-mátrixból lánc-mátrixot a 2.1.19. képletekkel átszámolva:

$$\begin{pmatrix} \frac{Z_2 + Z_1}{Z_2 - Z_1} & 4 \frac{Z_2 Z_1}{Z_2 - Z_1} \\ 1 & \frac{Z_2 + Z_1}{Z_2 + Z_1} \end{pmatrix} \quad 2.2.5.$$

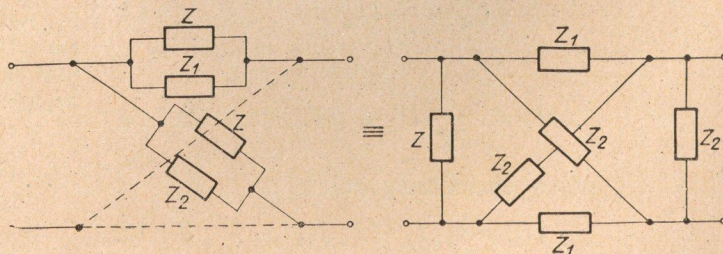
A 2.1.22. képlet kétszeri alkalmazásával kimutatható a 9. ábrán bemutatott ekvivalencia.

Ennek az ekvivalenciának a jelentősége kettős. A Riegger-szűrőben a Z_1 , ill. Z_2 impedanciákat párhuzamos rezgőkörökkel képezzük. Ennek az ekvivalenciának a segítségével lehetőségünk nyílik:

a) A rezgőkörök veszteségeit a Z lezáró impedanciákba tolni és ohmos lezárások között dolgozó veszteségmentes szűrő tárgyalást bevezetni.

b) A lezáró impedanciákat a szűrőbe veszteségként betudni és a veszteséges szűrőt áramgenerátor (aktív szakadás) és üres kimeneti kapcsok (passzív szakadás) között dolgoztatni.

A fenti ekvivalenciából következik, hogy mindkét tárgyalási mód azonos eredményre vezet.



9. ábra

Ugyancsak az ekvivalencia alapján a Riegger-szűrő hullámellenállását a

$$Z = 2 \sqrt{Z_1 Z_2} \quad 2.2.6.$$

a hullámcsillapítást a

$$\text{th} \frac{P}{2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \quad 2.2.7.$$

képlet adja, ahol Z_1 -et és Z_2 -t veszteségmentes reaktanciáknak tekintjük és a veszteségeket a lezárásokba tervezzük bele.

A *b)* pontban részletezett eljárás szerint számolva a szűrő csillapítását a

$$b = \lg \left| \frac{Z_2 + Z_1}{Z_2 - Z_1} \right| \quad 2.2.8.$$

képletből számítjuk, míg a bemenő impedanciát a

$$Z = \frac{Z_2 + Z_1}{2} \quad 2.2.9.$$

képlet adja.

A 2.2.8. és 2.2.9. képletekben a Z_1 és Z_2 impedanciákba a veszteségeket is, sőt a lezárásokat is beleszámítjuk.

Mi tárgyalásainkban az előbbi módszert követjük.

II. Rész

3. 1-es típusú Riegger-szűrő

3.1. Jelölések és frekvencia-transzformáció

Jelölje

X_{11} az $L_1 C_1$ rezgőkör

X_{13} az $L_3 C_3$ rezgőkör

X_2 az $L_2 C_2$ rezgőkör

reaktanciáját,

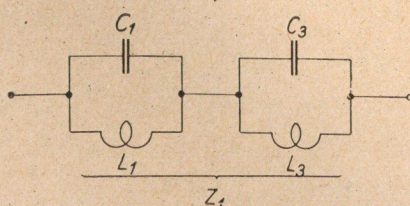
továbbá legyen

$$\omega_1^2 = \frac{1}{L_1 C_1} \quad 3.1.1.$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{L_2 C_2} \quad 3.1.2.$$

és

$$\omega_3^2 = \frac{1}{L_3 C_3} \quad 3.1.3.$$



10. ábra

Ekkor

$$Z_{11} = jX_{11} = \frac{j\omega L_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_1}}{j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = j\omega L_1 \frac{\omega_1^2}{\omega_1^2 - \omega^2} \quad 3.1.4.$$

és rendre

$$Z_{13} = jX_{13} = j\omega L_3 \frac{\omega_3^2}{\omega_3^2 - \omega^2} \quad 3.1.5.$$

$$Z_2 = jX_2 = j\omega L_2 \frac{\omega_2^2}{\omega_2^2 - \omega^2} \quad 3.1.6.$$

Vezessük be a transzformált x frekvenciát az

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1+x} \quad 3.1.7.$$

relációval. Válasszuk meg az $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$ frekvenciákat úgy, hogy az

$$\omega_1 = \omega_0 \sqrt{1-x_0} \quad 3.1.8.$$

$$\omega_2 = \omega_0 \quad 3.1.9.$$

$$\omega_3 = \omega_0 \sqrt{1+x_0} \quad 3.1.10.$$

összefüggéseknek eleget tegyenek.

Ekkor

$$jX_1 = j(X_{11} + X_{13}) =$$

$$j\omega_0 \sqrt{1+x} \left[L_3 \frac{1+x_0}{x_0-x} - L_1 \frac{1-x_0}{x_0+x} \right] \quad 3.1.11.$$

és

$$jX_2 = -\omega_0 L_2 \frac{\sqrt{1+x}}{x} \quad 3.1.12.$$

Válasszuk meg L_1 és L_3 értékeit úgy, hogy a második rezgőkör antirezonanciáján az első reaktancia rezonanciát adjon. Vagyis

$$x = 0 \text{ esetén } X_1 = 0 \quad 3.1.13.$$

legyen. Ekkor 3.1.10.-ből

$$\frac{L_1}{L_3} = \frac{1+x_0}{1-x_0} \quad 3.1.14.$$

és így

$$jX_1 = \omega_0 (1-x_0) L_1 \frac{2x \sqrt{1+x}}{x_0^2 - x^2} \quad 3.1.15.$$

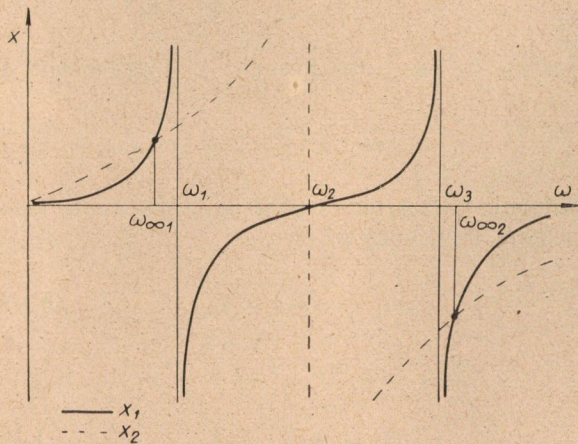
A két reaktancia 11. ábrán látható frekvenciadiagrammjaiból láthatjuk, hogy a szűrő csillapítás viszonyaira jellemző reaktancia előjelek a következőképpen alakulnak. A $0 < \omega < \omega_1$ tartományban mindkét reaktancia pozitív, a szűrőnek zárótartománya van.

Az $\omega_1 < \omega < \omega_2$ tartományban X_1 negatív, X_2 pozitív előjelű, a szűrőnek áteresztő tartománya van.

Az $\omega_2 < \omega < \omega_3$ tartományban X_1 pozitív, X_2 negatív előjelű, a szűrőnek áteresztő tartománya van.

Az $\omega_3 < \omega < \infty$ tartományban mindkét reaktancia negatív előjelű, a szűrőnek ismét zárótartománya van.

Szűrőnk tehát egyetlen $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_3$ áteresztő tartománnyal rendelkező sávszűrő.



11. ábra

Az $\omega_2 = \omega_0$ sávközép frekvencián mindkét reaktancia előjelet vált. A szűrő behangolásakor gondoskodni kell arról, hogy ez az előjelváltás valóban ugyanazon a frekvencián következzen be. Ellenkező esetben a sávközép közelében egy zárótartomány képződik, ami rontja az átvitel egyenletességét.

3.2. A hullámcsillapítás

A szűrő hullámcsillapítását a 2.2.7. képlettel számítjuk

$$\operatorname{th} \frac{P}{2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{2(1-x_0) \frac{L_1}{L_2}} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 - x_0^2}} \quad 3.2.1.$$

Egyszerűbb tárgyalás kedvéért bevezetjük a

$$\lambda = \sqrt{2(1-x_0) \frac{L_1}{L_2}} \quad 3.2.2.$$

jelölést és az

$$y = \frac{x}{x_0} \quad 3.2.3.$$

ún. normált frekvenciát. A normált frekvencia bevezetésével a teoretikus határfrekvenciákon

(ω_1 és ω_3) y értéke -1 , ill. $+1$ értékeket vesz fel, míg sávközépen $y = 0$.

Ezekkel a jelölésekkel

$$\operatorname{th} \frac{P}{2} = \lambda \frac{y}{\sqrt{y^2 - 1}} \quad 3.2.4.$$

A képletből következik, hogy $|y| < 1$ esetben a csillapítás képzetes lesz. Valós csillapítást csak $|y| > 1$ esetben kapunk.

A

$$P = b + ja \quad 3.2.5.$$

összefüggés figyelembevételével $|y| > 1$ esetben

$$\operatorname{tg} \frac{b}{2} = \lambda \frac{|y|}{\sqrt{|y|^2 - 1}} \quad 3.2.6.$$

Nyilvánvaló, hogy

$$\operatorname{th} \frac{b}{2} = 1 \quad \text{esetben} \quad b \rightarrow \infty \quad 3.2.7.$$

Végtelen nagy csillapítást kapunk a

$$\lambda \frac{|y_\infty|}{\sqrt{|y_\infty|^2 - 1}} = 1 \quad 3.2.8.$$

relációnak eleget tevő y_∞ normált frekvencián. Ebből

$$|y_\infty| = \frac{1}{\sqrt{1 - \lambda^2}} \quad 3.2.9.$$

Csillapításpólust tehát csak $\lambda < 1$ esetben kapunk, vagyis 3.2.2.-re tekintettel $L_1 < L_2$ esetben.

A csillapításfüggvény részletes taglalása azt mutatja, hogy a csillapítás a határfrekvenciáktól a pólusfrekvenciáig monoton növekszik. A pólusfrekvenciákon (teoretikusan) végtelen nagy lesz. A pólusfrekvenciáktól a zérus, ill. végtelen nagy frekvenciák felé távolodva monoton csökken.

Zérus frekvencián ($y = -\frac{1}{x_0}$) a csillapítást

$$\left[\operatorname{th} \frac{b}{2} \right]_{\omega=0} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - x_0^2}} \quad 3.2.10.$$

míg végtelen nagy frekvencián ($y \rightarrow \infty$)

$$\left[\operatorname{th} \frac{b}{2} \right]_{\omega \rightarrow \infty} = \lambda \quad 3.2.11.$$

formulák adják.

x_0 , ill. λ szerepeiről a következőket érdemes megjegyezni. A 3.1.9. formulából

$$\left(\frac{\omega_3}{\omega_0} \right)^2 = 1 + x_0 \quad 3.2.12.$$

Keskenysávú szűrők esetén

$$\omega_3 = \omega_0 + \Delta\omega \quad 3.2.13.$$

így 3.2.12.-be téve.

$$x_0 = 2 \frac{\Delta\omega}{\omega_0} + \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_0} \right)^2 \quad 3.2.14a.$$

$\Delta \omega \ll \omega_0$ esetén

$$x_0 \approx 2 \frac{\Delta \omega}{\omega_0} \quad 3.2.14.$$

x_0 tehát jó közelítéssel a relatív sáv szélességgel egyenlő.

λ -ról a 3.2.8. képlet 3.2.4.-be való vissza-helyettesítése után

$$\text{th } \frac{b}{2} = \frac{\frac{y}{\sqrt{y^2 - 1}}}{\frac{y_\infty}{\sqrt{y_\infty^2 - 1}}} \quad 3.2.15.$$

világosan mutatja, hogy lényegében a létraszűrők-ből ismert „m” derivációs tényezővel azonos.

3.3. A hullámforgatás

A 3.2.4. képletből látjuk, hogy $|y| < 1$ esetben a jobboldal tiszta képzetes lesz. Ekkor az ismert

$$\text{th } ja = j \text{ tg } \alpha \quad 3.3.1.$$

összefüggés figyelembevételével

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = y \frac{y}{1 - y^2} \quad 3.3.2.$$

képlet írja le a szűrő fázisforgatását.

A $0 < \omega < \omega_1$ alsó zárótartományban a szűrő fázisforgatása $-\pi$.

Az $\omega_1 < \omega < \omega_3$ áteresztő tartományban a fázisforgatás $-\pi$ -től (a sávközépen 0) $+\pi$ -ig változik a 3.3.2. képlet szerint.

Az $\omega_3 < \omega < \infty$ felső zárótartományban a szűrő fázisforgatása $+\pi$.

A későbbiek kedvéért közöljük a fázisforgatás sinusát, ill. cosinusát:

$$\sin \alpha = \frac{2 \lambda y \sqrt{1 - y^2}}{1 - (1 - \lambda^2) y^2} \quad 3.3.3. \quad \text{II.}$$

és

$$\cos \alpha = \frac{1 - (1 + \lambda^2) y^2}{1 - (1 - \lambda^2) y^2} \quad 3.3.4.$$

3.4. A hullámmellenállás

A hullámmellenállást 2.2.6, 3.1.11. és 3.1.14 képletek egybevetésével nyerjük.

$$Z = 2 \sqrt{-X_1 X_2} = 2 \omega_0 L_2 \lambda \sqrt{\frac{1 + x}{x_0^2 - x^2}} \quad 3.4.1.$$

A szűrő

$$Z_0 = \frac{2 \omega_0 L_2 \lambda}{x_0} \quad 3.4.2.$$

névellenállást és az y normált frekvenciát bevezetve

$$Z = Z_0 \sqrt{\frac{1 + x_0 y}{1 - y^2}} \quad 3.4.3a.$$

Keskenysávú szűrők esetén $1 + x_0 y \approx 1$ így

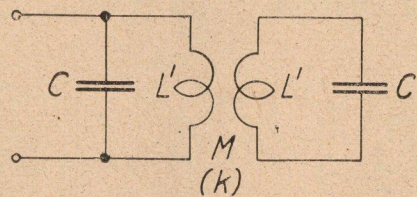
$$Z \approx \frac{Z_0}{\sqrt{1 - y^2}} \quad 3.3.3.$$

A hullámmellenállás π jelleget mutat (határfrekvenciákon végtelen nagy értékű ($y = 0$ -nál $Z = Z_0$, sávközépen felveszi a névellenállás értékét).

