71

A

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ

INTÉZETÉNEK

KÖZLEMÉNYEI

35336/55 — Akadémiai ny.

3
leltári szám F 949 sz. alatt.
Budapest, 1960. év I. hó 19-én
1988

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETÉNEK

K Ö Z L E M É N Y E I

Erő János, Mátrai Tibor, Nagy László és Vödrös Dániel

közreműködésével szerkeszti:

Faragó Péter

---

3. évfolyam 1. szám 1955. január - február

T A R T A L O M J E G Y Z É K

Oldal

1. Budó Ágoston és Kovács István: Rövid közlemény az O_2^+ molekula $^4\Pi$ állapotáról 1

2. Vorsatz Brunó és Haltenberger Sarolta: Wolfram mennyiségi meghatározása Titán-fémben szinképelemzéssel 5

3. Vorsatz Brunó: Nagytisztaságu réz vizsgálata szennyezőire szinképelemzéssel 12

4. Zsdánszky Kálmán: Alapegységekből felépitett mérőkészülékek kozmikus sugárzási mérésekhez 22

5. Zsdánszky Kálmán: Impulzusszámláló végfokozat..... 32

6. Varga Péter: Egy Schmitt-körökkel müködő amplitudó analizátor 43

7. Gécs Mária, Mertz János és Turi László: Fázisérzékeny szelektiv /lock-in/ erősitő 54

8. Turi László: Dielektromos állandó és veszteségi szög mérés lo cm-es hullámhosszon 70

9. Mertz János: Feszültségstabilizátor nagyfeszültségü és kis áramu áramforrások stabilizálására 81

lo. Techetné Ágoston Erika: Ionizációs kis kamrákban alkalmazható szigetelők vizsgálata..... 85

11. Orient Ottó: Geiger-Müller számlálócsövek müködési sajátságaival kapcsolatos vizsgálatok 98

- 0 -

89/G. Technikai szerkesztő: Stancsich Györgyné

A stacionárius molekuláról áttérve a rezgő és forgó magokkal biró molekulára, és a $\psi_0 \cdot \phi_0 R u$ sajátfüggvényekkel kiszámitva a $H_1 + H_p$ operátor matrixelemeit /ahol H_1 a teljes hullámegyenlet szoparációjánál elhanyagolt tagokat reprezentálja, R az oszcillátor, u pedig a szimmetrikus pörgettyü hullámegyenletének sajátfüggvényei/, az adódik, hogy az alkalmazott közelitésben a $^4\Pi$, $^2\Pi^b$ és $^2\Pi^c$ termek komponensei közt lép fel kölcsönhatás. /Az ismeretlen $^2\Pi^c$ term az a term, amely Mulliken szerint az O_2 $^1\Sigma_g^+$ állapotából származtatható le./ Ennek megfelelően a $^4\Pi$ komponensek termértékeit egy 8-soros H' matrix sajátértékei közül a megfelelő négy adja. Ha H'-t egy S matrixszal ugy transzformáljuk, hogy $S^{-1}H'S$ -nak $^4\Pi$ - része diagonális alaku legyen, akkor ennek a résznek négy diagonális eleme jelenti a Brandt-féle W_k energia-kifejezéseket. Ezekhez azonban a matrix egyéb részei - a $^4\Pi$ termnek a $^2\Pi$ termekkel való kölcsönhatásának eredményeképpen - további tagokat $(W_k' - W_k)$ adnak, nevezetesen a nemdegenerált rendszerek perturbációszámitásának második közelitése szerint a következőket:

$$W_k' - W_k = \alpha \left(S_{2k}^2 + S_{3k}^2 \right) \qquad (k = 1,2,3,4) \qquad /1/$$

ahol

$$\alpha = \frac{\varrho^2}{\nu(^4\Pi, {}^2\Pi^b)} + \frac{\sigma^2}{\nu(^4\Pi, {}^2\Pi^c)} \qquad /2/$$

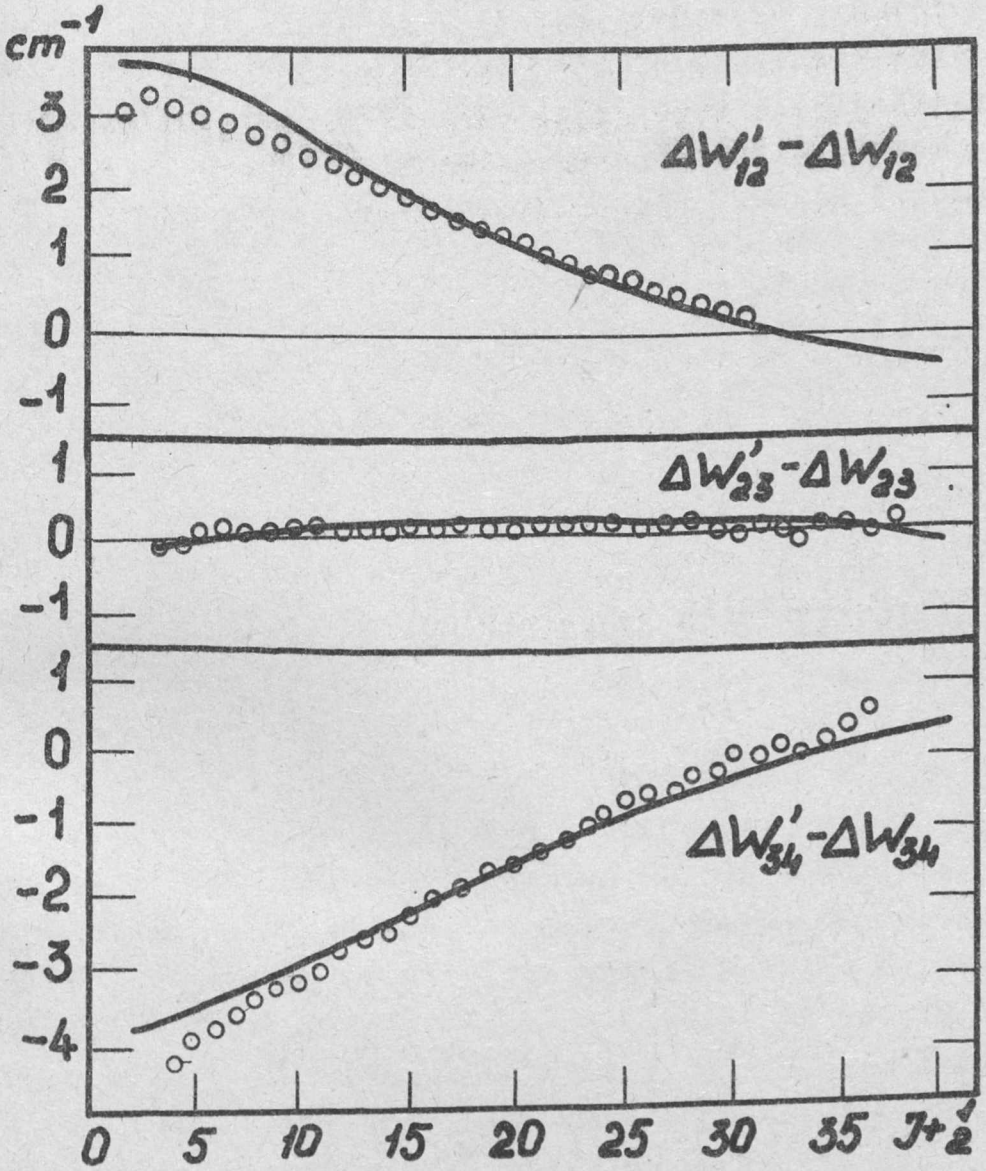
-ben ϱ és σ a H_p operátor következő matrixelemei:
$\varrho = \mathcal{H}_p(^4\Pi_{3/2}, {}^2\Pi^b_{3/2}) = -81{,}3\,cm^{-1}$, $\sigma = \mathcal{H}_p(^4\Pi_{3/2}, {}^2\Pi^c_{3/2}) = 152{,}8\,cm^{-1}$, az S-ekre nézve pedig lásd a szerzők egyik korábbi munkájának [6] /9/ formuláját.

A fentiek alapján tehát a $^4\Pi$ -termkomponensek egymástól való távolságaiban a $^2\Pi$ -termekkel való kölcsönhatás a Brandt-féle formulák alapján várt értékekhez képest a következő eltéréseket okozza:

$$\Delta W_{ki}' - \Delta W_{ki} = (W_k' - W_i') - (W_k - W_i) = \alpha \left(S_{2k}^2 + S_{3k}^2 - S_{2i}^2 - S_{3i}^2 \right). \qquad /3/$$

89/G.

A kisérletileg tapasztalt eltéréseket /1. Nevin i.m. XX. táblázat/ az ábrán körök, a /3/ alapján, $\alpha = -3{,}712\ cm^{-1}$-el számitott elméleti értékeket kihuzott vonalak jelzik.



Az egyezés kielégitőnek mondható. Az α, β, σ fenti értékeivel és a $\nu(^4\Pi, {}^2\Pi^b) \approx 6900\ cm^{-1}$ ismert értékével /2/ alapján $\nu(^4\Pi, {}^2\Pi^c)$ kiszámitható. E szerint az ismeretlen $^2\Pi^c$ term a $^4\Pi$ felett mintegy $8500\ cm^{-1}$-re fekszik.

Részletesebb közlemény az Acta Physica Hungaricaban fog megjelenni.

89/G.R.

I r o d a l o m :

1. T.E. Nevin, Phil.Trans.Roy.Soc. /London/ 237, 471. 1938.
2. J.H. van Vleck, Phys.Rev. 33, 467, 1929.
3. W.H. Brandt, Phys.Rev. 50, 778, 1936.
4. J.H. van Vleck, Phys. Rev. 40, 544, 1932; A.Budó, I.Kovács, Zeitschr.f.Phys. 109, 393, 1938. 111, 633. 1939.
5. R.S. Mulliken, Rev.Mod.Phys. 4, 51, 1932.
6. A.Budó, I.Kovács, Phys. Zeitschr. 45, 122, 1944.

- - -

Érkezett: 1954. december 23.

A SPEKTROSZKÓPIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: KOVÁCS ISTVÁN

Wolfram mennyiségi meghatározása Titán-fémben szinképelemzéssel.

Irta: Vorsatz Brunó és Haltenberger Sarolta

A titánjodid [1] termikus disszociációjával előállitott "jodidtitán" tisztasági foka igen nagy, a benne lévő szennyezések nyomait rendszerint csak szinképelemzéssel lehet kimutatni. A jelzett módon előállitott titánfém azonban nyomnál nagyobb mennyiségü W-t tartalmazhat, mert a disszociáció folytán keletkező fém a reaktorban elhelyezett W huzalra rakódik le, /ha maghuzalként W-t használnak/ a W szál tehát részben belső magként, részben pedig hevitéskor diffuzió utján szennyezi a titánrudat.

Különböző vizsgálatok céljaira előállitott "jodidtitán" wolframtartalmának meghatározására 0,005 - 3%-os koncentrációhatárok között dolgoztuk ki az alább ismertetendő szinképelemző eljárást.

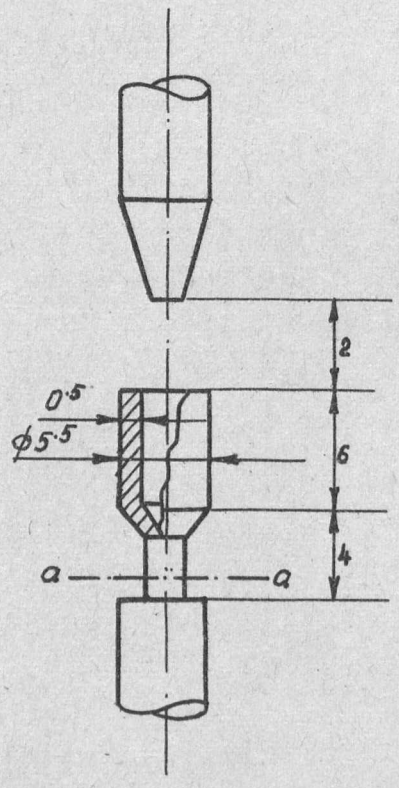
A feladat a szokásos oldatos szinképelemző eljárásokkal nem oldható meg. Ennek oka részint az, hogy a próbákból való oldatkészités nehézkes, gyakran oldási nehézségek lépnek fel, részint pedig az oldatos eljárás kevésbbé érzékeny, illetve pontatlanabb. Ezért olyan módhoz kellett folyamodni,mely megfelelő érzékenységgel bir és a hitelesitő próbák összeállitása az oldási müveletet kiküszöböli. Mindezek mellett az elemzést szükségessé tevő eljárás miatt a mennyiségi szinképelemzéshez egyes esetekben csak 50 mg próba állott rendelkezésre. A próbákat ugyanis ugy nyertük, hogy egy van Arkel szerint gyártott, mintegy 4 mm átmérőjü titánrudból 0,1 mm vastag rétegeket esztergáltunk le.

Mivel a szinképi elemzés relativ módszer, a mennyiségi vizsgálatoknál a kiértékelő görbe megrajzolásához szükség van az elemzendő próbához hasonló, változó és ismert összetéte-

lü összehasonlitó próbákra. Ezeket a próbával azonos körülmények között gerjesztjük, szinképüket lefényképezzük, majd megállapitjuk és ábrázoljuk az összefüggést az elemezővonalak mért intenzitásviszonya és ismert koncentrációja között. Az igy nyert kiértékelő diagramm azután alkalmas arra, hogy segitségével az azonos körülmények között felvett ismeretlen próba összetételét megállapitsuk.

Olyan mintákat kellett tehát előállitani, melyek 0,005-3 % W-ot tartalmaznak pontosan ismert mennyiségben, 50 mg sulyuak és hasonló halmazállapotuak, mint a megvizsgálandó próbák.

Az összehasonlitó próbák elkészitésére a következő elvet alkalmaztuk: Egyenáramu ivvel való gerjesztésnél a próbát az őt magábanfoglaló szénkehellyel együtt /1. ábra/ az ivben



R.

1. ábra.

A vizsgálatokhoz használt szénelektródák

teljesen elégetjük. Ebben az esetben lehetséges a Ti-W ötvözet szinképét ugy előállitani, hogy azt az alkotóelemek megfelelő arányu mennyiségének a kis szénkehelyben egymás mellé való helyezése után iveltetjük. Az igy fényképezett szinkép gyakorlatilag teljesen hasonló lesz ahhoz a szinképhez, melyet az azonos összetételü valódi ötvözet által nyernénk. Az iv magas hőfokán ugyanis a szénkehelybe helyezett titán rövid időn belül megolvad és az odahelyezett W beötvöződik. A néhány tized mp alatt lejátszódott beötvöződés után pedig már olyan helyzet áll elő, mintha eredeti ötvözetet iveltettünk volna.

Ebből a feltevésből kiindulva a feladat az volt,hogy 50 mg titán 0,005 - 3 %-ának megfelelő, vagyis 0,025 mg - 0,15 mg W-ot mérjünk be kielégitő pontossággal a titán mellé. Ezt olyan módon végeztük el, hogy 20μ\ átmérőjü W huzalból, - melynek mm-enkénti sulyát néhány méter huzal megmérésével megállapitottuk, - a kivánt sulynak megfelelő hosszuságu darabot mértünk le hosszméréssel.

Az 50 mg-os Ti próbák vizsgálatánál az általánosan használt légfékes analitikai mérlegen az 50 mg Ti forgácsot, legalább ± 0,0001 g pontossággal mérhetjük le, ez ± 0,2 % relativ hibát jelent. A hozzá adagolandó W huzalt, melyből kb. 1 mm - 100 mm hosszuságu darabokra van szükség, mikroszkóppal /tárgymikrométerrel hitelesitett okulármikrométer segitségével/ 0,001 mm pontossággal mérhetjük meg, ezáltal ± 0,1 % hiba adódhat. Látható tehát, hogy a hitelesitő próbák összeállitásánál - még igen kis koncentrációk esetében is - olyan pontosságot érhetünk el, mely nagyságrendben megegyezik azzal a pontossággal, melyet a kémiai elemzésnél érhetünk el, megállapitott összetételü próbáknál, mely feltétlenül kielégitő [2] , tekintve a fényképezéssel kapcsolatos szinképelemzés egy nagyságrenddel nagyobb átlaghibáját.

Az eljárás részletei:

A hitelesitőpróbák készitésénél az alábbi módon jártunk el:

W-mentes tiszta Ti-fémből finom forgácsot készitettünk. Ezután lemértünk 50 mg-ot az 1. ábrán látható alaku és méretü

szénkehelybe. A kivánt %-os összetételeknek megfelelő W mennyiséget - a felhasználandó W huzal mm-enkénti sulyát tekintetbevéve - huzalhosszra átszámitottuk és közelitőleg megfelelő hosszuságu darabokat vágtunk le. Ezeknek a daraboknak a pontos hosszát azután mikroszkóp alatt állapitottuk meg. A W huzaldarabkák a levágás következtében kisebb-nagyobb mértékben elgörbültek, kiegyenesitésük ugy történt, hogy két tárgylemez közé szoritva, néhányszor a két lemez között megsodortuk azokat, majd igy kerültek a mikroszkóp alá.

A pontosan lemért hosszuságu W huzaldarabkákat azután a bemért mintegy 50 mg Ti-al megtöltött szénkelyhekbe helyeztük, majd kiszámitottuk az igy elkészitett hitelesitőpróbák pontos összetételét a Ti és W bemérésből.

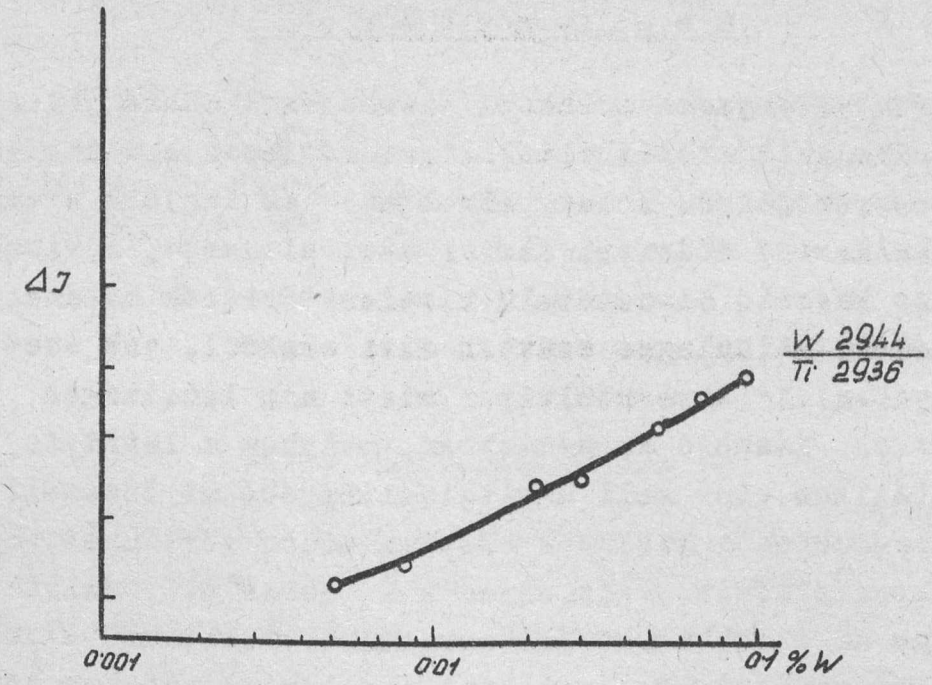
A vizsgálandó mintából 50 mg-ot szintén bemértünk a hitelesitőpróbáknál használt alaku és méretü szénkehelybe.

A hitelesitőpróbák, valamint a vizsgálandó minták gerjesztése 10 amperes egyenáramu ivvel történt, ellenelektródaként szénelektródát használtunk. A próba a negativ pólust képezte. Az iv gyujtását nagyfrekvenciás gyujtószikrával végeztük. Az iveltetést és az expoziciót addig folytattuk, mig a szénkehely az 1. ábrán a - a-val jelzett vonalig le nem égett. Ez általában 90-120 mp. alatt történt meg. Az iveltetés közben az elektródákat állandóan utána állitottuk, ugy hogy a kezdeti 3 mm ivköz megmaradjon.

A felvételek Zeiss gyártmányu Qu 24-es tipusu kvarc spektrográffal történtek Agfa "blau extrahart" lemezre, 10 μ-os réssel, 0,8-as közbenső rekesszel, 3-lépcsős /10-100-50 %/ szürővel, 30-as kamaranyilással.

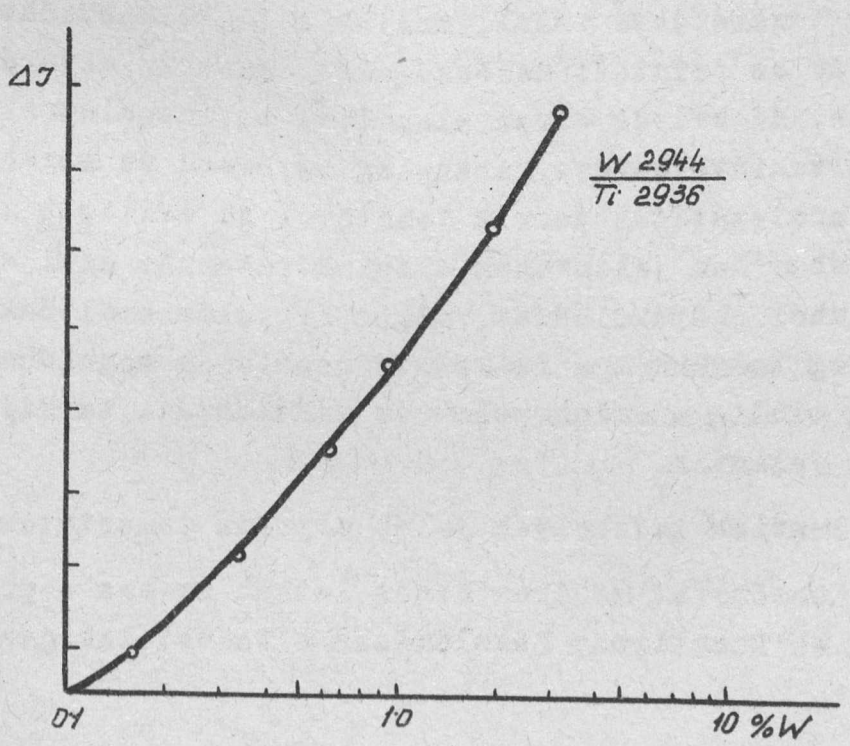
A kiértékelésnél a lemez feketedési görbéjének megszerkesztése után a feketedésértékeket intenzitásértékekre számitottuk át [3] , majd háttérkorrekciót vettünk.

Mérővonalként a W 2944,4 Å és Ti 2933,55 Å vonalat használtuk. A hitelesitőgörbéket a különböző koncentrációtartományokban a 2. és 3. ábrán mutatjuk be.



2. ábra.

Kiértékelő görbe a 0,001 - 0,1 % tartományban



3. ábra.

Kiértékelő görbe a 0,1-3,0% tartományban.

Megjegyzések.

Egyes anyagok szinképi elemzésénél döntő jelentősége van a hitelesitőpróbák előállitási módjának a vizsgálat elvégzése szempontjából. A leggyakrabban - és legjobb eredménnyel - alkalmazott módszer, kémiai uton elemzett, a vizsgálandó anyaghoz hasonló összetételü hitelesitőpróbák használata, ugyanis néhány különleges esetben elvi okokból, sok esetben pedig a gyakorlati keresztülvitel miatt nem lehetséges, vagy igen nehézkes. Ezekben az esetekben, melyhez a leirt is tartozik, szintétikus uton kell a hitelesitőpróbákat összeállitani. Ez legegyszerübben a szokásos oldatos módon történhet. Ha az anyag nehezen oldódik, vagy olyan alkotókból áll, melyek az oldáskor,vagy az oldatban kiváló csapadékot alkotnak, akkor ez a mód sem alkalmazható. Ez, valamint az oldatos módszer korlátolt pontossága és érzékenysége tehát meghatározza használhatóságának határait.

Számos eljárás ismeretes és - fentiekből következően - fog még ismeretessé válni, melyek a legkülönbözőbb módokon hidalják át az érintett nehézségeket. Ezek az eljárások akkor megfelelők, ha helyes elven alapulva, a vizsgálatnak az elérendő célját tekintetbevéve, aránylag egyszerü és megfelelő pontosságu lefolytatását teszik lehetővé. Az emlitett módszerek, bár általában nem jelentenek a szinképelemzés elvi alapjai szempontjából előrehaladást, mégis figyelemreméltóak, mivel részben segitségükkel a felvetett problémák megoldhatók, részben pedig mindig a szinképelemzés alkalmazási területének kibővitését jelentik.

Fentiek indokolják jelen eljárás ismertetését.

Köszönetet mondunk Koncz István dr-nak a probléma felvetéséért és Szentirmay Lászlónénak a felvételek gondos elkészitéséért.

Összefoglalás.

A dolgozat, tiszta titánfémben W szennyezés szinképi elemzésére ismertet uj módszert. A leirt eljárásnál a szintétikus összehasonlitópróbák sulymérés és mikroszkóppal való hosszmérés segitségével készülnek. A próbák és a szinképi felvételek elkészitésének leirása.

I r o d a l o m :

1. A.E. van Arkel: Metallwirtschaft 13, 405, /1934/
2. J.H. Thompson: Anal.Chem. 25, 1831 /1953./
3. M. Honerjäger-Sohm és H. Kaiser: Spectrochim. Acta 2, 396, /1944./

- " -

Érkezett: 1954. december 23.

A SPEKTROSZKÓPIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: KOVÁCS ISTVÁN

Nagytisztaságu réz vizsgálata szennyezőire szinképelemzéssel.

Irta: Vorsatz Brunó

I.

Rézalkatrészek roncsolásmentes szinképelemzése.

A fémeknek az iparban többnyire ötvözeteit használjuk, melyeknek szilárdsági, stb. tulajdonságai előnyösebbek, mint összetevőiké. Mégis van néhány fém, / és számuk egyre gyarapodik/, melyek tisztán kerülnek alkalmazásra, egyes különleges tulajdonságuk miatt. Ezek közé tartozik a réz, a villamosipar nagyjelentőségü nyersanyaga, mely a gyakorlatban használt többi fém közül jó vezetőképességével tünik ki. Ezt az előnyös tulajdonságát azonban nagymértékben befolyásolják szennyezői, mert ezek mennyiségének csekély növekedésével is már nagymértékben romlik vezetőképessége.

Még szigorubbak a tisztasági követelmények a hiradástechnikában, pl. a nagyteljesitményü elektroncsőgyártásnál felhasznált rézzel szemben, mert itt jó vezetőképesség mellett még kellő melegszilárdsággal és vákuumállósággal is kell birnia.

A réz szennyezői Al, Sb, Bi, Cd, Fe, Pb, Ni, Ag, Sn, Zn és Si valamint As, P, S és rézoxid. Ezek a szennyezők részben a rézércből erednek és nem sikerült őket eltávolitani, részben a kohósitási és raffinálási eljárás folyamán jutottak bele. Az elektrolizissel mint tisztitási eljárással a szennyezők nagyrésze majdnem teljesen eltávolitható, azonban a megmaradt mennyiségük még mindig zavaró mértékü lehet, ugyhogy csak nagy gonddal végzett vizsgálatok után kerülhet a rézalkatrész beépitésre. Különösen indokolt a rézalkatrészeknek beépités

előtti gondos vizsgálata akkor, ha a belőlük készitendő áru értéke magas.

Ezért nagyjelentőségü az, ha sikerül ezekhez a vizsgálatokhoz a körülményes és viszonylag hosszantartó kémiai vizsgálatok pótlására gyors és megfelelő pontosságu szinképelemző eljárásokat bevezetni.

A szinképelemzés leggyakrabban használt és legjobban kidolgozott gerjesztő eljárása, a szikragerjesztés, nagytisztaságu réz vizsgálatára nem alkalmas, mert érzékenysége erre a célra nem elég nagy.

Ugyancsak nem célszerü alkalmazni a váltóáramu szaggatott ivet ezekhez a vizsgálatokhoz, bár néhány különleges esetben jó szolgálatot tehet [1] , [2] , [3] .

Egyenáramu ivet használva, az érzékenység jelentősen megnövekszik, azonban ezt az előnyt, mely a minőségi vizsgálatoknál igen jól kihasználható, a mennyiségi vizsgálatok számára az egyenáramu ivgerjesztés számos kellemetlen tulajdonsága nagyban lerontja.

A gyakorlatban legjobban bevált a gömbös módszer /"globule arc method"/. Ennél a vizsgálandó rézből bemért 0,15 - 0,5 g sulyu darabkát helyezünk el szén-, grafit-, vagy rézelektródára, mellyel szemben réz, vagy szén-/grafit/ ellenelektródát helyezünk. 4 mm-es ivköz használatával, a próbát katódnak kapcsolva 5 - 5,6 A-es áramerősségü egyenáramu ivet létesitünk. Ekkor a próba igen egyenletesen ég, katódfelhő nem jelentkezik, valamint a szinkép 4500-2350 Å-ig terjedő tartományában szikravonalak nem jelentkeznek. Az egyenletes égés oka, hogy a rézgömböcske nem olvad meg, hanem a levegő oxigénje segitségével CuO állapoton keresztül fogy el.

Az igy kapott szinképeket homológvonalpáros módszer segitségével kiértékelve a 0,2 %-on aluli szennyezőkre vonatkozó eredmények pontossága megközeliti az üzemi kémiai elemzésekét [4] .

A homológvonalpáros elemzési mód előnyei közismertek, segitségével rezek tisztasági vizsgálatai könnyen elvé-

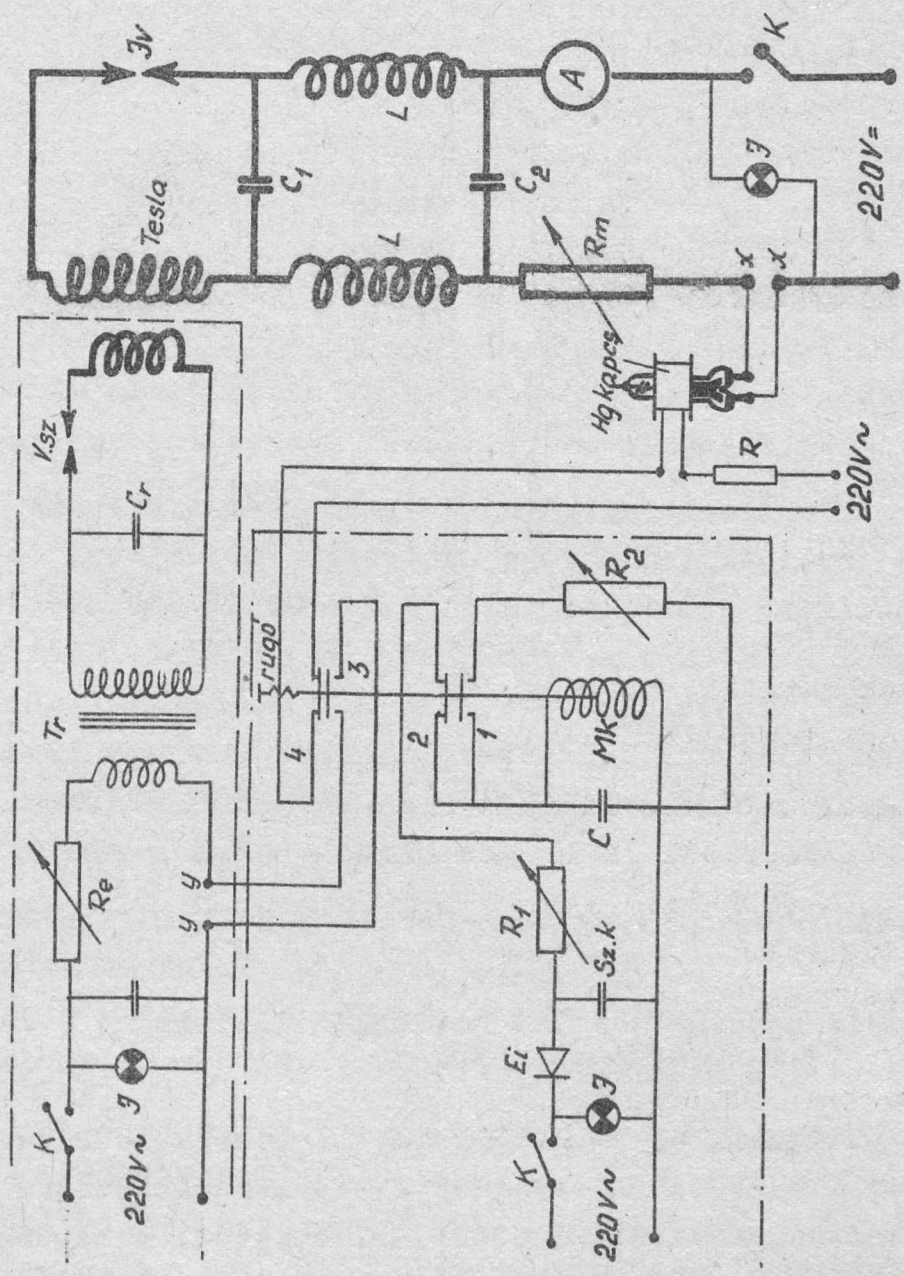
gezhetők sok esetben.

Az egyenáramu ives gerjesztésnek másik módja, mikor a próbát anódnak kapcsoljuk, nem mellőzhető, mert a P, Al és Si a gömbös módszernél egyenlőtlenül égnek ki, tehát azon a módon nem elemezhetők, valamint ez a módszer nem mondható roncsolásmentesnek. Az anódos gerjesztésü iv használatakor azonban néhány elem szelektiv desztillációja miatt az eredmények eléggé szórnak. Ennek a hibának kiküszöbölésére készült több berendezés, mely az iv állandó ágását biztositja [6] és ugyancsak ezen a hibán óhajt segiteni az alább röviden ismertetendő berendezés, melynek segitségével a közismert Pfeilsticker - féle váltóáramu szaggatott ivgerjesztőből egyszerüen szaggatott egyenáramu ivgerjesztő készithető. Ennek a gerjesztőnek a segitségével a gyujtási gyakoriság, valamint az égés-szünet viszony megfelelő beállitásával egyenletes égésü ivet állithatunk elő, sőt kész munkadarabok, huzalok, vékony lemezek roncsolásmentes elemzését is elvégezhetjük.

A gerjesztő /1. ábra/ 3 részből áll: a munkaáramkörből, a gyujtóáramkörből és a folyamatos állithatóságu szaggatóegységből. Az ábrán vastagon kihuzott áramkör a szokásos váltóáramu ivgerjesztő munkaáramköre és attól csak abban különbözik, hogy egyenáramu hálózatra csatlakozik, valamint, hogy egyik ágában egy kistehetetlenségü higanykapcsoló foglal helyet. A higanykapcsoló, melynek szerkezetét a 2. ábra mutatja, nyitott mágnesáramkör esetében a munkaáramkör x - x pontjait zárja.

