



A

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ
INTÉZETÉNEK
KÖZLEMÉNYEI

3. évf. 2. szám

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETÉNEK
K Ö Z L E M É N Y E I

Erfő János, Mátrai Tibor, Nagy László és Vödrös Dániel
közreműködésével szerkeszti:

Faragó Péter

3. évfolyam 2. szám

1955. március - április

T A R T A L O M J E G Y Z É K

	Oldal
1. Bardócz Árpád: Elektronikus vezérlésű spektroszkópiai nagyfeszültségű szikrafényforrás széles tartományban változtatható szikragyakorisággal..	111
2. A Molekulaspektroszkópiai Csoport 1952. évi munkaközössége: A Wadsworth-féle rácsbeállításról ..	136
3. Nagy László: A Rossi-görbe első szakaszának menete különböző adszorbensek esetén	142
4. Rozsnyai Balázs: Magsűrűség és héjszerkezet	147
5. Ziegler Mária: Atommagok hőkitágulási együtthatója ..	154
6. Kostka Pál és Mérey Imre: Az Atomfizikai Osztály 4 MV-os Van de Graaff generátorának feszültségforrása..	161
7. Ember György: Nagyfeszültségű anódpótlók	182
8. Techetné Ágoston Erika és Vödrös Dániel: Radioaktív laboratóriumunk berendezése	199

Technikai szerkesztő: Stancsich Györgyné

A SPEKTROSZKÓPIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: KOVÁCS ISTVÁN

Elektronikus vezérlésű spektroszkópiai nagyfeszültségű
szikrafényforrás széles tartományban változtatható
szikragyakorisággal

Irta: Bardócz Árpád

BEVEZETÉS

A spektroszkópiai nagyfeszültségű szikrafényforrások fejlődésének folyamán jelentős eredményként könyvelték el azt a tényt, hogy a másodpercenkénti szikrák száma, a gerjesztőberendezések villamos kapcsolásának megfelelő kialakításával, rögzíthető volt. A jól ismert forgókapcsolós [1,2,] [3,4,] gerjesztőrendszereknél, egyes ritka kivételektől eltekintve [5,6] az egy másodpercre eső szikrák száma a hálózat rezgésszámának kétszerese. Az ugynevezett nem vezérelt szikragerjesztők üzemviszonyainak beállításánál is rendszerint arra törekedtek, hogy a hálózat egy-egy félperiódusa alatt mindössze egy szikra legyen [7]. A munkaelőírások is általában ilyen szikrázási viszonyokra vonatkoznak.

Fentiekől eltérően a régebbi spektrokémiai irodalomban találkozunk olyan esettel is, amikor a jobb elemzési eredmények elérése végett a gerjesztőberendezés beállítása olyan, hogy a hálózat félperiódusára eső szikrák száma egy-nél több [8,9,10]. Utóbbi időkben Fowler és Wolfe [11], Wolfe és Jemal [12], továbbá Enns és Wolfe [13,14] munkássága alapján megállapítható volt, hogy a spektrokémiai elemzésekben alkalmazott nagyfeszültségű szikragerjesztő berendezéseknél a másodpercre eső szikrák számának növelése az előszikrázási idő lecsökkentéséhez és az elemzési pontosság lényeges megnövekedéséhez vezet. Ez a pontosságnövekedés annyira jelentős, hogy a legkorszerűbb gerjesztőberendezések ezen az elven épülnek fel.

A Fowler és Wolfe [11] által bevezetett nagyfeszültségű szikragerjesztőknek, amint az ismeretes, az a fő jellegzetessége, hogy az elemző szikraközszel levegővel fuvatott vezérlőszikraközök között kapcsolnak sorba. A levegőfuvatásnak az a célja, hogy a szikraköz átütése után megszakítsa a kondenzátor rezgő kisülését. Másodpercenként nagy szikraszám mellett ugyanis az egyes szikrák között rendelkezésre álló idő nem elegendő arra, hogy a kisülés magától megszakadjon.

Az elemző gyakorlat azt mutatja, hogy az időegységre eső szikrák számának növelésével az elemző elektródok felületét a szikra sokkal egyenletesebben dolgozza meg, mint az időegységre eső kis szikraszámok esetén. Ez Fowler és Wolfe [11] szerint az elemző szikraköz nem teljes deionozásának az eredménye. Ha ugyanis a szikra semleges gázban elhelyezett elektródok között halad át, a kisülés leggyakrabban a villamos térerősség legerősebb vonalait mentén folyik le. Hengeres, síkvégződésű elektródoknál ez az elektródok élénél lesz. Ha a szikraközben ionok vannak jelen, a párhuzamos elektródok homlokfelületek közötti normális elektrosztatikai teret eltorzítják és így többé nem törvény és nem is valószínű, hogy a tér az élénél a legerősebb. Ezen maradék ionok jelenlétének tehát az lesz az eredménye, hogy a szikraközöt alkotó elektródok felületén a szikrázás teljesen rendszertelenül oszlik el. Az elektródok kialakításának módja kevésbé befolyásolja az elemzési eredményeket, mert a kisülés a teljes elektródfelületet bejárja. Ezenfelül a kisülés nem mutat hajlamot arra, hogy az elektródok oldalfelületére menjen át.

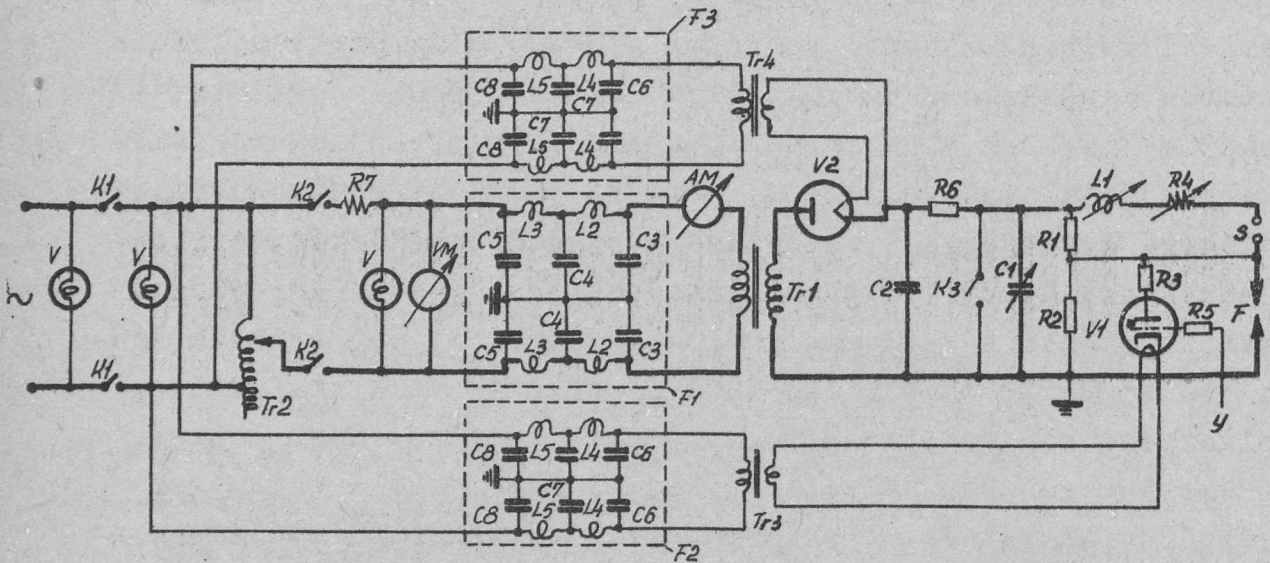
Kísérletek alapján megállapítható volt, hogy mind a szinképvonalak fényerősségének, mind pedig fényerősségviszonyának időbeli állandósága nagyobb félperiodusonkénti szikraszám mellett növekszik. A félperiodusra eső szikrák számát egy bizonyos határ fölé emelve azonban, további javulás nem lesz. [14.]

Az új elektronikus vezérlésű szikragerjesztő

A szerző által korábban bevezetett elektronikus vezérlésű szikragerjesztő rendszer [15-17] a hálózati periódus-számnak megfelelően 50 illetőleg 100 Hz gyakorisággal tette lehetővé szikrák előállítását. Az ennél nagyobb szikragyakoriságok által szolgáltatott, fentebb említett előnyök kihasználására elektronikus vezérlésű gerjesztőberendezést építettünk, amely lehetővé teszi olyan nagyfeszültségű egyenáramú szikrák előállítását, amelynél a másodpercre eső szikrák száma széles tartományban /10-1000 Hz között/ változtatható. A dolgozat ennek a szikragerjesztőnek a leírását tartalmazza. A készülék két részből áll: az egyik rész maga a szikragerjesztő, a másik rész a szikragerjesztőt vezérlő impulzusgenerátor.

A szikragerjesztő rész villamos kapcsolási vázлата az 1. ábrán látható. A Tr1 nagyfeszültségű transzformátor a Tr2 feszültségbeállító transzformátor /Variac/ közbeiktatásával csatlakozik a hálózatra. R7 áramkorlátozó ohmos ellenállás, F1 pedig szűrőtag, amely meggátolja a gerjesztőrendszerben keletkező nagyfrekvenciás áramokat abban, hogy a hálózatba illetve impulzusgenerátorba jussanak. A Tr1 transzformátor a V2 egyenirányító diódán keresztül feltölti a C2 nagykapacitású kondenzátort. Az elemző energiát közvetlenül a C1 kondenzátor szolgáltatja, amelyet R6 ohmos ellenálláson keresztül C2 kondenzátor tölt fel. C1 kondenzátor az "S" vezérlő és "F" elemző szikraközökön keresztül a korábban már részletesen ismertetett módon [15-17] sül ki. A kisülést a V1 thyatroncső vezérli. A thyatroncső működtetése az alábbiakban ismertetendő impulzusgenerátor segítségével történik. Az impulzusgenerátor az "y" pontban az R5 rácslevezető ellenálláson keresztül csatlakozik a V1 thyatroncső rácsára. Az 1. ábrában L1 és R4 a kisülési áramkör üzemviszonyainak beállítására szolgáló kapcsolási elemek.

Ha az "F" szikraközben /1. ábra/ elhelyezett próbadarab leszikráztatása megtörtént és a Tr1 transzformátort a há-



1. ábra.

Elektronikus vezérlésű, nagyfeszültségű egyenáramú spektroszkópai szikrafényforrás, időben változtatható szikragyakorisággal. Villamos kapcsolási vázlat.

AM = árammérő, 15 amper

C1 = kondenzátor, 1000-10 000 pF, 20 000 volt

C2 = kondenzátor, 5 mikrofaraad, 15 000 volt

F = elemző szikraköz.

F1 = szűrőtag

C3 = kondenzátor, 20 000 pF, 1500/4500 volt

C4 = kondenzátor, 20 000 pF, 1500/4500 volt

C5 = csillámkondenzátor, 2 000 pF, 1000/3000 volt

L2 = önindukció, 20 mikrohenry

L3 = önindukció 2 mikrohenry

F2,3 = szűrőtag

C6 = kondenzátor, 10 000 pF, 1500/4500 volt

C7 = kondenzátor, 11 000 pF, 1500/4500 volt

C8 = csillámkondenzátor, 10000 pF, 1000/
3000 volt

L4 = önindukció, 6,5 mikrohenry

L5 = önindukció, 1,0 mikrohenry

K1, K2 = kapcsolók

K3 = nagyfeszültségű kapcsoló

L1 = önindukciós tekercs, 60-1000 mikrohenry

R1, R2 = osztóellenállások, 100 megohm, 5 watt

R3 = huzalellenállás, 0,02 megohm, 150 watt

R4 = huzalellenállás, 0,5-10 ohm

R5 = rétegellenállás, 5 kiloohm, 1 watt

R6 = huzalellenálláslánc, 0,05 - 0,5 megohm, ki-
sebb ellenállás értékeknél tagonként 150
watt, nagyobb ellenállás értékeknél meg-
felelően kisebb

R7 = huzalellenállás, 3 ohm, 15 amper

S = vezérlő szikraköz

Tr1 = transzformátor, 220/15 000 volt, 2 kVA

Tr2 = feszültségbeállító transzformátor /Variac/
220/0 - 270 volt, 2 kVA

Tr3 = fűtőtranszformátor, 220/5 volt, 75 VA

Tr4 = fűtőtranszformátor, 220/5 volt, 30 VA,
20 000 voltra szigetelve

V = jelzőlámpák

V1 = thyatroncső, 10 000 volt, 4 amper, GRG4

V2 = vákuum dióda, üzemi feszültség 20 000 volt,
invers anódfeszültség 40 000 volt, legf.
1 amper

VM = feszültségmérő

y = az impulzusgenerátorból jövő vezérlő jel

lózatról lekapcsoljuk a gerjesztőrendszer részben feszültség alatt lesz, mert a C2 kondenzátor feltöltve marad. A C2 kondenzátor az R1 és R2 ohmos ellenállásokon keresztül, utóbbiak nagy értéke miatt csak aránylag hosszú idő után tud kisülni. A gerjesztő kapcsolórendszerét ezért úgy kell megszerkeszteni, hogy a Tr1 transzformátor kikapcsolásával egyidejűleg K3 kapcsoló bekapcsoljon, mely esetben a C2 kondenzátor R6 ellenálláson keresztül gyorsan kisül.

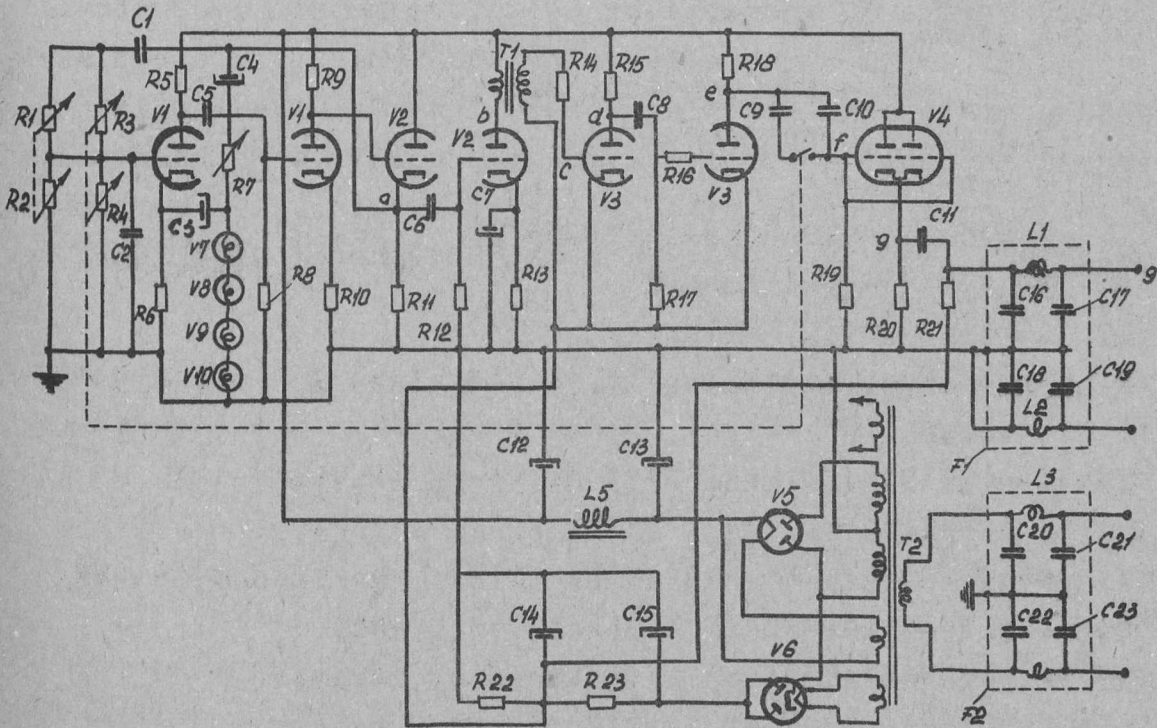
Az 1. ábra R7 ohmos ellenállásának értéke úgy van megválasztva, hogy az "S" és "F" szikraközök rövidrezárása esetén az áramfelvétel a megengedett érték alatt maradjon.

A V1 thyatron és V2 egyenirányító csövek /1. ábra/ fűtését ellátó Tr3 és Tr4 transzformátorok az F2 és F3 szűrőtagokon keresztül csatlakoznak a hálózatra. Az alkalmazott igen alapos szűrésre azért van szükség, mert tapasztalat szerint a gerjesztőből kártokozó nagyfeszültségű áramok jutnak a hálózatba.

A szikragerjesztő működésének szabályossága megjavítható, ha az 1. ábra "F" szikraközét ionozó tüvel ionozzuk. [18.] Ennek különösen akkor van jelentősége, ha "S" és "F" szikraközökben az átütési feszültségnek "aszimetriája" van, ami abból származhat, hogy pl. az "F" elemző szikraköz átütési feszültsége, a kis elemző elektródtávolság miatt lényegesen eltér "S" átütési feszültségétől. Ha ez az aszimetria nagy, az 1. ábra R1 és R2 feszültségosztó ellenállásokat szintén aszimmetrikusan kell beállítani. Természetesen "S" és "F" szikraközök szerepe fel is cserélhető.

Az "S" és "F" szikraközök átütési feszültségeinek aszimetriájából származó nehézségek elkerülhetők, ha "S" helyett kettős vezérlőszikraközt alkalmazunk [15].

Az 1. ábra V1 jelű thyatroncsövének működtetését a 2. ábrán ábrázolt impulzusgenerátor eszközli. Az impulzusgenerátor változtatható rezgésszámu RC hanggenerátorból és az 1. ábra V1 jelű thyatroncsövét működtető jelkialakító-részből áll.



2. ábra.

Az impulzusgenerátor villamos kapcsolási váz-
lata

a, b,... y = helyjelölések

C1,2 = kondenzátor, 0,08 mikrofara

C3 = kondenzátor, 100 mikrofara 35 volt, elektro-
litikus.

C4 = kondenzátor, 32 mikrofara 550 volt, elektro-
litikus.

C5,6 = kondenzátor, 0,05 mikrofara

C7 = kondenzátor, 100 mikrofara 35 volt, elektro-
litikus.

C8 = kondenzátor, 0,05 mikrofara

C9 = kondenzátor, 0,01 mikrofara

C10 = kondenzátor, 0,005 mikrofara

C11 = kondenzátor, 0,01 mikrofara

C12,13 = kondenzátor, 2x32 mikrofara 550 volt, elek-
trolitikus

- C14,15 = kondenzátor, 8 mikrofarad 550 volt, elektroli-
tikus
- F1 = szűrőelem
C 16-19 = kondenzátor, 200 pF
L1-2 = önindukció
- F2 = szűrőelem
C20-23 = kondenzátor, 200 pF
L3,4 = önindukció
- L5 = önindukció, 6 Henry
- R1-4 = rétegellenállások, 0,5 watt, lásd az I. táblá-
zatot
- R5 = rétegellenállás, 22,5 kiloohm, 1 watt
R6 = rétegellenállás, 10 kiloohm, 0,5 watt
R7 = változtatható huzalellenállás, 20 kiloohm, 6 watt
R8 = rétegellenállás, 1 megohm, 0,5 watt
R9 = rétegellenállás, 12,5 kiloohm, 1 watt
R10 = rétegellenállás, 3 kiloohm, 0,5 watt
R11 = rétegellenállás, 50 kiloohm, 2 watt
R12 = rétegellenállás, 1 megohm, 0,5 watt
R13 = rétegellenállás, 500 ohm, 0,5 watt
R14 = rétegellenállás, 1 megohm, 0,5 watt
R15 = rétegellenállás, 300 kiloohm, 1 watt
R16 = rétegellenállás, 2 megohm, 0,5 watt
R17 = rétegellenállás, 1 megohm, 0,5 watt
R18 = rétegellenállás, 50 megohm, 1 watt
R19 = rétegellenállás, 200 kiloohm, 0,5 watt
R20 = rétegellenállás, 10 kiloohm, 1 watt
R21 = rétegellenállás, 160 kiloohm, 1 watt
R22 = rétegellenállás, 33 kiloohm, 1 watt
R23 = rétegellenállás, 66 kiloohm, 2 watt
- T1 = hangfrekvenciás transzformátor, áttétel 1:3
T2 = transzformátor, 220/2x330; 6,3; 4,0 volt
- V1-3 = kettős trióda, ECC40
V4 = kettős trióda, 6J6
V5 = kétutas egyenirányító, AZ21
V6 = kétutas egyenirányító 6X4
V7-10 = telefonlámpa, 48 volt, 45 milliámpér
y = az impulzusgenerátor kimenete

A 10 Hz-enként hangolható RC hanggenerátor aV1-csővet és a V2 cső egyik felét foglalja magában. A rezgésszám beállítása a V2 cső katódjáról táplált C1, R1-R3 illetve C2 és R2-R4 frekvenciafüggő visszacsatolólánccal ellenállásainak egyidejű változtatásával történik. Az oszcillátor rezgéseinek frekvenciája

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_1 \cdot C_2 \cdot R_{1,3} \cdot R_{2,4}}}$$

ahol

$$\frac{1}{R_{1,3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}, \quad \text{azaz } R_{1,3} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}$$

és

$$\frac{1}{R_{2,4}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}, \quad \text{azaz } R_{2,4} = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4}$$

Ha $R_1 = R_2$; $R_3 = R_4$ és $C_1 = C_2 = C$ akkor

$$f = \frac{1}{2\pi C R}, \quad \text{ahol } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}$$

Továbbá

$$f = \frac{1}{2\pi C} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{1}{2\pi C R_1} + \frac{1}{2\pi C R_3} = f_1 + f_3$$

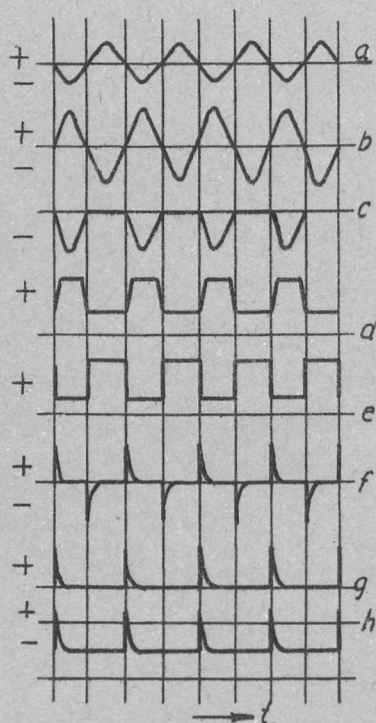
Ez más szóval azt jelenti, hogy R1 illetőleg R3 ellenállásokkal beállított f1 illetőleg f2 frekvenciaértékek összeadódnak. Ily módon az R1, R2 ill. R3, R4 ellenállásértékeket változtatva különböző rezgésszámok állíthatók be és az eredő frekvencia a két kapcsolón beállított frekvenciák összege lesz. Így 10-1100 Herz között, 10 Herzenként minden frekvencia előállítható. A rezgésamplitudók stabilitását az R7, V7-10 nem lineáris visszacsatolólánccal biztosítja. R7 újabb beállítására csak csőcsere esetén van szükség.

Az impulzusgenerátor egyes pontjain a feszültség lefolyását vázlatosan a 3. ábra mutatja. Az egyes betűjelölésekhez tartozó görbék a 2. ábra ugyanazon betűjelölésű pontjában adják meg a feszültség lefolyását.

A hanggenerátor által előállított és a 2. ábra "a" pontjában jelentkező sinusos feszültséget a 3a. ábrán láthatjuk. Ezt a jelet a V2 cső másik fele továbbá a T1 hangfrekvenciás transzformátor felerősíti. A 2. ábra "b" pontjában jelentkező felerősített jel a 3b. ábrán látható. A következő fokozat /V3 első fele/ torzító erősítő, amely ebből a rácásra juttatott sinus alakú feszültségből rác és anódköri vágással négyszögjelet csinál. A rácsköri vágásra a R14 rácsköri soros ellenállás szolgál. A 2. ábra "c" pontjában jelentkező egyenirányított jelet a 3c. ábrán láthatjuk. A V3 cső anódján a "d" pontban jelentkező jel négyszög alakú lesz /3d ábra/.

A V3 első felével kapott négyszögjelet V3 másik fele tovább felerősíti és vágja mint az előbbi fokozat, továbbá fázisban átfordítja. V3 anódján az "e" pontban jelentkező jel alakja a 3e ábra szerinti. Rácsköri vágásra itt az R16 ellenállás szolgál. A jelnagyság növelése végett a V3 csövek táplálása a készülékben az 1. ábra V1 thyatroncsöve előfeszültségének előállítása céljából jelenlévő kaszkádkapcsolású egyenirányító nagy anódfeszültségével történik.

Az így előállított négyszögjelet az R19-C10 differenciálólánc a 3f. ábra szerinti jelekké alakítja. A 3f. ábra szerinti jelek a 2. ábra "f" pontjában jelentkeznek. A 100 Hz-415/G.



3. ábra.

A feszültség lefolyása a 2. ábra impulzusgenerátorának különböző pontjaiban. Az egyes betűjelölésekhez tartozó görbék a 2. ábra ugyanazon betűjelölésű pontjain adják a feszültséget. $t = \text{idő}$

nél kisebb frekvenciákon C_{10} értéke mellett a jelek nagysága csökken, ami az 1. ábra V1 jelű thyratroncsővének hiányos működését vonhatja maga után. Ezért 100 Hz-nél kisebb frekvenciákon a C_9 kondenzátort még külön be kell iktatni, miáltal a bekövetkező jel nagyság-csökkenés kiküszöbölhető. C_9 -et beiktató kapcsoló R_3 és R_4 ellenállásokat beiktató gombbal kényszerkapcsolatban van, de csak akkor működik, amikor 100 Hz-nél kisebb frekvenciaértékekkel dolgozunk.

A négyszöghullám differenciálásával előállított pozitív és negatív feszültségjelek a V4 katódcsatolású erősítő rácsára kerülnek. A fokozat nagy katódellenállása miatt $/R_{20}/$ a cső nyugalmi anódárama közel zérus. Ezért a cső csak pozitív jelet visz át. A nagy katódellenállás miatt anódáram könyök egyenirányítás áll elő. A 2. ábra "g" pontjában a feszültségjel alakja a 3g. ábra szerinti. Az impulzusgenerátorból a jel a katódcsatolású erősítő katódpontjáról a C_{11} csatlóelemen keresztül jut ki és az F1 szűrőelemen keresztül "y" pontjával az 1. ábra V1 jelű thyratroncső rácsához megy. A thyratroncső rácslezáró feszültségét a V6 egyenirányítócsővel előállított és az R_{22} , R_{23} , C_{14} és C_{15} szűrőelemekkel szűrt feszültség az R_{21} védőellenálláson keresztül szolgáltatja. A 3h. ábra a vezérlőjelet földpotenciálra vonatkoztatva adja meg. A 3a-g. ábrákon a jelek katódpotenciálra vannak vonatkoztatva. Az F2 szűrőtag meggátolja, hogy a hálózathoz nagyfrekvenciás áramok jussanak az impulzusgenerátorba.

A 2. ábra szerint kapcsolt impulzusgenerátor különböző rezgésszámúhoz tartozó $R_1=R_2$ és $R_3=R_4$ ellenállásértékek az I. táblázatban vannak összefoglalva.

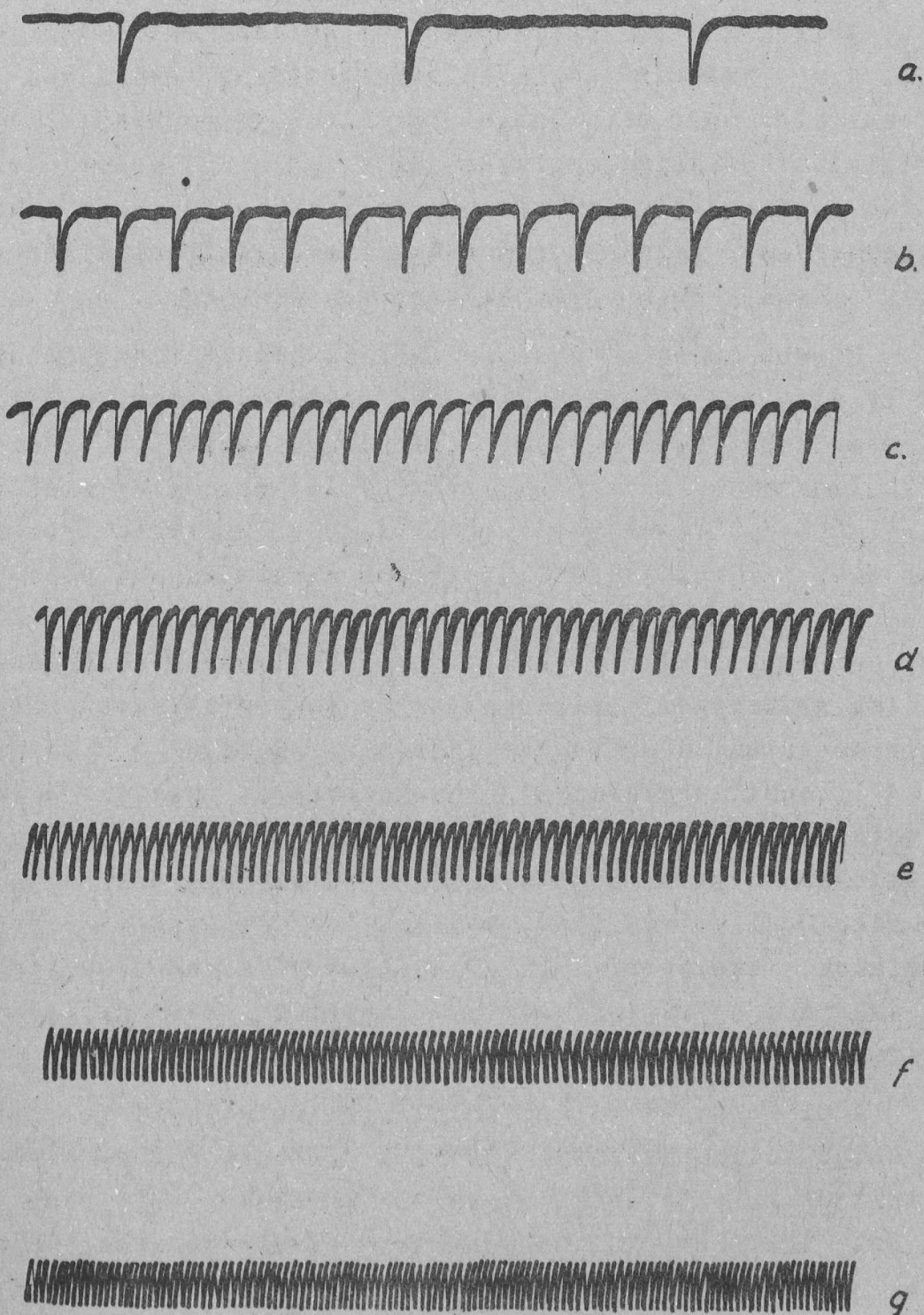
I. táblázat.

