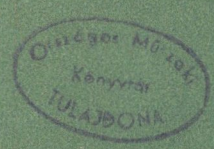


E 870

# Magyar HIRADÁSTECHNIKA



**7-8**



## Felelős szerkesztő:

Lévai Pál

## Szerkesztőbizottság:

Alkér Tibor  
 Balla Miklós  
 Barcza László  
 dr. Barta István  
 Boglár Gyula  
 Bognár Géza  
 Honti Péter  
 Izsák Miklós  
 Koczka László  
 Kodolányi Gyula  
 dr. Orbán György  
 Sárközy Géza  
 Székely Mihály  
 Szigeti György  
 Szikszay Lajos  
 Szokol Hubert  
 Vágó Artur  
 Valkó Iván Péter  
 Winter Ernő

Takács Jenő: A Fourier-amplitudók meghatározása operátorszámítással	93
Hoszpodár Sándor és László: Higanygőz-áramirányítók elmélete és gyártása	96
Kemény Ádám: Elektroncsöves feszültségstabilizátorok	104
Vig István: Az új Tervgazdasági és Szervezési Szakosztály feladatai	115

Такач Енэ: Определение амплитуд Фурье путём операторного расчёта	93
Господар Шандор и Господар Ласло: Теория и производство ртутных выпрямителей	96
Кемень Адам: Электронные стабилизаторы напряжения	104
Виг Иштван: Задачи нового Отделения Планового Хозяйства и Организации	115

J. Takács: Bestimmung von Fourier-Koeffizienten mittels Operatorenrechnung	93
S. u. L. Hoszpodár: Wirkungsweise und Herstellung von Quecksilberdampf-Stromrichtern	96
Á. Kemény: Elektronische Spannungsgleichhalter	104

J. Takács: Détermination des amplitudes Fourier par calcul operationel	93
S. et L. Hoszpodár: Fonctionnement et manufacture des redresseurs à vapeur de mercure	96
Á. Kemény: Stabilisateurs électroniques de tension	104

J. Takács: Determination of Fourier Amplitudes by Operator Calculus	93
S. and L. Hoszpodár: Theory and Production of Mercury Arc Rectifiers	96
Á. Kemény: Electronic Voltage Stabilizers	104

Megjelenik kéthavonta  
 Előfizetési ár egy évre 30.—,  
 példányonként 6.50 Ft.

# A Fourier-amplitudók meghatározása operátorszámítással

TAKÁCS JENŐ

## 1. Bevezetés

A híradástechnikában igen nagy jelentősége van a különböző periodikus függvények harmonikusokra való felbontásának. A következőkben, a komplex Fourier-sorok rövid áttekintése után, módszert adunk arra, hogyan lehet a híradástechnika leggyakoribb impulzussorozatainak sorát meghatározni, lehetőleg kevés számításal, a Laplace transzformáció ismeretében.

Vizsgáljunk egy tetszőleges periodikus időfüggvényt, amelyre nyilván fenn kell állnia a következő összefüggésnek:  $i(t) = i(t + T)$ . Ennek a periodikus függvénynek az ismétlődési frekvenciája:  $\omega_0 = 2\pi/T$

Ez az  $i(t)$  függvény előállítható mint mindkét irányban végtelen sok tagból álló komplex sor, amely az alábbi alakban írható:

$$i(t) = \dots + B_{-2} e^{-j2\omega_0 t} + B_{-1} e^{-j\omega_0 t} + B_0 + B_1 e^{j\omega_0 t} + B_2 e^{j2\omega_0 t} + \dots \quad (1,1)$$

avagy rövidítve,

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} B_n e^{jn\omega_0 t}$$

Itt  $B_n$  a komplex amplitudót jelenti, amely a következő integrállal van definiálva:

$$B_n = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (1,2)$$

és ugyanígy

$$B_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad (1,3)$$

Vizsgáljuk a viszonyokat ha  $i(t)$  függvény valós.

Írjuk fel az  $i(t)$  komplex sorának  $-n$ -ik és  $+n$ -ik tagjának együtthatóját:

$$B_{-n} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) e^{jn\omega_0 t} dt$$

és

$$B_n = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) e^{-jn\omega_0 t} dt$$

Azt találjuk tehát, hogy az együtthatók konjugálással átvihetők egymásba vagyis:

$$B_{-n} = B_n^* \quad (1,4)$$

Hajtsuk ketté az  $i(t)$  kétszeresen végtelen sorát és írjuk az alábbi alakba:

$$i(t) = B_0 + \left\{ \begin{array}{l} B_1 e^{j\omega_0 t} + B_2 e^{j2\omega_0 t} + \dots \\ B_{-1} e^{-j\omega_0 t} + B_{-2} e^{-j2\omega_0 t} + \dots \end{array} \right. \quad (1,5)$$

Ezt az (1,4) segítségével átírhatjuk a következő formába

$$i(t) = B_0 + \left\{ \begin{array}{l} B_1 e^{j\omega_0 t} + B_2 e^{j2\omega_0 t} + \dots \\ (B_1 e^{j\omega_0 t})^* + (B_2 e^{j2\omega_0 t})^* + \dots \end{array} \right. \quad (1,6)$$

A páronként összeadott tagok nyilván a  $B_n e^{jn\omega_0 t}$  valós részének kétszeresét adják vagyis:

$$(B_n e^{jn\omega_0 t} + B_{-n} e^{-jn\omega_0 t}) = 2 \operatorname{Re} (B_n e^{jn\omega_0 t}) \quad (1,7)$$

Az egész sor tehát a következőbe megy át:

$$i(t) = 2 \operatorname{Re} \frac{B_0}{2} + 2 \operatorname{Re} (B_1 e^{j\omega_0 t} + B_2 e^{j2\omega_0 t} + \dots)$$

amely ismét átírható így

$$i(t) = \operatorname{Re} (B_0 + 2 B_1 e^{j\omega_0 t} + 2 B_2 e^{j2\omega_0 t} + \dots) \quad (1,8)$$

Vezessünk be most új jelölést az együtthatókra. Legyen

$$\begin{aligned} A_0 &= B_0 \\ A_n &= 2 B_n \end{aligned} \quad (1,9)$$

Ekkor pedig az ismert együttható definíciókra jutunk, vagyis

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt$$

és

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (1,10)$$

## 2. Összefüggés a Laplace transzformáció és a Fourier-sor együtthatói között

Vágjuk ki az  $i(t)$  periodikus jelenség egy fél periodusát. Ha ez a félperiodus a  $t_1$  és  $t_2$  időpontok között van, akkor nyilván a következő törvényszerűségnek tesz eleget:

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{ha } -\infty < t < t_1 \\ \text{véges}, & \text{ha } t_1 < t < t_2 \\ 0, & \text{ha } t_2 < t < +\infty \end{cases} \quad (2,1)$$

Ezt az  $f(t)$  függvényt nevezzük impulzusnak.

Írjuk fel ennek az  $f(t)$  függvénynek a Laplace transzformáltját. Ez per definitionem a következő

$$F(p) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-pt} dt = \int_{t_1}^{t_2} f(t) e^{-pt} dt \quad (2,2)$$

ahol  $F(p)$ -vel a transzformált függvényt jelöltük. Ezt a függvényt operátor-függvénynek vagy röviden operátornak fogjuk nevezni.

Ha emellé még felírjuk az  $i(t)$  függvény  $n$ -ik Fourier együtthatóját:

$$B_n = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} i(t) e^{-jn\omega_0 t} dt = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (2,3)$$

akkor összevetve a (2,2) és (2,3) egyenleteket a következő összefüggést találjuk az  $f(t)$  függvényt Laplace transzformáltja és az  $n$ -ik Fourier együttható között:

$$B_n = \frac{1}{T} F(jn\omega_0) \quad (2,4)$$

Ha már most figyelembe vesszük az (1,9) összefüggést, akkor a következőket írhatjuk:

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{T} F(0) \\ A_n &= \frac{2}{T} F(jn\omega_0) \end{aligned} \quad (2,5)$$

Az így kapott eredményeinket behelyettesítve az (1,8) egyenletbe, a következő sort kapjuk eredményül:

$$i(t) = \operatorname{Re} \left( \frac{1}{T} F(0) + \frac{2}{T} \sum_{n=1}^{\infty} F(jn\omega_0) e^{jn\omega_0 t} \right) \quad (2,6)$$

## 3. Az egyenesekkel határolt impulzusok összerakhatósága

Az előző pont eredményének jelentősége abban áll, hogy a híradástechnikában leggyakrabban előforduló impulzusalakok operátor függvényei rendkívül egyszerűen határozhatók meg. Ahhoz például, hogy az egyenes vonalakkal határolt impulzusok operátorait meghatározzuk, csupán az  $f(t) = at$  függvény operátorát kell ismernünk, amely az operátorszámítás szabályai szerint:

$$\mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} \alpha t e^{-tp} dt = \frac{\alpha}{p^2} \quad (3,1)$$

Ha a belépő  $f(t)$  függvény belépése nem a  $t = 0$  időpillanatban történik, akkor az eltolási szabály ismeretében az időtengely bármely pontjába áthelyezhetjük a függvényt. Az eltolási szabály kimondja ugyanis, hogy ha az  $f(t)$  függvényt a  $t$  tengely mentén  $\tau$ -val eltoljuk akkor az  $F(p)$  operátor függvény  $e^{-\tau p}$ -vel szorozódik.

Vagyis:

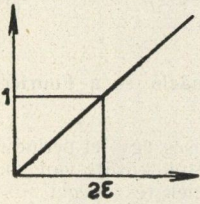
$$\mathcal{L}[f(t-\tau)] = F(p) e^{-\tau p} \quad (3,2)$$

ha

$$\mathcal{L}[f(t)] = F(p)$$

Állapítsuk meg például a legáltalánosabb egyenesvonalú impulzus, a trapezoid impulzus operátorát.

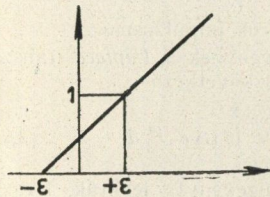
Az 1. ábrán látható időfüggvény operátora:



1. ábra

$$\mathcal{L}[f_1(t)] = \frac{1}{2 \varepsilon p^2} \quad (3,3)$$

Toljuk el a függvényt  $-\varepsilon$ -nal (2. ábra), akkor a (3,2) összefüggés értelmében:

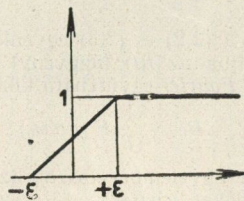


2. ábra

$$\mathcal{L}[f_2(t)] = \frac{1}{2 \varepsilon p^2} e^{\varepsilon p} \quad (3,4)$$

Vonjunk le ebből a  $+\varepsilon$ -nal eltoló egyenest, akkor az így kapott függvény (3. ábra) operátora:

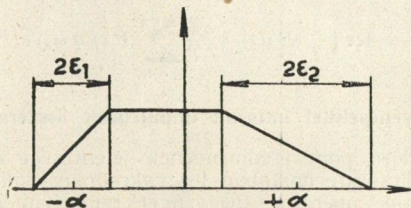
$$\mathcal{L}[f_3(t)] = \frac{1}{2 \varepsilon p^2} (e^{\varepsilon p} - e^{-\varepsilon p}) = \frac{1}{\varepsilon p^2} \text{sh } \varepsilon p \quad (3,5)$$



3. ábra

Toljuk el ezt a függvényt  $-\alpha$ -val és vonjunk le ebből egy hasonló függvényt, mely  $+\alpha$ -val van eltolva (4. ábra). Az így kapott trapezoid impulzus operátora:

$$\mathcal{L}[f(t)] = \frac{1}{\varepsilon_1 p^2} \text{sh } \varepsilon_1 p e^{\varepsilon_1 p} - \frac{1}{\varepsilon_2 p^2} \text{sh } \varepsilon_2 p e^{\varepsilon_2 p} \quad (3,6)$$

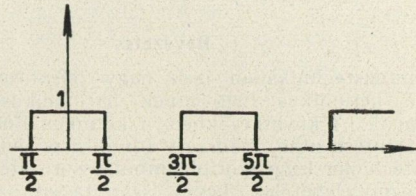


4. ábra

Ennek a trapezoid impulzusnak operátorát ismerve, az összes egyenesvonalú impulzusok operátorai meghatározhatók.

#### 4. Operátortáblázat

Határozzuk meg a fent ismertetett eljárás segítségével az 5. ábrán feltüntetett négyszögrezgés Fourier sorát.