A kapcsolási rajz szaggatott vonallal körülkeritett része a gerjesztő gyujtóáramköre, mely a szokásossal teljesen megegyezik. Nagyfeszültségü transzformátorának primer áramköre y - y ponton meg van szakitva. E között a két pont között a kapcsolatot periódikusan a -.-.- vonallal körülkeritett szaggatóegység végzi. Ennek C kondenzátorát R_1 változtatható ellenálláson keresztül egyenárammal töltve, a feltöltődés idejét, és ezzel a Mk mágneskapcsoló behuzását az R_1 ellenállás változtatása szabályozza. A mágneskapcsoló behuzásakor annak 1 és 2 kapcsolópárja a töltőáramkört szétkapcsolja és az R_2-t tar-

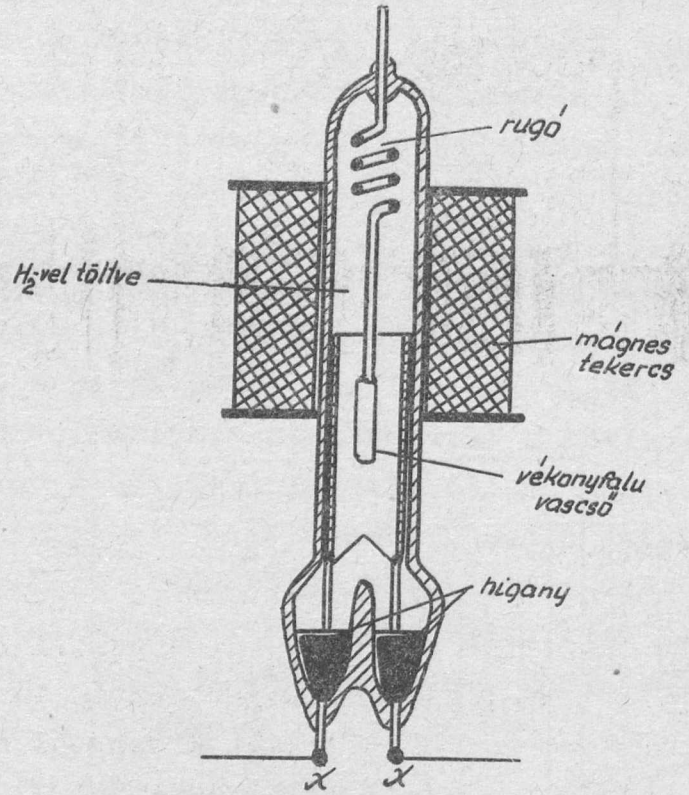
Ivgerjesztő kapcsolási rajza.



1. ábra.

K = kapcsoló, J = jelzőlámpa, R_2 = előtétellenállás, Tr = hálózati trafó 220V/2-10kV, C_r = Tesla primer kör kondenzátora, V.Sz. = vezérlő szikraköz, C_1 = Tesla szekunder kör kondenzátora, L = légmagos önindukciós tekercs, C_2= szürőkondenzátor, R_m= munkaáramköri kondenzátor, R_1 és R_2 = szaggatóegység szabályozó ellenállások, Mk = mágneskapcsoló, C = szaggatóegység kondenzátora, Sz.k. = szürőkondenzátor, E.i. = szelén egyenirányitó, R = Hg kapcsoló tekercsének előtétellenállása, 1,2,3,4 = mágneskapcsoló kapcsolópárja.

89/G.



2. ábra.

Hidrogénnel töltött kistehetetlenségü higanykapcsoló.

talmazó kisütőáramkört a kondenzátorral összekapcsolja. A kondenzátor kisülését és ezzel együtt a mágneskapcsoló kinyitását R_2 változtatásával állithatjuk. R_1 tehát a kapcsolások gyakoriságát, R_2 pedig a behuzott állapot hosszát állitja. A mágneskapcsoló 3 kapcsolópárja végzi behuzáskor az x - x pont összekapcsolását, 4 kapcsolópárja pedig, mely behuzáskor nyit, a higanykapcsoló mágnestekercs áramkörének kapcsolását. A mágneskapcsoló behuzásakor tehát a gyujtóáramkor is és a munkaáramkör is be van kapcsolva, kinyitáskor pedig a gyujtás is megszünik, valamint a higanykapcsoló az iváramot megszakitja. Ilyen módon széles határok között szabályozható gyujtási gyakoriságu és égési, ill. hülési idejü szaggatott egyenáramu ivet nyerünk. [7] .

89/G.

II.

Gömbös-oldatos módszer mennyiségi elemzéshez.

A homológvonalpáros módszer sok előnye mellett nem mindig elégiti ki a kivánalmakat, mert a táblázatok még nem teljesek, valamint az egyes irodalmi adatok néha eltérnek egymástól.

Az alábbiakban ismertetendő módszerrel módunk van bármilyen koncentrációju rézpróbát megvizsgálni.

Miután a mennyiségi szinképelemzésnél a vizsgálat eredményét ismert koncentrációju próbák segitségével készitett hitelesitőgörbék utján állapitjuk meg, ezért nagytisztaságu rezek vizsgálatánál is elő kell állitani hitelesitőpróbákat. A hitelesitőpróbák az elemzendő szennyezésekből ismert, a vizsgálandó rezeknél várható értékeknél kisebbtől növekvően változó mennyiségeket kell hogy tartalmazzanak. Ez a feladat általában három módon oldható meg:

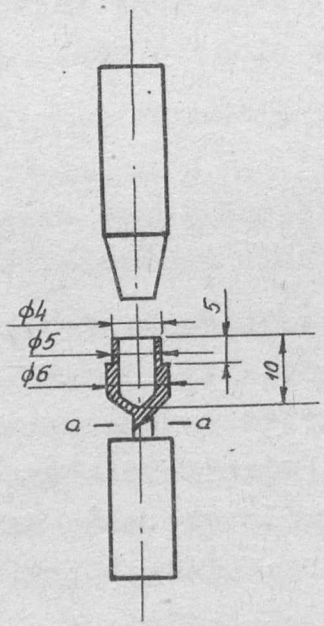
a./ Számos, kémiailag gondosan megelemzett rézpróbából való kiválogatással.
b./ Oldatos módon való müötvözet készitéssel [8] .
c./ Egyéb módon készitett müötvözettel [9] , [10] .

Az első mód elvileg megfelelő, de a gyakorlatban általában ilyen lehetőség alig adódik. A második mód kisebb érzékenysége miatt nagytisztaságu rezek vizsgálatára nem alkalmas. A harmadik módon végezhető elemzésekhez tartozik az alábbi módositott gömbös módszer, mely nagy érzékenység mellett egyszerü módon nyujt lehetőséget a vizsgálatokhoz.

Mint már a fentiekből látszott, az elemzés elvégzéséhez szükség van ismert, változó koncentrációju próbákra. A szakirodalomban számos közlemény foglalkozik ezzel a kérdéssel és a legkülönbözőbb módokon /oxiddá alakitva gázáramban [9] ,

vagy oldatos uton, stb./ állitják elő az összehasonlitó próbákat, ill. végzik a vizsgálandó próbák gerjesztését. Az alábbi eljárás azon alapszik, hogy kelyhesen kialakitott alsó szénelektródába spektráltiszta, bemért sulyu rézgömböcske alá kis szürőpapirdarabkát helyezünk, melyre a szennyezők ismert koncentrációju, ismert mennyiségü oldatát mértük rá, majd beszáritottuk. Anódos gerjesztésnél a gömböcske az iveltetés elején megolvad és magábaötvözi a szürőpapir elégése után ottmaradó fémsókat, igy rövid idő mulva mint valódi, ismert koncentrációju rézötvözet szerepel. A gömböcskét teljes elégésig gerjesztjük és ezáltal a tökéletlen ötvözés okozta hibák erősen lecsökkennek.

A spektráltiszta rézgömböcskék egyszerüen olyan módon készithetők, hogy mintegy 100 mg sulyu spektráltiszta rézforgácsot, vagy reszeléket kelyhesen kiképzett szénelektródába /3. ábra/ helyezünk és katódosan kapcsolva, szén ellenelektróda



3. ábra.
Rézelemzéshez használt szénelektródapár.

alkalmazásával néhány másodpercig 5-6 A-es egyenáramu ivet létesitünk. Ekkor a rézforgács néhány mg sulyveszteség mellett

kis gömbbé alakul. Az iv lekapcsolása után a gömböcskét a szénkehelyből kivesszük. Egy szénkehely segitségével több gömböcske is készithető. A gömböket ezután analitikai mérlegen bemérjük. Amennyiben a gömböcskék felülete oxidos, ezt oldás utján bemérés előtt el kell távolitani.

A szennyezéseknek megfelelő mennyiségben a hitelesitőpróbákhoz való hozzáadására 6-7 mm átmérőjü analitikai szürőpapirdarabok szolgálnak, melyeket éles bőrlukasztó segitségével vághatunk ki fehérkötésü analitikai szürpapirból. Ezeket a kis köralaku szürőpapirokat egyenként csipeszbe fogjuk és mikropipetta, vagy mikrobüretta segitségével az elemzendő szennyezések ismert koncentrációju oldatából megfelelő mennyiséget viszünk rájuk. A szürőpapirdarabok fölé infralámpát helyezünk, mely a papirra cseppentett oldatot néhány másodperc alatt megszáritja. Ilyen módon rövid idő alatt a kisméretü papirokra aránylag nagymennyiségü oldatot vihetünk rá. Ez a mód egyuttal lehetővé teszi olyan szennyezőknek a hitelesitő próbákba való vitelét, melyek egy oldatban egymás mellett nem állnak el. Az ilyen fémeket külön oldjuk és a többi fém oldatának a papirra vitele és beszáritása után visszük a papirra.

Az igy előkészitett szürőpapirdarabot az ábrán látható alaku szénkehelyben összegyürt állapotban helyezzük el. Föléje kerül a bemért spektráltiszta rézgömböcske. Ellenelektródául csonkakup alaku spektráltiszta szénelektróda szolgál. A szürőpapirt és rézgömböt tartalmazó elektródát anódosan kapcsolva 6 A-os egyenáramu ivet létesitünk. Közbenső képleképzés használata célszerü. Ilyenkor a közbenső rekeszen az iv középső 1/3-át használjuk a megfelelő rekeszt ugy választjuk ki, hogy a szénkehelynek a-a vonalig való leégése alatt a lemez helyesen legyen megvilágitva. A spektrográf rése előtt 3 lépcsős fényszürőt használunk. A Zeiss gyártmányu Qu 24-es tipusu kvarcspektrográfnál 15μ-os rés mellett 8-as közbenső fényrekesz, 11-es kamaranyilás és mintegy 40-60 mp adódik. A megvilágitási időt nem szükséges mérni, csupán a próba teljes elégésére kell ügyelni. Ivelés alatt kézzel való utánállitás szükséges. Előfordul, hogy az izzó rézgolyócska kiugrik a szénke-

helyből. Ebben az esetben a felvétel megismétlendő. A kiugrás meggátlására szolgál a szénkehely alul megvilágitott kiképzése.

A leirt módon készitett felvételek háttere aránylag világos. A szükséges háttérkorrekciót Honer-jäger-Sohm és Kaiser [11] szerint számitjuk ki.

A hitelesitőpróbák szinképeinek felvétele és a megfelelő szinképvonalak intenzitásának megállapitása után az ismert módon felrajzoljuk a kiértékelő görbét. Az ismeretlen összetételü rézforgácsból vagy rézreszelékből ezután a hitelesitőpróba rézgömbjével közel azonos mennyiséget mérünk be, ezt a szénkehelybe helyezzük és leiveltetjük, egészen a 4.ábra a-a vonaláig, miközben exponáljuk is a szinképlemezt. Az igy nyert szinképet a szokott módon kiértékelve a kapott adatokat az előbb leirt hitelesitőgörbére visszük, és segitségével megkapjuk a próba keresett összetételét.

Ha a hitelesitőpróbákhoz használt réz szennyezőinek mennyisége nem ismeretes, akkor a szukcessiv hozzáadás módszerével állapithatjuk azt meg.

Még a legjobb minőségü szürőpapirok is tartalmaznak Fe, esetleg Pb nyomokat. Ezek meghatározásakor az ismeretlen próba alá üres szürőpapirt helyezünk.

A leirt módokon a vákuumtechnikában illetőleg hiradástechnikában alkalmazásra kerülő nagytisztaságu réz legtöbb fontos szennyezője a szinképelemzés segitségével gyorsan és kielégitő pontossággal megelemezhető. Emellett emlitésre méltó még az a gyakorlati tapasztalat, mely számos rézminta szinképelemzéses, valamint párhuzamos metallográfiai vizsgálatából alakult ki, nevezetesen, hogy a felsorolt szennyezők szempontjából tiszta Cu nagytisztaságu oxigén és kén szempontjából is, vagyis a fémes és nemfémes szennyezés általában hasonló mértékben változó. Ennek oka valószinüleg az, hogy a fémes szennyezők mennyisége utal a raffinálási folyamat jóságára. Az elmondottak azt jelentik, hogy párhuzamos szinképi és mikroszkópi vizsgálatokkal nagy biztonsággal mondhatunk itéletet a vizs-

gált réz tisztaságáról. Ezzel számos gyártásellenőrzési nehézség megoldódik, valamint a gondos és megbizható elemzések a selejt nagymértékü csökkenését eredményezik.

I r o d a l o m :

1. P. de Boer, Rec. trav.chim.Pays-Bas 60, 1941, 5-12.
2. A.L.Ostashevskaja, Bull.Acad.Sci.Sz.Sz.Sz.R. 4, 1940, 9-
3. R.Castro. Chem.Abstr. 40, 1946, 2087.
4. M.Milbourn, Proc.Phys.Soc. 59, 1947, 273-75.
5. Mika J. és Török T.: Kémiai emissziós szinképelemzés 1954.
6. Versatz B.: Mérés és Automatika 1954.
7. D.M.Smith és G.M. Wiggins, Spectrochim.Acta 3,1948,327-40
8. M.Milbourn és H.E.R. Hartley, Spectrochim.Acta 3, 1948. 320-326.
9. L.N. Filimonov, Zavodskaya Lab. 16, 1950, 1200-1207.
10. R.E. Wright, Anal.Chem. 24, 1950, 603.
11. M. Honerjäger-Sohm és H. Kaiser, Spectrochim.Acta 2. 1944. 396.

- - -

Érkezett: 1955. január 19.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

Alapegységekből felépitett mérőkészülékek kozmikus sugárzási mérésekhez.

Irta: Zsdánszky Kálmán

Az alábbiakban egy olyan módszert ismertetünk, amelynél a különböző mérésekhez szükséges készülékek előregyártott alapegységekből rövid idő alatt épithetők fel.

I. A MÉRÉSI FELADATOK ÁTTEKINTÉSE.

Bevezetésül áttekintjük azokat a feladatokat, amelyek a kozmikus sugárzási mérések folyamán felmerülnek. A kozmikus sugárzást méréseink folyamán GM-csövek által szolgáltatott elektromos impulzusok formájában észleljük. A számlálócsövek segitségével nyert impulzusok amplitudóját és időtartamát általában célszerü egységesiteni. A továbbiakban többnyire bizonyos szempontok szerint osztályozzuk a beérkező impulzusokat. Előfordul, hogy több GM-cső felől érkező impulzusokat egy közös kimenő csatornára kell továbbitanunk. A továbbiakban az osztályozás a legtöbb esetben egyidejü események - koincidenciák - számának megállapitását jelenti. Gyakran szükséges, hogy a koincidenciák számlálásából kizárjuk azokat, amelyekkel egyidejüleg valamilyen más esemény, vagy események történnek. Ilyenkor az u.n. antikoincidenciák számát mérjük. Végül minden esetben az emlitett osztályozás után nyert impulzusok számlálása szükséges. Az eddig emlitetteket összefoglalva tehát a kozmikus sugárzási méréseknél az alábbi feladatokat kell megoldani:

1./ impulzus formálás,
2./ impulzus keverés,
3./ koincidencia mérés,
4./ antikoincidencia mérés,
5./ impulzus számlálás,
6./ stabilizált tápfeszültségek előállitása a mérőberendezés egységeinek számára,

7./ stabilizált nagyfeszültség előállitása a GM-csövek számára,

8./ a GM-cső-feszültségek egyenként való beállitási lehetőségének biztositása.

Az osztályozás történhet még az impulzusok időbeli vagy amplitudó szerinti eloszlása szempontjából is, amplitudó-, illetve idődiszkriminátor segitségével. Amplitudó válogatás esetén természetesen előzőleg nem egységesitjük az impulzusokat.

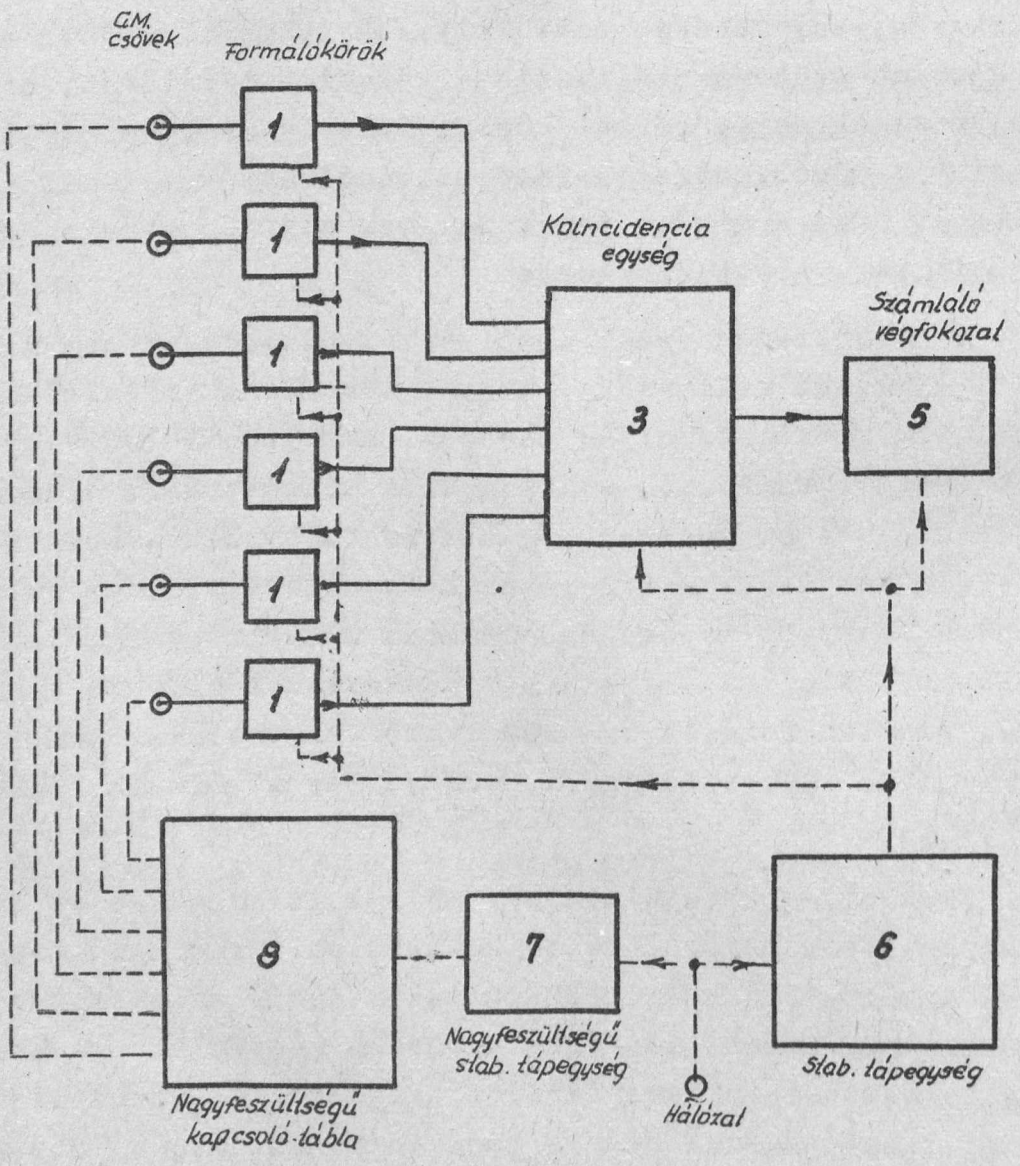
A mérőberendezéseknek a fentiekben vázolt feladatokat, illetve legtöbbször azok legkülönbözőbb kombinációit kell ellátniok. Egy-egy méréssorozat folyamán felmerülő ujabb szempontok gyakran szükségessé teszik a készülék bővitését, ugyanakkor a készülék egyes részei közben feleslegessé válnak.Célszerü ezért a mérőberendezés felépitésénél annak a lehetőségét biztositani, hogy a mérési tapasztalatok alapján könnyen átalakitható, illetve bővithető legyen.

A mérőberendezések felépitési rendszerének megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a készülékek általában nagyméretüek. Nem ritkák az olyan mérések, amelyeknél 100 vagy annál több GM-cső használata szükséges. A hozzátartozó elektronikus készülékben ez gyakran 300-nál is több elektroncsövet jelent. A kozmikus sugárzási mérések hosszu időtartama miatt nagyon fontos szempont mérőberendezéseink üzembiztonsága is. Az eléggé bonyolult és nagyméretü berendezéseknél ugyanis meglehetősen kellemetlen feladat az üzemzavarok elháritása, nem is szólva arról az időveszteségről, amelyet ez a mérések szünetelésében jelent.

Ezek olyan követelmények, melyek teljesitése az eredményes munka szempontjából nélkülözhetetlen. Ellenkező esetben egy mérés a különféle készülékek áttekinthetetlen halmazából áll és a hasznos mérési idő csak töredéke lesz a hibakeresésre és karbantartási munkára forditott időnek. A berendezés gyors felépitési lehetőségének hiánya pedig a mérési munkát hosszu készüléképitési és átalakitási periódusokra szakitja félbe.

II. MÉRŐBERENDEZÉSEINK FELÉPITÉSE.

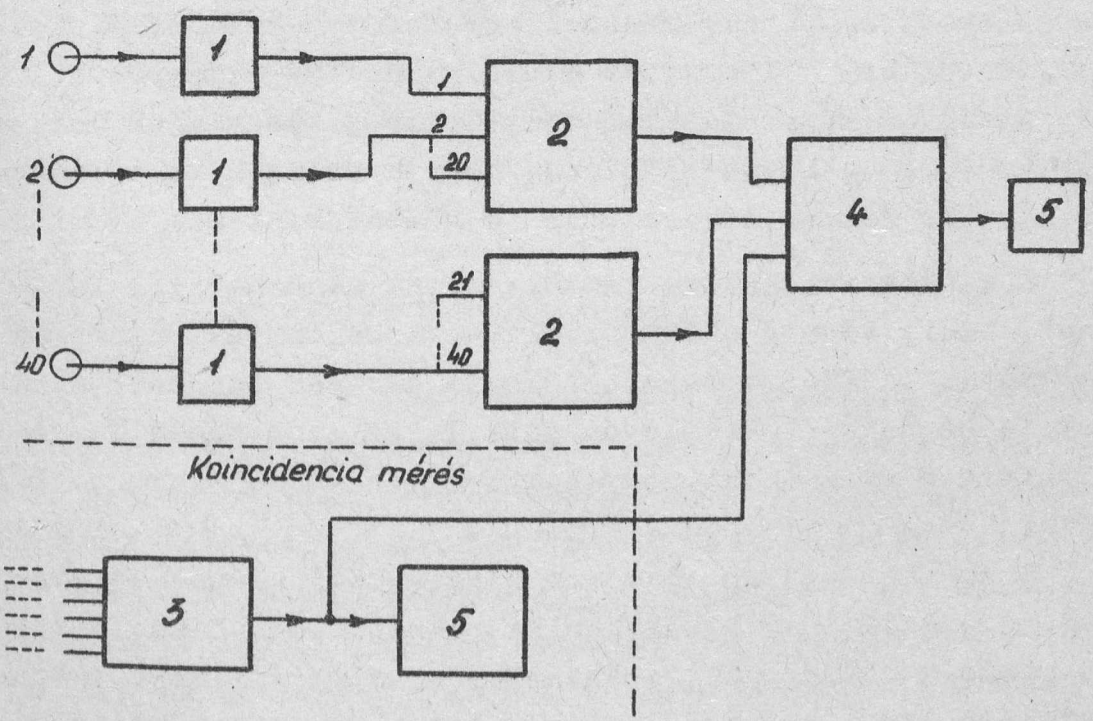
A különböző kozmikus sugárzási mérések céljára szolgáló készülékeket megvizsgálva azt találjuk, hogy azokban hasonló müveleteket végző részek vannak. Ezek a müveletek lényegében az I. részben 1./ - 8./ pontokban összefoglalt feladatok elvégzését jelentik. Célszerünek mutatkozik tehát olyan alapegységek kidolgozása, amelyek egy-egy előforduló művelet elvégzésére alkalmasak. Amennyiben ezek az egységek egymáshoz jól illeszthetők, akkor ezek kombinációjából bármilyen méréshez szükséges készülék felépitető.



1. ábra.

Az 1. ábrán egy hatos koincidencia-mérés blokkrajzát láthatjuk. Folytonos vonallal rajzoltuk az impulzusok utját, a tápfeszültségekét pedig szaggatottan tüntettük fel. A blokkrajzon lévő egységek egy-egy müvelet ellátására alkalmasak. Egy ilyen müvelet az I. részben felsorolt nyolc feladat valamelyikének elvégzését jelenti. A blokkrajzon az egységekbe beirtuk az emlitett felsorolás sorszámát. Kézenfekvő az a gondolat, hogy egy mérőberendezést ilyen előregyártott egységekből épitsünk fel. Igy egy-egy uj mérőberendezés tervezése csak a blokkrajz elkészitését jelenti, amit másirányu képzettségü kutatók, elektronikus részletismeretek nélkül is könnyen elvégezhetnek.

Egy ilyen készülék átalakitása sem okoz nehézséget. Amennyiben mérésünket pl. 40 antikoincidencia csatornával akarjuk bőviteni, akkor a 2. ábrán látható egységeket kell még



2. ábra.

hozzákapcsolnunk. Ezen az ábrán az egyszerüség kedvéért a tápfeszültségek utját már nem tüntettük fel.

Az itt ismertetett két példa alapján látható, hogy rövid idő alatt épithetünk fel egy mérőberendezést, ha a szükséges alapegységek raktáron vannak. Nem okoz nehézséget a mérőberendezés bővitése vagy átalakitása sem, ha elegendő hely áll rendelkezésre az uj egységek számára és az egységek gyorsan cserélhetők.

Készülékeink terjedelme rendszerint jóval meghaladja az asztali kivitelü müszerdobozokét. Ezért alapegységeink számára egy szögvasból készült keretet alakitottunk ki. Ebben az egységek gyorsan cserélhetők, egymáshoz való kapcsolatuk könnyen kiépithető és áttekinthető. A keret méreteit ugy választottuk meg, hogy abban 18 alapegység legyen elhelyezhető a hozzátartozó tápegységekkel. Ezenkivül a GM-csövek nagyfeszültségü tápegysége, valamint 50 GM-cső feszültségének egyenként való beállitására alkalmas kapcsolótábla épithető még a keretbe. Ez általában elég az egy méréshez szükséges egységek számára. Még több alapegység elhelyezéséhez két keret használata lehetséges olymódon, hogy ilyenkor a második keretbe a nagyfeszültségü tápegység és kapcsolótábla helyett is alapegységek helyezhetők el. A keret felépitése olyan, hogy a melegedő alkatrészek számára egy függőleges légcsatorna jó hütést biztosit.

Készülékeinknek igyekeztünk olyan mechanikai felépitést adni, amely könnyü ellenőrzési és karbantartási lehetőséget biztosit. E célból a keret előlapja könnyen levehető anélkül, hogy a berendezés kezelőgombjait le kellene szerelni. Az előlap levétele után az alapegységekhez minden nehézség nélkül hozzáférhetünk.

Természetesen az ilymódon kidolgozott alapegységeink megfelelő mechanikai kivitelben alkalmazhatók más hasonló természetü mérések céljára is, amint erre a külföldi irodalomban példákat láthatunk. Az irodalomban [1] , [2] ismertetett készülékeknél az egyes müveleteket ellátó egységekből teljesen zárt készülék épithető fel. Rádióaktiv laboratóriumokban való használatnál u.i. elengedhetetlenül szükséges, hogy a készülék

egy zárt dobozt képezzen, amelyről a rádióaktiv szennyeződés könnyen eltávolitható, szükség esetén vízzel való lemosással is. A kozmikus sugárzási méréseknél ilyen szempontok nem merültek fel.

Az alapegységekből felépitett készülék-rendszer a már emlitett előnyök mellett nagyon gazdaságos is. Megtakaritást jelent már a tervezési munkában, nem kell u.i. minden méréshez uj készüléket tervezni, hanem csak az alapegységek egyszeri kidolgozása szükséges. Egy mérőberendezés tervezése- amint az előzőkben már emlitettük - csak a készülék blokkrajzának megtervezését teszi szükségessé. Mivel egy-egy tipusu alapegységből sok készül, bőven megtérül, ha azok megtervezésére különös gondot forditunk. Ezáltal elérhetjük azt, hogy mérőberendezéseink állandó és üzembiztos működésre lesznek alkalmasak.

Nagymértékü megtakaritást jelent az is, hogy egy mérés folyamán elmaradnak a berendezés átépitési költségei. A mérés befejezése után a mérőberendezés általában nem használható ujabb kozmikus sugárzási méréshez. Ilyenkor más felépitésü készülékeket teljesen szét kell szedni és csak a beépitett anyag ujbóli felhasználása lehetséges. Az itt ismertetett készülék-rendszernél az alapegységek megfelelő kombinációban számos méréshez használhatók fel.

III. AZ ALAPEGYSÉGEK MEGVÁLASZTÁSA.

Az eddigiekben ismertetett felépitésü mérőberendezések jó működésének egyik legfontosabb feltétele az alapegységek helyes megválasztása. Ennek alapja a kozmikus sugárzási mérések folyamán szükséges müveletek szétválasztásának célszerü megállapitása. A müveleteket semmiesetre sem lenne helyes egészen az egy-két csöves áramkörökig felbontani. Az ilyen tulságosan részletes felbontás nagyon bonyolulttá tenné a készüléket. Az egységek közötti érintkezések nagymértékü szaporitása pedig a hibalehetőségeket is jelentősen megnövelné. Ezért a müveletek felosztásánál arra törekedtünk, hogy egy alapegység valamilyen teljes müveletet végezzen. Igy olyan rend-

szerhez jutottunk, amely nagymértékü rugalmassága mellett sem tulságosan bonyolult.

Az I. részben ismertettük azokat a feladatokat, amelyek a kozmikus sugárzási mérések folyamán felmerülnek. Ennek megfelelően az alább felsorolt alapegységeket dolgoztuk ki:

1./ Formálókör.

A GM-cső impulzusait egységesiti, valamint alkalmas a GM-cső holtidejének röviditésére. A kimenő fokozat kis kimenő impedanciája lehetővé teszi a jelnek árnyékolt kábelen való továbbitását.

Müszaki adatok:

A GM-csőre adott kioltójel amplitudója:		210 V
" " " időtartama:		10 μsec
" " " felfutási ideje:	kb.	0,1 μsec
Egy 80 cm-es GM-cső esetén a GM-cső és formálókör együttes holtideje:	kb.	25 μsec
A kimenőjel amplitudója:	+	7 V
A kimenőjel időtartama:		2 μsec
A kimenőjel felfutási ideje:	kb.	0,1 μsec
Kimenő impedancia:	kb.	200 Ohm
Tápfeszültségek:	300 V	24 mA =
	150 V	1 mA =
	6,3 V	2,1 A~

2./ 20-csatornás impulzuskeverő.

Az egység a 20 bemenő csatornán érkező impulzusokat egy közös kimenő csatornára továbbitja. A bemenő csatornák egymástól függetlenek.

Müszaki adatok:

Bemenőjel amplitudója:	+	5 V
Bemenőjel időtartama:		2 - 6 μ sec
Erősités:	kb.	1
Az erősitő felfutási ideje:	$\leqq$	0,2 μ sec
Kimenő impedancia:	kb.	50 Ohm

Tápfeszültségek:	300 V 11 mA =
	150 V 0,5 mA =
	6,3 V 4,3 A ~

3./ Koincidencia egység.

Alkalmas 6 vagy annál kevesebb egymástól független bemenő csatornán érkező impulzusok közül a koincidencia esetek kiválasztására.

Műszaki adatok:

Bemenőjel amplitudója:	+ 5 V vagy -15 V
Bemenőjel időtartama:	2 μsec
Kimenőjel amplitudója:	+ 15 V és 50 V között
Legnagyobb zavarójel a kimeneten:	+ 1,5 V
Kimenő impedancia:	kb.200 Ohm
Felbontóképesség:	kb. 0,5μsec
Tápfeszültségek:	300 V 71 mA =
	150 V 1 mA =
	6,3 V 7 A ~

4./ Antikoincidencia egység.

2 antikoincidencia és 1 koincidencia bemenete van. Az egység kimenetén csak akkor jelenik meg jel, ha csak a koincidencia bementén érkezik impulzus.

Műszaki adatok:

Koincidencia bemenet

Bemenőjel amplitudója:	$\geq$ + 15 V
Bemenőjel időtartama:	0,5 - 2 μsec
Bemenőjel késleltetése:	kb. 0,2 vagy 2 μsec

Antikoincidencia bemenet

Bemenőjel amplitudója:	+ 5 V
Bemenőjel időtartama:	6 μsec

Kimenet

Kimenőjel amplitudója:	+ 50 V
Kimenőjel időtartama:	2 μsec

Legnagyobb zavarójel a kimeneten: 2 V

Kimenő impedancia: kb. 200 Ohm

Tápfeszültségek: 300 V 60 m A =
150 V 1 m A =
6,3 V 5,4 A ~

5./ Impulzusszámláló végfokozat.

Alkalmas a koincidencia- és antikoincidenciaegységek kimenő impulzusainak megszámlálására.

Müszaki adatok:

Bemenőjel amplitudója: legalább ± 15 V

Bemenőjel időtartama: ≧ 0,5 μsec

Feloldóképesség 0,01 %-nál kisebb számlálási hiba esetén: 0,06 sec

Tápfeszültségek: 300 V 10-40 mA = /a bejövő impulzusok számától függően/
150 V 60 μA =
6,3 V 2,9 A ~

6./ Stabilizált tápegység.

Az alapegységek anód- és előfeszültség-szükségletét látja el.

Müszaki adatok:

Kimenetek: + 300 V 500 mA =
- 150 V 50 mA =

Feszültségváltozás üresjárás és teljes terhelés között: ± 1 V

Feszültségváltozás a hálózati feszültség ± 10 %-os ingadozásánál: ± 1 V

Hálózati csatlakozás: 220 V 50 ~

Fogyasztás teljes terhelés esetén: kb. 600 W

7./ Nagyfeszültségü stabilizált tápegység.

A GM-csövek feszültségét állitja elő.