A 2. ábra impulzusgenerátorának különböző rezgésszámúhoz tartozó $R_1 = R_2$ és $R_3 = R_4$ számított ellenállásértékek. A megadott frekvenciák névleges értékek, a valóságos rezgésszámok ezektől valamelyest eltérnek.

Frekvencia Hz	R1 = R2 kiloohm	Frekvencia Hz	R3 = R4 kiloohm
10	200,0	100	20,0
20	100,0	200	10,0
30	66,6	300	6,66
40	50,0	400	5,0
50	40,0	500	4,0
60	33,3	600	3,33
70	28,6	700	2,86
80	25,0	800	2,5
90	22,2	900	2,22
100	20,0	1000	2,0

A berendezés működésének szemléltetése

A szóbanforgó szikragerjesztő működésének szemléltetésére a 4. ábrán oszcillogrammokat mutatunk be, amelyek az 1. ábra C1 kondenzátorának sarkain mutatják a kisfrekvenciájú feszültségviszonyokat. A felvételek Siemens hurkos görbeiróval készültek. Az összes felvételeknél az 1. ábra jelöléseivel $C_1=5000$ pF, $R_6=0,4$ megohm, $R_4=3$ ohm, L_1 = a vezetékek maradék önindukciója volt. Az oszcillogrammokban a feszültséglépték: 1 mm = 1600 volt. A 4a.-d. ábrák felvételénél a C2 kondenzátor töltőfeszültsége 16 000 voltot, a 4e.-g. ábrák felvételénél 20 000 voltot tett ki. Az adott áramköri viszonyok mellett a 4a.-b. ábrákban a C1 kondenzátor töltőfeszültsége teljes mértékben eléri, a 4c.-d. ábrákban jól megközelíti a C2 kondenzátor töltőfeszültségét. Megtartva az áramköri viszonyokat, de növelve a rezgésszámot a rendelkezésre álló rövid idő miatt a C1 kondenzátor már csak az $R_6, C1$ szorzat által megengedett feszültségre tud feltelni. Növelve C2 feszültségét, növelhető C1 kondenzátor töltőfeszültsége is. 20 000 volt feletti feszültségnövelés azért nem volt lehetséges, mert a C2 helyén alkalmazott kondenzátor üzemi feszültsége mindössze 15 000 voltot tett ki.



4. ábra.

A feszültségviszonyok az 1. ábra C1 kondenzátorának sarkain. Hurkos görbeiróval felvett görbék. A kisülések gyakorisága az a, b, ... g képeken: 9, 44, 89, 133, 216, 306 illetőleg 389 Hz.

Feszültséglépték 1 mm = 1600 volt.

A görbék kisebb szabálytalanságai a görbeiró hurok önrezgésétől származnak.

Nagyobb szikragyakoriságok tartományában a C1 kondenzátor töltőfeszültségének növelését R6 csökkentésével is el lehet érni. Ezáltal lecsökken a feltöltéshez szükséges idő. Ilyen beállítás mellett azonban a C1 kondenzátor kisütését követő hirtelen feszültségemelkedés az 1. ábra "S" vezérlő szikraközének rosszabb deionozását és így a bizonytalanabb működést eredményezi. A legkedvezőbb üzemviszonyok beállításához az egyes tényezők összeegyeztetésére van szükség.

Kisebb energiák vezérlésénél és kisebb frekvenciáknál az 1. ábra "S" vezérlőszikraköze készülhet szén, grafit, vagy fémtárcsákból. Szén- és grafitrudak egyaránt jó eredménnyel alkalmazhatók. A legjobb eredményeket magnézium elektródok alkalmazásával lehetett elérni. Nagyobb frekvenciákon és nagyobb energiák vezérlésénél, tárcsák alkalmazása esetén az "S" vezérlő szikraköz deionozása már nem lesz kielégítő. Ilyenkor 4-6 mm átmérőjű rúdelektrodok alkalmazása célszerű. Az így kialakított vezérlőszikraközt a nagyobb szikragyakoriságok tartományában levegővel kell fuvatni. Ezeknél a kísérleteknél a levegőt 10 mm átmérőjű üvegcsövön át fuvattuk a vezérlő szikraközbe. A szokásos esetekben, 10 mm átmérőre leszűkített kifuvó nyílású hajszáritó fuvóteljesítménye a célra már elegendő. Itt meg kell még említeni, hogy kettős vezérlőszikraköz esetében [15,17] is elegendő a vezérlőszikraköznek csak azt a felét fuvatni, melyet a thyatroncső nem hidal át.

A C1 kondenzátort az R6 ellenállás helyett feltölthetjük önindukción keresztül is. Ha a C1 kondenzátort ilyen módon töltjük fel, javíthatjuk az "S" szikraköz deionozási viszonyait, mert akkor C1 kondenzátor feltöltődése az elején nem lesz olyan hirtelen, mint ellenálláson át való feltöltés esetében. A legtökéletesebb megoldásnál a C1 kondenzátor feltöltését vezérelt csövön keresztül kell eszközölni, mely esetben a C1 kondenzátor kisülése után az "S" vezérlő szikraköz elektródjait hosszabb ideig feszültségmentesen lehet tartani.

Amint az a 4. ábra szövegébe beírt rezgésszámok és az I. táblázat összehasonlításából kitűnik, az I. táblázat számított /névleges/ értékei és a valóságosan lemerített rezgésszámok között eltérések mutatkoznak. A mért rezgésszámértékeket a hurkos görbeíróba beépített 500/mp rezgésszámú hangvilla rezgésszámával való összehasonlítás útján nyertük.

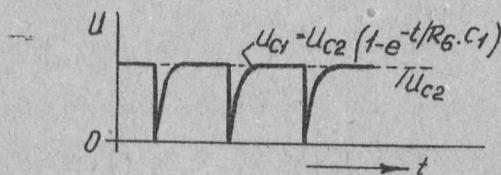
Bár megfelelő pontos R1-R4 ellenállásértékek segítségével elérhetők a számított értékek, ezt még sem kerestük, mert ennek nincsen túl sok gyakorlati értelme.

A C₂ - R₆ - C₁ áramkör méretezése

Feltételezzük először, hogy az 1. ábra C₂ kondenzátora végtelen nagy kapacitású. Ebben az esetben C₁ feltöltése nem okoz C₂ sarkain feszültségesést. C₁ kondenzátor kisülése után annak sarkain a feszültség lefolyását az

$$U_{C1} = U_{C2} \left[1 - \exp \left(-t / R_6 \cdot C_1 \right) \right]$$

egyenlet írja le. Ha a feltöltésre elegendő idő áll rendelkezésre $U_{C1} = U_{C2}$. Ezt az állapotot az 5. ábra tünteti fel.



5. ábra.

Feszültségviszonyok az 1. ábra C₁ kondenzátorának sarkain.

U_{C2} = feszültség a C₂ kondenzátor sarkain,

U_{C1} = a feszültség lefolyása a C₁ kondenzátor sarkain.

Ha adott áramköri viszonyok mellett C1 kondenzátor kisüléseinek gyakorisága bizonyos érték felett van, a C1 kondenzátor U_{C1} töltőfeszültsége nem fogja U_{C2} értékét elérni, hanem az a 6. ábra szerint ΔU_{C1} értékkel kisebb lesz. C1 feltöltésének kezdetétől számítva " T_1 " idő elteltével /6. ábra/ C1 kondenzátor sarkain a feszültség

$$U_{C1} = U_{C2} \left[1 - \exp \left(-T_1 / R_6 \cdot C_1 \right) \right] \quad (2)$$

$$\Delta U_{C1} = U_{C2} - U_{C1} = U_{C2} \exp \left(-T_1 / R_6 \cdot C_1 \right) \quad (3)$$

és a viszonylagos feszültségesökkenés /3/ alapján

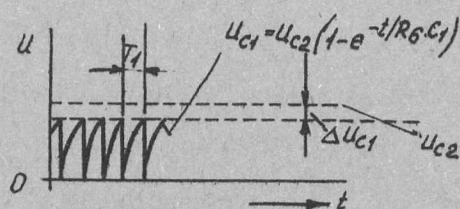
$$\alpha_1 = \frac{U_1}{U_{C2}} = \exp \left(-T_1 / R_6 \cdot C_1 \right) \quad (4)$$

/4/ kifejezés segítségével ismert " T_1 " mellett előírt α_1 feszültségeséshez meghatározhatjuk R_6 értékét.

$$R_6 \leq - \frac{T_1}{C_1 \ln \alpha_1} \quad (5)$$

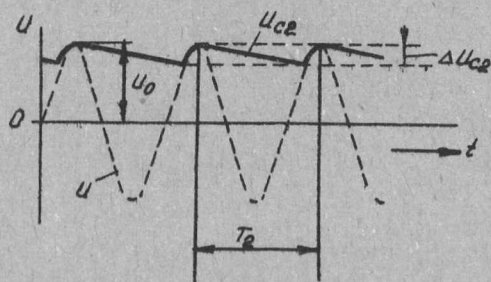
A valóságban az 1. ábra C2 kondenzátorának kapacitása nem végtelen nagy és így ha a C1 kondenzátor kisüléseinek gyakorisága nagyobb mint C2 kondenzátor feltöltési gyakorisága a töltőszünetekben C2 feszültsége esni fog. /7. ábra/. Minden töltőperiódusban a C2 kondenzátor a T_{r1} transzformátor szolgáltatotta U_0 csúcshőfeszültségre telik fel. A továbbiakban meg fogjuk határozni C2 kondenzátor szükséges kapacitását, megengedett feszültségesés esetére.

/6. és 7. ábrát lásd a köv. oldalon./



6. ábra.

Feszültségviszonyok az 1. ábra C1 kondenzátorának sarkain, ha C1 kisüléseinek gyakorisága aránylag nagy. U_{C2} = feszültség a C2 kondenzátor sarkain. U_{C1} = feszültség lefolyása a C1 kondenzátor sarkain. ΔU_{C1} = a feszültségesés, T_1 = a C1 kondenzátor kisüléseinek periódus ideje.



7. ábra.

A feszültség lefolyása az 1. ábra C2 kondenzátorának sarkain egyutas egyenirányítás esetében. U = a feszültség lefolyása a Tr1 transzformátor sarkain, U_0 = annak csúcserőteke, ΔU_{C2} = feszültségesés a C2 kondenzátor sarkain. T_2 = a kisütés időtartalma /megközelítően./.

A másodpercenként kiszülő töltés /vagyis a C2-R6-C1 áramkörben lévő áram/

$$I = n \cdot C_1 \cdot U_{C1} \quad (6)$$

ahol n = a kiszülések másodpercenkénti száma. Az egyenértékű ellenállás /ugyanakkora közepes áramnak megfelelő ellenállás/.

$$R = \frac{U_{C1}}{I} = \frac{1}{n \cdot C_1} \quad (7)$$

Ha ebbe a kifejezésbe C_1 értékét Faradban helyettesítjük be, R értékét ohmokban kapjuk.

Két töltési periódus között a 7. ábrának megfelelően a C2 kondenzátor exponenciálisan kiszül. Féloldalas egyenirányításnál a legnagyobb töltési feszültség U_0 időpontjától számítva " t " időpontban a feszültség U tekintetbevételével

$$U_{C2} = U_0 \exp(-t / R \cdot C_2) \quad (8)$$

ahol U_0 a transzformátor által szolgáltatott csúcsheszültség. " T_2 " idő elteltével a C2 kondenzátor sarkain a feszültség

$$U_{C2} = U_0 \exp(-T_2 / R \cdot C_2) \quad (9)$$

A legnagyobb töltési feszültség U_0 időpontjától számítva " T_2 " idő alatt a C2 kondenzátor sarkain bekövetkező feszültségcsökkenés

$$\Delta U_{C2} = U_0 - U_0 \exp(-T_2 / R \cdot C_2) = U_0 [1 - \exp(-T_2 / R \cdot C_2)] \quad (10)$$

Ebből a viszonylagos feszültségesés

$$\alpha_2 = \frac{\Delta U_{C2}}{U_0} = 1 - \exp(-T_2 / R \cdot C_2) \quad (11)$$

/11/ egyenletből

$$C_2 = - \frac{T_2}{-R \ln |1 - \alpha_2|} = \frac{k}{R} \quad (12)$$

ahol

$$k = - \frac{T_2}{\ln |1 - \alpha_2|} \quad (13)$$

Az előbbi összefüggések alapján ki fogjuk számítani különböző egyenirányítási módzatok esetére C_2 kapacitásértékét arra az esetre, ha $C_1 = 10\,000$ pF, $n = 300/\text{mp}$, és a megengedett feszültségesés 1 % illetve 5 %, vagyis $\alpha_2 = 0,01$ illetve 0,05.

A különböző egyenirányító fajták esetére az egymást követő töltések között eltelt időt " T_2 "-t a II. táblázat tartalmazza. Ugyanez a táblázat tartalmazza a /13/ egyenlet alapján számított "k" értékeket is. /7/ egyenlet alapján

$$R = \frac{1}{300 \cdot 10^4 \cdot 10^{-12}} = 0,333 \text{ megohm}$$

/12/ alapján pedig 1 % feszültségesés és egyutas egyenirányítás esetében az 1. ábra C_2 kondenzátorának kapacitásértéke:

$$C_2 = \frac{2}{0,333} = 6 \text{ mikrofara}$$

Ugyanez 5 % feszültségesés esetében

$$C_2 = \frac{0,4}{0,333} = 1,2 \text{ mikrofara}$$

Hatfázisu egyenirányításnál a megkívánt kapacitásérték 1 % feszültségesés esetében 1 mikrofarad, 5 % feszültségesésnél pedig mindössze 0,2 mikrofarad.

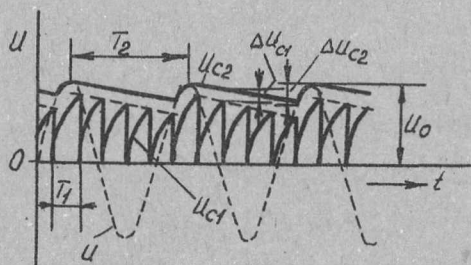
II. táblázat

A különböző egyenirányító módozatokhoz tartozó $k = RC_2$ értékek 1% illetve 5% feszültségesés esetében:

Az egyenirányítás módozata:	A töltések közötti idő T_2 mp	$k = RC_2$ mp	
		$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$
Egyfázisu egyutas	0,02	2	0,4
Egyfázisu kétutas	0,01	1	0,2
Egyfázisu feszültségkettőző	0,01	1	0,2
Egyfázisu Graetz	0,01	1	0,2
Háromfázisu egyutas	0,00667	0,667	0,133
Háromfázisu Graetz	0,00334	0,667	0,133
Hatfázisu egyutas	0,00334	0,334	0,0668

Az elmondottak alapján azt látjuk, hogy C_1 kondenzátor töltőfeszültsége két okból ingadozhat. Egyszer azért, mert C_2 töltőperiódusai közben C_1 kondenzátor egynél többször sül ki, másrészt pedig azért, mert C_1 kisülési gyakorisága nagyobb annál, mint amit teljes feltöltődési ideje megengedne. Az első fajta feszültség-ingadozás eszik akkor, ha C_1 kisülést gyakori-
415/G.

risága azonos vagy kisebb mint C2 feltöltődési gyakorisága. Ebben az esetben a feszültségingadozás csak ΔU_{C1} lesz /6. ábra/. Ha viszont C1 kisülési gyakorisága nagyobb mint C2 feltöltődési gyakorisága ΔU_{C1} -hez még ΔU_{C2} is hozzájön /8. ábra/. Ilymódon a teljes feszültségingadozás 0 és $\Delta U_{C1} + \Delta U_{C2}$ között van.



8. ábra.

A feszültség lefolyása az 1. ábra C1 kondenzátorának sarkain, ha a kisülések gyakorisága nagyobb, mint C2 feltöltődésének gyakorisága. U = a feszültség lefolyása a T_{r1} transzformátor sarkain, U_0 = annak csúcserőrtéke. U_{C1} = a feszültség lefolyása a C1 kondenzátor sarkain, U_{C2} = a feszültség lefolyása a C2 kondenzátor sarkain. ΔU_{C1} = feszültségcsökkenés a C1 kondenzátor sarkain, ΔU_{C2} = feszültségcsökkenés a C2 kondenzátor sarkain. T_2 = megközelítően a C2 kondenzátor kisütésének, illetőleg feltöltődésének, T_1 = a C1 kondenzátor kisütésének periódus ideje.

ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

Az ismertetett nagyfeszültségű elektronikus vezérlésű szikragerjesztő üzemi tulajdonságainak általános jellemzése talán akkor lesz legjobban áttekinthető, ha azokat összehasonlítjuk az eddigi levegőfuvatású vezérlő szikraközös váltóáramú szikragerjesztők üzemi viszonyaival. Fowler és Wolfe [11] továbbá Enns és Wolfe [13,14] az utóbbemlített gerjesztőkkel kapcsolatban az alábbi fontosabb üzemi tulajdonságokat írják le.

A működtetés szempontjából fontos áramköri elemek a kisülési áramkör kondenzátora, ohmos ellenállása és önindukciója. Jelen esetben az 1. ábra jelöléseivel C1, L1 és R4. Ezenfelül azonos félperiódusonkénti szikraszámmal kell dolgozni a kisülési áramkörben. Az árammérés termokereszttes rádiófrekvenciás mérővel történhet. Az áramerősség végleges beállítása a vezérlő szikraköz nagyságának beállításával történik [14]. Az átütési feszültséget oszcilloszkópon lehet leolvasni, ez a feszültség azonban önmagától megközelítően a kívánt értékre áll be akkor, amikor a vezérlő szikraköz nagyságának a változtatásával a kívánt áramértéket beállítjuk [14]. A gyakorlatban előfordulhat, hogy az átütési feszültség időről-időre változik. Ez az alkalmazott segédszikraköztől függően befolyásolhatja, vagy nem az időegységre eső kisülések számát [14]. A levegőfuvatású vezérlő szikraköznél az átütési feszültséget az elektródok közötti levegő állapota, az elektródok távolsága, alakja és felületi állapota szabja meg. Hosszabb üzem után az elektródok legömbölyödnek és a működés bizonytalan lesz. Ezért az elektródokat időről-időre sik végződésükre kell köszörülni. Az üzembiztos működés függ még a vezérlő szikraköz elektródjainak anyagától is [13]. A gyakorlatban a fő nehézség a levegőfuvatás sebességével és a vezérlőszikraköz távolságának betartásával van. A levegőfuvatás módja függ az elektródok anyagától is [11]. Enns - Wolfe [13] állandó és nem állandó kisüléstről beszélnek. Kis gyakorlattal az oszcilloszkóp képéből meg lehet állapítani a nem állandó működés okát. Abból kifolyólag, hogy ezeknél a szikragerjesztőknél a vezérlő szikraköz az emelkedő feszültség hatására üt át, következik, hogy a hálózati feszültségingadozások, ha azok nem túlságosan jelentősek, nem jelentkeznek a kondenzátor töltőfeszültségében. Mérsékelt feszültségingadozások nincsenek kihatással a félperiódusonkénti szikraszámra sem [14]. A levegőfuvatású vezérlőszikraközös gerjesztőkkel a hálózati rezgésszám kétszeresénél kisebb gyakoriságú szikrák nem állíthatók be.

Az újrendszerű elektronikus vezérlésű szikragerjesztőnél a kisülési viszonyok a C1 kondenzátor töltőfeszültségének és az impulzusgenerátor rezgésszámának beállításával egy-

415/G.

értelműen meg vannak határozva. Beállított töltőfeszültség és impulzusgenerátor rezgésszám mellett az "S" vezérlő szikraköz távolságát úgy kell beállítani, hogy a szabályos működés meg legyen. A szabályos működést oszcilloszkóppal kell ellenőrizni. Így az elemző áramkörben az áramerősség külön ellenőrzésére nincs szükség.

Az elektronikus vezérlésű nagyfeszültségű szikragerjesztő nagyobb szikragyakoriságoknál való kifogástalan működtetéshez fontos a levegőfuvatás helyes beállítása.

Tekintve, hogy az 1. ábra "S" vezérlő és "F" elemző szikraközei úgy vannak beállítva, hogy azokon a VI cső működtetése nélkül a C1 kondenzátor teljes töltőfeszültsége mellett se legyen átütés, ezek átütési feszültségében beálló változás nem befolyásolja a kisülések frekvenciáját. Hasonlóan az elektródok távolságában beálló kisméretű változás, azok alakja és felületi állapota nem befolyásolja az átütési feszültséget. Nincs befolyással a rendszer működésére az "S" vezérlő szikraköz anyaga sem. A tapasztalat azt mutatja, hogy grafit, magnézium és cink elektródok jól alkalmazhatók.

Mivel az elektronikus vezérlésű szikragerjesztőnél a szikraközök átütése a hirtelen rájuk kapcsolt tulfeszültség következtében történik meg, a levegőfuvatásra nem túlságosan érzékeny. Hasonlóképpen nem függ lényegesen a levegőfuvatás az elektródanyagtól sem.

Amint az a 4. ábrából megállapítható, a rendszer megfelelő beállítása mellett igen állandó és jól megismételhető szikrakisülések állíthatók elő.

Az elektronikus vezérlésű szikragerjesztő működési elvéből kifolyóan nem alkalmas arra, hogy a hálózati feszültség-ingadozásokat kiegyenlítse.

Az 1. ábra szerinti kapcsolás R1, R2, R3 és V1 elemeinek elhagyásával és az "F" elemző szikraköznek egy megohm körüli ohmos ellenállással való áthidalásával a rendszer alkalmassá válik arra, hogy mint nem elektronikus vezérlésű rendszer legyen üzemben tartható.

Az ismertetett elektronikus vezérlésű szikragerjesztővel előállítható szikragyakoriságok teljesen függetlenek a hálózattól és vele a hálózati rezgésszámnál kisebb rezgésszámú gyakorisággal is kelthetők kisülések.

- 0 -

Klatsmányi Árpádnak a berendezés kialakításában és a kísérletekben való közreműködését e helyen is megköszönjük.

Berta Kornélnak a berendezés kimérésében való részvételéért, továbbá az oszcillogrammok elkészítéséért köszönetet mondunk.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat 10-1100 Hz szikragyakoriság tartományban működő nagyfeszültségű, egyenáramu elektronikus vezérlésű spektroszkópiai szikrafényforrást ír le. A szikrakisülések vezérlése az elemző szikraközzel párhuzamosan kötött thyatroncső segítségével történik. A rendszer vezérlőszikraköze a nagyobb szikragyakoriságok tartományában levegővel fuvatott. A gerjesztőenergiát szolgáltató kondenzátort nagykapacitású kondenzátor táplálja. A nagykapacitású kondenzátort nagyfeszültségű transzformátor egyenirányító elemen keresztül tölti fel. A szikrakisülések vezérlését eszközölő thyatroncsövet impulzusgenerátor működteti azáltal, hogy rácsára különböző frekvenciájú gyújtójeleket ad. Az impulzusgenerátor változtatható frekvenciájú hanggenerátorból és impulzus alakító részből áll. Összehasonlítás az egyszerű levegőfuvatású vezérlőszikraközös és az itt ismertetett elektronikus vezérlésű szikragerjesztők között.

I R O D A L O M :

- 1./ Feussner O., Zs.techn.Phys. 13,573, 1932.
- 2./ Feussner O., Arch.Eisenhüttenwes. 6,551, 1932/33.
- 3./ Feussner O., Zs.Metallkunde 25,73, 1953.
- 4./ Kaiser H. és Walraff A., Ann.Phys. /5/, 34,297, 1939.
- 5./ Rankin C.W., Anal.Chem. 23,1722, 1951.
- 6./ Harvey C.E., Spectrochemical. Procedures. Appl.Res. Lab.Glendale 1950.
- 7./ Kaiser H., Spectrochim.Acta 1,477, 1941.
- 8./ Schöntag A., Dissertáció, 1936.
- 9./ Henrici A. és Scheibe G., Chemische Spektralanalyse. Phys.Meth.d. anal. Chemie III., Akad. Verlagsges., Leipzig 1939.
- 10./ Scheibe G. és Schöntag A., Arch. Eisenhüttenwes. 8,533, 1934/35.
- 11./ Fowler R. G. és Wolfe R. A., J. Opt. Soc. Am. 35,170, 1945.
- 12./ Wolfe R. A. és Jamal E. J., ASTM Bulletin No. 129.
- 13./ Enns J. H. és Wolfe R. A., ASTM Techn.Publ. No. 76. 1948.
- 14./ Enns J. H. és Wolfe R. A., J.Opt.Soc.Am. 39,298, 1949.
- 15./ Bardócz Á., Acta Physica Hungarica M.Tud.Akad. VI. Oszt.Közl. 12,233, 4,94,1954.
- 16./ Bardócz Á., Acta Technica Hungarica 8,99, 1954. Elektrotechnika 47,29, 1954.
- 17./ Bardócz Á., Nature 171,1156, 1953.
- 18./ Balz G., Kaiser H. és Keck P. H., Spectrochim. Acta 2,92, 1944.

- . -

Érkezett: 1955. március 7.

415/G.

A SPEKTROSKÓPIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: KOVÁCS ISTVÁN

A Wadsworth-féle rácsbeállításról

Közli

a molekulaszpektroszkópiai csoport 1952. évi munkaközössége

Az alábbiakban abból a célból rögzítjük a Wadsworth-rendszerű rácsspektrográfunak újrajusztálása közben szerzett tapasztalatainkat, hogy e spektrográfot Csillebércen korszerűen átkonstruálva rövidebb üzemszünettel állíthassuk fel.

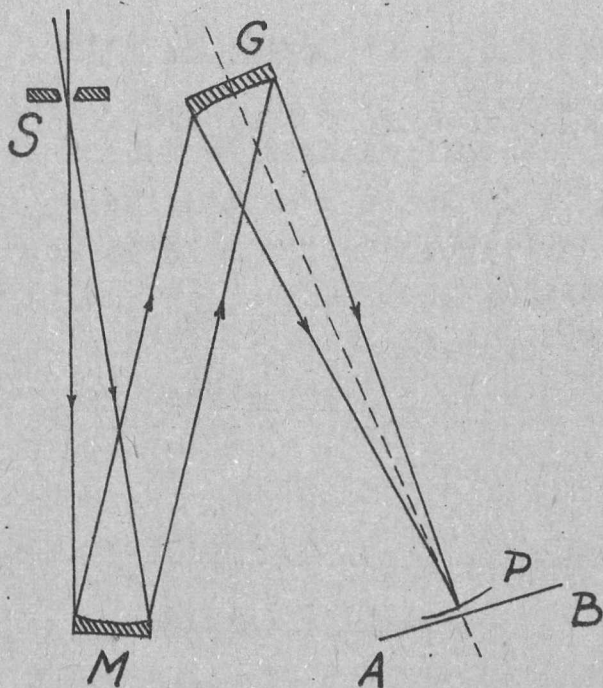
I. Wadsworth-Meggers-Burns-rendszerű rácsspektrográf

optikai leírása.

Wadsworth [4] foglalkozott a konkáv rácsok felállításainál fellépő asztigmatizmussal és megjegyezte, hogy ez a hátrány kiküszöbölhető akkor, ha a rácsot parallel fénynyalábbal világítjuk meg. Ebben az esetben a rács normálisában normális szigmatikus spektrum keletkezik. A fokális görbe most egy parabola, amely kb. fele olyan messze van a rácstól, mint a rács Rowland-körének megfelelő szakasza. Éppen ezért ennél a felállításnál a diszperzió pontosan a felére csökken.

Különböző kutatók nagy lencsével oldották meg a rácsra eső fénysugaraknak párhuzamosítását; először Meggers és Burns [5] irtak le olyan felállítást, amelyben a kollimálást konkáv tükör végezte. Itt a reflexióból származó fényvesztést ellensúlyozza a rendszer megnövelt szög-aperturája és az asztigmatizmusnak kiküszöbölése.

Az 1. ábra a Wadsworth-féle felállításnak ezt a Meggers-Burns-féle kivitelét mutatja be. A rács és a lemeztartó merev ruddal vannak összekapcsolva. Távolságuk állítható. A



1. ábra.

A konkáv rács Wadsworth-féle felállítása. S a belépő rés; G a konkáv rács; M a konkáv tükör; P a lemeztartó; AB a lemeztartó állvány. Aberrációk minimálissá tétele végett a rést szorosan a rács mellé kell helyezni.

rács úgy fordul a ruddal /sinnel/, hogy a lemeztartó közepe mindig a rács normálisában van. A rés és a konkáv tükör viszont rögzítve maradnak. A spektrum különböző tartományaiban a lemez /lemeztartó/ hajlását enyhén változtatni kell.- Teljesen stigmatikus képet tulajdonképpen csak a normálisban kaphatunk, gyakorlati célokra mégis több száz Å-ös tartományban használható a spektrográf egyszeri beállítással /lerögzítéssel/.