5. ábra

Az 5. ábra első impulzusának operátora a (3,6)-ból  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$  és  $\alpha = \pi/2$  helyettesítéssel:

$$F(p) = \frac{2 \text{sh } \frac{\pi}{2} p}{p} \quad (4,1)$$

Helyettesítsük be a (4,1) operátort a (2,5) összefüggésekbe, akkor megkapjuk a Fourier-sor együtthatóit.

$$A_n = \frac{1}{2\pi} \lim_{n \rightarrow 0} \frac{2 \text{sh } j \frac{\pi}{2} n}{j n} \quad (4,2)$$

L'Hospital szabályát alkalmazva,

$$A_0 = \frac{1}{2} \quad (4,3)$$

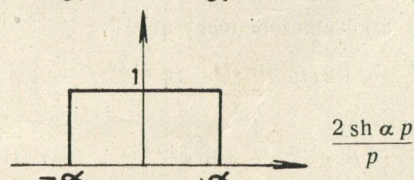
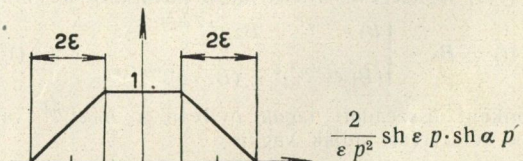
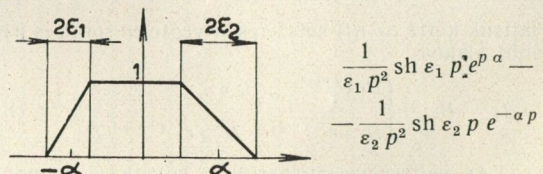
és

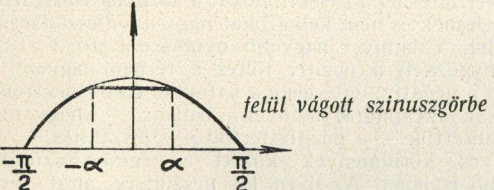
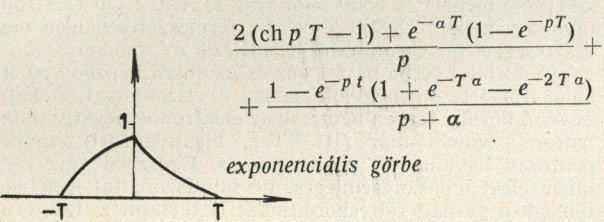
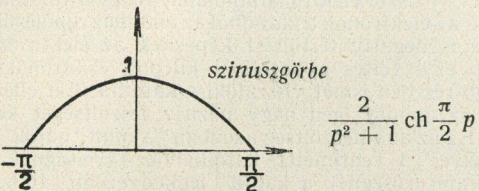
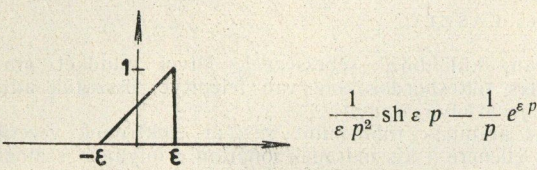
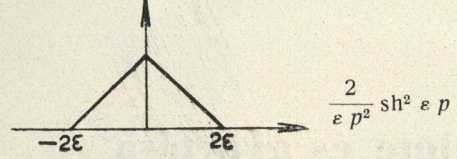
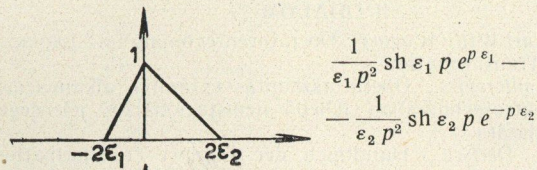
$$A_n = \frac{2}{2\pi} \frac{2 \text{sh } j \frac{\pi}{2} n}{j n} = \frac{2}{\pi} \frac{\sin \frac{\pi}{2} n}{n} \quad (4,4)$$

Az együtthatókat a (2,6) egyenletbe helyettesítve a fenti négyszögrezgés Fourier sorát kapjuk:

$$f(t) = \text{Re} \left[ \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi} \frac{\sin \frac{\pi}{2} n}{n} e^{j n t} \right] \\ = \text{Re} \left[ \frac{2}{\pi} \left( \frac{\pi}{4} + e^{jt} - \frac{1}{3} e^{j3t} + \frac{1}{5} e^{j5t} - \dots \right) \right]$$

Az alábbiakban táblázatosan a híradástechnikában leggyakrabban használt impulzusok operátorait állítottuk össze.





5. Fourier-sor meghatározása impulzussorozat operátor függvényéből

Az eljárás akkor is alkalmazható, ha nem egy impulzus operátort, hanem az egész periodikus függvény operátort ismerjük. Ezek a függvények minden operátorszámítási kézikönyvben vagy táblázatban rendelkezésünkre állnak. Jelöljük az illető periodikus függvényt  $\varphi(t)$ -vel akkor a  $\varphi(t)$  függvény Laplace integrálja a következő:

$$\varphi(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} \Phi(p) e^{pt} dp \quad (5,1)$$

Itt  $\Phi(p)$ -vel a  $\varphi(t)$  függvény transzformált függvényét jelöltük és az integrálás az összes pólustól jobbra végzendő.

Az (5,1) integrált a komplex függvénytan ismert tétele alapján a következő alakban írhatjuk:

$$\varphi(t) = \frac{1}{2\pi j} \sum \oint_{p_n} \Phi(p) e^{pt} dp \quad (5,2)$$

Itt az összeg tagjai az egyes pólusokat körülzáró görbére vett integrált jelentik. Az összegezést ki kell terjeszteni a  $\Phi(p)$  függvény összes pólusaira. Az integrál tehát redukálódott az egyes pólusok körül vett zárt görbe menti integrál meghatározására. Ennek az integrálnak meghatározása pedig Cauchy integrál-tétele alapján az alábbiak szerint történhetik.

Legyen  $p_1$  a  $\Phi(p)$  függvénynek  $k$ -szoros pólusa, akkor:

$$\frac{1}{2\pi j} \oint_{p_n} \Phi(p) e^{pt} dp = \frac{1}{2\pi j} \oint \frac{M(p)}{(p-p_n)^k} e^{pt} dp = \frac{d^{k-1} [M(p) e^{pt}]}{d p^{k-1}} \Big|_{p=p_n} \quad (5,3)$$

Itt

$$\Phi(p) = \frac{M(p)}{(p-p_n)^k} \quad (5,4)$$

és  $p_n$  már nem gyöke  $M(p)$ -nek.

A híradástechnikai gyakorlatban általában olyan függvények szerepelnek, amelyeknek csak egyszeres gyökeik vannak. Gyakorlatilag tehát legnagyobb jelentőségű az az eset, amikor  $k = 1$ . Ekkor az (5,3) formula az alábbi alakba megy át:

$$\frac{1}{2\pi j} \oint_{p_n} \Phi(p) e^{pt} dp = M(p_n) e^{p_n t} \quad (5,5)$$

Itt  $p_n$  szintén már nem gyöke  $M(p)$ -nek. Korlátozzuk most vizsgálatainkat az imaginárius pólusokra. Ha az imaginárius tengely ezen diszkrét pontjait az (5,3) egyenlőségbe helyettesítve a kapott tagokat összegezzük, akkor a keresett Fourier-sort kapjuk. Vagyis:

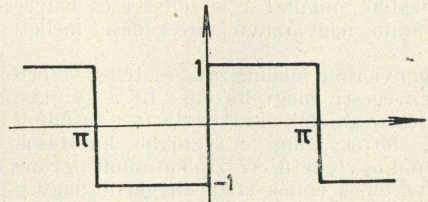
$$\varphi(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[ \frac{d^{k-1} M(p) e^{pt}}{d p^{k-1}} \right]_{p=p_n} \quad (5,6)$$

Avagy ha  $k = 1$ , az (5,5) formulából

$$\varphi(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(p_n) e^{p_n t} \quad (5,7)$$

Ez a sor ismét mindkét irányban végtelen, s ebből a 0-tól  $\infty$ -ig tartó sor együtthatói szintén az (1,7), (1,8) és (1,9) alapján határozhatók meg. Alkalmazzuk ezt az eljárást a 6. ábrán feltüntetett impulzussorozatra. Az itt feltüntetett négyzetgöregzés Laplace transzformáltja:

$$\Phi(p) = \frac{\text{th } \frac{\pi}{2} p}{p} = \frac{\text{sh } \frac{\pi}{2} p}{p \text{ ch } \frac{\pi}{2} p} \quad (5,8)$$



6. ábra

$\Phi(p)$ -nek pólusa van, ahol  $p = jn$ , itt  $n = 2k + 1$ , ha  $k = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ . Az (5,6) alapján tehát

$$\varphi(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sh } \frac{\pi}{2} p}{p \text{ ch } \frac{\pi}{2} p} [p - (2k+1)j] e^{pt} \Big|_{p=(2k+1)j} \quad (5,9)$$

Ebből L'Hospital szabályával a következő adódik:

$$\varphi(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{e^{j(2k+1)t}}{j(2k+1) \frac{\pi}{2}} \quad (5,10)$$

Ebből most már az (1,9) figyelembevételével a sor :

$$\varphi(t) = \frac{4}{\pi} \operatorname{Re} \frac{1}{j} \left( e^{jt} - \frac{1}{3} e^{j3t} + \frac{1}{5} e^{j5t} - \frac{1}{7} e^{j7t} + \dots \right) \quad (5,11)$$

## Higanygőz-áramirányítók elmélete és gyártása\*

HOSZPODÁR SÁNDOR és LÁSZLÓ

Azokról a kérdésekről szeretnénk beszámolni, amelyek az áramirányítók gyártásával és üzemével kapcsolatosak, különös tekintettel arra, hogy hazánkban az áramirányítók gyártása röviddel ezelőtt megindult.

Mindenekelőtt azokról a fizikai alapelvekről és jelenségekről kell beszélnünk, melyek az áramirányítás elvi kérdései és amelyek az olvasók többsége előtt nagyjából ismeretesek, de úgy hisszük, hogy a teljesség kedvéért szükséges egy rövid, vázlatos áttekintés az egységes kép kialakítására.

A vákuumtérben létrejövő kísérletek, illetőleg áramvezetés fizikai jelenségeinek magyarázata a következőkben foglalható össze :

A vákuumtérben történő áramvezetésnek egyik ismert példája az izzókatódos vákuumcső. Ennél katódul izzó fémspirálást használnak, amely elektronokat bocsát ki. Az így keletkezett elektronok a vákuumtérben nagy sebességgel az anód felé áramlanak, ha az anód a katódhoz képest pozitív. Az elektronok a katód és anód között az áramvezető összeköttetést létesítik, amíg az anód pozitív. Ha az anódfeszültség negatív lesz, az áramvezetés megszűnik, a következő pozitív félhullámig. Az anód nem emittál elektronokat, tehát áram ellentétes irányban nem folyhat, de még — a gázok és gőzök teljes hiánya miatt, ellentétben a gáz- vagy gőztöltésű áramirányítókkal — glimm-kisülés sem léphet fel. A vákuumcsövek ezért tökéletes szelepek, tökéletes egyenirányítók. Ezeknél azonban a katód körül jelentős negatív tértöltés keletkezik, amelynek nagy feszültségvesztéses a következménye.

A tértöltés következtében fellépő nagy feszültségvesztés miatt ezeket a csöveket nagy feszültségű, de kis erősségű áramok egyenirányítására használják, például a Röntgen-berendezéseknél.

Égészen más a helyzet gázzal, vagy gőzzel töltött edényekben, mint a vákuumtérben. Itt a folyamatok lényegesen bonyolultabbak. A gáz- vagy gőztöltés mindenekelőtt arra szolgál, hogy a fellépő pozitív ionok a tértöltést kompenzálják, miáltal a feszültségcsökkenés lényegesen kisebb, és az áram nagyarányú növekedése mellett is állandó marad.

Higanykatód alkalmazása esetében a belső viszonyok ismét lényegesen megváltoznak. Itt a gyújtás által kellett és a gerjesztő anódok által fenntartott katódolt az elektronemisszió forrása, ami a legújabb kutatások szerint itt nem termikus eredetű. Az izzó katódolt ugyanis sok higanygőzölgöttet el, s ennek eredményeként nagy gőzsűrűség és igen sok pozitív ion keletkezik, közvetlenül a katód fölött. Ezek pozitív tértöltést alkotnak és a szembenfekvő katód felületével erős elektromos mezőt létesítenek, amely az elektronokat a katódból kiszakítja. Az így felszabadult elektronok az anód felé vándorolnak és a gáz- és gőzmolekulákat az ívút hosszában ionizálják.

Az ionizálás folyamata és a vele kapcsolatos alapjelenségek meglehetősen bonyolultak, de tisztázottak, és röviden a következőkben foglalhatók össze :

A katódból kiszakított elektronok a pozitív anód felé repülnek. Útközpontjukban a gáz- és gőzatomokba, azokból elektronokat hasítanak le. A leváló negatív elektron miatt a pozitív magtöltés túlsúlyba kerül és a maradék atomból pozitív töltésű ion lesz. Az elektron az elektromos tér irányában halad a pozitív elektróda, az anód felé, a pozitív ion pedig a negatív katód felé. Az ívkisülés tartama alatt tehát két áramlás folyik a vákuumtérben ellentétes

### IRODALOM :

Karl Willy Wagner : Operatorenrechnung und Laplace'sche Transformation.

Kontorovics : Operátorszámítás és annak alkalmazásai az elektrotechnikában fellépő nemstacionárius jelenségek tárgyalására.

G. Doetsch : Handbuch der Laplace-Transformation.

irányban, különböző sebességgel. Mivel mindkét áram ellentétes töltéshordozókból van felépítve, összegük adja a csövön átfolyó áramot.

Az áramnak több mint 99%-át elektronok vezetik. Ennek ellenére a kis maradék ionáram e folyamat számára életszükséglet. A tiszta elektronáramoknál, ahogy a vákuumcsőnél láttuk, az elektronok a katódból az anódhoz repülésükben olyan erős negatív tértöltést képeznek az elektródák között, hogy ez a töltés a katódból kilépő elektronokat a legnagyobb részben ismét visszalöki a katódra. Ezt ellensúlyozandó az anódra igen nagy pozitív feszültséget kell alkalmazni. Ez az anódfeszültség azonban — mint tudjuk — igen tekintélyes : 1 centiméter katód-anód távolságnál és 1 A/cm<sup>2</sup> áramsűrűségnél a katód legkedvezőbb térbeli kiképzése mellett is 5500 V-ot tesz ki, sőt 2 cm elektródatávolság mellett 13 800 V-ot. Ez természetesen igen nagy veszteséggel jár és mint hő jelentkezik az anódon.

A külső térbe bevitt gőz és az ebből képződő pozitív ionok tökéletesen megváltoztatják a viszonyokat. A katód és anód közötti térben nemcsak az elektronok negatív töltése hatásos, hanem már (10<sup>-3</sup> Tor. higanygőznél) csaknem pontosan ugyanannyi pozitív ion is. Egészen véve a tér kifelé elektromosan semleges, de mindazonáltal igen nagy tömegben szabad töltéshordozókat is tartalmaz. Így aztán a negatív tértöltésnek az elektronokat a katódba visszahajító erőt most elesnek és nem kell azokat nagy anódfeszültséggel kompenzálni. Valamivel nagyobb nyomásnál (10<sup>-2</sup>—10<sup>-1</sup> Tor. higanygőznél) a pozitív töltés a térben nagyobb is lehet, mint a negatív, úgy, hogy a katódból eredő elektronokat nemcsak az anódról ható erő, hanem — ahogy már fentebb említettük — a pozitív tértöltés is kiszakítja.