3.5. Ekvivalens kapcsolások

Ebben a pontban a gyakorlati kivitelezés megkönnyítésére két ekvivalens áramkört ismertetünk. Mindkettő az ideális transzformátor megkerülését szolgálja.

A 10a ábrán bemutatott reaktanciát később részletezett okokból a 12. ábrán ekvivalensével célszerű helyettesíteni.



12. ábra

A részletes ekvivalencia számítással e helyen nem foglalkozunk. Az irodalomban bőségesen találunk erre vonatkozó utalásokat. A reaktáns két-pólusokra vonatkozó Foster-tételből levezethetők az

$$L' = L_1 + L_3 \quad 3.5.1.$$

$$M = L_1 - L_3 \quad 3.5.2.$$

$$k = \frac{L_1 - L_3}{L_1 + L_3} \quad 3.5.3a.$$

képletek. Ez utóbbi 3.1.13. figyelembevételével

$$k = x_0 \quad 3.5.3.$$

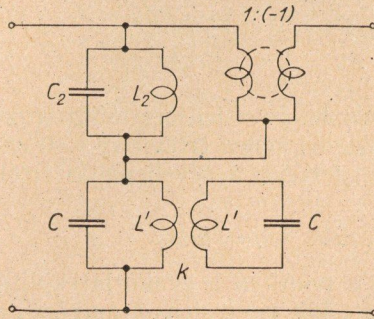
-ra egyszerűsödik.

Ennek az ekvivalensnek tehát egyik előnye, hogy a k csatolási tényező változtatásával kényelmesen változtathatjuk az x_0 sáv szélesség jellemzőt.

Az ekvivalencia $C_1 = C_3$ esetén áll fent, ami azonban — mint később látjuk — szűrőnkben mindig teljesül. Ekkor

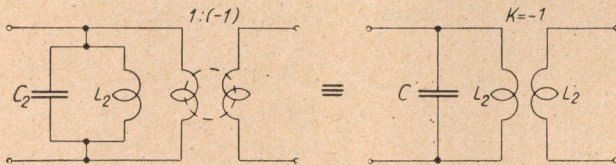
$$C = \frac{C_1}{2} \quad 3.5.4.$$

A szűrőben szereplő két ideális transzformátor közül az 1 : 1-es áttételűt egyszerűen elhagyhatjuk. Célszerűen úgy járunk el, hogy az X_2 reaktanciához rendelünk 1 : 1-es transzformátort. Ekkor csak az egyetlen rezgőkörhöz rendelt 1 : -1 transzformátort kell megtartanunk. Kapcsolásunk ekkor a 13. ábra szerint alakul.



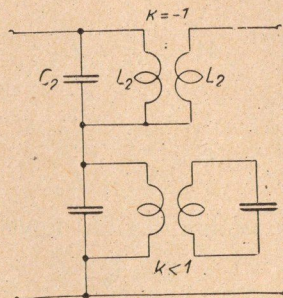
13. ábra

Az L_2 induktivitással párhuzamosan kapcsolt ideális transzformátor azonban helyettesíthető a 14. ábra szerint két L_2 induktivitású $k = 1$ -es csatolású tekercsel.

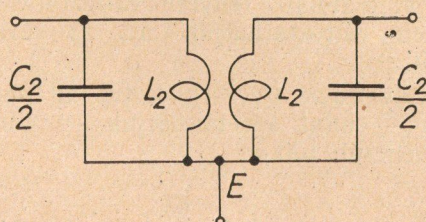


14. ábra

Ekkor kapcsolásunk a 15. ábra szerint alakul. A C_2 kapacitás azonban megfeleztethető és az egyik fele a másik L_2 tekercsre köthető a 16. ábra szerint.



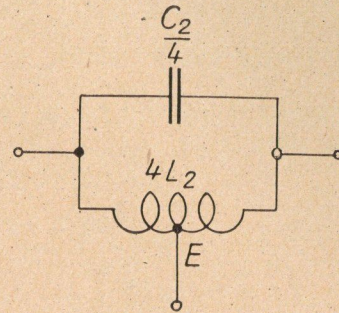
15. ábra



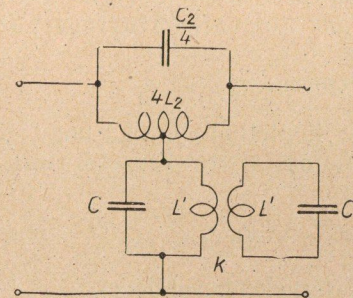
16. ábra

A Bartlett—Brune tétel alkalmazásával nyerjük a 16. ábrából a 17. ábrát.

Ekkor az ekvivalens szűrőt 18. ábránk mutatja.



17. ábra



18. ábra

3.6. A szűrő hullámtervezése

A szűrő hullámtervezésekor abból a feltételből indulunk ki, hogy a szűrő hullámellenállással van lezárva.

Adottnak tekintjük:

- a) a szűrő teoretikus határfrekvenciáit (ω_1 és ω_3),
- b) a póluscillapítások frekvenciáit ($\omega_{\infty 1}$ és $\omega_{\infty 3}$)
- c) a szűrő Z_0 névellenállását, vagy valamelyik (célszerűen C_2) kapacitást.

A tervezés ekkor a következőképpen alakul:

A teoretikus határfrekvenciákból a teoretikus sávközép frekvenciát 3.1.7., és 3.1.9., alapján az

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_3^2}{2}} \quad 3.6.1.$$

adja 3.1.9.-ből

$$x_0 = \left(\frac{\omega_3}{\omega_0}\right)^2 - 1 \quad 3.6.2.$$

Az

$$\omega_{\infty 1} = \omega_0 \sqrt{1 - x_{\infty}} \quad 3.6.3.$$

egyenletből

$$x_{\infty} = 1 - \left(\frac{\omega_{\infty 1}}{\omega_0}\right)^2 \quad 3.6.4.$$

és 3.2.3. figyelembevételével

$$y_{\infty} = \frac{x_{\infty}}{x_0} \quad 3.6.5.$$

3.2.9.-ből számítjuk λ -t:

$$\lambda = \sqrt{-1 \frac{1}{y_{\infty}^2}} \quad 3.6.6.$$

L , L_2 és L_3 értékeit a 3.1.13., 3.2.2. és 3.4.2. képletekből számítjuk

$$L_1 = \frac{Z_0 \cdot x_0}{\omega_0} \cdot \frac{\lambda}{4(1 - x_0)} \quad 3.6.7.$$

$$L_2 = \frac{Z_0 \cdot x_0}{\omega_0} \cdot \frac{1}{2\lambda} \quad 3.6.8.$$

és

$$L_3 = \frac{Z_0 \cdot x_0}{\omega_0} \cdot \frac{\lambda}{4(1 + x_0)} \quad 3.6.9.$$

A kapacitásokat a Thomson képlet segítségével az induktivitásokból és a megfelelő antirezonáns frekvenciákból számítjuk:

$$C_1 = C_3 = \frac{1}{\omega_0 Z_0 x_0} \cdot \frac{4}{\lambda} \quad 3.6.10.$$

$$C_2 = \frac{1}{\omega_0 Z_0 x_0} \cdot 2\lambda \quad 3.6.11.$$

E két utóbbi egyenletből

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{2}{\lambda^2} > 2 \quad 3.6.12.$$

Nagy névellenállás esetén C_2 olyan kicsivé válik, hogy praktikusán nem realizálható.

Ezért a tervezést ilyen esetben C_2 megválasztásával végezzük és ebből ω_0 , x_0 és λ ismeretében Z_0 adódik.

Így a 3.6.7. ÷ 3.6.11. egyenletekből

$$Z_0 = \frac{2\lambda}{\omega_0 C_2 x_0} \quad 3.6.13.$$

$$C_1 = \frac{2}{\lambda^2} C_2 \quad 3.6.14.$$

$$L_1 = \frac{1}{\omega_0^2 C_2} \cdot \frac{\lambda^2}{2(1 - x_0)} \quad 3.6.15.$$

$$L_2 = \frac{1}{\omega_0^2 C_2} \quad 3.6.16.$$

$$L_3 = \frac{1}{\omega_0^2 C_2} \cdot \frac{\lambda^2}{2(1 + x_0)} \quad 3.6.17.$$

A hullámtervezés azonban nem ad felvilágosítást az ohmos lezárások között dolgozó szűrő üzemi viszonyairól.

A következő pontban ezzel a kérdéssel foglalkozunk.

3.7 A szűrő üzemi csillapítása

A szűrő lezáró ellenállásait két részből összetettnek fogjuk fel. Az adó oldalon a meghajtó generátor belső ellenállásához, a vevő oldalon a következő fokozat rácsköri impedanciájához párhuzamosan kapcsolódik a 9. ábrán ismertetett ekvivalencia alapján adódó kiredukált veszteségi ellenállás.

Ez a kiredukálás azonban csak akkor lehetséges, ha mindkét reaktanciát ugyanaz a veszteségi ellenállás terheli.

Mint ismeretes, egy párhuzamos rezgőkör rezonancia ellenállását általában a

$$Z_r = Q \sqrt{\frac{L}{C}} \quad 3.7.1.$$

formula szabja meg. Így a kiredukálhatóság feltétele

$$Q_1 \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + Q_3 \sqrt{\frac{L_3}{C_3}} = Q_2 \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \quad 3.7.2a.$$

ill. $L_1 \cong L_3$ miatt $Q_1 = Q_3$ felvételével

$$Q_1 \left[\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} + \sqrt{\frac{L_3}{C_1}} \right] = Q_2 \sqrt{\frac{L_2}{C_2}} \quad 3.7.2.$$

A megfelelő L és C értékek helyettesítése és rendezés után

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\lambda^2}{2} \cdot \frac{\sqrt{1 - x_0} + \sqrt{1 + x_0}}{\sqrt{1 - x_0^2}} \quad 3.7.3.$$

Keskenysávú szűrőkben $x_0 \ll 1$ ezért

$$\frac{Q_2}{Q_1} \approx \lambda^2 \quad 3.7.4.$$

Pl. $x_0 = 4\%$ esetén $\frac{Q_2}{Q_1} = 1,00014 \lambda^2$, ami indo-

kolja a 3.7.4. közelítést.

Mivel $Q_1 > Q_2$ tervezéskor Q_1 -nek praktikusán realizálható értékéből indulunk ki és 3.7.4. alapján számítjuk Q_2 értékét.

Szűrőnk két cső között dolgozik. A hajtócső anód-föld és a következő cső-rács-föld kapacitásai szintén terhelik a szűrőt. Ezeket a reaktanciákat előbb egyenlő értékre kell hozni, a kisebbikkel párhuzamosan kapcsolt trimmer kondenzátor segítségével.

Az így kiegyenlített reaktanciák most beredukálhatók a szűrőbe. Ha az egyenlő értékre hozott lezáró kapacitások értékét C_T -vel jelöljük, ez

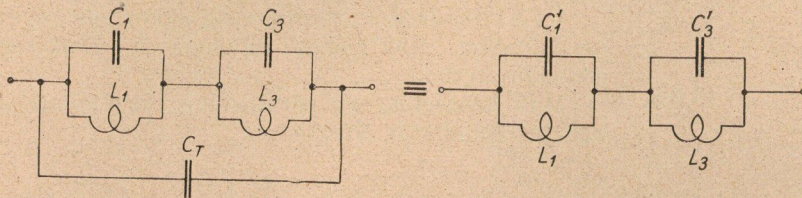
párhuzamosan kapcsolódik mindkét reaktanciával. Az X_2 reaktancia kapacitásához C_T egyszerűen hozzáadódik.

A helyes behangoláskor tehát C_2 értéket C_T -vel kell csökkenteni $C_2 = C_2 - C_T$.

Az X_1 reaktanciánál nem ilyen egyszerű az eset. Itt külön megfontolás szükséges annak eldöntéséhez, hogy a C_T kapacitás hogy oszlik el a két rezgőkör között, pontosabban melyik rezgőköri kapacitást milyen mértékben növeli.

A részletes számítást Foster tételére való utalással mellőzve csak az eredményt közöljük.

A 19. ábra kétpólusainak a Foster analízise arra az eredményre vezet, hogy a C_T járulékos



19. ábra

kapacitás nem változtatja meg a reaktáns kétpólus struktúráját. A rezonanciafrekvencia és ezzel a szűrő sávközepe a helyén marad. Az antirezonáns frekvenciák azonban megváltoznak.

Az új antirezonáns frekvenciákat az

$$\omega_{1,3}'^2 = \omega_0^2 \frac{1 + \frac{C_T}{C_1} \pm \sqrt{\left(\frac{C_T}{C_1}\right)^2 + x_0^2 \left(1 + 2\frac{C_T}{C_1}\right)}}{1 + 2\frac{C_T}{C_1}} \quad (3.7.5.)$$

képletből számítjuk (a Foster analízis eredményeként). A képletből könnyen igazolható, hogy

$$\omega_1' > \omega_1 \quad \text{és} \quad \omega_3' < \omega_3 \quad (3.7.6.)$$

vagyis a módosított antirezonáns frekvenciák a rezonáns frekvenciához közelednek. Szűrő vonatkozásban ez a sávszélesség csökkenésében jelentkezik.

A 3.7.5. képletből változatlanul feltételezett induktivitások esetén a Thomson képlettel kiszámíthatjuk a C'_1 , ill. C'_3 módosított kapacitásokat. 3.7.6. figyelembevételével azt találjuk, hogy

$$C'_3 > C_3 \quad \text{és} \quad C'_1 < C_1 \quad (3.7.7.)$$

Az antirezonanciák visszaállítása végett tehát a 3. rezgőkör kapacitását $\Delta C_3 = C'_3 - C_3$ értékkel csökkenteni, az 1 rezgőkör kapacitását $\Delta C_1 = C_1 - C'_1$ értékkel növelni kell. Mivel a rezonáns frekvencia a helyén marad, a két kapacitás összege nem változhat, tehát $|\Delta C_1| = |\Delta C_3|$, vagyis amennyivel növeljük a C_1 kapacitás értékét, ugyanannyival kell csökkenteni a C_3 kapacitás értékét.