Müszaki adatok:

Kimenet: 1600 - 1800 V 2 mA =

Feszültségváltozás üresjárás és teljes terhelés között: ± 1 %

Feszültségváltozás a hálózati feszültség ± 10 %-os változása esetén: ± 1 %

8./ Nagyfeszültségü kapcsolótábla.

Alkalmas 50 GM-cső feszültségének egymástól független beállitására. A beállitás 10 fokozatban 30 V-os lépésekben történik 900 - 1200 V között. Az indulási feszültségre való beállitás céljából valamennyi GM-cső feszültséget egy kapcsoló segitségével 120 V-tal csökkenthetjük. A csövek gerjedésvizsgálatára valamennyi GM-cső feszültsége 80 V-tal növelhető. Egymástól függetlenül 750 V-os feszültségre kapcsolhatók azok a GM csövek, amelyeket üzemen kivül akarunk helyezni.

- o -

Az itt felsoroltaken kivül folyamatban van impulzusosztó, amplitudó diszkriminátor és szélessávu erősitő tipusainknak alapegység-kivitelben való átdolgozása. A későbbiek folyamán részletesen ismertetni fogjuk alapegységeinket, valamint azokat a szempontokat, amelyek bennünket a tervezésben az egyes megoldási módok megválasztásánál irányitottak.

I r o d a l o m :

1. Alfred Kübler und Peter Nenning: Ein neues Geiger-Müller Strahlungsmessgerät "Siemens Zeitschrift" 26, 351, 1952.

2. A Comprehensive Counting System for Nuclear Physics Research Rev. Sci. Instr. 22, 439, 1951.

- - -

Érkezett: 1955. január 7.

89/G.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

Impulzusszámláló végfokozat.

Irta: Zsdánszky Kálmán

A Kozmikus Sugárzási Osztályon kidolgoztunk egy olyan rendszert, amelynél a mérőberendezések felépitése alapegységek kombinációjából történik. A mérőberendezések felépitésének módját már leirtuk [1] . Most az alapegységek közül egy impulzusszámláló végfokozatot ismertetünk, amely a koincidencia és antikoincidencia egységek impulzusainak számlálására alkalmas.

I. A feladat kitüzése.

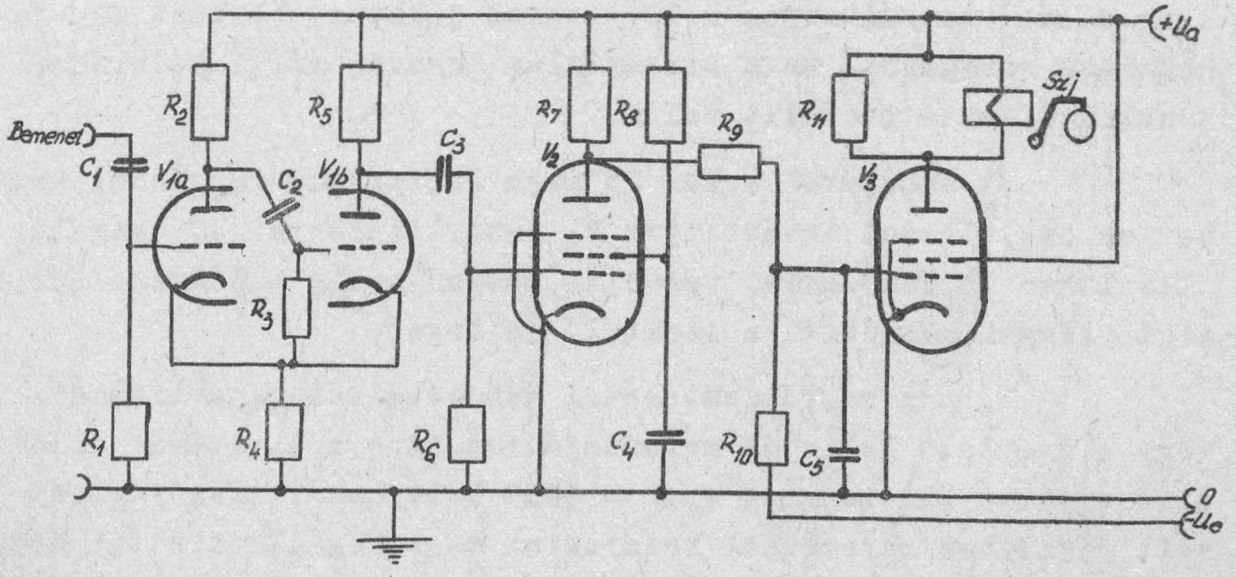
Egy olyan egység tervezése volt a feladatunk, amely alkalmas adott impulzusok üzembiztos számlálására. Konkréten koincidencia és antikoincidencia berendezésekből származó jeleket kivánunk megszámolni. Ezeknek a jeleknek az időtartama mikromásodperc, amplitudója pedig 15 V nagyságrendü. Célkitüzésünk az, hogy ezekkel az impulzusokkal egy aránylag nagy mechanikai tehetetlenségü számláló jelfogót üzembiztosan vezéreljünk. A jelfogó lassu müködése miatt nem szükséges, hogy az egység alkalmas legyen egymást gyorsan követő jelek fogadására, viszont fontos az, hogy müködése nagymértékben reprodukálható legyen, valamint különböző nagyságu és szélességü jelekre megbizhatóan beinduljon.

Amennyiben a végfokot nem koincidencia, hanem számolócső impulzusok regisztrálására akarjuk felhasználni, akkor a jelfogó tehetetlensége miatt egy impulzusosztót /scalert/ kell a számolócső és a végfok közé beiktatni.

A mechanikai felépitésnél az volt a szempontunk, hogy ez az egység a Kozmikus Sugárzási Osztályon kidolgozott mérőkészülékek rendszerébe jól beilleszkedjék. Ezek a mérőkészülékek előregyártott alapegységek kombinációiból épithetők fel. A mérőberendezések felépitésének rendszerét már ismertettük.[1].

II. Az áramkör leirása.

Az elvi kapcsolás az 1. ábrán látható. Az egység a



R.

I. ábra.

számlálójelfogót és az üzembentartásához szükséges meghajtó áramkört tartalmazza. A meghajtó áramkör a V_1 egy stabil állapotu billenőkörből /univibrátor/, a V_2 rácsáramos jelhosszabbitó és a V_3 teljesitményerősitő fokozatból áll. A táplálás stabilizált tápegységből történik.

Az egység tervezésénél szem előtt tartottuk, hogy a billenőkör, illetve a számlálót meghajtó fokozatok holtidejében [2] bizonytalan átbillenések ne jöhessenek létre. Ezért az egység bemenetén a C_1, R_1 differenciáló kör biztositja, hogy a V_{1a}, V_{1b} egy stabil állapotu billenőkörre megfelelően rövid jelek jussanak. A billenőkört ugy méreteztük, hogy 0,5 μ sec-os jel már biztosan átbillentse, ugyanakkor a kimenő impulzus időtartama legalább 150 μ sec legyen. A billenőkör holtideje kb. 150 μ sec. Ez az egység müködését nem befolyásolja, mert a számláló jelfogó müködtetéséhez ennél két nagyságrenddel nagyobb időtartamu impulzus szükséges.

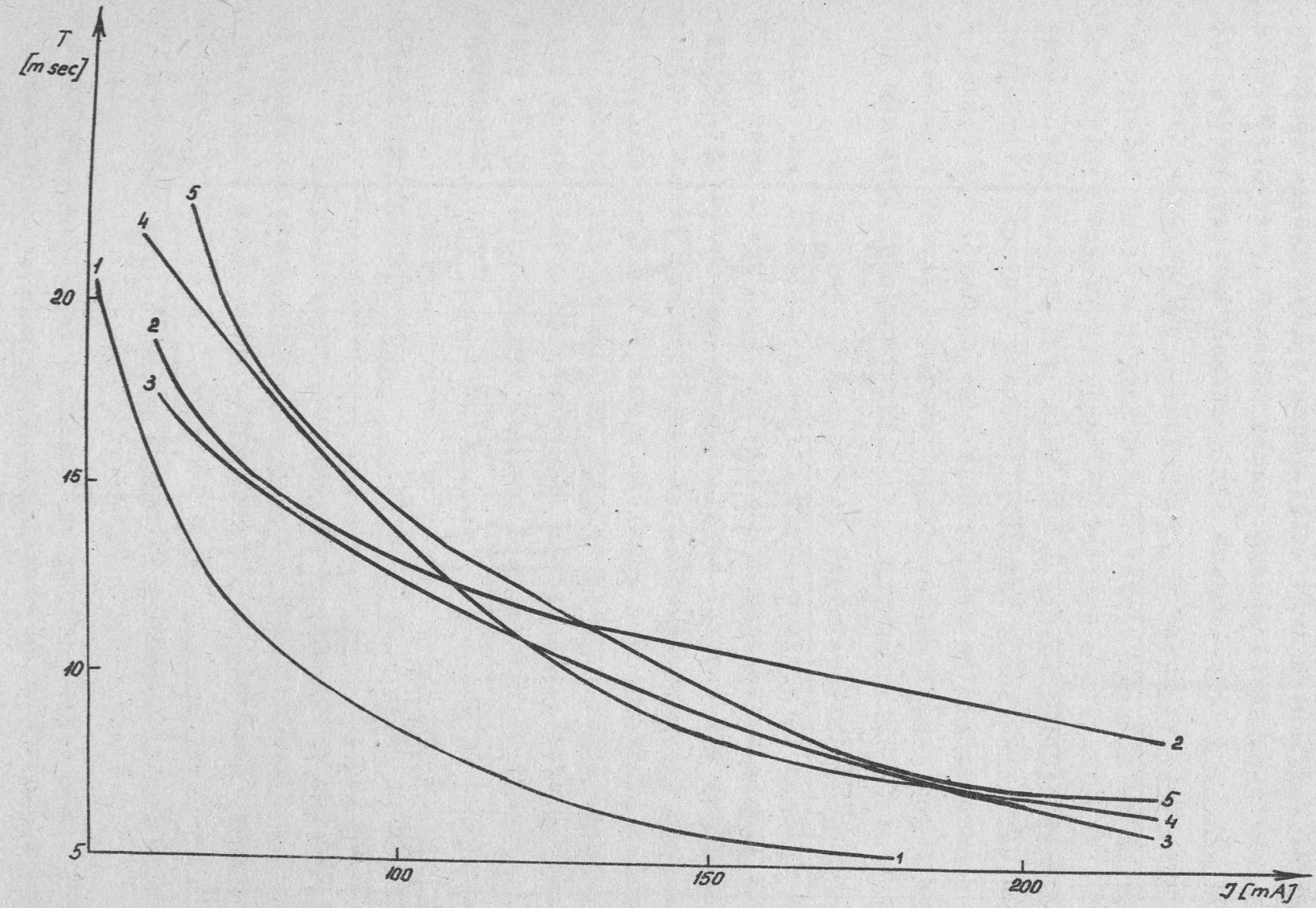
A második jelhosszabbitó jelfokozatként /V_2/ célszerü volt rácsáramos megoldást alkalmazni, mert annak nincs holtideje. Igy a meghajtó egység a számláló jelfogót müködtető impulzus vége után közvetlenül ujból müködésre kész állapotban van. Még ha le is mondtunk volna a rácsáramos megoldásnak erről az előnyéről, akkor sem lett volna célszerü a legkedvezőtlenebb esetben szükséges 5.10^4-szeres jelhosszabbitást egy fokozatban elvégezni. Ez a bizonytalan müködés miatt célkitüzésünkkel ellentétben állt volna.

V_2 anódjáról a kb. 25 msec időtartamu impulzust közvetlen csatolással továbbitjuk V_3 vezérlőrácsára. V_3 nyugalmi állapotban le van zárva, vezérlés esetén pedig anódárama kellő biztonsággal müködteti a számláló jelfogót.

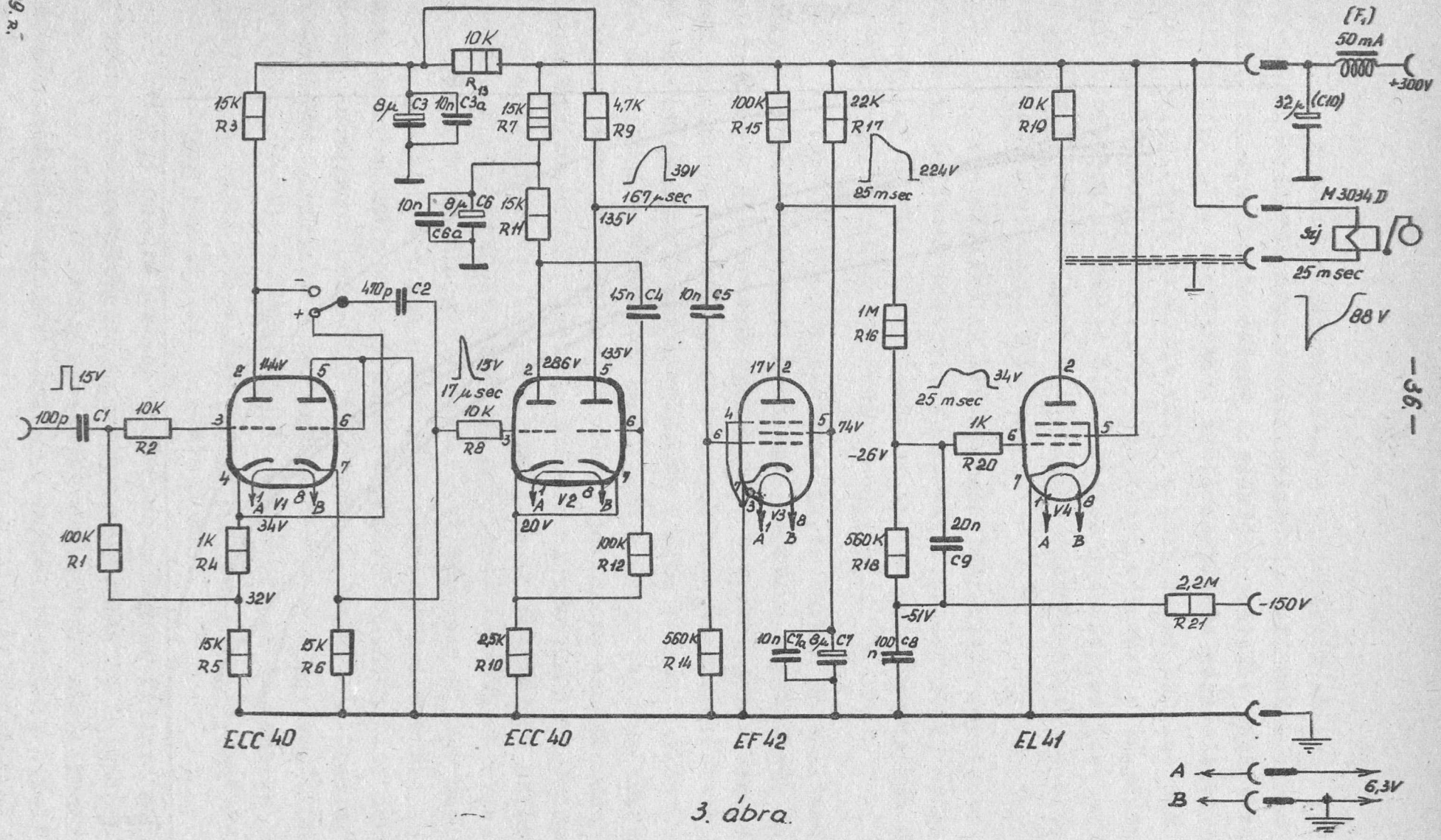
V_3 cső megválasztásával kapcsolatban megemlitendő, hogy a számláló jelfogót müködtető impulzus időtartamát és amplitudóját a Beloiannisz gyár M 3034 D tipusu jelfogóján végzett részletes mérésekkel határoztuk meg. Megállapitottuk,hogy mi az összefüggés a rendelkezésünkre álló jelfogó müködtetéséhez szükséges áramimpulzus amplitudója és időtartama között. A kapott mérési eredményeket néhány jelfogóra vonatkozóan a 2. ábrán tüntettük fel. Amint a görbéken láthatjuk az áramimpulzus amplitudóját kb. 100 mA-ig növelve, a müködéshez szükséges időtartam rohamosan csökken. Az amplitudó további növelése már nem célszerü, mert a görbe értéke itt már csak kisebb mértékben változik. Ezért 100 mA-es amplitudót választottunk, ami azért is előnyös, mert egy EL 41-es csővel ezt impulzus üzemben minden nehézség nélkül előállithatjuk. A müködtető áramimpulzus időtartamát a méréseink folyamán előforduló legkedvezőtlenebb 15 msec-os értékhez képest kellő biztonsággal 25 msec-ra választottuk. Ilyen üzemi feltételek mellett a rendelkezésünkre álló jelfogók megfelelően müködtethetők.

A számláló jelfogó tekercsén hirtelen fellépő áram következtében önindukciós feszültség keletkezik, ami olyan nagy értéket is elérhet, hogy a tekercs szigetelése átüt. Ennek elkerülése céljából C_5 kondenzátor a müködtető impulzus felfutási és lefutási idejét megnöveli.

89/G.



2. ábra.



ECC 40
ECC 40
EF 42
EL 41
15V
100p C1
10K R2
100K R1
1K R4
15K R5
15K R6
15K R3
144V
34V
32V
V1
470p C2
15V
17 μsec
10K R8
286V
135V
20V
V2
2,5K R10
100K R12
15K R7
15K R11
10K R13
8μ C3
10n C3a
10n C6a
8μ C6
4,7K R9
39V
167 μsec
135V
15n C4
10n C5
560K R14
17V
74V
V3
10n C7a
8μ C7
100K R15
22K R17
224V
25 msec
1M R16
-26V
560K R18
20n C9
-51V
100n C8
34V
25 msec
1K R20
10K R19
V4
2,2M R21
-150V
(F1)
50 mA
+300V
32μ (C10)
M 3034 D
Szj
25 msec
88 V
A
B
6,3V

3. ábra.

89. r.

A 3. ábrán látható az általunk kidolgozott impulzusszámláló egység teljes kapcsolása. Elvi rajzunkhoz képest, gyakorlati szempontokból néhány kiegészitést végeztünk, melyeket az alábbiakban foglalhatunk össze.

Célszerünek mutatkozott a differenciáláskor keletkező negativ jelet diódával megszüntetni. Ugyanis ha V_2 első triódájának vezető állapotában rácsára megfelelően nagy amplitudóju negativ jel jut, akkor az a csövet lezárja és a kör nyugalmi állapotába visszabillen. Ezt akadályozza meg a dióda. A bemenő kör ilymódon való kialakitása célkitüzésünknek megfelelően a bemenő impulzus időtartamától független, üzembiztos müködést tesz lehetővé.

Az egység bemenetén egy fázisforditó fokozatot is alkalmaztunk, hogy ennek segitségével pozitiv és negativ impulzusok számlálása lehetővé váljék. A kapcsolási elemek értékeit ugy választottuk meg, hogy az egyes fokozatok a szükséges legkisebb vezérlő feszültségnek legalább kétszeresét kapják. Az ellenállásokat legfeljebb a névleges terhelhetőség felével vettük igénybe. Az üzembiztos müködés szempontjából különösen kényes ellenállások méretezésénél még ennél is óvatosabban jártunk el. Egységeink igy állandó üzem esetén is zavartalanul müködnek.

III. Ellenőrző mérések.

Szükségesnek mutatkozott, hogy nagyobb számban készülő egységeinket üzembehelyezés előtt megfelelő ellenőrzésnek vessük alá. Ebből a célból a következő ellenőrző méréseket végeztük.

1./ Nyugalmi állapotban az anód- és előfeszültségek ellenőrzése.
2./ Az egységen belül a fokozatok be- és kimenő impulzusainak ellenőrzése időtartam és amplitudó mérésével, kis ismétlődési frekvenciáju bemenő jelek esetén.
3./ Számlálási hiba mérése különböző felbontóképességeknél aperiódikus vezérlő jelekkel.

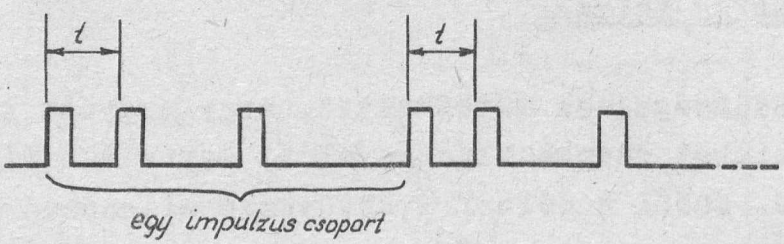
4./ Vizsgálat tartós üzem esetén.

1. és 2./

A kapcsolási rajzon /3. ábra/ feltüntettük az egyes fokozatok nyugalmi anód- és előfeszültség adatait, valamint a vezérlő impulzusok időtartamát és amplitudóját. Ellenőrző méréseink folyamán megfelelőnek tekintettük azokat az egységeket, amelyeknél ezek az adatok a tervezett értékekhez képest ± 20 %-on belül voltak.

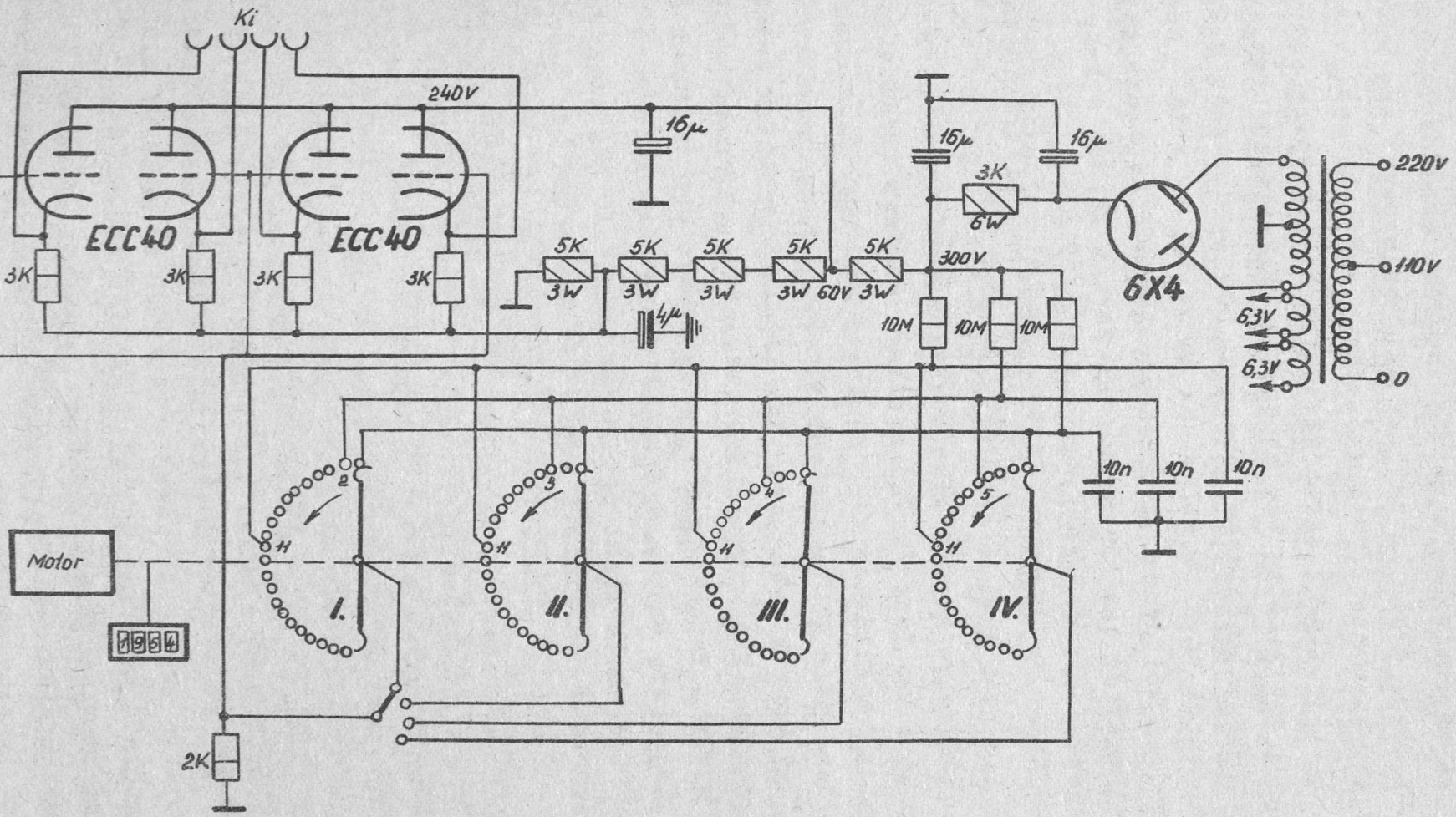
3./

A számlálási hibának az egység által meg nem számolt és a vizsgálat folyamán megszámlálandó impulzusok számának hányadosát tekintjük és ezt százalékban fejezzük ki. A számlálási hibát aperiódikus jeleket adó impulzus generátorral mértük, hogy a számláló jelfogó mechanikus rezonanciájának hatását elkerüljük. A vizsgálatnál használt aperiódikus impulzus sorozatban /4. ábra/ három impulzusból álló csoportok követik egymást. Egy csoporton belül az első két impulzus között



4. ábra.

ti "t" idő változtatható s ezáltal a számlálási hiba különböző felbontóképesség esetén mérhető. A vizsgálat 10000 - 20000 impulzussal t = 0,12, t = 0,09 és t = 0,06 sec felbontóképesség esetén történt. A számláló még t = 0,06 sec felbontóképesség esetén is hiba nélkül számolt.


Ki
240V
ECC40
ECC40
3K
3K
3K
3K
16µ
5K
5K
5K
5K
5K
3W
3W
3W
3W 60V
3W
4µ
16µ
16µ
3K
6W
300V
10M
10M
10M
6X4
220V
110V
6,3V
6,3V
0
10n
10n
10n
Motor
1954
I.
II.
III.
IV.
2K

5. ábra.

A méréseinkhez használt impulzus generátor kapcsolási rajzát az 5. ábrán láthatjuk. Az impulzusokat egy motorral meghajtott, automata távbeszélő központokban használatos keresőgép állitja elő. A keresőgép egyes érintkezőire egy-egy 10000 pF-os kondenzátor van kapcsolva. A kondenzátorok egy-egy 10 Mohmos ellenálláson keresztül 300 V-ra vannak kötve. A kondenzátorok az ellenállásokon keresztül $t_1 = 10^{-1}$ sec időállandóval töltődnek. A keresőgép leszedő keféjére egy 2 kohmos ellenállás van kapcsolva. Ha forgás közben a kefe egy olyan érintkezőhöz ér, amelyre kondenzátor van kapcsolva, akkor a feltöltött kondenzátor $t_2 = 2.10^{-5}$ sec időállandóval a kefére kapcsolt 2 kohmos ellenálláson kisül. Ilyenkor az ellenálláson átfolyó kisütő áram következtében impulzus jön létre. Ezt az impulzust katódcsatolásu fokozat továbbitja a kimenetre. A készüléknek négy kimenete van, igy egyszerre több végfok ellenőrzése is lehetséges olymódon, hogy bemeneteik egymástól el vannak választva. Egy impulzussorozaton belül az impulzusok eloszlása megfelelő érintkezők bekötésével változtatható. Mivel a keresőgépen négy érintkező sor és ennek megfelelően négy kefe van, előre beállitható négy különböző impulzuseloszlás. Ezek közül egy fokozatkapcsoló segitségével választható ki a megfelelő. A motor fordulatszáma egy beépitett sztroboszkópon ellenőrizhető. Egy mechanikus fordulatszámlálóról leolvasható a keresőgép által megtett fordulatok száma. Mivel a generátor egy fordulat alatt 6 impulzust ad, ezzel szorozva kapjuk a kiadott impulzusok számát. A mérések végén a gép rendszerint nem alapállásban áll meg. Ilyenkor az utolsó, nem teljes fordulat alatt kiadott impulzusok számát a készülék előlapján egy skálán leolvashatjuk. Igy pontosan megállapitható, hogy a mérés alatt hány impulzust adott ki a generátor. Ezt az értéket a megszámlált impulzusok számával összehasonlitva kapjuk a vizsgált készülék számlálási hibáját. Az impulzusgenerátor müszaki adatai a következők:

A kimenő impulzusok amplitudója:	kb. +	20 V
A kimenő impulzusok időtartama:	"	20 μ sec
A kimenő impulzusok között előforduló legkisebb idő:		3o,6o,9o és 12o msec, beállitható
Kimenő impedancia		kb. 400 Ohm.

4./

Impulzusszámlálóinkat tartósági szempontból is vizsgáltuk. Ennek folyamán azt találtuk, hogy az elektronikus meghajtó egység állandó üzem esetén is kifogástalanul működött. A számláló jelfogó működése azonban a mozgó alkatrészek kopása miatt kb. $1{,}3.10^6$ impulzus után már bizonytalanná vált.

IV. Alkalmazás.

Az egység alkalmas koincidencia és antikoincidencia egységek, valamint impulzusleosztók kimenő impulzusainak számlálására. Müszaki adatai a következők:

Bemenőjel amplitudója:	$\geqq$ 15 V
Bemenőjel polaritása:	$\pm$ átkapcsolható
Bemenőjel időtartama:	$\geqq$ 0,6 μsec
Felbontóképesség 0,01%-nál kisebb számlálási hiba esetén:	0,06 sec
Tápfeszültségek:	300 V 10-40 mA = /bemenőjelek számától függően/
	150 V 60 μA =
	6,3 V 2,9 A~

Az egység használatánál célszerü zavarszürést alkalmazni. Ennek célja részben az, hogy külső zavarokra az egység ne legyen érzékeny, másrészt pedig az, hogy a számlálót működtető 100 mA-es áramlökések ne okozzanak zavart más egységek működésében. Külső zavarok ellen a legtöbb esetben megfelelő szürést biztosit egy-egy 0,1 μ F-os papirkondenzátor, melyeket célszerü közvetlenül az anód- és fütőfeszültség bevezetésénél elhelyezni. Az előfeszültségnél erre nincs szükség. Célszerü továbbá az anódfeszültséget egy kb. 10 Hy öninduktivitásu fojtótekerccsel és 32 μF-os elektrolit kondenzátorral is megszürni /3. ábra C_{10}, F_1/. Ezáltal kellő mértékben lecsökken az egység anódáram impulzusainak kifelé való hatása is.

Megemlitjük, hogy a felbontóképességet növelhetjük akkor, ha megfelelő számláló jelfogó áll rendelkezésünkre. A jelfogót működtető impulzusok időtartamát C_5 és R_{14} /3. ábra/ segitségével az uj követelményeknek megfelelően állithatjuk be. Ilyenkor szükségessé válhat C_9 értékének csökkentése is.

Szeretnék e helyen is köszönetet mondani Jánossy professzor és Náray Zsolt elvtársaknak értékes tanácsaikért, valamint Blasovszky Miklós elvtársnak a kisérleti egység elkészitéséért és beméréséért. Az ellenőrző mérésekhez használt impulzus generátort Koncz Sándor elvtárs készitette.

I r o d a l o m :

1. Zsdánszky Kálmán: Alapegységekből felépitett mérőberendezések kozmikus sugárzási mérésekhez. KFKI Közlemények. Ugyanezen szám.

2. Kiss Dezső - Szivek János: Univibrátorok holtidejének mérése KFKI Közlemények 2. /1954./, 619.

- - -

Érkezett: 1955. január 7.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

Egy Schmitt-körökkel működő amplitudó analizátor.,

Irta: Varga Péter

Összefoglalás.

Épitettünk egy kétcsatornás, Schmitt-körökkel működő amplitudó analizátort. Ismertetjük a diszkriminátoron végzett ellenőrző méréseket. Az összes, stabilitásból származó hibaforrás értéke a 0,1 V diszkriminációs pontosságon belül van. Az ellenőrzés és a kallibrálás könnyen mérhető mennyiségekkel végezhető el.

1./ BEVEZETÉS.

Feladatunk volt egy olyan amplitudó analizátor épitése, amellyel meg lehet mérni, hogy a multiplier különböző amplitudóju impulzusai milyen gyakorisággal lépnek fel. /Az analizátor természetesen felhasználható más területeken is, pl. a proporcionális számláló lökéseloszlásának megállapitására./

Az analizátor felépitésében használt elemek az irodalomból /pl. [1],[2] / mind ismertek. Munkánk abban állott, hogy az ezekből felépitett berendezés ellenőrzési és kalibrálási és stabilizálási módszereit kidolgozzuk és az ellenőrzéseket elvégezzük.

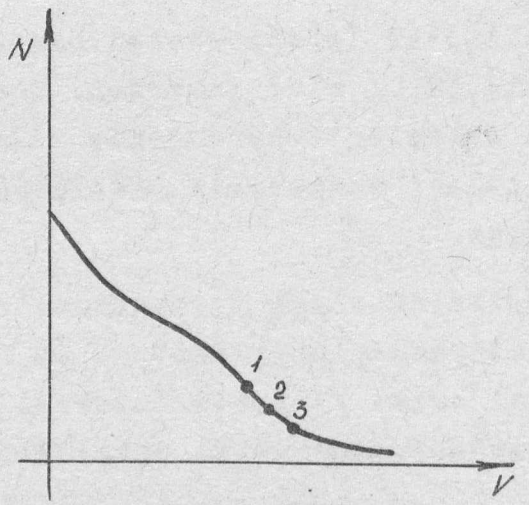
Az analizátor olyan berendezés, amelynek segitségével meg lehet határozni, hogy adott V és $V+dV$ amplitudó intervallumba hány jel esik. /A fenti intervallumba másodpercenként eső jelek számát $n(V)dV$ -vel jelöljük/.

Az analizátor alapvető eleme az amplitudó diszkriminátor. A diszkriminátor tulajdonsága, hogy csak egy adott V amplitudónál /küszöbfeszültség/ nagyobb jelekre szólal meg. Amplitudó spektrumot már egy diszkriminátorral is lehet mérni, ha a V küszöbfeszültséget változtatva számláljuk a V -nél nagyobb amplitudóju jeleket, /$N(V)$ /. Ekkor megkapjuk az

integrális spektrumot:

$$N(V) = \int_{V}^{\infty} n(V)dV$$

Ebből valamilyen differenciálási módszerrel származtatható az $n(V) = -\frac{dN(V)}{dV}$ keresett spektrum. Ezt a módszert használtuk a [3] -ban ismertetett méréseinknél, ahol tájékozódást akartunk szerezni a multiplier impulzus spektrumára vonatkozóan. Az ilyen mérésnek hátránya az, hogy a különböző küszöbfeszültségeknél végzett mérések egymástól függetlenek, tehát a differenciálásnál a dN értékek hibája igen nagy lesz [2] . Célszerű tehát egy kis feszültséginterwallumba eső jelek számát $/n(V)dV = |dN|$ / közvetlenül mérni. Ezt elérjük, ha nem egy, hanem két diszkriminátort használunk egyszerre, az egyik küszöbfeszültségét V-re, a másikét $V+dV$ -re választjuk. Az így kapott beütésszámok különbsége a keresett dN érték. Ha több diszkriminátort használunk, amelyek mindegyikének küszöbfeszültsége egymástól dV értékkel különbözik, akkor a $dN(V)$ különbséget egyszerre több pontban mérhetjük ki /lásd 1. ábra/.