Bizonyos körülmények között az égési feszültség még kisebb is lehet. Az ilyen kis feszültség által meggyorsított elektronok közvetlenül ugyan nem tudnak ionizálni, mindazonáltal több atom összehatása következtében előállhat ionizációs állapot. Ez akkor lehetséges, ha egy első elektron egy neutrális atomnak kisebb energiát átadott, azt gerjesztette és egy másik elektron a gerjesztett atomnak az ionizációhoz hiányzó energiameennyiséget hozzáadja.

Az atomok gerjesztésénél az atommag körül keringő elektront az elektromos térbe repülő egyik elektron pályájáról kiemeli, anélkül azonban, hogy az atom-kötelékből eltávolította volna. A gerjesztett elektronok azonban 10<sup>-8</sup> másodperc után pályájukra visszaesnek, de közben a felszabadult energiájuk fényjelenségben nyilvánul.

A gerjesztett atomnak ez a normális állapota tehát lehetővé teszi, hogy egy bizonyos időn belül (10<sup>-8</sup> mp) egy újabb kisenergiájú elektronnal való összeütközéskor a ki-mozdított elektron teljesen eltávozzék az atomkötelékből és töltéshordozóvá váljon. Az ionizáció tehát fokozatokban történhet. A gerjesztett atomok között azonban vannak olyanok is, amelyek 1/100 — 1/10 mp-ig tudják az energiát tárolni. Ezeket az atomokat *metastabilnak* nevezik. Az ilyen gerjesztett metastabil atomok ütközési statisztikája lényegesen jobb. Metastabil atomok a kisülésben tömegesen is felléphetnek, és annak viszonyait nagymértékben befolyásolhatják.

Amint láttuk, az atom gerjesztéséhez elegendő az ionizáló feszültségnél jóval alacsonyabb feszültség. Engel és Steenbeck szerint higanygőznél a gerjesztéshez 4,86 V,

\* Eügyesletünkben 1952. okt. 8-án tartott előadás.

az ionizációhoz 10,4 V szükséges. Nátriumnál a gerjesztő feszültség 2,12 V, az ionizációhoz pedig 5,12 V szükséges.

A világítási jelenség a kísérési pályán a gáz, vagy gőz gerjesztő feszültségétől függ. A  $10^{-8}$  mp után visszacső elektronok a gerjesztő, illetőleg ionizáló energiáknak megfelelő hullámhosszúságú fénysugarat bocsátanak ki. Ez a fény higanygőznél kékesfehér, míg neonnal vörösrózsín. A fényszlop kis áramerősségnél szétfolyó, ritka szerkezetű, míg nagyobb terhelésnél betölti az egész cső keresztmetszetét. Nagyobb gőznyomásnál és növekvő áramnál az ívoszlop mindjobban összehúzódik.

Egyenirányítóknál az állandó elektronemisszió fenntartására az ú. n. segédanódokat alkalmazzák, amelyek tulajdonképpen indukzív terhelésű kisfogyasztású elektródák. Rendszerint két anóddal az egyenirányító edény első részében helyezik el őket, külön kis transzformátorral, gyújtószerkezettel és korlátozó ellenállással. Segédanódokra azért van szükség, mert ha az egyenirányító üzemi terhelés nullára esik, akkor megszűnik az elektron kibocsátás, megszűnik az ionizáció, a főanódokon az ív kialszik és nem tud többé begyulladni.

Ha a főanódokon a feszültségpotenciál megfordulása miatt az ívkisülés kialszik, az ívet a szomszédos anód veszi át. A kialakuló anód közelében a hosszabb élettartamú iontömeg a most már negatívvá vált anód felé áramlik. Ilyenkor leghajlamosabb az áramirányító a visszagyújtásra. A törekvés az tehát, hogy az ionokat semlegesítsük; az erre szükséges időtartamot iontalanítási időnek hívjuk.

Ha az új anódok és elektronok a kísérési térben vezetők felületbe, falba ütköznek, ott rekombinálódnak, s ezáltal semlegesítődnak. Minél gyorsabban jutnak a töltéshordozók a falhoz, vagyis a falak minél közelebb állanak a kísérési pályához, és minél nagyobb a töltéshordozók szabad úthossza, annál kisebb az iontalanítási idő. Számítások szerint ez az idő a faltávolság négyzetével fordítva, s a töltéshordozók szabad úthosszaival lineárisan csökken. Az iontalanítási időt Steenbeck szerint lehetőleg  $10^{-5}$  mp-re, de legalább  $10^{-4}$  mp-re kell leszorítani.

### A rács szerepe

Ha az anódokon a negatív félperiódus jelenik meg, a kísérési út áram nélkül marad. Ilyen pólushelyzetnél a térerő az elektronokat a katódból nem engedni kilépni, hanem azokat visszazorítja. Az elektronok ezért nem tudnak ionizálni, a hordozók újraképződése megszűnik, mintha az anódkról a feszültséget elvették volna.

A vákuumsöveknél — amelyek ionokat nem tartalmaznak — ha az anód és a katód közé rácsot helyezünk el, amely a katóddal szemben negatív töltéssel bír, ez a negatív elektronokat a katódhoz visszaűzi. Ha a rácsra a negatív töltést a katódhoz képest gyengítjük, akkor a katódból kijövő elektronok egy része a rácsra keresztül az anódhoz jut, ha az anódon pozitív feszültség van. Minél kevésbé negatívvá tesszük a rácsot a katóddal szemben, annál nagyobb lesz az áram, amely az anód és a katód között folyik. De bármilyen nagyra tesszük a pozitív töltést a rácsra, a katódról szállított elektronoknak csak egy része fog az anódhoz eljutni, mert az elektronok az anódhoz való repülésükben a katód előtt negatív töltést képeznek és mint egy negatívra töltött rács, az elektronok egy részét mindig visszahajtják a katódra. Ez a negatív töltés a katód előtt megakadályozza tehát, hogy az összes emittált elektron az anódhoz jusson.

Ha egy ionizált gáztérben elhelyezett semleges elektródát a katódhoz képest negatívvá tesszük, akkor az a közvetlen körülötte levő ionizált térből az elektronokat taszítja, míg a pozitív ionokat magához vonzza. Így az elektróda körül egy majdnem kizárólagosan pozitív ionokból álló réteg képződik. A negatív töltésű elektródtól kiinduló erővonalakat ez a tértöltés árnyékolja. Ezért a térerősség a felületről az ionizált plazma felé mérve állandóan csökken, míg egy adott  $d$  távolságban nullával lesz egyenlő. A réteg vastagsága

$$d^2 = \frac{\sqrt{2e}}{9\pi} \frac{U^{3/2}}{j^+}$$

ahol  $U$  az elektródafeszültség  
 $j^+$  a pozitív ionáramsűrűség.

Egy az ionizált térben elhelyezett rács szerepét vizsgálva, láthatjuk, hogy a magas vákuumban lefolyó folyamattal ellentétben, a rács csak egy igen kis  $d$  távolságban van hatóképesen jelen. Ha a rácslemek távolsága kisebb, mint az ionpárna kétszeres vastagsága, úgy a rácsnak elvileg teljesen záróképesnek kellene lenni. Ez gyakorlatilag igen nagy negatív rácsfeszültséggel lenne elérhető, de a felépítő lökézionizáció miatt a rácsra ilyenkor egy önálló rész-kisülés keletkezik.

Az ionsűrűség kis mértéken való tartásával a vezérelhetőség kisebb feszültségekkel is elérhető, ilyen folyamatban vezérelhető szelepek egyidőben készültek is. Amennyiben azonban nem minden rácsnyílás egyszerre zár le, a kisülés egyes rácsnyílásokon át fennmaradhat, akkor már az áram-sűrűség és ezáltal az ionkoncentráció olyan nagy, hogy az ionréteg vastagsága a záráshoz nem elegendő. Ezért nagy egyenirányítóknál a rácsot csak a kisülés beindítására és védelemre szokás használni, de soha a már égő kisülés kioltására.

### Az ívfény természete

A kisülés az anód és katód között mindaddig fennáll, amíg a pozitív anódfeszültség az ionizációhoz szükséges értéken felül marad. Az elektronok pályája a katódból való kilépéstől az anódhoz való útjukon pontosan olyan, mint egy áramló gáz molekuláinak pályája, mintha a gáz a katódból lépne ki és az anódhoz áramlana. Eszerint tehát az elektronok elpárolognak a katódon és kondenzálódnak az anódon.

Ha a kisülés az anódon beáll, de az áram, amely az ívben folyik, olyan értékű, hogy az ívfény nem fedi be az egész anód felületét, akkor a felületi áramsűrűség is kicsi. Ha az áram nő, az ívfény mindjobban kiterjed, s egy bizonyos áramsűrűségnél az egész anódfelületet világítani kezd. Ha ennél az értéknél feljebb emeljük az áramot, akkor az anódosés nő. Ez a jelenség a következőképpen magyarázható: ha az anód áramot vezet, akkor egy bizonyos elektronréteg képződik az anód körül, amely most már az anód felé repülő elektronokra — azonos töltésűknél fogva — fékező hatással van, úgy hogy azoknak az elektronoknak, amelyek az áramvezetésben résztvesznek, le kell győzni e réteg negatív töltésének ellenállását, amely energiaelvonással, feszültségeséssel jár együtt.

Az áramirányító konstruktőrök egyik főtörekvése oda irányul, hogy a berendezés hatásfokának emelése céljából az ívfeszültségesést minél alacsonyabbra szorítsák le. A jó hatások szempontjából ugyanis főképp az ívben jelentkező feszültségesés okozta veszteség jön elsősorban tekintetbe.

Mielőtt ennek vizsgálatához foglalkoznánk, nézzük meg, miből tevődik össze az ívfeszültségesés veszteség, milyen értéket vehet fel, illetőleg mennyi az az elektromos energia, amely ekkor meleggé alakul. Több kutató végzett méréseket, hogy kimutassa az összveszteség értékét. Ez a veszteség a kísérési úton három részből tevődik össze. Az anódon, az ívben és a katódon jelentkező feszültségesésből. Vizsgálatuk a három rész üzemi viszonyoktól való függőségére is kiterjedt. Ezekről a kutatóktól között értékek nem egészen egyeznek, mivel a feszültségesés egyes részeit igen nehéz megmérni. A méréseket úgy végezték, hogy a mérendő helyekre külön elektródákat, szondákat helyeztek el az ívfényben. Az így alkalmazott szondák feltöltődése sokszor komoly hibák forrásául szolgált. Újabb méréseknél ezt a hibát most már ki tudják küszöbölni. Egyértelműen megállapítható, hogy például a katódosés mindenfajta egyenirányítóknál közel állandó és úgy látszik, hogy az edényben levő állapottól és a terheléstől független. Ez a katódosés több vizsgálat egybehangzó adata szerint 6—9 V-ban állapítható meg. Ez a veszteség használódik fel az elektron kilépési munkájára.

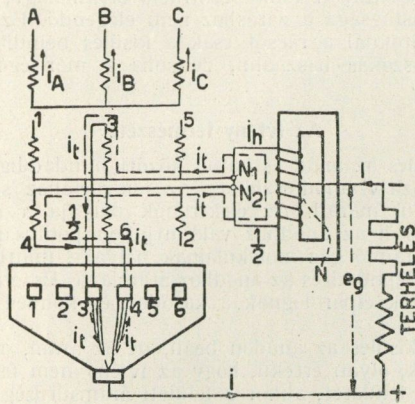
Magában az ívben a feszültségesés cm-ként átlag 0,1 V. Ez a feszültségesés megfelel a lökésionizációhoz felhasznált energia összegének, és nő a vákuum romlásával, a gáznomás növekedésével, amely a hőmérséklettel emelkedik, továbbá növekszik még az árammal is.

Az anódosés körülbelül 5 V-ot tesz ki. Ez megfelel annak az energiaösszegnek, amelyet az anódokhoz repülő elektronok az elektromos mezők legyőzésére felhasználnak és amely elektronok a felülethez való ütközésor meleggé alakulnak. Ez az anódosés függ az anód anyagától, alakjától és az edényben uralkodó nyomástól.

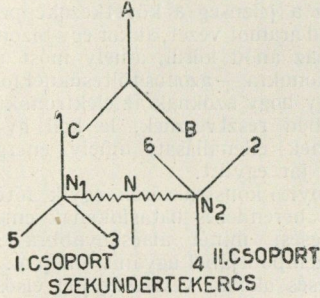
A fentiekben megadott részvesztéseségektől függ az összvesztéseség értéke. Normális feszültségű ivfényeknél és egy olyan áramirányítónál, amelynek az ívhossza 1 m, a katódos és 7 V, ivfényszerűség 0,1 V/cm, és anódosra 5 V veszteséget számolunk, a következő összvesztéseség adódik:

$$7 + (100 \times 0,1) + 5 = 22 \text{ V}$$

Mivel az áramirányítóknál a belső veszteségek az alkalmazott egyenáramú feszültségekkel nem nőnek, egy nagyfeszültségű áramirányítónál ez a veszteség csak kis része az összvesztésnek. Viszont alacsony feszültségű áramirányítóknál ez viszonylag jelentős értékre emelkedik, tehát az áramirányítók hatásfoka nagyobb feszültségeknél kedvezőbb.



PRIMERTEKERCS

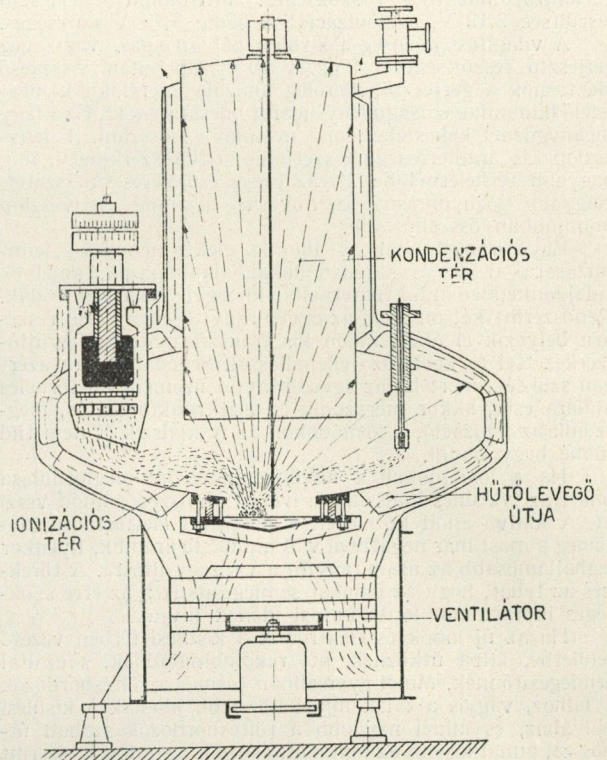


1. ábra. Szívó-fójtó kapcsolás hatfázisú vagegyenirányítóhoz; a transzformátor ciklikus csatlakozása az egyenirányító anódjaihoz.