Lényegesen egyszerűbb a helyzet a 12. ábrán adott ekvivalensnél. Itt ui. a C_T járulékos kapacitás csak az egyik kapacitáshoz adódik, amint a 22.

ábra mutatja. A helyes hangoláshoz tehát a baloldali C kapacitást kell C_T értékkel csökkenteni. Fenti megfontolásokból célszerű a rezgőköröket kapacitív hangolással készíteni. Ekkor ui. hangoláskor a járulékos kapacitások hatásait is automatikusan kiküszöböljük.

A jelen pontban eddig végzett számításokat csak tájékoztató jellegűeknek tekinthetjük. A hullámteória ui. nem ad felvilágosítást a szűrő áteresztő tartományában az ohmos lezárások miatt felépő csillapítás frekvencia-karakterisztikájából.

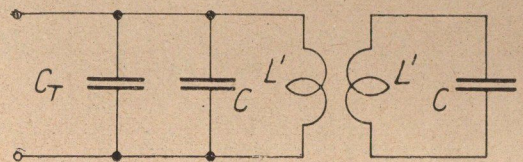
A fenti előzetes számítások azonban a lezáró ellenállások értékeit nagy közelítéssel megadják (Q_1 felvétele után).

A veszteségmentes R_0 ohmos lezárások között dolgozó szűrő üzemi csillapítását az áteresztő tartományban a

$$b = \frac{1}{2} \lg \left[\cos^2 \alpha + \frac{1}{4} \left(\frac{R_0}{Z} + \frac{Z}{R_0} \right)^2 \sin^2 \alpha \right] \quad (3.7.7.)$$

képlet adja.

$$\text{Legyen} \quad R = i Z_0 \quad (3.7.8.)$$



20. ábra

A csillapítás 3.3.3., 3.3.4. és 3.4.3. figyelembevételével

$$b = \frac{1}{2} \lg \frac{i^2 [1 - (1 + \lambda^2) y^2]^2 + \lambda^2 y^2 [1 + i^2 (1 - y^2)]^2}{i^2 [1 - (1 - \lambda^2) y^2]^2} \quad (3.7.9.)$$

3.7.7.-ből nyilvánvaló, hogy

$$\frac{1}{4} \left[\frac{R_0}{Z} + \frac{Z}{R_0} \right]^2 = 1 \quad (3.7.10.)$$

helyeken a csillapítás zérus. Itt ui. illesztés van a szűrő és a lezáró ellenállások között.

A 3.7.10. feltételből számított nullcsillapítás-helyek

$$y_0 = \pm \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}} \quad (3.7.11.)$$

Sávközépen $y = 0$ a csillapítás zérus lesz. Itt ui. $\alpha = 0$. Ekkor $\sin \alpha = 0$ és $\cos \alpha = 1$.

A csillapításfüggvény részletes analízise céljából vezessük be a D fojtást, a

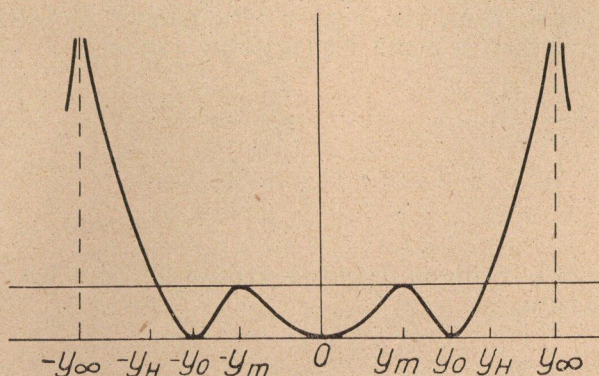
$$b = \frac{1}{2} \lg [1 + D^2] \quad (3.7.12.)$$

formulával. $D = 0$ helyeken a csillapítás nyilván zérus. A megfelelő számítások elvégzése után

$$D = \frac{\lambda i}{1 - \lambda^2} \cdot \frac{y \left[\frac{i^2 - 1}{i^2} - y^2 \right]}{\frac{1}{1 - \lambda^2} - y^2} \quad 3.7.13. \quad \text{ill.}$$

3.7.12. és 3.7.13. egybevetéséből kiderül, hogy a csillapításnak három zérushelye van.

Az $y = 0$ helyen, továbbá a 3.7.11-gyel megadott helyeken kétszeres zérushely. A csillapításgörbe lefutását 21. ábránk mutatja.



21. ábra

A szűrő tervezését ezek után kétféle módszerrel is végezhetjük. Az egyik módszer a csillapításfüggvény analíziséből kiindulva, a hullámosságra tett előírással határozza meg λ_H értékét, amelyre frekvencia megkötést ad. Ebből λ és i számítható. Ennek a módszernek hátránya a kifejezések bonyolultsága. Emiatt elvész az áttekinthetőség.

A másik módszer a Cauer-féle üzemi paraméter tervezésen alapszik. Itt az elmélet részletesebb ismertetése helyett csak az eredményeket adjuk.

Szimmetrikus szűrőről lévén szó, a csillapítást

$$b = \frac{1}{2} \lg [1 + \varphi^2] = \frac{1}{2} \lg [1 + (\sqrt{e^{2b_H} - 1} \cdot \operatorname{sh} P_r)^2] \quad 3.7.14.$$

alakba írhatjuk, ahol P_r egy úgynevezett „reference szűrő” hullám csillapítása. b_h az áteresztő tartományban megengedett hullámosság.

A reference szűrőt a következő szempontok alapján választjuk:

- a) bal- és jobboldali hullámellenállások, mérési közepe frekvenciafüggetlen legyen,
- b) a szűrő veszteségmentes,
- c) a teoretikus sáv szélesség egyezzen meg a tervezendő szűrő praktikus sáv szélességével,
- d) a pólusfrekvencia egyezzen meg a tervezendő szűrő pólusfrekvenciájával. Ebben az esetben a φ függvény (Feldtkeller fojtásnak nevezi).

$$\varphi = \sqrt{e^{2b_H} - 1} \frac{y [1 + 2\lambda_r - (1 + \lambda_r)^2 y^2]}{1 - (1 - \lambda_r^2) y^2} \quad 3.7.15a.$$

$$\varphi = \frac{(1 + \lambda_r)^2}{1 - \lambda_r^2} \sqrt{e^{2b_H} - 1} \frac{y \left[\frac{1 + 2\lambda_r}{(1 + \lambda_r)^2} - y^2 \right]}{\frac{1}{1 - \lambda_r^2} - y^2} \quad 3.7.15.$$

Ezt a 3.7.13-mal összevetve, azonosságot

$$\lambda = \lambda_r \quad 3.7.16$$

$$\frac{1 + 2\lambda_r}{(1 + \lambda_r)^2} = \frac{i^2 - 1}{i^2} \quad 3.7.17$$

$$\frac{(1 + \lambda_r)^2}{1 - \lambda_r^2} \sqrt{e^{2b_H} - 1} = \frac{\lambda i}{1 - \lambda^2} \quad 3.7.18.$$

esetben kapunk. A λ , λ_r , i és b_H paraméterek között három kötés van, egyik tehát szabadon választható, és vele a többi kifejezhető.

Célszerűen b_H , vagyis a praktikus áteresztő tartományban megengedett hullámosságot vesszük szabad paraméternek. Ezzel kifejezve γ -t és i -t a keresett szűrő már tervezhető.

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{e^{2b_H} - 1}} - 1 \quad 3.7.19.$$

és

$$i = \frac{1}{1 - \sqrt{e^{2b_H} - 1}} \quad 3.7.20.$$

A λ deriváció tényezőre azonban a

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad 3.7.21.$$

kötés áll fent. Ebből 3.7.19. figyelembevételével

$$3 \text{ dB} \geq b_H \geq 1 \text{ dB} \quad 3.7.22.$$

Szűrőnkkel tehát az áteresztő tartományban ilyen tervezéssel 1 dB-nél kisebb és 3 dB-nél nagyobb hullámosságot nem tudunk létrehozni, az értékek összetartozását

$$0 \leftarrow \lambda \rightarrow 1$$

$$3 \text{ dB} \leftarrow b_H \rightarrow 1 \text{ dB} \quad 3.7.22.$$

szimbólumunk adja.

Ebben az esetben az áteresztő tartományban a csillapítás Csebisev tulajdonságot mutat.

(Folytatása következik)

E G Y E S Ü L E T I É L E T

Az Egyesült Izzó és a Híradástechnikai Tudományos Egyesület által rendezett termisztor kiállításán bemutatásra került ennek az új hőérzékeny kapcsolási elemnek néhány alkalmazása. Különböző hőmérők, áramlásmérők, hőjelzők, folyadékszintjelző, vákuummérők, hőszabályozók, feszültségstabilizátor, időzítőkapcsolók szerepelnek a kiállításán. A kiállított berendezések csak ízelítőt adtak a termisztor sokféle felhasználásából. A cél nem az volt, hogy minden területen azonnal alkalmazható kész megoldásokat adjunk, mert ez nem áll módunkban — hanem, hogy ráirányítsuk a figyelmet erre a sokoldalú eszközre és segítséget nyújtsunk a különböző problémák megoldásához.

Meggyőződésünk, hogy az ipar és a (tudományos) kutatás sok területén eredményesen lehet használni a termisztor. Nagy a jelentősége az ipar modernizációjával szorosan összefüggő mérés-technika és automatizálás terén, különösen a távmérés és távvezérlés szempontjából. De nem hanyagolható el a biológiai és mezőgazdasági, valamint a meteorológiai jelentősége sem. Ezzel kapcsolatban elég a termisztoros tapintóhőmérőre utalnunk, mellyel $0,1^\circ$ pontossággal lehet bőr, levél stb. felületek hőfokát mérni. A II. ötéves terv során iparunk nagymértékben fog fejlődni, modernizálódni. Reméljük, hogy a termisztorral működő készülékek is hozzá fognak ehhez járulni.

Szemle folytatása

Irak postaigazgatósága a Marconi cégnél komplett nagyteljesítményű adóberendezéseket rendelt. Az adóantennát, amely félhullámú és 165 m magas, Bagdad közelében állítják fel. A bagdadi stúdiót az adóval zeneközvetítésre is alkalmas, négy-csatornás mikrohullámú berendezés köti majd össze. A rendelés ennek az összeköttetésnek antenna-rendszerét is tartalmazza. A 100 kW-os adók lég-hűtéses rendszerűek.

*

Az adóantennák vizsgálatához ezideig számos mérőberendezés volt szükséges, ami a méréseket megnehezítette. A Siemens cég most új hordozható antennavizsgáló mérőberendezéseket fejlesztett ki mind műsorszóró, mind pedig távolbalátó antennák vizsgálatára. Az új berendezésekkel a vizsgálatok gyorsan lebonyolíthatók és pontosságuk kielégítő. A műsorszóró adóantennák vizsgáló-berendezése a különböző hullámtartományokra nyomógombbal kapcsolható át és szelektív, valamint aperiodikus mérések is végezhetők. A készülék jóminőségű rádióvevőt és kétfokozatú, szélessávú erősítőt tartalmaz. A beépített hangszóróval a behangolt adó műsorát közvetlenül is ellenőrizhetjük. A távolbalátó antennavizsgálóval mind a hang, mind pedig a kép minősége is ellenőrizhető. A beépített képernyő átmérője 13 cm, de a kép nagyítható úgy, hogy a részlet 43 cm képnagyságnak feleljen meg.

*

Az osztrák kereskedelmi kiküldött jelenti New Yorkból, hogy a Bell laboratóriumban olyan új tranzisztort fejlesztettek ki, amely nagyfrekvencián az eddigiek teljesítményét lényegesen meghaladja. Az új tranzistor germániumból és szilíciumból új eljárással készül és mintegy 2500 táv-

beszélő csatorna egyidejű erősítésére lesz használható.

*

A radarkészüléket újabban az esőviharok magjainak a megkeresésére is felhasználják. Az alkalmazott módszer különösen a légiközlekedésben nyújt előnyöket, mert így a pilóta elkerülheti a veszélyes zónákat. Az új berendezést „isoecho”-nak nevezték el. Működéséhez az 5,5 cm-es hullámok bizonyultak a legalkalmasabbnak. A radarkészülék képernyőjén a pilóta világító kör alakú jelet lát, e kör középpontja jelenti az esőzóna legsűrűbb helyét.

*

Közép-Kelet petróleum termelő vidékein, ahol a nehéz terep lehetetlenné teszi a vezetéképítést vagy a kábelfektetést, újabban sokcsatornás mikrohullámú összeköttetéseket létesítenek a távbeszélő forgalom lebonyolítására. Ezt használják távjelzésre is (a forrás nyomás-, hőmérséklet-, stb. adatait állandóan közlik a központi irodákkal). Ilyen rendszer működik például Makinah és Zubair között. A távbeszélő készülékek itt Strowger-rendszerű központokhoz csatlakoznak.

*

Francia-Afrika területe 14-szerese az anyaországának, de lakossága annak csak $\frac{2}{3}$ -át teszi ki (26 millió). Ilyen nagy terület ellenére, főleg a kis népsűrűség ($3,4$ fő/km²) következtében, a távbeszélő előfizetők száma csak mintegy 13 500, vagyis annyi, mint például Nice városé. Az interurbán távbeszélő összeköttetések hossza összesen 22 000 km és igen kevés számú áramkör hosszabb 100 km-nél. A főbb városokat az anyaországgal rádiótávbeszélő köti össze.