A lemeztartón a hullámhossz helyét a következő formula határozza meg:

$$m\lambda = \frac{A}{N} (\sin \alpha \pm \sin \beta),$$

ahol A az apertura, N az összes karcolatok száma, α a beesés szöge, β pedig az elhajlás szöge. A Wadsworth-felállításnál β mindig közel van a nullához, így első rendben a formula:

$$\lambda = \frac{A}{N} \sin \alpha .$$

Ebből kiszámítható, hogy mekkorára kell a beesési szöget megválasztanunk ahhoz, hogy a kívánt hullámhossz a rács normálisába kerüljön. A formulából az is következik, hogy ebben a felállításban a 15-20 ezer karcolat/inch méretű rács a legalkalmasabb. Egy inchenként pl. 30000 karcolatú rácsnak 45° -nál nem nagyobb beesési szög mellett való használata esetén az elérhető legnagyobb hullámhosszuság csak 8000 \AA volna. A rácsnak és a lemeztartó csucspontjának a távolságát $p-t/a$:

$$\mu = \frac{r}{\cos \alpha + 1}$$

formulából lehet kiszámítani, ahol r a rács görbületi sugarát és α ismét a beesési szöget jelenti. A gyakorlatban α közel nullától 45° -ig terjed, így tehát μ kb. 0,5 r -től 0,6 r -ig változik. A lemeztartó különböző β -hoz tartozó pontjainak a rácstól való távolságát a:

$$\mu = \frac{r \cos^2 \beta}{\cos \alpha + \cos \beta}$$

formula segítségével állíthatjuk be, ahol β a fényelhajlás szöge.

II. Egyik konkáv rácsunk Wadsworth elve alapján való felállításának munkarészletei.

1. Az alkalmazott konkáv rács inchenként 15000 karcolatú. Görbületi sugara a készítő által ráírt adatok alapján 6,398 m /21 foot /. Ezt a méretet elfogadtuk. A hozzátartozó konkáv tükör fókusztávolságát megmértük, ez 320,8 cm-nek adódott. Az r pontosabb kiszámításának eredményét a 4. pontban közöljük.

2. A rést és a kollimátor-tüköröt úgy helyeztük el egymáshoz képest, hogy a rés pontosan a tükör fókuszában legyen. A leképezés erre rendkívül érzékeny. Amint a rácsra nem párhuzamos sugárnyaláb esik, az éles fókuszálás helye messze elmegy a korrekt leképezés fókálgörbéjétől. A kollimátor tükör-helyének 3 mm-es pontatlansága már a spektrumvonalak teljes felhasadását idézi elő.

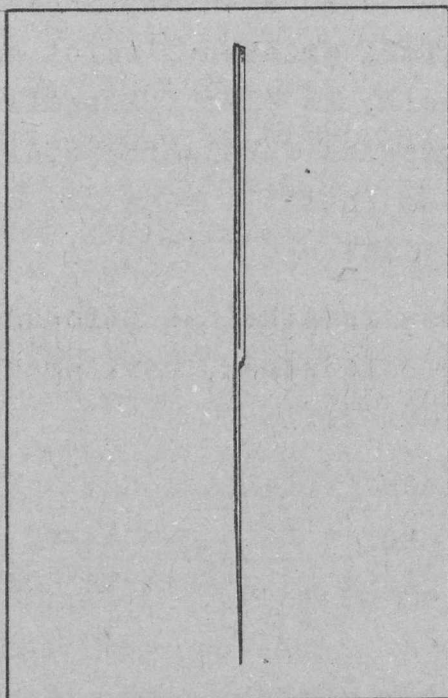
A résnek és a rács rovátkáinak párhuzamosra állítása nem bizonyult kényes feladatnak, mert erre a hibára a készülék meglehetősen érzéketlen.

A rácsot ill. annak foglalatát úgy kellett a tartóvasrudra rögzíteni, hogy a rács normálisa a rud irányába mutasson, a szinkép pedig a lemeztartó közepén vonuljon végig.

3. Fenti beállítási munkák elvégzése után azonban kiderült, hogy hiába van minden optikai szerkezetem a helyén, akkor sem állít elő a spektrográf kifogástalan vonalakat. A rács tükröző felülete ugyanis egy korábbi sérülése következtében korroziót szenvedett. Kézenfekvőnek látszott a hibás felületek zavaró hatását letakarással kiküszöbölni annak árán is, hogy ezzel a rács felbontóképessége csökken. A felvételek hosszú sorozata készült el addig, amíg a rács felületéből a lehető legkisebb részt letakarva, komparálható ill. fotometrálnak vonalakat sikerült kapnunk.

A 2. ábra a Cd $4678,15 \text{ \AA}$ -os vonalát ábrázolja felül a rács takarása nélkül és alul a rács takarásával, az összes többi körülmény változatlanul hagyásával. Ez a közvetett kísérletezés, rendkívül rendszeres és türelmes munkát igényelt. Ennek során finomítani kellett a résnek, kollimátor tükörnek, valamint a rácsnak a pozícióját, hogy most már az elérhető legjobb spektrumfelvételhez jussunk.

/2. ábra a következő oldalon/



/B/

2. ábra.

4. Ezután a készülék kalibrálása következett. E célból azt a körivet amelyen a lemeztartó kocsija fut, cm-skálával láttuk el és számítás alapján grafikont készítettünk arról, hogy a skála osztásrészeihez milyen beesési szög-értékek tartoznak. Egy Hg-Cd spektrállámpának a látható szinképtartományba eső vonalait a lemeztartó kocsi elmozdításával sorban behoztuk pontosan a rács normálisába, ezután a p távolság-szabályozó csavarral élesre állítottuk, majd 3-4 felvételt készítettünk az elérhető legjobb állás felkutatására. A beesési szöget és a lemeztartó állását a rácshoz viszonyítva, minden esetben pontosan feljegyeztük. Ezeknek az adatoknak az ismeretében a $\mu (1 + \cos \alpha)$ szorzatnak minden esetben pontosan $r=639,8$ cm-t kellett volna adnia. De nem ennyit adott, sőt a $\lambda = C \sin \alpha$ egyenlet sem volt kielégítve, noha minden mérést többször megismételtünk. Nehéz feladat volt a rendelkezésre álló primitív eszközökkel oly nagy pontossággal megmérni az α szöget és a μ távolságot, amely a fenti egyenleteket legalább néhány mm pontossággal kielégíti. Végülis fel kellett adnunk azt a feltevésünket, hogy a rács

görbületi sugarának értékét a készítője helyesen adta meg. Méréseink alapján végzett számításainkból $r = 633,8035$ értéket kaptunk. Ennek az adatnak segítségével már sikerült megszerkesztenünk azt a parabolát, amelynek mentén a normálisban megjelenő spektrumvonalak fókuszálódnak. Sikerült rögzíteni a különböző hullámhosszuságokhoz tartozó beesési szögeket.

5. Ezután a lemeztartó hajlásának beállítása következett különböző beesési szögek esetén. Lemeztartónk azonban oly nagyra van méretezve, a hajlítás változtatására szolgáló csavarok pedig oly durvák, megbizhatatlanok, hogy velük lehetetlen volt például egy beállítást is reprodukálni. Azonban a lemeztartóba gyakorlatilag 5 lemeznél többet úgy sem fogunk be, a készülék végleges összeépítésénél fölösleges lesz tehát annak ily nagyméretűre való elkészítése. Rövidebb lemeztartó esetén könnyebben is lehet a lemeztartó parabola-alakját biztosítani.

Fenti tapasztalatok arra utalnak, hogy a Wadsworth-rendszerű konkávrács-spektrográfnak finommechanikai szerkeztelemeit a végleges felállítás előtt megfelelően át kell konstruálni.

- 0 -

I R O D A L O M

1. Wien-Harms: Handbuch der Experimentalphysik XXI./311./
2. Harrison Lord and Loofbourow: Practical Spectroscopy /85/
3. Ralph A. Sawyer Ph.D.: Experimental Spektroskopy /130., 157./
4. F.L.C. Wadsworth: Astrophys. J. 3 54 /1896/
5. W.F. Meggers and K. Burns: Bur. Standards Sci. Paper 411. 18: 185. 1922.

- . -

Erkezett: 1955. március 3.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

A Rossi-görbe első szakaszának menete különböző abszorbensek esetén

Irta: Nagy László

Egy előző cikkben [1] beszámoltunk arról, hogy a Kozmikus Sugárzási Osztályon felvettük a Rossi-görbét ólomabszorbens alkalmazásával. Jelen közleményben összehasonlítjuk alumínium, vas, sárgaréz és ólom abszorbensekkel a Rossi-görbe első szakaszára /négy kaszkád egységnél kisebb anyagvastagságokra/ kapott eredményeket.

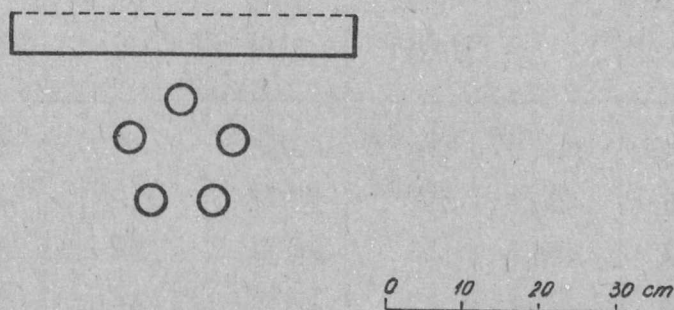
1. A különböző abszorbensanyagok használatával kapott Rossi-görbék összehasonlítására legalkalmasabb a görbék kis abszorbens vastagságánál kapott meredek szakasza. Ekkor a primer elektronok ütközés révén csak néhány alacsony energiájú elektront hoznak létre és ezek nem játszanak fontos szerepet a záporok kifejlődésében. Így a különböző anyagokra kapott görbék meredeksége alapján megállapítható, hogyan függ a záporképzés hatáskeresztmetszete az abszorbens rendszámától.

Morgan és Nielsen [2], Hu és munkatársai [3], később Clay és Jonker [4] vizsgálataik során megállapították, hogy a záporképzés hatáskeresztmetszete közel Z^2 -tel arányos atomonként, ahol Z a záporképző anyag rendszáma. Hu abszcisszaként az abszorbens vastagságát nZ^2 formában fejezte ki, ahol n az atomok száma per cm^2 . Ez közelítőleg arányos a kaszkád egységben kifejezett vastagsággal. Ordináta a berendezés által észlelt záporok óránkénti száma volt. A különböző anyagokra kapott pontok egy vonalra estek.

Ezzel szemben Arley [5] elméleti számításai szerint a különböző anyagokra felvett Rossi-görbék már az első szakaszban is szétváltnak és pedig annál magasabban futnak, minél nagyobb a záporképző anyag rendszáma. Trumpy [6] kísérleti vizs-

gálatai Arley számításait látszanak igazolni. Jánossy [7] véleménye szerint az ellentmondás abból származik, hogy Arley számításai kis záporokra vonatkoznak, míg a szokásos Geiger-Müller csöves számlálóberendezések által észlelt záporok viszonylag sok részecskéjük. /Trumpy berendezése már egyetlen részecskére is megszólalt./

2. A jelen mérésünknel használt berendezés azonos az előző cikkben részletezett berendezéssel. Ezért itt csak azt említjük meg, hogy a berendezésben öt GM csövet helyeztünk el szabályosan ötszög csucsában úgy, hogy egyidejű kisütésükhöz legalább három ionizáló részecske szükséges. A legfelső cső fölött 5 cm távolságban nyert elhelyezést a 45 cm x 120 cm területű abszorbens. A GM csövek és az abszorbens keresztmetszetét az 1. ábra mutatja. Az öt GM csőhöz ötös koincidencia berendezés kapcsolódott.

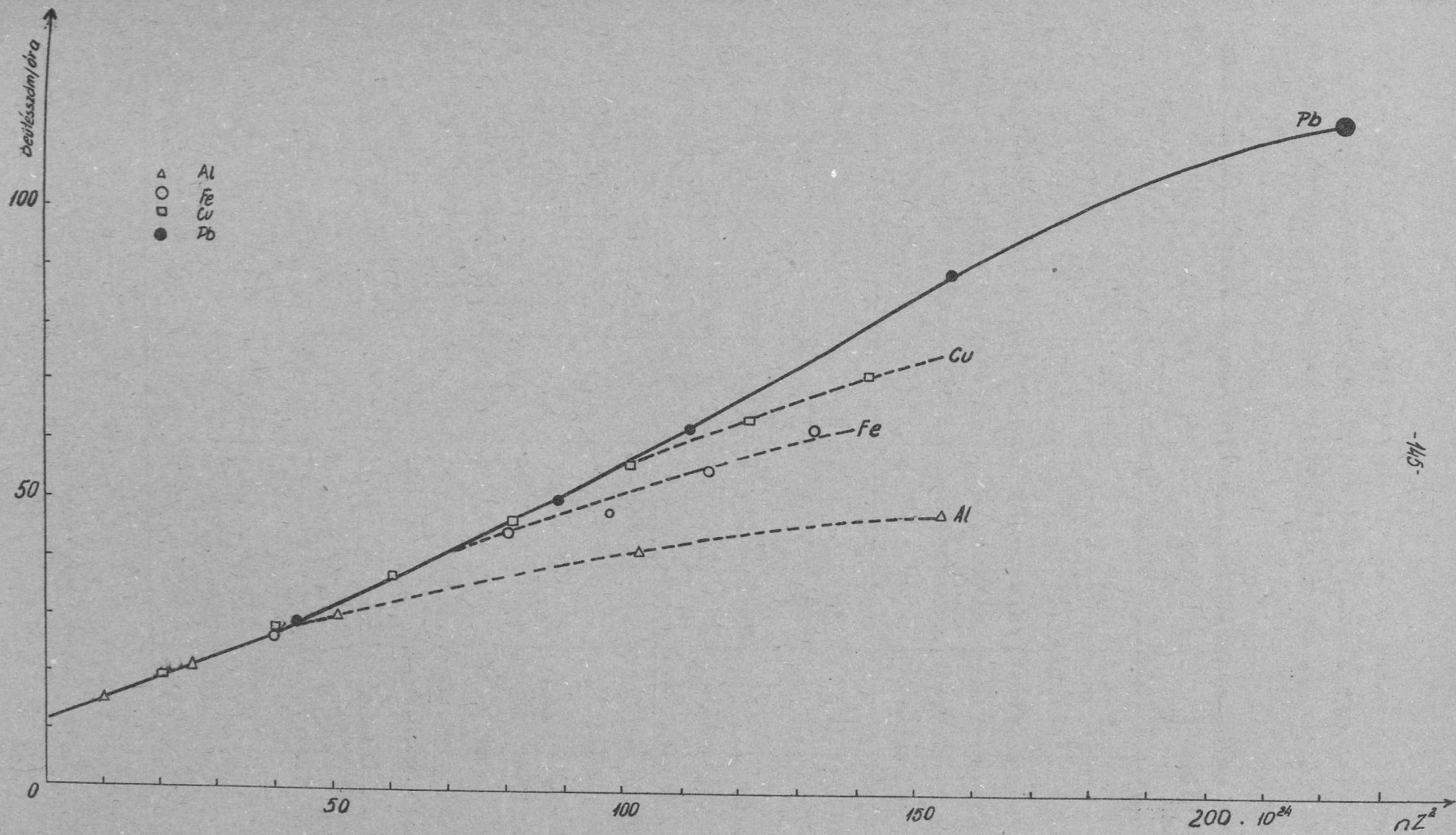


1. ábra.

Az eredményeket az 1. táblázat és a 2. ábra mutatja. A táblázatban a "cm" rovatban az abszorbensek vastagságát tüntettük fel; "N" jelzés alatt a "T" órai méréseknél kapott beütésszámok találhatóak. \sqrt{N} az egyszeres statisztikai hiba. A 2. ábra vízszintes tengelyére az abszorbens vastagságát nZ^2 egységekben vettük fel. A függőleges tengelyen az óránkénti beütésszám van feltüntetve. A beütésszámokat ábrázoló jelzések magassága megfelel a statisztikus hibának. Látható, hogy kis vastagságoknál a különböző abszorbensekből kiváltott zápo-

I. TÁBLÁZAT

Abszor- bens	cm	nZ^2	N	T	$N/T \pm N/T$
	0	0	5181	452,7	$11,4 \pm 0,2$
Al	1,0	$10,3 \cdot 10^{24}$	398	26	$15,3 \pm 0,8$
	2,5	$25,7 \cdot 10^{24}$	385	18	$21,3 \pm 1,1$
	5,0	$51,3 \cdot 10^{24}$	839	28	$29,9 \pm 1,0$
	10,0	$102,7 \cdot 10^{24}$	1910	46	$41,5 \pm 1,0$
	15,0	$154,0 \cdot 10^{24}$	2490	51	$48,8 \pm 1,0$
Fe	0,7	$40,1 \cdot 10^{24}$	1228	46	$26,7 \pm 0,8$
	1,4	$80,2 \cdot 10^{24}$	3156	71	$44,4 \pm 0,8$
	1,7	$97,4 \cdot 10^{24}$	2075	43	$48,2 \pm 1,0$
	2,0	$114,6 \cdot 10^{24}$	5106	92	$55,5 \pm 0,9$
	2,3	$131,8 \cdot 10^{24}$	3126	50	$62,5 \pm 1,1$
Cu	0,3	$20,2 \cdot 10^{24}$	846	43	$19,7 \pm 0,7$
	0,6	$40,3 \cdot 10^{24}$	5972	212	$28,2 \pm 0,4$
	0,9	$60,5 \cdot 10^{24}$	2661	72	$37,0 \pm 0,7$
	1,2	$80,6 \cdot 10^{24}$	5266	112	$47,0 \pm 0,7$
	1,5	$100,8 \cdot 10^{24}$	4112	72,5	$56,7 \pm 0,9$
	1,8	$120,9 \cdot 10^{24}$	5745	89	$64,5 \pm 0,9$
	2,1	$141,1 \cdot 10^{24}$	4990	69	$72,3 \pm 1,0$
Pb	0,2	$44,3 \cdot 10^{24}$	1412	50	$28,2 \pm 0,8$
	0,4	$88,7 \cdot 10^{24}$	3594	71	$50,7 \pm 0,8$
	0,5	$110,8 \cdot 10^{24}$	4082	65	$62,8 \pm 1,0$
	0,7	$155,2 \cdot 10^{24}$	6187	69	$89,7 \pm 1,1$
	1,0	$221,7 \cdot 10^{24}$	3637	31	$117,3 \pm 1,9$



-115-

rok regisztrált száma közel egy egyenesen fekszik. A kaszkád elmélet követelményeinek megfelelően nagyobb vastagságnál a görbék szétválnak és annál magasabban fekszenek, minél nagyobb a rendszám.

Vizsgálataink tehát Arley és Trumpy eredményeivel szemben a [2] és [3] alatt idézett munkák eredményeit támasztják alá.

- 0 -

Köszönetemet fejezem ki Jánossy Lajos akadémikus elvtársnak munkám irányításáért. Az elektronikus egységeket Erbszt Herman, a mechanikai munkákat Kurtha Géza vezetése alatt álló műhely készítette.

IDÉZETT IRODALOM:

- [1] Nagy L., KFKI Közleményei, 1. 131 /1953/
- [2] J. E. Morgan és W. M. Nielsen, Phys. Rev. 50, 882 /1936/;
W. M. Nielsen és J. E. Morgan, Phys. Rev. 52, 568 /1937/;
- [3] Hu Chien Shan, Proc. Roy. Soc. A, 158, 581 /1937/;
Hu Chien Shan, B.B. Kisilbasch és D. Ketiladge, Proc. Roy. Soc. A, 161, 195 /1937/
- [4] J. Clay és K. H. J. Jonker, Physica 7, 921 /1940/
- [5] N. Arley, Proc. Roy. Soc. A, 168, 519 /1938/;
N. Arley és B. Eriksen, D. Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Mat.-fys. Medd. 17, Nr. 11 /1940/
- [6] B. Trumpy, D. Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Mat.-fys. Medd. 20, Nr. 6 /1943/
- [7] L. Jánossy, Cosmic Rays, 1952, Oxford, 265. oldal

- . -

Érkezett: 1955. március 3.

415/G.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE
OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

Magsűrűség és héjszerkezet.

Irta: Rozsnyai Balázs

Az atommagokra vonatkozó tapasztalati adatok jelentős része arra utal, hogy bennük a nukleonok jól definiált kvantumállapotokban mozognak. Ezen túlmenően a magban lévő kvantum pályák eloszlása a tapasztalat szerint héjszerkezetet is mutat. A nukleonok rendelkezésére álló kvantumállapotok sorrendje és relatív távolsága elméletileg M.G.Mayer és Haxel-Jensen-Suess modelljéből állapítható meg [1]. A tapasztalati nivósorrend [2] csak igen kevésbé különbözik az elméletitől.

Az utóbbi időben számításokat végeztek a héjszerkezet modelljére vonatkozóan oly módon, hogy a nukleonok között tényleges elemi kölcsönhatást tétéleztek fel. A magot reprezentáló potenciálvölgy alakja és az energianívók relatív távolsága ekkor a nukleonok sűrűségeloszlásától függ. Mivel nem rendelkezünk az atommagnak egy minden jelenséget jól leíró modelljével, ezért a sűrűségeloszlásra vonatkozóan feltevésekkel kell élnünk. A számítások eredménye az volt, hogy míg az u.n. állandó sűrűségeloszlás a tényekkel jól egyező modellre vezet [3], egy Gauss típusú eloszlás már egyáltalán nem felel meg a tapasztalatot [4]. Nem változtat a tényeken az sem, ha a nukleonok közötti kölcsönhatást intenzívebbnek válasszuk [5].

Az első helyen említett sűrűségfeltevéssel - mint említettük - a tapasztalattal elég jó egyezés adódik, a 2, 8, 20, 28, 50, 82, 82, 126 nukleonszámok zárt héjjaknak adódnak ki. Azonban annak adódnak ki még a 40-es igen erősen, továbbá a 70-es és 90-es nukleonszámok is. A tapasztalati adatok alapján a 40-es nukleonszámmal feltételezhető valami-

vel nagyobb stabilitás a környező nukleonszámokhoz képest, de a 70-es és 90-es nukleonszámokhoz tartozó stabil héjakk létezését a tapasztalat nem támasztja alá. Ez az eredmény nyilván annak tulajdonítható, hogy a feltételezett teljesen konstans magűrűség nem felel meg pontosan a valóságnak.

Nemrégiben Theis a statisztikus modell alapján végzett számításaiban [6] rámutatott arra, hogy egy "intermediár"-nek nevezhető sűrűségeloszlás, amelyet belül konstans, kívül pedig Gauss-függvény ír le, a tapasztalati adatok egy pontosabb közelítését adja. Ezek alapján alkalmaztuk a következő sűrűségfeltevést:

$$\rho = \begin{cases} \rho_0 & r \leq R_K \\ \rho_0 e^{-\alpha(r-R_K)^2} & r > R_K \end{cases}$$

ahol R_K egy a magűrűgárnál kisebb, változtatható paraméter. A magűrűgarat most úgy definiáljuk, hogy ott a sűrűség értéke a ρ_0 érték felét veszi fel:

$$\rho(R) = \frac{1}{2} \rho_0 = \rho_0 e^{-\alpha(R-R_K)^2}$$

ahol R a magűrűgár az $R = 1,42 A^{1/3} 10^{-13}$ cm tapasztalati képlet által meghatározva.

Ebból

$$\alpha = \frac{\ln 2}{(R-R_K)^2}$$

azaz

$$\rho = \begin{cases} \rho_0 & r \leq R_K \\ \rho_0 e^{-\frac{\ln 2}{(R-R_K)^2} (r-R_K)^2} & r > R_K \end{cases}$$

Az ezen sűrűségeloszlásból származó potenciál a következő egyenletek megoldásából adódik:

$$\Delta V_0 - \mu^2 V_0 = 4\pi S_0 g \quad r \leq R_K$$

$$\Delta V_K - \mu^2 V_K = 4\pi S_0 g e^{-\alpha(r-R_K)^2} \quad r = R_K$$

ahol g a nukleontöltés és μ a π mezon Compton hullámhosszá-
nak reciproka.

Határfeltételek:

$$V_0(0) \text{ véges}$$

$$V_0(R_K) = V_K(R_K)$$

$$\frac{dV_0}{dr} \Big|_{r=R_K} = \frac{dV_K}{dr} \Big|_{r=R_K}$$

$$V_K(r) \rightarrow 0 \text{ ha } r \rightarrow \infty$$

A megoldás elemi, de hosszadalmas uton keresztülvihető. A vég-
eredmény:

$$V_0 = -\frac{K}{\mu^2} + \left(\frac{KR_K}{\mu^2} + \frac{K}{\mu^3} - 2C - \frac{K}{2\alpha\mu} \right) e^{-\mu R_K} \frac{\text{sh } \mu r}{r} \quad r \leq R_K$$

$$V_K = -\frac{K\pi}{4\mu\sqrt{\alpha}} e^{\frac{\mu^2}{4\alpha}} \left\{ \frac{e^{\mu(z-R_K)}}{z} \left(\frac{\mu}{2\alpha} - R_K \right) \left[\Phi(\sqrt{\alpha} z - \sqrt{\alpha} R_K + \frac{\mu}{2\sqrt{\alpha}}) - 1 \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{e^{-\mu(z-R_K)}}{z} \left(\frac{\mu}{2\alpha} + R_K \right) \left[\Phi(\sqrt{\alpha} z - \sqrt{\alpha} R_K - \frac{\mu}{2\sqrt{\alpha}}) + \Phi\left(\frac{\mu}{2\sqrt{\alpha}}\right) \right] \right\} +$$

$$+ \left\{ \left(C - \frac{K}{\mu^2} R_K \right) e^{\mu R_K} + \left(\frac{KR_K}{\mu^2} + \frac{K}{\mu^3} - 2C - \frac{K}{2\alpha\mu} \right) \text{sh } \mu R_K \right\} \frac{e^{-\mu r}}{r}$$

$$r > R_K$$

ahol $\kappa = 4\pi \rho_0 g$

$$C = \frac{\kappa \sqrt{\pi}}{4\mu \sqrt{\alpha}} e^{\frac{\mu}{2\alpha}} \left\{ \left(\frac{\mu}{2\alpha} - R_K \right) \left[\phi \left(\frac{\mu}{2\sqrt{\alpha}} \right) - 1 \right] \right.$$

$$\text{és } \phi(x) = \int_0^x e^{-t^2} dt$$

Az ezen potenciállal megoldandó Schrödinger egyenletek 5 :

$$\Delta \psi_0 + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0 + \beta \frac{1}{r} \frac{dV_0}{dr} |^{-l(l+1)}) \psi_0 = 0 \quad r \leq R_K$$

$$\Delta \psi_K + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V_K + \beta \frac{1}{r} \frac{dV_K}{dr} |^{-l(l+1)}) \psi_K = 0 \quad r > R_K$$

A határfeltételek megegyeznek a V -re kirótt határfeltételekkel. A negyedik tagok jelentik a spin-pálya kölcsönhatást leíró kifejezést, ahol $\beta = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{\hbar}{mc} \right)^2$ és λ egy a csatolás erősségének megfelelő paraméter, melyet itt a korábbi számításokkal egyezően 20-nak választottunk. Az $R - R_K = a$ értéket nevezük félértékszélességnek.

A a -t, mint paramétert felfogva, azt vizsgáljuk, hogy melyik az a a érték, amelynél az atommagok termrendszere a tapasztalatokkal a legjobb egyezést mutatja. Ezzel a problémával kapcsolatban a számítások tapasztalatai alapján a következőket jegyezhetjük meg. A 2, 8, 20 nukleonszámokhoz tartozó nivók lezárt héjjaknak adódnak a a változtatásának eléggé tág határai között. Ugyanez a magasabb kitüntetett számok esetén nem áll fenn. Ennek oka az, hogy a mélyenfekvő energianivók sokkal kevésbé "érzékenyek" a potenciálvölgy alakjának változására, mint a magas energiákhoz tartozó nivók. Ez egyébként a hullámmechanikai tárgyalás alapján is belátható. Tehát a a értéke annál pontosabban határozható meg, minél magasabb energianivókra való kikötések ismeretesek a tapasztalat alapján. A vizsgálatokat tehát nehéz magokra célszerű elvégezni.

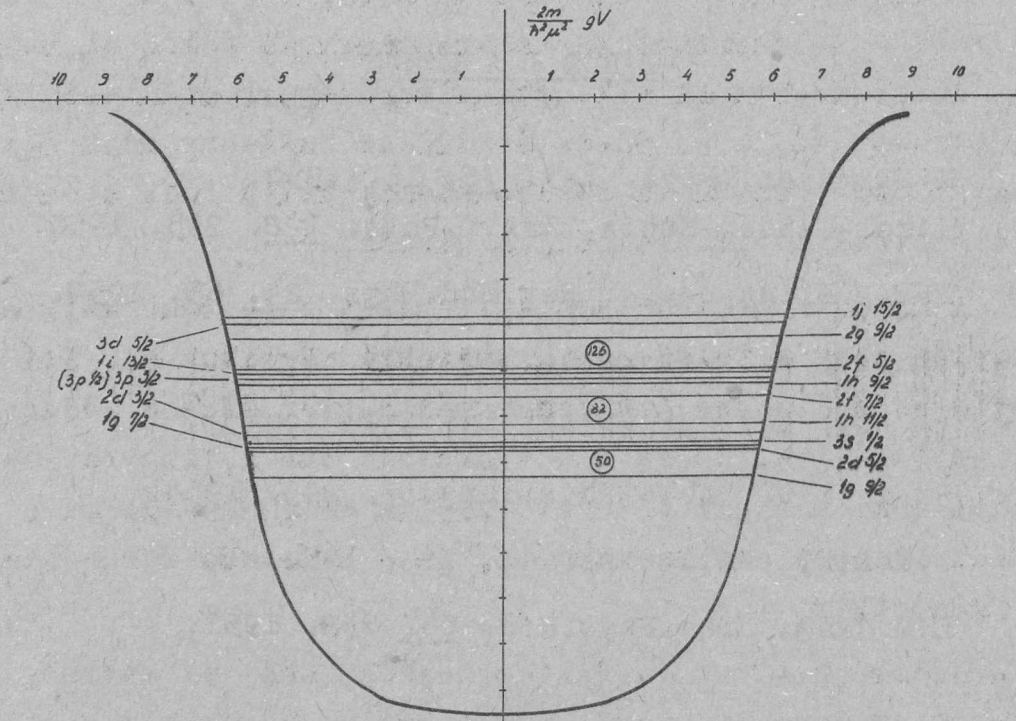
Számításainkat a 212-es atomsúlyú elemre végeztük el, $a = 4,24 \cdot 10^{-13}$ cm és $a = 1,2 \cdot 10^{-13}$ cm félértékszélességgel.