Meg kell még említeni, hogy az ívfényvesztés csökkentését egy másik ívfény közvetlen szomszédsága — amely az ionizációban segítségére van — jól befolyásolja. Ez okból a többfázisú áramirányító anódjai ciklikus sorrendben a fázisforgás szerint vannak rendezve, az egymásra következő fázisok átlapolási idejére tekintettel azért, hogy az ívfény az egyik anódról a másikra simán átvándoroljon (1. ábra).

Fentebb említettük, hogy az áramirányító feszültségese az anódáramtól is függ. Ezért van, hogy a terhelést az anódok közt elosztó, ún. szívó-fójtós kapcsolás esetében, ahol állandóan két anód vezet áramot (1. ábra), s így az anódok részaráma egyenlő a fél katódárammal, a belső feszültségese is lényegesen kedvezőbb.

A 2. ábra léghűtésű, hatanódos szivattyús egyenirányító szerkezeti rajzát mutatja, vezérelt és vezéreltlen ráccsal, a dóm tetejéről lenyúló gyújtórúddal, hűtőventilátorral. Üzemben lévő alakját a 3. ábra szemlélteti, önműködő hűtéssel, az egyenirányítóra szerelt külső hűtőköpennyel. Ezek a hazai egyenirányítók évek óta működnek (a HÉV állomásokon) és a villamos vontatás részére szolgáltatnak egyenáramot. Ez a hatanódos elrendezés tulajdonképpen több évtizedes fejlődés után alakult vissza, a 18 és a 24 anódos és főként az alu-kohóknál alkalmazott, gyakran 10 tonnás egységekből az ívfeszültség csökkentése céljából, részben pedig egyéb megfontolások miatt. A külföldi nagy gyárak már beszüntették a hatnál nagyobb anódszámú áramirányító egységek gyártását.

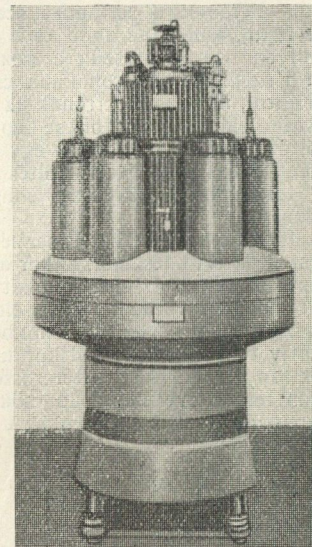


2. ábra. Hazai gyártmányú léghűtésű egyenirányító elvi elrendezése, 6 anóddal, 3 segédanóddal, merülő gyújtással.

A 2. ábra az egyenirányító belsejében lefolyó eddig tárgyalt fizikai jelenségek pontos helyét is mutatja.

### Üveg- és vastestű higanyszűrő-egyenirányítók szerkezete és felépítése

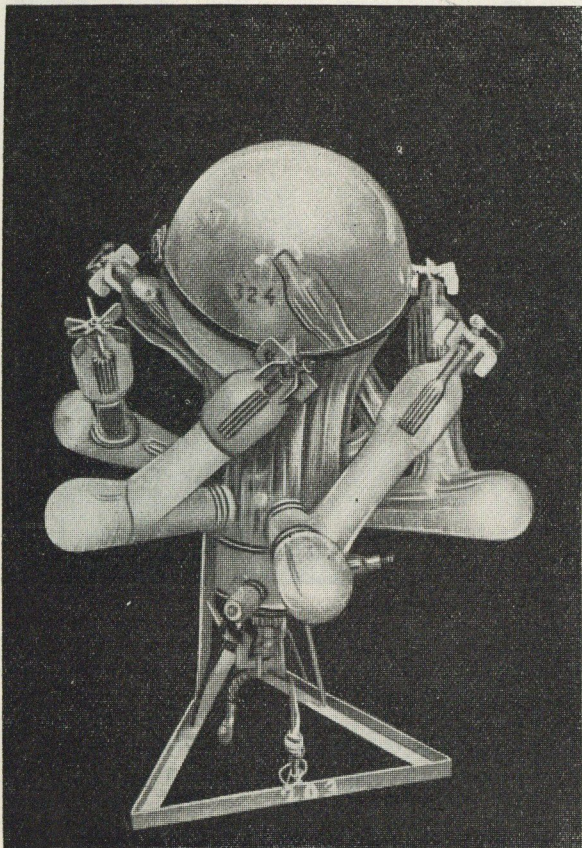
Mielőtt továbbmennénk, meg kell ismerkednünk az egyenirányítók kifejlődésében a kezdeti alakokkal, az üvegtestű egyenirányítóval, amelynek első megoldása ún. n. billenő gyújtással készült. Ennél a szerkezetnél az egész edény elbillentésével meg kellett szakítani az edénybe mereven beépített gyújtót és a higanykatód összeköttetését, amelynek folytán keletkezett ív állította elő a tér ionizálását. Ez a nehézkes megoldás teljesen kiment a használatból.



3. ábra. Hatanódos egyenirányító önműködő hűtéssel



Az üvegegyenirányítók általában 2, 3 és 6 anódkarral készülnek. Anódukat kizárólag grafitot használnak. Az anódok rövidebb csőtoldat, vagy hosszabb és megtört, könyökkel ellátott kar végében vannak az üveggel azonos hőkitérjedésű. az üvegbe beforrasztott fémrúd végére menettel rácsavarva. A meglehetősen nagy, néha 12 mm átmérőt is meghaladó bevezető fémnek az üveggel való összeolvasztása komoly gyakorlatot és nagy elővigyázatot igényel, mert ha a beforrasztás után való temperálás nem történik a használt üvegfajtának pontosan megfelelő hőmérsékleten és ideig, akkor a fémbeforrasztás elreped, és az üvegedény nem légteleníthető.



4. ábra. 250 ampéres üvegtestű higanygőz-áramirányító, megtört karokkal, a könyök végén kiöblösödéssel a pótkompenzáció céljára.

Ahogy említettük, a nagyobb feszültségeknél megtört karokat alkalmazunk, és a gőzsűrűség csökkentése céljából kiálló könyököket képezzük a gyors kondenzálás megkönnyítésére (4. ábra). Ezeknek a kiöblösített karvégzódéseknek az is a szerepük, hogy az ott kondenzálódott higany által előállított részvákuum szívóhatást gyakoroljon a katód környezetére felé, a fölös higanygőznyomást az anód körül megszüntesse és a higanygőz áramlását az anódokhoz megkönnyítse.

Előnyösnek bizonyult azonkívül az üveg túlságos felmelegedésének az elkerülése végett, főként az anód körül, az üveg kiöblösítése. A karok megtörése az ionbombázás és így a visszagyújtások meggátlására való. A már említett ivkiszülés befejezésekor az ionoknak a falakba ütközését a nem egyenesvonalú úton keresztül álló üvegfalak jobban lehetővé teszik. Úgy fejezik ezt ki gyakorlati nyelven, hogy az anód ne lássa a katódot.

A higanykatód az üvegtest megfelelően kiképzett lapos fenekében foglal helyet. Egy 250 A-es hatkarú higanygőz egyenirányítóban kb  $4\frac{1}{2}$  kg higany van. Ennek a katódnak a külső térbe való kivezetését, mivel az üvegbeforrasztott fémek nagy ellenállású krómtartalmú anyagok, megfelelő nagy keresztmetszetre kell méretezni. A katód felett foglalnak helyet a segédanódok, amelyek a belső tér állandó ionizációját biztosítják.

A segédanódok gyújtására különböző megoldások vannak. Ezek közül leghasználatosabb még most is az ú. n. merülő gyújtás, amelynél egy rúgós, meggörbített végű tűt — melynek vége az üvegen keresztül ki van vezetve — egy külsőleg alkalmazott elektromágnes a higanyba ránt.

A tű árama a higanyból való kihúzáskor megszakad, a szikra helyén a felizzott higany elektronokat bocsát ki, amelyek ionizálnak és így a segédanódokon levő feszültséggel kisülést létesítenek. Ha beáll a kisülés, a segédanódok árama egy relével megszakítja a gyújtótű mozgására szolgáló mágnes gerjesztését.

A másik megoldás, amely főként vastestű egyenirányítóknál van alkalmazásban, az ú. n. fröccsgyújtás. Ez úgy működik, hogy a higanykatód alatti csőrészben egy elektromágnessel lehúzó dugattyú mozog, amely az aláfolyt higanyt a tengelyében levő csővön keresztül felfecskendezi a katód fölött álló gyújtóanódhoz.

Használják ú. n. kontrakciós gyújtást is, amelynek egyik továbbfejlesztett formáját az »Anód« Áramirányítógyárban kiviteleztek, amely szerint a higanykatódba bemerített porcelángyűrűvel elválasztott két higanyrés között a porcelánban alkalmazott résben levő higanyt alacsony feszültségű nagy áramerősséggel felrobbantjuk. E robbanás természetesen nagy ívet hűz, amely sokkal biztonságosabb ionizálja a teret, mint az előbb említett megoldás. További előnye, hogy mozgó alkatrész nincs benne.

### Vastestű áramirányítók

A fejlődés fokozódó igényeinek kielégítése céljából szükséges volt nagyobb teljesítményű áramirányítók szerkesztése. Az üvegegyenirányítók teljesítményének az üveg anyaga szab határt. Az eddig legfelső határ, amelyet az üvegegyenirányítóval elértek, 1000 A volt. Azonban az ilyen méretű áramirányítók kezelése és üzeme rendkívül kényes, nehézkes, úgy, hogy ma már ezek gyártása nem gazdaságos. 500 A-es teljesítményű üvegegyenirányító még itt-ott előfordul, de ez is mindinkább háttérbe szorul a vasedényes áramirányítókkal szemben. A legáltalánosabb használatos üvegegyenirányítók teljesítménye manapság maximálisan 250—300 A.

Az első vastestű áramirányítót a magyar származású Schäfer Béla szerkesztette 1910-ben. Ez az első, három fázisú vasáramirányító három külön vasedényből állt, mindegyikben egy katód és egy anód volt. Tehát az első vasáramirányító egyenodós szerkezetű volt. Ugyancsak ő alkalmazott először segédanódot is, ivfenntartás céljából, amelyet külön egyenáramú áramforrással táplált.

Schäfer Béla első vasáramirányítója olyan kitűnő eredményt ért el, hogy ennek hatása alatt külföldön mindegyik megingott azok szerkesztése és gyártása.

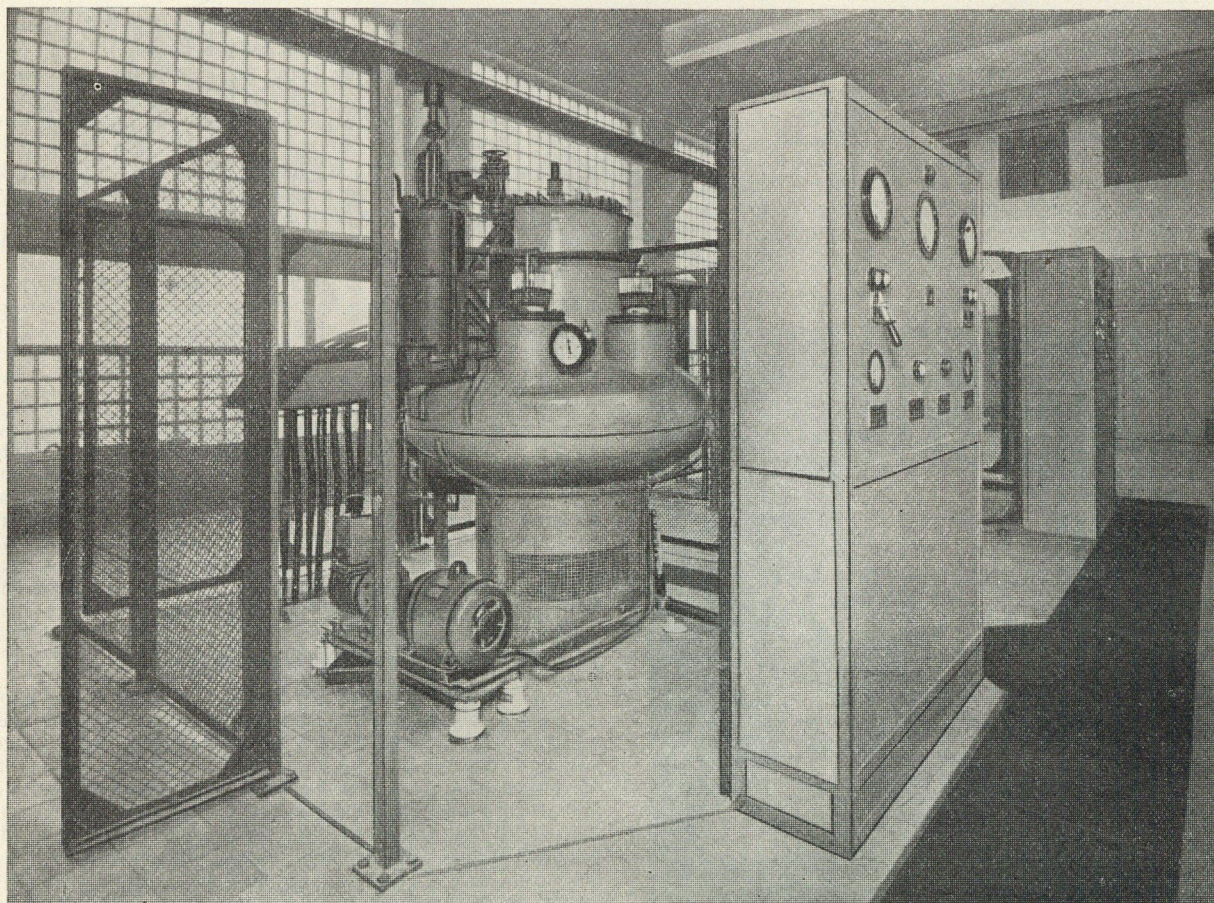
A kezdeti sikerek után mind nagyobb méretű és teljesítményű egyenirányítókat gyártottak. 18, sőt 24 anódosokat is. Kiderült azonban rövidesen, hogy az ilyen nagy súlyú gépek (10—13 tonna) nehéz megmunkálásuknál és nagy üzemi veszteségüknel fogva nem előnyösek és ma már azokat nem is gyártják.