A híradástechnikai és műszertechnikai ellenállások újabb fejlődésének irányai

KATONA JÁNOS
Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet

(Folytatás az 1956. 2. szám 49—54. oldaláról)

b) Bórkarbon ellenállások

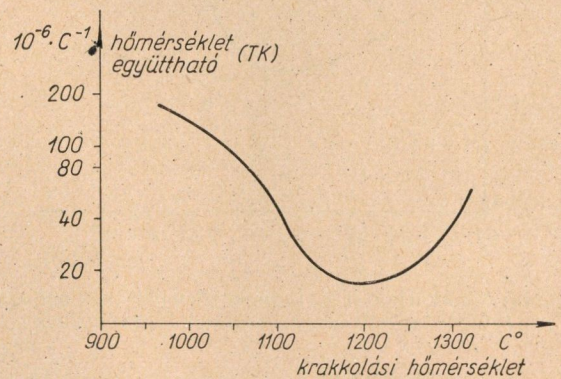
A legutóbbi években a nem fémes vezetőanyagú ellenállások kutatása területén nagy jelentőségű eredmény született. Éppen úgy, ahogy fémes ellenállásoknál, úgy nem fémes anyagoknál is fel lehet építeni több anyagból álló rendszert, amelynek stabilitási tulajdonságai legalább egy nagyságrenddel jobbak, mint a tiszta kristályszenréteg ellenállása. Az első ilyen javaslat Grisdale-től (Bell Telephone Lab.) származik. [6] A kristályos szenrétegbe bór anyag beépítését kísérelte meg. A beépülés módja még ezideig nincs alaposan felderítve, mégis az eddigi analitikai és struktúra vizsgálatok az elektromos mérésekkel összefüggésben azt mutatták, hogy a bór hozzáadása mint idegen anyag, nem egy keverék-vezetési effektust mutat, hanem a bór valószínűleg a kristályhatárokon, a kötéseknél a kristályszenréteg kristályrendszerébe épül be. [7] A bór beépülésével tehát a kristályszenréteg struktúrájában bekövetkező változással kell számolni. Eddig csak a beépülés hatásai ismeretesek, amelyek igen kedvezőek, a textura deformációi eddig még nem, ez éppen a kutatás soron levő feladatai közé tartozik.

A bórkarbon réteg kialakítása hasonlóképpen történik, mint a kristályszenrétegé, berendezkedésében nem kíván gyökeresen újat, csak a meglevő berendezések kisebb módosítását. A bór bevitelére több módszer lehetséges. Egyik ilyen, Grisdale javaslata alapján az, hogy benzin vagy heptán gőzbe bórtriklorid gőzt vezet és e gőz keverékét hidrogén gáz-áramban vezeti be a krakkoló kemencébe. A gőzkeverék összetételét a két anyag (benzin és bórtriklorid) hőmérsékletének beállításával és a gőzvezetékek keresztmetszetének változtatásával lehet szabályozni. Az optimális krakkolási hőmér-

séklet megállapítása szerint 1150—1250 C° között van.

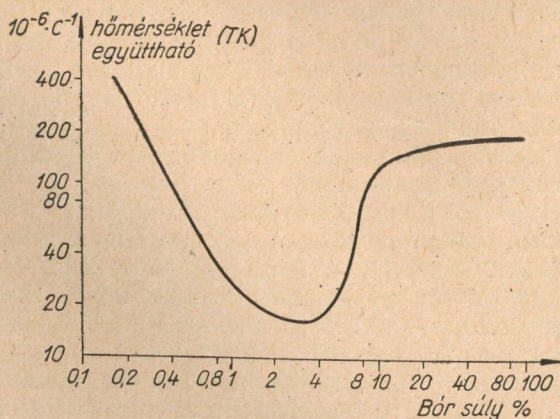
Ha a bórkarbon ellenállások hőfoktényezőjét vizsgáljuk, akkor a 12. ábra szerint azt látjuk, hogy az optimum 3—4 súlyszázalék bórtartalomnál adódik, 1200 C° krakkolási hőmérsékletnél. Mint látjuk ez az optimum elég éles. 3—4 súlyszázalék bór esetén a réteg megközelíti a fémes ellenállások hőfok tényezőjét [8].

A krakkolási hőmérséklet függvényében a hőfoktényező változását a 13. ábra mutatja. Amint lát-

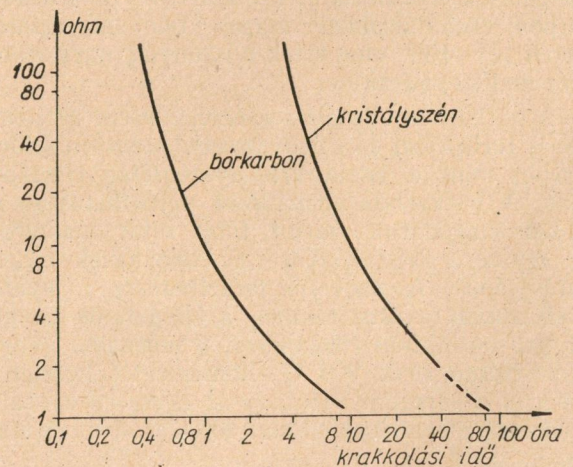


13. ábra. Bórkarbon ellenállások hőmérséklet együtthatójának függése a krakkolási hőmérsékletétől. A beépült bór-súly százalék : 3—4% között

ható, itt nem olyan éles az optimum. A 14. ábra a krakkolási idő függvényében, a keletkező bórkarbon réteg ellenállását mutatja, összehasonlítva az egyszerű kristályszenrétegével. Látható, hogy a 3—4 súlyszázalék bór esetén a réteg ellenállása



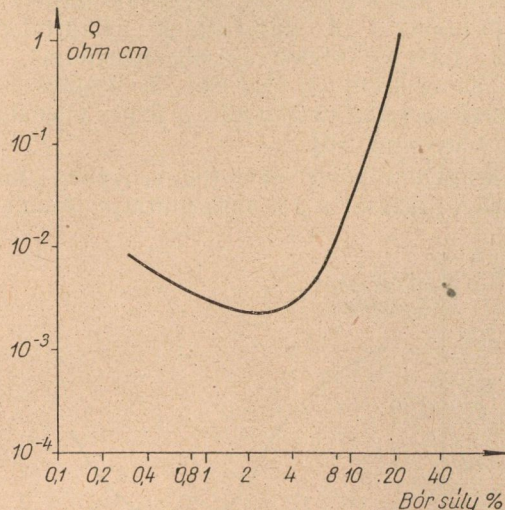
12. ábra. Bórkarbon ellenállások hőmérséklet együtthatójának függése a rétegbe beépült bórsúlyszázalék függvényében. Krakkolási hőmérséklet : 1200 C°



14. ábra. A bórkarbon és kristály szenréteg ellenállása krakkolási idő függvényében

kb. egy nagyságrenddel kisebb, mint a kristályszenrétegé. Ebből az következik, hogy a krakkolási idő, bórkarbon réteg esetén tört részre csökkenthető a kristályszenréteghez képest, ez jelentős gyártási költségmegtakarítást is eredményez.

A 15. ábra a börtartalom függvényében a réteg fajlagos ellenállását mutatja. Az optimális érték itt is 3–4 súlysúlyszázalék bórnál mutatkozik. A börtartalom növelése 10 súlysúlyszázalék fölött a réteg ellenállását igen meredeken emeli; 40 súlysúlyszázalék börtartalom esetén az ellenállás már 10^3 – 10^5 ohm-cm között van. Ez lehetőséget biztosít igen nagy ohmértékű stabilis ellenállások előállítására homo-



15. ábra. A bórkarbon réteg fajlagos ellenállásának változás a rétegbe beépült bór súly százaléka függvényében

gén (nem keverék) anyagból, viszonylag vastag rétegben. Mint fentebb már tárgyaltuk, a tiszta kristályszenréteg ellenállással $0,1 \mu$ rétegvastagság alá menni nem célszerű a fizikai és villamos állandók nagyfokú romlása miatt. Emiatt pár megohmnál nagyobb ohmértékű ellenállás kristályszenrétegből megfelelő minőségben nem állítható elő. A bórkarbon rétegnek viszont a 15. ábrából látható viszonylag nagy fajlagos ellenállása, nagy bór súlyszázalék esetén lehetőséget ad a nagy ohmértékű ellenállások előállítására. Így lehetővé válik a bórkarbon ellenállásokkal magas bór súlyszázalék esetén 10^7 – 10^{13} ohm érték (viszonylag nagy stabilizálás mellett) készítése.

A bórkarbon ellenállások érzékenysége az elektromos terheléssel és a nedvességgel szemben sokkal kisebb, mint a tiszta kristályszenréteg ellenállásoké. A bórkarbon ellenállások terhelhetősége az eddigi vizsgálatok szerint több mint kétszerese az egyszerű kristályszenréteg ellenállások terhelhetőségének. A nagyobb terhelhetőség magyarázatát abban találhatjuk meg, a vizsgálatok szerint, hogy a bórkarbon ellenállásréteg normális, levegő-atmoszférán csak 900°C hőmérséklet közelében válik el a porcelántesttől, ez az egyszerű kristályszenréteg ellenállásoknál már 400°C körül bekövetkezik.

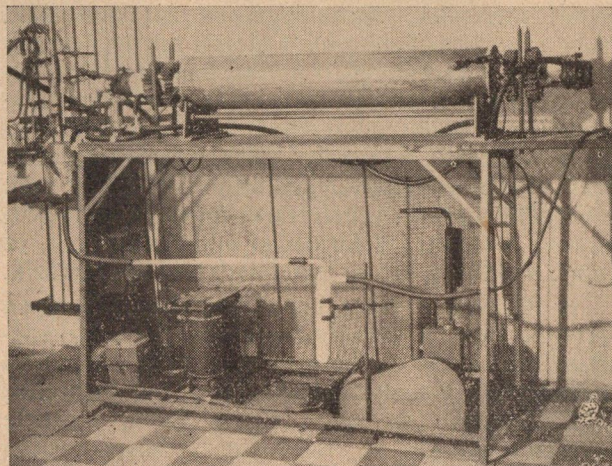
A nagyobb terhelhetőség lehetővé teszi az ellenállások méreteinek csökkentését. A felület az eddigi-

nek legalább felére kisebbíthető. Ez jelentős lépés az ellenállások miniaturizálása irányában. A méretek csökkentése megjavítja az ellenállások nagyfrekvenciás tulajdonságait is. Előzetes számítások és mérések azt mutatják, hogy az $1/10$ Watt terhelhetőségű ellenállás körülbelül 100 MHz frekvenciáig alkalmazható 100 Kohm ellenállásérték mellett.

Lehetőség nyílik ennek alapján az $1/4$ watt terhelhetőségű ellenállásokat az $1/10$ watt terhelhetőségű ellenállás méreteire lecsökkenteni és egész kisméretű építőelemeket biztosítani a televíziós, ultrarövidhullámú és tranzistor áramkörű berendezések számára.

A bórkarbon-ellenállások hazai kutatása és fejlesztése már a múlt év folyamán megindult. A tervezés szerint ötéves tervünk első éveiben gyártásba is fog kerülni és ezzel híradástechnikai és műszeriparunk egy igen értékes építőelemmel fog gazdagodni.

A 16. ábra mutatja első kísérleti krakkoló kemencénket. Fenti eredmények jelentős része már a hazai kutatásunk vizsgálataiból adódott.



16. ábra. Kísérleti krakkoló kemence bórkarbon ellenállások előállításához

c) Fémrétegellenállások

A fémrétegellenállások viszonylag hosszú múltra tekinthetnek vissza. Az első világháború idején készültek az első jól használható példányok. Áramvezető anyagként az első idők óta majdnem kizárólag nemes fémeket alkalmaztak azért, hogy az igen vékony fémréteg, amely porcelán vagy üveg hengeren helyezkedik el, ne oxidálódhassék, ellenállásértéke stabilis maradjon.

1918-ban Krüger [9] részben katódporlasztással, részben vákuumgőzöléssel platina fémrétegellenállásokat készített. A fémréteget üvegrúdra csapták rá. Az így készült ellenállás hőmérséklet-együtthatója $-20 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$ -tól $+45 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$ -ig értékeket vett fel, 10^5 – 10^9 ohm értékek között.

A további fejlesztés során Gössinger, Wenk és Wien [10] [11] 1930-as években a fenti, viszonylag magas ellenállás hőfok együtthatót alacsonyabb értékre szorították le, nemes fémötvözetek (platina, arany és ezüst ötvözetek) alkalmazásával. Eljárá-

suk szerint a katódporlasztás útján keramikussal rúdon igen vékony fémréteget alakítottak ki. Az ötvözetek alkalmazása lehetővé tette a fajlagos ellenállás lényeges növekedése mellett a hőmérséklet-együttható értékének leszorítását.

Igen vékony fémrétegek esetén az ellenállásérték és annak hőfoktényezője az igen finom elosztású mikrokristálystruktúra állapotának függvénye.

Hőkezelés útján egy rekrisztallizációs folyamat indítható meg, ami által az igen vékony réteg kezd megközelíteni a tömör fémötvözet struktúráját, ami azt jelenti, hogy az ellenállásérték csökkenni kezd, a hőmérséklet-együttható pedig kezd kevésbé negatív lenni, sőt átmegy a pozitív értékbe is.

A legutóbbi években a különböző típusú ellenállások vizsgálata során megállapították a fémrétegeellenállások egy különlegesen kedvező tulajdonságát: 1–1000 MHz frekvenciasávban mutató, viszonylag alacsony frekvenciafüggését. Boella [12] már korábban kimutatta, hogy a szemcsés szerkezetű ellenállások frekvenciafüggésének alapvető okát az ellenállások szerkezeti felépítésében kell keresni. A szemcsés szerkezetű ellenállásoknál (kristályszenréteg, szénkeverék, tömör ellenállások stb.) a szemcsék egy kis felületi része érintkezik a szomszéd szemcsével. Ezért az egyes szemcséknek egymáshoz képest el nem hanyagolható belső szerkezeti kapacitásuk van. A szerkezet úgy fogható fel, mint egy ellenállás és kapacitás eleméből felépített hálózat. Ennek alapján megközelítően megszerkeszthető és kiszámítható az ellenállások frekvencia függése [13] [14]

Az alacsonyabb frekvenciatartományokban a frekvenciától függő ellenállás aktív részének megközelítő értéke:

$$R_a = \frac{R}{1 + \frac{\omega^2 C^2 R^2}{45}} \quad (4)$$

ahol R az egyenfeszültséggel mért ellenállásérték, C a rendszer szerkezeti kapacitásának eredője, R_a pedig az ω frekvencián lecsökkent ellenállás aktív része.