R.

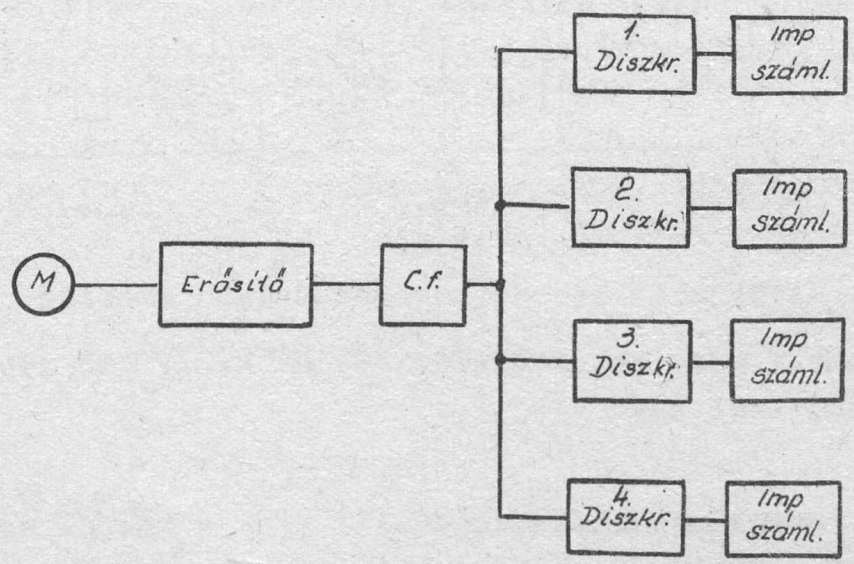
1. ábra.

Megjegyezzük, hogy a statisztikus hiba csökkentése szempontjából fontos, hogy a különböző küszöbértékeken fellépő beütésszámokat egyszerre regisztráljuk, de lényegtelen, hogy a kivonást automatikusan antikoincidencia berendezéssel végezzük-e el, vagy utólag intézzük el az egyszerre regisztrált ér-

tékek kivonását. A statisztikus ingadozás által létrejövő szórásnégyzet $N(V+dV)-N(V)$ egyidejü regisztrálás esetében, viszont $N(V+dV)+N(V)$ a független regisztrálás esetében.

2./ A BERENDEZÉS LEIRÁSA

Berendezésünket a 2. ábrán közölt blokkséma szerint épitettük fel. A multiplier jele erősités után egy katódfollowereen keresztül négy diszkriminátorra kerül. Ezután impulzusszámlálók számlálják meg az egyes diszkriminátorokon átjutó jeleket.

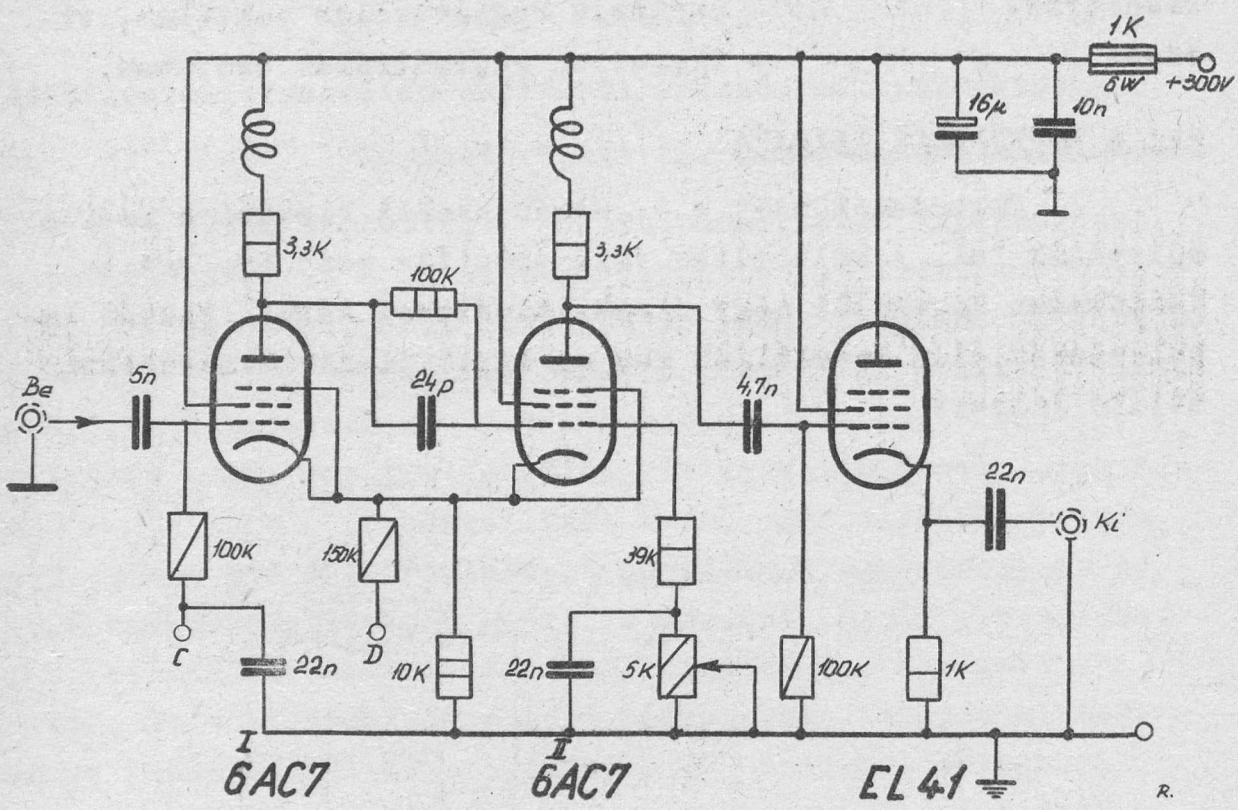


R.

2. ábra.
Az analizátor blokkséma.

Az épitésnél törekedtünk arra, hogy felhasználjuk az osztályunkon meglévő és előző méréseinkhez [3] épitett egységeket, igy csak a diszkriminátorfokozat az, amely a [3] -ban ismertetett egységektől eltér.

Diszkriminátorul Schmitt-kört /lásd [1] , [3] / használtunk. Ennek a kapcsolása nagyjából megegyezik Elmore Sands könyvének [1] a 204. oldalán közölttel. A Schmitt-kör bille-



3. ábra.

A Schmitt kör és katódcsatolásu erősitő.

nőkör, amely csak akkor billen át, ha az I. cső rácsán megjelenő feszültség egy (1)

$$u_n - u_k - u_z$$

nyitási feszültségértéket meghalad. /u_k a katód- és u_z az I. cső zárófeszültsége./ Az I. cső rácsára u_g változtatható egyenfeszültséget kapcsoltunk. A kör akkor billen át, ha a rácsra jutó impulzus amplitudója:

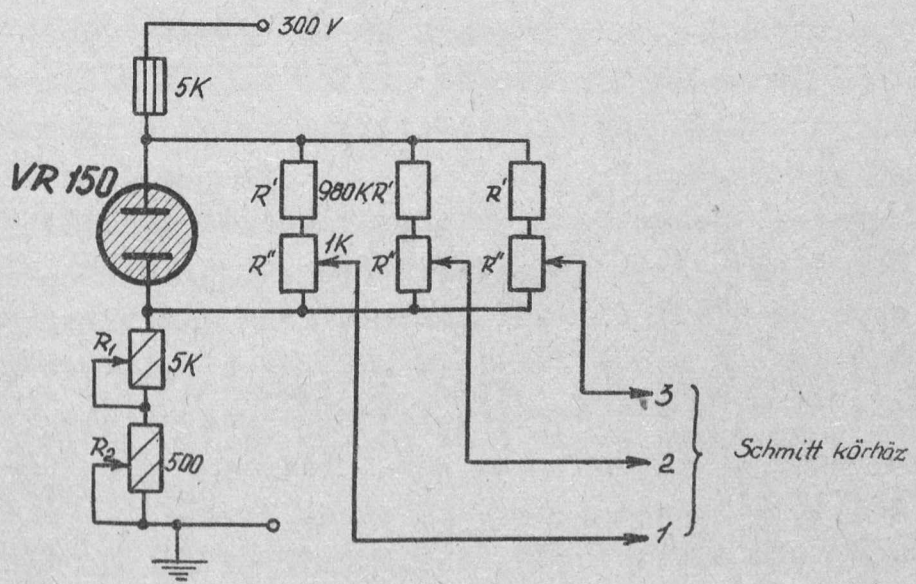
(2)

$$V > V_k = u_n - u_g$$

A kör visszabillen, ha az I. rácsán lévő feszültség $u_n - u_h$ érték alá esik. Ez kisebb, mint az u_n nyitófeszültség, a körnek hiszterézise van. A hiszterézisnek minél kisebbnek kell lennie, mert az állandó u_g rácsfeszültség nem lehet a hiszterézis tartománya belsejében /$u_g < u_n - u_h$ /. Ellenkező esetben a kör nem billenne vissza. Tehát a legkisebb diszkriminálható amplitudónak nagyobbnak kell lennie, mint u_h -nak.

A mi esetünkben $U_h \leq 2$ V. A maximálisan megengedett legnagyobb jel $U_g = 0V$ -nál 72 V.

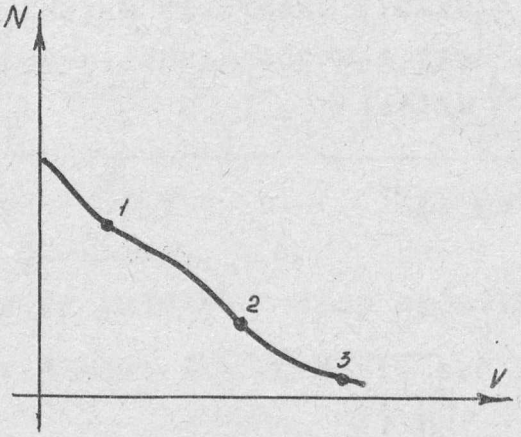
Mivel több diszkriminátorral dolgozunk, természetesen beütésszám különbségeket határozunk meg. A diszkriminátorok közül az 1, 2, 3 fokozat két különbségi csatornát alkot. Az egyes diszkriminátorok I. csövén az előfeszültséget kétféleképen szabályozhatjuk /4. ábra/. Mindhárom diszkriminátor előfeszültségét egyszerre az R_1, R_2 ellenállásokkal lehet változtatni. Továbbá minden diszkriminátorhoz tartozik egy $R'R''$ osztólánc, ezzel lehet beállitani, hogy mekkora dV intervallumokban akarjuk a dN impulzusszám differenciákat meghatározni. Az intervallumok 0 - 5 V között szabályozhatók. Az $R'R''$ osztóláncok a stabilizátor cső sarkakra vannak kötve. Ez biztositja azt, hogy a közös feszültségszabályozásnál nem változik meg a dV érték.



R

4. ábra.
Kapcsolás az előfeszültség beállitására.

/Ez a kapcsolás akkor is jó, ha integrális spektrumot akarunk mérni. Itt sem előnyös, hogy az egyes diszkriminátorok a görbe más-más pontján mérjenek. /Lásd 5. ábra/.U.i. a részecske számlálásnál fellépő statisztikus hiba miatt mindig ugyanakkora beütésszámig kell számolni, a mérési idő fordítva arányos az eloszlásgörbe ordinátájával. Az 5. ábrán látható előfeszültség eloszlásnál a 3 mérési időtartama szabja meg a mérési időt az 1 és 2 pontokban álló kör feleslegesen sokáig mér. Ezért a három kör szimultán mérésnél ebben a megoldásban a görbének ugyanarra a szakaszára van beállitva /1.ábra,/ a három mérési pont egyszerre tolható el egy másik szakaszra./



5. ábra.

A 4 Schmitt-kör előfeszültségét egy-egy karakterisztika felvétele alatt állandó értéken tartjuk. Ezzel elérjük, hogy a mérés alatt állandó információnk van arra, hogy a vizsgált beütésszám nem változik-e meg. Ha a beütésszám változását az analizátor hibája okozza, akkor ez rögtön észrevehető. Ha tudjuk, hogy a változás oka külső tényező /pl. a multiplikert megvilágitó intenzitás megváltozása; a vizsgált radioaktiv preparátum rövid élettartama stb., tehát olyan ok, amely magára a spektrumra nincs befolyással/ akkor a negyedik diszriminátor beütésszáma segitségével a kapott eredményt normálni lehet.

/Megjegyezzük még, hogy diszkriminátorunk sémája eltér a szokásos formától. Amint erre az 1.§-ban utaltunk kétkét diszkriminátor után egy antikoincidencia fokozatot szokás

kapcsolni, ez a kivonást automatikusan elvégzi, ebből a fokozatból már csak dN számu jel jut tovább. Mi egy-egy impulzusszámlálót kapcsoltunk egy-egy diszkriminátor után, a kivonást a számláló leolvasása után végezzük el. Az antikoincidencia fokozat azért látszik előnyösnek, mert utána már kevés számu jelet kell megszámlálni, nincs szükség impulzuselosztóra. Tekintettel arra, hogy nekünk már van négy 1024-es leosztásu scalerünk, a kivonást nem automatizáltuk. Antikoincidencia - fokozat használata magát a mérést is igen lelassitaná nagy /20-30 μ sec/ holtideje miatt./

3./ ELLENŐRZŐ MÉRÉSEK.

Az amplitudóspektrum pontos és reprodukálható felvételéhez szükséges volt a berendezést ellenőrizni. Ellenőrző méréseket a diszkriminátorokon végeztünk.

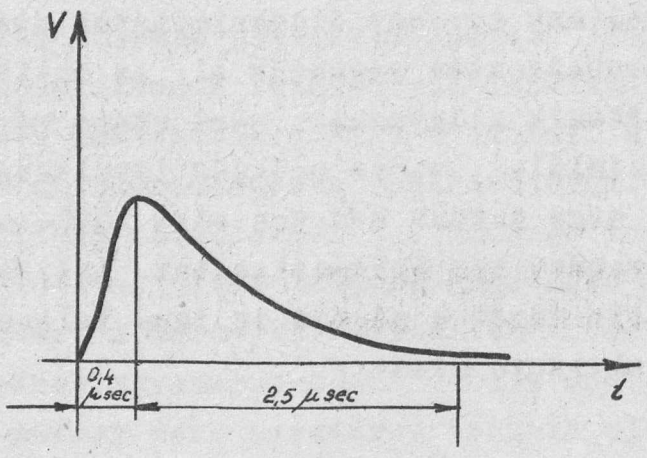
A./ A diszkriminációs pontosság.

Ha a kört állandó amplitudóju jelekkel triggereljük, akkor a küszöbfeszültség értéke alatt a kör nem billen át, az előfeszültséget növelve a kör megindul, de pontosan a küszöbértéknél még nem minden jelre. /Ennek okai integrálódási effektusok, a meghajtó jelek amplitudójának kis különbsége, az additiv bugófeszültség stb./. A küszöbfeszültséget meg kell még növelni egy kis értékkel, hogy a beugrás biztos legyen. Ezt a szükséges feszültségnövelést nevezzük a diszkriminációs pontosságnak /d.p./.

A d.p.-t egyrészt ugy mértük meg, hogy oszcilloszkópon megfigyeltük, mikor billen át a diszkriminátor minden jelre. Ennek eredménye:

a./ 0,5 μ sec-os impulzusgenerátor jel esetén /jelhomlok 0,1 μ sec/ a d.p. $\leq$ 0,2 Volt. A vizsgálatnál az impulzusok maximális ismétlődési frekvenciája 10 Kc volt.

b./ 0,4 μ sec-os homloku, kb. 2 μ sec időállandóju, exponenciálisan eső jel esetén /6. ábra/ a d.p. $\leq$ 0,1 V., egészen 200 Kc ismétlődési frekvenciáig.



6. ábra.
A diszkriminációs pontosság megállapitásához használt jel alakja.

Számunkra az utóbbi eset a fontos, mert hasonló alakuak a vizsgálandó statisztikus impulzusforrás /multiplier, prop.számláló/ jelei.

A mérést másrészt ugy is elvégeztük, hogy a Schmitt-kör jeleit impulzusleosztóra kapcsoltuk és figyeltük, hogy milyen feszültségváltoztatás szükséges ahhoz, hogy a scaler a teljes számlálásból /minden jelet megszámol/ a teljes hallgatásba /egy jelet sem számol meg/ menjen át. Igy a diszkriminációs pontosság az a./ pontban leirt jelek esetén is 0,1 V értékünek adódott. A mérést az egész 2 - 72 V-os diszkriminációs tartományban elvégeztük az U_g illetve V változtatásával. Ennél a mérésnél a d.p. $\leq$ 0,1 V jobb mint az oszcillografikus mérésnél (d.p. $\leq$ 0,2 V,) mert a scaler nem indul meg a küszöbfeszültség fölött megjelenő kis Schmitt-kör amplitudókra. U.i. a kör amplitudója a küszöbérték fölött 0,1 V-al rövid meghajtó jel esetén még függ ezek amplitudójától./ Ennek oka az, hogy a diszkriminátornak bizonyos időre van szüksége a bebillenéshez, a rövid jelek csucsának tartama összemérhető ezzel az idővel/. A Schmitt-kör után következő scaler még egy amplitudó diszkriminátort jelent. Mivel az analizátorban a diszkriminátor után ugyis impulzusleosztó következik, a diszkriminációs

pontosságot 0,1 V-nak fogadhatjuk el egészen 200 Kc ismétlődési frekvenciáig.

A [3] -ban leirt két lemezpáros oszcillográfos módszerrel győződtünk meg arról, hogy a kör biztosan beugrik-e a multiplier felerősitett jeleire. Ezt a vizsgálatot az egész 2 - 72 V-os tartományban elvégeztük és sehelsem tapasztaltuk, hogy a Schmitt-kör nem reagál a küszöbértéket elérő jelekre.

B./ Az egyenfeszültség stabilitása.

Feszültségkompenzációs módszerrel megmértük négy diszkriminátor U_k katódfeszültségét és U_g rácselőfeszültségét. Ezek az értékek a tápfeszültségek stabilitásától, továbbá a cső és a kapcsolási elemek öregedésétől függenek. A nagy negativ visszacsatolást jelentő közös katódellenállás biztositék az U_k állandóságára, mind csőöregedés,/emisszió-csökkenés/ mind ellenállás változás esetére.

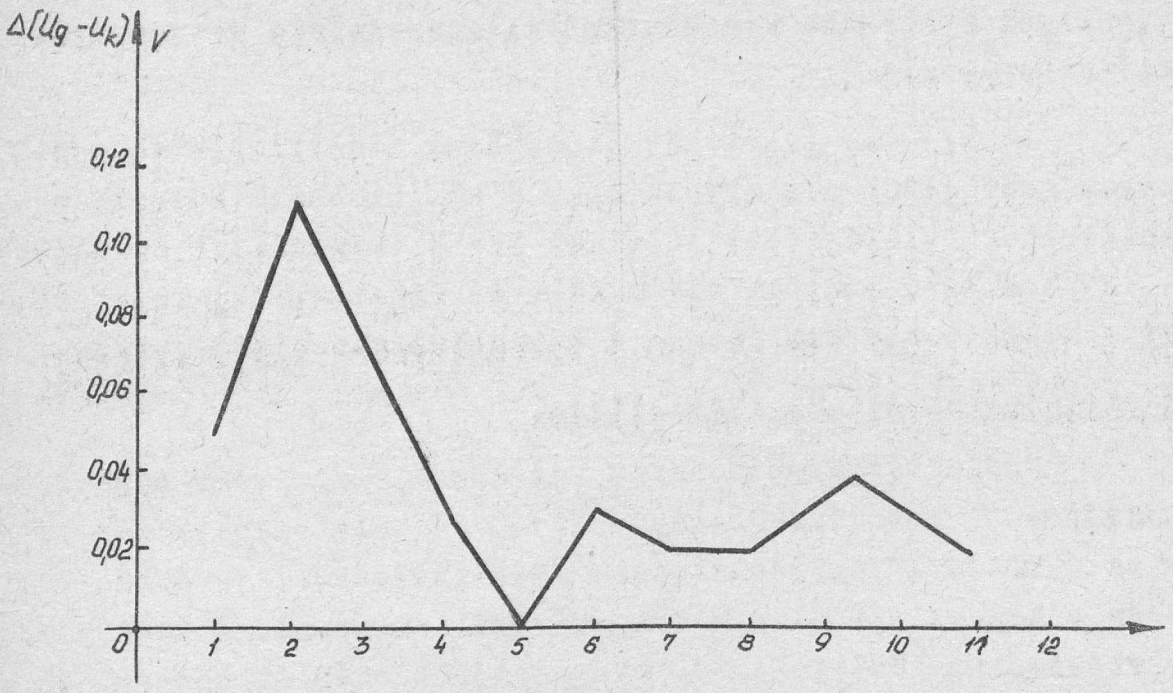
Megvizsgáltuk mennyire függ az U_k katódpotenciál a fütőfeszültségtől. A négy megvizsgált diszkriminátornál a legrosszabb érték

$$\frac{0{,}018\ V}{1\ \%\ \text{fütőfeszültség változás}}$$ volt.

Tehát 5% fütőfeszültség változásnál a katódpotenciál 0,1 V-al megváltozik. Ez a diszkriminációs pontosság értékével egyenlő. Ha az ingadozást csökkenteni akartuk, akkor a fütőfeszültséget stabilizálnunk kellett.

Megvizsgáltuk, mennyire változik meg időben a katód, illetve az I. cső rácsfeszültségének különbsége. A 7. ábrán látható 12 órai mérés eredménye a négy közül annál a Schmitt-környél, amelyik a legnagyobb ingadozást mutatta. A bekapcsolás után 4 órával az ingadozás ± 0,02 V volt.

A két adat (U_g és U_k akkor is ellenőrizhető ha az analizátor üzemben van, erre a célra szolgálnak a C és D kivezetések /4. ábra/.



R.

7. ábra.
A katódfeszültség és előfeszültség különbségének ingadozása 12 óra alatt.

Az (1) képletben szereplő nehézségek közül a I. cső lezáró feszültsége is megváltozhat. Ennek a valószinüsége igen kicsi, mivel a segédrács feszültsége stabil, különben ez az érték csak a cső geometriájával változik meg. A további hibalehetőséget kiküszöböli az is, hogy a fokozatokat müszer, illetőleg huzalellenállásokból épitettük.

4./ AZ ANALIZÁTOR BEÁLLITÁSA ÉS KALIBRÁLÁSA

A beállitás és kalibrálás a négy fokozatnál egyenáramu módszerekkel elvégezhető. A beállitás a következő: Az egyik /pl. 1 Schmitt-kör/ fokozat előfeszültségét addig változtatjuk, mig ez át nem billen. Ez az I. cső anódfeszültségét mérve megállapitható. A többi fokozat előfeszültségét ugyanarra az értékre állitva, az R ellenállás /lásd 3. ábra/ értékét addig állitjuk, mig ezek a fokozatok is átbillennek. Ezzel azonos U_k feszültséget állitottunk be. Mérés alatt a V_k inditófeszültség a képlet alapján számolható.

Az analizátorral tehát meg lehet állapitani egy amplitudó spektrum alakját, megfelelő pontossággal. A pontosságot az alak megállapitásánál csak az egyenfeszültségek pontos mérése, illetve a 0,1 V diszkriminációs pontosság szabja meg, továbbá a részecskeszámlálásnál mindig fellépő statisztikus hiba.

Ha az impulzusforrás lökéseinek amplitudó értékét akarjuk megkapni, figyelembe kell venni az erősitő erősitését is. Az utóbbi megállapitása kevésbbé pontosan végezhető el, mint a diszkriminátorfokozatok kalibrálása.

- - -

Köszönetet szeretnék mondani a berendezés megépitéséért osztályunk Elektronikus csoportja és Mechanikai műhelye dolgozóinak, továbbá az ellenőrzésnél végzett munkájáért Bárdos Lajosné elvtársnőnek.

I r o d a l o m:

1. Elmore - Sands: Electronics... /1949/

2. Boncs-Brujevics: Primenyenyije elektronich lamp...II.kiadás /1954/

3. Ádám - Varga: KFKI Közlemények, 2. 313, /1954/

- - -

Érkezett: 1954. december 28.

AZ ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: FARAGÓ PÉTER

Fázisérzékeny szelektiv /lock-in/ erősitő.

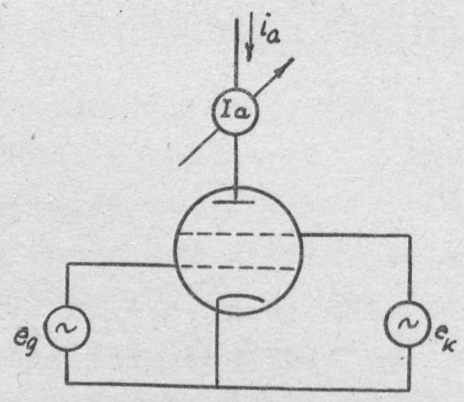
Irta: Gées Mária, Mertz János és Turi László

I. Bevezetés.

Az alábbiakban egy szuper elven működő, fázis érzékeny szelektiv erősitőt fogunk ismertetni. A kapcsolás elve [1] és kivitelezett formája [2] irodalomból ismeretes. Itt a kapcsolás részletes diszkusszziójával, az érzékenység és sávszélesség változtatás problémájával és a gyakorlati alkalmazásokkal fogunk foglalkozni. A kapcsolás ugyanis felhasználható még pl. keverő meredekség mérésre, teljesitmény mérésre és harmónikus analizisre. /Nem foglalkozunk az irodalomban ugyancsak lock-in néven ismeretes, multivibrátoros átkapcsolóval működő fázisérzékeny kapcsolással [3] ./

II. A kapcsolás elve.

Két azonos frekvenciáju jel multiplikativ keverése zérus frekvenciáju, azaz egyenáramu komponenst is ad, amely RC szürőkkel tetszőlegesen szürhető, azaz a sávszélesség egyszerü eszközökkel nagymértékben lecsökkenthető, függetlenül a kevert frekvenciák értékétől.



1. ábra.

Adjunk egy keverőcső vezérlő- és keverőrácsára e_g, illetve e_k azonos frekvenciáju, φ fáziskülönbségü feszültséget. Multiplikativ keverésnél az anódáram arányos a két rácsra adott feszültség szorzatával:

$$i_a \sim e_g e_k = e_{go}\cos(\omega t+\varphi)\, e_{ko}\cos\omega t - e_{go}e_{ko}\frac{1}{2}\left[\cos(2\omega t+\varphi)+\cos\varphi\right]$$

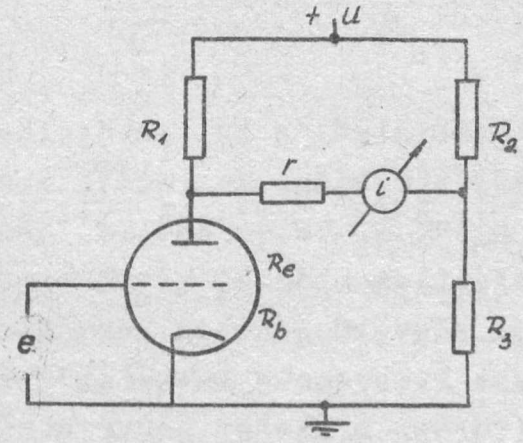
Az anódáram egyenáramu komponense $I_a \sim e_{go}\, e_{ko}\cos\varphi$, tehát arányos a két rácsra adott váltófeszültség amplitudójával és a köztük levő fázisszög koszinuszával.

A kapcsolás felhasználásainál a keverés részletesebb tárgyalása szükséges, ez a függelékben található.

III. Hidas kompenzálás.

Az indikálandó, adott frekvenciáju jel az anódáram egyenáramu komponenseként jelentkezik, azaz a nyugalmi anódáram megváltozásaként észlelhető. Ennek kimutatására célszerü kompenzálást alkalmazni. Legalkalmasabb a hidas kompenzálás; ennek két tipusát: az ellenállás lánccal és az elektroncsővel történő kompenzálás esetét tárgyaljuk, érzékenység és stabilitás szempontjából. /Az alábbi megfontolásoknál eltekintünk a keveréstől, ez az eredményeken csak annyit változtat, hogy a normális meredekség helyett a keverő meredekséggel kell számolni./

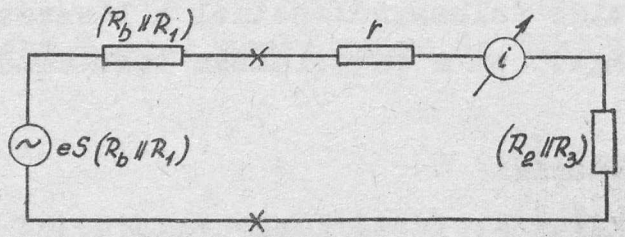
1./ Ellenállás kompenzálás. - A hid kapcsolása a 2. ábrán látható. Es a hid egyenáramu szempontból ki van egyen-



2. ábra.

litve: $R_1R_3 = R_2R_e$, ahol R_e az elektroncső egyenáramu ellenállása /a cső anódfeszültsége osztva az anód egyenárammal/. Általában azonban a hid váltóáramu szempontból már nincsen kiegyenlitve, ekkor az elektroncső váltóáramu ellenállásával /R_b/ kell

számolni. Ez az eset akkor is, ha az $\underline{U}$ anódfeszültség megváltozik $\Delta\underline{U}$ értékkel. Ez nem kívánatos áramot hoz létre az indikátor ágban. Erre nézve lesz jellemző a stabilitási érzékenység.



3. ábra.

Előbb azonban vizsgáljuk meg a hid normális érzékenységét. A hid érzékenysége alatt értjük, hogy egységnyi bemenő feszültség megváltozásra /e/ hány milliamper áramot kapunk az indikátor ágban /i/, ha a hid egyébként ki volt egyenlitve. Erre nézve a 2. ábrán látható elektroncső az R_1 ellenállással együtt ugy tekinthető, mint egy közönséges erősitő. Érvényes tehát a 3. ábrán látható helyettesitő kapcsolás. Ennek alapján az érzékenység felirható:

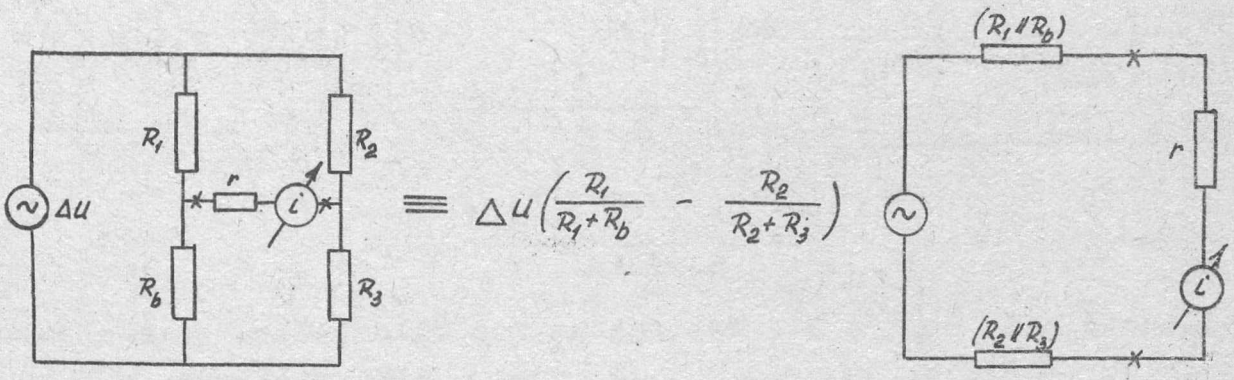
$$E = \frac{i}{e} = S\,\frac{(R_b \parallel R_1)}{(R_b \parallel R_1) + r + (R_2 \parallel R_3)}$$

ahol $(R_b \parallel R_1)$ stb. jelölés alatt a két zárójelben levő ellenállás parallel eredőjét értjük. Maximális érzékenységet kapunk, $r = 0$ és $(R_2 \parallel R_3) \ll (R_b \parallel R_1)$ esetén, amikor $E_{max} \approx S$. Tehát a maximális elméletileg elérhető érzékenység az alkalmazott cső meredeksége. /Keverés esetén természetesen a keverőmeredekség. Két azonos frekvencia keverése esetén a számláló a kapott egyenáramu kitérés, a nevező pedig a rácsra adott váltófeszültség csucsértéke./

Definiálhatjuk a relativ érzékenységet is /p/ :

$$p = \frac{E}{E_{max}} = \frac{E}{S} = \frac{(R_b \parallel R_1)}{(R_b \parallel R_1) + r + (R_2 \parallel R_3)}$$

Másodsorban vizsgáljuk meg a híd stabilitását. Ehhez szintén definiálunk egy "stabilitási érzékenységet". A híd stabilitási érzékenységét megkapjuk, ha megnézzük, hogy a tápláló anódfeszültség egységnyi megváltozása mekkora áramot ad



$$\equiv \Delta U\left(\frac{R_1}{R_1+R_b} - \frac{R_2}{R_2+R_3}\right)$$

4. ábra.

az indikátor ágban. A ΔU anódfeszültség változásra a 4. ábrán látható kapcsolás érvényes. Az ábra alapján felirható a stabilitási érzékenység:

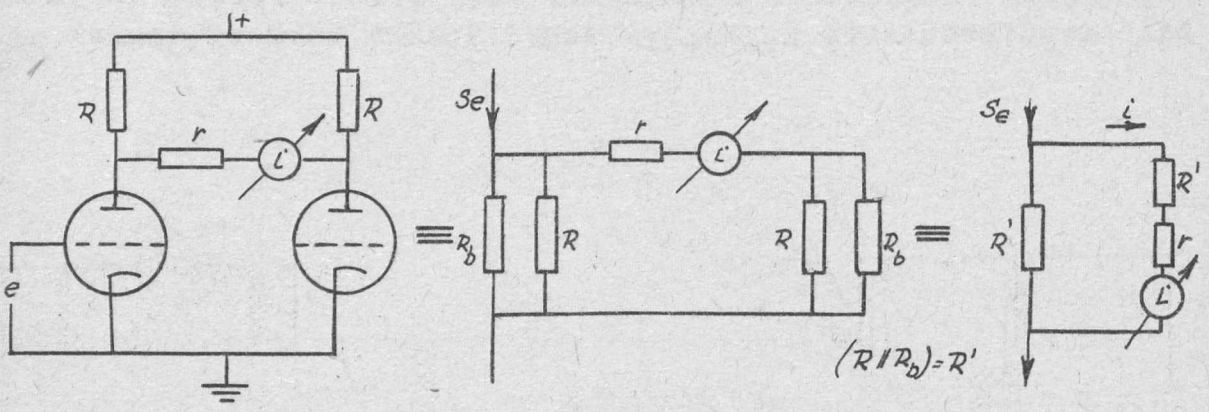
$$S=\frac{i}{\Delta U}=\frac{\frac{R_1}{R_1+R_b}-\frac{R_2}{R_2+R_3}}{(R_1\parallel R_b)+r+(R_2\parallel R_3)}\cdot p\left(\frac{1}{R_b}-\frac{1}{R_3}\,\frac{(R_2\parallel R_3)}{(R_b\parallel R_1)}\right)$$

Látható, hogy a stabilitás véges értékü és a relativ érzékenység /p/ növekedésével romlik.