Az elmúlt 10 év óta az ilyen nagy teljesítményeket kisebb egységek parallel-kapcsolásával érik el. Ezenkívül pedig a vízűtést — ami nem mindenütt áll rendelkezésre és nagyobb költséggel jár — az egyszerűbb, olcsóbb léghűtéssel helyettesítik.

Az áramirányító edények alakja is fejlődésen ment át. A régi fazékalak, amelynek gőzterében foglalnak helyet az összes alkatrészek, nem bizonyultak elég jól hűhetőnek és a kondenzációs tér nem volt az ionizációs tértől kellően különválasztva.

Ma már majdnem általánosan azt az alakot használják, ahol az ívtér lencsealakban kibővült. Az anódkarok az ívtérből ki vannak emelve és az ugyancsak kiemelt hűtődóm a felesleges gőzök gyors kondenzálódását segíti. Az ilyen alakú edény — ahol az ionizációs tér a kondenzációs tértől el van választva — jól hűhető és legkevésbé hajlamos visszagyújtásra (2. ábra).

A hazai egyenirányító-gyártás az összes típusok megvizsgálása után ezt az alakot választotta (5. ábra). Egyetlen hátránya ennek az alaknak, hogy a belső felületek tisztítása kissé nehézkes, de igen nagy előnye, hogy nincs többmázás, nehezen megmunkálható és kezelhető anódfedéllemeze és



5. ábra. Hazai hatanódos léghűtésű áramirányító felállási helyén, üzemben. A perforált lemez mögött a hűtő ventilátor foglal helyet, a hűtő levegő a látható burkolaton belül az edény vastestére hegesztett hűtőbordák között áramlik. A hűtődóm tetején van a gyújtó, a dóm mellett a diffúziós szivattyú. Az áramirányító lábánál az olaj-előszivattyú a hajtómotorjával látható. A kapcsolótáblán a felső 3 műszer közül a középső Pirani-féle elektromos vákuummérő

minden szerkezeti része külön kiemelhető. Újabbban a külföldi gyárak is ezt a megoldást használják a szivattyús vasegyenirányítóknál.

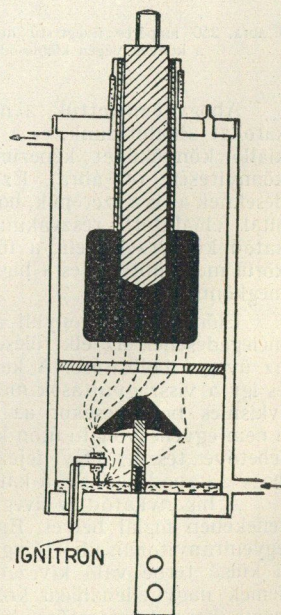
A szivattyú nélküli, többanódos vasáramirányító szerkesztésében is a legtöbb gyár ezen az úton halad. A léghűtés itt még nagyobb jelentőségű, mivel az elmaradó gumitömítések miatt nagyobb felmelegedés is megengedhető, amely körülmény teljesítmény-növekedéssel jár. (A 3. ábra mutat ilyen szivattyú nélküli léghűtésű, AEG gyártmányú, 800 V 1500 A vasegyenirányítót.)

Az egyanódos áramirányítók közül is a léghűtésű és a szivattyúnélküli típusok bizonyultak a leggazdaságosabbnak. Az ezeknél alkalmazott ú. n. Ignitron-gyújtásnak (6. ábra) újabbban több hátránya is kiderült. Így például az, hogy a gyújtás vezénylése drága berendezés és a gyújtótű egy-két év alatt alkopik; ennek ellensúlyozására ma már egy edényben két gyújtóberendezést is alkalmaznak. (A 7. ábra ilyen fejlettebb típust mutat be, fröccs-gyújtással, központi segédanóddal, léghűtéssel.) Nagy előnyük azonban az egyanódos egyenirányítóknak az, hogy a tartalékok beállításánál nem szerepel nagy, költséges berendezés, hanem mindig csak 1—2 egyanódos edény. Az anód-katód közelség miatt az ivfeszültséges kicsi. Mivel a melegebb alakult energia az áramirányítónál főként az ivfeszültségeses és a katódáram szorzatából áll, az ivfeszültségeses minél kisebbre való leszorítása a szerkesztés egyik főelőnye lett. Ez azonban természetesen egyéb okok miatt, főként a megnövekedett visszaram veszélye miatt, megfelelő határok között tartandó. Ha a legújabb konstrukciójú egyanódos áramirányítókat összehasonlítjuk egy korábbi gyártmányú 24 anódos 6000 A alu-kohó áramforrásával akkor 8—10 V ivfeszültség különbséget találunk. Ez a melegebb alakult energia 30%-al való csökkenését jelenti. Ez pedig nem megvetendő érték egy olyan üzemnél, ahol 50—60 000 A fogyasztással kell számolni.

### Üveg- és vasedény hűtés

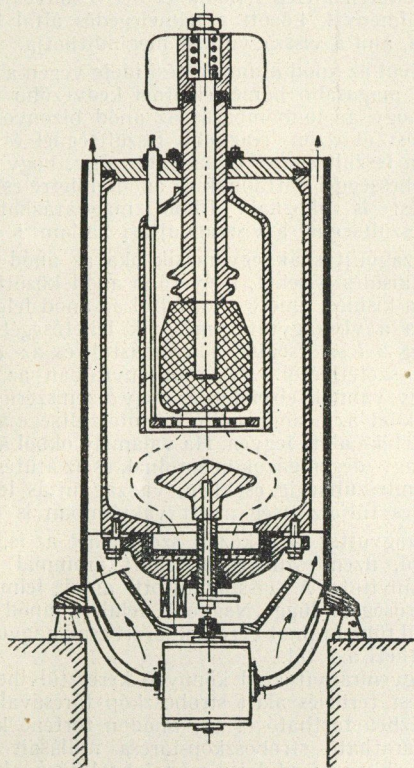
Az üvegtestű higanygőz-egyenirányítókat 50 A-ig használják természetes hűtéssel. Azonfelüli terhelésre már mesterséges léghűtést alkalmaznak. Kísérletek folytak üveggyenirányító olajhűtésével is. *W. Müller* leír egy ilyen kísérletet, ahol egy 50 A-es üveggyenirányítót olajhűtésben 600 A-el terheltek. De ez a gyakorlatban nem válhatott be, mert a berendezés az olaj-cirkulációt előállító szivattyú és a különleges hűtőedény előállítási ára miatt nem versenyképes, annál is inkább, mert keményüvegből 500 A-es egyenirányítókat is tudnak már gyártani. A szivattyúnélküli vasedények pedig egyszerű kezelésük miatt, léghűtéssel, messze felette állnak az olajjal hűthető egyenirányítóknak.

Az üveggyenirányító hűtés ma kizárólag levegővel történik, egy megfelelően elhelyezett ventilátorral, amelynek meghajtó motorja elektromos csatlakozását minden fázisában 1—1 fojtótekerces metenein vezetik át, és a fojtót az egyenirányító munkaáramával telítik, amikor a fojtó veszt inductív ellenállásából. A telítés fokozatos a katód-



6. ábra. Víz-hűtésű Ignitron elvi elrendezése a higanyba beérő gyújtótűvel.

áram növekedésével és így az indukciós motor fordulata, ill. levegőszállítása a motor karakterisztikájának meg-



7. ábra. Léghűtésű, fejlettebb egyenirányító fröccsgyújtással, egy segédanóddal.

felelően, a terheléstől függően változik. A fojtók induktív ellenállása olyan nagy, hogy egyenáramú mágnesezés nélkül a motorba nem folyik a megindításra szükséges áram.

A vastestű egyenirányítókat — eltekintve az elektrolitikus üzemekben alkalmazott nagyteljesítményű egyenirányítóktól — legnagyobb részét szintén levegőhűtéssel gyártják. A léghűtésnek az üzemekben olyan nagy előnye van, hogy mindenütt szívesebben alkalmazzák. Mindenesetre meg lehet állapítani, hogy a fejlődés ezen a téren a léghűtés felé mutat.

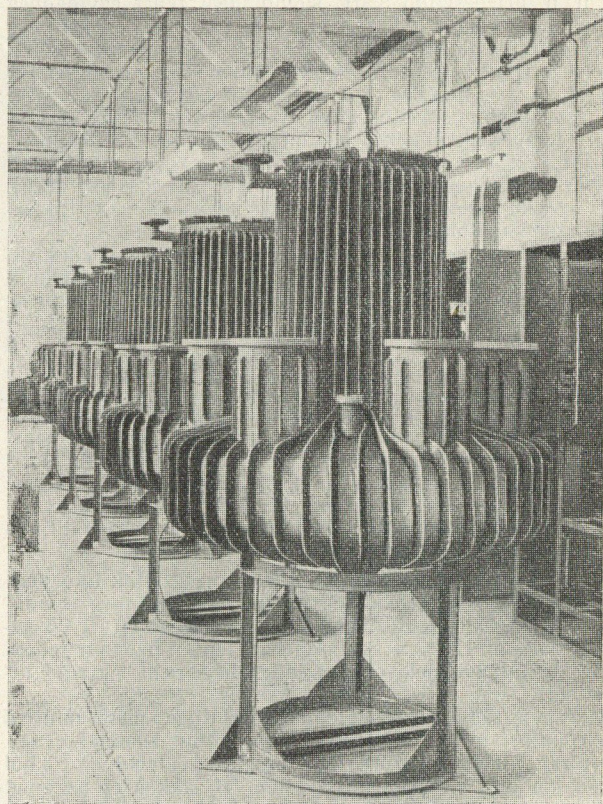
A vastestű szivattyú nélküli higanygőze egyenirányítóknál a vízhűtés az edény falának közvetlen a vízzel való érintkezése miatt is kivétel, mivel a hűtővízből a szabad hidrogén ionok a vasfalon keresztül az evakuált térbe be diffundálnak.

Magyar szerkesztésű egyenirányítók, amelyek közül az első a múlt évben érte el működésének három éves évfordulóját, szintén léghűtésűek. A hűtést itt is az edény alatt elhelyezett függőleges tengelyű ventilátor végzi. Ennek kapcsolóját egy az edény fenekén elhelyezett termosztát vezényli, pontosan a beállított be- és kikapcsoló hőfoknál (5. ábra).

Az edényt lemezburkolat veszi körül és az alulról befolyt hűtőlevegő a hűtőbordákkal ellátott edény falának görbületeit mintegy körülfolylja. A léghűtésű vasedények gyártás alatti állapotát mutatja a 8. ábra, levegőburkolat nélkül.

Az egyenirányító üzem hőfoka a különböző kutatók szerint a következő: üvegegyenirányítóknál az anódkar üzemi hőfoka  $260^{\circ}$ . Az üvegestest többi részén a hőmérséklet  $100-60^{\circ}$ . A víz- és léghűtésű vasedényeknél gumitömítések, valamint a hűtővíz elpárolgás veszélye miatt az edény falának megengedhető hőfoka  $60^{\circ}$ . A szivattyú nélküli higanygőz egyenirányítóknál, ahol már gumitömítéseket nem alkalmazunk, az anódkar hőfoka  $150^{\circ}$ -ra emelkedhet.

Az egyenirányító szerkesztésénél főttörékvés az, hogy az üzemi hőmérséklet minél magasabb legyen, főként a gumitömítés nélküli beforrasztott vagy zománcozott tömítésű bevezetőknél. A magasabb hőmérsékleten működő edények-



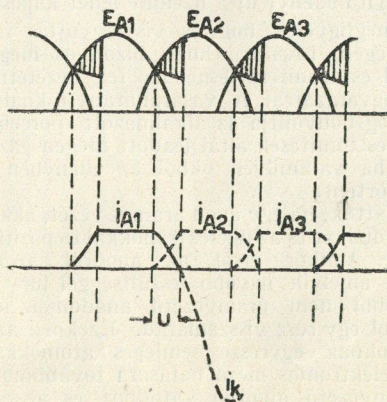
8. ábra. Gyártás alatt álló hazai hatanodos léghűtésű áramirányítók, külső burkolat nélkül.

nek az az előnyük, hogy a nagyobb hőfokokhoz hatványozottan növekvő elsugárzási és konvekciós hőelvezetés tartozik, tehát könnyebben hűthetőek.

#### Egyenirányító üzemeltetése. Az átlapolás

Az egyenirányító üzemében előforduló jelenségek megismeréséhez szükséges, hogy még egyszer érintsük a kommutáció jelenségét, amelyen az egyik anódról a másikra való áramváltást értjük.

Ha az áramkör semmiféle önindukciót nem tartalmazna, akkor az egyik anódról a másikra való áramváltás áramsietés vagy késlekedés nélkül állna be. A transzformátor szórási reaktanciája folytán az edény anódon a kisülési idő végén a rajtlevő pozitív potenciál lecsökkenésével az áram nem hirtelen szűnik meg, ugyancsak nem emelkedik fel a feszültség megjelenésekor hirtelen a következő anódon pillanatszerűen, hanem a két áram rövid ideig együtt ég



9. ábra. Átlapolás lefolyása. A transzformátor szórási reaktanciája folytán két anódon van egyszerre kisülés a feszültség megjelenése és eltűnése idején. Ezt a pillanatnyi rövidzár a két anódon a vonalozottan ábrázolt területnek megfelelően torzítja el az anód szinuszos alakú feszültségét.  $u$  az átfedés idejé villamosfokokban jelenti.

az  $u$ . n. átfedési idő alatt. Rövid ideig, tehát egyidejűleg áram folyik mind a két anódon, és előáll egy elektromos összeköttetés a transzformátor két fázistekercse közt, mely a transzformátorra nézve átmenetileg rövidzárlatot jelent. Az egyidejűleg égő anódon változóáram is folyik, az egyenáramra ráülítve. A transzformátor fázis-zárlata alatt feszültségsökkenés lép fel a katód és a csillagpont között. Az egyenfeszültség lecsökken a számtani középértékre, mindkét kommutálásban levő fázisnál (9. ábra). Ezt a feszültségesést természetesen befolyásolja még a transzformátor kapcsolása és a terhelés.