A fázisszög:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R \omega C}{3 \left(\frac{1 + \omega^2 C^2 R^2}{45} \right)} \quad (5)$$

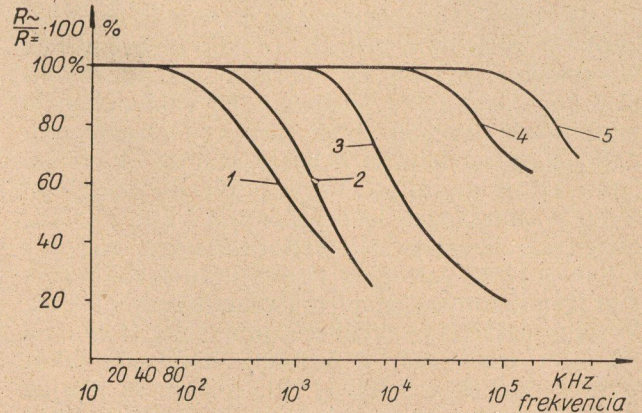
Magasabb frekvencia tartományokban, ahol a $\operatorname{tg} \varphi \approx 1$ közelítő értéke:

$$R_a = \sqrt{\frac{R}{2 \omega C}} \quad (6)$$

A számításokat mérésekkel is ellenőrizni lehet. Ezeket a megállapításokat hazai mérések is igazolták. [13] A vizsgálatok azt mutatták, ami előre is feltételezhető volt, hogy a fémréteg ellenállások frekvencia stabilitása lényegesen felülmúlja a szemcsés szerkezetű ellenállásokét, különösen a magasabb

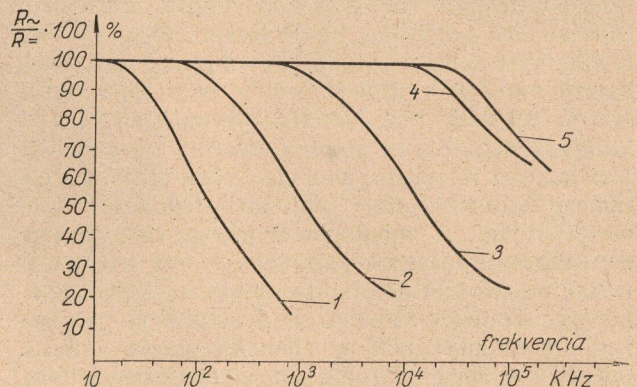
frekvencia tartományokban. Megközelítő viselkedést csak a bórkarbon ellenállások mutatnak. [15]

A fémrétegeellenállások frekvenciafüggése még azáltal is javul, hogy terhelhetősége 2,5–3-szorosa a kristály rétegeellenállásokénak, ennek megfelelően méreteik csökkenthetők és a belső szerkezeti kapacitáson kívül a konstrukciós kapacitásaik is



17. ábra. Különböző kivitelű 10–100 Kohm névéértékű ellenállások frekvencia függése.

1. keverékréteg (lakkreteg) ellenállás 10 Kohm, 0,5 W
2. tömör ellenállás 15 Kohm, 0,5 W
3. kristály szénréteg ellenállás 30 Kohm, 0,5 W
4. bórkarbon ellenállás 20 Kohm, 0,5 W
5. fémréteg ellenállás 50 Kohm, 0,5 W



18. ábra. Különböző kivitelű 100–1000 Kohm mértékű ellenállások frekvenciafüggése.

1. keverékréteg (lakkreteg) ellenállás 200 Kohm, 0,5 W
2. tömör ellenállások 200 Kohm, 0,5 W
3. kristály szénréteg ellenállások 300 Kohm, 0,5 W
4. bórkarbon ellenállások 500 Kohm, 0,5 W
5. fémréteg ellenállások 500 Kohm, 0,5 W

csökkenthetők. A nagyfrekvenciás körökben alkalmazott fémrétegeellenállások ohmérték beállítását a réteg egyenletes koptatásával állítják be és mellőzik az induktivitást nagymértékben növelő spirális felkösörülést.

A 17. és 18. ábrák összehasonlítást mutatnak a fémrétegeellenállások és egyéb típusú ellenállások között a frekvencia függést illetően 10–100 Kohm és 100–1000 Kohm érték mellett. A fémrétegeellenállás további előnyös tulajdonsága stabilis rétegstruktúra esetén az ellenállásérték nagyfokú állandósága a terheléssel, a nedvességgel és a hosszú ideig tartó raktározással szemben. Megfelelő ötvözés esetén pedig a hőmérsékletegyüttható $+10 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ alá szorítható.

Ezen előnyös tulajdonságok felismerése a kutatók figyelmét a legutóbbi 10 év alatt a fémréteg-ellenállások fejlesztésére irányította, amit a bejelentett találmányok egész sorozata bizonyít. Különösen a palládium és ezüst ötvözetéből készült ellenállások terjedtek el az utóbbi időben. A fejlesztési munkák elsősorban a stabilis kristálystruktúra előállítására irányultak. Minden esetben az mutatkozott, hogy szobahőmérsékleten is már bekövetkezik az ellenállásértéknek az idő függvényében hiperbolikus összefüggést mutató esése, az előállítást követően. Ez a jelenség még vákuumban is mutatkozik, levegőn ehhez még egy csekély oxidáció, vagy gázfelvétel is hozzájárulhat. A vizsgálatok azt is mutatták, hogy a jelenség összefügg a rétegvastagsággal. Igen vékony ($1-2 \text{ m}\mu$) réteg esetén az ellenállásérték változása nagy, míg egy bizonyos réteg vastagság elérése után a változások már igen kicsinyek. Minden ötvözetnél egy más, ún. kritikus határréteg található, ami alatt stabilitásról nem lehet szó, e kritikus határréteg felett stabilis értékek érhetők el. Pl. ródiom és platina ötvözet esetén a kritikus határréteg $15 \text{ m}\mu$, amidőn az ellenállásérték 10^3 és 10^4 ohm között van. A kritikus határréteg alatt az ellenállás hőmérséklet-együtthatója negatív, felette pozitív. A kritikus határréteg alatti szerkezetnek ez a viselkedése valószínűvé teszi azt, hogy ilyen rétegeknél rendezetlen szerkezetű kristályréteggel állunk szemben. Nagypontosságú ellenállásoknál éppen ezért nem célszerű ezt a kritikus határréteget túllépni. Nem felkészült ellenállásoknál az ohmértéknek felső határa van. A legutóbbi évekig ez a felső határ 100 Kohm volt. 1952-ben a Szovjetunióban végzett kutatási eredmények alapján sikerült ezt a határt 5 megohmra felemelni, ahol első ízben állítottak elő tömeggyártásban nagy ohmikus felkészületlen ellenállásokat. A munkamenet pontos betartásával és utólagos koptatással sikerült $\pm 1\%$ értékhatár túrést elérni, felkészületlen fémrétegellemállásoknál pár ezrelékes terhelési, nedvesedési és raktározási állandókkal, ami az ellenállásgyártás csúcsát jelenti világviszonylatban is a jelenlegi helyzetben.

A nagyfrekvenciás alkalmazásokon kívül, a fémrétegellemállásokat a műszeriparban és átviteltechnikai berendezésekben nagy pontosságot kívánó szűrőkben alkalmazzák. Itt természetesen már lehetőség nyílik lényegesen vastagabb alaprétgeből kiindulni és felkészülés útján ezerszeres értékre növelni az ellenállás értéket. Így 10^8 ohmérték is elérhetővé válik. Az ellenállás hőmérséklet-együtthatója az ohmértéktől függően $20-100 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ között van.

Eddig főképpen a fémrétegellemállás előnyös oldalait tárgyaltuk, nem szabad azonban a hátrányos oldalakat sem szem elől téveszteni. Az előállítási költségek (anyag és munka) lényegesen magasabbak, mint az egyéb ellenállásoké. Világpiaci ára is $3-5$ -szöröse a kristályszenréteg ellenállásokénak. Nagyobb méretekben való előállítása világviszonylatban is csak a Szovjetunióban valósult meg. A nyugati tőkésországokban, beleértve az Egyesült Államokat is, csak kisebb mennyiségben állítják elő, inkább igyekeztek más konstrukciójú és felépítésű ellenállásokkal a fémrétegellemállások fizikai

és villamos állandóit megközelíteni. Versenytársa lett a fentebb tárgyalt borkarbon ellenállás és legújabban a kristályszenrétegbe bevitt más anyagokból készült ellenállástípus, amelyeknek további kutatása és fejlesztése soron levő feladat. Az Egyesült Államokban a később tárgyalandó, ún. »filament« típusú ellenállásokkal is pótolták nagyfrekvenciás körökben.

A fémrétegellemállások hazai kutatása és fejlesztése a legutóbbi években indult meg. Kifejlesztésüknél elsősorban a Szovjetunió tapasztalataira támaszkodunk. Második ötéves tervünk során a kifejlesztés után gyártását is meg fogjuk indítani. A viszonylag kisebb hazai szükséglet miatt azonban csak a felmerülő igényeknek megfelelő méretű és gépesítésű gyártásra látszik célszerűnek berendezkedni.

Heterogén anyagokból készült ellenállások

a) Keverék szénréteg ellenállások (lakkréteg ellenállások)

A keverék szénréteg ellenállásoknál az áramvezető finomszemcsézetű, legcélszerűbben kolloid-szén, amely lakkanyagba van belekeverve. A keverék az ellenállás testre mártás, kenés, szórás, vagy rányomás útján kerül. Áramvezető anyagként kigáztalanított kormot, vagy kolloid grafitot alkalmaznak, amelynek átlagos szemcsemérete $100-2000 \text{ Å}$ között van. Az ellenállásérték nagysága a lakk és a vezető szén anyag keverési arányától függ. Az ellenállások értékének egyenletessége, értékük szórása a keverés egyenletességének és szemcseméret nagyságának és egyenletességének függvénye. Az ellenállás érték időbeni stabilitása a terhelés, nedvesség és raktározás alatt elsősorban az alkalmazott lakknak és csak másod- és harmadsorban a vezető anyagoknak és porcelán vagy üvegtesteknek mint hordozónak tulajdonságaitól függ.

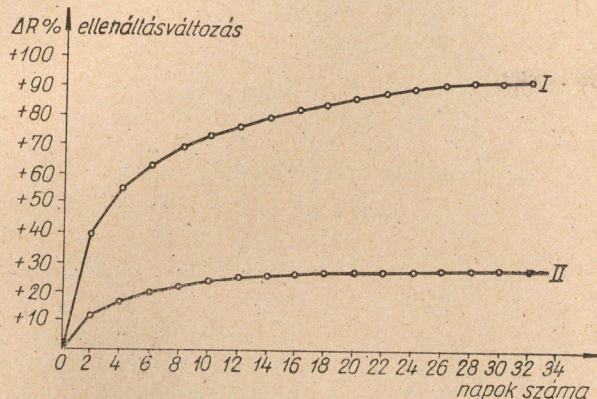
A monomer kötőanyag szerkezeti felépítése és polimer végállapota határozzák meg az ellenállás terhelési, raktározási stabilitását és nedvesség állóságát.

A polimerizálódási folyamat időbeli lefolyása viszonylag lassú, ezalatt a lakk anyag kontrahál, a kontrakciónak következménye az, hogy a beépült szénszemcsék egymáshoz közelebb kerülnek, olyan új kontaktusok létesülnek, amelyek eddig még nem voltak meg, és ennek eredményeképpen az ellenállás értéke csökken. Ez az értékcsökkenés pl. féléves raktározásnál a 15% -ot sokszor túlhaladja.

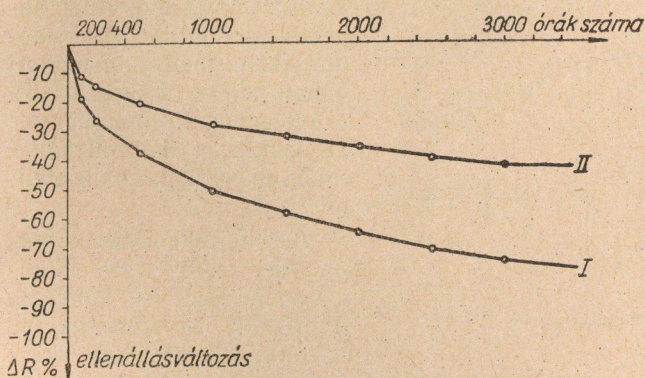
A lakkanyag nedvesség hatására is változik. A vízgőz molekulák a lakkanyagba képesek bedifundálni. A diffúzió hatása alatt belső nyomás növekedés következik be, aminek eredménye igen kisméretű finom duzzadás, ami azonban már bőven elég ahhoz, hogy egyes meglevő szénszemcséket megmozgasson, és meglevő kontaktusokat megbontson. Ennek megfelelően a nedvesség hatására az ellenállás érték növekedése következik be, ami csak hosszabb idő után mutat telítést. E jelenség csak nagyjából mondható reverzibilisnek. Ki-száritás után a szénszemcsék nem mindenütt kerül-

nek vissza a régi helyükre, ennek megfelelően egy maradó ellenállás változás következik be.

A lakkok anyagának helyes megválasztásával és kezelésével e hatások csökkenthetők; meghatározott értékek közé szoríthatók, de teljesen megszüntetni e hatásokat eddig nem sikerült.



19. ábra. I. és II. mintájú lakkal készült keverékréteg ellenállás változása nedves térben (90% relatív nedvesség) a napok számának függvényében (0,5 W, 100 Kohm)



20. ábra. I. és II. mintájú lakkal készült keverékréteg ellenállás változása a terhelés (0,5 W) alatt, az idő függvényében (0,5 W, 100 Kohm)

A 19. és 20. ábra két különböző mintájú lakkal készült ellenállás, raktározási és nedvesedési viszonyait mutatja. A 21. és 22. ábra ugyanezen két lakkal végzett hőkezelés utáni viselkedést mutatja. Mint látható, hőkezeléssel a stabilitási viszonyok lényegesen javíthatók.