Az első esetben, mint az ábrából látható, a 2, 8 és 20-as nukleonszámok mint lezárt héjjak szerepelnek, a felső energianívók azonban összezavarodnak a konstans sűrűséggel számított nívósorrendhez képest, s az 50-es és 126-os nukleonszámok egyáltalán nem, a 70-es és 82-es nukleonszámok pedig csak egészen gyengén adódnak ki lezárt héjjak gyanánt.

A második esetben a számításokat a fentebb említett okok alapján csak a felső energianívókra végeztük el. Itt az 50-es, 82-es és 126-os nukleonszámok nagyon élesen adódnak ki, mint lezárt héjjak, nyoma sincs azonban annak, hogy a 70-es és 90-es nukleonszámok mint lezárt héjjak adódjanak ki, ami a tapasztalat alapján nem is várható, de a konstans sűrűségfeltevésével kiadódott.

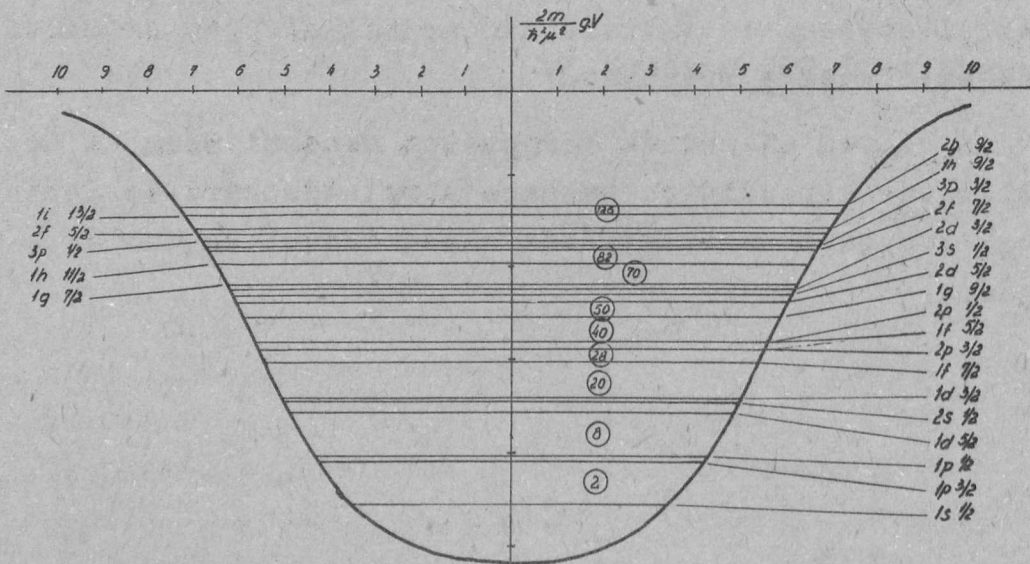
Összefoglalva: Ha feltételezzük, hogy az atommag nem teljesen konstans sűrűséggel rendelkezik, hanem a mag határán a sűrűség egy kb. $1,2 \cdot 10^{-13}$ cm félértékszélességgel Gauss eloszlást követ, akkor az e modell alapján számított termrendszer a tapasztalati adatok egy jobb közelítését adja, mint a teljesen konstans sűrűségfeltevés alapján számított termrendszer. Ez egyezik W. Theis 6 említett és L.M. Yang 7 korábbi, némileg más módszerrel kapott eredményeivel, akik hasonló sűrűségfeltevésével a statisztikus modell alapján számolták ki a nívók betöltési sorrendjét.

E helyen szeretnék köszönetet mondani Szamosi Gézának a problémával kapcsolatos hasznos útmutatásokért és Sebestyén Klárának a numerikus számítások elvégzésével kapcsolatos segítségéért.



3. ábra

212-es elem. belül konstans, kívül Gauss nukleon-sűrűséggel $b = 1.2 \cdot 10^{-13}$ cm félerítészelességgel.



4. ábra

212-es elem belül konstans, Gauss nukleon-sűrűséggel $b = 1.24 \cdot 10^{-13}$ cm félerítészelességgel.

I R O D A L O M

1. M.G. Mayer, Phys. Rev. 78, 16. 1950.
Haxel-Jensen-Suess, Zsf.f.Phys. 128. 295. 1950.
2. P.F.A.Klinkenberg, Rev.Mod.Phys. 24. 63. 1952.
3. Szamosi G. Naturwiss. 40. 105. 1953.
4. Szamosi G. Naturwiss. 40. 433. 1953.
5. Szamosi G. Acta Phys.Hung. 3. 243. 1954.
6. W.Theis, Naturwiss. 41. 184. 1954.
7. L.M.Yang, Proc.Phys.Soc. 64. 632. 1951.

- . -

Érkezett: 1955. március 3.

A KOZMIKUS SUGÁRZÁSI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: JÁNOSSY LAJOS

Atommagok hőkitágulási együtthatója

Irta: Ziegler Mária

1. A statisztikus mechanika értelmében egy fizikai rendszer gerjesztési energiájához hozzárendelhető mindig egy bizonyos T hőmérséklet, illetve kT energia / Kitt a Boltzmann állandó/. Atommagok esetében ez az összefüggés annyit jelent, hogy a mag gerjesztése a maghőmérséklet növelésének felel meg. Ugyanakkor magreakciónál lefolyó jelenségek elméleti vizsgálatánál felmerül a kérdés, hogy miként változik a mag térfogata illetve a magsugár a hőmérséklet növelésével [1], [2]. A térfogatnak a hőmérséklettel való változását az u.n. hőkitágulási együttható méri, melynek ismert definíciója

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad /1/$$

itt V a mag térfogatát, p a nyomást, T a hőmérsékletet jelenti.

Az alábbiakban feladatunknak fogjuk tekinteni ezen hőkitágulási együttható elméleti megbecslését. A számítás során azonban nehézséget jelent, hogy a mag pontos állapotegyenletét nem ismerjük. Ezért a következőképpen járunk el: α értékét különböző magmodelleknél kiszámítjuk. Ha az így kapott értékek nem nagyon különböznek, akkor hozzávetőleg sikerült a mag α hőkitágulási együtthatója jó közelítésben használható értékét meghatározni. Tekintettel arra, hogy még közepes gerjesztéseknél is az atommag anyaga erősen elfajult állapotban van, számításaink során alacsony hőmérsékletnél érvényes közelítések használatára szorítkozhatunk.

Mielőtt a számításra rátérnénk, megadjuk az /1/-ben definiált α -nak, a számítás folyamán jobban használható, két másik alakját is.

A gömbalakunak gondolt mag hőkitágulási együtthatója /1/ alapján

$$\alpha = \frac{3}{R_0} \frac{dR}{dT} \quad /2/$$

ahol R a magsugár. Megjegyezzük, hogy α ismeretében a fenti formulából a magsugárnak a hőmérséklettől való függése közvetlenül megkapható, mégpedig

$$R = R_0 \left[1 + \frac{1}{3} \int_0^T \alpha(T) dT \right] \quad /3/$$

itt R_0 -al az alapállapotnak / $T=0$ / megfelelő magsugarat jelöltük.

A nyomást, mint a térfogat és hőmérséklet függvényét bevezetve, a hőkitágulási együttható

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \frac{\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V}{\left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T} \quad /4/$$

alakra hozható.

2. Első közelítésben a nukleonok közti kölcsönhatási erőktől eltekintünk és a magot mind a V térfogatba bezárt nukleonból álló ideális Fermi gázt tekintjük. Meghatározva a Fermi gáz energiáját, mint a hőmérséklet függvényét, a nyomás és a belső energia között fennálló termodinamikai összefüggés felhasználásával a hőkitágulási együttható értéke /4/ alapján számítható.

A nyomás hőmérséklet - és térfogatfüggése elfajult Fermi gáznál a következőképp adódik:

$$P = \left(\frac{3}{2\pi} \right)^{2/3} \frac{h^2}{20m} \left(\frac{A}{V} \right)^{2/3} + \left(\frac{2\pi}{3} \right)^{2/3} \frac{4\pi^2 m}{3} (kT)^2 \left(\frac{A}{V} \right)^{4/3} \quad /5/$$

ahol h a Planck állandó, M pedig a nukleontömeg. /Az egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy a magban a protonok és neutronok száma egyenlő, tehát a h^3 nagyságú fáziscellában 4 nukleon helyezhető el./

/5/-ből a $(\frac{\partial P}{\partial T})_V$ és $(\frac{\partial P}{\partial V})_T$ differenciálhányadosokat képezve és kezdeti kikötésünk értelmében a T^2 -et tartalmazó tagokat elhagyva, kapjuk

$$\alpha = B^{(1)} K^2 T$$

ahol

$$B^{(1)} = \frac{512 \pi^4 M^2}{9 h^4} \left(\frac{T}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{R_0^3}{A}\right)^{4/3} \quad /6/$$

számszerű értékét megkapjuk, ha az abszolút zérus ponton vett magsugár helyébe a tapasztalatból adódó

$$R_0 = r_0 A^{1/3}, \quad (r_0 = 4,37 \cdot 10^{-13} \text{ cm})$$

értékét helyettesítjük r_0 értékének választását a későbbiek indokolják/. Akkor

$$B^{(1)} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ MeV}^{-2}$$

-nek adódik.

Ha a magot nem ideális Fermi gáznak tekintjük, hanem a nukleonoknak kis kiterjedést tulajdonítunk, eddigi eredményünk némiképp módosul. Szamosi [3] erre vonatkozó számításai alapján kapjuk:

$$P = \frac{2}{3} C \left(\frac{A}{V}\right)^{5/3} \left\{ \left[1 + \frac{5}{24} \frac{A}{V} v_n \right] + \frac{5\pi^2}{12} \frac{K^2 T^2}{c^2} \left(\frac{V}{A}\right)^{4/3} \left[1 - \frac{5}{6} \frac{A}{V} v_n \right] \right\} \quad /7/$$

ahol ν_k -el az u.n. taszitógömb térfogatát jelöltük és

$$C = \left(\frac{3}{2\pi}\right)^{2/3} \frac{h^2}{8M}$$

/7/-ből /2/ alapján α -ra kapjuk:

$$\alpha = B^{(2)} K^2 T$$

ahol

$$B^{(2)} = \frac{300 \nu_k^4 h^2 \left(\frac{\pi}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{R_0^3}{A}\right)^{1/3}}{19 h^4} \left[1 - \frac{1}{2} \frac{A}{V} \sigma_n \right]$$

Azaz /6/ figyelembevételével írhatjuk:

$$B^{(2)} = B^{(1)} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r_n}{r_0}\right)^3 \right]$$

ahol r_n -el a taszitógömb sugarát jelöltük.

Mivel a számítások során feltételeztük, hogy $\frac{A \sigma_n}{V} \ll 1$, az itt kapott korrekció sem lehet jelentős; a taszitósugarat $r_n = 0,8 \cdot 10^{-13}$ cm-nek véve fel, $B^{(2)}$ értéke 10 %-al csökken.

3. A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy a nukleonok közti erők figyelembevétele a hőkiterjedési együttható értékét mennyire változtatja meg.

A mag összenergiáját ekkor, mint a potenciális és kinetikus energia összegét írhatjuk fel:

$$E = E_p(R) + E_k(R, K^2 T^2)$$

Az egyensúlyi állapot feltétele

$$\left(\frac{\partial E}{\partial R}\right)_T = F(R, K^2 T^2) = 0$$

Ennek felhasználásával kapjuk $(KT)^2$ -re:

$$K^2 T^2 = f(R)$$

Mivel számításaink már eddig is csak kis T értékekre vonatkoztak, a $T=0$ esetén adódó R_0 minimalizáló mag sugár körül $b(R)$ -t sorbafejthetjük és így /8/-ból kapjuk:

$$2T K^2 dT = \left(\frac{d\Phi}{dR} \right)_{R=R_0} dR \quad /9/$$

/9/ figyelembevételével /2/-re a következő egyszerű formula adódik:

$$\alpha = \frac{6}{R_0 \left(\frac{d\Phi}{dR} \right)_{R=R_0}} K^2 T = B^{(3)} K^2 T \quad /10/$$

Feladatunk ilyen módon a potenciális és kinetikus energia ismeretében $\left(\frac{d\Phi}{dR} \right)_{R=R_0}$ kifejezésnek meghatározására redukálódott.

Bethe [4] a két nukleon közt ható potenciált

$$V(r) = -GP_x e^{-\frac{r^2}{R^2}}$$

alaknak véve fel, megadott egy kötési energia képletet, mely számot ad a nehéz magok energiatelítettségéről. Az általa kapott potenciális energia

$$E_p = -\frac{GA}{\sqrt{\pi}} x^{-3} \left\{ 2 - 3x^2 + (x^2 - 2)e^{-x^2} + \sqrt{\pi} x^3 \phi(x) \right\}$$

ahol az áttekinthetőség kedvéért az

$$x = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{\pi}{3} \right)^{1/3} b \frac{A}{R} = \frac{K}{R}$$

jelölést alkalmaztuk és

$$\phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

Fenti kifejezésekben b a magerők hatótávolságával, G a mezon-tér csatolási tényezőjével arányos mennyiségek, P_x a Majorana-féle helyfelecsereelő operátor. Bethe a /13/ és a Fermi-féle kinetikus energia összeadásából kapott energiaképletnek a tapasztalattal való egyezését

$$b = 2,37 \cdot 10^{-13} \text{ cm}, \quad G = 70 \text{ MeV}$$

/12/

paraméterértékek mellett találta a legjobbnak.

A fentebb vázolt gondolatmenet szerint a minimalizáló feltételből kapható $f(R)$ függvényt most az új x változóra írva át, lesz

$$f(x) = \frac{\hbar^2 x}{T^2 M b^2} \left\{ \frac{65}{\sqrt{T}} \left[x^{-2} - 0,5 - e^{-x^2} (x^{-2} + 0,5) \right] - \frac{3}{5} \frac{\hbar^2}{M b^2} x^3 \right\}$$

Figyelembevéve, hogy az alapállapot magsugarának megfelelő érték Bethe szerint

$$x_0 = 2,7 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$$

/10/, /12/ és /13/ alapján kapjuk:

$$B^{(3)} = 5,95 \cdot 10^{-13} \text{ MeV}^{-2}$$

4. Az eddigiekből láthatjuk, hogy a mag hőkitágulási együtthatójára kapott értékek nem mutatnak lényeges eltérést egymástól. Számításaink eredményeit összefoglalhatjuk tehát abban, hogy a hőkitágulási együtthatóra az

$$\alpha = 6 \cdot 10^{-13} \text{ K}^2 \text{ T grad}^{-1}$$

/14/

kifejezés használható, ahol $\kappa = 0,86 \cdot 10^{-10} \text{ MeV grad}^{-1}$ /Ez adódik a nukleonok közti kölcsönhatást is figyelembevevő Bethe-féle energiaformulából./

/14/ felhasználásával /3/ alapján meghatározhatjuk a magsugár hőmérsékletfüggését és kapjuk:

$$R = R_0 \left[1 + \frac{\kappa^2 T}{10^3 \text{ MeV}^2} \right]$$

A fenti képlet értelmében tehát a magsugárnak 1 %-os növekedése $\kappa T \sim 3,2 \text{ MeV}$ -nél következik be, ami kb. 100 MeV gerjesztési

energiának felel meg. Az atommag hőkitágulása tehát - mint látjuk - csak magas gerjesztéseknél okozhat jelentős effektusokat.

E helyen szeretnék köszönetet mondani Marx György és Szamosi Géza egyetemi docenseknek, akik figyelmemet a fenti problémára felhívták és tanácsaikkal munkámat támogatták.

- 0 -

I R O D A L O M

1. G. Szamosi - Gy.Marx, Acta Phys.Hung. /megjelenés alatt/
2. E.Bagge, Physikalische Zeitschrift 44. 462, 1943.
3. G.Szamosi, Acta Phys.Hung. IV./2/. 155. 1954.
4. H.A.Bethe - R.F.Bacher, Rev.Mod.Phys. 8. 82. 1936.

- . -

Érkezett: 1955. március 3.

AZ ATOMFIZIKAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: SIMONYI KÁROLY

Az Atomfizikai Osztály 4 MV-os Van de Graaff generátorá-
nak feszültségforrása

Irta: Kostka Pál és Mérey Imre

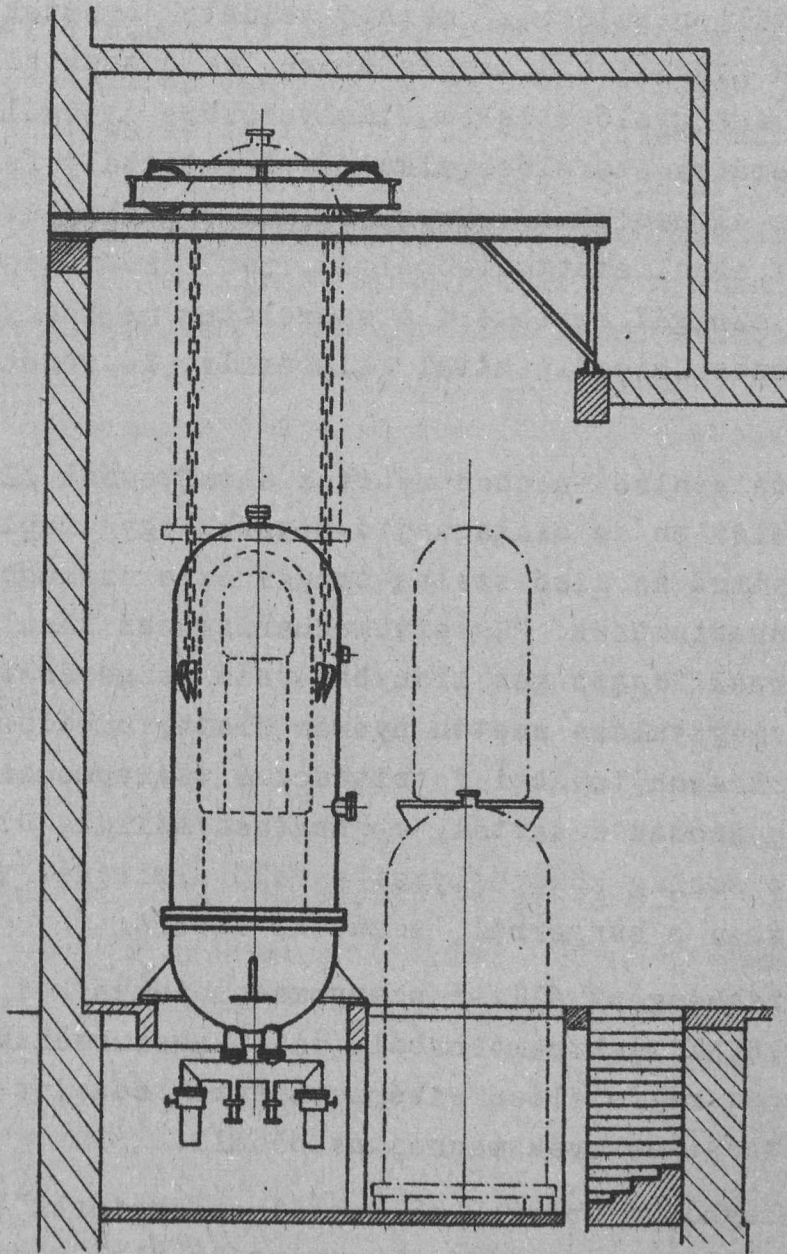
Az Atomfizikai Osztályon a gyorsítóberendezések építése körül szerzett tapasztalatok eredményeképpen a 4 MV-ra tervezett nyomásalatti Van de Graaff generátor feszültségforrás részének felépítése és szerelése befejezést nyert és feszültségpróbája is lezajlott. Az Osztály megalakulásakor lefektettek szerint elsőnek a 800 kV-os kaszkádgenerátort állítottuk üzembe. Evvel a munkával párhuzamosan folyt és folyik a sokkal hosszabb lejáratu Van de Graaff programnak az előkészítése, tervezése, kivitelezése. A tervezés fázisa az irodalomra és a régebbi - Soproni tapasztalatokra támaszkodott. A kivitelezés előkészítése és keresztülvitele az 1 MV-os kísérleti tankgenerátoron végzett méréseken és tapasztalatokon alapult. A nagyfeszültség szempontjából elkészült generátoron a tapasztalatok bővítése céljából történő méréseken kívül a második szakaszhoz tartozó munkálatok kezdődnek: a gyorsítócső szerkesztésével, kivitelezésével és a gyorsítással magával kapcsolatos kérdések megoldása. Ezek után szándékozunk csak a feszültség stabilizálásának kérdését megoldani úgy, hogy a stabilizáció 1 %-on belül történhessék.

A feszültségforrás építése sem mechanikai, sem elektromos szempontból nem adott kellemetlen meglepetéseket és a várt eredményt szolgáltatta. Az alkatrészek legnagyobb részének tervezése és legyártása 1952. július és 1953. december közötti időszakban történtek, a szerelés és próba 1954. év folyamán.

A generátor építése közben felmerülő kérdések mechanikai-technológiai és villamos természetűek voltak, amelyekről a következőkben rövid ismertetést adunk.

Az Atomfizikai Osztály a 4 MV feszültségű nyomás alatti Van de Graaff generátor tervezésénél az álló kivitel mellett döntött, annak ellenére, hogy a fekvő elrendezés egy laboratóriumi helyiségben könnyebben elhelyezhető. A megépítésre szolgáló lehetőség ugyanis röviddel a Budapest Csillebércen folyó építkezési munkák befejezése előtt nyílt és egy már meglévő, de a berendezés várható méreteinek nem elegendő magas laboratóriumban legalkalmasabbnak mutatkozna a vízszintes elrendezésű megoldás. Ennek kivitelezését lehetetlenné tette egyrészt, hogy ilyen méretű generátor tervezésével Osztályunk még nem foglalkozott és technikai szempontból egy fekvő elrendezésű generátor szerkesztési problémái jelentősen nehezebbek, mint álló elrendezés esetén; másrészt nem rendelkezünk olyan alkalmas szerkezeti anyaggal, amely a vízszintes elrendezésnél mechanikai szilárdság /oszloplehajlás/ és elektromos szigetelő képesség szempontjából egyidejűleg megfelelő lenne. Így az álló elrendezés látszott megvalósíthatónak és a generátor elhelyezésére az építkezés alatt álló laboratórium átalakításával nyújtottunk lehetőséget. A berendezés végleges elhelyezését az 1. ábra tünteti fel. /L. a köv. oldalon./

Külföldön elkészült berendezésekről megjelent irodalmi adatok és előzetes számításaink alapján a nagynyomású tartály átmérőjének méretét 2-m-re, hosszát 5,5 m-re választottuk, a szigetelő közegként használandó gáz nyomását pedig 25 kg/cm^2 -nek. A szerelési szempontból előnyös lapos, vagy kosár görbe alaku fenék legyártásához a kiadódó szilárdsági méretek mellett nehéziparunk megfelelő berendezéssel nem rendelkezett, úgy a tartály elkészítése csak félgömbfenékekkel valósulhatott meg, ami a tartály hossz méretének megnövekedésével járt, egyben megnehezítette a szalag meghajtó és állító mechanizmusának beépítését is. A tartály hossza alsó fenéktől felső fenéig 6,3 m. A tartály 28 mm vastag, e célra speciálisan hőkezelt acéllemezből, hegesztett kivitelben készült. Kész állapotban a hegesztési varratok mentén újra hőkezelték a tartályt és hegesztési varratait röntgenvizsgálat segítségével ellenőrizték. A fellépő igen nagy szilárdsági igénybevétel mind ezek rendkívül gondos végrehajtását megkövetelte.



1. ábra.

A tartály az alsó negyedrésze fölött ketté osztott. A két részt 48 db \varnothing 62 anyáscsavar köti össze. A nagynyomású tömitést az alsó peremrész vályualaku hornyába öntött lágyólom végzi, amelyet a felső peremrész körbefutó ékalaku gyűrűje nyom össze.

A tartály szilárdsági méretezését és kivitelezési terveit a Kohóipari Tervező Intézet megbízásából Lengyel József, a Wilhelm Pieck Wagonyár főosztályvezető mérnöke, elkészítését

és a helyszínen való felállítását előbbi gyár Hidosztályán dolgozók végezték.

A tartályon különböző méretű toldatok nyertek elhelyezést, melyek a gyorsítócső kivezetésére, az összes villamos bevezetések és megfigyelő ablakok elhelyezésére szolgálnak.

A generátor szerelése alkalmával a tartály felső része felemelhető és elmozdítható. Erre szolgál a padlástérben a generátor fölött elhelyezett alsópályás, kéziműködtetésű futódaru. Ez a daru szolgál egyébként a szerelések megkönnyítésére, amikor is egy szerelő padlózattal felszerelve felvonóként működtethető.

A tartály alsó felében nyertek elhelyezést /2. ábra/ /Lásd a köv. oldalon/ a szalaghajtó motorok egy alaplemezzel szerelve, valamint az alsó szalag-henger és a szalaghenger állító szervomechanizmusok. E szervomechanizmusok közül az egyik az alsó hengernek függőleges irányban való mozgását végzi, hogy a szalag megnyulása esetén nyomás alatt, működés közben is lehetséges legyen további feszítése. A szervomechanizmus másik része ugyancsak a tartály megbontása nélkül, üzemeltetés közben tudja a szalag középhelyzetbe való állítását végezni, ha az üzem közben a hengerről lecsuszni akarna.

A szalaghengert állító szervomechanizmus két kis teljesítményű /0,4LE/ elektromotorból, és az ezek mechanikai energiáját átadó, megfelelően kiképzett kardáncsuklós tengelyekkel meghajtott csiga-kerék meghajtásból áll.

A szalaghajtó motorok és szabályozó motorok indítására szükséges villamos kivezetések a tartály alsó részén elhelyezett toldatoknál történik. Az átvezetésekhez részint autogyertyákat használtunk, részint külön erre a célra kikísérletezett 4 eres gumikábel átvezetések, melyek tömítő szelencékkel vannak tömítve. Pillanatnyilag 32 nagynyomású, erősáramú csatlakozás van a tartály belseje felé, amelyek száma később még növekedni fog.