2./ Elektroncsöves kompenzálás. - Kapcsolása az 5. ábrán látható, ahonnan felirható a híd érzékenysége:

$$E=\frac{i}{e}=S\frac{R'}{2R'+r}=S\frac{1}{2+\frac{r}{R}}=\frac{S}{2+k},$$

ahol bevezettük a $k=\frac{r}{R'}$ jelölést. Az érzékenység maximum a a $k=r=0$ esetben van, mikor $E_{max}=\frac{S}{2}$; fele az ellenállás kompenzálásnál kapott maximális érzékenységnek. /Ennek oka, mint



5. ábra.

látható, az, hogy a hid két ága azonos ellenállásu és nem tehetjük az előbbi $(R_2 \parallel R_3) \ll (R_b \parallel R_1)$ elhanyagolást. /

A relativ érzékenység: $p = \frac{E}{E_{max}} = \frac{E}{S/2} = \frac{2}{2+k}$

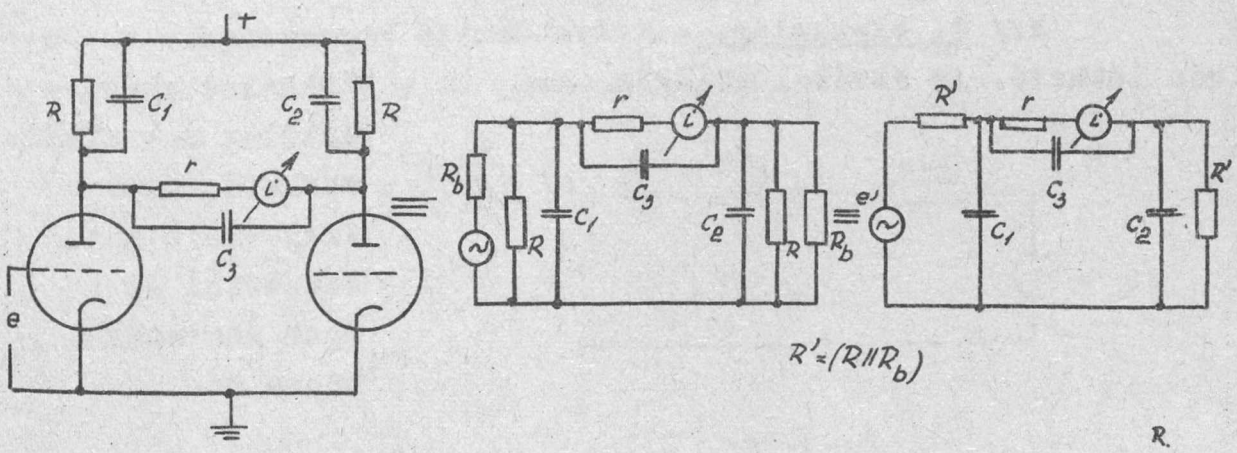
A hid stabilitási érzékenysége s = 0, mivel most a hid váltóáramu szempontból is ki van egyenlítve.

Összefoglalva: stabilitás szempontjából az elektroncsővel kompenzált hid optimális, ezzel szemben az elérhető maximális érzékenység az ellenállással kompenzáltnak csak a fele.

IV. Sávszélesség szabályozása.

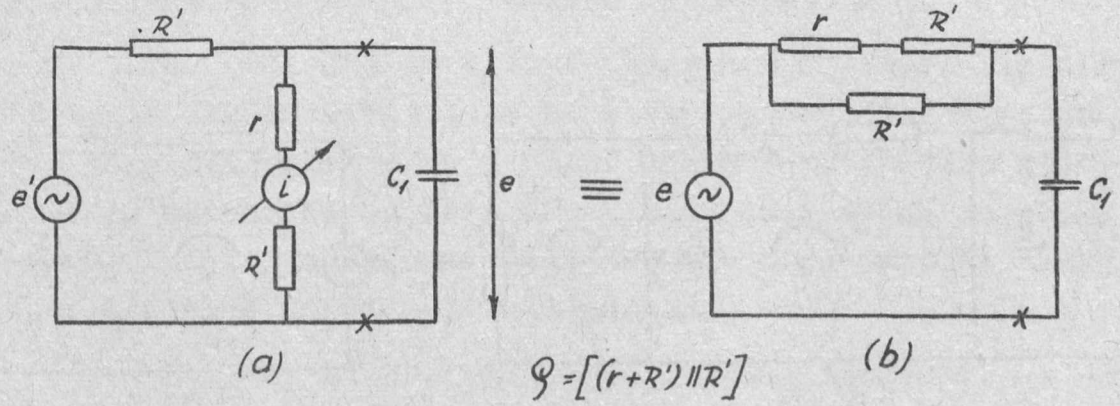
Az adott frekvenciáju indikálandó jelet, mint előbb mondottuk, az anódáram változásaként kapjuk meg; ezt az egyenáramot kell a következőkben szüréssel a váltakozó komponensektől elválasztani. A sávszélesség szempontjából azt kell megvizsgálni, hogy mi történik akkor, ha a bejövő jel frekvenciája eltér a keverő rácsra adott jelétől. Ebben az esetben az indikátor ágban az egyen komponens helyett a különbségi frekvenciának megfelelő $\Delta\nu$ frekvenciát kapunk. A berendezés sávszélességét tehát alul-vágó szürővel tetszőlegesen tudjuk szükiteni. Gyakorlatban a szürést a hid megfelelő pontjainak blokkolásával ér-

hetjük el. Ez elvileg három ponton történhet: a két anód-munkaellenállás mentén és a műszerrel parallel /6. ábra/. Nézzük meg ezeknek a kapcsolásoknak sávszélességét, előnyét és hátrányát, a csővel kompenzált híd esetén.



6. ábra.

1./ C_1 blokkolás. - A helyettesitő ábra a 7.a/ ábrán látható. Keressük azt a frekvenciát, ahol az i áram $\sqrt{2}$ -ére esik. Mivel az i áram arányos a C_1 kapacitás sarkain levő feszültséggel, a probléma azonos azzal, hogy hol esik az e



7. ábra.

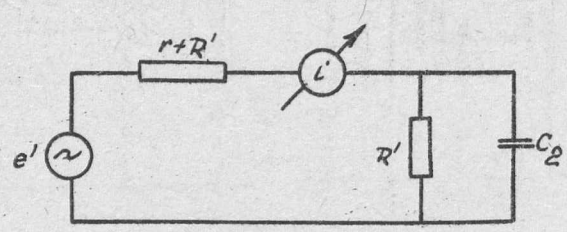
feszültség $\sqrt{2}$-ére. Egy soros RC körnél ez akkor következik be, ha a kapacitiv reaktancia egyenlő az ohmos ellenállással ($\varrho = 1/\omega_f C$) . Innen a felső frekvenciahatár az időkonstanssal kifejezve $\omega_f = \frac{1}{\tau}$; ahol ϱ a soros ohmos ellenállás és

τ a rendszer időállandója.

A 7.b. ábra helyettesitő kapcsolása alapján:

$$\varrho = \frac{R'(R'+r)}{2R'+r} = R' \cdot \frac{1+k}{2+k}$$

2./ C_2 blokkolás. - Helyettesitő kapcsolása a 8. ábrán látható. Az ábrából világos, hogy ez a blokkolás gyakorlatilag nem alkalmazható, mert a frekvencia növekedésével az i áram nem csökken, hanem nő.

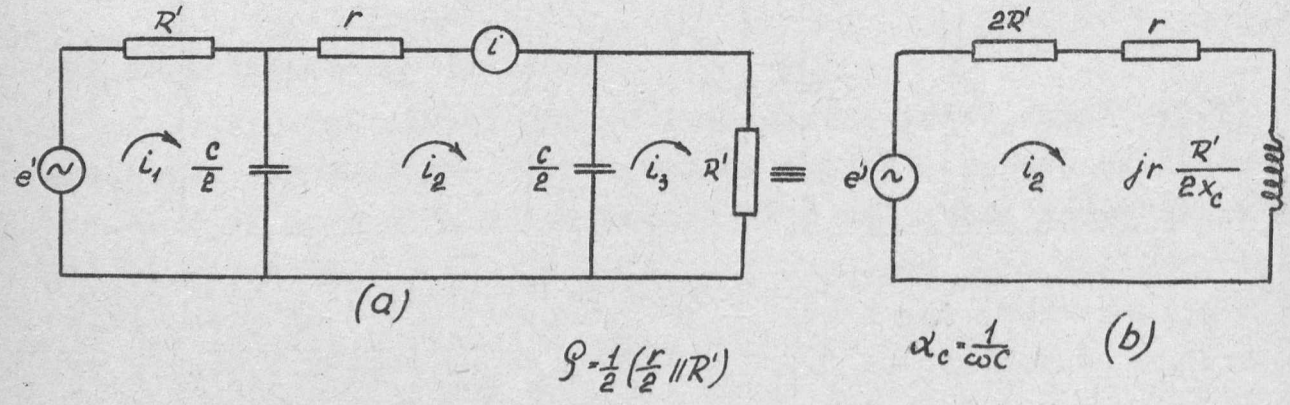


8. ábra.

3./ $C_1 + C_2$ blokkolás /9. ábra./. - Az ábrán látható hálózatra felirva a Kirchhoff-egyenleteket megoldásként kapjuk:

$$e' = i_2\left(2R'+r+jr\frac{R'}{2x_c}\right) \quad , \text{ahol } x_c = \frac{1}{\omega C}$$

amiből a 9.b. ábrán látható helyettesitő kapcsolás adódik.



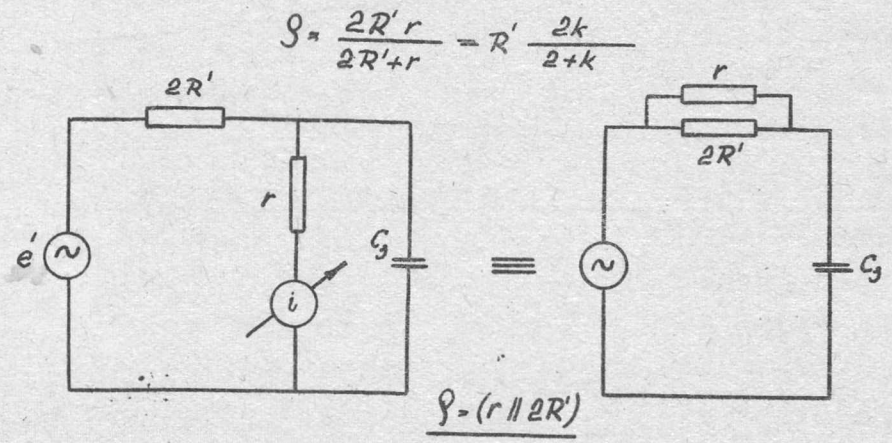
9. ábra.

Ennek alapján számolható a rendszer időkonstansa $\tau = C\frac{1}{2}(R' \parallel \frac{r}{2})$.

Az időkonstansban szereplő ellenállás pedig

$$\varrho = \frac{1}{2}\,\frac{R'+r/2}{R'+r/2} = R'\,\frac{1}{2}\,\frac{k}{2+k}$$

4./ C_3 blokkolás /1o. ábra/. - Az ábrából leolvasható, hogy az időkonstansban szereplő ellenállás:



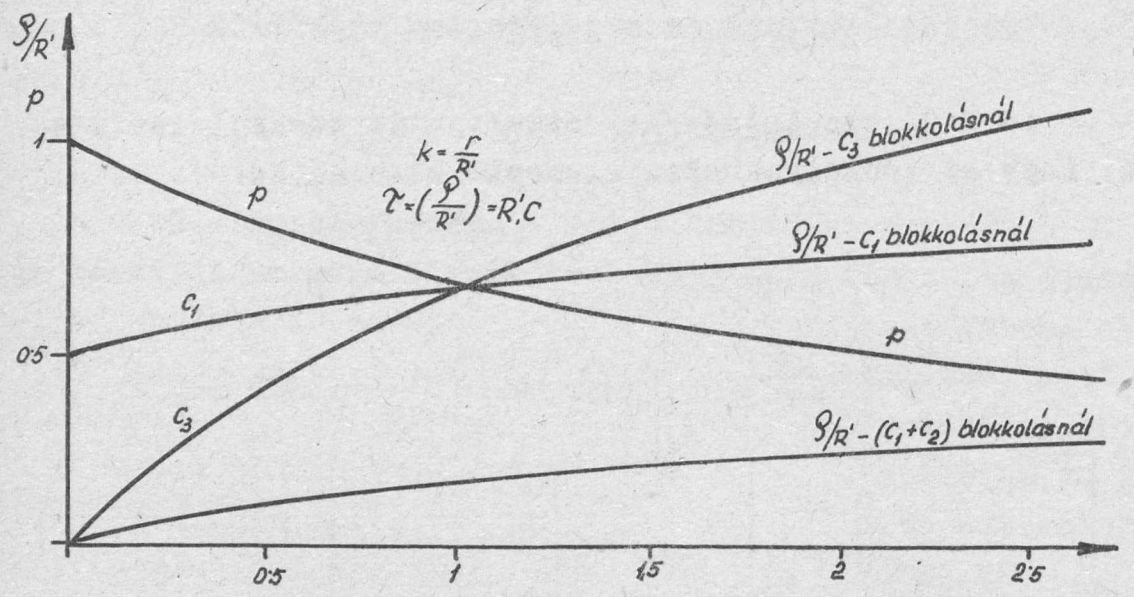
1o. ábra.

Ábrázoljuk eredményeink alapján $\frac{\varrho}{R'}$ -t k függvényében /11. ábra/. A görbék menetéből közvetlenül látszik az egyes blokkolások előnye, illetve hátránya.

A C_1 blokkolás előnye, hogy k = 0 esetben, tehát maximális érzékenységnél is hatásos; gyakorlati hátránya azonban, hogy bekapcsoláskor a blokk lassu feltöltődése miatt az indikáló müszer feszültséglökést kap; ezen kivül az elektrolit kondenzátor bizonytalan átvezetése a híd egyensulyi állapotát felbillentheti /nullapont elmászása/.

$C_1 + C_2$ blokkolásnál az előbb emlitett hiba kisebb mértékben jelentkezik. Ennek a blokkolásnak gyakorlatilag az a hátránya, hogy mint az ábrán látható, azonos időkonstans eléréséhez a legnagyobb kapacitásra van szükség.

C_3 blokkolás a legelőnyösebb, mert az első esetben emlitett hiba egyáltalán nem jelentkezik és aránylag kis érzé-



11. ábra.

kenység csökkenés árán jó és hatásos blokkolás érhető el vele. Itt a sávszélesség szabályozása adott érzékenység /r/ mellett a kapacitások változtatásával lehetséges.

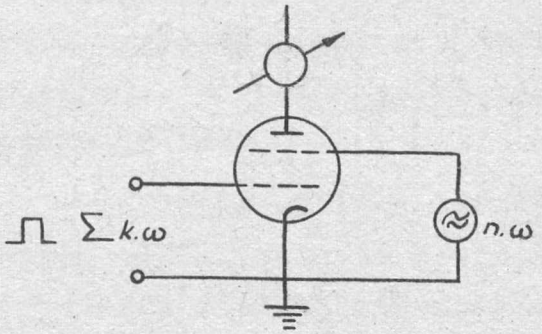
V. Felhasználás.

Ezen elvnek számos felhasználási lehetősége van, e - zek közül csak néhányat említünk meg.

1./ Keverőmeredekség mérés. - A kétcsöves kompenzálási módszerrel egyszerű, direkt mutató keverő meredekség mérő berendezés készíthető: mindkét rácsra azonos fázisu hangfrekvenciás jelet adva /pl. 5o Hz/ a cos φ kiesik; konstans vezérlőrács- és keverőrácsfeszültség esetén a müszer direkt keverőmeredekségre skálásható. /Ugyanez a berendezés természetesen normális meredekség-mérésre is használható./ Egyetlen hátránya, hogy a méréshez két azonos tipusu cső kell.

2./ Watt-mérő. - Ez az elv teljesitménymérésre szintén használható, mert az indikáló müszer kitérése, mint láttuk, arányos a két rácsra adott feszültség és a köztük lévő fázisszög koszinuszának szorzatával. [4]

3./ Harmónikus analizátor. - Az elv felhasználásával készithetünk torz jelek vizsgálatára alkalmas harmónikus analizátort is, ha a keverő feszültséget a függelékben található módon ugy állitjuk be, hogy a meredekség-idő függvénynek csak alpharmonikusa legyen. A mérés ugy történik, hogy a vezérlő rácsra /12. ábra/ adjuk a torz jelet, a keverő rácsra pedig hanggenerátorból adunk a jel alap- illetve felharmonikusainak megfelelő frekvenciáju feszültséget. Konstans keverő feszültség esetén a kitérés a megfelelő harmónikus amplitudójával arányos. Mivel a két rácsra adott feszültség frekvenciája, illetve fázisa nem tökéletesen azonos, a müszer lassu lengése jelzi a mérendő jelet. A maximális kilengés $\cos\varphi = 1$ esetén van. A maximális kitérés arányos a felharmónikus amplitudójával. Fontos, hogy a lengés frekvenciája jóval lassubb legyen, mint a rendszer sávszélessége. Hátránya, hogy kis torzitások nehezen mérhetők vele.

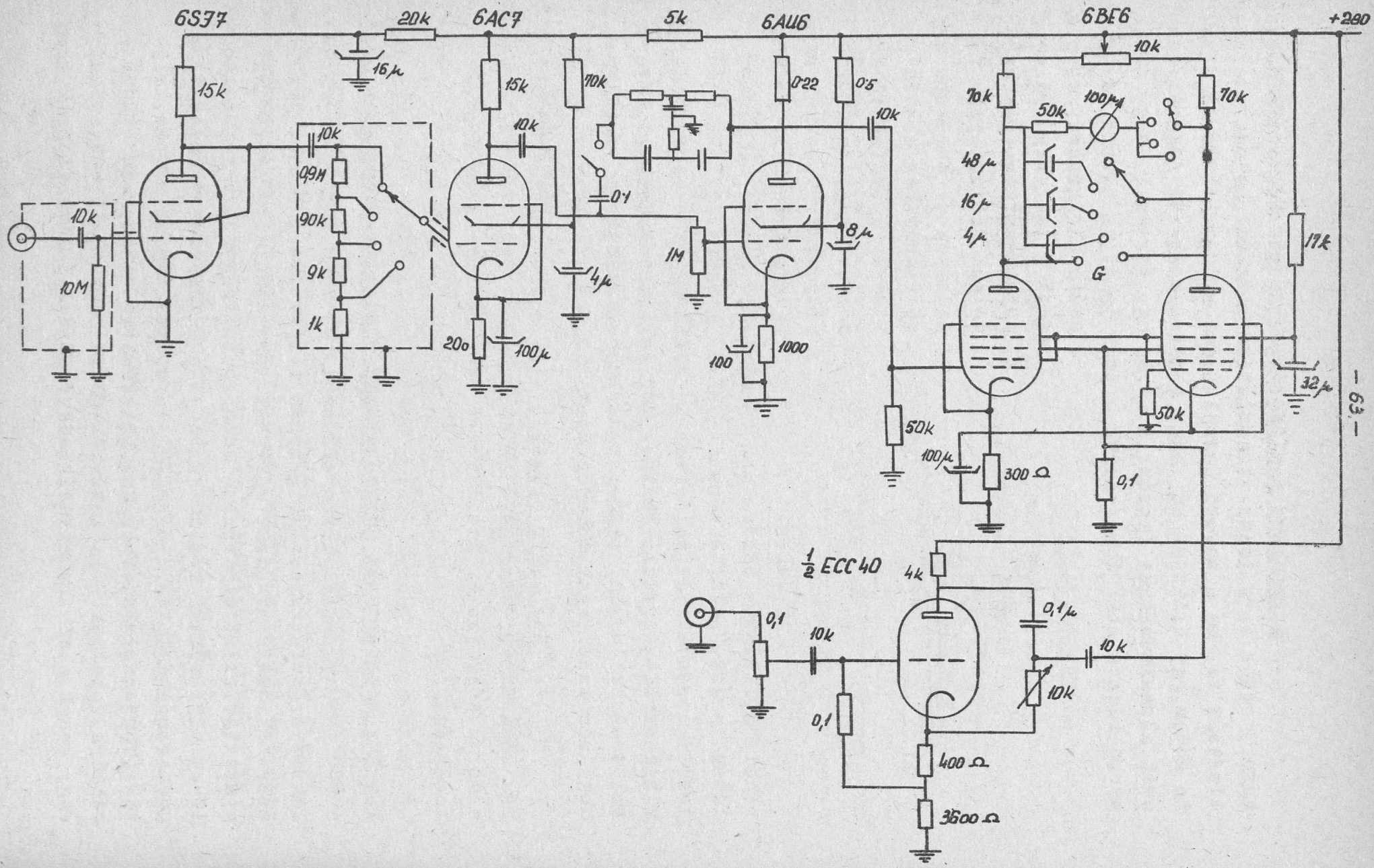


12. ábra.

4./ Szelektiv erősitő. - Az eddig elmondottak alapján kézenfekvő, hogy ezen az elven igen szük sávu szelektiv erősitő készithető. Ezzel a VI. részben fogunk részletesebben foglalkozni.

VI. Egy kivitelezett fázisérzékeny szelektiv erősitő. -

Egy osztályunkon elkészült és igen jól bevált szelektiv erősitő kapcsolási rajzát a 13. ábra mutatja. A müszert állóhullámviszony méréshez terveztük, igy ennek igényeit tartottuk elsősorban szem előtt. Nagyfrekvenciát 1300 Hz-es négyszöggel modulálva az állóhullámviszony mérésnél egyenirányitás után a burkoló négyszöget kapjuk vissza, helytől függő amplitudóval. Ezt felerősitve a "lock-in" vezérlő rácsára vezetjük, mig keverő rácsára a moduláló négyszöget, vagy ennek alapharmónikusát adjuk. Mivel a sávszélesség igen


6SJ7
20k
6AC7
5k
6AU6
6BE6
+280
15k
16μ
15k
70k
0·22
0·5
10k
70k
50k
100μ
70k
10k
10k
0·9M
90k
9k
1k
0·1
48μ
16μ
4μ
G
10k
10M
4μ
1M
8μ
17k
200
100μ
100
1000
32μ
50k
50k
100μ
300 Ω
0,1
½ ECC40
4k
0,1μ
0,1
10k
10k
10k
0,1
400 Ω
3600 Ω

kicsire választható, egyenirányitás után nagy erősités alkalmazható, igy igen kis jelek mérése lehetséges, mert a zaj a kis sávszélesség miatt gyakorlatilag kiesik.

A müszer első része háromfokozatu hangfrekvenciás erősitő 110 dB erősitéssel. Az első cső után dekádos osztó van, ami lehetővé teszi még nagyságrendekkel különböző feszültségek viszonyainak meghatározását is. A jel/zaj viszony növelésére az erősitő beépitett kettős T segitségével 1300 Hz-re lehangolható. Ez azért szükséges, hogy a nagy zaj a "lock-in"-t ne vezérelje tul.

A "lock-in" rész két 6BE6-os csővel müködik. A sávszélesség szabályozására a C_3-as blokkolást választottuk. Ez természetesen érzékenység csökkenés nélkül nem érhető el. Az indikátor ágba tett 50 KOhmos ellenállással lecsökkentve az érzékenységet az elérhető maximális értéknek 0,75 -szörösére a sávszélesség igy már tetszőlegesen beállitható. Különböző értékü blokkokat kapcsolva a két anód közé 7; 1;7 vagy 0,56 Hz-es sávszélesség állitható, érzékenység változás nélkül.

A maximális érzékenység elektroncsöves kompenzálásnál független az anód munkaellenállástól és csak a keverő meredekségtől függ. Ezért a cső beállitásánál a feszültségeket ugy kell beállitani, hogy S_k minél nagyobb legyen. Másrészt a keverőrács előfeszültségét kell az $S_1 = S_1(E_{g3})$ görbe lineáris szakaszának közepére állitani. /Lásd Függelék 14.b. ábra./ A keverőrácsra jutó feszültség fázisának optimális beállitására külön fázisforgató cső szolgál.

A számitások ellenőrzésére a "lock-in"-en méréseket végeztünk. Felvettük az $S_1 = S_1(E_{g3})$ görbét /lásd Függelék/, ebből meghatároztuk a keverő meredekséget $e_{ko} = 2$ Volt keverő rácsra adott váltóamplitudó mellett. Az igy kapott keverőmeredekség $S_k = 0,20$ mA/V.

Mérési adatok.

a./ Érzékenység. $e_g = 0,1\ V_{eff}$; $e_{ko} = 2\ V_{csucs}$; és $r = 0$ mellett

$$I_a = 13,8\ \mu A$$

ahonnan:

$$E_{max} = \frac{13,8.10^{-3}}{0,1.\sqrt{2}} = 0,0975 \text{ mA/V}$$

A III/2 pont szerint elektronesöves kompenzálásnál az érzékenység a fele a keverőmeredekségnek, $E = S_k/2$. Az ebből számitott keverőmeredekség $S_k = 0,195$ mA/V, ami jó egyezésben van a pontosnak elfogadható 0,2o mA/V-os értékkel.

b./ Relativ érzékenység. A III/2 pont szerint az indikáló árammérővel sorbakapcsolt ellenállás az érzékenységet lecsökkenti. A I. táblázat r = 5o és 1o5 KOhmos ellenállás esetén mutatja az érzékenységcsökkenést összehasonlitva a számolt értékkel.

	r = 0 k = 0	r = 5o KOhm k = 0,666	r = 1o5 KOhm k = 1,4
$E_{mért}$	0,0975	0,0736	0,0586
$p_{mért}$	1	0,755	0,6o2
$p=\frac{2}{2+k}$	1	0,752	0,588

$$k = \frac{r}{R'}, \qquad R' = 75 \text{ KOhm}$$

a./ Időkonstans. Mérésünk elve azon alapszik, hogy az indikáló müszert végkitérésbe hozva, valamilyen bemenő feszültséggel, ennek lekapcsolása után az indikáló milliampermérő a rendszer időkonstansától függő sebességgel fog alapállásába visszatérni. Az az idő, mely alatt a müszeren átfolyó áram e-ed részre csökken, adja az időkonstanst. Könnyen belátható, hogy az igy meghatározott időkonstans a IV. pontban kiszámitott értékkel megegyezik. Méréseinket stopperórával végeztük 5-1o másodperces időkonstanst beállitva. Eredményeink általában kb. 2o %-al nagyobbak a számitottnál, aminek oka valószinüleg a mérés pontatlanságának tulajdonitható.

d./ Harmonikus analizis. A 6BB6 vezérlőrácsára 1oo Hz-es szimmetrikus négyszögjelet, keverőrácsára pedig hanggenerátorból 1oo Hz, illetve ennek felharmónikusait adva, a II. táblázatban látható müszer kitéréseket kaptuk. Összehasonlításképpen közöljük egy ideális négyszögjel Fourier-analizissel meghatározott amplitudóit. A páros felharmónikusokra kitérést nem kaptunk.

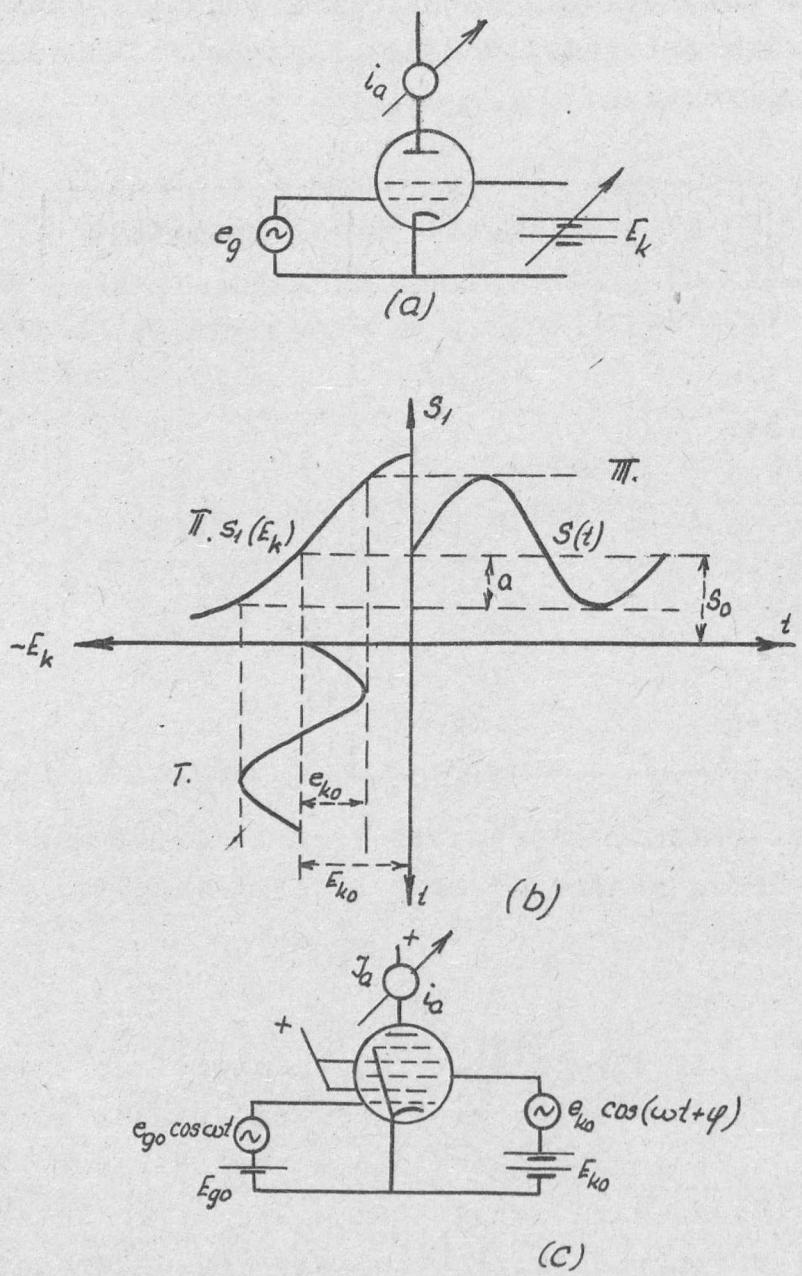
ν Hz	Mért	Számított
1oo	28,o	28,o
3oo	9,2	9,33
5oo	5,7	5,6
7oo	4,2	4,o
9oo	3,54	3,12
11oo	2,54	2,54
13oo	2,2	2,15
15oo	-	1,86
17oo	1,54	1,65

Ezuton mondunk köszönetet Farkai József müszerész kartársnak a müszer gondos és szép kivitelezéséért.

Függelék.

Multiplikativ keverés. - Mint ismeretes, a multiplikativ keverés azon alapszik, hogy a keverő rácsra adott váltófeszültség a cső meredekségét időben periódikusan változtatja. Ennek vizsgálatára vegyük fel a 14. ábrán látható kapcsolás szerint a vezérlő rácsra vonatkozó meredekséget /S_1/, mint a keverő rács potenciáljának /E_k/ függvényét. /14. b/ábra/ Ezután az ábrán kijelölve a keverő rácsra adott előfeszültséget /E_{ko}/ és váltófeszültséget /e_{ko}/ megszerkeszthetjük a meredekséget, mint az idő függvényét. /14.b. ábra III. rész/ Ez periódikus lévén Fourier-sorba bontható; alapharmonikus egyenlő a vezérlő rácsra adott jel frekvenciájával és

általában magasabb harmonikusokat is tartalmaz. Ezek a magasabb harmonikusok a watt-mérésnél és harmonikus analizisnél nem kívánatosak, ezért további tárgyalásaink során szoritkoz-



14. ábra.

zunk arra az esetre, amikor S/t/-nek csak alapharmonikusa van. Ez megfelel a 14.b. ábra szerinti beállitásnak, mikor az előfeszültséggel az S_1 meredekség görbe lineáris szakaszának közepére állunk és a keverő rácsra adott váltófeszültséggel nem lépjük tul az egyenes szakaszt. Ebben az esetben a keverő vál-

tófeszültség $e_k = e_{ko} \cos(\omega t + \varphi)$ és az S/t/ alapharmonikusa között fázis-eltolás nincs. $S/t/ = S_o + a \cos(\omega t + \varphi)$. Az első rácsra adott feszültség $e_g = e_{go} \cos \omega t$. Az anódáram $i_a = S/t/.e_g = e_{go}\left[S_o \cos \omega t + \frac{a}{2} \cos 2(\omega t + \varphi) + \frac{a}{2} \cos\varphi\right]$. Az egyenáramu komponens $I_a = e_{go} \frac{a}{2} \cos\varphi = e_{go} S_k \cos\varphi$, ahol a keverő meredekség $S_k = a/2$. Mivel lineáris karakterisztika esetén a arányos e_{ko} -val, irhatjuk, hogy $a = m.e_{ko}$, ahol m az S_1 meredekség függvény iránytangense. Tehát $I_a = e_{go}\, e_{ko} \frac{m}{2} \cos\varphi$. Ez az összefüggés természetesen azonos a II. alattival, az arányossági tényező éppen $\frac{m}{2}$.

I r o d a l o m :

1. Dicke: Rev. Sci. Instr. 17, 268, 1946.
2. Packard: Rev. Sci. Instr. 19, 435, 1948.
3. Chance: Waveforms MIT 19, Chap. 14.
4. Magyari: Elektronikus mérőkészülékek a hiradástechnikában. Nehézipari Könyvkiadó 1953.

- - -

Érkezett: 1955. január 18.

AZ ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: FARAGÓ PÉTER

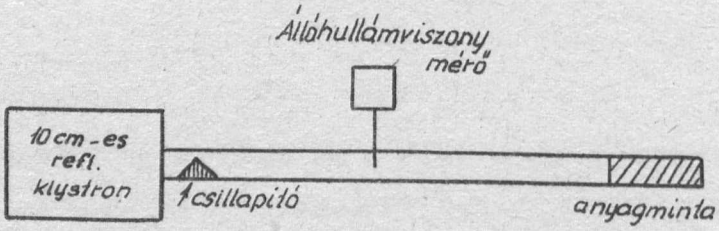
Dielektromos állandó és veszteségi szög mérés 10 cm-es hullámhosszon.

Irta: Turi László

Kidolgoztunk egy 10 cm hullámhosszon működő dielektromos állandó és veszteségi szög mérő berendezést, mely szilárd anyagok és folyadékok mérésére alkalmas.