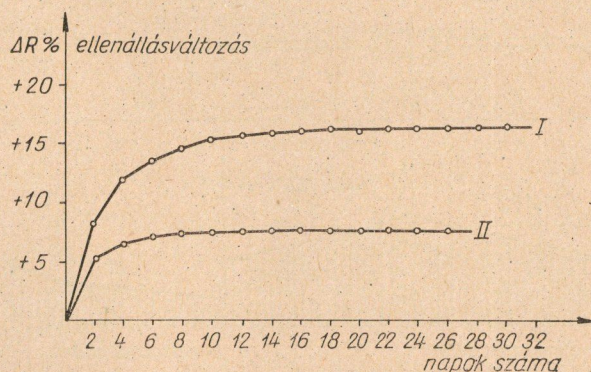
Ezeknek az ellenállásoknak a hőfoktényezője nemcsak az áramvezető szén ellenállás-hőmérséklet-együtthatójától függ, hanem a kötő lakkanyag, az áramvezető szén és a keramikus vagy üvegtest lineáris hőkitérjedési együtthatójától is. Ez utóbbi tényező akkora befolyást képes végezni, hogy pozitív ellenállás hőmérséklet együttható is adódhat.

A keverék szénréteg ellenállások frekvenciafüggése igen kedvezőtlen. A 17. és 18. ábrákból látható, hogy az aktív ellenállás már 100 kHz alatt lényeges esést mutat. Ennek oka a kristályszenréteg ellenállásnál a sokkal nagyobb belső szerkezeti kapacitásban (Boella-effektus) keresendő. Az egyes szemcsék egymáshoz képesti kapacitás növekedésében a kötőanyag dielektromos állandójának is

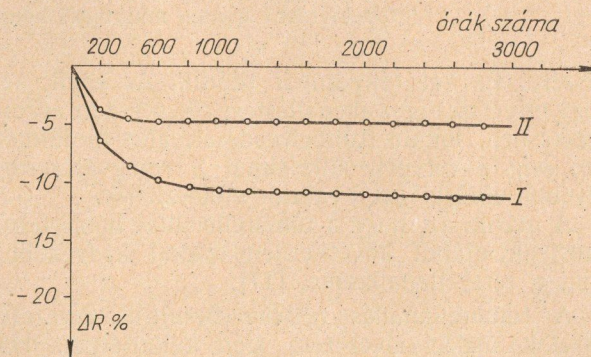
szerepe van. A nagy- vagy középfrekvenciás alkalmazás ezért a lakkrétegellenállásoknál szóba sem jöhet.

A keverék (lakk) szénréteg ellenállásokat a jelenlegi helyzetben a kristályszenréteg ellenállások nagyrészt kiszorították. Jelenleg egyedül jogosnak mondható rész az igen nagy ohmértékű ellenállások (10^7 – 10^{13} ohm) területe. Ilyen nagy ohmértékű ellenállásokat, mint láttuk, kristályszenrétegből eddig nem sikerült előállítani, borkarbon rétegből erre megvan a lehetőség, de ezideig még teljesen kiismertnek e terület nem mondható.

Ezért világszerte az ilyen magas ohmértékű ellenállásokat ma még lakkréteg kivitelben készítik; leginkább koloid grafit vezető anyagot használnak, kötőanyagul pedig rövid idő alatt kötő szilikoorganikus, tipikusan gömbösen polimerizálódó lakkokat.



21. ábra. I. és II. mintájú lakkal készült keverékréteg ellenállások változása nedves térben (90% relatív nedvesség) a napok számának függvényében. Az ellenállások előőregítve (hőkezelve) lettek (0,5 W, 100 Kohm)



22. ábra. I. és II. mintájú lakkal készült keverékréteg ellenállások változása a terhelés (0,5 W) alatt az idő függvényében. Az ellenállások előőregítve (hőkezelve) lettek (0,5 W, 100 Kohm)

A lakkréteg ellenállásokat a kristályszenréteg ellenállások gyártásának bevezetése óta hazánkban is csak az igen nagy ohm értékű ellenállások céljaira alkalmazzuk. Fizikai és villamos állandóinak javítása nem elhanyagolandó feladat.

b) Tömörellenállások

Tömörellenállás alatt olyan keverék ellenállás fajtát értünk, amely egész tömegében egy keverék amely vezető és szigetelő anyagból áll és az ellen.

állás értéket a vezető és szigetelő anyag százalékos összetételének változtatásával állítják be. [16.]

Két csoportra osztjuk őket:

1. Műgyanta bázisba ágyazott áramvezető anyaggal készült tömörellenállások.

2. Keramikus anyagokba ágyazott áramvezető anyaggal készült rétegellenállások.

Az előbbieket főképpen 0,25, 0,5, 1 és 2 W, az utóbbiakat 0,1 W terhelhetőségű kivitelben készítik.

A kétféle típusból a műgyanta bázisba ágyazott kolloid grafit keverék ellenállás típus terjedt el, ennek fejlesztették ki nagyüzemi gyártástechnológiáját is, ezért a továbbiakban csak ezzel a típussal kívánunk foglalkozni.

A műgyanta bázisú tömörellenállásoknak egyik fő előnye, hogy terhelhetősége jóval nagyobb, mint a kristály szénréteg ellenállásé, különösen túlterhelésekkel szemben érzéketlenebb, kisebb a leégési

A 23. ábra adatai szerint tömörellenállás esetén

$$\Delta T = 20^\circ \text{C}, f = \frac{0,07^2 \pi}{4} \text{ cm}^2, l = 2 \text{ cm}$$

réz esetén $\alpha = 0,95 \text{ kal/sec cm } ^\circ \text{C}$ és

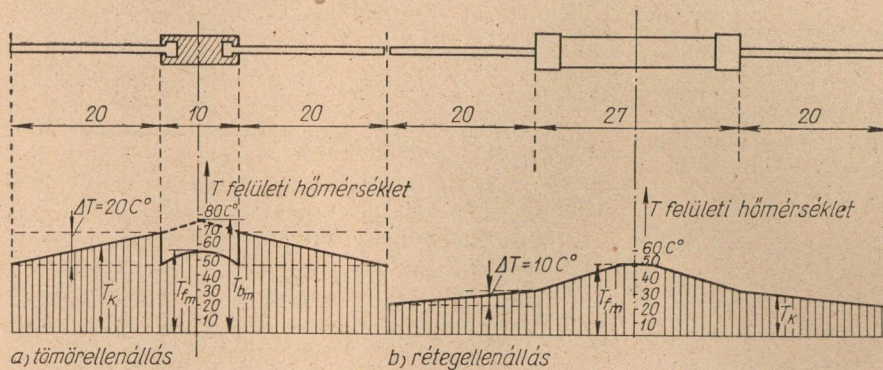
1 Watt sec = 4,184 kal.

Az elvezetett melegre adódik

$$Q_{\text{tömör}} = 0,95 \frac{0,07^2 \pi}{2} 20 \cdot 2 \cdot 4,184 = 0,305 \text{ Watt}$$

a 23. ábra szerint rétegellenállás esetén

$$Q_{\text{réteg}} = 0,95 \frac{0,07^2 \pi}{2} 10 \cdot 2 \cdot 4,184 = 0,152 \text{ Watt}$$



23. ábra. Tömör- és rétegellenállás felületi hőmérsékleteloszlása (az elvezetett meleg kiszámításához)

T_{fm} az ellenállás maximális felületi hőmérséklete

T_{bm} az ellenállás maximális belső hőmérséklete

T_k a kivezető felületi hőmérséklete

ΔT a kivezető mentén mutatkozó hőmérsékleteltérés

veszély. Ez két tényezéből adódik. Az egyik az, hogy mivel az egész ellenállástest résztvesz az áramvezetésben, lokális túlmelegedések alig fordulnak elő, míg a rétegellenállásoknál a rétegvastagság egyenlőtlenségei ezt gyakran előidézhetik.

A másik az, hogy a tömörellenállás hőmértéke, konstrukciójából következően sokkal kedvezőbb, mint a rétegellenállásoké. [17].

A tömörellenállás testébe besajtolt kivezető huzalok meleg elvezetése igen tekintélyes. Ha kontakthőmérővel a tömörellenállás és rétegellenállás felületi hőmérsékletét az egész felület és a kivezető mentén lemérjük, és ezt felrajzoljuk, akkor 0,5 W terhelhetőség esetén 23. a) és b) ábra szerinti képet kapjuk. Kiszámíthatjuk ebből a két huzal mentén elvezetett meleget.

$$Q = \frac{\alpha f t \Delta T}{l} \text{ kalória} \quad (7)$$

ahol α , a hővezetési tényező kal/sec, cm, $^\circ \text{C}$ -ban

f , a hőelvezetés keresztmetszete cm^2 -ban

t , az idő sec.-ban

l , a vezeték hossza cm-ben

ΔT a vezeték két vége közötti hőmérsékletkülönbség.

Ebből láthatjuk, hogy a 0,5 W teljesítmény esetén a tömörellenállásoknál 0,305 W, a bevezetett meleg 61%-a kerül elvezetésre, míg rétegellenállásnál csak 0,152 W, a bevezetett meleg 30,5%-a. Ez azt jelenti, hogy ugyanolyan maximális felületi hőmérséklet mellett a felületi méret felére csökkenthető a rétegellenálláshoz képest. Ez képezi a tömörellenállások miniatürizálásának alapját.

A tömörellenállások másik nagy előnye az előállítás igen alacsony költsége. Gyártásuk egyszerű. A fenol-formaldehid alapú prés-

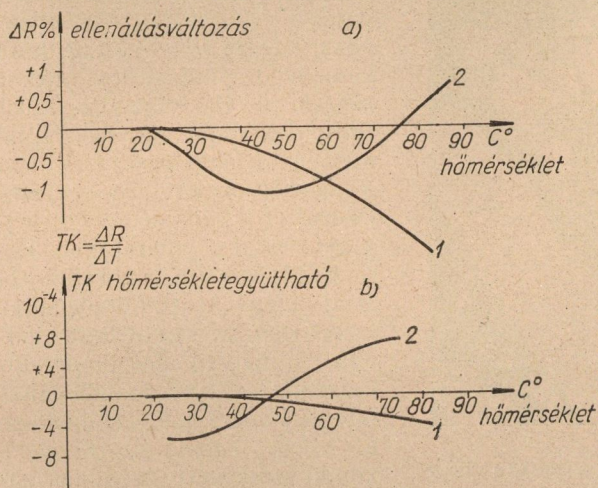
port töltőanyaggal (súlypát, kalciumfluorid stb.) és a vezető anyaggal (grafit, koloidgrafit) összekeverik, keverőgépen homogenizálják. A keveréket a méreteknak megfelelően tablettákba sajtolják és a tablettákat műanyag prészerszámban, ahová a zömített kivezetőket is elhelyezik, melegen 1–2 perc alatt kisütik. Ezután az ellenállás utólagos hőkezelése következik. Nagy tömegben való előállítása esetén az összes műveletek gépesíthetők és így gyártási költsége a rétegellenállások gyártási költségének $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{4}$ -re szorítható le.

Ami a tömörellenállások fizikai és villamos állandóit illeti, ezek általában a kristályszenréteg ellenállásokéit nem érik el. Az ellenállás értékstabilitása, a terhelés, a nedvesedés és a raktározással szemben, az áramvezető anyagot körülvevő hőre keményedő műanyag viselkedésétől függ elsősorban. A műgyanta polikondenzációs folyamata a kisütéssel nem fejeződik be. A további kondenzációs folyamat zsugorodással és ennek megfelelően az ellenállás értékcsökkenésével jár. A nedvességgel szemben, hasonlóan, mint a lakkrétegellenállásoknál, finom duzzadás és ellenállás növekedés következik be.

A tömörellenállások frekvenciafüggése is kedvezőtlenebb, mint a kristályszenréteg ellenállásoké.

Ezt a 18. és 19. ábrák szemléltetik. Oka ennek, hasonlóan, mint a keverék ellenállásoknál, a nagyobb belső szerkezeti kapacitás. Ezt bizonyos mértékig ellensúlyozni lehet a műgyantába belekevert töltőanyag dielektromos állandójának csökkentésével és az áramvezető anyag (célszerűen koloidgráfit) szemcsenagysága méretének csökkentésével.

A tömörellenállások hőmérséklet együtthatója nemcsak az áramvezető anyag ellenállás-hőmérséklet együtthatójától függ, hanem hasonlóan, mint a keverékretegeellenállásoknál, a beágyazó anyag és töltőanyag lineáris hőkiterjedési együtthatójától is. A szén negatív hőmérséklet együtthatóját csökkenteni lehet pozitív ellenállás hőmérséklet együtthatójú fémpor hozzáadagolásával. Így elérhető, hogy alacsonyabb hőmérséklet tartományban a szén negatív együtthatója, magasabb hőmérséklet tartományban a fém pozitív együtthatója érvényesül jobban.



24. ábra. Tömör ellenállások hőmérséklet függése; a) az ellenállás változás a hőmérséklet függvényében; b) a hőmérséklet együttható (TK) hőmérséklet függése
1. számú görbe: vezető anyag grafit + koloidgráfit
2. számú görbe: » » » » » + fém

Így egy olyan hőfokfüggési karakterisztika érthető el, amelynek minimuma van (24. ábra). Itt a hőfok együttható, mely $R = f[t]$ -nak első differenciálhányadosa 0 lesz. Előnyösen $R_{\min}$ értéket úgy szokták beállítani, hogy az a 100%-os terhelésnek megfelelő hőmérséklet és a szobahőmérséklet közé essék szimmetrikusan. Ez esetben a teljes terhelés és a terheletlen állapot között ellenállás változás nem adódik.

A tömörellenállások ellenállás értékének a ráadott feszültségtől való függése nagyobb, mint a kristályszenréteg ellenállásoké. A szemcsés szerkezetű ellenállások nem követik az Ohm-törvényt és állandó hőmérséklet mellett is, az ellenállás függvénye a rákapcsolt feszültségnek. Ennek oka abban keresendő, hogy a réteg és tömörellenállások, szemcsék egymásra rakott sorozatából, hálózatából tevődik össze és az egyes szemcsék ellenállásán kívül számolnunk kell az egyes szemcsék között fellépő kontaktusok ellenállásával is; márpedig a kontaktusok ellenállása nem követi az Ohm-törvényt. A feszültségfüggést kifejező feszültségi tényező tömörellenállásnál kb. egy nagyságrenddel

nagyobb, mint a kristályszenréteg ellenállásoknál [18].