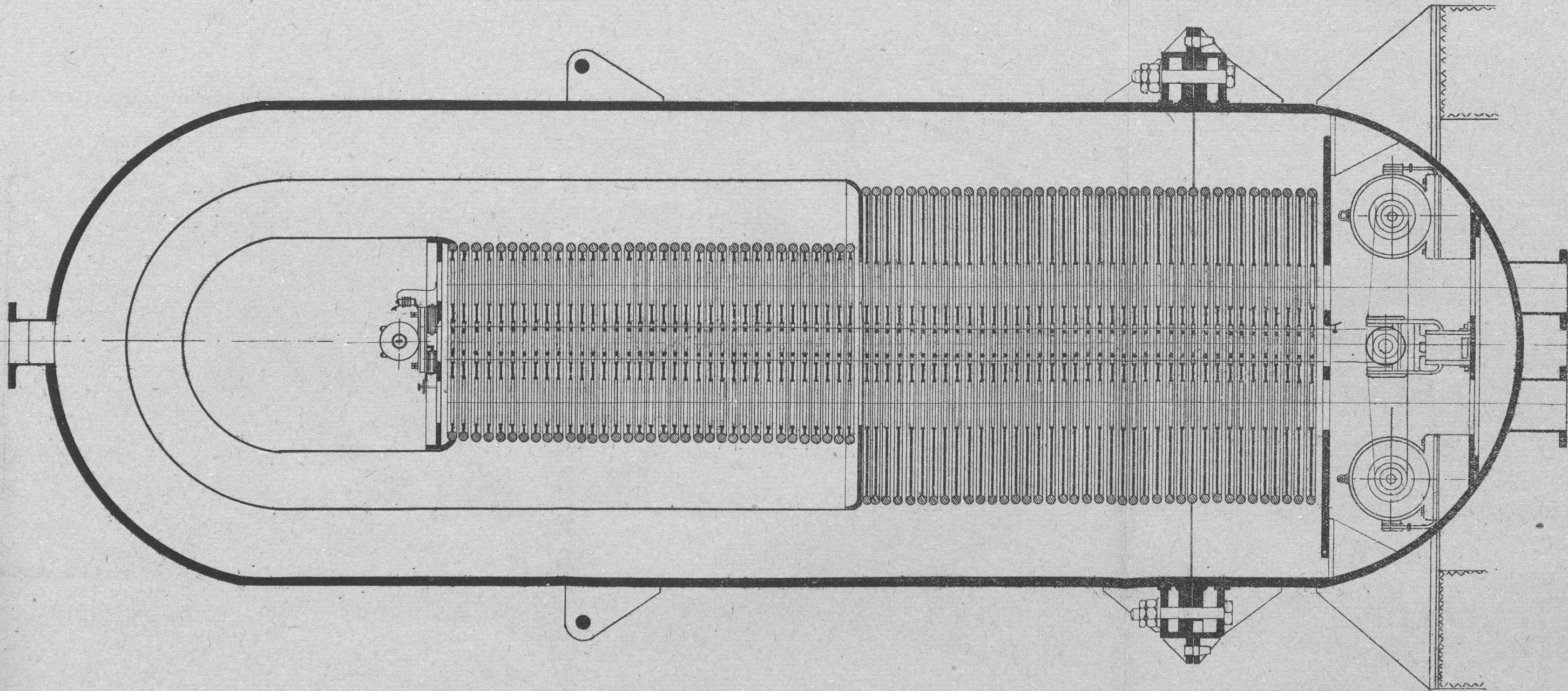
A szalagmeghajtó motorok teljesítményének megállapításánál az elektromos hasznos teljesítményen felül, figyelembe kellett venni azt a többletteljesítményt, amelyet az aránylag

nagyfelületű szalag surlódás következtében a szigetelő gázban fogyaszt. Levegőben az alábbi féltapasztalati képlet alapján számolhatók a légsurlódási veszteségek: /Büchner, stb. után/

$$N = k \cdot P \cdot A \cdot v^3$$

ahol N a veszteség teljesítmény, P a levegő nyomása, A a szalag felülete, v a szalag sebessége, k pedig a surlódásra

/ 2. számú ábrát lásd a köv. oldalon./

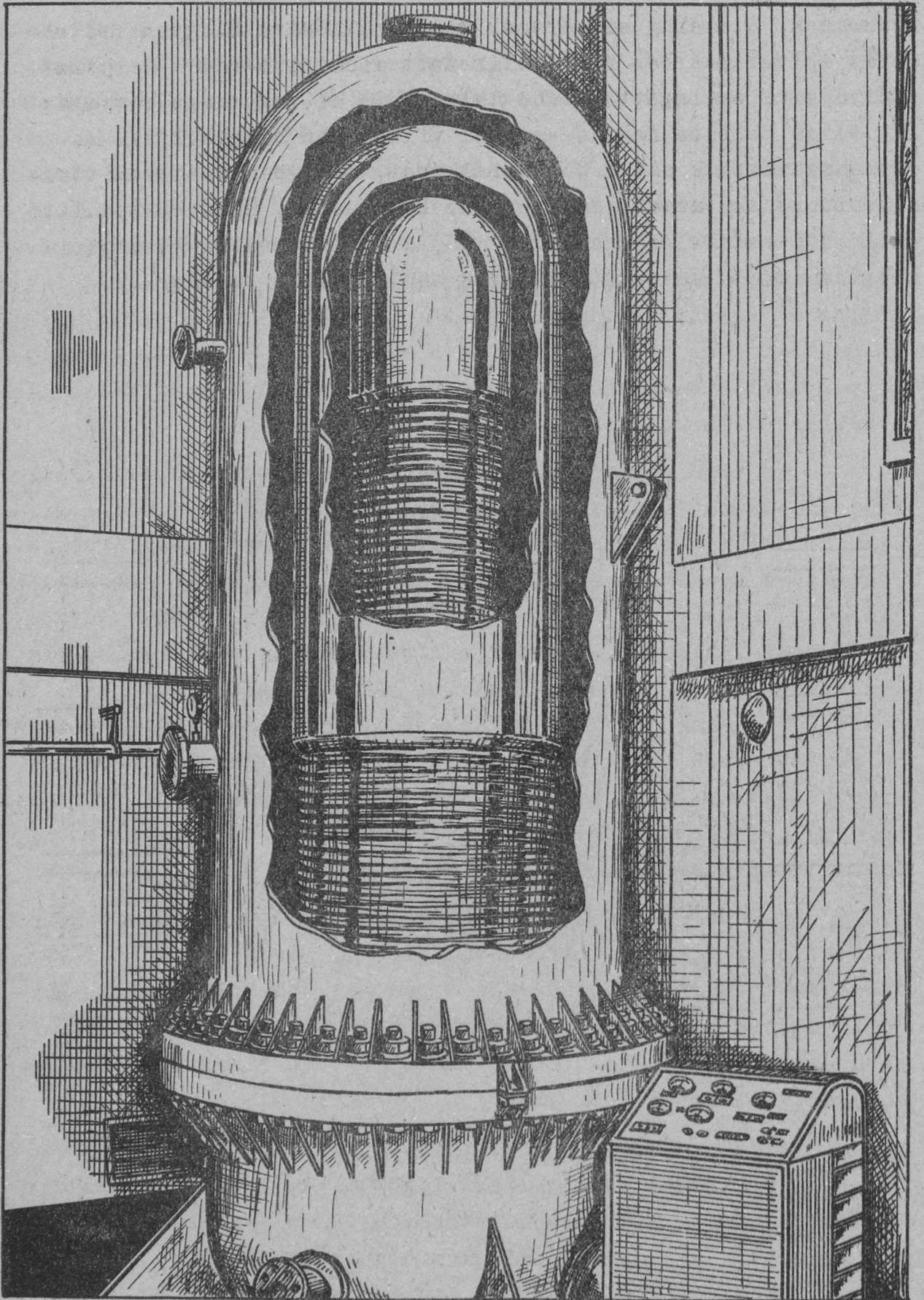


jellemző arányossági tényező. A hasznos terhelésből és a surlódási veszteségekből számított motor teljesítmény 14 LE-nek adódott. Mivel azonban nagyobb szalagsebességet és más szigetelő gázokat is akartunk alkalmazni, melyek "k" tényezője ismeretlen, 100%-os teljesítmény tartalékról gondoskodtunk, azaz 2 db 15 LE csuszógyűrűs háromfázisú motort építettünk be. Szalagkimélés céljából pillanatnyilag a motorok teljes fordulatszámuk felével forognak, amit úgy értünk el, hogy a két motor az első forgórészén keresztül kaszkádba van kapcsolva. A fordulatszám szabályozás és a lassu indítás a második motor forgórészébe iktatott szabályozó ellenállás segítségével történik. A jelenlegi maximális szalagsebesség 11m/sec, amely 22 m/sec-ig növelhető.

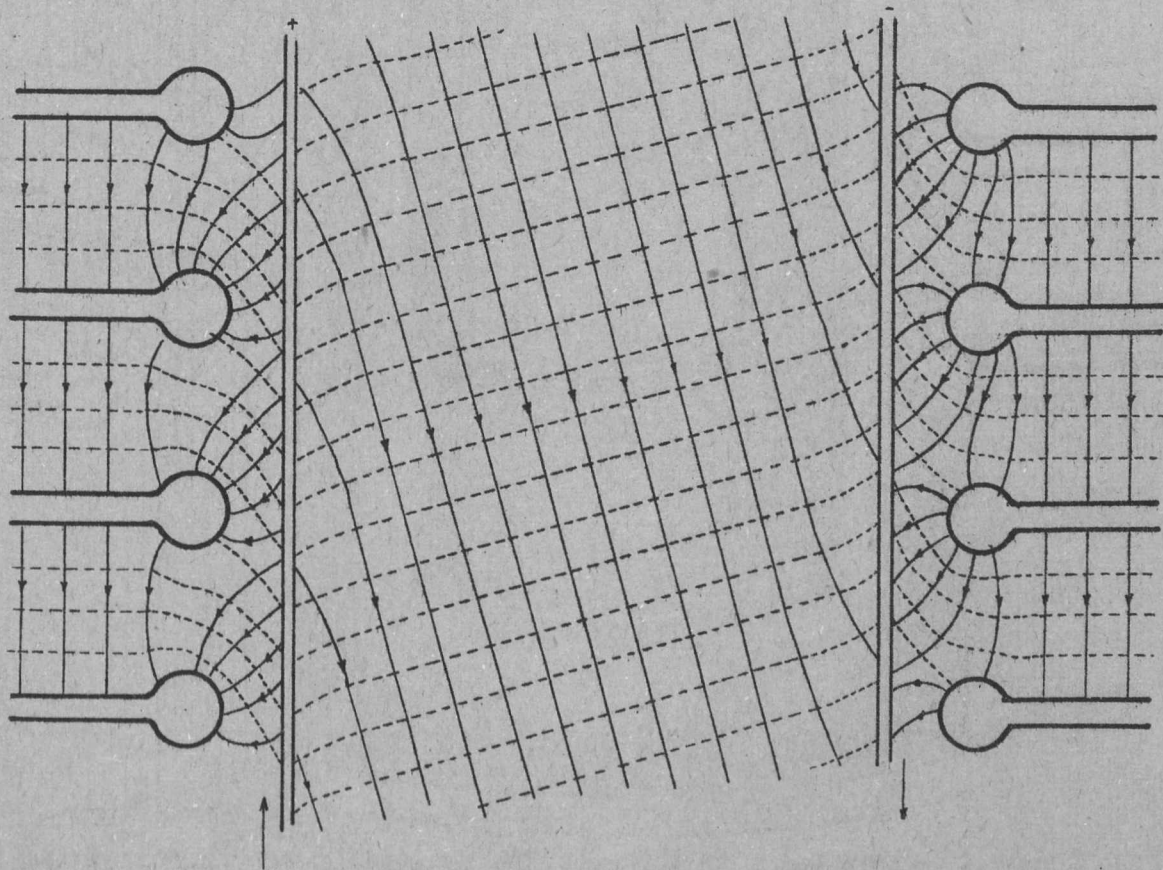
Az alsó szalaghenger meghajtását a meghajtómotorokról ékszíjhajtáson keresztül kapja. Ugy az alsó, mint a felső szalaghenger 15 cm átmérőjű és 55 cm hosszú, mindkét végén golyós csapágyban nyugszik. A felső szalaghenger csapágiai rugózhatóan vannak felfogva, hogy a szalagfutási egyenetlenségeket rugalmasan tudják felvenni, és ezzel a nivógyűrűkből álló oszlop rázkódásmentességét biztosíthatjuk. A szalaghengerek futófelülete kismértékben hordóalakúan kiképzett, ami kedvező a szalag közép-helyzetben való futtatása szempontjából. E felületek kemény krómbevonatúak, hogy szalagcsuszás esetén a szalag ne szennyeződjék. A szalaghengereket beszerelésük előtt úgy sztatikusan, mint dinamikusan kiegyensúlyoztattuk.

A generátor villamos felépítése teljesen hasonló ahhoz, amit az erre vonatkozó irodalom közöl. A 2. és 3. ábrán látható, hogy a nagyfeszültségű elektróda egy potenciálosztó oszlopon nyugszik. Ennek belsejében nyert elhelyezést a gyorsítócső és a szalag. A potenciálosztó oszlop egymástól szigetelten elhelyezett nivógyűrűkből áll.

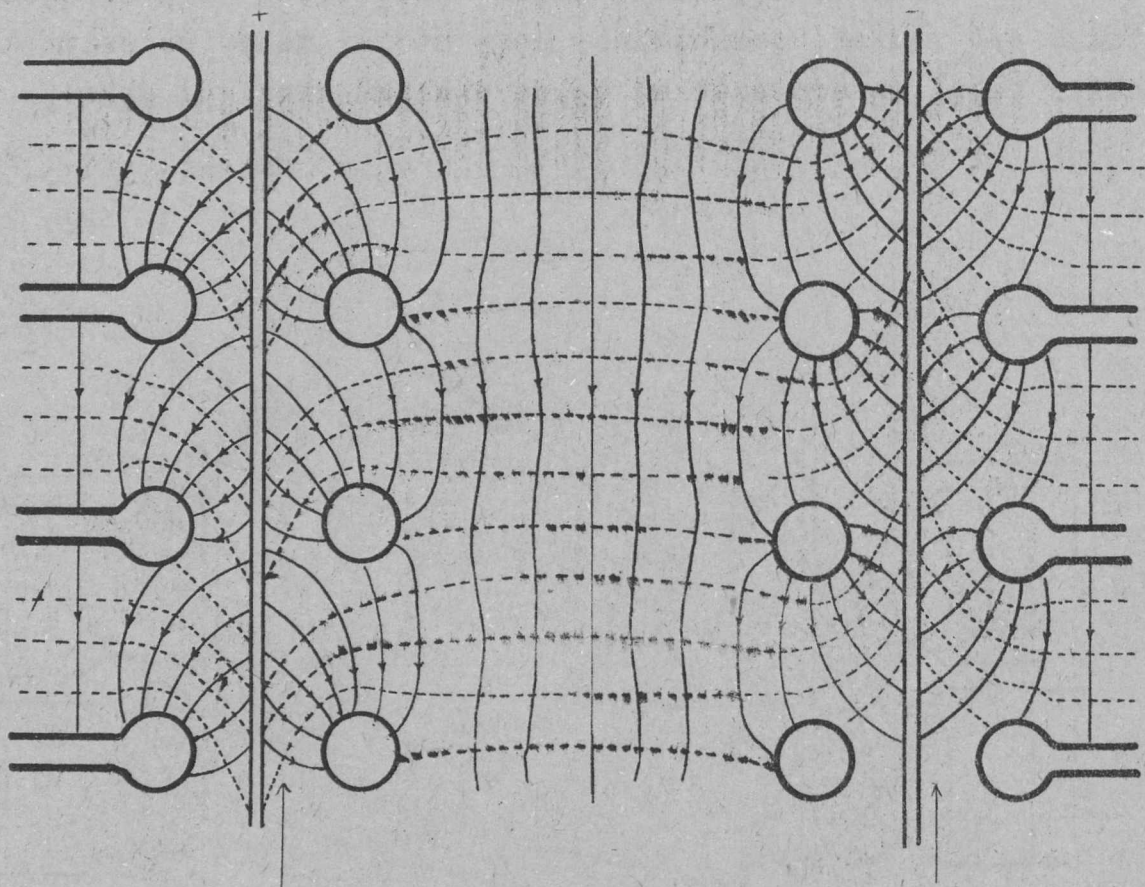
A potenciálosztó oszlop nivógyűrűi korongszerű tárcsákból állnak. Kifelé toroid-alaku legömbölyítéssel rendelkeznek, egymásfelé pedig siklapot mutatnak. Evvel a gyorsítócső és a szalag mentén egy minden radiális komponens nélküli, tengelyirányú gradienst állítanak elő, azaz a közeli tankfal felé ár-



nyékolnak. A szalag erőterének kiegyenlítésére kiegyenlítő rudakat építettünk be. Ezek polirozott alumínium-rudak, melyeket a nivógyűrű szalagáttörésébe helyeztünk el, úgy hogy a szalag lefutó és felfutó ágát egymástól villamosan árnyékolják. Ha összehasonlítjuk azt a potenciálképet, amelyben kiegyenlítőrudak nincsenek, avval, amely akkor keletkezik, ha a kiegyenlítő rudak ott vannak, szembeűnő, hogy utóbbi mennyire szimmetrikussá teszi az erőteret az egyes szalagágakon./4. ábra./



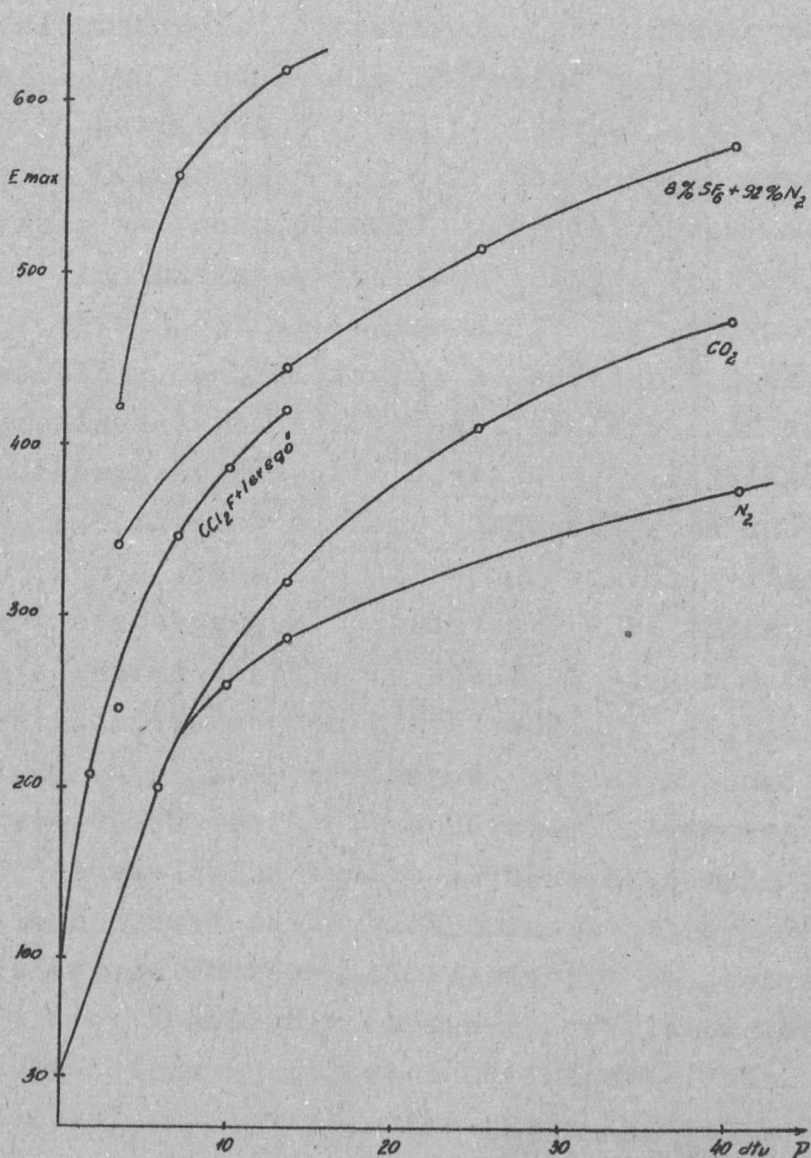
4/a. ábra.



4/b. ábra.

A generátor felépítése úgy tagozódik, hogy a tartály alsó felébe hegesztett tartóbakokon nyugszik az alsó szerelőlemez, amelyre a 38 darab 130 cm átmérőjű és 34 darab 80 cm átmérőjű nivógyűrűből álló oszlopot építettünk. Az összes meghajtó szerelvény, töltő szerelvény az alsó szerelő-lemez alatt foglal helyet. A nivógyűrűket egymástól 6-6, illetve 4-4 porcelán támszigetelővel választottuk el.

A szigetelő gáz nyomásának megválasztása a következő szempontok szerint történik: semleges gázok közül a nitrogén a legkönnyebben beszerezhető. Átütési szilárdsága /5. ábra/



5. ábra.

(B)

7 atü-ig lineárisan 200 kV/cm-ig nő, onnan egy töréspont után kevésbé meredeken folytatódik. 25 atü-ig a szabadtéri értékeknek kb tízszeresére megnő. A nyomáshatárt 15 és 25 közé választjuk. Ezeknél az értékeknél már érdemes mérlegelni, hogy a rohamosabban növekvő mechanikai szilárdsági problémák és a kevésbé növekvő villamos átütési szilárdság mellett milyen nyomáshatár ad még gazdaságos megoldást. A 4 MV-os generátor-415/G.

nál maximálisan megengedhető nyomásnak 25 atü-t állapotítottunk meg. Az átütési szilárdság növelésére szokásos SF₆, vagy CCl₂F₂ gáz hozzákeverése. Kis mennyiségben CCl₂F₂ rendelkezésünkre is állott, azonban a méretezések és az üzem nitrogén gázra van alapozva,

A nagyfeszültségű elektróda a félgömbkúpólából és hozzácsatlakozó hengeres toldatból áll. Ebben foglal helyet a szalaghenger és szerelvényei, valamint a gyorsításhoz később beépítendő összes berendezés. Előnyös méretnek 90 cm átmérő, és 115 cm összmagasság látszott. Látható, hogy az elektróda és a tartály fal között tiszta gömbi erőter alakul ki, amely azután hengeres erőterbe megy át. A maximális igénybevétel helye a nagyfeszültségű elektróda. A szigetelőközeg villamos-szilárdságának jobb kihasználása érdekében a nagyfeszültségű elektróda és a tartályfal közé a teret alásztó elektródákat szokás helyezni. Ezen az elektródán, amely a generátor eredeti erőterének valamelyik ekvipotenciális felületére simul, újra elő lehet irni ugyanazt az E_m maximálisan megengedhető térerősséget, mint amelyet a nagyfeszültségű elektródán irtunk elő. Evvel a módszerrel elvileg el lehet érni, hogy a szigetelési térben a térerősség sehol ne essék lényegesen az E_m alá. Ezuton elérhető, hogy adott geometriai méretek és konstansul tartott nagyfeszültség mellett kisebb térerősség értékekkel ki lehet jönni. Gyakorlatilag 1-2 alásztó elektródát érdemes tenni, a viszonylag legnagyobb nyereség és aránylag a legkevesebb kivitelezési nehézség egy alásztó elektróda esetén van. Ennek az elektródának a méretét szélsőérték-számítás adja meg: A szélsőértékét keressük a nagyfeszültségű elektródán maximálisan létesíthető U_{max} feszültségnek, ha a tartályméret adva van és egyetlen közbeeső sugaru elektródát akarunk alkalmazni.

A 4MV-os generátorunknál a nagyfeszültségű elektróda mérete az optimális közelében lett megválasztva. A méretezés a gömbrészre történt. Meg lehet győződni, különösen személetesen egy azóta megjelent /1953/ publikáció diagrammja kapcsán, hogy az U_{max} gömbszimmetrikus erőterben a nagyfeszültségű elektróda r_1 sugarának elég sok értékénél alig változik. A nagyfeszültségű elektróda köbtartalmának növelése érdekében célsze-

415/G.

rünek látszik, minél nagyobb sugárérték elérése. Így született meg a 45 cm-es sugár, egy, az optimum közelében lévő érték. A közbelső elektróda-méret r_2 megválasztása az

$$2r_2^3 - r_3(r_2^2 + r_1^2) = 0$$

egyenlet megoldása alapján történik, és $r_2 = 70$ cm-nek adódott, Az előbbi méretezési eljárással a két elektródának a feszültség-aránya már definiálva van az

$$\frac{U_{12}}{U_{23}} = \frac{(r_2 - r_1) r_3 r_1}{(r_3 - r_2) r_2^2}$$

arányal. Ezt az arányt azonban nem tartottuk be. Félő volt u.i., hogy a mechanikai megmunkálások nem lesznek kielégítőek, és nem engedték meg, ugyanazt az E_{\max} térerősséget az osztó elektródán, mint a nagyfeszültségű elektródán. A feszültség-osztás $U_{12}/U_{23} = 0,9/1$ lett. Ilyen feszültségértékek mellett 4 MV esetén az elektródákon maximálisan fellépő térerősség $E_{12\max} = 117$ kV/cm. Ez az érték kb. 2,8-szoros biztonságnak felel meg, 25 atü nitrogén esetén /5. ábra/.

Fenti méretezés a hengeres részekre nézve azt jelenti, hogy sehol sem lép fel az előbbi maximálisan megengedett térerősség. A hengeres részekben a legnagyobb térerősség $E_{1,2} = 96$ kV/cm. Ha ezeket az értékeket összehasonlítjuk más hasonló generátorok feszültségadataival, azt tapasztaljuk, hogy valamivel nagyobb biztonsággal méreteztünk.

A közbelső elektródán fellépő térerősségek a kupola-részen 100 kV/cm, oldalt 84 kV/cm. A szalag mentén az átlagos gradiens 11 kV/cm. Az átlagos hossz tengely menti gradienst 20 kV/cm-nek szokás venni, az óvatosabb méretezés eredménye az volt, hogy 4,5 MV esetén is az elektródák közötti átütések domináltak és a szalag mentén csak ritkán volt átütés.

A generátor tengelye mentén a feszültség alaosztását 5 cm-es lépésekben adjuk, 55 kV-t engedvén meg egy-egy fokozatra. Ez 4 MV esetén 73 db potenciálosztó gyűrűt jelent, 38

az alsórészben, 35 a felsőben. A felső rész gyűrűi a nagyfeszültségű elektróda méretéhez, az alsók a közbeeső elektróda méretéhez alkalmazkodnak.

A nagyfeszültségek és a kis átütési távolságok miatt foglalkozni kell a fellépő elektrosztatikus erőhatásokkal. Az elektrosztatikus erők elsősorban a nagyfeszültségű elektródát emelik felfelé. Az erre vonatkozó számításoknál az elektródára ható erők hossztangelymenti komponenseit integráljuk. Az erőhatás

$$F = \frac{\tau \epsilon_0 r_k^2 U^2}{2(r_k - r_b)^2}$$

nek adódik. Ez a képlet a 4 MV-os generátor méreteivel 40,5 kg, illetőleg 50 kg erőt jelent elektródánként. Ezek az erők a belső elektróda súlyával összemérhetők, a külsőével azonban nem. Mechanikai igénybevételt jelent az oszlopra nézve minden excentricitásból eredő erőhatás. Erre vonatkozóan is végeztünk számításokat. Párhuzamos tengelyekkel rendelkező, de excentrikusan egymáson belül elhelyezkedő, végtelennek feltételezett hengerek z hosszúságu darabjára ható erő a következőknek adódott:

$$F = \frac{2\tau \epsilon_0 U^2}{R_2 \left[\operatorname{arch} \frac{m_1}{R_1} - \operatorname{arch} \frac{m_2}{R_2} \right]^2} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha^2} \cdot z$$

ahol

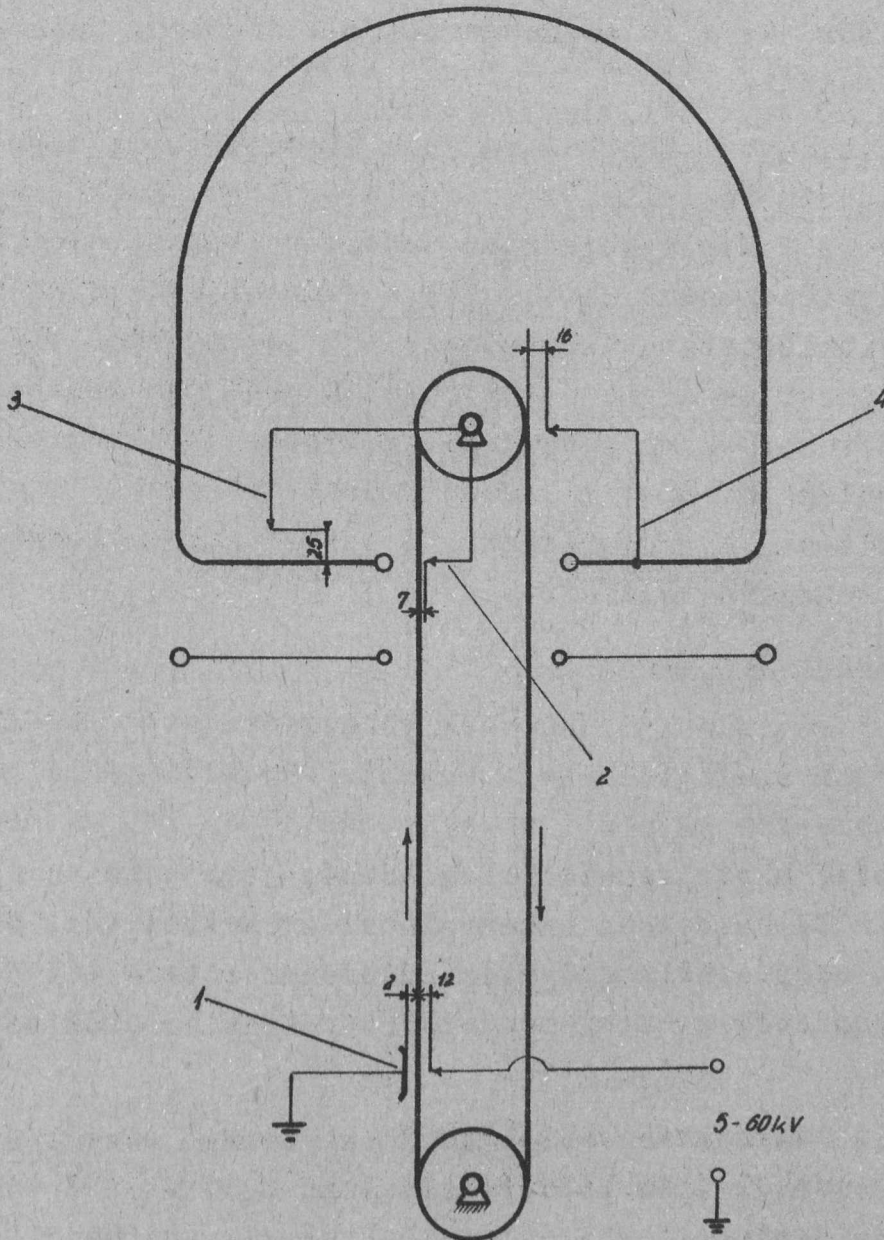
$$m_1 = \frac{1}{2D} \left[R_1^2 - R_2^2 + D^2 \right]; \quad m_2 = \frac{1}{2D} \left[R_1^2 - R_2^2 - D^2 \right]; \quad \alpha = \frac{R_2}{m_2 + \sqrt{m_2^2 - R_2^2}}$$

és U a kettő közti feszültségkülönbség R_2 a belső henger sugara, R_1 a külső henger sugara, D az excentricitás. A 4 MV-os generátor nagyfeszültségű elektródájának értékeivel 3 cm excentricitás esetén 12 kg-nak adódott. Ezek az erők mechanikai szempontból elhanyagolhatók.

Az ellenállásosztó lánc 24 db 50 M Ω -os, 1/2 W-os szilitellenállásból álló lánc, amelyet kb 1200 M Ω értékben minden egyes fokozat között építettünk be. A nagyfeszültség leosz-

tására kb. 50mA áram folyik, 4 MV esetén. A használt szilitel-
lenállások feszültség hatására elváltozást mutattak. A leosz-
tásra fordított áram a potenciálosztást kielégítően végezte.

A teljes oszlop, amely szerelt állapotban 3,6 m hosz-
szu és 73 tagból áll, a berendezés működése alatt teljesen
elhanyagolható berezgést mutat. A nivógyűrűket alátámasztó al-
só szerelő lap 4 emelő füllel van ellátva, amelyeknél fogva a
daru segítségével az egész oszlop felemelhető, ha a szerelő-
lemez alatt elhelyezett mechanizmushoz hozzá akarunk férni.



6. ábra.

A generátor szalagtöltő rendszerének sematikus rajzát a 6. ábra mutatja. A szalag belső oldalát töltjük, amely a gondosan polirozott kiegyenlítő rudak mellett fut. Nem használjuk az alsó szalaghengert, a töltőtűsor ellen-elektrodájaként, mert a régebbi 1 MV-os berendezésnél észlelhető volt, hogy a szalag belső felületén, azon alkotója mentén, melynél lefut a szalag, átsugárzás észlelhető, ami a szalagtöltés neutralizálásához hozzájárul.

A felső szalaghengert szigetelten helyeztük el. Hozzákötöttük a leszedő tűsört, 2, és a visszatöltő tűsor számára a feszültséget előállító szikraköz tücsucsát, 3. A visszatöltő tűsor, 4, a szalaghengerrel áll szemben, valamivel a lefutó él felett.