Mint ismeretes, dielektromos állandó és veszteségi szög mérésére meglehetősen sok módszert dolgoztak ki, aminek oka nyilvánvalóan a mikrohullámu technikában megnövekedett különlegesen jóminőségü szigetelőanyag szükséglettel függ össze. Ezenkivül mikrohullámok és anyag kölcsönhatásának vizsgálatára szintén kiterjedt vizsgálatok folynak, ami lényegében dielektromos állandó és veszteségi szög mérését teszi szükségessé különböző paraméterek mellett.

A módszerek három fő csoportba oszthatók, szabadtéri, üreges és hullámvezető illetve koaxiális kábelben történő mérés. Szabadtéri mérést 10 cm-es hullámhosszon a meglehetősen nagy méretek miatt nem alkalmaznak, ezt inkább a 3 cm-es és ez alatti hullámhosszon használják. Az üreges és hullámvezetőbeli mérés egyaránt elterjedt. Mi ez utóbbi mérést dolgoztuk ki, Roberts és von Hippel nyomán. A berendezés vázlatos rajza az 1. ábrán látható.



1. ábra.

Energia forrásul 10 cm hullámhosszon működő külső üreges klisztron szolgál. Megfelelő csillapitóval a hullámvezető és energiaforrás egymástól elválasztható, vagyis nem lesz visszahatás a generátorra. Ezután állóhullám viszony mérő, majd végén rövidrezárt tápvonaldarab következik, melybe a vizsgált anyagot helyezzük el.

A mérés kiértékelése kissé bonyolult, előnye viszont, hogy teljesen pontosan, minden elhanyagolás nélkül is kiszámithatók az anyag állandói. A legtöbb módszer ugyanis a dielektromos állandó kiszámitásánál a veszteséget elhanyagolja, ami nagyobb veszteségü anyagok /pl. poláris folyadékok/ vizsgálatánál hibát okoz.

A számitás három lényeges lépésből áll.

1./ A dielektrikummal töltött rész normalizált bemenő impedanciájának megállapitása.

2./ A dielektrikummal töltött hullámvezető terjedési együtthatójának meghatározása.

3./ A dielektromos állandó és veszteségi szög megállapitása.

1./ A dielektrikum generátor felőli oldalának bemenő impedanciáját az állóhullámviszony és az üres csőhöz viszonyitott minimum hely eltolódásból számitjuk. Ehhez a jólismert Smith diagramm használható.

2./ A terjedési együttható meghatározására irjuk fel egy veszteséges rövidrezárt d hosszuságu hullámvezető bemenő impedanciáját:

$$Z_s = Z_0 \, th \, \tilde{\gamma}_g d$$

ahol Z_0 a dielektrikummal töltött hullámvezető karakterisztikus impedanciája, $\tilde{\gamma}_g$ pedig a terjedési együtthatója. Végigosztva ezt az üres hullámvezető karakterisztikus impedanciájával:

$$\frac{Z_s}{Z_{00}} = \frac{Z_0}{Z_{00}} \, th \, \tilde{\gamma}_g d$$

$\frac{Z_0}{Z_{00}}$ kiszámitásánál figyelembe vesszük, hogy TE mód esetén

$$Z_0 = \frac{j\omega\mu}{\gamma_g}$$

üres hullámvezetőben

$$Z_{00} = \frac{j\omega\mu_0}{j\beta_0}$$

Mivel nem ferromágneses anyagokat vizsgálunk $\mu = \mu_0$. Tehát

$$\frac{Z_0}{Z_{00}} = \frac{j\beta_0}{\gamma_g}$$

Beirva az előbbi egyenletbe és átrendezve

$$\frac{1}{j\beta_0 d}\ \frac{Z_s}{Z_{00}} = \frac{th\,\gamma_g d}{\gamma_g d}$$

Az egyenlet baloldalán minden ismert. $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda_{g0}}$ az üres hullámvezető fázis állandója, d a dielektrikum vastagsága, Z_s/Z_{oo} a minimumhely eltolódásból és az állóhullámviszonyból a Smith diagramm segitségével meghatározható, tehát az egyenlet megoldható $\gamma_g d$ -re. γ_g komplex volta miatt a feladat nem egyszerü, bár elvileg semmi nehézséget nem okoz.

3./ γ_g ismeretében ε és tgδ meghatározása következik. Veszteségmentes esetben az

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}$$

egyenlet más alakba irva a fázisállandókra ad összefüggést.

$$\left(j\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 = \left(j\frac{2\pi}{\lambda_g}\right)^2 - \left(\frac{2\pi}{\lambda_c}\right)^2$$

Általánosságban

$$\gamma^2 = \gamma_g^2 - \beta_c^2$$

ahol

$\beta_c = \frac{2\pi}{\lambda_c}$; $\gamma_g = \alpha + j\beta$; λ_c a hullámvezető határhullámhossza

γ a dielektrikumban terjedő TEM hullám terjedési együtthatója. $\gamma = j\omega\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0'}\ \sqrt{\varepsilon} = j\beta_0\sqrt{\varepsilon'}$

ahol μ_0, ε_0 a vákuum permeabilitása ill. dielektromos állandója, $\varepsilon' = \varepsilon\ (1 - j\ \mathrm{tg}\,\delta)$ komplex dielektromos állandó, $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ a levegőben terjedő TEM hullám fázis állandója.

$$-\beta_0^2 \varepsilon (1 - j\,\mathrm{tg}\,\delta) = (\alpha + j\beta)^2 - \beta_c^2$$

Ebből $$\varepsilon = \frac{\beta_c^2 + \beta^2 - \alpha^2}{\beta_0^2}$$

$$\mathrm{tg}\,\delta = \frac{2\alpha\beta}{\beta_c^2 + \beta^2 - \alpha^2}$$

Tehát $\gamma_g = \alpha + j\beta$, λ és λ_c ismeretében ε és $\mathrm{tg}\,\delta$ meghatározható.

A képletből látható, hogy a dielektromos állandó függ az anyag veszteségétől, ennek elhanyagolása nagyobb veszteségű anyagoknál hibát okoz.

A következőkben γ_g kiszámitását vizsgáljuk meg közelebbről. Különböző szerzők más, más módszert ajánlanak kiszámitásra.

a./ Roberts és von Hippel szerint az egyenletet $Ce^{j\xi} = \frac{\mathrm{th}\ Te^{j\tau}}{Te^{j\tau}}$ alakba irva, grafikus táblázatot ad meg T és τ -ra adott C és ξ esetén, amiből $Te^{j\tau}$ vagyis γ_g d kiszámitható. Egy adott C és ξ értékhez több T és τ tartozik, ezért legalább két különböző rétegvastagsággal kell a mérést elvégezni. A grafikon sajnos csak nagyobb veszteségü anyagoknál használható leolvasási nehézségek miatt. Igen nagy előnye viszont, hogy teljesen pontos, minden elhanyagolástól mentes, amire a többi számolási módszer nem képes.

b./ Más szerző szerint [2] $\mathrm{tg}^2\delta$ elhanyagolásával a számitás nagymértékben egyszerüsödik. Ekkor a dielektromos állandó kiszámitásánál az anyag veszteségmentesnek tekinthető, az állóhullámviszonyt zérusnak vesszük.

$$\frac{1}{\beta_0 d}\,\frac{x_s}{Z_{oo}} = \frac{tg\,\beta d}{\beta d}$$

$\frac{tg\,y}{y}$ függvény táblázatokban megtalálható, igy y, illetve $\beta = \frac{y}{d}$ ismeretében a dielektromos állandó kiszámitásánál semmi nehézség nincs, a veszteség pedig ε és az állóhullámviszony ismeretében grafikonból leolvasható. Az eljárásnak nagy előnye, hogy a mérés aránylag gyorsan kiszámitható, - ami főleg tömeges méréseknél fontos feltétel - hátránya viszont, hogy csak kis veszteségü anyagoknál használható.

c./ Kidolgoztunk egy módszert, amivel közepes veszteségü anyagok számitása is lehetséges, valamint Roberts és von Hippel eljárásánál egyszerübb.

$$\frac{1}{j\beta_0 d}\,\frac{\pm Z_s}{Z_{oo}} = \frac{th\,\tilde{\gamma}_g d}{\tilde{\gamma}_g d}$$

egyenletből $\tilde{\gamma}_g$ -t kell meghatározni. Minden más ismert.

$$\frac{1}{j\beta_0 d}\,\frac{Z_s}{Z_{oo}} = \frac{\lambda_g}{j2\pi d}\left(\frac{R_s}{Z_{oo}} + \frac{j x_s}{Z_{oo}}\right);\quad \tilde{\gamma}_g d = x + jy$$

jelöléssel a valós és képzetes részeket egyenlővé téve kapjuk

$$\frac{\lambda_g}{2\pi d}\,\frac{x_s}{Z_{oo}} = \frac{x\,th\,x\,ch^2x + y\,tg\,y\,\cos^2 y}{(x^2+y^2)(ch^2x - \sin^2 y)}$$

$$\frac{\lambda_g}{2\pi d}\,\frac{R_s}{Z_{oo}} = \frac{y\,th\,x\,ch^2x - x\,tg\,y\,\cos^2 y}{(x^2+y^2)(ch^2x - \sin^2 y)}$$

Ezek a képletek egyszerübb alakra hozhatók bizonyos elhanyagolással. Nem tul nagy veszteség esetén a csillapodási tényező (α), illetve $x = \alpha d$ elég kicsi /$x < 0{,}03$/, ezért x^2 elhanyagolható y^2 mellett./ $y = \beta d = \frac{2\pi}{\lambda_g} d$ általában nagyobb egynél/ továbbá $th\,x \simeq x$; $ch^2 x \simeq 1$

$$\frac{\lambda_g}{2\pi d}\,\frac{x_s}{Z_{oo}} = \frac{tg\,y}{y} + \left(x\,\frac{tg\,y}{y}\right)^2 \ldots .\ *$$

$$\frac{\lambda_g}{2\pi_g}\,\frac{R_s}{Z_{oo}} = x\left(1 + tg^2 y - \frac{tg\,y}{y}\right) \ldots .\ **$$

A számolásnál első közelitésben a veszteség elhanyagolható /x = 0/, igy s -ből kapjuk y értékét. Ez még nagy veszteségü anyagokra is jó közelités, hiszen gondoljunk arra, hogy a dielektromos állandó kiszámitásánál a veszteséget legtöbbször el szokták hanyagolni, ami esetünkben azt jelenti, hogy a dielektrikum által okozott minimum eltolódást vesszük csak figyelembe, az állóhullámviszonyt zérusnak tekintjük. y ismeretében az -ből x-et számolhatjuk, aminek pontosságát y szabja meg. Mindenesetre nagy hiba nem adódhat. Ha az igy kapott x érték kisebb 0,03-nál, a közelitő képlet használata megengedett. x ismeretében - ha szükségesnek látszik - ismét meghatározható s -ből y, majd az -ből x. Közelitő képlet tgy/y kiszámitására x ismeretében

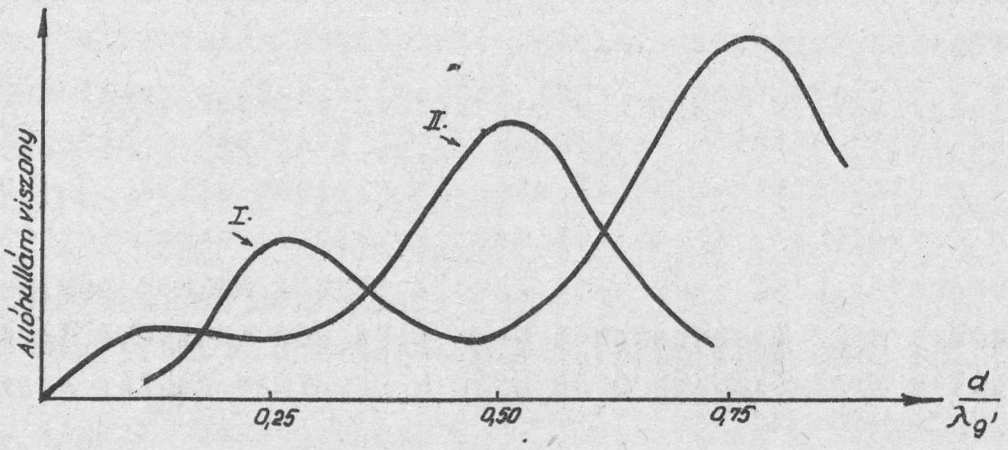
$$\frac{tg\,y}{y} = \frac{\lambda_g}{2\pi d}\,\frac{x_s}{z_{oo}} - \left(\frac{\lambda_g}{4\pi d}\,\frac{x_s}{z_{oo}}\right)^2$$

Ha x és y -t az exakt képletekbe visszahelyettesitjük, kapunk egy R_s/Z_{oo} és X_s/Z_{oo} értéket, melynek a kiinduláši értéktől való eltérése ennek hibahatárán belül kell maradjon.

Összefoglalva végül a számolás menetét: A minimum eltolódásból, valamint az állóhullámviszonyból meghatározzuk a dielektrikum határfelületének impedanciáját Z_s/Z_{oo}. Ezután s-ből a jobboldal második tagjának elhanyagolásával kiszámitjuk y-t, majd az -ből x-et. Mivel $y = \beta d$; $x = \alpha d$, a d rétegvastagság pedig ismert, kapjuk $\gamma_g = \alpha + j\beta$ értékét.

<u>Rétegvastagság hatása.</u>

A veszteség pontos meghatározása érdekében az állóhullámviszony mérés pontosságát kell a lehetőségekhez mérten fokoznunk. Kisveszteségü anyagoknál az állóhullámviszony nagyon kicsi, nyilvánvalóan ennek pontossága szabja meg a veszteség mérés pontosságát is. Ezért kivánatos közel $\lambda_g'/4$ rétegvastagság, vagy ennek páratlan számu többszöröse, ahol λ_g' a dielektrikummal töltött rész csőhullámhossza. Az állóhullámviszonyt a rétegvastagság függvényében a 2. ábra I. görbéje ábrázolja.

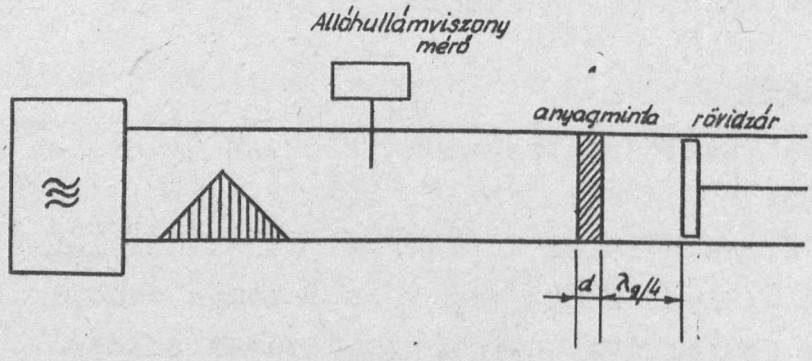


2. ábra.

A II. görbe nyitott hullámvezető végbe helyezett anyag által okozott állóhullámviszonyt ábrázol. Összehasonlitva a két görbét látható, hogy kis rétegvastagságnál $d/\lambda'_g \approx 0{,}1$ előnyösebb a nyitott végü hullámvezetővel való mérés, mivel az állóhullámviszony sokkal nagyobb, igy pontosabban mérhető.

Nyitott végü hullámvezetőben való mérés.

A vizsgálandó anyagot a rövidzártól $\lambda_g/4$ távolságra elhelyezve, a dielektrikumtól jobbra eső rész ideális nyitott végnek tekinthető.



3. ábra.

A dielektrikum baloldali határfelületének admittanciája

$$Y_s = Y_0 \, j \, th \, \gamma_g d$$

az előbbihez teljesen hasonlóan, végigosztva az egyenlet bal és jobboldalát Y_{oo} -al, majd figyelembe véve, hogy $Y_0 = \frac{\gamma_g}{j\omega\mu}$; $Y_{oo} = \frac{\beta_0}{\omega\mu_0}$, kapjuk

$$j\beta_0 d \frac{Y_s}{Y_{oo}} = \gamma_g d \, . \, th \, \gamma_g d$$

γ_g ismeretében a további számolás teljesen azonos az előbbivel.

A γ_g d.th γ_g d függvény kiszámitása γ_g komplex mivolta miatt ismét nehézkes. Az előzőhöz hasonlóan közelitő képletet használhatunk. Ha $\frac{Y_s}{Y_{oo}} = \frac{G_s}{Y_{oo}} + \frac{jB_s}{Y_{oo}}$

$$\beta_0 d \cdot \frac{B_s}{Y_{oo}} = \frac{1}{2} \frac{y \sin 2y - x \operatorname{sh} 2x}{\cos^2 y + \operatorname{sh}^2 x}$$

$$\beta_0 d \frac{G_s}{Y_{oo}} = \frac{1}{2} \frac{y \operatorname{sh} 2x + x \sin 2y}{\cos^2 y + \operatorname{sh}^2 x}$$

Ha a veszteség kicsi, ugy megfelelő elhanyagolásokkal

$$\beta_0 d \frac{B_s}{Y_{oo}} = y \, tg \, y$$

$$\beta_0 d \frac{G_s}{Y_{oo}} = x \frac{2y + \sin 2y}{2\cos^2 y}$$

$$\beta = \frac{y}{d}; \quad \alpha = \frac{x}{d}$$

A képletek használhatóságára vonatkozóan az előbbi megfontolások teljes mértékben érvényesek.

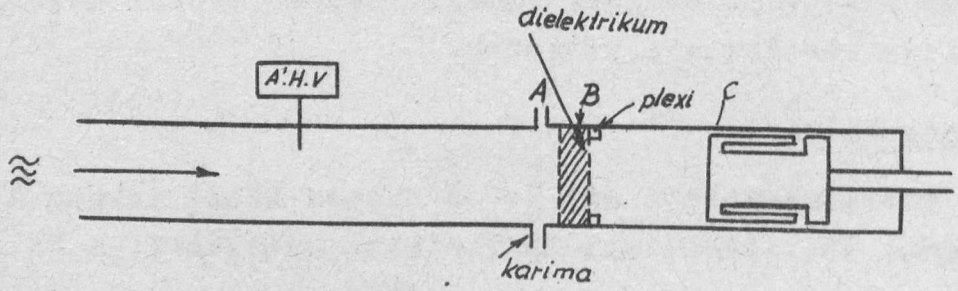
Mérőberendezés.

Energiaforrásul egy 7o7 B tipusu külső üreges klisztron szolgál, kb. 13oo Hz-es négyszöggel modulálva. A hullám-

vezető rendszer függőleges állványra van szerelve. Az energiát flexibilis koaxiális kábelen vezetjük a klisztrontól a hullámvezetőbe, szondás becsatolással. A hullámvezetőben TE_{01} alapmód van. A klisztron leválasztására ékalaku fa-attenuátor szolgál. Állóhullám viszonyt hasitott tápvonal segitségével mérünk, a minimumhely környezetében. A szonda finom eltolását indikátor óra méri. A négyszögmoduláció miatt ennek alapfrekvenciájára, 1300 Hz-re lehangolt szelektiv erősitőt használhatunk. Az erősités 110 dB. A kristály valamint az erősitő zaja miatt "lock-in"-nal indikálunk. Ezzel a zajt gyakorlatilag teljesen kiküszöböljük, igy igen kis jelek mérése /ami a pontos állóhullámviszony méréshez szükséges/ könnyen elvégezhető [4].

A berendezés folyadékok és szilárd anyagok mérésére egyaránt alkalmas. A folyadékoszlop magasságának megállapitása a hullámvezető mellett elhelyezett üvegcsővel történik, ami a hullámvezető lezáró lapjába furt kis nyiláson keresztül összeköttetésben van a folyadékkal. Mint a mérésekből kiderült, 0,15 cm átmérőjü lyuk a 7,2 x 3,5 cm nagyságu lezáró lapon nagy dielektromos állandóju folyadékok esetén már észrevehető impedanciát jelent, amit a minimum hely eltolódásánál figyelembe kell venni.

Nyitott végü hullámvezetőben való mérésnél ügyelni kell arra, hogy a dielektrikumnak a rövidzáró dugattyu felöli lapja pontosan az elektromos tér maximum helyére kerüljön. Ennek beállitása a hasitott tápvonal segitségével történik. /4. ábra./



4. ábra.

A dielektrikum a hullámvezető sarkaiba ragasztott kis plexidarabkákon fekszik fel. A plexidarabkák kimutatható veszteséget nem okoznak. A beállitást dielektrium nélkül végezzük el. A hullámvezetők összeerősitésére szolgáló karimák közé vékony rézlemezt szoritva tökéletes reflexiót állitunk elő, ezen a helyen az elektromos térnek minimum helye lesz. Az állóhullám viszony mérővel beállunk egy minimum helyre. Ezután kivesszük a rézlemezt a karimák közül, az állóhullámviszony mérőt $\lambda_g/4$ + ÁB távolságra elmozditva a dielektrikum felé, a rövidzáró dugattyut addig mozgatjuk, amig az Á.H.V. mérőn ismét minimumot kapunk. Ekkor az elektromos tér maximum helye a kivánt B síkban lesz. /Egyébként hasonló elven lehet egy tetszőleges lezárás, vagy diafragma impedanciáját is megállapitani./

A nyitott végü tápvonalban való mérés pontatlanabb a másiknál, beállitása hosszadalmas, ezért csak akkor érdemes alkalmasni, amikor kevés anyag áll rendelkezésre és a másik módszerrel vesztesége nem mutatható ki.

Néhány anyag dielektromos állandóját és veszteségi szögét az alábbi táblázat mutatja. Irodalmi adatokkal való összehasonlitás nem lehetséges, mert az anyagok állandói erősen függnek a gyártástechnológiától. Annyi megállapitható, hogy az irodalmi adatok szórását adataink nem lépik tul.

Végül köszönetemet fejezem ki Kisdiné Kosző Évának főleg elméleti téren nyujtott értékes segitségéért, valamint Pavlicsek Istvánnak a mérések elvégzéséért.

	ε	10^4 tgδ
plexi	2,66	90
üveg	6,3	120
bakelizált papir	3,6-4,1	300-800
Szalay-féle massza	2,34	45

I r o d a l o m :

1. Barlow : Micro-wave measurements. Constable and Company Ltd. London, 1947. 29o. old.

2. C.G. Montgomery: Technique of Microwave Measurements. McGraw-Hill Book Co. New-York, 1947. 626 old.

3. S.Roberts and A.von Hippel: A New Method for Measuring Dielectric Constant and Loss in the Range of Centimeter Waves. Jour. Applied Phys. 17,61o, 1946.

4. Géez, Mertz, Turi: Fázisérzékeny szelektiv /lock-in/ erősitő. KFKI Közlemények, 3.évf. 1. sz.

- - -

Érkezett: 1955. január 17.

AZ ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYE

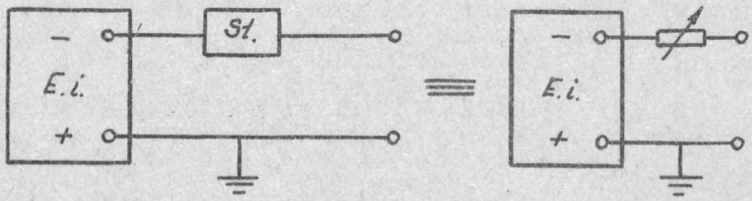
OSZTÁLYVEZETŐ: FARAGÓ PÉTER

Feszültségstabilizátor nagyfeszültségü és kis áramu áramforrások stabilizálására.

Irta: Mertz János

A következőkben egy nagyfeszültségü, kis áramu feszültségforrások stabilizálására alkalmas berendezést fogunk ismertetni. Előnye, hogy a stabilizáló berendezés alacsony feszültségen van és nem lép fel rajta zavaró bugó feszültség. Hátránya, hogy gazdaságosan csak kis feszültség-ingadozások egyenlithetők ki vele.

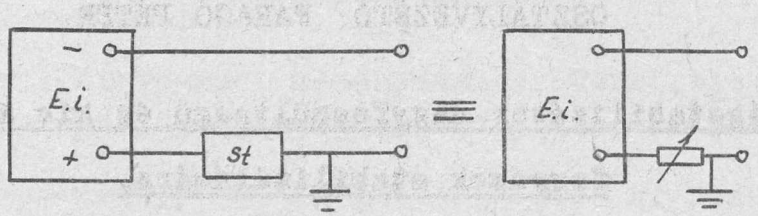
Nagyfeszültség és kis áram stabilizálására önként kinálkozik a soros stabilizátor-tipus alkalmazása. Ennek kétféle elrendezése lehetséges. Az egyiknél /1. ábra/ a soros stabili-



1. ábra.

zátor az egyenirányitó-berendezés földhöz képest nagyfeszültségü pontjára van kötve. Ennek a megoldásnak két hátránya van. Az egyik az, hogy az egész stabilizáló berendezés nagyfeszültségen van és igy szerelése, illetve szigetelése elég kellemetlen. A másik, hogy a nagyfeszültségü egyenirányitók belső ellenállása nagy lévén, ez a rendszer zavarok felvételére /főleg bugó feszültség/ érzékeny.

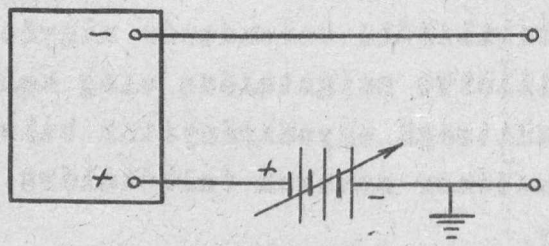
A másik lehetséges elrendezés /2. ábra/, amikor a soros stabilizátoron keresztül földeljük a nagyfeszültségü egyenirányitónkat. Ennél elesik ugyan az a hátrány, hogy a sta-



2. ábra.

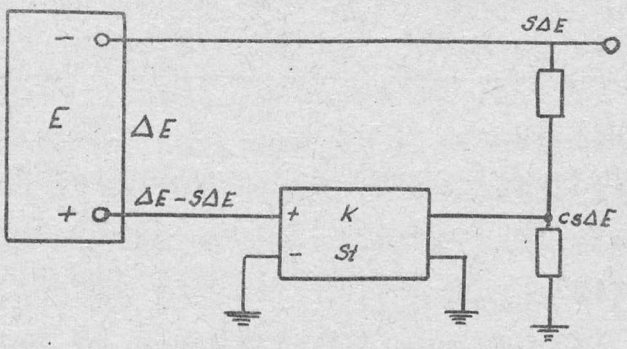
bilizáló berendezés nagyfeszültségen van, fokozott mértékben lép fel azonban a zavaró feszültségek /bugó feszültség/ hatása. Ugyanis a nagyfeszültségü egyenirányitónk most a nagy váltóáramu ellenállást jelentő stabilizátoron keresztül van földelve. Igy aránylag kis zavaró áramok /bugó feszültség/ is komoly feszültségesést hoznak létre magán a stabilizáló berendezésen. Ezek a zavaró feszültségek általában a stabilizálás ezen módjának alkalmazását lehetetlenné is teszik.

Megtarthatjuk az alacsony feszültségen való stabilizálás előnyét, ha gondoskodunk arról, hogy az anódpótló váltóáramu szempontból minél kisebb ellenálláson keresztül legyen földelve. Az eddig tárgyalt soros stabilizáló rendszerek elvileg ugy müködtek, mintha egy a körben levő soros ellenállás nagyságát változtattuk volna. Egészen kis áramokról lévén szó, ez az ekvivalens ellenállás nagy értékü. Ha azonban a stabilizálást például egy teleppel végezzük, ugy hogy a telep feszültségének változása kompenzálja ki magának az anódpótlónak a feszültségingadozását, akkor váltóáramu szempontból a rendszer elvileg zérus ellenállással van földelve /3. ábra/. A gyakorlatban a változtatható telep



3. ábra.

egy katódcsatolt erősitőjü végfokozattal rendelkező egyenáramu erősitő, melynek váltóáramu szempontból a belső ellenállása 100 Ohm nagyságrendü. Az ilyen tipusu stabilizálási feladatok legtöbbjénél ez tökéletesen megfelel. Az egyenáramu erősitő vezérlését egy osztóláncon keresztül a kimenő feszültségről vesszük. Az egész stabilizáló rendszer blokkdiagrammja a 4. ábrán, egy kivitelezett kapcsolás egy elektronmikroszkóp 50 kV-os nagyfeszültségü egyenirányitójának stabilizálására az 5. ábrán látható.



4. ábra.

Nézzük meg, hogy ezen tipusu stabilizátornál adott berendezés esetén mekkora a várható stabilitási tényező. Változzon meg az egyenirányitó feszültsége ΔE értékkel /4. ábra./. Legyen a stabilitási tényező: s /a kimeneten ténylegesen észlelhető feszültségváltozás osztva az egyenirányitón levő feszültségváltozással/. Legyen ezen kivül az erősitőt vezérlő osztóláncosztási aránya: c /az osztó két végpontja között levő megváltozás osztva az osztási ponton észlelhető megváltozással/. Ezekkel az értékekkel a stabilizátor kimenetén a feszültség megváltozása: $s\Delta E$. A kompenzáló erősitő kimenetén tehát a szükséges feszültségváltozás: $\Delta E - s\Delta E$. Az erősitőt vezérlő feszültség: $c.s.\Delta E$. Ha az erősitő tényleges erősitése K, akkor irhatjuk, hogy

$$K.c.s.\Delta E = \Delta E - s\Delta E = \Delta E\,(1 - s)$$

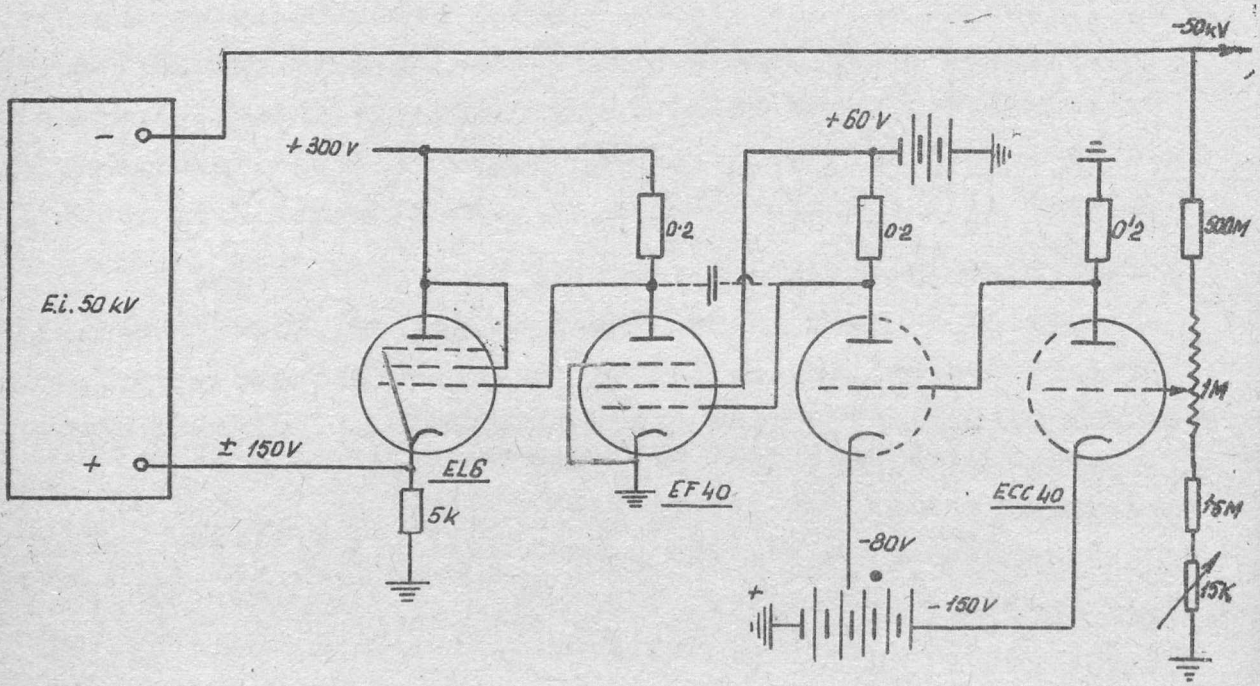
ahonnan

$$s\,(Kc + 1) = 1.$$

mivel $Kc > 1$, jó közelitéssel irhatjuk

$$sKc \cong 1.$$

Ezen ujtipusu stabilizálási elvet kipróbáltuk elektronmikroszkópnál, ahol az bevált. Valószinüleg jól használható még például Geiger-Muller csovek nagyfeszültségu egyenirányitójának stabilizálására és esetleg kaszkádgenerátor stabilizálására is.



5. ábra.

Érkezett: 1955. január 17.

A RADIOLÓGIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: BOZÓKY LÁSZLÓ

Ionizációs kis kamrákban alkalmazható szigetelők vizsgálata.

Irta: Tschetné Ágoston Erika

Az ionizációs kis kamrákban, zsebdózismérőkben olyan szigetelőt kell alkalmazni, mely kellő jó szigetelő képességü, kivánt alakra könnyen megmunkálható és testhőmérsékletig kellő szilárdságu. A kamrákkal történő mérések kiértékeléséhez közelitőleg ismernünk kell a szigetelő két fontos adatát: fajlagos ellenállását és a benne végbemenő anomális dielektromos jelenségek időbeli lefolyását. /Azokat a dielektromos változásokat nevezzük igy, melyek a polarizációhoz hasonlóan növelik a szigetelővel ellátott kondenzátor kapacitását, de sokkal lassabban mennek végbe, mint a polarizáció./ Ismernünk kell közelitőleg azt az időt, amely alatt ezek a változások végbemennek és stacionárius állapot áll be.

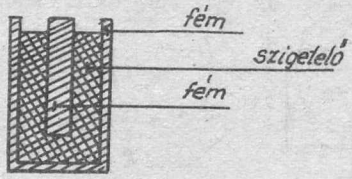
A számitásba vehető szigetelő anyagok ezen adatai felől a rendelkezésünkre álló irodalom alapján nem tudtunk kellőképen tájékozódni.

Az ellenállásra vonatkozóan különböző helyeken eléggé eltérő adatokat találunk. Az anomális dielektromos jelenségek időkonstansaira a legtöbb, minket érdeklő szigetelő esetén semilyen adatot sem ismerünk. Méréseket végeztünk, hogy ezen adatok felől tájékozódjunk.

A szigetelők ellenállását illetően meg szokták különböztetni a felületi és térfogati ellenállást. Mindkettő több körülménytől függ: az anyag fajtájától, hőmérsékletétől, az utóbbi ezen felül még nagy mértékben függ a felület minőségétől, tisztaságától és nedvességétől. A felületi ellenállást megfelelő csiszolással, gondos tisztitással és a mérések egy részénél ezenkivül száraz felületek biztositásával minimálisra igyekeztünk csökkenteni. A megmaradt felületi ve-

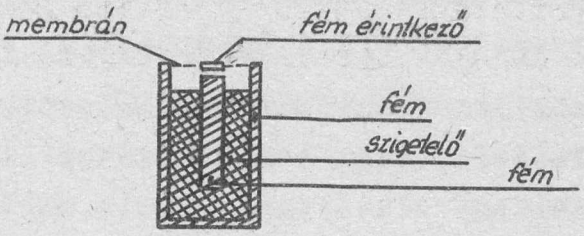
zetést a térfogati vezetéssel együtt észleltük. A mérések közben a szigetelők szobahőmérsékleten voltak, a napi kis hőmérsékletingadozásokat nem tudtuk kiküszöbölni.