A kommutációnál tapasztalt ezen jelenséget átfedésnek, vagy átlapolásnak nevezzük. Az átlapolást villamos fokokban fejezzük ki, mely 6%-os rövidzárlási feszültségű transzformátornál 18—20° körül van.

### Visszagyújtás

Az egyenirányítók üzemében a legsúlyosabb hiba a visszagyújtás. Hatásaiban sokszor erősen romboló esemény mely nemcsak az áramirányítót, hanem a vele kapcsolatis transzformátort is tönkretéheti. A visszagyújtás fellépése természetesen több vagy kevesebb ideig tartó üzembavart, és általában mindenütt, de különösen az elektrolitikus üzemekben igen nagy károkat is okoz.

A visszagyújtást előidéző okok a vizsgálatok folyamán mindig kisebb és kisebb körre szorúlnak, de még mindig vannak váratlan és előzményeikből előre nem látott visszagyújtások, amelyek a gyakorlatban lépten-nyomon fellépnek, de amelyeknek okát mindeztideig nem sikerült kideríteni.

A visszagyújtás tulajdonképpen nem más, mint a szelephatás megszűnése egy vagy több anódnál, vagy rövidzár anódok között. Ha ugyanis valamilyen okból egyik anódon elektronemisszió lép fel, akkor ez az anód katódként működik és az áram a többi anódtól hozzá folyik. Mivel ez az áram csak a transzformátor ohmikus és induktív ellenállásával van korlátozva, a visszagyújtás a trafóra nézve rövidzárlatot jelent. Súlyosbodik az eset, ha a visszagyújtott áramirányító több más áramirányítóval parallel-járáásban van, mert akkor a visszagyújtásnál vissz-áram folyik az egyenáramú áramforrás pozitív polusától a visszagyújtott anódhoz.

Abban az esetben, ha a védőkapcsolók a rövidzárlatot nem tudják elég gyorsan lekapcsolni, akkor a visszagyújtás az anód felületén beégést — gödröt — okoz, aminek folytán az ilyen anód további visszagyújtásra lesz hajlamos. Nem elég gyorsan lekapcsolt visszagyújtásnál az érintett anód annyira felmelegedhet, hogy igen sok gáz szabadul fel a környezetéből is és a vákuum leromlik.

Vinograd szerint: »dacára a számos kísérletnek, amelyeket a visszagyújtások okainak kutatására nézve éveken át folytattak, ennek a jelenségnek az okait és a feltételeket, amelyek között beáll, mindeztideig nem sikerült tökéletesen felderíteni.«

Ma már olyan kitérő védőberendezés áll rendelkezésre, hogyha az jól működik, a visszagyújtásnak semmi komoly következménye nincs és közvetlenül a visszagyújtás után az áramirányító-edényt újra üzembe lehet kapcsolni.

Az a megfigyelés, hogy a visszagyújtás röviddel az égési idő végén, továbbá, hogy bizonyos meghatározott feszültségnél és áramterhelésnél lép fel, vezetett egy megközelítő magyarázatra. A vasáramirányítóknál természetesen ezt még bonyolítja az alkalmazott porcelánok, fémalkatrészek és tömítések által leadott idegen gázok hatása, különösen, ha valamilyen okból az edényben helyi felmelegedés történt.

Amint láttuk, ha egy anód áramot vezet, akkor az anód és katód közötti tér és az ív elektronokkal és pozitív ionokkal van feltöltve. Amikor erről az anódról az ívfény egy másikra, — amelyik nagyobb feszültséggel bír, — átmegy, akkor a többi nem áramvezető anódon az ionokból és elektronokból egy rész visszamarad. Ezeknek az ionoknak és elektronoknak egyrésze semleges atomokká egyesül, a többi az elektromos mező hatására továbbmozog. Mivel a nem áramvezető anód a katódhoz és az áramvezető anódhoz képest negatív, úgy, hogy közötté és a katód között az elektromos mező most már fordított irányú, mint előbb, az elektronok az anódtól eltávolodnak és az ionok odavonódnak. Az ionok és az elektronok mozgás-

irányának ez a megfordulása az áramirányító ívében első oka lehet a visszagyújtásnak. Az ionok felütődése által az anód felületén meleg fejlődik és ott bizonyos meghatározott körülmények között a felmelegedés által katódolt fejlődhet ki, ami a visszagyújtást megindíthatja.

Ezenkívül az anód áramvezetési ideje végén a nagyobb áramnál és magasabb hőmérsékletnél kedvezőbb feltételek adódnak, hogy az ionbombázás az anód bizonyos helyein túlmelegedést okozzon. Nagyobb feszültségnél és az égési idő végén a feszültségesés is nagyobb, úgy, hogy az ionok nagyobb sebességgel pattannak az anód felületre és nagyobb felmelegedést is okoznak. Ebből magyarázható, hogy nagyobb feszültségnél a visszagyújtási hajlam is nagyobb.

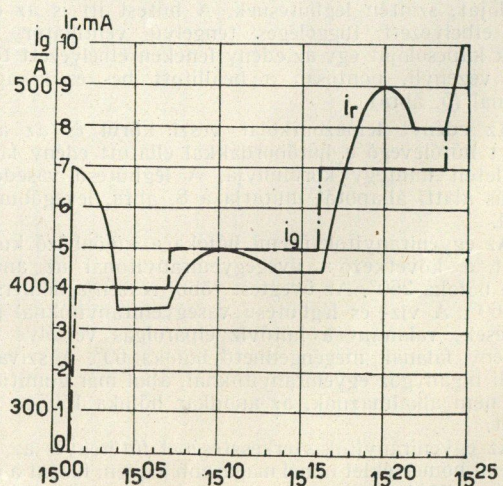
A visszagyújtásnak egy másik oka az anód és katód közötti gázkisülés is lehet, mely több anód között is fennállhat. Ez a kisülés, amely a katódtól az anód felé irányul, előállíthatja a visszagyújtás második lehetőségét. A gázkisülés függ a feszültségtől, a nyomástól és az edényben levő gáz összetételétől. Az áramirányítóban az anód és a katód úgy vannak elrendezve, hogy üzemszerű nyomásviszonyok közt az áramirányító üzemi feszültsége az átütési feszültség értéke alatt legyen. Ha valamely okból a vákuum leromlik, vagy idegen gázok behatolnak és az átütési feszültség az üzemi feszültségig csökken, visszagyújtás léphet föl. Ilyen kisülés túlfeszültség miatt vákuumban is előállhat.

A visszagyújtás okai között szerepelhet az is, ha nem a megfelelő, üzemi feszültséghez előírt árammal terheljük az áramirányítót. A visszagyújtott anód felmelegedése az áramsűrűségtől függ. Nagyobb felületű anód túlmelegedés nélkül több áramot vezethet, azért csak nagyobb számú ion melegítheti azt túl.

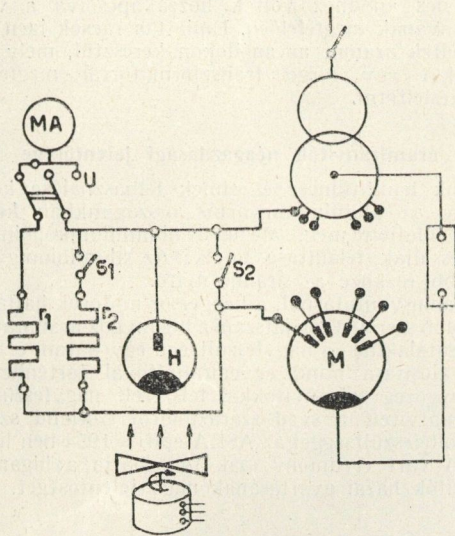
Úvegyenirányítóknál könnyen keresztülvihető, hogy a gázkisülést terhelés alatt stroboszkóp tárcsával szemléljük. Ha kézbent tartható és egy anódon történő kisüléshez szinkron járható stroboszkóp-tárcsa nyílásait szemünk elé tartjuk, akkor a fordulatszámának beállításával elérhető, hogy az illető anódnak az áramsűnési állapotát szemléljük, azt az állapotot, amikor a már említett vissz-áram, illetőleg gázkisülés fellép. Ezt a gázkisülést, ha a többi égő anód fényét megfelelően elárnyékoljuk, szemmel láthatóvá tehetjük.

### Visszáram

Ha az anód nem vezet áramot, a negatív félperiódus alatt egy csak miliampérekben kifejezhető áram folyik a katódtól az anód felé. Ez az  $u$ . n. vissz-áram. A visszagyújtás előidéző okok között a legvalószínűbb a vissz-áram olyan mértékű megnövekedése, amely ívfénybe mehet át. A vissz-áram Marti—Vinograd szerint két összetevőből áll. Az egyik a pozitív ionok áramlása a nem áramvezető anód felé, mely a katódhoz képest negatív. Ez a komponens a legnagyobb értékét az égési idő végén éri el és fokozatosan csökken nullára. A vissz-áram másik komponense előáll a szintén nem áramvezető anód és katód között fellépő gázkisülésből, melyet a két elektróda közötti feszültség



10. ábra Visszáram egy 400 A áramirányító üvegedényben



11. ábra. F. Geyer kapcsolása a visszáram középérték-diagramjának felvételére.

határoz meg. A visszáram nagysága gyakorlat szerint függ a feszültségtől, az áramtól, a gőzsűrűségtől és az edény hőmérsékletétől.

A visszáram nagysága az edény terhelhetőségére fontos mértékadó tényező. A 10. ábra a visszáram időbeli lefolyását mutatja egy 400 A üvegegyenirányító edény szakaszos áramirányító terhelésénél. A 11. ábra F. Geyer által kidolgozott kapcsolást mutat, mellyel ezt a visszáram-mérést végezték. Meg kell jegyeznünk, hogy ezzel a kapcsolással a visszáram középértéke mérhető.

#### Vezérlés és védelem

Mint már említettük, az ionok főszerepe a negatív tértöltés megsemmisítése, illetőleg kompenzálása. Azt is tudjuk, hogy lényegesen kevesebb ion szükséges számbelileg a kompenzációhoz, mint amennyi elektron az áramvezetésben résztvesz. Ezek az ionok azonban lassú mozgásúak az elektronoknál és lassú útjuk alatt állandóan semlegesítik a negatív tértöltést azzal is, hogy egynél több elektront is befoghatnak. Bár az edény fala és az anód védőcsöve semlegesítik úgy az elektront, mint az iont a kisülés bevégződése után, mégis a térben mozgásban levő ionok az anódhoz repülhetnek és ott visszagyújtások okozói lehetnek. Ezt a lehetőséget megfelelő védőrács alkalmazásával hártjuk el. A védőrács vezérelt és vezéreltlen is lehet.

#### Nem vezérelt rács

A nemvezérelt rács rendszerint az anódcsőben, azzal egy potenciálon, de az anódtól és az edénytől szigetelten van elhelyezve. Ez a rács az anódhoz közel, az ívfényben fekszik, kivezetéssel nem rendelkezik és főként az áramirányító visszagyújtás elleni védelmét szolgálja. Ha az anód áramot vezet, a rács az ívfény potenciálját veszi fel, mely az anódra vonatkoztatva negatív. Amint az anód kialszik, a rács megtartja potenciálját, s azért egy rövid ideig az anódra vonatkoztatva negatív marad, míg az anód potenciál tovább esik. Ezen idő alatt, mikor az anód legjobban hajlamos a visszagyújtásra, a rács úgy működik, mint egy negatív ernyő és óvja azt a mezőnek pillanatnyi megfordulásától. Ez az ernyőzés úgy működik, hogy el tudja hártani az elektronemissziókat az anódon képződhető izzófoltját, és így alkalmat nyújt az anód lehűlésére azért, hogy a pozitív ionokat magához vonzza. Egy további kedvező működése az, hogy mivel a szabad ionokat feltartja, melyek az anódok felé mozognak, megkönnyíti felületén az ionoknak az elektronokkal való egyesülését és ezáltal az ionok számát, melyek az anódokat érik, és ott visszagyújtás okozóivá lehetnek, lecsökkenti.

#### Vezérelt, vagy feltöltött védőrács

A vezérelt rács az anód védőcsőtől szigetelve van és kivezetéssel rendelkezik, mellyel külső áramforráshoz csat-

lakoztatható. Rendszerint negatív potenciálhoz kapcsolják. E rács működése hasonló a nemvezérelt rácséhoz, azonban magasabb negatív feszültséget vehet fel és még hosszabb ideig tudja azt fenntartani.

A rácsok normális üzemben a negatív áramforrásról le vannak kapcsolva és úgy működnek, mint a nem vezérelt rács. Visszagyújtás fellépésekor minden anód előtt levő rácsra negatív feszültség kapcsolódik és ez a visszagyújtás által nem érintett anódokat meggátolja abban, hogy az ívet átvegyék, ha egyszer áramtalanok lesznek. Ennélfogva a visszagyújtás által érintett anódok nem tudnak áramot szállítani, és így a visszagyújtás a periódus egy törtrészen elmúlik anélkül, hogy a váltóáramú hozzávezetés megszakadna. Sajnos, a gyakorlatban ez nem történik mindig így, különösen nem a nagy áramokkal terhelt egyenirányítóknál fellépő visszagyújtások kioltásánál. A nagy áramot vivő egyenirányítóknál, vagy nagy visszagyújtási áram esetén, amikor a deionizáció ideje nagyon meghosszabbodik és az anódok égési idejének tartama is szabálytalanul válik, a rácsokra helyezett negatív potenciált a fennmaradó nagy iontömeg semlegesíti, és így a ráccsal való ívöltás lehetlenné válik. A gyakorlatban így gyakran megtörtént, hogy csak a váltóáramú oldalán az olajkapcsoló kiváltása mentette meg a berendezést a visszagyújtó áram romboló hatásától. Ezért a rácsvédelmi relét a hálózati olajkapcsoló ú. n. lekapszoló tekercsének vezérlésére is felhasználják visszagyújtás esetén.