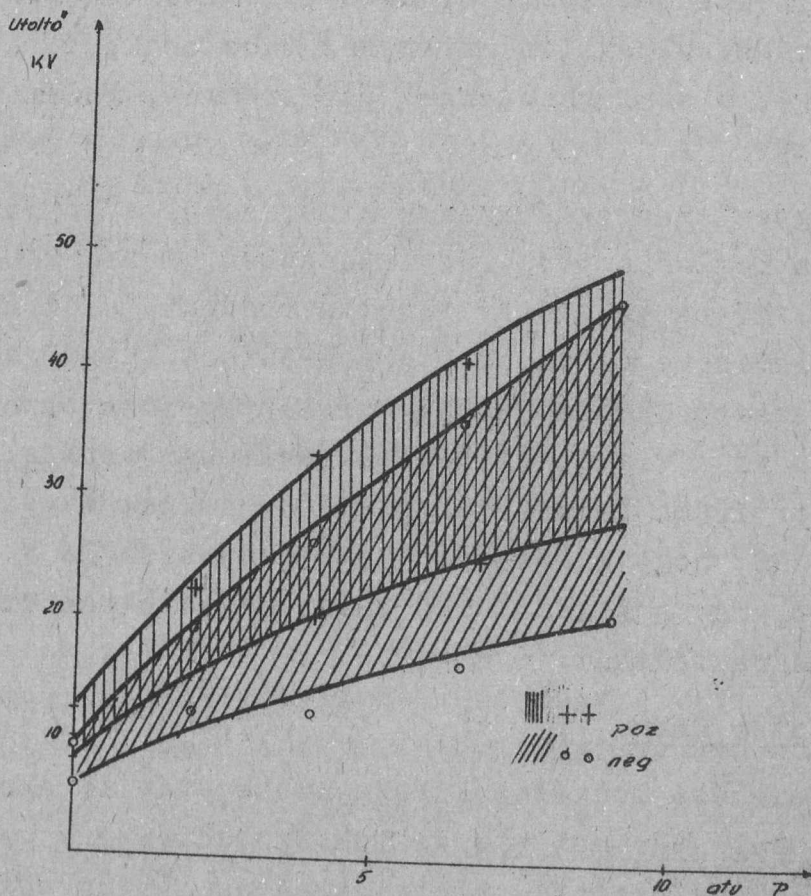
Az egyes tűsorok áramának kimérésével a soproni generátor kapcsán foglalkoztunk részletesebben. Ennek kapcsán fejlődtek ki a 4 MV-os generátor tűsörtávolságai, előírások a tűsor kivitelezésére. A tűsorok a soproniaktól csak a pontosabb kivitelezésben különböznek, ami lényegesnek bizonyult. A leszedő tűsor és a visszatöltő tűsor áram nem azonos. A visszatöltő tűsor árama lényegesen nagyobb, aminek magyarázata valószínűleg az, hogy a leszedő tűsor nem szedi le a teljes szalagtöltést, így a visszatöltő tűsor nagyobb feszültségkülönbség hatására tölthet.

4MV-os generátor üzeme

A szerelési munkálatok befejezése után legelsősorban a generátor szalag-áramát vizsgáltuk. Szabadtéren a generátor szalagárama 160 μ A pozitív polaritásban és 155 μ A negatív polaritásban. A szalag szélesség 45 cm, sebessége a mérések alkalmával 11/m/sec volt. Ezekkel az értékekkel az elméletileg szabadlevegőn elérhető maximális áramerősség $I_e = 260$ mA. Ez az érték egy kedvező 60 %-os áramszállítási hatásfokot jelent.

A szalagáram nyomás alatt a várható növekedést mutatja. Már aránylag kis nyomásoknál - pl 6,5 atü-nél - 430 μ A -re nő az áram.

A generátor töltőfeszültsége pozitív polaritásban nagyobb, mint negatív polaritásban. Pozitív polaritásban 0-17 atü nyomás mellett 9 kV-tól, negatív polaritásban 8 kV-60 kV-ig nő; a szükséges töltőfeszültség intervallum tehát erősen megnő /7. ábra/. A feszültséget egy erre a célra készített kaszkádkapcsolású, 1 fokozatu egyenirányító egység szolgáltatja. A feszültség bevezetése a tartály belsejében egy ebonit átvezető szigetelőn és előtte és utána röntgen kábelen keresztül történik.



7. ábra.

/B/

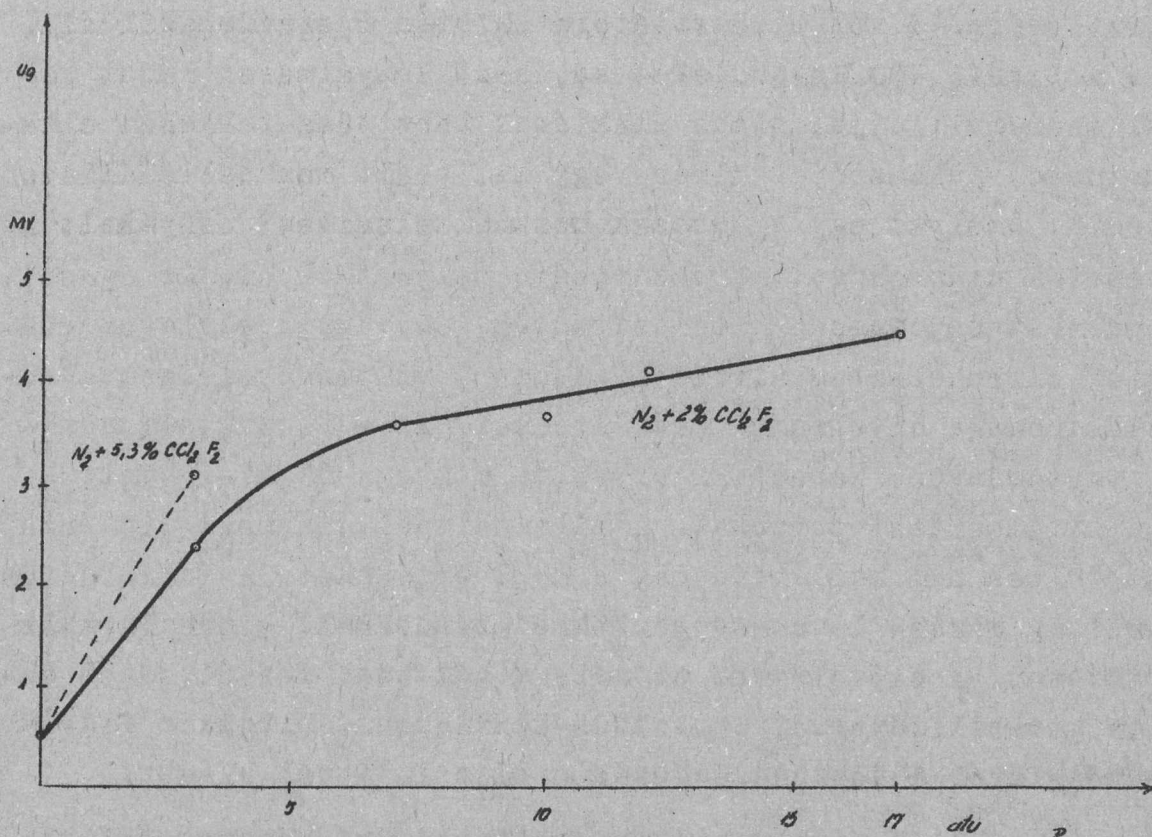
Tankban a feszültség mérése rotációs voltmérővel történik, amelyet a tank kupolájának tetőpontjára építettünk.

A beépítésre került rotációs voltmérő meghajtó motorja a tartály hengeres toldalékában nyert elhelyezést. Reluktancia motor, szinkron fordulaton fut minden nyomásérték mellett. Maga a voltmérő rotorja 8 nyelvű, burkoló görbójét az $r = a \sqrt{\sin 8\varphi}$

egyenlet szerint szerkesztettük az áram sinus lefolyásának biztosítására. A voltmérő sztátora szintén 8 szegmensből áll. Így a voltmérő 400 Hz-es jelet ad, amit kényelmesen lehet kezelni és mérni. A jel sinus alakjának torzítása teljesen elhanyagolható. A kimenőjel mérése egy kalibrált munkaellenálláson történik, amelyet egy ugyancsak hozzáhitelesített árnyékolt kábelvezeték után csővoltmérő kapcsáin helyeztünk el. Az egész elrendezést együttesen hitelesítettük, úgyhogy a végleges geometriai elrendezésben kívülről adtunk a voltmérővel szembenálló elektródára hitelesítő feszültséget. Ez a feszültség a mérési tartományhoz képest kicsi volt: mintegy 80 kV-ig vettük fel a hitelesítési pontokat. A hitelesítési diagramm lineáris, és tértöltés nem hamisítja meg a mért értékeket. A kalibrációs feszültség mérése 15 cm-es gömbökkel rendelkező gömbszikraköz-zel történt. A csővoltmérő számára a hálózati feszültséget feszültségstabilizátorral tartottuk konstansul. Mindezek figyelembevételével a feszültségmérés hibája 10 %-nál kisebb.

A generátor szerelvényei töltéselsugárzásának csökkentésére fordítottunk a berendezés építésénél a legnagyobb gondot. Az elektródák és nivógyűrűk polirozásán felül az elektróda felfekvések gondos kiképzésére, valamint a tartály belső oldalán az egyenetlenségek és hegesztési varratok lecsiszolására fordítottunk figyelmet. Így a MV-os feszültségen is sikerült a sugárzási veszteségeket és tértöltés keletkezését minimális értékre leszorítani.

A feszültségmérések a tartálynak CO_2 -vel történő kiöblítése és Freon-gáznak CCl_2F_2 / kis mértékben történő adagolása után a nitrogén gáz nyomásának növelése közben történtek. Az átlagos freon-tartalom a mérések folyamán 2 % körül volt, kevesebb a szokásosnál, úgyhogy a feszültséggörbe a nitrogénnel töltött generátorok lefolyását mutatja, vagyis 7 atü körül könnyökkel rendelkezik, és utána laposabban folytatódik /8. ábra/. A görbe ellaposodásának elkerülése nagyobb freon-tartalmak felé történik /5-10 %/, amint azt a 3 atü-nél 5,3 % freon-tartalommal végzett méréseink jelzi is. Ezt a görbét a 8. ábrán,



8. ábra.

121

szaggatott vonallal jelöltük, és jól látszik ennek a görbének meredekebb indulása. 0-10 atü tartományban a mérések pozitív és negatív polaritás mellett történtek és lényegtelen eltéréssel kb ugyanazt a feszültséget adták. A 10-17 atü intervallumban mindeztideig csak negatív polaritáson történtek mérések, mert a töltőfeszültség bevezető szerelvényeinél pozitív polaritás esetén átütések léptek fel. A 8. ábrán feltüntetett feszültségértékek határfeszültséget jelentenek a generátor számára az illető nyomásértékeken, azaz a generátor ezeknél a feszültségértékeknél a tartályfalhoz átütött, és a feszültség a töltőáram növelésével sem növelhető tovább.

A feszültség az egyes elektródák között az osztóellenállás arányában oszlik meg. A feltöltődés a viszonylag nagy kapacitások és ellenállások miatt az időállandóknak /8 sec és 24 sec/ megfelelően először a belső, azután a külső elektródáknál következik be. Ez azt jelenti, hogy a belső rendszer, melyet a tartály felé az osztóelektróda árnyékol, gyorsabban

töltődik, eléri a határfeszültségét, és átüt a közbenső elektródához, mielőtt az elérte volna a teljes feszültséget. Így a belső elektróda többször töltődik egymás után.

A külső elektródának a belsővel egyidejűleg történő utolsó átütése tekinthető a generátor határfeszültségének azon a nyomásértéken. A töltőkarakterisztika lapos lefolyása miatt közbenső, tehát nem határfeszültségértékek is beállíthatók. Ha kis lépésekben, hosszú idő alatt történik a töltőfeszültség növelése, akkor mindig bevárható az az egyensúlyi állapot, amikor a két elektróda eléri a veszteségek szerint beálló feszültségét. Így exponenciálisan lefolyó, sok kis lépésben is felhozható a generátor a határfeszültségre.

Az átütések az elektródák mentén egyenletesen elosztva lépnek fel, kitüntetett helyet felfedezni nem lehetett. Ritkábban történt, hogy tengelyirányban az oszlop, vagy a szalag mentén következett be az átütés.

Soproni tapasztalatok alapján a generátorhoz gázszűrő és kifagyasztó berendezés épült, amely a normál nyomáson több száz m^3 -t kitevő gázmennyiség tisztítására, víztartalmának csökkentésére és tárolására szolgál.

A 4 MV-os generátor feszültségforrásának megépítése 1954. őszén teljes egészében befejezést nyert. A gyorsítócső szerkesztésével és kivitelezésével kapcsolatos mechanikai szilárdsági és technológiai nehézségek, valamint a kapcsolatos elektromos kérdések megoldására az elkövetkezendő időszakban fog majd sor kerülni, amikor is a generátor feszültségstabilizálása ugyancsak megoldásra vár. A legutolsó évek tudományos publikációinak tanulmányozása alapján ítélve, fizikai kutatás szempontjából az az energia tartomány, melyet ez a berendezés átfog, a leggyakrabban használt.

Befejezésül köszönetet mondunk dr. Simonyi Károly professzor urnak, akinek elképzelése és irányítása alapján végeztük munkánkat; továbbá a Debreceni Egyetem Kisérleti Fizikai Intézetének a szalag végtelenítésével kapcsolatos tapasztalatnyújtásért; Szepes György volt munkatársunknak, valamint mind-

azon kartársainknak, akik lelkiismeretes munkájukkal a generátor megépítéséhez és üzembehelyezéséhez hozzájárultak.

- 0 -

I R O D A L O M

1. Van de Graaff, Compton, Van Atta: phys-Rev.43/1933/
p 149.
2. Van de Graaff, Trump, Büchner: Phys.Soc.Progr.Rep.XI.
3. Fortescue, Frisch: Progress in Physics I. 2.
4. Fortescue: J.I.EE 1949/I P 77
5. A Trump: El.Eng. 66/1947/ p 525
6. Boag: PRoC IEE Oct. 1953. Monograph No 63
7. Kálmán: KFKI Közlemények II.évf. 5.sz.
8. Flammersfeld, Weber Z. Naturforsch. 1952. Feb.
9. Schmidt: KFKI Közlemények II.évf. 5. sz.
10. Böning: Das Messen hoher Spannungen.
11. Trump, Safford, Van de Graaff R Sc I 1940 p 54
12. Verebély: Gyakorlati elektrosztatika
13. Bouwers: Elektrische Höchstspannungen
14. Neubert: Elektrostatische Generatoren
15. Weber: Mapping of Fields
16. Büchner, Van de Graaff, Spurduto, Mc Intosh és Burill:
/R.Sc.I.1947. Oct.No.10./

- . -

Érkezett: 1955. március 7.

A RADIOLOGIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: BOZÓKY LÁSZLÓ

Nagyfeszültségű anódpótlók

Irta: Ember György

I. rész

Áttekintés és szinuszos oszcillátoros megoldások.

A fizikai kutatások során gyakran válik szükségessé kV nagyságrendű egyenfeszültségek előállítása kis áramu terhelések mellett. Ilyen igény merül fel pl. számlálósövek, elektronoszorozók, ionizációs kamrák stb. feszültségellátásánál. A kívánt nagyfeszültséget rendszerint alacsony egyenfeszültséget szolgáltató telepekből, vagy akkumulátorokból kell előállítani. A következőkben ismertetjük és elméletileg tárgyaljuk a fenti igény kielégítésére szolgáló megoldásokat.

A nagyfeszültséget előállító rendszerrel kapcsolatos követelményeket a következőkben foglalhatjuk össze:

- I. Alacsony tápfeszültségről, max. 100 V-ról működjön.
- II. A szolgáltatott nagyfeszültség szabályozható legyen.
- III. Az átalakító rendszer hatásfoka minél nagyobb legyen. /Hatásfokon a nyert nagyfeszültségű energia viszonyát értjük a bevezetett kisfeszültségű energiához képest./
- IV. A keletkező nagyfeszültség lehetőleg stabilizált legyen.
- V. A gazdaságossági követelményeknek és a gyártási szempontoknak megfeleljen.

A lehetséges megoldásokat a következőkben foglalhatjuk

össze:

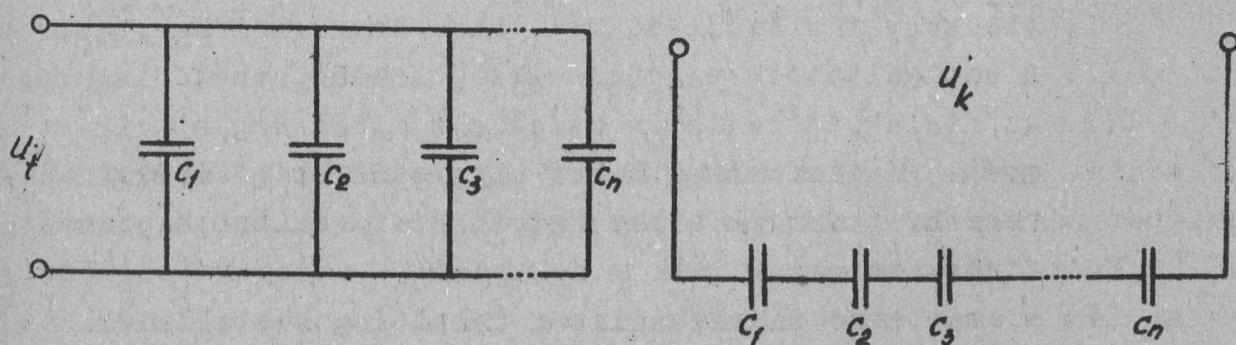
A./ mechanikus, B./ elektromechanikus, C./ elektrokémiai és D./ elektronikus.

Az A./ B./ és C./ pontokat csak teljesség kedvéért ismertetjük, tekintve, hogy ezek részben hatásfok, részben gazdaságossági szempontokból nem kielégítőek.

A./ Ebbe a csoportba sorolhatjuk a forgó áramfejlesztőket és a dörzsölési elektromosság elvén működő influencia gépeket. Ezek a készülékek hordozható kivitelben történő megvalósításra alkalmatlanok, mert a forgatáshoz szükséges energia nincs biztosítva. De ezen túlmenően alkalmazásukat nagy mértékben hátráltatja az, hogy kis méretben történő megvalósítás esetén bonyolult finommechanikai munkát igényelnek és hatásfokuk is erősen csökken. Stabilitásuk és az általuk szolgáltatott nagyfeszültség állandósága sem kielégítő.

B./ 1./ Forgó átalakító. Többnyire ugyanazokkal a hátrányokkal rendelkezik, mint az A./ pontban ismertetett forgó áramfejlesztő. Felépítésének bonyolultságát csak növeli az, hogy az áramfejlesztő tengelyén még egy hajtómotor is helyet foglal. Ez újabb mechanikai problémákat és további hatásfok csökkenést eredményez.

2./ Ez a megoldás kondenzátorok soros és parallel kapcsolásán alapszik. /1. ábra./



1. ábra.

A töltés parallel kapcsolás esetén történik, ekkor minden kondenzátor feltöltődik a töltőfeszültség értékére. Az összes betáplált energia, ha a kondenzátorok egyenlők

$$E_1 = \frac{1}{2} n C U_t^2$$

A továbbiakban mindegyik kondenzátor úgy viselkedik, mint egy telep és így sorbakapcsolás esetén az eredő feszültség a telepfeszültségnek és a kondenzátorok számának szorzata lesz. Sorbakapcsolás esetén a leadott energia

$$E_2 = \frac{1}{2} n C U_k^2$$

Ha a hatásfokot 100 %-nak tételezzük fel, azaz

$$\eta = \frac{E_2}{E_1} = 1 \quad \text{akkor} \quad E_2 = E_1$$

ebbe behelyettesítve

$$\frac{1}{2} n C U_t^2 = \frac{1}{2} n C U_k^2 \quad \text{innen} \quad n U_t^2 = \frac{U_k^2}{n}$$

$$\text{ebből} \quad U_k = n U_t$$

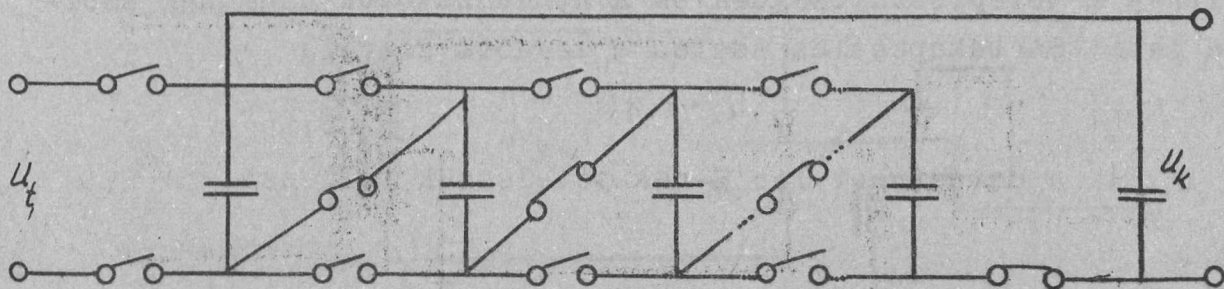
Amint láthatjuk, 100 %-os átmenő hatásfok esetén valóban a telepfeszültség n -szerese lesz a keletkező nagyfeszültség. Ez az eset azonban a gyakorlatban nem valósítható meg, mivel az átvezetések és a kapcsolásnál fellépő szikrázások jelentős veszteségeket okoznak. Ezen kívül ismeretes, hogy a kondenzátorok feltöltése az

$$U_c = U_t \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

töltődési görbe szerint történik és így ha rövid a töltési idő, ami periodikus kapcsoló esetében fennáll, a parallel kapcsolásnál a kondenzátorok nem tudnak a telepfeszültségre feltöltődni, hanem lényegesen kevesebbre, mivel a töltő áramkör ellenállása sohasem zérus. A kapcsolás egy forgó-kapcsolóval megoldható, melyet egy kis motor hajt. /2. ábra, a kondenzátorokat kisütési helyzetben ábrázolja./

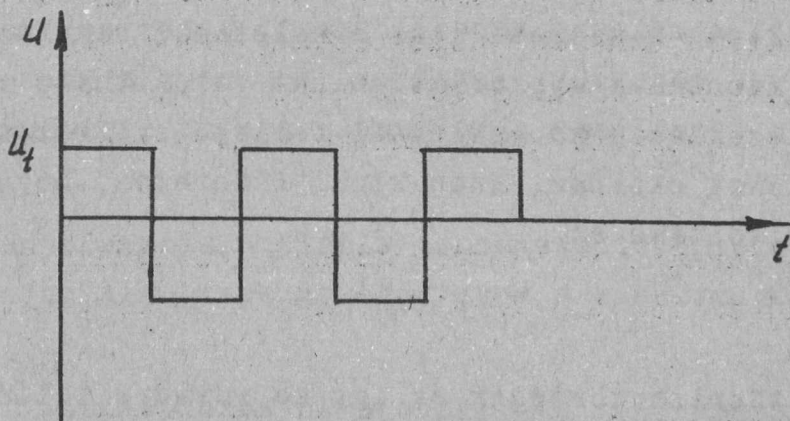
Hátránya, hogy a kapcsoló forгатásához viszonylag nagy energia kell és a kapcsoló és motor együttes üzembiztos megoldása komoly finommechanikai problémákat jelent. Megjegyezzük még, hogy a kapcsolásoknál fellépő szikrázások a rádiófrekvencia-

ciás tartományban erős zavaró hatást jelentenek, így az egész egységet gondosan árnyékolni kell.



2. ábra.

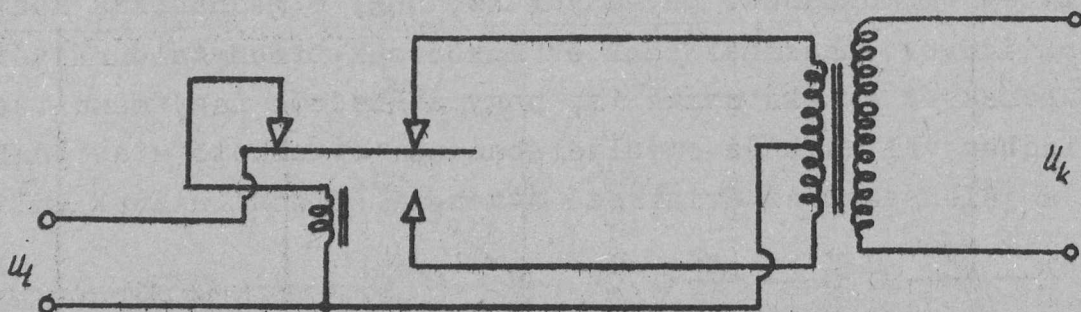
3./ Vibrátoros nagyfeszültségű egység. Lényeges alkatrészét képezi egy öngerjesztésű mechanikus kapcsoló, amely az alkalmazott tápfeszültség polaritását periodikusan változtatja az idő függvényében. Így a következő alakú feszültség keletkezik: /3. ábra./



3. ábra.

Ez a feszültség az ugynevezett négyszögfeszültség, amelyet Fourier-sorba fejthetünk. A sorbafejtés eredményeképpen azt kapjuk, hogy maximális amplitudóval szerepel a négyszögfeszültség ismétlődési frekvenciájával azonos periodus-számú harmonikus. Ha a magasabb harmonikusokat elhanyagoljuk, végeredményben egy szinuszos váltófeszültséget kapunk. Ezt a váltófeszültséget egy transzformátorral feltranszformálva, tetszés szerinti nagyságu váltófeszültséget nyerünk, amelyet egyenirányítással nagy egyenfeszültséggé alakíthatunk át.

Az elvi kapcsolási rajz a következő: /4. ábra./



4. ábra.

Amint a rajzból is láthatjuk, a vibrátor lényegileg egy, a villanycsengő kalapácsához hasonló, mozgó nyelvből és egy rászerezelt mozgó és két álló érintkezőből áll. Szokás a vibrátort még egy mozgó és még két álló érintkezővel ellátni, ez az u.n. szinkron vibrátor, amelynek az utóbbi három kontaktusa az egyenirányítást végzi a szekunder oldalon. Nagyfeszültségű anódpótlókban történő alkalmazás esetén az egyenirányítást nem a vibrátor szinkronkapcsolójával, hanem egy külön egyenirányítócsővel végezzük. Ennek oka az, hogy a kontaktusok több kV. nagyságú feszültség alkalmazása esetén ivet huznak és leégnek.

A transzformátor szekunder oldalán keletkező nagy váltófeszültség kiszámítását a következő egyszerű megfontolással végezhetjük:

Az alapharmonikus amplitudója jó közelítéssel megegyezik a négyszögfeszültség amplitudójával és így ezt az áttétellel megszorozva, közvetlenül nyerhetjük a keletkező nagyfeszültséget. A nagyfeszültség további növelését elérhetjük oly módon, hogyha a transzformátor primér-körét egy parallel kapacitás alkalmazásával a vibrátor ismétlődési frekvenciájára hangoljuk le. Mint ismeretes, ilyenkor a primér oldalon keletkező rezgőkör kapcsain fellépő feszültség az alkalmazott feszültségnek és a rezgőkör jósági tényezőjének szorzata lesz. Így a keletkező nagyfeszültség kiszámításához ezt a rezgőkör sarkain fellépő váltófeszültséget kell megszoroznunk a transzformátor áttételével.

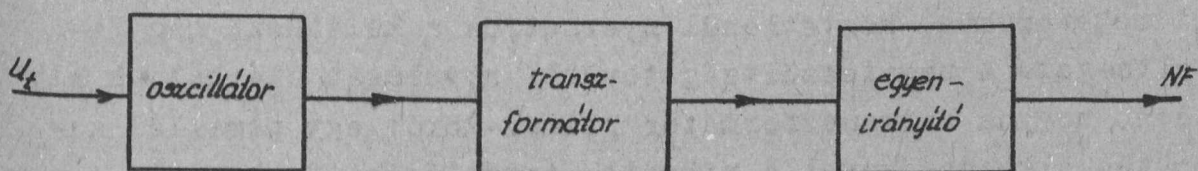
Vibrátoros készülékek előnye, hogy kis helyet foglalnak el, könnyűek és viszonylag alacsony, pár Voltos tápfeszültségről működnek. Hátrányuk az, hogy a mechanikus kontaktusok idővel elhasználódnak és működésük bizonytalanná válik. Ugyancsak ez az oka annak is, hogy a kiadott nagyfeszültség az időben változik és egyáltalában nem nevezhető stabilnak. Ezt a jelenséget az érintkező átmeneti ellenállásának változása okozza.

C./ Nagyfeszültség előállításának elektrokémiai módszerei. Ezen témakörbe a különböző típusu telepek és akkumulátorok tartoznak, amelyeknek részletes ismertetésére jelen leírás keretében nem kívánunk kitérni.

D./ Az elektronikus nagyfeszültségű egységek. Ezek a megoldások a következő csoportokba oszthatók:

- 1./ Állandó üzemi vagy szinuszos oszcillátorok.
- 2./ a./ Külső vezérlésű impulzus típusu nagyfeszültségű egységek.
- b./ Öngerjesztésű impulzus típusu nagyfeszültségű egységek.

1./ Állandó üzemi oszcillátorok. Alapelvük az, hogy valamilyen oszcillátor kapcsolás segítségével szinuszos váltófeszültséget állítanak elő, amelyet egy transzformátor segítségével feltranszformálnak és egyenirányítanak. A blokk-sémájuk a következő: /5. ábra/



5. ábra.