A tömörellenállások zajfeszültsége is kb. 2–3-szorosa a kristályszenréteg ellenállásokénak. Ennek oka csak kis részben a hőmozgás okozta Johnson-zaj. A zajfeszültség túlnyomó részét az ellenálláson áthaladó áram okozta ún. fluktuáló kontaktus zaj okozza. Ez a zajfeszültség az ellenálláson keresztül haladó áram növekedésével emelkedik, frekvencia szerinti eloszlására jellemző, hogy 30–10 000 cikl. közt, tehát a hangfrekvenciás tartományban helyezkedik el. E zajfeszültség első sorban az áramvezető anyag szemcsézettségétől függ. Minél durvábbak az áramvezető anyag szemcséi, minél nagyobb feszültség jut egy-egy kontaktusra, annál nagyobb a kapott zajfeszültség. [16] Mivel a tömörellenállásnál még koloid grafit vezető anyag használata esetén is a szemcsenagyság kb. egy nagyságrenddel nagyobb, mint kristályszenréteg ellenállásnál (300 Å szemben kb. 30 Å-el) emiatt a fluktuáló kontaktus-zajfeszültség nagyobb lesz, mint a kristályszenréteg ellenállásnál.

Megvizsgálandó még a tömörellenállások ohm-érték szórása. Az ellenállás érték nagysága a műgyanta és az áramvezető szén keverési arányától, a szén szemcsenagyságától és egyenletességétől, a keverékben való elhelyezkedésétől és az alkalmazott hőkezelési eljárásoktól függ.

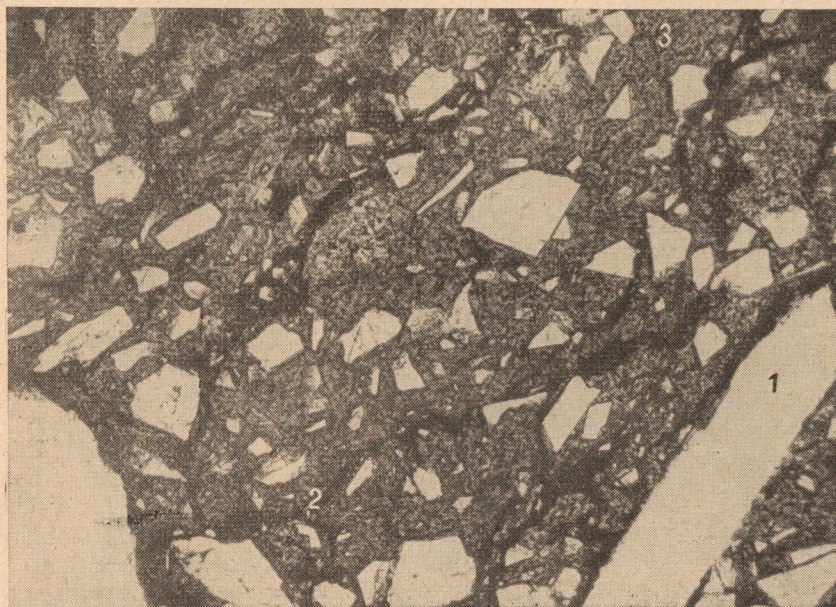
25. ábra a tömörellenállás keresztmetszeti csiszolatának mikroszkópikus képét mutatja. Mint látható a képből, az áramvezető anyag részecskéi koagulálnak és egy csatornahálózat rendszert alkotnak a műgyanta ágyazásban. A képen jól látható a heterodiszperz töltőanyag, (kálciumfluorid kristályok) elhelyezkedése is.

A tömörellenállás a kisütési és hőkezelési művelet után a végleges ellenállás értékkel rendelkezik, míg a rétegeellenállások esetében a hordozó testen levő réteg végleges ellenállásértéke a réteg spirális felkösörülésével állítható be. A tömörellenállások gyártásánál ez hátrány, de egyben előny is. Hátrányos az a körülmény, hogy a gyártási szórás miatt a kívánt ellenállás értéktől eltérő szórású ellenállás utólag már nem állítható be a kívánt ohm-értékre. Emiatt a gyártást úgy kell előkészíteni és megszervezni, hogy a szórás lehetőleg ne haladja meg a megengedett tűrési értéket ($\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$). Az utólagos értékbeállítás elmaradása azonban egyben előnyös is, mert egy elég költséges művelet elhagyásával a gyártási költségek csökkentését biztosítja.

A tömörellenállások fejlesztése és gyártása több évtizedes multra tekinthet vissza. A legutóbbi 10 év alatt történt kutatás és fejlesztés eredményeképpen sikerült a fizikai és villamos állandók értékének lényeges megjavítása. Ez a fejlődés párhuzamosan folyt a műanyagok kutatásával. Sikerült olyan hőre keményedő műgyantákat előállítani, amelyeknél a polikondenzációs folyamat viszonylag gyors, kisértékű az anyag kontrakciója, ami biztosítja az ellenállás érték viszonylag nagyobb terhelési és raktározási stabilitását. A sűrűbb térhálós szerkezet megvalósítása, amely főképp a préselési technológiában végrehajtott módosítások révén sikerült, a meleg préselés nyomásának lényeg-

ges emelésével biztosította az ellenállás jobb nedveségállóságát. Az áramvezető szénzemcsék méretének csökkentésével, pl. kolloidgráfit alkalmazásával, pedig a soros kontaktusok számát lehet növelni, ami az egyes kontaktusokra eső feszültséget csökkentette, és így a zajfeszültség és a feszültségfüggés lényeges javulást mutatott.

A 3. táblázat mutatja a fizikai és villamos állandók összehasonlítását az eddig tárgyalt ellenállás típusoknál. Itt természetesen a fejlesztés mai állapotának megfelelő adatait gyűjtöttük össze,



25. ábra. Tömörellenállás keresztmetszeti csiszolatának mikroszkópikus képe (150-szeres nagyítás)

1. töltőanyag (kalciumfluorit)
2. vezetőanyag (kolloid gráfit) csatornaszerű elhelyezkedésben
3. műanyagváz

túlnyomórészt saját méréseink alapján. Ebből látható, hogy a tömörellenállások fizikai és villamos állandói még a legutóbbi évek fejlesztésének eredményeit is figyelembevéve sem érik el a kristályszénréteg ellenállások adatait.

Felmerül a kérdés, mégis miért gyártják pl. az Egyesült Államokban több százmillió darabos évi mennyiségben. A válasz egyszerű. A műsorvevő, televíziós és átviteltechnikai berendezésekben számos olyan alkalmazási hely van, ahol a 3. táblázat szerinti fizikai és villamos állandók kielégítőek és itt igen célszerű a tömörellenállások alkalmazása, akkor, ha előállítási költségei lényegesen alacsonyabbak, mint a rétegellenállásoké. Ilyen alkalmazási terület a feszültség osztás, és ejtés, egyenáramú és alacsonyfrekvenciás változó áramú körökben.

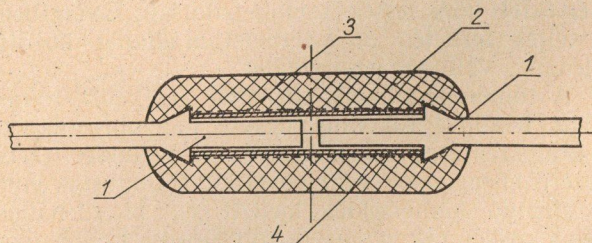
Ha az alkalmazási területekről átlagos értéket veszünk, akkor megállapíthatjuk, hogy a tömörellenállások célszerű alkalmazhatósága műsorvevő készülékekben 45–55%, televíziós készülékekben 40–45%, átviteltechnikai berendezésekben 35–40%. Ezeket az adatokat az amerikai készülékek átvizsgálásával is ellenőriztük.

A tömörellenállások hazai kutatása és fejlesztése a felszabadulás után pár évvel kezdődött el. A kutatás és a fejlesztés ma ott tart, hogy a 3. táblázatban közölt fizikai és villamos állandókat sikerült elérni. A nagyüzemi gyártás gépesített és jelentékeny részét automatizált módszereinek kidolgozása éppen soronlevő feladat.

c) »Filament« típusú ellenállások.

Ezt az ellenállástípust körülbelül 12 éve fejlesztették ki az Egyesült Államokban a tömörellenállásokkal párhuzamosan. Ez a keverék réteg típusú ellenállás átmenetet képez a réteg és a tömör ellenállások között. Szerkezeti rajzát a 26. ábra mutatja. Egy vékony, 1–2 mm átmérőjű üvegcsőre kolloidgráfit-fémpor és lakk keverékét viszik fel. Az ellenállás rétegre egy vastag, hőre keményedő műgyanta réteget sütnék rá. Az ellenállás kivezető elektródái az üvegcsőbe mélyen belenyulnak, majdnem a közepéig érnek. Így egyrészt sikerül a keletkezett meleg, nagy részét a kivezetőkön keresztül elvezetni, méretei ezáltal még a tömörellenállás méreteinél is kisebbekké válnak. A mélyen beültetett kivezetők, amelyek az ellenállás réteghez közel helyezkednek el, a belső szemcseszervezetből adódó szerkezeti kapacitás hatását (Boella effektus) is lényegesen csökkentik. Részben az utóbbi hatás, részben a kis méretek révén lényegesen ja-

val az ellenállás frekvencia függése. Az IRC »F« típusú »filament« ellenállások frekvencia függését 27. ábra mutatja. A bórkarbon ellenállások megjelenése óta a »filament« típusú ellenállások jelentősége lényegesen csökkent, mert kedvező frekvencia függésén kívül fizikai és villamos állandói meg sem közelítik a bórkarbon ellenállásait.



26. ábra. A »filament« típusú ellenállás szerkezeti rajza

1. bevezető; 2. műanyagburkolat; 3. kolloid gráfit vezető réteg; 4. üvegcső

d) Nyomtatott áramköri ellenállások

A nyomtatott áramkörök technológiájának fejlesztése az utóbbi években világszerte nagy lépésekkel haladt előre és alkalmazása a készülék

3. Táblázat
Kristályszenréteg, bórkarbon, fémréteg, keverék (lakk) réteg és tömörellenállások fizikai és villamos állandói (0,5 W terhelhetőségű ellenállások)

Ellenállás típusok	Stabilitási tényezők				Hőmérsékleti tényező TK $\% \cdot \text{C}^{-1} \cdot 10^{-1}$	Feszültség tényező k _f $\% \cdot \text{Volt}^{-1}$	Zajfeszültség $\mu\text{V} \cdot \text{V}^{-1}$	Frekvenciafüggés			Terhelhetőség W/cm ²	
	Terhelés k _t %	Raktározás k _r %	Nedvesedés					$\frac{R_a \text{ 1MC}}{R}$	$\frac{R_a \text{ 10MC}}{R}$	$\frac{R_a \text{ 100MC}}{R}$		
			k _n %	k _m %								
Kristályszenréteg-ellenállások I. Rádióminőség	1— 10 Kohm	0—1,0	0—0,7	0—1	0—0,8	(-2)(-6)	0,0007—0,0065	0,3—1	1	0,8	0,5	0,15
	10— 100 Kohm	0—1,1	0—0,9	0—1,5	0—1,0	(-3)(-8)	0,0006—0,0070	0,4—1,2	1	0,6	0,3	
	100—1000 Kohm	0—1,6	0—1,2	0—2	0—1,2	(-3)(-10)	0,0005—0,006	0,6—1,5	0,95	0,6	0,3	
	1— 10 Kohm	0—0,3	0—0,2	0—0,3	0—0,2	(-1,5)(-2,5)	0,0006—0,0012	0,2—0,8	1	0,8	0,5	
Kristályszenréteg-ellenállások II. Műszerminőség	10— 100 Kohm	0—0,4	0—0,2	0—0,4	0—0,3	(-2)(-3)	0,0005—0,0020	0,3—1	1	0,6	0,3	0,148
	100—1000 Kohm	0—0,4	0—0,3	0—0,4	0—0,3	(-2,5)(-3,5)	0,0004—0,001	0,4—1,2	0,95	0,6	0,3	
	1— 10 Kohm	0—0,1	0—0,1	0—0,3	0—0,2	(-0,15) (-0,8)	0,0004—0,0008	0,2—0,8	1	1	1,8	
	10— 100 Kohm	0—0,2	0—0,2	0—0,4	0—0,3	(-0,3)(-1)	0,0003—0,0006	0,3—1	1	1	0,7	
Bórkarbonellenállások	100—1000 Kohm	0—0,2	0—0,2	0—0,4	0—0,3	(-0,5)(-1,2)	0,0003—0,0006	0,4—1,2	1	0,95	0,7	0,36
	1— 10 Kohm	0—0,3	0—0,3	0—0,4	0—0,3	(+0,2)(+0,8)	mérhetetlen	0,5—1,2	1	1	1,0	
	10— 100 Kohm	0—0,4	0—0,4	0—0,4	0—0,3	(+0,3)(+0,9)	mérhetetlen	0,8—1,5	1	1	0,95	
	100—1000 Kohm	0—0,5	0—0,5	0—0,5	0—0,4	(+0,3)(+0,7)	mérhetetlen	1—1,8	1	1	0,8	
Fémrétegellenállások	1— 10 Mohm	0—8	0—5	0—12	0—10	(-5)(-12)	0,01—0,02	3—10	—	—	—	0,15
	10— 100 Mohm	0—13	0—13	0—20	0—15	(-5)(-15)	0,02—0,04	4—12	—	—	—	
	100—1000 Mohm	0—20	0—20	0—25	0—21	(-6)(-18)	0,03—0,06	4—15	—	—	—	
	1— 10 Kohm	0—5	0—3	0—8	0—3	(-3)(-5)	0,008—0,02	2—8	0,78	<0,5	—	
Tömörellenállások	10— 100 Kohm	0—8	0—5	0—10	0—5	(-3)(-6)	0,01—0,03	3—10	0,7	<0,3	—	0,39
	100—1000 Kohm	0—10	0—8	0—15	0—8	(-4)(-8)	0,02—0,04	5—15	0,6	<0,3	—	

k_t terhelési tényező 1500 óra utáni 100% watt-terhelés alatt álló ellenállások %-os változását mutatja.

k_r raktározási tényező fél éves raktározás utáni %-os ellenállás változást mutatja.