Rácsvédelem megoldására kétféle változat van használatban. Az egyiknél egy állandóan negatív potenciálon tartott rács van és az anódok begyújtását az állandó negatív feszültségre ráhelyezett pozitív impulzusokkal végzik el, melyeket az anódokon levő váltóáram fázisa vezényel. Ezek az impulzusok kezdetben hegyes feszültségcsúcsok voltak, míg ma már 60 villamosfokig tartó lapostetejű hullámot alkalmaznak a begyújtás biztonsága érdekében. Ha visszagyújtás vagy egyéb okok miatt a rácsokat le kell zárni, akkor az alkalmazott rácsvédelmi relé egy ellenálláson keresztül rövidre zárja az impulzustranzformátort, úgy hogy csak a negatív feszültség érvényesülhet. Ezt az eljárást használják fel a szovjet egyenődos, vízűtésű egyenirányítóknál is.

A másik rácsvédelmi megoldásnál állandó pozitív potenciált alkalmaznak a rácsra, természetesen most pozitív impulzusok nélkül, és a rácslezárást a rácsvédelmi gyorsrelé úgy végzi el, hogy szükség esetén a pozitív előfeszültséget negatív potenciálra cseréli át. A rácsvédelmi relék kistehetelenségű, gyorsmozgású relék, amelyek azt a célt szolgálják, hogy külső rövidzárlat vagy visszagyújtás esetén a rácsokkal az ívet kioltás. Kívánatos, hogy ezek a relék félperióduson belül, öt ezredmásodperc alatt meghúzzanak, hogy a visszagyújtás és a rövidzárlati áramok ne tudjanak maximális értékükre kifejlődni.

#### Rácsvezérlés

Vezérelt rácsokat általában, — ahogy fentebb mondtuk — rácsvédelem, továbbá feszültségszabályozás céljából alkalmaznak. Alkalmaznak vezérelt rácsokat még azonkívül ú. n. váltóirányítás, visszairányítás, periódusváltogatás és ponthegeztés vezérlése céljából is.

A feszültségszabályozás legrégebbi alakja egy szinkronmotor által forgatott kontaktus-tárcsával ellátott berendezés, mely a gyújtás sorrendjében az anódokra — azokhoz fázisban eltöltve — pozitív impulzusokat adott. Mégegyszer ismételjük, hogy amint az ívkisülés beáll, a pozitív ionok a rácsra rakódnak és megszüntetik annak negatív töltését olyan mértékben, hogy a kisülés tartama alatt többé negatívvá tenni nem lehet. Amint az ívkisülést vezető anód pozitív felhullámának értéke a szomszéd anóddal szemben lecsökken, az ív kialszik rajta és az ívkisülés vezetését a másik, a megnagyobbodott pozitív potenciálú anód veszi át. Az áramot nem vezető anód körül az ionok eltűnnek és így a rácsra szabadon érvényesül a negatív potenciál és újra alkalmas lesz a kisülés beállítására megakadályozására. A periodikus és megfelelően készített pozitív impulzusokkal átmenetileg a rácsot pozitívvá tesszük, hogy az ívkisülés újra meg tudjon indulni.

A negatív előfeszültség, amely az ívfény újra begyulladását gátolja meg, mindig alkalmazkodik az anódfeszültséghez, csak annál alacsonyabb, úgy, hogy az anódfeszültség-

hez képest egészen kisértékű negatív előfeszültséget kell alkalmazni.

Ha a pozitív impulzusokat az anódon levő váltóáram fázisához képest eltolhatóan, késleltetve adjuk a rácra, akkor az ívkisülés egyik fázisról a másikra az impulzusok késleltetésének a szögével tér át és az egyenfeszültség középértéke ennek megfelelően csökken.

Az előbb említett forgókontaktussal való szabályozás ősi alakját többféle megoldás váltotta fel. Ezek közül említésre méltó a Toulon-féle szabályozás, mely az impulzusok fázisban való eltolását forgó transzformátorral végzi, az impulzusokat pedig feltöltött fojtótekercekkkel állítja elő.

A legmodernebb szovjet egyenirányítóknál e fáziseltolást transzduktorok előmágnesezésével, az impulzusokat pedig ú. n. csúcsgenerátorok különböző elkapcsolásával állítják elő, aszerint, hogy 30 vagy 60 villamosok szélességű impulzusokat akarnak használni.

Az első, Magyarországon készült higanyszárazegyenirányító rácsevezérlés, mely most már 7 éve van üzemben, új utakon indult el. A rácsevezérlésnél alkalmazott pozitív impulzusokat az erre a célra szerkesztett kis, hatfázisú rácscsöves áramirányítóval állítottuk elő úgy, hogy a rácscsöves

a szomszédos anódhoz voltak hozzákapcsolva a vektor forgási irányának megfelelően. Emiatt a rácscsöves igen rövid ideig engedtek áramot az anódokon keresztül, mely rövid impulzusokat egy forgó transzformátorral megfelelően lehetett késleltetni.

### Az áramirányítók népgazdasági jelentősége

Hazánk bauxitkincse és ennek felhasználása kötelez arra, hogy az alumíniumgyártás országunkban komoly alapokon induljon meg. Meglevő alumíniumkohóink kibővítése és újak felállítása folyik. Az alumíniumgyártás legfontosabb eszköze az áramirányító.

A villamosvontatásnál, a hengérsor-motorok hajtásánál mindnagyobb szerepet fog játszani a higanyszáraz-áramirányító. A periódusátalakítás, a nagyfeszültségű egyenáram eszméjének megvalósítása mind egyenirányítóval történhet. Az első higanyszárazegyenirányítókkal felszerelt nagyfeszültségű egyenáram-átvitelt a svéd szárazföldről Gotland szigetre 100 000 Volt feszültséggel az ASEA építette s 1954-ben helyezi üzembe. A várt eredmény csak fokozhatja a higanyszáraz-áramirányítók hazai gyártásának nagy jelentőségét.

## Elektroncsöves feszültség-stabilizátorok

KEMÉNY ADÁM

### 1. Alaptípusok

A vákuumcsöves stabilizátorok két alaptípusra vezethetők vissza: a soros és a shunt szabályozócsöves kapcsolásokra. A fontosabb és a gyakorlatban általában használt típus a soros szabályozócsöves; ebben a dolgozatban ezt a változatot tekintjük át.

A tisztán elektronikus eszközökkel dolgozó stabilizátorok — még általánosabb tárgyalásban — két egészen különböző elvi alapon dolgozhatnak.

Az egyik működési alapelve: a hídkapcsolás — amelynél stabil feszültség elérésére egy híd egyensúlyi feltételét kell kielégíteni. Az ilyen hídkapcsolású stabilizátorokat általában mint shuntcsöves kapcsolásokat tárgyalják. A kiegyenlítősi feltételben az elektroncsövek, mint lineáris kapcsolási elemek valamelyik konstansa szerepel — az erősítési tényező ( $\mu$ ) vagy a meredekség ( $g_m$ ). Ez azt jelenti, hogy a stabilizálás addig tökéletes, míg az egyensúlyi feltételben szereplő konstans meg nem változik — így pl. addig, míg a terhelő áram konstans. Ebből belátható, hogy az ilyen rendszerek vagy csak a bemenőfeszültség megváltozása ( $s$ ) vagy csak a terhelő áram megváltozása ( $R_b$ ) hatását tudják kiküszöbölni, egyszerre a kettőt nem.

A feszültségstabilizáló rendszerekre két paraméter jellemző: az egyik a szabályozási jóság ( $s$ ) vagyis a bemenőfeszültség (differenciálisan kicsiny) megváltozásának ( $\Delta V_i$ ) aránya a kimenőfeszültség megváltozásához ( $\Delta V_o$ ):

$$s = \Delta V_i / \Delta V_o; \text{ ha } \Delta I_o = 0 \text{ és } s' = \frac{\Delta V_i / V_i}{\Delta V_o / V_o} = s V_o / V_i$$

a másik a rendszer kimenőellenállása (belsőellenállása,  $R_b$ ). Ez a kimenő feszültség megváltozása ( $\Delta V_o$ ) a terhelő áram (differenciális) megváltozásához ( $\Delta I_o$ ) képest:

$$R_b = - \Delta V_o / \Delta I_o; \text{ ha } \Delta V_i = 0$$

A másik működési alapelve: az automatizálás. Itt a következő elemeket találjuk:

a) Az állandósítani kívánt mennyiség ( $V_o$  kimenőfeszültség) megváltozását észlelő érzékelő szervet, melyben a »kimenő« mennyiséget egy adott értékhez hasonlítjuk;

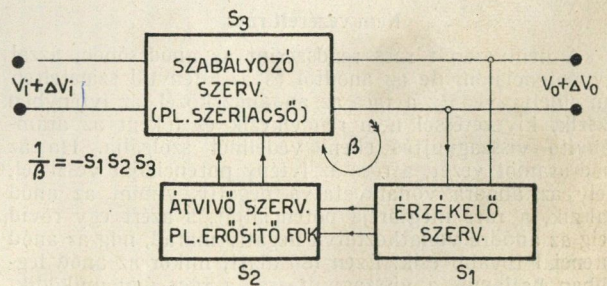
b) egy átvivő elemet, mely a hibajelét erősíti (jelen esetben pl. az erősítő fok), esetleg más mennyiség megváltozásává alakítja át (pl. elektromos mennyiség változását mechanikussá vagy fordítva);

c) egy szabályozó szervet, mely a szabályozandó mennyiséget az átvivő elem útján valamilyen módon a megfelelő irányban befolyásolja.

Feszültségstabilizálóknál mind a tiszta elektromos, mind a mechanikusan transzponáló automatizmust sikerrel használjuk.

A második módszer szervomechanizmusokat tartalmaz (pl. amplitudín generátort, selsyn átvivőket) és általánosan használatos a lokátor-technikában. Az ilyen rendszerek szabályozási jósága függ az egyes átvivő elemek részmeredekségétől és ettől függően lehetnek alul- vagy túlszabályozók. Alulszabályozásnál a szabályozó elemek részmeredeksége független egymástól. Túlszabályozásnál — ha a szabályozandó mennyiség kis megváltozása a szabályozó szervnél a megváltozást kompenzáló hatásnál nagyobb változást okoz — oszcillációkra vezethet.

A tisztán elektromos rendszereknél, melyek kapcsolási vázlatra hasonló az elektromechanikusokhoz, az az alapvető különbség, hogy a részmeredekségek nem függetlenek, mivel a rendszer nem más, mint egy, a változást csökkentő visszacsatoló hurok (1. ábra).



1. ábra

Mint majd látjuk, ha az érzékelés kizárólag a szabályozni kívánt mennyiségtől —  $V_o$ -tól — függ, a tökéletes szabályozás elérhetetlen, mivel a hurok visszacsatolási helyezőjének:  $\beta = 1$ -nek, azaz  $S_1 S_2 S_3$  hurokerősítésnek végtelenségnek kellene lennie.

Az elektromechanikus rendszerekkel ellentétben tisztán elektromos rendszereknél csak akkor lehet a szabályozás végtelen jó, ha az érzékelő szervet nemcsak a kimenő, de a bemenő feszültség változásának egy része is vezérli. Ilyen elv alkalmazásával a 10. pontban találkozunk.

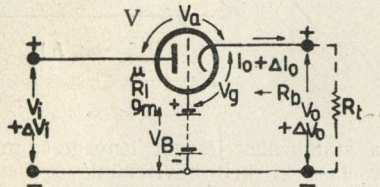
Az automatikus, — negatív visszacsatolás elvén működő — szabályozóknak nagy előnye a hidas kapcsolások-

kal szemben, hogy mind a bemenőfeszültség, mind a kimenő-áram változásából eredő kimenőfeszültség változást egyidejűleg, véges- vagy műkapcsolásokkal — végtelen kis értékekre csökkentik, mivel az érzékelő szervnek mindegy, hogy a kimenőfeszültség változása melyik okból származik. Előnynek mondható az is, hogy a visszacsatolt szabályozóknál, ellentétben a hidas stabilizátorokkal, a kimenő teljesítménynek elméletileg nincs felső határa.

Ilyen kapcsolások kerülnek a későbbiekben tárgyalásra.

**2. A soros szabályozócsöves stabilizátor alaptípusa**

Az alapkapcsolást a 2. ábrán láthatjuk. A kapcsolás működése: A fogyasztó ( $R_i$ ) áramkörében sorosan van a  $V$  cső, alkalmasint egy trióda. Így  $V$  csövön a fogyasztó



2. ábra

teljes árama keresztülfolyik. A szabályozás a  $V_g$  rácsheszültség megváltozásával jön létre. Ez a megváltozás,  $V_g$  függvénye az  $I_o$  kimenő áram, vagy  $V_i$  bemenőfeszültség megváltozásának.  $V_b$  telepre azért van szükség, hogy a cső katódjára és rácsa közt megfelelő munkaponthoz tartozó előfeszültség álljon elő. Mivel  $V_g = V_o - V_b$  rácsheszültség szabályszerűen a katódhoz képest negatív, kell hogy  $V_b$  kisebb legyen, mint  $V_o$ .  $V$  cső  $R_i$  fogyasztóval sorosan feszültségosztót képez. A szabályozási processzusnál a  $V$  cső egyenáramú ellenállása változik a  $V_g$  rácsheszültség megváltozása hatására (a kimenő feszültség megváltozására, ellenkező értelemben).

Nézzük meg, miként működik a rendszer a terhelés megváltozásánál. Ha  $I_o$  terhelőáram nő  $\Delta I_o$ -al, a  $V_o$  feszültség  $R_i$ -n csökken  $\Delta V_o$ -al. Ez a változás, mint  $\Delta V_g$  jelenik meg a szabályozó cső rácson, azaz amennyivel  $V_o$  negativabbá vált, ugyanannyival válik pozitívabbá a cső  $V_g$  előfeszültsége. Az ílymódon lecsökkent előfeszültség a  $V$  szabályozó cső ellenállását kisebbé teszi a szabályozás előtti helyzetéhez képest. Így a  $V-R_i$  feszültségosztó felső tagján — a szabályozócsövön — a feszültségese csökken, ezáltal a terhelés növekedése miatt az  $R_i$ -n különben — szabályozás nélkül — csökkenő feszültséget eredeti értékére igyekszik visszaállítani a kapcsolás.