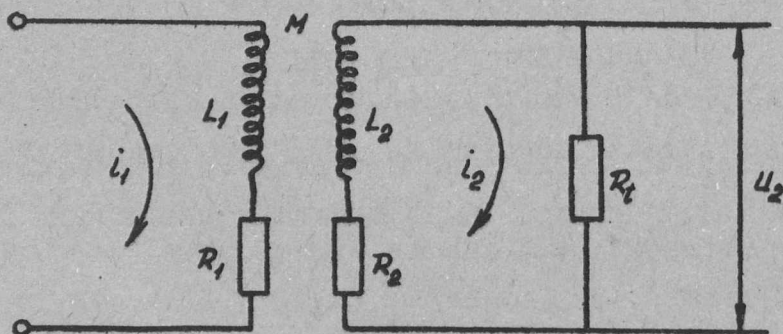
Az oszcillátor üzemi frekvenciáját az egyenirányítás szempontjából célszerű minél magasabbra választani, hogy a

szűrő kondenzátorok kicsinyek legyenek. Bizonyos mértékig a frekvencia növelése hasznos az oszcillátor és transzformátor szempontjából is. Természetesen a frekvencia növelésének észszerű határokat szab az oszcillátor és a transzformátor, amelyeknek veszteségei nagyobb frekvenciákon erősen nőnek. Így alakult ki a $10^4 - 10^5$ Hz nagyságrendű üzemi frekvencia.

Az alábbiakban részletesen megvizsgáljuk a transzformátor működését nagyfeszültség előállításának szempontjából. Az oszcillátor és egyenirányító működése, amelyekkel szemben az átlagostól lényegesen eltérő követelményeket nem támasztunk, a híradástechnika más területeiről már eléggé ismertek.

A transzformátort hangolt vagy hangolatlan kivitelben szokás alkalmazni. A következőkben az egyes megoldási lehetőségeket is ennek megfelelően szétválasztjuk.

a./ Hangolatlan transzformátor. Az idealizált kapcsolási rajz a 6. ábrán látható.



6. ábra.

Ahol L_1 és L_2 a primér és szekunder, M a kölcsönös induktivitást jelenti. R_1 és R_2 a primér és szekunder tekercs Ohmikus ellenállása, R_t pedig az egyenirányító-kört és az egyenáramu terhelést reprezentáló terhelő ellenállás.

A helyettesítő áramkörre felírható a következő egyenlet:

$$i_2 (j\omega L_2 + R_2 + R_t) - i_1 j\omega M = 0$$

ahonnan

$$i_2 = \frac{j\omega M i_1}{j\omega L_2 + R_2 + R_t}$$

az R_t ellenálláson keletkezett feszültség

$$U_2 = i_2 R_t = \frac{j\omega M R_t i_1}{j\omega L_2 + R_2 + R_t}$$

bevezetve

$$M = \kappa \sqrt{L_1 L_2}$$

ahol κ a csatolási tényező.

A primér és szekunder tekercs általában azonos geometriájú, ezért

$$L = \kappa n_1^2 \quad \text{és} \quad L_2 = \kappa n_2^2 \quad \text{innen} \quad \frac{L_2}{L_1} = \frac{\kappa n_2^2}{\kappa n_1^2} = \sigma^2$$

ahol σ a menetszámok aránya, vagyis az áttétel.

Innen $L_2 = \sigma^2 L_1$ behelyettesítve

$$M = \kappa \sqrt{L_1 L_2} = \kappa \sqrt{\sigma^2 L_1^2} = \kappa \sigma L_1$$

Célszerű adottnak venni a primer induktivitást, mert azt az oszcillátor szabja meg. Beírva a szekunder feszültség képletébe

$$U_2 = i_1 = \frac{j\omega \kappa \sigma L_1 R_t}{j\omega \sigma^2 L_1 + R_2 + R_t}$$

A képletből látható, hogy a szekunder feszültség függ a csatolási tényezőtől. A frekvencia növelésének akadályait már az előbb ismertettük. A csatolási tényező nagyfrekvenciás transzformátorok esetén /amelyek nem rendelkeznek zárt vasmaggal/ nem növelhető néhányszor 10^{-1} fölé.

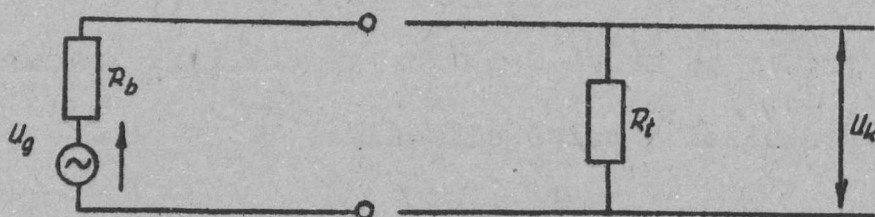
/Szigetelési/

Számunkra általában a keletkező váltófeszültség abszolút értéke érdekes. Ezenkívül legtöbbször feltételezhet-

jük azt is, hogy a terhelő ellenálláshoz képest a szekunder kör veszteségi ellenállása elhanyagolhatóan kicsiny.

$$R_2 \gg R_t \quad \text{igy} \quad U_2 = I_1 \frac{\omega \times 0L_1 R_t}{\sqrt{\omega^2 L_1^2 0^4 + R_t^2}}$$

A nagyfeszültségű generátort a kimenő oldal felől nézve egy aktiv kétpólusnak tekinthetjük, melynek equivalens kapcsolása a 7. ábrán látható.



7. ábra.

Hogy egyértelműen definiáljuk a kétpólust, szükséges a generátor feszültségének és a belső ellenállásnak az ismerete. Ezeket a következő megfontolás alapján számíthatjuk ki:

Vizsgáljuk a kétpólus kapcsain fellépő feszültséget terhelt és terheletlen állapotban. Terhelve

$$U_{k_t} = \frac{U_g R_t}{R_b + R_t}$$

A terheletlenül fellépő feszültség, amint az az ábrából közvetlenül is belátható, a generátorfeszültséggel egyenlő. Ezt azonban le is vezethetjük a fenti egyenletből $R_t \rightarrow \infty$ helyettesítéssel. Tehát

$$U_{k_ü} = U_g$$

Ebből a két egyenletből nyerjük

$$R_b \cdot R_t \left(\frac{U_{k_ü}}{U_{k_t}} - 1 \right)$$

Alkalmazzuk most ezt a mi esetünkre. Amint láttuk

$$U_{2_t} = I_1 \frac{j\omega \times 0L_1 R_t}{j\omega \sigma^2 L_1 + R_2 + R_t}$$

Innen az üresjárási feszültség, vagyis ha $R_t \rightarrow \infty$

$$U_{2\bar{u}} = i_1 j \omega \chi a L_1$$

Helyettesítsük most ezeket a belső ellenállás képletébe

$$\frac{U_{2\bar{u}}}{U_{2t}} = \frac{j \omega a^2 L_1 + R_2 + R_t}{R_t} \quad \text{Tehát} \quad R_b = j \omega a^2 L_1 + R_2$$

Nézzünk most egy konkrét számpéldát. Legyen $i_1 = 10 \text{ mA}$

$$L_1 = 1 \text{ mHy}; \quad a = 100; \quad \chi = 0,2; \quad f = 160 \text{ Kc}; \quad \text{azaz}$$

$$\omega = 10^6 \text{ rad/sec}; \quad R_t = 20 \text{ M}\Omega; \quad R_2 = 0$$

Ezekkel az értékekkel a belső ellenállás

$$R_b = j 10 \text{ M}\Omega$$

A terhelt kimenő feszültség

$$U_{2t} = 179 \text{ V}$$

A terheletlen kimenő feszültség, vagyis a kétpólus generátor-feszültsége

$$U_{2\bar{u}} = 200 \text{ V}$$

A kimenő feszültség, amint az az előzőekben levezetett képletből is látható, függ az áttételtől. Számítsuk most ki, hogy adott terhelő ellenállás mellett hogyan kell megválasztanunk az áttételt ahhoz, hogy a kimenő feszültség maximális legyen. Elvégezve a szélsőérték számítást, a kimenő feszültség abszolút értéke

$$0 = \pm \sqrt{\frac{R_2 + R_t}{\omega L_1}} \approx \pm \sqrt{\frac{R_t}{\omega L_1}}$$

eredményénél mutat maximumot. Mindkét gyöknek van fizikai értelme, és pedig a kettő egymáshoz képest ellenkező polaritású, vagyis 180° -os fáziskülönbségű feszültséget jelent.

Ez az eredmény különben egyezik a kétpólusok azon alaptörvényével, amely azt mondja ki, hogy egy aktív és egy passzív kétpólus összekapcsolása esetén a maximális teljesítményátvitel a belső ellenállások egyenlősége esetén következik be.

Helyettesítsük be az így kapott áttételt a szekunder feszültség képletébe

$$|U_2| = \frac{i_1 \omega X_{L1} R_t \sqrt{\frac{R_2 + R_t}{\omega L_1}}}{\sqrt{2} (R_2 + R_t)}$$

Ismét feltételezhetjük, hogy $R_t \gg R_2$ ezért

$$|U_2| = i_1 \frac{X}{\sqrt{2}} \sqrt{R_t \omega L_1}$$

Az előző példa adatait felhasználva

$$|U_2| = 200V; \quad a = 141$$

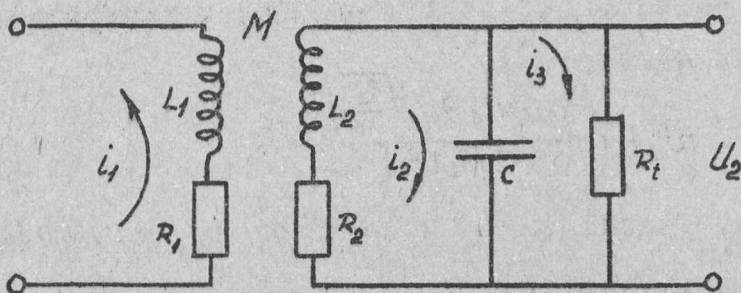
Ha részletesebben megvizsgáljuk az optimális áttétel esetén a nagyfeszültség kiszámítására szolgáló képletet, azonnal feltűnik, hogy ha a terhelő ellenállás végtelen nagy, akkor a kimenő feszültség is végtelenné válik, ami látszólag a valóságnak ellentmond. A képlet ebben az esetben is a helyes eredményt szolgáltatja, ugyanis itt már az optimális áttételt használtuk fel. Az optimális áttétel pedig a terhelő ellenállástól függ és a fenti levezetésből látható módon, ha ez utóbbi végtelenné válik, akkor az áttétel is az lesz. Elvben ha egy végtelen nagy áttételű transzformátort a szekunder oldalon végtelen nagy ellenállással terhelünk, úgy a kimenő feszültség, primer oldali gerjesztés esetén valóban végtelenné válik. A képlet tehát helyesen írja le a jelenségeket.

b./ Hangolt transzformátor. A továbbiakban foglalkozunk a hangolt transzformátorok esetével. A hangolást csak a szekunder oldalon végezzük. Az áramkör kapcsolási rajza a 8. ábrán látható.

A 8. ábra jelölései ugyanazok, mint a hangolatlan transzformátornál. A következő egyenleteket írhatjuk fel az áramkörre:

$$i_2 (j\omega L_2 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}) - i_3 \frac{1}{j\omega C} = i_1 j\omega M$$

$$i_2 \frac{1}{j\omega C} - i_3 (R_t + \frac{1}{j\omega C}) = 0$$



8. ábra.

A fenti egyenletekből, ha a szekunder kör rezonanciára van hangolva

$$i_3 = \frac{j\omega_0 M}{j\omega_0 C R_t R_2 + R_2 \frac{1}{\omega_0^2 L_2}}$$

Figyelembe véve, hogy $M = \frac{X L_2}{\sigma}$ ezt beírva $i_3 = \frac{\frac{X}{\sigma} i_1}{\frac{R_t R_2 C}{L_2} + 1 - j \frac{R_2}{\omega_0 L_2}}$

Ebben a kifejezésben $\frac{\omega_0 L_2}{R_2} = Q$ ahol Q_2 a szekunder kör jósági tényezője. Ezt felhasználva

$$U_2 = i_3 R_t = \frac{X R_t L_1}{\sigma R_t R_2 \frac{C}{L_2} + \sigma - j \frac{\sigma}{Q}}$$

Másrésről

$$Q_2 R_2 = \sqrt{\frac{L_2}{C}} \quad \text{így } U_2 = i_1 \frac{X R_t Q_2}{\sigma R_t \sqrt{\frac{L_2}{C}} + \sigma Q_2 j \sigma}$$

Általában a szekunder kör jósági tényezője az egységénél lényegesen nagyobb, ezért a nevezőt egyszerűsíthetjük.

$$U_2 = i_2 \frac{X R_t Q_2}{\sigma R_t \sqrt{\frac{L_2}{C}} + \sigma Q_2}$$

Figyelembe véve, hogy

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L_2} = \frac{1}{\omega_0^2 \sigma^2 L_1} \quad \text{ezért } U_2 = \frac{X R_t Q_2 \sigma \omega_0 L_1}{R_t + \sigma^2 \omega L_1 Q_2}$$

A továbbiakban határozzuk meg, hogy mekkora a kimenő oldal felől nézve a belső ellenállás. A korábbiakban levezetett képletet alkalmazva

$$R_b R_t \left(\frac{U_{2\bar{u}}}{U_{2t}} - 1 \right)$$

Az üresjárási feszültség, ha $R_t \rightarrow \infty$; $U_{2\bar{u}} = i_1 \chi Q_2 \sigma \omega_0 L_1$

Ezzel a belső ellenállás

$$R_b = \sigma^2 \omega_0 L_1 Q_2$$

Ha figyelmesebben megvizsgáljuk ezt az utóbbi képletet láthatjuk, hogy a kapott eredmény a szekunder kör rezonancia ellenállásával azonos, ami fizikailag feltétlenül helyes. Ezt különben az alábbiakban bizonyíthatjuk. Ismeretes, hogy

$$Q_2 = \frac{\omega_0 L_2}{R_2} \quad \text{és} \quad L_2 = \sigma^2 L_1 \quad \text{tehát} \quad Q_2 = \frac{\omega_0 L_1 \sigma^2}{R_2} \quad \text{ezt beírva } R_b \text{-be}$$

$$R_b = \sigma^2 \omega_0 L_1 Q_2 = \frac{\omega_0 L_1^2 \sigma^4}{R_2}$$

Figyelembe véve, hogy $\omega_0^2 = \frac{1}{L_2 C} = \frac{1}{\sigma^2 L_1 C}$ a belső ellenállás $R_b = \frac{L_2}{R_2 C}$

Ismét nézzünk egy numerikus példát. Az adatok megegyeznek a hangolatlan esetben számított példa felvett értékeivel, tehát

$$L_1 = 1 \text{ mHy};$$

$$f = 160 \text{ Kc} \quad \text{azaz} \quad \omega_0 = 10^6 \text{ rad/sec}; \quad R_t = 20 \text{ M}\Omega; \quad \chi = 0,2;$$

$$i_1 = 10 \text{ mA}; \quad \sigma = 10; \quad Q_2 = 50$$

A belső ellenállás $R_b = 5 \text{ M}\Omega$ A terhelt feszültség $U_{2t} = 800 \text{ V}$

A terheletlen, vagyis a generátor feszültség $U_{2\bar{u}} = 1000 \text{ V}$.

Amint a számpéldából is látható, hangolt esetben lényegesen kisebb áttétellel is nagyobb kimenő feszültséget és kisebb kimenő impedanciát tudunk elérni. Nézzük most meg hangolt esetben is, hogy adott terhelt ellenállás mellett hogyan kell megválasztanunk az áttételt, hogy a legnagyobb kimenő feszültséget kapjuk.

Kielégítve a

$$\frac{\partial U_2}{\partial a} = 0 \quad \text{feltételt} \quad a = \pm \sqrt{\frac{R_1}{Q_2 \omega_0 L_1}}$$

A pozitív gyököt választva a kimenő feszültség

$$U_2 = I_1 \frac{X}{2} \cdot \sqrt{R_1 \omega_0 L_1 Q_2}$$

Nézzük meg az előző példa adataival, hogy mekkora lesz az optimális áttétel és az ehhez tartozó kimenő feszültség

$$Q_{opt} = 20;$$

$$U_{20pt} = 1000 \text{ V}$$

Az eredményekből világosan látható, hogy hangolt esetben lényegesen nagyobb feszültséget kapunk. Hasonlítsuk most össze a két azonos adatokkal rendelkező transzformátor által keletkezett nagyfeszültséget hangolt és hangolatlan állapotban. Legyen U_{t_2} a hangolt és U_{u_2} a hangolatlan nagyfeszültség.

A két feszültség hányadosát képezve

$$\frac{U_{t_2}}{U_{u_2}} = \sqrt{\frac{Q_2}{2}}$$

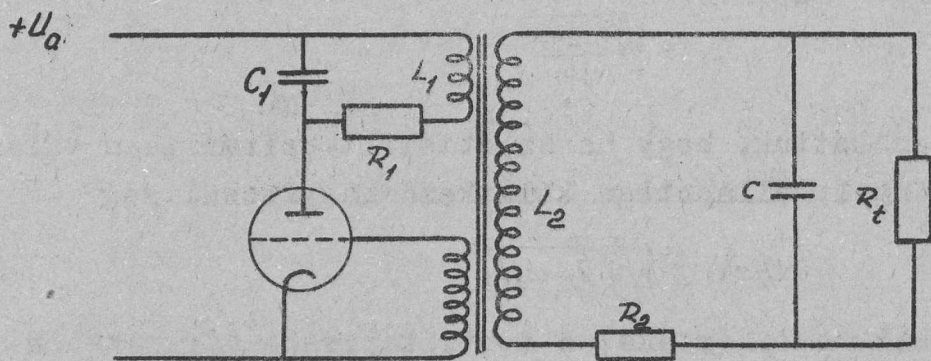
Látható, hogy azonos áramköri adatok mellett a nagyfeszültség a $\sqrt{\frac{Q_2}{2}}$ -szeresére növekszik, vagyis a kimenő teljesítmény, figyelembe véve, hogy a teljesítmény a feszültség négyzetével arányos, azonos terhelések mellett a $\frac{Q_2}{2}$ -szeresére nő. Figyelemre méltó továbbá az, hogy ez a feszültségnövekedés azonos belső ellenállások mellett jön létre.

Összehasonlítva a hangolt és hangolatlan rendszert úgy láthatjuk, hogy céljainknak a hangolt jobban megfelel. Nézzük meg a továbbiakban, hogy ha hangolt rendszert alkalmazunk az oszcillátorral történő egybekapcsolás után, hogyan alakulnak a viszonyok. Az oszcillátor és a transzformátor közös rajza a 9. ábrán látható.

Az oszcillátor által keltett nagyfrekvenciás energia

$$N_k = U_a I_a = I_a^2 Z_a$$

ahol I_a az anódváltóáram, U_a az anódváltófeszültség effektív értékét és Z_a az anódköri impedanciát jelenti.



9. ábra.

Hangoljuk a primer kört is rezonanciára, akkor

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}; \quad Z_0 = \frac{L_1}{R_1 C}; \quad Q_1 = \frac{1}{\omega_0 R_1 C_1}$$

innen $Z_0 = \omega_0 L_1 Q_1$ vagyis $N_k = I_a^2 Q_1 L_1 \omega_0$

Az oszcillátor által szolgáltatott kimenő energia a hatásfoknak és a bemenő energiának a szorzata

$$N_k = \eta N_b$$

Az oszcillátorok hatásfoka általában 0,6-0,8 értékre tehető és így ezt nem szükséges külön számítanunk. Kifejezve az anódáram értékét

$$I_a = \sqrt{\frac{N_k}{Q_1 \omega_0 L_1}} = \sqrt{\frac{N_b \eta}{Q_1 \omega_0 L_1}}$$

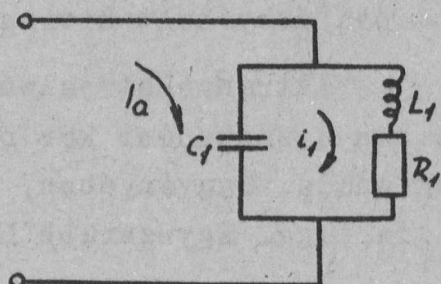
Az így nyert anódáram értéke hangolt esetben azonban nem egyezik meg az L_1 induktivitáson keresztül folyó árammal. Az i_1 áram azonban könnyen kiszámítható az áramköri elemek ismeretében. Ezt a számítást a 10. ábrán látható helyettesítő kapcsolás alapján végezzük.

A felírható áramköri egyenlet

$$i_1(j\omega L_1 + R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}) - I_a \frac{1}{j\omega C_1} = 0$$

mivel a kör rezonanciára van hangolva

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}; \quad i_1 = I_a \frac{1}{j\omega_0 C_1 R_1} = -I_a j Q_1$$



10. ábra.

Behelyettesítve I_a értékét a fázisszögre való tekintet nélkül

$$i_1 = \sqrt{\frac{N_b \eta Q_1}{\omega_0 L_1}}$$

Az előzőekben láttuk, hogy ha az áttételt optimálisan választjuk meg a hangolt állapotban keletkező nagyfeszültség

$$U_2 = i_1 \frac{X}{Z} \sqrt{R_t Q_2 \omega_0 L_1}$$

Helyettesítsük be i_1 értékét a fenti képletbe

$$U_2 = \frac{X}{Z} \sqrt{R_t N_b \eta Q_1 Q_2}$$

Itt is nézzünk egy numerikus példát. Legyen

$$R_t = 20 M \Omega; \quad N_b = 60 V \cdot 5 mA = 300 mW; \quad Q_1 = 30; \quad Q_2 = 30;$$

$$\eta = 0,8$$

Ezek felhasználásával a nagyfeszültség értéke

$$U_2 = 2800 V$$

A fentiekben közölt számítások és megfontolások, valamint az egyes numerikus példák alkalmasak egy szinuszos oszcillátoros nagyfeszültségű generátor dimenzionálására. Az egyes eredményekből a megoldás tulajdonságai kitűnnek. Ezeket összefoglalva megállapíthatjuk a következőket:

Az előző rendszerekkel szemben a szinuszos oszcillátoroknál feltétlenül előnyt jelent az, hogy kis méretekben mozgó mechanikus alkatrész nélkül és könnyű súlyú kivitelben megvalósítható. A keletkező egyenfeszültség szűrése a magas frekvencia miatt igen könnyű, rendszerint pár μF -os kondenzátorral megoldható. A keletkező nagyfeszültség szabályozása, nehézségesen, többnyire a csatolási tényező változtatásával, de megoldható. A szolgáltatott feszültség helyes beállítás esetén és gondosan árnyékoló kivitelben megfelelő stabilitásu.

Hátrányokat jelent, hogy a kiadott feszültség hangolt esetben a szekunder kör rezonancia görbéje szerint változik a frekvencia függvényében, mely utóbbi viszont a tápfeszültségtől is függ. Egyszerűbb L-C generátorok esetén. A szolgálta-

tott nagyfeszültség a jósági tényező növelésével növekszik, ugyanakkor viszont a rezonancia görbe is meredekebb lesz, ami viszont a nagyfeszültség nagyobb frekvenciaérzékenységét okozza. Igen gondos felépítésre van szükség, hogy a frekvencia és ezzel együtt a nagyfeszültség a kívánt mértékig stabil legyen. Az árnyékolás hatása nem elhanyagolható, bizonyos szempontból előnyös, mert elősegíti a frekvenciastabilitást, ugyanakkor viszont veszteségeket okoz. A nagyfeszültség elektromos szabályozása nem célszerű, mert az elektródafeszültségek megváltozása többnyire frekvenciaelcsúszást is eredményez.

- . -

Érkezett: 1955. február 21.

A RADIOLOGIAI OSZTÁLY KÖZLEMÉNYE

OSZTÁLYVEZETŐ: BOZÓKY LÁSZLÓ

Radioaktív laboratóriumunk berendezése

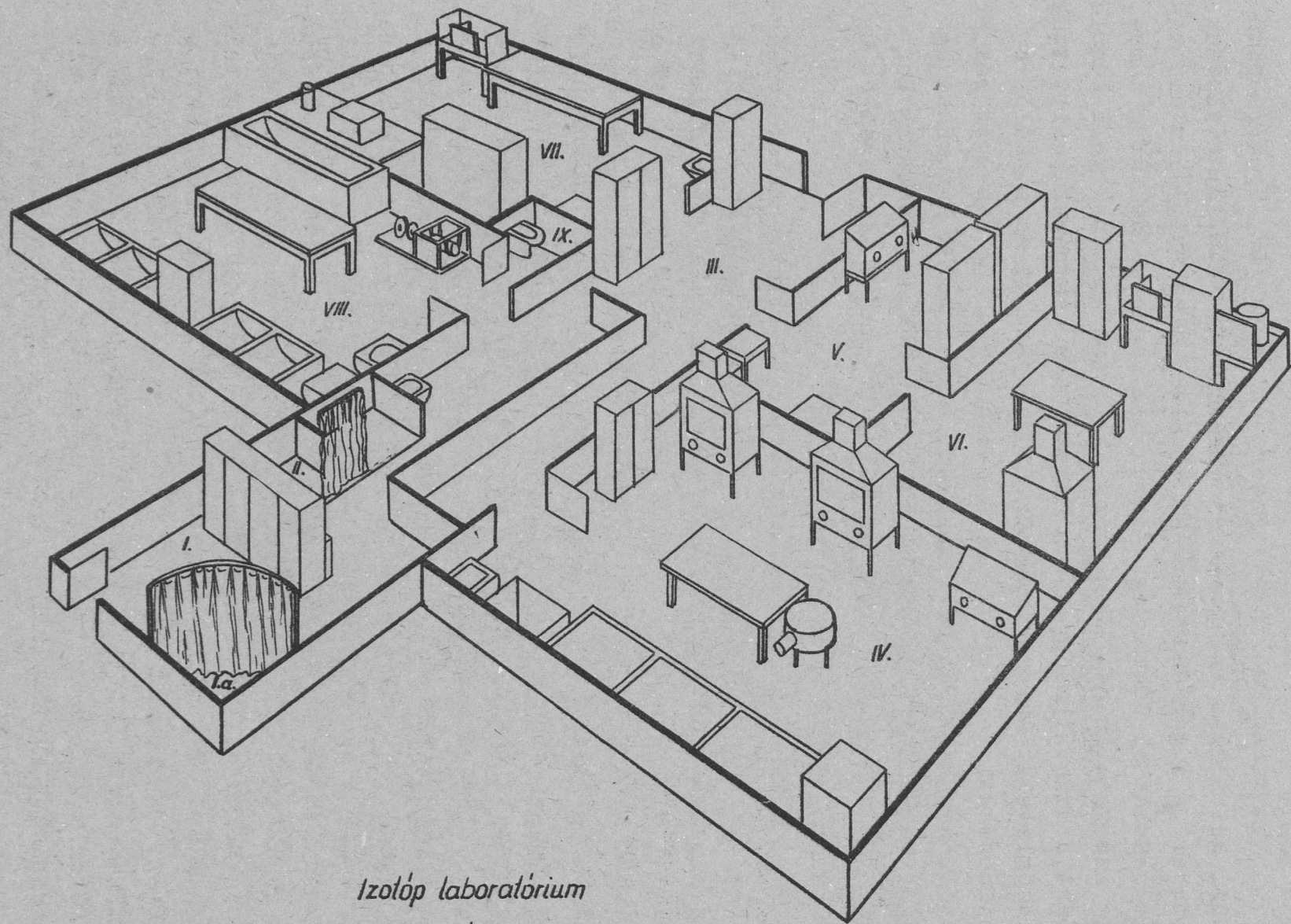
Irta: Tschetné Ágoston Erika és Vödrös Dániel

A nyitott radioaktív készítményekkel kapcsolatos munka különleges laboratóriumi felszerelést kíván. Megfelelő felszereléssel biztosíthatjuk egyrészt az egészségvédelemhez, másrészt a kis aktivitások mérhetőségéhez szükséges "steril" munkafeltételeket.

Dr. Bozóky László osztályvezető irányításával korszerű laboratóriumot létesítettünk a III. épület II. emeletén. A laboratóriumnak a legfelső emeleten való elhelyezése azért volt előnyös, mert így feleslegessé vált a felfelé való sugárvédelem, és könnyebb a laboratóriumot megvédeni a sok kellemetlenséget és néha komoly veszélyt jelentő por ellen. A rendelkezésre álló emeletrészt némi építkezéssel úgy alakítottuk át, hogy az osztály többi részétől elkülöníthető legyen és a folyosórészen megfelelő előteret, zuhanyozó helyiséget létesíthessünk.

Radioaktív laboratóriumunk alaprajza az 1. sz. ábrán /1. következő oldalon/ látható és a következő helyiségekből áll: előszoba, I., öltöző I/a, zuhanyozók II, folyosó III, meleg laboratóriumi helyiségek /egyik helyiség, IV a mesterséges radioaktív izotópokkal, a másik, V és VI rádiumkészítményekkel végzendő műveletek végrehajtására épült/. Geiger-Müller /mérő/ szoba VII, mosogató és raktár VIII, WC-IX és az alagsorban elhelyezett két izotóptároló fülke.

Az öltözősarokban kicseréljük ruházatunkat, a külső ruházat az előszoba szekrényében marad. A meleg helyiségekben csak külön e célra készült ruházatot viselhetünk s ez a ruházat még mosásra sem kerülhet ki a laboratóriumból. A folyosón levő szekrényekben tartjuk a tiszta ruházatot és egyéb tiszta eszközöket.