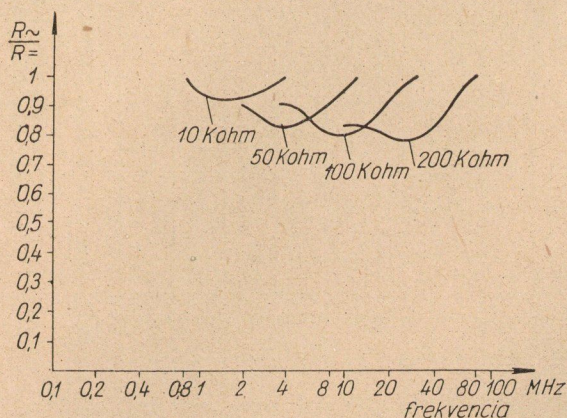
k_n nedvesedési tényező 96 óra 80–85% relatív nedvességű térben elhelyezett ellenállás változását mutatja.

k_m maradó nedvesedési tényező, fenti nedves kezelés és 24 órás szárítás utáni maradó ellenállás változást mutatja.

Az adatok részben a hazai gyártású, részben a kutató laboratóriumból való és részben külföldi gyártású ellenállások mérési eredményeit foglalják össze.

$\frac{R_a 1 \text{ MC}}{R}$ az 1, 10 és 100 MC frekvencián mért aktív ellenállás és az egyenfeszültséggel mért ellenállás hányadosát mutatja.

és alkatrész konstrukciót és gyártási technológiát forradalmasítani fogja. A huzalozáson kívül az építő elemek nyomtatási lehetőségének vizsgálatára



27. ábra. A »filament« típusú ellenállások frekvencia függési karakterisztikái, különböző ohmértékek esetén.

is sor került. Így elsősorban az ellenállásokra. Erre még véglegesen kialakult módszerek nincsenek, a nyomtatott áramkörü ellenállások még a fejlesztés stádiumában vannak és így csak laboratóriumi kísérletekről és eredményekről lehet beszélni. A kutatás fő iránya ma ezen a területen, a keverék rétegellenállások nyomtatási technológiájának kidolgozása. A kristályszenréteg alkalmazása érthetően kiesik a krakkolás magas hőmérsékleti körülményei miatt. Az első feladat a keveréklakkbázis tulajdonságainak lényeges javításán ke-

resztül az ellenállás stabilitásának a terhelés, raktározás és nedvességgel szemben való növelése. A másik feladat pedig a nyomtatási technológiában egyidejűleg a pontos ohm érték beállítási módszer kidolgozása. Az eddigi leglényegesebb laboratóriumi, túlnyomó részben külföldi [19], [20] módszereket és tapasztalatokat a 4. táblázat foglalja össze.

Amint a 4. táblázat mutatja, próbálkozások folynak kolloidgrafittal töltött papíros és műanyag fóliákkal is. Ezek is azonban egyelőre csak laboratóriumi kísérleti állapotban vannak. A hazai nyomtatott áramkörü ellenállások kutatása a második ötéves tervünk során fog megindulni és nyomtatott áramkörök általános fejlesztési kísérleteivel fog párhuzamosan haladni.

Következtetések

E sorok célja az volt, hogy összefoglaló képet adjon a híradástechnika és műszertechnika egyik legfontosabb építő elemének, az ellenállásoknak területén folyó kutatásról és fejlesztésről. E munkák nagyrésze a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet Alkatrész-Laboratóriumában folytak le, amelyben résztvettek Neuhofer László, Szővényi László, Kollár Sándor és Becsei Gyula tudományos munkatársak, Varga Pál és Sepső Béla technikusok. Vizsgálat tárgyává tettük a különböző módszerekkel készíthető ellenállások fizikai és villamos állandóit. A híradás és műszertechnika legutóbbi években történt különlegesen gyors fejlődésével egyidejűleg, az ellenállások területén is nagy az előrehaladás világszerte. A kép, amely számunkra kialakulhat, nem mondható kedvezőtlennek. Bár meg kell álla-

4. táblázat

Nyomtatott áramkörü ellenállások anyagai, feldolgozása, kezelése és felhasználási területei

Összetétel	Feldolgozási módszer	Kezelési mód	Fajlagos ellenállás ohm cm		Hőmérséklet együtthatója	Hordozó anyag	Felhasználás
			kezelés előtt	kezelés után			
Kolloidgrafit Kötőanyag : lakk Oldószer : alkohol	Kenés, szórás, nyomtatás	3 óra 70° C hőmérsékleten. Az ellenállás érték 50%-kal csökken. Érték- beállítás : kop- tatás polírozás	2,5 · 10 ⁵	1,2 · 10 ⁵	+ 0,001	Szigetelő anyag, mely 70° C-t tartó- san elbír	Magas ohm érték, > 1000 ohm
PVC fólia kol- loidgrafit töl- tessel	Kivágás és fel- ragasztás	3 óra 70° C hő- kezelés. Ellen- állásérték 20%- kal csökken	2,5 · 10 ³	2 · 10 ³	+ 0,008	Tetszőleges szigetelő anyag	Ellenállás érték < 10 Kohm
Papírfólia grafit töltéssel	Kivágás és fel- ragasztás	2 óra 100° C hő- kezelés, utána lakkbevonás	2,5 · 10 ⁵	2,4 · 10 ⁵	- 0,005	Tetszőleges szigetelő anyag	Ellenállás érték < 1000 ohm
Kolloid-ezüst ; kötőanyag : lakk Oldószer : alkohol	Kenés, szórás, nyomtatás	3 óra 100° C hő- mérsékleten, értékbeállítás : koptatás, polí- rozás	8—20	0,2—0,5	+ 0,00004— + 0,0005	Szigetelő anyag, amely 100° C-t tartó- san elbír	Ellenállás érték < 100 ohm
Kolloid ezüst ; oldószer : alkohol	Kenés, nyom- tatás	—	0,02— 0,05	—	+ 0,004	—	Ellenállások kontaktózása

pítanunk, hogy ezen a területen az új típusok kifejlesztésében a nemzetközi szinthez képest van elmaradásunk, de ez a kutatás, fejlesztés és a gyártás további megerősítésével viszonylag rövid idő alatt behozhatóan látszik. Pártunk és kormányunknak legutóbbi határozatai ehhez minden előfeltételt biztosítani fognak.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Hartmann, Dossmann 459. 553 Német szabadalom 1928.
2. Winkler : Struktur und Eigenschaften der Kristalle 1950. Springer.
3. M. Bellugue : Les résistances a usage radioélectrique leurs caractéristiques, leurs limites d'emploi. L'Onde Électrique 1955. március.
4. A. I. Miklasevskij, A. J. Uszpenskaja : Huzal nélküli szénrétegellenállás porcelán testen. Zsurnal Prikladnoj Himii. 1951. 3. sz.
5. R. O. Grisdale : The Properties of Carbon Contacts. Journal of Applied Physics. 1953. okt.
6. R. O. Grisdale, A. C. Pfister, G. K. Teal. 2,671.735. USA szabadalom
7. M. Falter, P. Henniger, E. Heiber : Schichtwiderstände als Präzisions-Bauelemente der Nachrichtentechnik. Nachrichtentechnik, 1954. nov.

8. A. P. Floyd : Resistor Temperature Coefficients. Tele-Tech 1953. jan.
9. Krüger. 336.469 Német szabadalom 1919.
10. Wenk, Wien : Phys Z. 1935. 35. sz.
11. Gössinger : Ann. Phys. 1941. 39. sz.
12. M. Boella : Alta Frequenza 1934. ápr. 3. No 2.
13. Katona J. : Ellenállások frekvenciafüggése. Mérés és Automatika, 1954. szept.
14. A. Weis : Über den Scheinwiderstand von Drosseln, Widerständen und Kondensatoren bei Hochfrequenz. Frequenz. 1955. jul.
15. P. Henniger : Entwicklungslinien auf dem Gebiet der elektrischen Bauelemente der Nachrichtentechnik. Frequenz 1953. jan.
16. J. F. Blackburn : Components Handbook. 1949.
17. Katona J. : Ellenállások vizsgálata. Mérnöki Továbbképző Int. 1954. 3287 sz.
18. Katona J. : Réteg és tömörellenállások feszültségfüggése. Magyar Híradástechnika 1955. 1. sz.
19. W. Götz : Untersuchungen über die laboratoriums-mässige Herstellung von gedruckten Schaltungen für Fernmeldegeräte. FTZ 1955. febr.
20. L. K. Lee, F. M. Hom : Automatic Production and Electronic Components. Radio and Television News. 1953. dec.

Szemle folytatása

A Rode & Schwarz cég új ferrit modulátort és egyenirányítót dolgozott ki centiméteres hullámokra. Az új modulátorok a ferriteknek azon a tulajdonságán alapulnak, hogy a rájuk ható mágneses tér hatására polarizációs síkjukat elforgatják (Faraday-effektus). Ennek az a következménye, hogy a ferrit hullámvezetőben haladó nagyfrekvenciás rezgés amplitudóját a hullámvezetőre ható kisfrekvenciás mágnesező áram megváltoztatja. Az áthaladó hullám áteresztő irányban 1dB-lel, záróirányban pedig — a polarizációs sík kedvező elfordításakor — 15–32 dB-lel csillapodik.

*

Florida és Kuba között eddig hat tengeralatti kábel biztosította az összeköttetést mintegy 40 áramkörrel. A megnövekedett forgalom bővítést

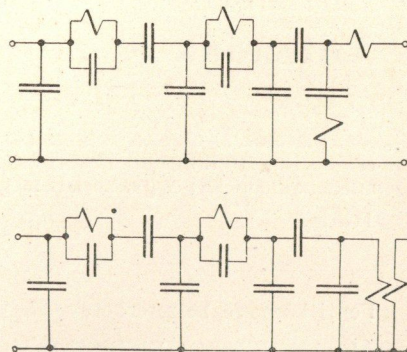
igényel. Ezt rádiótelefonnal szándékozzák megvalósítani, mégpedig 36 csatornával. A tervek szerint két csatorna helyett zene is átvihető lesz, sőt az új összeköttetésnek később távolbalató átvitelre is alkalmasnak kell lennie.

*

Egy amerikai laboratóriumban olyan új miniatűr adót kísérleteztek ki, amelyet kizárólag a rábeszélő személy hangjának a teljesítménye működtet. A megoldás tranzisztoros és olyan kisméretű, hogy egy kézibeszélőben elhelyezhető. A tranzisztor-kristály a beszéd hangenergiájának egy részét az adót tápláló elektromos energiává alakítja át. A hatótávolság mintegy 200 méter. Jelenleg készül a kb. 85 g súlyú vevő is, amit szintén hangteljesítmény működtet majd. A kis készüléket elsősorban rendőrségi és riporter használatra tervezik.

Pótlás

Nemecsek F.—Lajta Gy.: Vivőfrekvenciás berendezések alkalmazása rövid távokra című, a Magyar Híradástechnika 1956. 2. számában megjelent cikkének 8. ábrája.



MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

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

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602/Á szerint 880 példányban készült.

Előfizetés a Posta Központi Hírlapiroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor tér 1. Távb.: 180-850

Előfizetési díj : 36.— Ft. (egész évre) egyes szám ára 6.— Ft. Csekkzámlaszám : 61.254.

Akadémiai Nyomda, Gerlóczy u. 2. — 39438 — Felelős vezető: Puskás Ferenc

Megjelent:

Lamoth Emil:

Kis hálózati transzformátorok és fojtótekeresek

(A rádiótechnika könyvei 2.)

A transzformátor a legelterjedtebb energiaátalakító, amelynek a mindennapi élettel való szoros kapcsolata egyre jobban megnyilvánul. A százezer voltos távvezeték háznagyságú transzformátora és a rádiókészülék tízfilières méretű antennatekerese ugyanazon elv gyakorlati megvalósítása, amelyek kivitelében állandó fejlődés figyelhető meg. A minőség emelésén kívül a hely- és anyagtakarékosságra törekszenek elsősorban. Rövid elvi áttekintés után a rádiótechnika könyveinek most megjelent új füzeté főképpen szerkesztési kérdésekkel foglalkozik és kis hálózati transzformátorok, valamint fojtótekeresek méretezésére ad egyszerű matematikai eszközökkel könnyen használható képleteket. Részletesen ismerteti a transzformátor működését, a vasmag szerepét, a transzformátorok méretezését és kivitelezését.

72 lap

75 ábra

Ára fűzve: 5,50 Ft

T. A. Kenasinszkij:

Szűrőkörök

A szűrők jelentős szerepet töltenek be a rádiótechnikában. Méretezésüktől nagy mértékben függ a készülékek helyes, vagy helytelen működése. Az amatőrök többsége nem ismeri a szűrők elméletét, s munkáját bevált „receptekre”, vagy gyakorlati tapasztalatokra alapozza. Ez a könyv az egyszerűbb, alul- és felül áteresztő szűrők, sáv-áteresztő és sávzáró szűrők működési elvét és számítását ismerteti. Képzett rádió-amatőrök és rádiótechnikusok számára készült.

76 lap

62 ábra

Ára fűzve: 5,50 Ft

Sz. I. Bodak:

Rádiószerelési útmutató

(2. kiadás)

Ez a népszerű könyv a szerelési munkák gazdaságos és helyes elvégzésére, továbbá a szerszámok használatára ad útmutatást. Foglalkozik a szerelés technikájával és ellenőrzésével, ismerteti a használatos vezető- és szigetelőanyagokat.

156 lap

Ára fűzve: 13,— Ft

K. P. Linde:

Antennák és tápvezetékek

(2. kiadás)

Az amatőrök és rádiótechnikusok számára írt népszerű könyv a gyakorlati tápvonalakat és alkalmazásuk eseteit ismerteti. Foglalkozik az elektromágneses hullámok kisugárzásával, a szimmetrikus és aszimmetrikus antennák elméleti és gyakorlati megoldásával. Útmutatást ad a különböző antennák illesztésére is.

176 lap

Ára fűzve: 13,50 Ft

Fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

Szakkönyvesbolt: Műszaki Könyvesbolt VII., Lenin krt. 7 és 17