A méréseket a vizsgálandó szigetelőkkel ellátott kis hengeres kondenzátorokkal végeztük. Ezek külső fegyverzetét földeltük, belső fegyverzetét egy telep egyik sarkával meghatározott ideig összekötve feltöltöttük / a telep másik sarka földelt/. Majd kikapcsoltuk a töltőfeszültséget és figyeltük a kondenzátor belső elektródjának feszültségváltozását. A feszültségek időbeli változását két különböző módon vizsgáltuk. Az egyik mérési sorozatnál az 1. ábra szerinti kis kondenzátorokat egy különálló elektrométeres berendezéssel töltöttük fel ismert feszültségre és ugyanezen berendezés segitségével mértük a kondenzátorok feszültségét. Ennek a módszernek előnye az alább ismertetendő másik módszerrel szemben az, hogy a kondenzátor berendezése egyszerü, a két fegyverzet közötti teret majdnem teljesen kitölthetjük a vizsgálandó szigetelővel és igy a levegős térfogat csökkentésével a levegő természetes ionizációja által okozott kis vezetést nagy mértékben csökkentjük. A belső elektródot a szigetelővel együtt légmentesen el is zárhatjuk. Az elzárt elektróddal a töltés és mérés rövid idejére megfelelő kis mechanizmus segitségével, pl. rugalmas membránba erősitett fém segitségével /2. ábra/ létesitünk vezetői összeköttetést. A lezárást száraz levegőben végezzük, amivel egyrészt kiküszöböljük a nedvesség hatását, másrészt megvédjük a szigetelő felületét külső szennyezésektől. Más mechanizmus alkalmazása esetén a berendezésből teljesen ki is szivhatjuk a levegőt és igy az ionizációs vezetés lehetőségét teljesen kiküszöbölhetjük. Ilyen esetben vezetés kizárólag a szigetelőn át tör-



1. ábra.

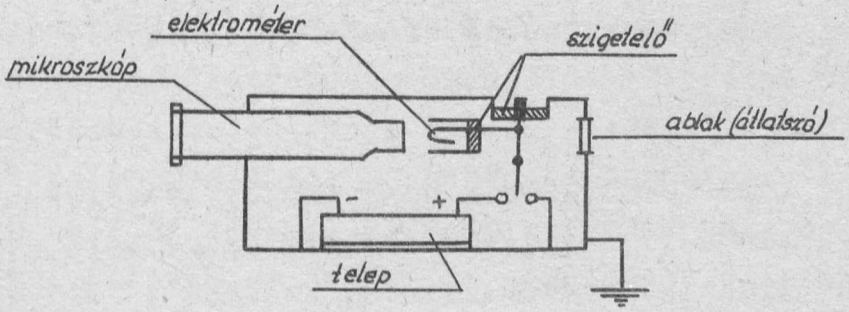
ténhet, a térfogati vezetés igy pontosan mérhető. Ilyen berendezéssel hosszu ideig, több hónapig jó töltéstartást érhetünk el. A szabad, nyitott kondenzátorokat a feltöltés után



2. ábra.

egyik esetben szabad levegőn, másik esetben száraz kamrában tartottuk a mérésig. Igy összehasonlitottuk a két esetben a feszültségváltozást és ezzel együtt a nedvesség okozta felületi ellenállás csökkenést.

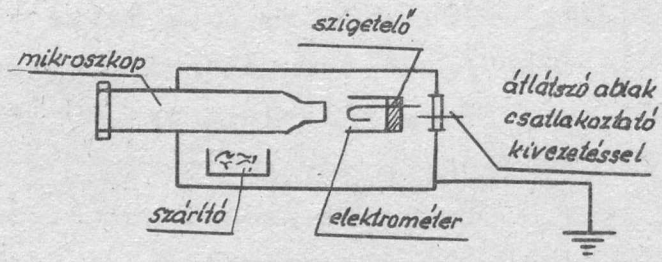
Ennek a módszernek azonban az a hátránya, hogy nem tudjuk a belső elektród feszültségváltozását közvetlenül és folyamatosan észlelni. A mérés ugyanis ugy történik, hogy a kondenzátor belső elektródját egy töltő-mérő berendezés /3. ábra/ Lauritsen tipusu elektrométerének kivezetésével kötjük össze. Az elektród és az elektrométer feszültsége ekkor kiegyenlitődik és a kettő közös feszültségét olvashatjuk le.



3. ábra.

A leolvasott értékből a mérőberendezés és a különálló kondenzátor kapacitásának ismeretével megállapithatjuk, hogy mekkora volt az elektród feszültsége a mérés előtt. A méréskor tehát megváltoztattuk az elektród feszültségét, ugyhogy a mérés után az eredeti feszültség további időbeli változását már nem vizsgálhatjuk. Ezzel a módszerrel folyamatos mérést nem végezhetünk, hanem általában minden mérés után uj feltöltéssel készitjük elő a kondenzátort a következő mérésre.

A második módszernél alkalmazott berendezés abban különbözik az elsőtől, hogy a kondenzátor és mérőberendezés nem áll külön, hanem egyesitve van. Maga a mérő elektrométer szolgál a belső elektródként, és ezt az elektrométert szigeteljük el a vizsgálandó anyaggal. Töltés céljából egy kivezetés érinthető az elektrométerhez, erre a kivezetésre kapcsoljuk a feszültséget. /4. ábra/ Ilyen elrendezés esetén az elektromé-



4. ábra.

R.

ter közvetlenül mutatja a feszültségváltozást. Igy vele folyamatos észlelést is végezhetünk. Ennek az összeállitásnak az a hátránya, hogy a szigetelő nem töltheti ki a két elektród közötti teret, igy a levegős térfogatot nem csökkenthetjük elég kicsire, ezért a levegő természetes ionizációja is hozzájárul a vezetéshez. A néhány μ vastagságu elektrométerszálról csucshatás következtében is távozik töltés. Ha nem biztositunk kellő szárităst, akkor sok szigetelőnél a megnövekedett felületi vezetés is gyorsitja a feszültségesést. Ezekkel a berendezésekkel a nagyobb vezetés miatt csak rövidebb időkig tartó méréseket végezhettünk, mert az elektromé-

terek sok esetben néhány nap alatt majdnem teljesen elvesztették töltésüket.

Ennél a méréssorozatnál fellépő külső többletvezetés mellett is össze tudtuk hasonlitani az egyes szigetelők ellenállásának nagyságrendi sorrendjét. A dielektromos jelenségek lefolyását pedig még az ilyen aránylag nagy vezetés mellett is jól észlelhettük.

A mérések eredményeképen azt kaptuk, hogy a feszültség időbeli változása főleg a mérések kezdetén lényegesen függ attól, hogy milyen volt a szigetelő elektromos állapota a mérés kezdete előtt /feltöltés előtt/ és hogy mennyi ideig tartott a töltés. A kondenzátor szigetelőjében ugyanis a feszültség hatására lassu anomális dielektromos változások mennek végbe, amelyek a kondenzátor kapacitásának lassu növekedését eredményezik. Stacionárius állapot akkor áll be, amikor ezen változások következtében a járulékos kapacitás kialakult és tovább nem változik.Más a feszültség időbeli változása akkor, amikor a kondenzátort hosszu feszültségmentes állapot után először feltöltve hagyjuk magára, mint amikor előzőleg is feszültség alatt volt, pl. ugy, hogy hosszu ideig tartott a feltöltés. Az első esetben több szigetelő esetén kezdetben lényegesen gyorsabban esik a feszültség, mint a második esetben.

Amig ugyanis a kondenzátor a feszültség-forrásra van kapcsolva, addig abból veheti a már kialakult kapacitásának feltöltéséhez szükséges töltést. A telepről való leválasztás után a feszültség alatt álló dielektrikumban folytatódnak a megindult változások és igy tovább nő a kondenzátor kapacitása. A további időben kialakult többletkapacitásnak a feltöltéséhez szükséges töltést azonban már nem veheti a külső forrásból a kondenzátor, hanem a saját elektródján levő töltés egy részét köti le és ezzel csökken a feszültsége.

A feszültségnek ezen kapacitásváltozás következtében létrejövő csökkenése kezdetben sok szigetelőnél lényegesen nagyobb, mint a vezetés következtében létrejövő változás. Amikor beáll a közel stacionárius állapot, akkor a feszültséget már csak a vezetés csökkenti.

Ha addig tartjuk a kondenzátort a feszültségforrással összekapcsolva, amig az anomális dielektromos változások nagy részben végbemennek és csak ezután választjuk le róla, akkor a kezdeti gyorsabb feszültségesés elmarad, a mérés kezdetétől fogva nagyrészt csak a vezetésnek megfelelő feszültségesést tapasztaljuk.

A különböző kezdeti feltételek mellett kapott feszültségváltozási görbék alapján következtetni lehet az anomális jelenségek lefolyásának idejére. A megfelelő ideig tartó feltöltés után mért görbéket vesszük alapul /ezeket a-val jelöljük/, ezekhez hasonlitjuk ugyanazon szigetelők más körülmények között felvett görbéit. A hosszas földelés után első izben való rövid ideig tartó feltöltés után felvett görbéket b-vel jelöljük. Ezek, mint már emlitettük, kezdetben gyorsabban esnek, mint az a görbe, később azonban ahhoz hasonló az esésük. /Ha előzőleg ellenkező előjelü feszültségre voltak töltve a kondenzátorok, akkor a kezdeti esés még gyorsabb, mint a b görbéknél. Az ilyen mérések eredményeit nem ábrázoljuk a következőkben./ Abból, hogy mennyi idő mulva következik be a közel stacionárius feszültségesés, a dielektromos jelenségek kialakulásának idejére következtethetünk. Ugyanerre az időadatra következtethetünk azokból a c jelzésü görbékből is, amelyeket akkor vettünk fel, amikor a mérést megelőzően a mérési feszültségnél nagyobb feszültségre voltak töltve a kondenzátorok. Méréskor a nagyobb feszültségről leválasztjuk az elektródot, majd pillanatnyi földeléssel semlegesitjük az elektródon levő szabad töltéseket és ezután töltjük fel a kondenzátort a méréshez szükséges kezdeti feszültségre. Az előzetes nagyobb feszültség hatására kialakult nagyobb dielektromos változások most részben visszaalakulnak és eközben a lekötött többlettöltések felszabadulnak. Ezek a mérés közben felszabaduló töltések részben vagy egészen kompenzálják a vezetés révén elvesztett töltést, sőt tul is kompenzálhatják azt. Utóbbi esetben egy ideig feszültségnövekedést észlelünk.

A b mérések elején a dielektromos változások lassan megnövelték a kapacitást, a c görbék elején a visszaalakuló dielektromos változások pedig csökkentik a kapacitást. A kapacitás-változásokat a b ill. c görbéknek az a görbékhez való hasonlitásából kapjuk.

A két görbe ugyanazon helyen való ordinátáinak különbsége adja azt a feszültségkülönbséget, amiből a kapacitás változására következtethetünk. Látjuk, hogy a b görbéknél 2o-3o %-os kapacitásváltozások is előfordulnak.

Az a görbék feszültségváltozása nagyrészt vezetésnek tulajdonitható. Ez a feszültségesés közelitően megfelel a kondenzátor kisülés exponenciális törvényszerüségének. Ha C /állandó/ kapacitásu kondenzátort U_0 kezdeti feszültségre töltöttünk és áram csak annak r ellenállásu dielektrikumán halad át, akkor t idő mulva a feszültsége lecsökken

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{Cr}}$$

értékre.

Ennek az összefüggésnek a segitségével a feszültség időbeli változásából kiszámithatjuk a szigetelő ellenállását, ha ismerjük a kapacitást. A szigetelő méreteinek ismeretével meghatározhatjuk a fajlagos ellenállást.

Ha egészen pontosan vizsgáljuk a jelenséget, akkor a kondenzátor kapacitását az a mérések folyamán sem tekinthetjük állandónak. A kondenzátor lassu kisülésekor ugyanis lassan történik a dielektromos változások visszaalakulása és ezzel együtt lassan változik a kapacitás. Az ellenállás-számitásoknál a kapacitásra egy állandó átlag-értéket vettünk. Az a görbék esése valamivel lassubb, mint az exponenciális esés, mert a dielektromos változások visszaalakulása közben felszabaduló töltés lassitja a feszültségesést.

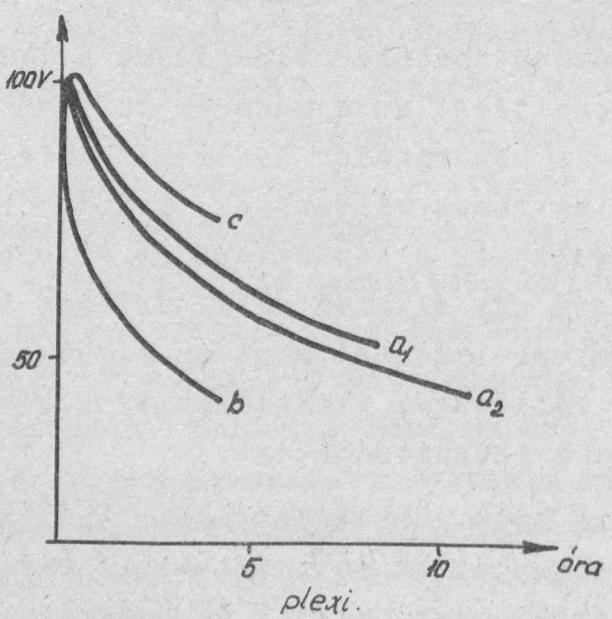
Látjuk, hogy a zsebdózismérők szigetelőiben végbemenő jelenségek bonyolultak és a szigetelő viselkedésétől függően többé-kevésbbé megnehezitik az eszközzel történő mérések pontos kiértékelését. A dózismérőbe olyan szigetelő alkalmazá-

sa előnyös, amelynek fajlagos ellenállása nagy, mert igy a háttér /a sugárzás nélküli napi, ill. heti feszültségesés/kis értékü, másrészt a benne végbemenő dielektromos változások lehetőleg kis kapacitás-változást okoznak. A dózismérőkkel való mérés kezdetén minden esetben ajánlatos megfelelő előzetes töltéssel kialakitani a járulékos kapacitást. De ha a dielektromos változások nagy mértékűek, akkor még igy sem mérhetünk megbizhatóan a müszerrel. Az ionizáció okozta feszültségesés után ugyanis a visszaalakuló változás csökkenti a kapacitást, növeli a feszültséget. Ugyanazon dózis esetén /főleg ha rövid idő alatt nagy dózisról van szó/ más feszültségértéket olvashatunk le a müszeren, ha az ionizációs esemény és a leolvasás között eltelt idő más.

A zsebdózismérőkre vonatkozóan az ismert bizonytalanságot /kevéssé reprodukálhatóságot/ azzal szokták ellensulyozni, hogy egyszerre két müszerrel mérnek. Megfelelő szigetelő alkalmazása csökkentheti ezt a bizonytalanságot.

A vizsgált szigetelőkre vonatkozó részletes eredmények a következők:

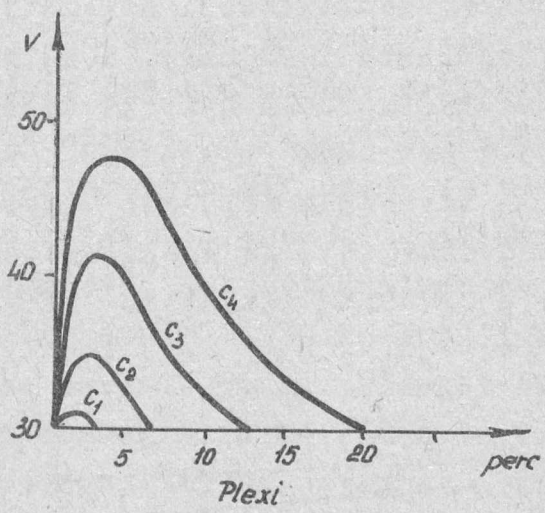
A plexivel többféle módon végeztünk méréseket /evakuált kamrákba nem alkalmaztuk/. A mérések eredményét az 5. és 6. ábrán látjuk. Az 5. ábrán a közvetlenül elektrométeres kon-



5. ábra.

denzátorokkal történt mérések eredményeit ábrázoltuk. A berendezések kapacitása 3-8 cm./ A kezdeti feszültség loo V./ Az a (a_1 félórás, a_2 néhány perces töltés) és b görbék összehasonlításából kb. 2o %-os kapacitásnövekedést észlelünk, amit a kb. félórán belül kialakuló anomális dielektromos változások okoznak. A c görbe kb. 13o V előzetes többletfeszültség után való mérés eredményét mutatja; kezdetben rövid ideig tulkompenzálás lép fel.

A 6. ábrán több c tipusu görbe látható, melyeknél



6. ábra.

különböző nagyságu előzetes feszültségeket különböző időn át kapcsoltunk az elektrométerre. A mérés minden esetben 3o V-on indul, a c_1 görbe esetén egy percig 7o V, c_2-nél 2 percig 90 V, c_3-nál 5 percig 90 V, c_4-nél lo percig 90 V előzetes tulfeszültséget alkalmaztunk. Nagyobb feszültség hosszabb idő alatt /félóráig/ nagyobb dielektromos változásokat hoz létre.

A szabad felületü plexi fajlagos ellenállására lo^{15} -lo^{16} Ohm cm érték adódik. Száraz levegőben tartott plexi valamivel jobb szigetelő.

Dózismérőkben nem alkalmazható előnyösen a plexi, mert aránylag kicsi az ellenállása és nagy dielektromos változások mennek benne rövid idő alatt végbe.

Borostyánnál több mérést végeztünk evakuált kondenzátorok segitségével, néhány mérést egyszerü elzárt és nyitott kondenzátorral, valamint közvetlenül elektrométeres berendezéssel. Az evakuált kondenzátorok kapacitása 1o-15 cm, kezdeti feszültségük 1oo V. Ezek közül többnél 6 hónap alatt 1o %-nál kisebb feszültségvesztést észleltünk, ha a mérés kezdete előtt hosszasan /több órán keresztül/ töltöttük azokat. Ebből az értékből $1o^{19}$-$1o^{2o}$ Ohm cm fajlagos ellenállást kapunk. Ez az ellenállásérték nagyobb az általunk vizsgált bármely más szigetelő ellenállásánál. Az evakuált és a levegős kondenzátorok adatainak összehasonlitásából azt látjuk, hogy a borostyán térfogati ellenállása igen nagy, a felületi ellenállása azonban könnyen csökkenthető. A nyitott kondenzátorok szabad levegőn lényegesen gyorsabban vesztették feszültségüket, mint száraz levegőben, a borostyán felületi vezetése tehát igen lényegesen függ a nedvességtől. Az elektrométeres kondenzátorral kapott eredmények a 7. ábrán láthatók./ Ennél a berendezésnél

R.

7. ábra.

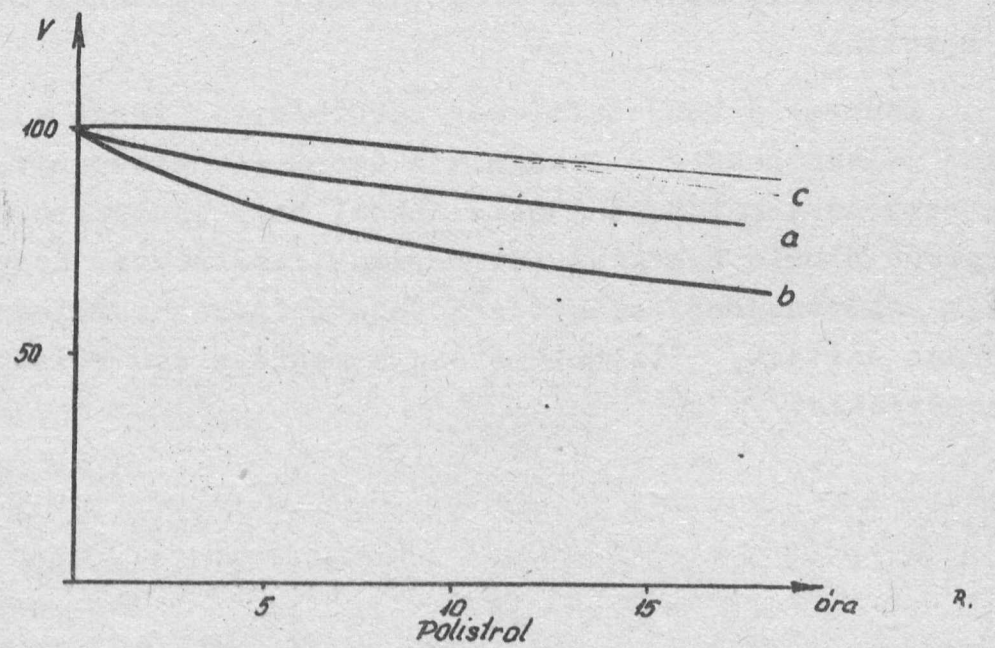
a kapacitás 1-2 cm./ Az a és b tipusu görbékből az állapitható meg, hogy néhány óra alatt mennek végbe azok a dielektromos jelenségek, amelyek közel 3o %-os kapacitásváltozást okoznak. A c görbén egy kis ideig /néhány percig/ tartó kis tul-

feszültség hatását látjuk. Az ezen kis idő alatt kialakult kismértékü többletváltozás lassan alakul vissza és néhány óráig kompenzálja a kis vezetést.

Borostyán a zsebdózismérőkben /zárt müszerekben/ előnyösen alkalmazható a nagy ellenállása miatt. A borostyános müszerekkel igen hosszu időkig tartó méréseket végezhetünk. A nagyfoku dielektromos változás azonban itt is bizonytalanságot eredményezhet a kiértékelésnél.

Méréseket végeztünk a polistirolra vonatkozóan is. A nálunk beszerezhető polistirolból laboratóriumunkban préseltünk megfelelő kis hengereket. Készitettünk a borostyánéhoz hasonló méretü és elrendezésü evakuált kondenzátorokat és ezeket a borostyánéhoz hasonló néhány órás előzetes töltés után fél év mulva megmértük. A feszültségvesztés néhány esetben 3o-4o %-os volt, más esetben még ennél is több. Ebből a legjobb kondenzátorok szigetelőjének ellenállására $1o^{19}$ Ohm cm-hez közeli érték adódott. A többi esetben és az egyéb módszerrel való mérések alapján $1o^{18}$ Ohm cm körüli fajlagos ellenállásértéket kaptunk. Ezeket az eltéréseket nem a felületi nedvességkülönbség hatásának kell tulajdonitani, mert ugyanazok a kondenzátorok szárazon tartva ugyanolyan feszültségvesztést mutatnak, mint nedves levegőn tartva.

A polistirolra vonatkozó a, b, c görbékből /8. ábra/



8. ábra.

89/G.

arra következtethetünk, hogy benne igen lassan mennek végbe a dielektromos anomális változások. A fenti eltérő értékek esetleg annak tulajdonithatók, hogy a méréseket lényegesen megelőző időkben a szigetelők elektromos állapota különböző volt, amit utólag nem tudtunk ellenőrizni.

Nyitott kondenzátorokkal és elektrométeres kondenzátorokkal megvizsgáltuk a külföldről beszerzett teflon /politetrafluoretilén/ rudból levágott szigetelők viselkedését. Teflonra vonatkozóan aránylag kevesebb mérési eredményünk van. Ezek alapján annyi állapitható meg, hogy a teflon ellenállása a polistiroléhoz hasonló értékü /némely mérés szerint még valamivel nagyobb/ és más szempontból is ahhoz hasonlóan viselkedik. A felületi nedvességet illetően hasonló vagy még kisebb érzékenységet mutat, mint a polistirol.

A teflon igen alkalmasnak látszik zsebdózismérőbe, mert szabadon és nedves levegőben is egyenlőképen szigetel és ellenállása olyan nagy, hogy az egynapi töltésvesztést nem észleljük nagyobbnak, mint amit a külső ionizációnak lehet tulajdonitani. Az anomális dielektromos jelenségei az eddigi mérések szerint kis mértékűek, lassu lefolyásuak és a kiértékelésnél nem okoznak nagy bizonytalanságot.

Néhány kisérletből ugy látszik, hogy az anomális dielektromos jelenségek lefolyása függ attól, hogy az elektródok milyen szorosan illeszkednek a szigetelőkre, vannak-e nagyobb rések közöttük.

Ezeknek a bonyolult, sok körülménytől függő elektrostatikus jelenségeknek a vizsgálata nehéz. Az eredmények nem mindig reprodukálhatók pontosan. Ahhoz, hogy pontosabb és jobban reprodukálható eredményeket kapjunk, szükséges, hogy a kisérletek szempontjából számitásba vehető fontos körülményeket állandónak tartsuk, illetve a mérésnek megfelelően változtassuk /pl. hőmérséklet/.

Jelen szigetelésvizsgálatokat dr. Bozóky László kezdte el és a mérések folytatásában értékes tanácsaival támogatott, amiért ezuton is köszönetemet fejezem ki.

- * -

Elhangzott az 1954. évi fizikus vándorgyülésen.

A RADIOLÓGIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: BOZÓKY LÁSZLÓ

Geiger-Müller számlálócsövek müködési sajátságaival kapcsolatos vizsgálatok.

Irta: Orient Ottó

Összefoglalás. A cikk tárgya annak vizsgálata, hogy adott geometriáju, de különböző - o,o33, o,o44, o,1, o,13, o,15, o,18 mm - anódszálvastagságu számlálócsövek müködési karakterisztikája /plátójának hossza és százalékos Voltonkénti meredeksége/ hogyan változik az argon nyomásának változtatásával /5o,-7oo Hg mm/ az etilbromid kioltógáz három különböző nyomásánál /5, lo, 15 Hg mm/. Kisérletünk eredményei azt mutatják, hogy 3oo Hg mm nyomásig Chaudhri és Fenton következtetései, amelyekre analog kisérletek alapján, de egyetlen nyomáson /loo Hg mm/ jutottak, helytállóak. 5oo Hg mm nyomáson felül ettől eltérő következtetések vonhatók le. Ez az eltérés mutatkozott abszolut alkohol használatánál is.

Bevezetés.

A Geiger-Müller önkioltó számlálócsövekkel kapcsolatos kutatások lényeges részét képezik azok a munkák, amelyek a csőre jellemző plátóhossz, meredekség és a cső paraméterei /nyomás, töltőgáz minősége, geometria/ között fennálló összefüggések vizsgálatával foglalkoznak.

A plátó meredekségét és ezzel összefüggésben a plátó véges hosszát Korff [1] szerint a csőben a fulfeszültség növelésével létrejövő növekvő számu többszörös kisülések okozzák. Önkioltó számlálóban létrejövő kisüléseknél a katódot csak a kioltógáz ionok érik el, ha a kioltógáz mennyisége elég nagy. A katód közelébe jutó kioltógáz molekulaionok semlegesitődnek azáltal, hogy a katódból elektront ragadnak ki, de ezek továbbra is gerjesztve maradnak. A gerjesztett molekulák élettartama kisebb, mint az az idő, ami alatt eljutnak abba a távolságba, ahol a másodlagos elektron emisszió valószinü, ugyanis 10^{-13} sec nagyságrendü idő alatt a molekulák disszociálódnak. A disszociáció nem történik meg minden

esetben, átlagban minden egymilliomodik molekula fotonkibocsátással kerül normális állapotba. Ezek a fotonok a katódból fotoelektron emisszió utján elektronokat válthatnak ki. A valóságban általában 10^4 foton létesit egy elektront, tehát általában 10^{10} pozitiv ionra esik egy kibocsátott elektron. Minthogy egy kisülésben nem tulságosan nagy tulfeszültségnél, 10^9 ion keletkezik, 10 rendes impulzus esetén egy kettős, 100 rendes impulzus esetén egy hármas impulzust kell észlelnünk és igy tovább. A tulfeszültség növelésével a számlálóban természetesen nő a kisülés közben keletkezett ionok száma és következésképen növekednie kell a kettős, hármas és többszörös impulzusok számának. Ez észlelhető, ha az önkioltó számlálók impulzusait oszcilloszkópon vizsgáljuk.

Ezek szerint a többszörös impulzusok előfordulása, a kisülésben szállitott töltésmennyiség függvénye. Wilkinson [2] [3] számitásokat végzett a számlálóban kisüléskor létrejövő töltésmennyiség nagyságára. Az egységnyi szálhosszra eső és egy kisülés alkalmával létrejövő töltésre a következő formulát adta meg:

$$q = \cos. \frac{V}{V_s} \, /V-V_s/ \, \frac{1}{\log \frac{b}{a}}$$

ahol V a csövön levő feszültség, V_s az indulási feszültség, a a szál, b a katódhenger belső átmérője. Ezen képlet szerint adott geometria esetén csak a tulfeszültségtől függ a keletkezett töltés és a szálvastagság növelésével nő, a katódhenger növelésével csökken.

Ennek a formulának kisérleti igazolása Fenton és Fuller [4] cikkében található. E szerzők megvizsgálták az egy kisülésre eső töltést különböző szálvastagságok esetén és azt tapasztalták, hogy azonos tulfeszültségnél a töltés a szálvastagság növelésével nő.

A fentiek alapján várható, hogy amennyiben azonos geometria esetén a számláló szálvastagságát csökkentjük, akkor a plató meredekség csökken és ezzel együtt a plató meghosszabbodik. Ilyenirányu mérések történtek Chaudhri és Fen-

ton cikkében [5] /Chaudhri és Fenton vizsgálatokat végeztek olyan számlálócsövekkel, amelyeknek szálvastagságát változtatni lehetett. A töltőgáz 100 Hg mm össznyomású argon + abszolut alkohol keveréke volt. A mérésekből a plátóhossz és meredekség között bizonyos összefüggéseket kaptak./ a plátó hosszabbodás valóban mindig együtt járt a meredekség csökkenésével. A plátó hosszabbodása azonban a szálvastagság csökkentése esetén csupán 0,25 mm-től kb. 0,1 mm-ig volt tapasztalható, 0,1 mm-nél kisebb szálvastagságnál viszont monoton csökkent a plátóhossz és növekedett a meredekség. Az elmélet szerint ezzel ellentétben a szál átmérőjének csökkenése esetén a plátó meredekségének csökkenését, a plátóhossznak növekedését kellene várnunk, minthogy a kisülésben keletkezett elektromos töltésmennyiség ebben az esetben szintén csökken. A kisérletek /Chaudhri és Fenton/ azt mutatják, hogy ez 100 Hg mm össznyomás mellett a szálnak csak 0,1 mm-nél nagyobb vastagságánál észlelhető, 0,1 mm-nyi vagy ennél kisebb szálátmérők esetében az átmérők csökkenésével a plátó meredeksége ismét növekszik és a plátó hossza csökken. A számlálócsövek, amelyekkel ezek a mérések történtek, 4 cm érzékeny szálhosszal, 2,2 cm katódhenger átmérővel rendelkeztek és a katód nikkelből, az anód wolframból készült. A csőben levő 10 Hg cm össznyomás argon + abszolut alkohol keverék 23 % abszolut alkoholt tartalmazott.

A cikkünkben közölt mérések célja annak vizsgálata, hogy Chaudhri és Fenton által tapasztalt eredmények hogyan módosulnak különböző töltőgáz nyomások esetén.

Kisérleti berendezés.

A kisérletek 12 db számlálócsővel történtek. A csövek ballonja jénai normál üvegből készült. A katód 14 mm belső átmérőjü henger, 0,1 mm vastag vörösréz lemezből összehajtva. Az anódszál vastagsága 0,033, 0,044, 0,1, 0,13, 0,15, 0,18 mm átmérőjü wolframhuzal, tehát mindegyik anódszál átmérővel két cső készült ellenőrzés céljára. Az anódszál mindkét oldalon ki volt vezetve a ballonból, hogy vákuumban kis-

zitható legyen. Mindegyik cső érzékeny szálhossza 8 cm. A két kivezetésnél fennmaradó részt üvegkapilláris árnyékolta. A csöveket összerakás előtt gondosan zsirtalanitottuk.

A csövek üvegvillára voltak felforrasztva, amelyekhez egy kb. 1 liter ürtartalmu üvegedény csatlakozott; ez a rendszer szivattyuzás és töltés után a szivattyutól higanyzár segitségével elzárható volt. A leszivás és töltés következőképen történt: az adszorbeált nedvesség eltávolitására 2 órán keresztül 350-400 C fokon kifütés folyt 10^{-5} Hg mm vákuum mellett, lehülés után következett a töltés először kioltógázzal, azután argonnal. Töltés után a higanyzár elzárásával a csövek, a villa és az üvegballonból álló rendszerben a gázelegy egyenletes elkeveredése 36 óra alatt megtörtént. A higanyos zár miatt jelenlevő higanygőz Korff [6] mérései szerint nem hat zavarólag. Az elkeveredés után történt a csövek megmérése. Mérés után a higanyzárat kinyitva, a rendszer ujra magas vákuumon leszivható és más nyomásra megtölthető volt, az előzőhöz hasonló módon.

A használt argon tisztasági foka nagyobb volt, mint 99,99%. A mérések zömét etilbromid kioltógáz használatával végeztük. Ellenőrző mérések abszolut alkohollal is történtek. Töltés előtt a kioltó folyadékokat gondosan levegőtlenitettük. Az etilbromid használata azért volt előnyösebb, mint az abszolut alkoholé, mert levegővel érintkezve nem szív nedvességet, ami az aránylag hosszu ideig tartó mérések miatt előnyös, ezenkivül a tapasztalatok szerint jobb kioltó sajátságokkal rendelkezik, mint az abszolut alkohol.

A thorium gamma sugárzásával besugárzott számlálócsövek mérése egy ezres leosztásu elektronikus számlálóval történt a számlálócsövekre való visszacsatolás nélkül olymódon, hogy oszcilloszkóp hozzákapcsolásával a csövek által szolgáltatott impulzusokat is meg lehetett figyelni. A számlálócsövek munkaellenállása minden mérésnél 1 MOhm volt.

Kisérleti eredmények.

A plátógörbe hossza a következőképen lett megállapitva: a plátó annál a feszültségnél /indulási feszültség/

kezdődik, amelynél a számlálócső jelei egyforma magasakká válnak, vagyis végetér a korlátolt proporcionalitás tartománya. /Ez az oszcilloszkóp segitségével meghatározható./ A vége pedig annál a feszültségnél van, ahol az időegység alatt bekövetkező többszörös impulzusok száma erősen megnövekszik. Ez látható az oszcilloszkópon, ugyanekkor az elektronikus számlálón időegység alatt számlált beütésszám hirtelen megnő.