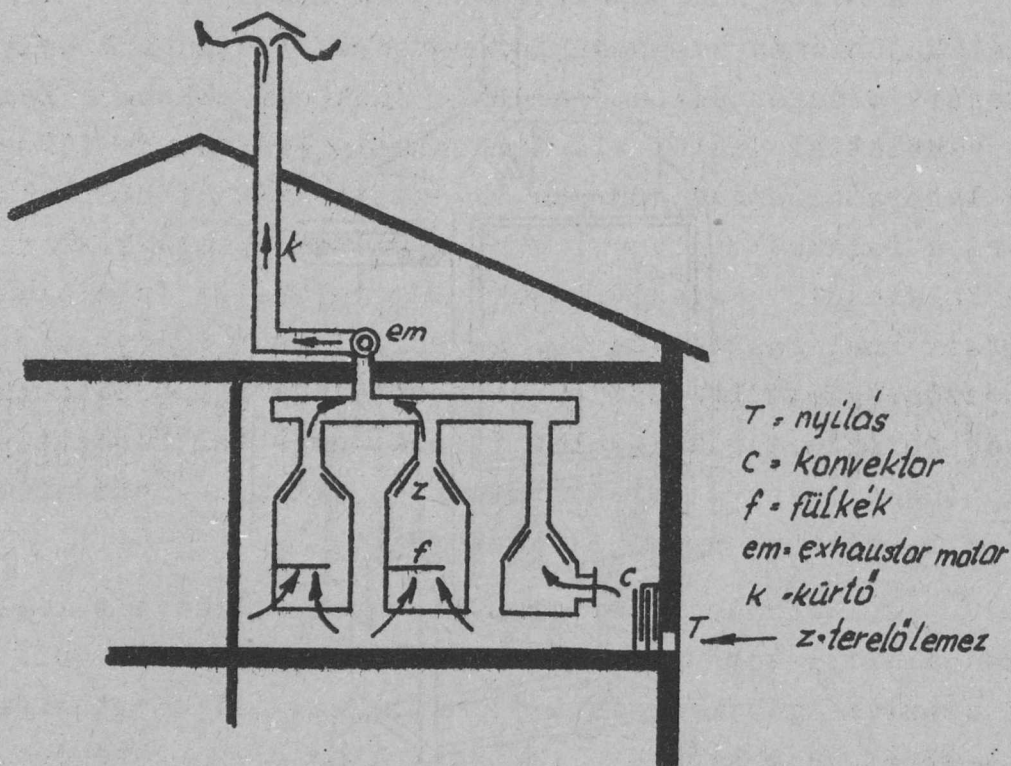


Izolóp laboratórium
1. ábra.

A meleg radiopaktiv laboratóriumunk /IV, V, VI/ építésénél különleges szempontokat érvényesítettünk. E helyiségek ajtajait a sugárvédelem céljából ólomlemezekkel, a falait barit vakolattal láttuk el. Minden helyiségnek, de főleg a meleg laboratóriumnak könnyen és jól tisztíthatónak kell lennie, ezért a falakat mennyezetig hézagmentes csempével borítottuk, a szögleteket lekerekítettük. A mennyezetet és a padlót olajfestékekkel festettük be. A padló jobban igénybevett részét futószőnyegként PVC csíkokkal borítottuk be. A bútorokat és egyéb berendezési tárgyakat is olajfestékekkel festettük be, vagy tükörfényesre csiszoltattuk. A falak, a mennyezet és bútorok tisztítása vizsugárral történik.

A laboratórium aktivitásmentes, illetve toleranciaértéken aluli levegővel való ellátását exhausztorok biztosítják.

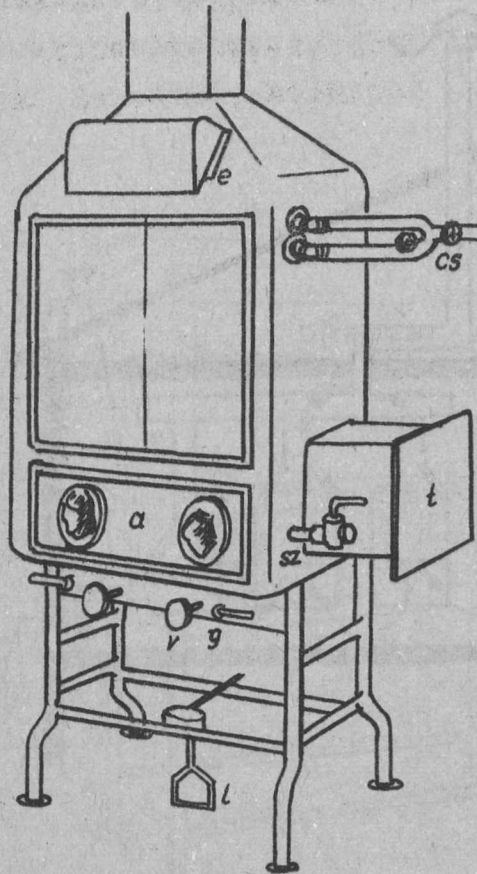
Az elszívás mértéke szabályozható. Maximális motorfordulat mellett ötpercenként kicserélődik a helyiség levegője. Az elszívást mindig abban a helyiségben állítjuk a maximálisra, amelyben a legnagyobb aktivitású készítményekkel dolgozunk, mert másképpen a nagyobb aktivitású helyiségben felgyülemlett szennyezett levegőt az ajtó résein át elszívna a szomszédos nagyobb levegőcserét eszközöző exhausztor, és szennyezné vele a helyiség levegőjét. Az exhausztorok a padlástérben vannak és működésüket az inaktív helyiségekből is és a meleg laboratóriumokból is vezérelhetjük. Az exhausztorok hálózati áramszünet esetén is működnek, mert azokat saját akkumulátor-telepünk táplálja. Az ablak alatti résen beszívott levegő a konvektoron át jut a laboratóriumba. Ez a konvektor nagy teljesítményű, így hideg időben is kellőképpen felmelegítheti a beáramló nagymennyiségű levegőt. A konvektoron átáramló levegő az egész laboratóriumot öblíti és a fülkén keresztül a tetőgerincet 3 m-rel meghaladó exhausztor-kürtön át távozik a szabadba, ahol kellőleg felhigul. A levegő a legerősebb szívás esetén 4-5 sec alatt jut a fülkéből a szabadba. Az exhausztor működése teljesen rázkódásmentes s meghajtómotorjának zaja a laboratóriumban alig hallható. Az ablak alatti nyílást a 2. sz. ábrán T-vel jelöltük, ide egy levegőtisztító berendezést, az exhausztor mögé a kürtőbe pedig szűrő beépítését tervezzük.



A levegő utja.

2. ábra.

A meleg laboratórium izotop helyiségében két nagy elszívőfülke van, /3. sz. ábra/, melyek mindegyike nyitott és zárt állapotban is használható. Ezekben végezzük a porlódással és párolgással járó műveleteket. E készülék a vegyifülkékhez hasonló, de légmentesen záró, rozsdá és saválló acéllemezről készült, mely több száz kg súlyú ólom árnyékoló fal tartására is alkalmas. A fülke homloklapja üveg. Alsó a jelzésű része levehető, ezáltal a zárt fülkéből "nyitott" lesz. E levehető részen van a két kesztyűtartó nyílás. A homloklap alatti részen két vízcsap /v/ és két gázcsap /g/ van. A PB gáztartányt az inaktív helyiségünkben tartjuk, ahonnan a gázt csövön vezetjük a kívánt helyre. Az exhauszormotor forgását, illetve a légszívás sebességét az állvány alján levő lábkapcsolóval szabályozzuk. A fülke belsejét a kívülről kezelhető cs csap segítségével vizsugárral vagy vizfüggönnyel tisztítjuk. A t toldalékon keresztül rakjuk be az eszközöket és anyagokat a fülkébe.



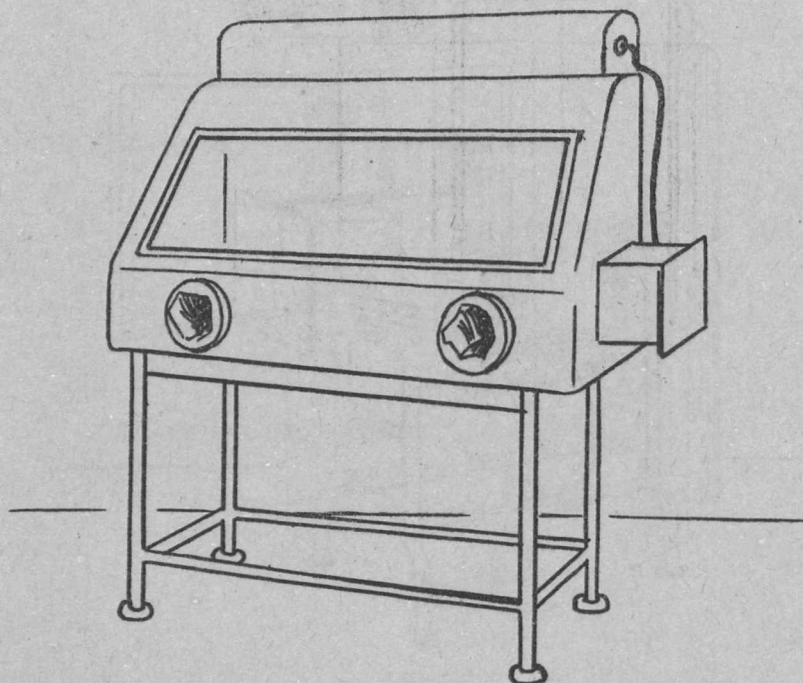
Nagy elszívó fülke.

3. ábra.

A zárt fülkébe a légmentesen záró kesztyűk segítségével nyulhatunk be. A légöblítést a nagy átmérőjű sz csap... kinyitásával hajtjuk végre. A fülke belsejében z terelőlemezek vannak, melyek a légörvények keletkezését akadályozzák meg. Az alaplapon vízcsatorna vezeti a vizet a lefolyóba. A fülke alulnyomása megakadályozza azt, hogy az esetleges résseken át radioaktív por vagy pára jusson a fülkéből a helyiségbe. A fülke belsejét jól záró üveglapon át világítjuk meg. A villanyégők szellőzőnyílásokkal ellátott különálló e-dobozokban vannak. A fülke élei, sarkai jól le vannak kerekítve és fala mindenütt fényesre van csiszolva a jól tisztíthatóság céljából.

A kisebb elszívófülkék nem csatlakoznak a víz és gáz-hálózatra, hanem csapjaira a szobában levő tartályokat csatlakoztatjuk. E fülkék belsejében két érintésbiztos villany-415/G.

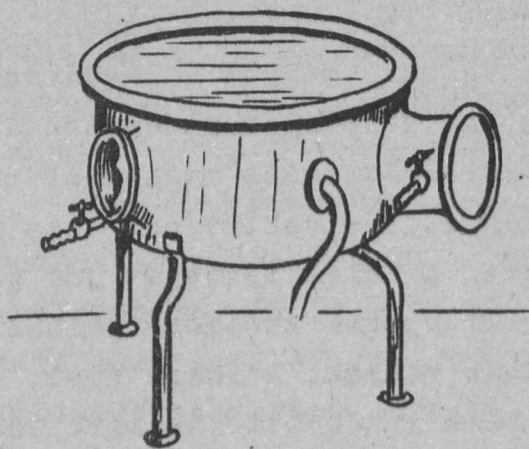
csatlakozó is van, ezeken át vezetjük a fülkébe az áramot. E készülékek is rákapcsolhatók az exhausztorra. Egyebekben a nagy elszívőkészülékhez hasonlóak, de csak zárt fülkeként használhatók. /4. sz. ábra./



Kis elszívó fülke

4. ábra.

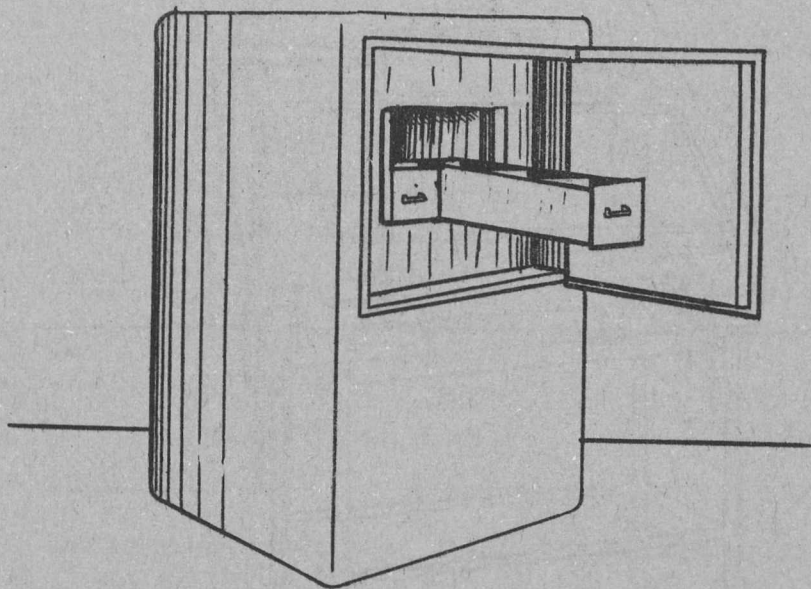
A szárazkamrákban alfa, illetve béta sugárzó anyagok kezelését, továbbá porlódással, párolgással járó kisebb műveleteket végzünk. A hengeres alakú edény fedőlapja plexiüvegből készült, oldallapján két kesztyűtartó, továbbá az anyagok és eszközök kiberakására szolgáló toldalék van, mely jól tömítő zárólapban végződik. A kamrát két átellenes csapon keresztül öblítjük. / 5. sz. ábra/.



Szárazkamra.

5. ábra.

A sugárzó készítményeket Wertheimzáras páncélszekrényekben, trezorokban tároljuk. Két szekrényünk 6 cm, a harmadik 15 cm vastag ólombéléssel van ellátva. Utóbbi nagyobb mennyiségű rádium tárolására is alkalmas. /6. sz. ábra./

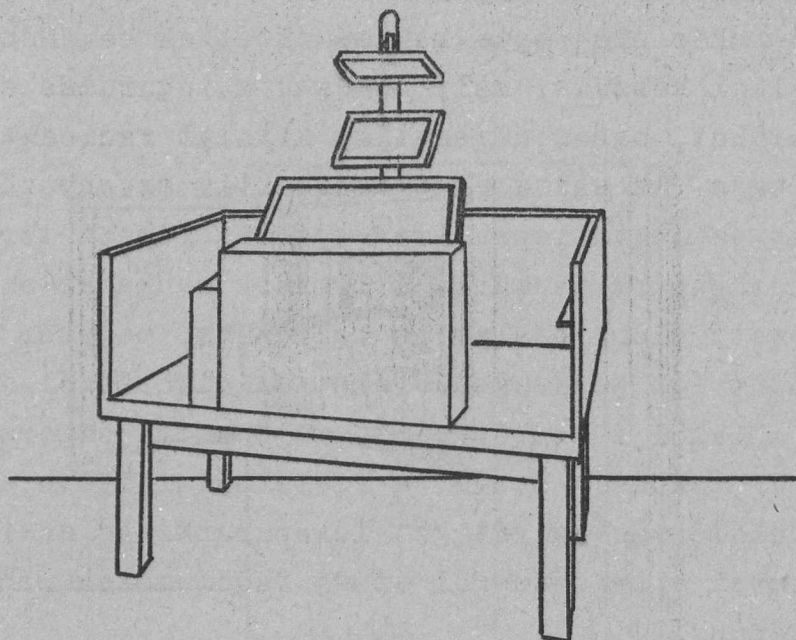


Kassza.

6. ábra.

A rádium + berylliumos neutronforrást a neutronvédelem céljából vastag paraffinréteggel vettük körül s ezt kívülről még egy kadmiumlemezzel vontuk be. A neutronforrás gamma sugárvédelmét úgy oldattuk meg, hogy a nagy trezor melletti sarokban helyeztük el a forrást, így egyik oldalról a szekrény ólomfala árnyékolja azt, két oldalon a külső falak felé nem szükséges a védelem, a szoba felőli oldalon 13 cm vastag ólomfalat építettünk eléje.

Zárt rádiumpreparátumokkal történő munkákat a 7. sz. ábrán látható rádiumasztalon végzünk. Ez masszív, keményfából készült 10-12 q ólom állandó tartására méretezett asztal. Ezen 10 cm vastag egybeöntött ólomfal védi az asztal előtt álló személy testét a sugártól. Az asztalon a mellső ólomfalon kívül még egy árnyékoló fal van, amely mögé az éppen nem használatos sugárzó készítményeket szoktuk helyezni. A periszkópszerűen elhelyezett kettős tükörben az ólomfal mögötti tér min-

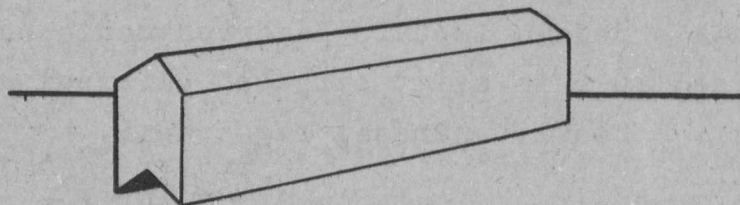


Ra asztal.

7. ábra.

den részét szemmel kísérelhetjük. Az asztal homloklapján elhelyezett 35 mm vastag, 20 % Pb tartalmu ólomüveglemezen keresztül figyelhetjük a munkát.

Más helyen is építhetünk megfelelő vastagságu ólomfalat. E célból különböző méretű ólomtéglaikat öntöttünk. Vannak hasábalakuak és ékalaku, horonnyal ellátottak. Utóbbiak /7/a sz. ábra/ előnye az, hogy a rések nem kerülhetnek sugárirányba. A téglák súlya 6-12 kg. Az ólomtéglaikat olajfestékkel bemázoltattuk, hogy az ólomnak a szervezetünkbe jutását megelőzzük.



Ólomtégla.

7/a. ábra.

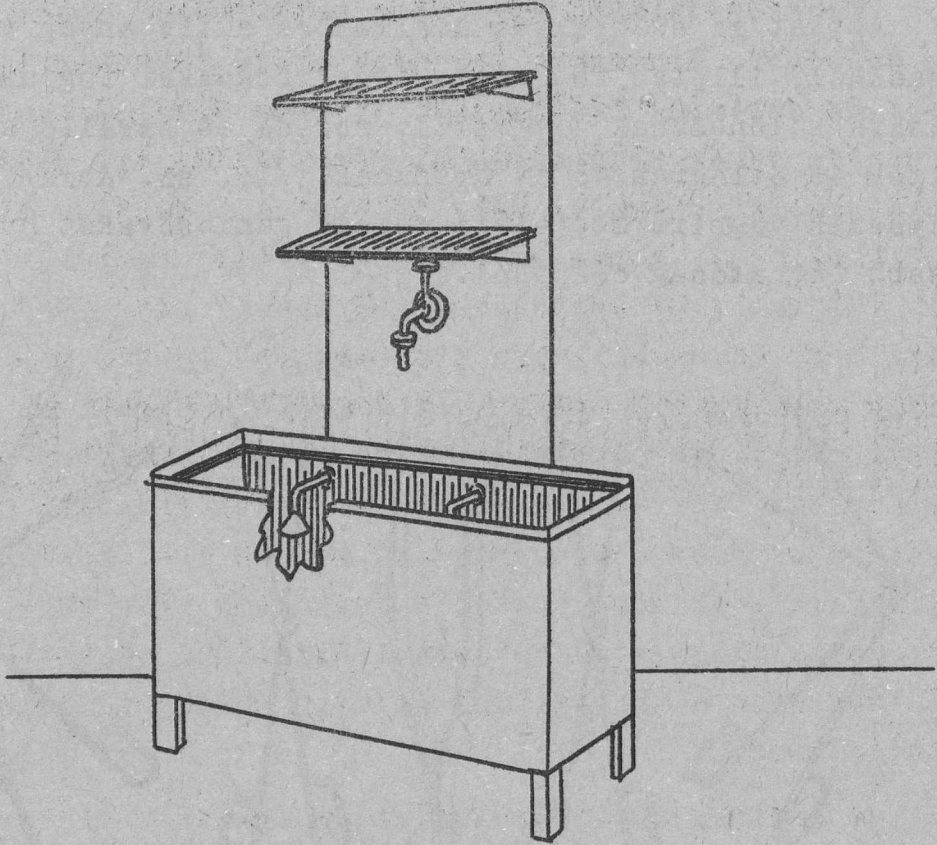
Munkaasztalaink egy része keményfából készült, másik része csőbutor. Mindegyik tartósan elbir több száz kg-nyi ólomtéglát. Az asztalok fedőlapjait 3 mm-es ólomlemezzel borítottuk, azután fehér olajfestéssel mázoltattuk be. Néhány asztal peremes széllel készült, mely nemcsak a legurulás ellen védi meg eszközeinket, hanem az esetleg kifolyt radioaktív anyagokat is felfogja. Az asztalokat radioaktív szennyeződéstől úgy védjük, hogy az asztallapra transzparens lemezt terítünk, erre pedig szűrőpapírt teszünk. A legtöbb munkánál az asztalra még zománczott előhívótálat is helyezünk, melyben szűrőpapír és papírvatta védi az üvegedényeket az eltöréstől. Szennyeződés esetén először a szűrőpapírt, majd a transzparens lemezt távolítjuk el, szükség esetén a festékből illetve az ólomlemezről megfelelő vastag réteget lekaparunk. Az aktív anyag eltávolítása után a befestésről és új fedőlemezek ráhelyezéséről gondoskodunk.

A radioaktív laboratóriumban használt műszereket, eszközöket, szerszámokat és ruházatot fehérre festett üvegszekrényekben tároljuk.

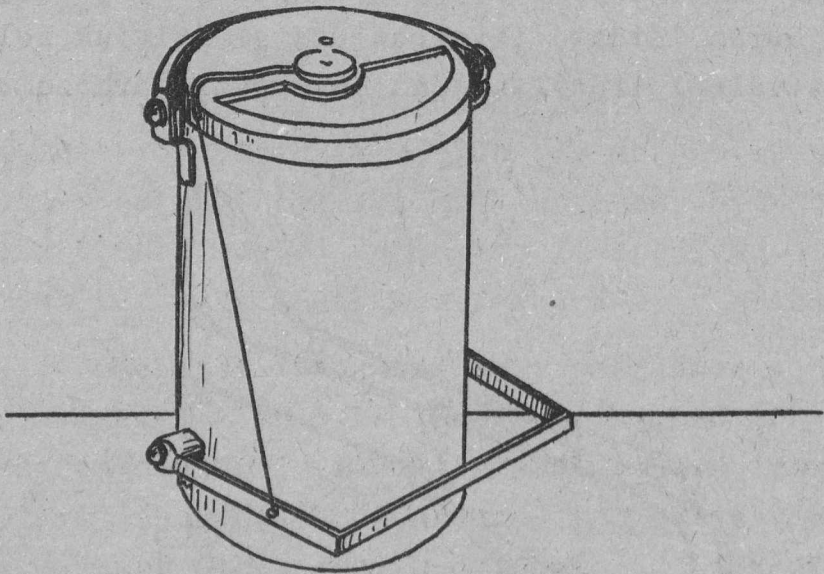
A munkálatok közben használt és beszennyezett eszközök tisztítását a mosogató és kiöntőben végezzük. A mosogató rozsdá és saválló acéllemezből készült. A kiöntőrész jól záró plexilemezzel fedhető. A fedél alatt két permetező szórást végző rózsa van, melyek csapját a külső oldallapon helyeztük el. Így azt érjük el, hogy a kiöntőbe tett és szennyezett eszközökről freccsenéssel sem jut aktív anyag a laboratóriumba. A kiöntő hátlapján a vízcsapok felett szárítórácsok vannak, amelyekről a vízcseppek a kiöntőbe hullanak. /8. sz. ábra/.

A szennyezett hulladékokat rozsdamentes acélból készült vederbe gyűjtjük. /9. sz. ábra/. Ezeknek az izotóp hulladékgyűjtőknek a fedele lábbal, légörvénymentesen nyitható, úgy, hogy a fedőlap fele saját síkjában elfordul a henger tengelye körül. A fedél bezárását rugó végzi.

/8. és 9. ábra a köv. oldalon/

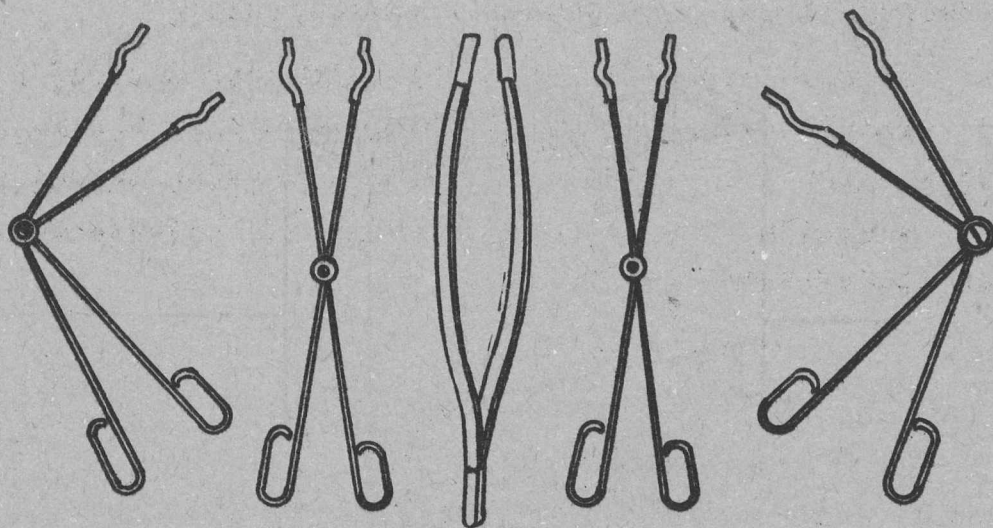


Mosogató.
8. ábra.



Hulladékgyűjtő.
9. ábra.

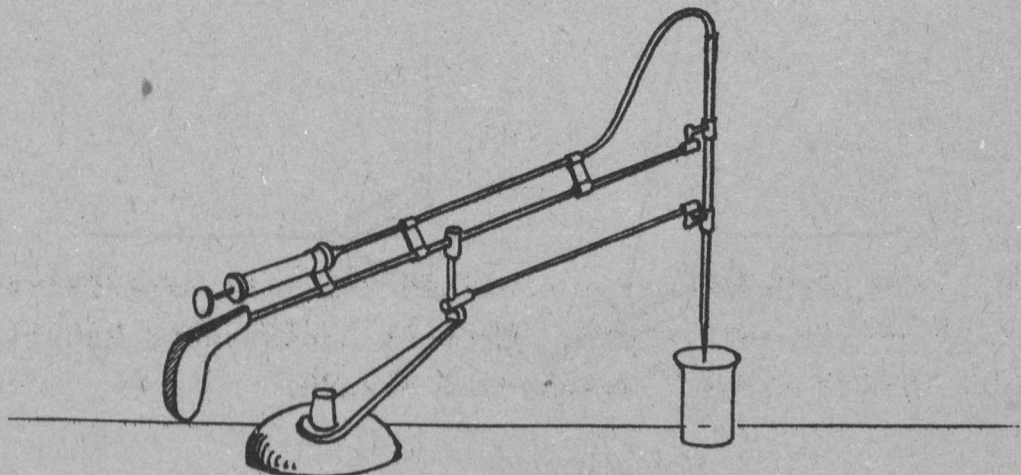
Azokat az edényeket, amelyekben aktív anyag van, csak csipeszekkel, illetve fogókkal, tégelyfogókkal fogjuk meg. Ezek alakra különböznek egymástól, rozsdá és saválló acélból készültek és általában 40 cm hosszúak. /10. sz. ábra/. A fogók és csipeszek végeire megfelelő méretű gumicsöveket huzzunk a biztosabb foghatóság céljából.



Csipeszek.

10. ábra.

A folyékony halmazállapotú radioaktív anyagokat a 11. sz. ábrán látható távpipettázóval szívjuk fel. Ezt a pipettát távolról irányíthatóan önmagával párhuzamos állásban



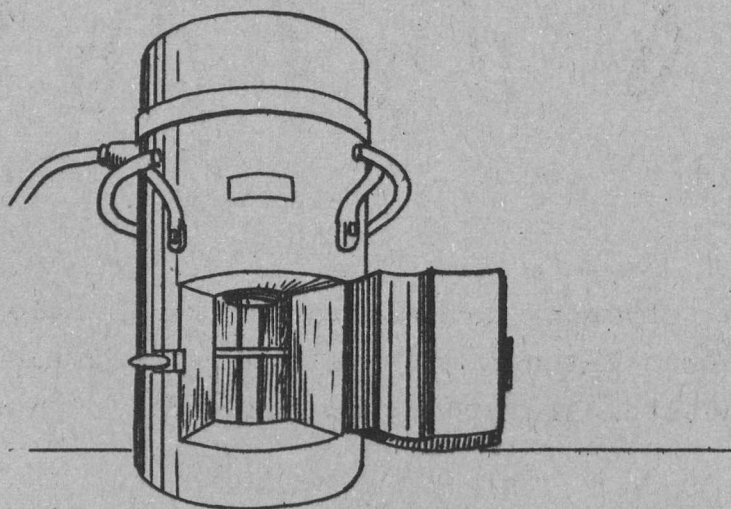
Távpipettázó.

11. ábra.

minden irányban elmozdithatjuk. A pipettázást megfelelő méretű gumicső közbeiktatásával orvosi injectiós fecskendővel végzzük.

A preparátumok mérését a mérő /Geiger-Müller/ szobában végzzük. E helyiség padlója linoleummal van borítva, a falai fehérre meszeltek. Itt helyeztük el elektronikus készülékeinket /nagyfeszültségű stabilizátorok, scalerek, elektromos mérőműszerek stb./ üvegajtós faszekrényben.

A mérendő preparátumokat kis tálkákban mérjük. Ezeket plexiből készült állványon átfurt alumíniumlemez tartja a kívánt magasságban a GM cső ablakai alá. A legtöbb mérést ólomtoronyban végzzük /12. sz. ábra/, mellyel a háttérsugárzás lényeges leszorítását érjük el.



Ólomtorony.

12. ábra.

Nagyobb preparátumokat épületen belül is árnyékolva mozgatunk. E célra gumikerekekre szerelt ládikószerű kocsit használunk, melyet hosszú fogantyúval húzunk.

Az itt leírt készülékeket dr.Bozóky László és csoportja tervei szerint részben a Laboratoriumi Felszerelések Gyára és a Kutesz, részben a saját mechanikai műhelyünk készítette.

Érkezett: 1955. március 1.

F.k.: Faragó Péter

JEGYZETSOKSZOROSÍTÓ ÜZEM - Bpest, V., Királyi Pál u. 5.

F.v.: Csajági István