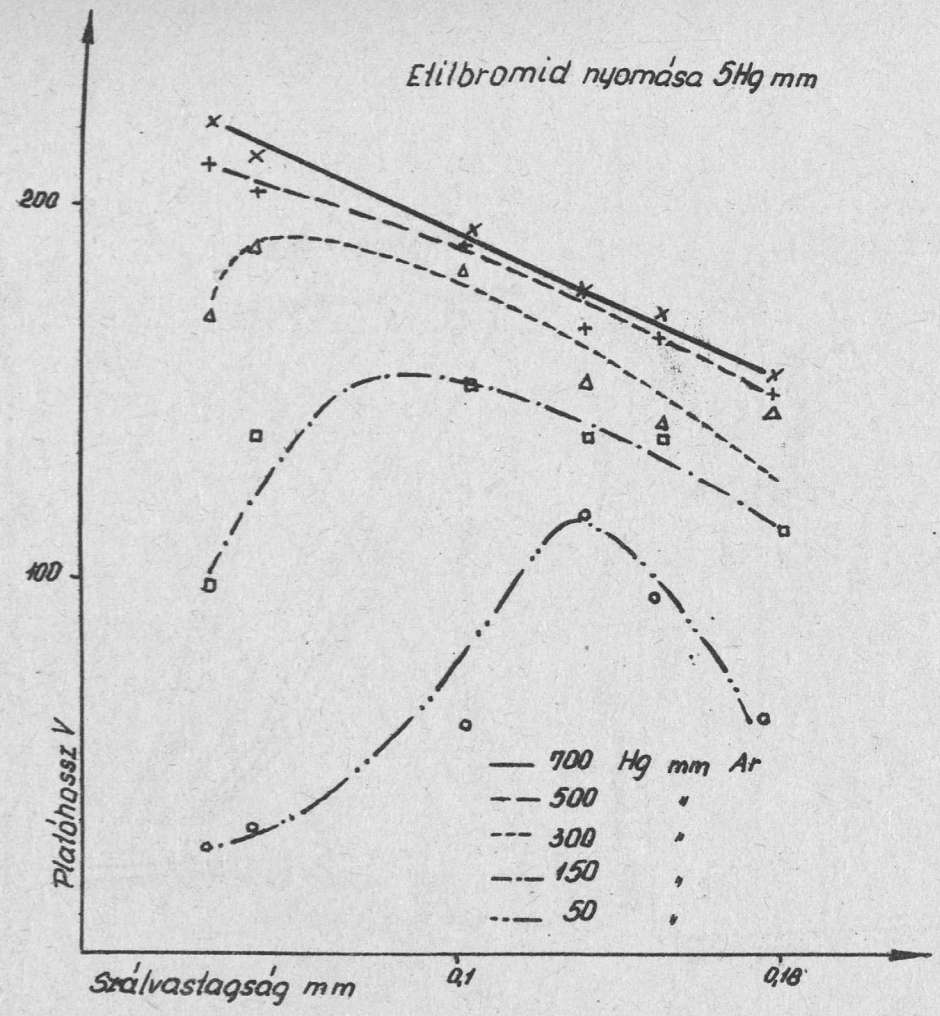
Mivel a plátógörbe nem egészen egyenes, az 1 V-ra eső százalékos meredekséget az egész plátóhosszra átlagolni kell.

A kisérleti eredmények pontosságának meghatározására ellenőrző mérések történtek. Ismételten azonos nyomásra megtöltve a számlálócső szériát, az indulási feszültség megváltozása 3 %-nál kisebb volt. A plátóhossz eltérése kisebb volt 1o %-nál és a meredekség eltérése 2o %-nál. A meredekség pontosabb mérése hosszabb időt venne igénybe, de erre nincs szükség, mert ez a pontosság is elegendő ahhoz, hogy a később leirt következtetések levonhatók legyenek.

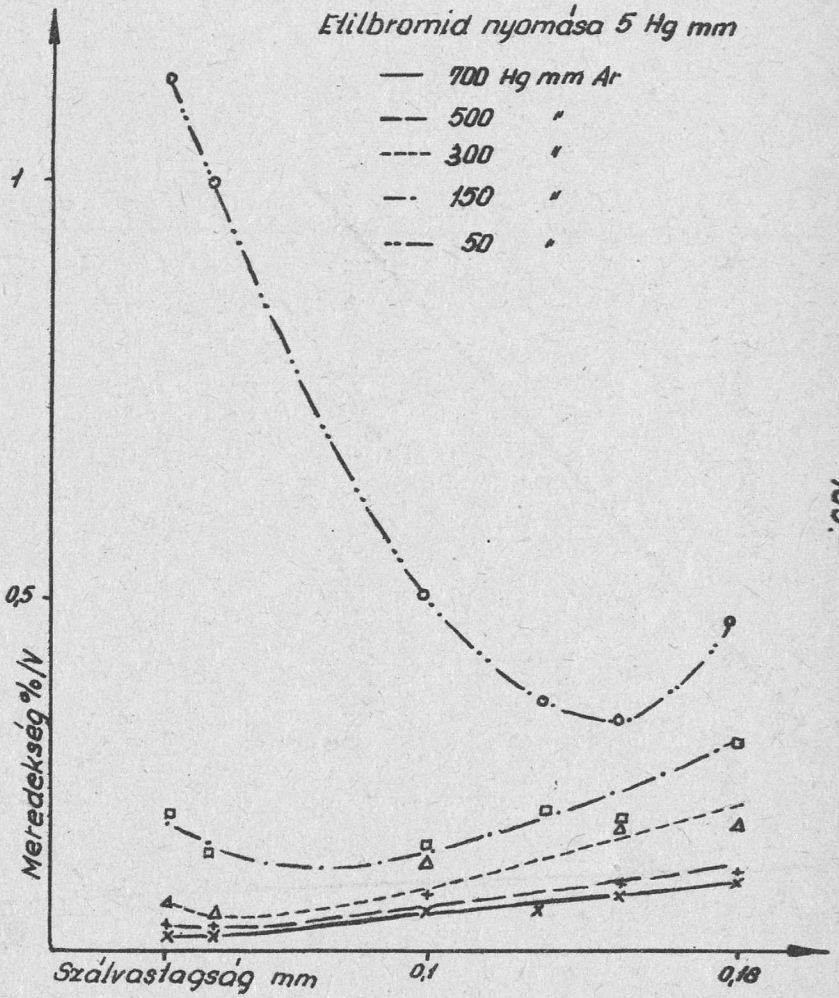
A mérések első része az 1. sz. ábrákon láthatók.

Az etilbromid gáznyomása állandóan 5 Hg mm. Az argon nyomása 5o, 15o, 3oo, 5oo, 7oo Hg mm. Az 1/a ábrán a plátóhossz a szálvastagság függvényében van ábrázolva a különböző argon nyomásoknál. Az 1/b ábrán a plátó Voltonkénti százalékos meredeksége látható a szálvastagság függvényében. Az 1/c ábrán a hatféle szálvastagságnál egyenként látható az indulási feszültség változása az argonnyomás függvényében. Ez egyuttal ellenőrzésül is szolgál, mert az indulási feszültségek mutatják, hogy a töltésnél nem történt hiba.

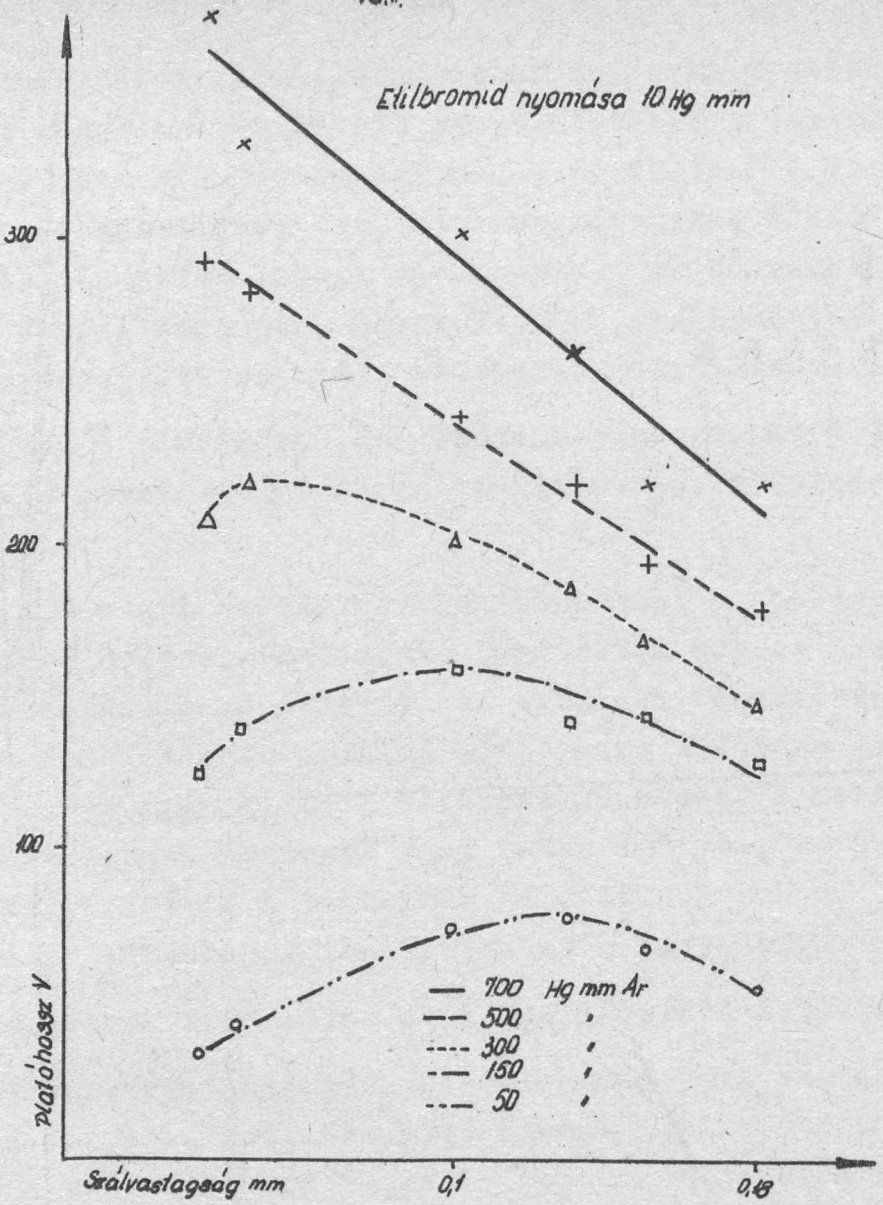
1o Hg mm etilbromid nyomás esetén a 2/a és 2/b, 15 Hg mm nyomásnál a 3/a és 3/b ábrák szemléltetik a plátóhosszt és a meredekséget, különböző szálvastagság és argonnyomás esetén. A 2/c és 3/c ábrák ellenőrzésül az indulási feszültség változását tüntetik fel, különböző szálvastagság és argon nyomás esetén 1o, 111. 15 Hg mm etilbromid nyomásnál.



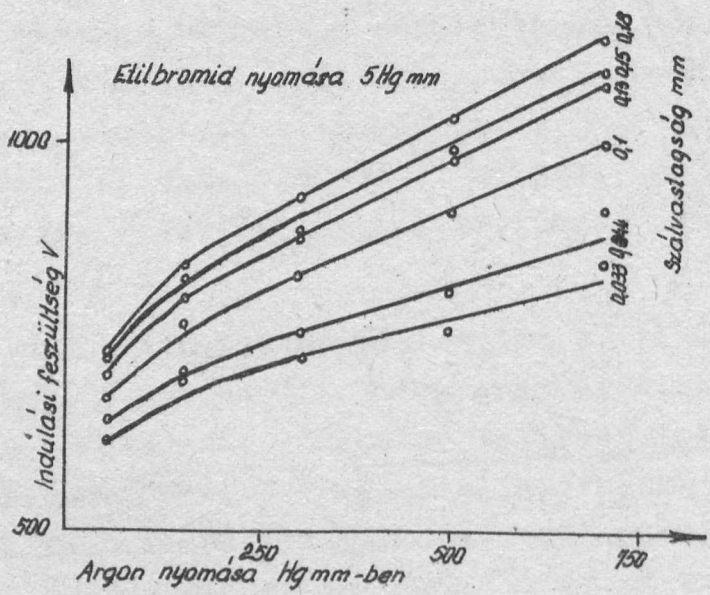
1. a.) ábra.



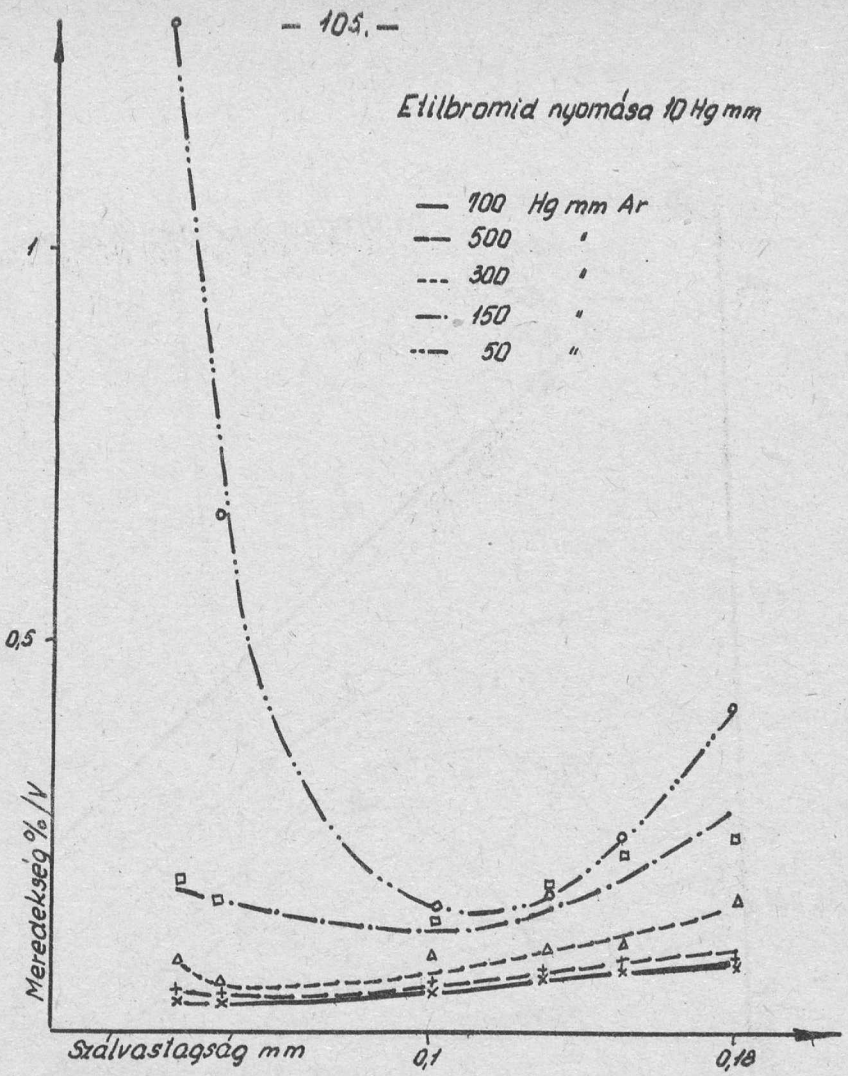
1.b.) ábra.



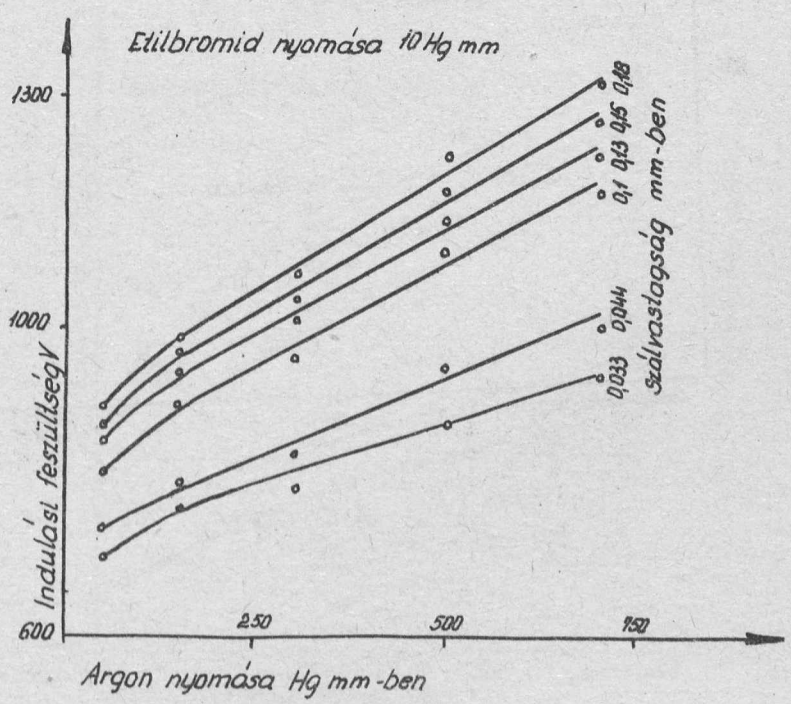
2. a) ábra.



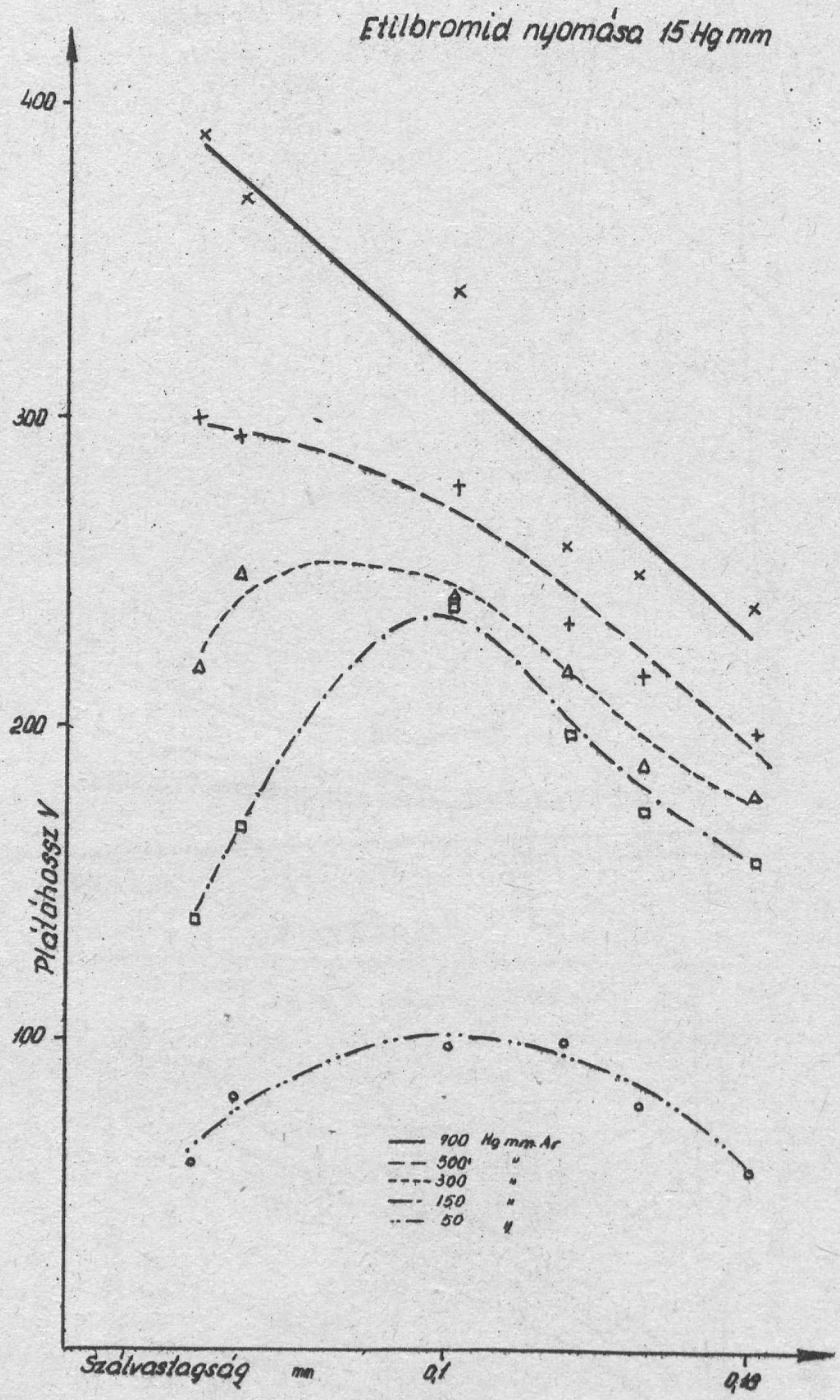
1. c.) ábra.



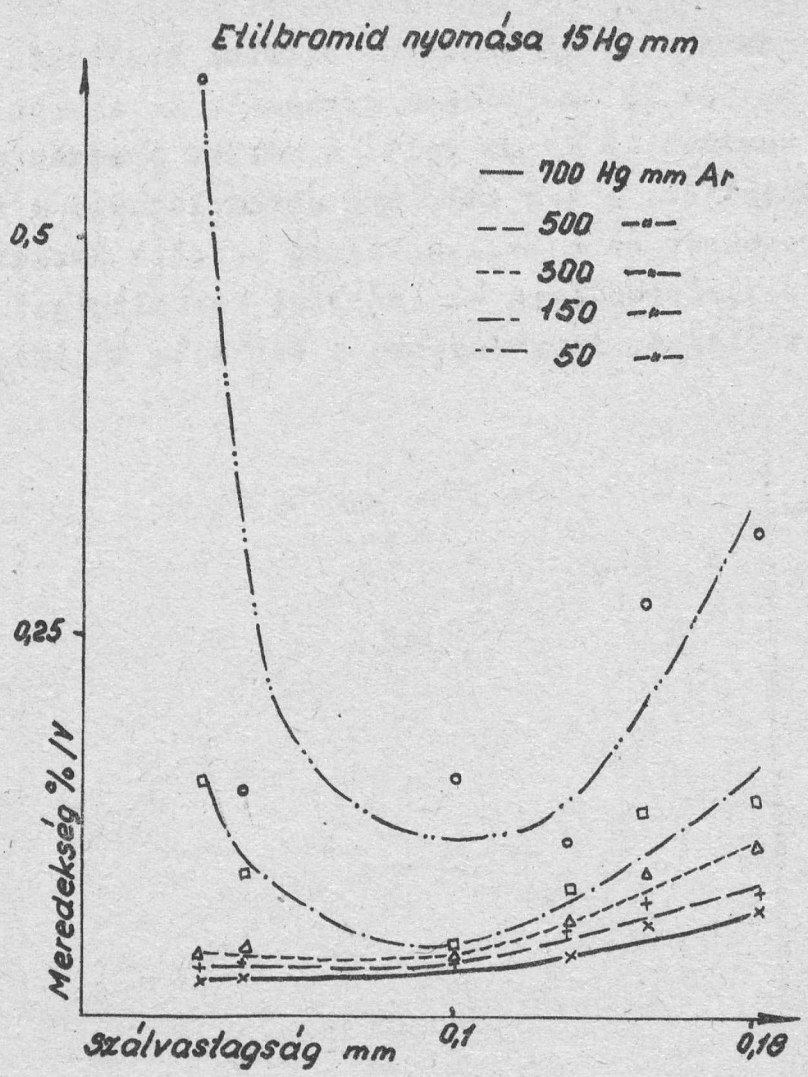
2. b.) ábra.



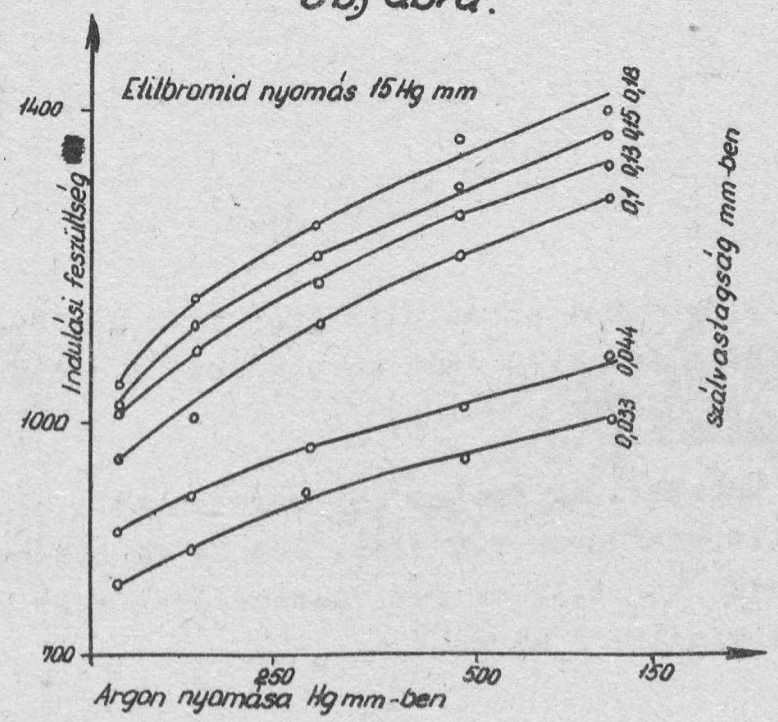
2. c.) ábra.


Etilbromid nyomása 15 Hg mm
400
300
200
100
Plálahossz V
Szálvastagság mm
0,1
0,19
900 Hg mm Ar
500 "
300 "
150 "
50 "

3. a.) ábra.

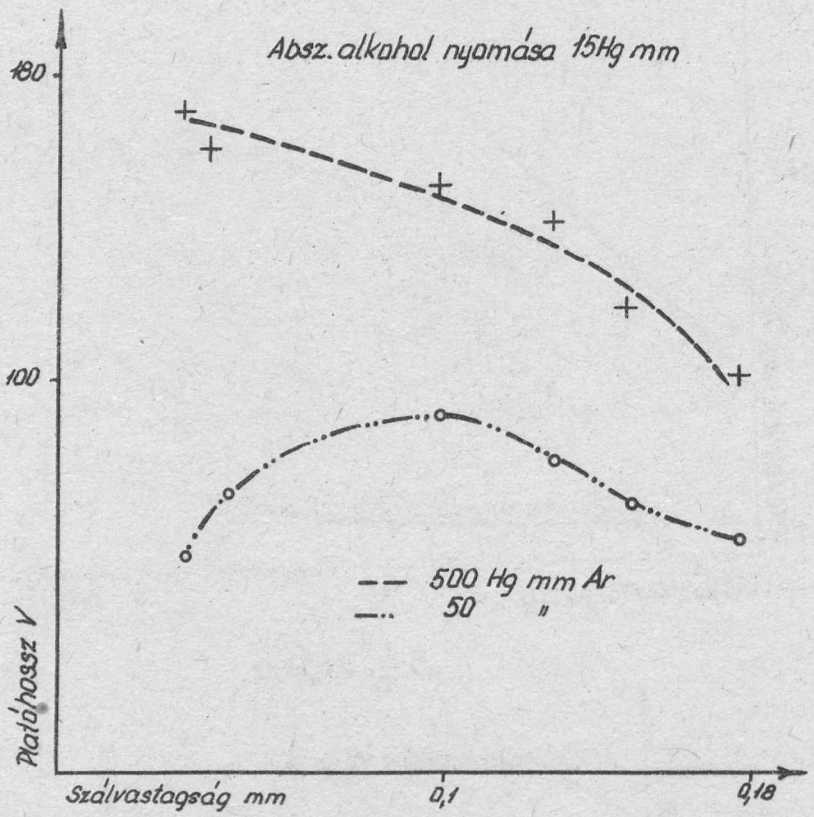


3 b.) ábra.



3 c.) ábra.

Mérések folytak abszolut alkohol kioltógáz töltéssel is, 50 és 500 Hg mm nyomásu argonnal. Az alkohol nyomása mindkét esetben 15 Hg mm volt. A mérési eredményeket a 4. sz. ábrák mutatják. A 4/a ill. 4/b ábrán látható a plátóhossz, illetve meredekség és a szálvastagság közötti összefüggés. A 4/c ábra ellenőrzésképen az indulási feszültséget szemlélteti a szálvastagság függvényében a kétfajta töltésnél.

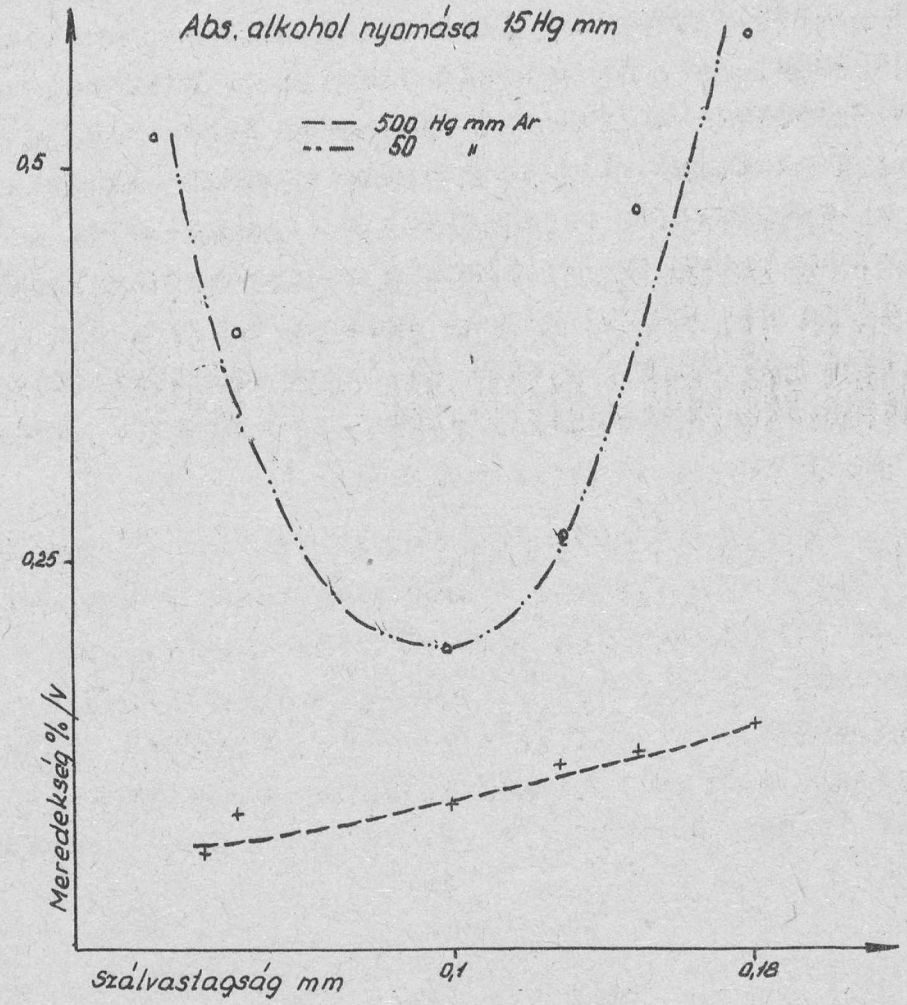


4/a. ábra.

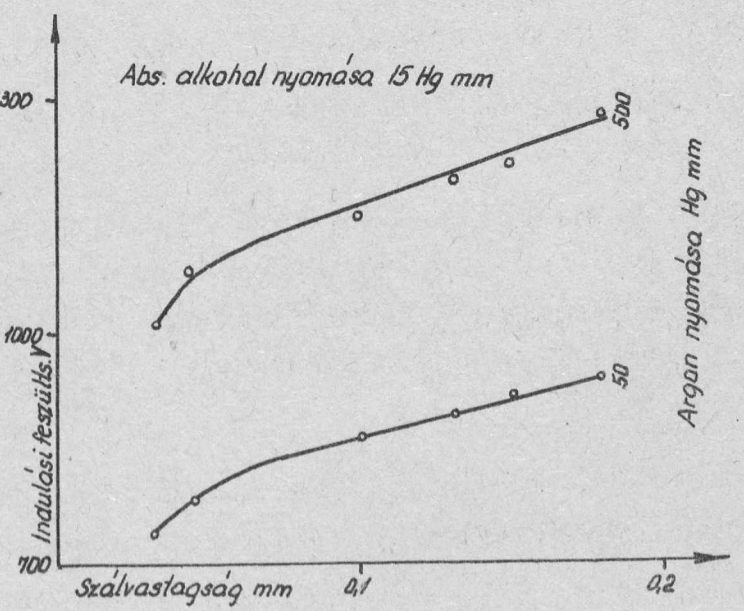
Az alkohol abszolutizálása igen gondosan történt és közvetlenül elkészitès után következett a csövek töltése.

Következtetések.

Chaudhri és Fenton [5] méréseiket 0,065-0,25 szálvastagság intervallumban végezték, 100 Hg mm összny omás mellett. A plátóhossz kb. 0,12 mm szálvastagságnál volt maximális, ugyanitt minimális a meredekség.



4. b) ábra.



4. c.) ábra.

Az 1. 2. 3. sz. ábrák alapján látható, hogy 3oo Hg mm argon nyomásig megvan a plátóhossz maximum, meredekség minimum, hasonlóan, mint az idézett cikkben és növekedő nyomás hatására eltolódik a kisebb szálvastagság felé. 5oo Hg mm argon nyomásnál a maximum, illetve minimum azonban eltünik. A plátóhossz a legvékonyabb anódszálnál a legnagyobb és a meredekség itt a legkisebb. Ez a jelenség hasonlóan mutatkozik 5, 1o, ill. 15 Hg mm etilbromid nyomás esetén, tehát ebben a nyomástartományban nem függ a kioltó gáz mennyiségétől. Viszont növekedő etilbromid nyomással a plátóhossz nő és a meredekség csökken ugyanannál a szálvastagságnál.

Az abszolut alkohollal végzett ellenőrző mérések a 15 Hg mm etilbromiddal végzett mérésekhez hasonló eredményeket adnak. A mérési eredmények szerint nagy nyomásoknál - 5oo Hg mm-nél és ennél nagyobbnál, o,o33 mm szálvastagságig - a számlálócsövek követik a Wilkinson elmélet alapján a plátóhossz és meredekség, valamint a szálvastagság között várható összefüggéseket és maximumok, illetve minimumok nem tapasztalhatók.

I r o d a l o m :

1. S.A.Korff: 1946. Electron and Nuclear Counters, Van Nostrand.
2. D.H.Wilkinson: 1948. Phys.Rev. 74, 1427
3. D.H.Wilkinson: 195o. Ionisation Chambers and Counters, Cambridge
4. A.G.Fenton-E.W.Fuller: 1949.Proc.Phys.Soc. 62,32.
5. M.Chaudhri-A.G.Fenton: 1948. Proc. Phys. Soc, 6a, 2.
6. S.H.Korff-R.D.Present: 1944. Phys.Rev. 65, 274.

.-.-.-.

Érkezett: 1955. január 14.

JEGYZETSOKSZOROSITÓ ÜZEM - Bpest, V., Királyi Pál u. 5.
F.V.: Csajági István

89/G.