Hasonló a helyzet, ha nem a terhelés, hanem a  $V_i$  bemenőfeszültség változik meg, pl. nő  $\Delta V_i$ -vel. Így  $R_i$ -n is, mint a  $V-R_i$  osztó második tagján, megemelkedik a feszültség  $\Delta V_o$ -al, amely negativabbá téve  $V$  cső rácstát, annak egyenáramú ellenállását növeli. A csőellenállás növekedése az  $R_i$ -n levő eredeti  $\Delta V_o$  növekedést csökkenti és így a változás ellenében dolgozik. A szabályozás módja így teljesen azonos a terhelés-változásnál elmondottakkal.

**3. A soros szabályozócsöves alaptípus analízise**

Legyen a fent felsorolt két ok valamelyikéből  $V_o$  megváltozása  $\Delta V_o$ . Nézzük meg, hogy milyen változást okoz ez a  $V$  cső anódáramában.

A Barkhausen II. formula alapján

$$\Delta I_o = g_m \left( \Delta V_g + \frac{1}{\mu} \Delta V_a \right) \quad (1)$$

Így (1)-ből, mivel  $\Delta V_g = -\Delta V_o$ :

$$\Delta V_a = \frac{\mu}{g_m} (\Delta I_o + g_m \Delta V_o) \quad (2)$$

Mivel

$$\Delta V_a = \Delta V_i - \Delta V_o \quad (3)$$

Ezt (2)-be téve, és mivel  $\mu/g_m = R_i$ , \*

$$-\Delta V_o = R_i \Delta I_o + \mu \Delta V_o - \Delta V_i$$

—1-el szorozva és rendezve:

$$\Delta V_o = \frac{\Delta V_i - R_i \Delta I_o}{1 + \mu} \quad (4)$$

Kaptunk egy kifejezést  $\Delta V_o$  véglegesen beálló értékére, amely függvénye úgy  $\Delta V_i$ -nek (bemenő feszültségre való stabilizálás), mint  $\Delta I_o$ -nak (terhelésre való stabilizálás). Hamármot a két függvény közül az  $S$  stabilizálási jóságot keressük, azaz  $\Delta V_i$  változásra fellépő  $\Delta V_o$  változást, ha közben  $\Delta I_o = 0$ :

$$s = \Delta V_i / \Delta V_o; \text{ ha } \Delta I_o = 0 \quad (\text{lásd } 1)$$

Ha (4)-et megnézzük erre a kifejezésre, úgy a fenti eltétel miatt  $R_i \Delta I_o = 0$  és így

$$s = \Delta V_i / \Delta V_o = 1 + \mu \quad (5)$$

Ha viszont a rendszer belsőellenállását nézzük, (terhelésre való stabilizálás):

$$R_b = -\Delta V_o / \Delta I_o; \text{ ha } \Delta V_i = 0 \quad (\text{lásd } 1)$$

(4)-ből lesz, mivel a  $\Delta V_i$  tag = 0,

$$R_b = -\Delta V_o / \Delta I_o = \frac{R_i}{1 + \mu} \quad (6)$$

Mint (5) és (6) végeredményéből látszik, jó szabályozáshoz igen nagy erősítési tényezőjű cső kell. Ha  $s$  szabályozási jóságra vagyunk tekintettel, úgy az annál nagyobb, minél nagyobb  $V$  cső  $\mu$ -je. Magas  $\mu$ -nél 1-et elhanyagolva mondhatjuk, hogy a szabályozási jóság

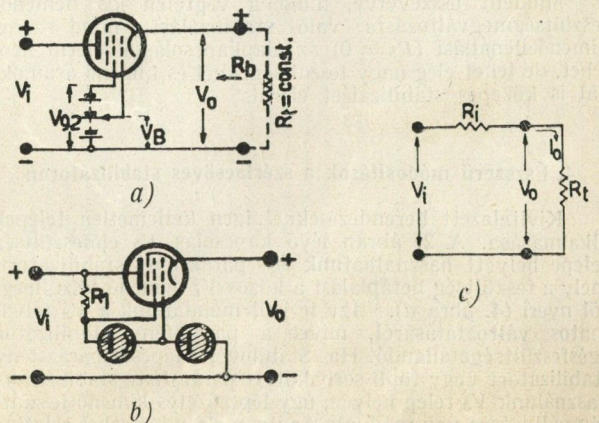
$$s = \mu, \text{ ha } \mu \gg 1 \quad (7)$$

Ez általában áll egy pentódára nézve. Erre még később visszatérünk. A rendszer kimenő ellenállása akkor lesz minimális, ha (6) szerint egy igen kis belső ellenállású ( $R_g$ ) de nagy  $\mu$ -jú csövet alkalmazunk. Ha  $R_b$ -t zérussá akarunk tenni, úgy a cső  $R_i$ -jének zérusnak, vagy  $\mu$ -jének végtelen nagyra kellene lenni. Pentódáknál magas a  $\mu$ , de  $R_i$  is igen magas, úgyhogy, ha terhelés változás szempontjából is jó stabilizálást akarunk, ellentétes követelményekkel állunk szemben. Legjobban megközeítli az ideált egy nagy végerősítő trióda, vagy triódának kapcsolt pentóda, elég magas  $\mu$ -vel és lehető alacsony (néhány  $k\Omega$ )  $R_i$ -vel. Ha ilyen esetben is élünk azzal az elhanyagolással, hogy  $\mu \gg 1$ , így  $\mu + 1 \approx \mu$ , (6)-ot leegyszerűsíthetjük:

$$R_b = \frac{R_i}{\mu} = 1/g_m \quad (8)$$

azaz a rendszer kimenőellenállása nagyjából egyenlő a cső meredekségének ( $g_m$ ) reciprokával. Tehát cél minél nagyobb meredekségű csövet alkalmazni. (Pl. modern végerősítő pentódák, mint pl. az EBL 21, UBL 21, EL 6, EL 3, EL 41 triódának kötve.)

Mint láthatjuk (5)-ből, végtelen jó szabályozást ezzel az alapkapcsolással nem tudunk elérni. Ha konstans  $I_n$



3. ábra

\* Barkhausen I. csőformulájára.

terhelőáramra akarjuk csak igénybevenni rendszerünket, úgy igen magas  $\mu$ -jú (tehát szabályszerűleg nagy  $R_i$ -jú), magasfrekvenciás pentódát használhatunk  $10^3$  nagyságrendű  $\mu$ -vel és néhány mA/V  $g_m$ -el, pl. az EF 42-vel ( $\mu = 10\,000$  és  $g_m = 10$  mA/V, így  $R_i = 1$  M $\Omega$ ) az  $s$  értéke megközelítheti a  $10^4$ -t. Ilyen kapcsolás azonban igen nagy kimenőellenállású, a felhasznált 1 M $\Omega$ -os  $R_i$ -jú pentóda miatt, így csakis állandó terhelésnél jöhet számításba.

Ilyen elrendezésnél a  $V$  szabályozó cső pentóda, és segédrács feszültségének nem szabad változnia. Ezt elérhetjük, ha a segédrácsfeszültséget külön telepből, vagy még jobban parázfénylammal stabilizált  $V_i$ -ből táplált forrásból nyerjük (3. ábra a) és b)).

Ha a 3. ábrát megnézzük, láthatjuk, hogy az nem más, mint egy konstans áramú generátor, a pentóda ama tulajdonsága miatt, hogy anódáramuk az anódfeszültség széles határok közt való megváltozásánál sem változik, azaz  $R_i$ -jük igen magas.

Így a kép leegyszerűsödik egy feszültség osztóra, ahol a felső ágban a pentódát egy  $R_i$  belső ellenállás helyettesíti (3. ábra c)).

Mivel  $R_i$  M $\Omega$  nagyságrendű nagyfrekvenciás pentóda-nál, így mondhatjuk, hogy  $R_i \gg R_t$ , akkor a kapcsolás, állandó  $V_{g_2}$ -nél, a kimenőáramot —  $I_o$ -t — stabilizálja.

A 3. ábra szerinti elrendezés jól stabilizál kis áramokat, vagy kis hitelesítésre használható stabil feszültségeket ad, melynek nagysága  $R_t$ -től függ, és  $V_i$  változásától független  $V_o$  feszültséget ad konstans  $R_t$ -n.

Az előbbi kitérés után vizsgáljuk tovább az alapkapsolást. Ha úgy  $s$ , mint  $R_b$  szempontjából jó stabilizálást akarunk, a követelmények még nehezebbek, mivel a magas  $\mu$  mellett igen alacsony  $R_i$  is szükséges  $V$  szabályozó csőnél. Mivel a csöveknél alacsony  $R_i$ -vel alacsony  $\mu$  is jár, csak rossz kompromisszumot köthetünk, ha mindkét feltételnek eleget akarunk tenni. Mivel e célra alkalmas és kapható cső az EL6, melynél trióda kapcsolásban a  $\mu \approx 8$  és  $R_i \approx 1$  k $\Omega$ , az elérhető  $s = 8$  és a kimenő ellenállás  $R_b = 110 \Omega$ .

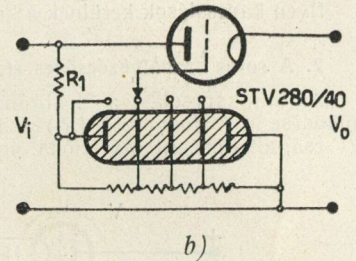
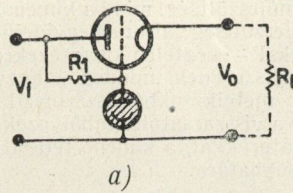
A stabilizálás így mindkét szempontból csak közepes és nem haladja meg egy jó parázfénylammal stabilizátor jóságát. Az elektroncsöves kapcsolás előnye mégis, hogy a kimenő áram felső gazdaságos határa jóval nagyobb, mint a parázfénylammal stabilizátoroké, és a  $V$  szabályozó csövek parallel kapcsolásával növelhető, gazdaságosan cca 500 mA-ig. Előny még, hogy a hatások jobb, mivel a szabályozócső működésében kb 100 V nagyságrendű anódfeszültséges elérés szükséges. Így  $V_o$  növekedésével a hatások nő. Pl.  $V_o = 1000$  V-on (mely határesetnek tekinthető), 100 V-os esésnél a csövön, a hatások 90%-ig növelhető.

Még egy nagy előny a parázfénylammal stabilizátorral szemben, hogy  $V_o$  kimenőfeszültség szabályozható, ha kis tartományokban is. (A 2. ábrán pl. a  $V_b$  telep feszültségének megváltoztatásával). Az alapkapsolásnak megfelelő konstrukciókban egy 1 : 1,5 átfogás elérhető.

Mindent összevetve, mind a végtelen kis bemenőfeszültségmegváltozásra való stabilizálást, mind zérus kimenőellenállást ( $R_b = 0$ ) az alapkapsolással elérni nem lehet, de lehet elég nagy feszültségeknél és kimenő áramoknál is közepes stabilizálást elérni.

#### 4. Észszerű módosítások a szériacsöves stabilizátoron

Kivitelezett berendezéseknél igen kellemetlen telepek alkalmazása. A 2. ábrán lévő kapcsolás  $V_b$  előfeszültség telepe helyett használhatunk egy parázfénylammal stabilizátort, mely a feszültség betáplálást a közös  $V_i$  bemenő feszültségtől nyeri (4. ábra a). Így le kell mondanunk a  $V_o$  folyamatos változtatásáról, mivel a parázfénylammal stabilizátor égésfeszültsége állandó. Ha »Stabilovolt« lépcsős parázfénylammal stabilizátort vagy több sorbakötött parázfénylammal stabilizátort használunk  $V_b$  telep helyén, úgy lépcsőzetes kimenő feszültség változásra van módunk. Az ilyen elrendezéseket relative magas  $V_o$ -ra és kis  $I_o$ -ra, pl. elektronokszorozó fotocella, vagy Geiger—Müller számolócsövek anódfeszültség céljaira alkalmazzák általában (4. ábra b).

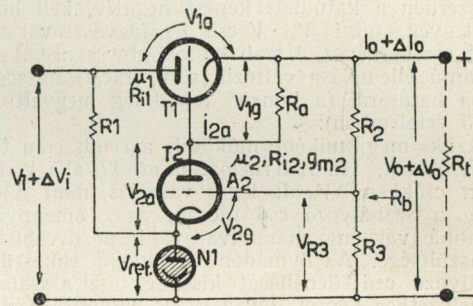


4 ábra

Hogy a stabilizálás jóságát lényegesen megnöveljük, az alapkapsolást ki kell bővítenünk egy erősítő elemmel. Így a folyamatos szabályozást is biztosítani fogjuk.

#### 5. Az erősítőcsöves széria stabilizátor

A stabilizálási folyamatot lényegesen javíthatjuk, ha  $\Delta V_o$  változást egyenáramú erősítőfokozat után, felerősítve vezetjük a széria szabályozó cső vezérlőrácsára. Az így kiépített elvi kapcsolás az 5. ábrán látható.



5 ábra

A kapcsolás abban különbözik a 2. ábra alapkapsolásától, hogy  $V_o$  változás visszavezetése egy osztón keresztül ( $R_2 - R_3$ ) a  $T_2$  erősítő cső rácsára kerül, ahol erősítés után a változás  $R_a$ -n,  $T_2$  munkaellenállásán jelenik meg. Az  $R_a$ -n megjelenő  $V_{1g}$  feszültség adja a szabályozó cső vezérlőrács előfeszültségét, amely függve  $\Delta V_o$ -tól, a szabályozást végrehajtja. A  $T_2$  cső munkaponti előfeszültsége úgy adódik, hogy egy  $N_1$  parázfénylammának  $V_{r3}$  feszültségénél az előfeszültség ( $V_{2g}$ ) értékével magasabb égésfeszültsége kivonódik, azaz  $V_{2g} = V_{r3} - V_{ref}$ . A  $V_{ref}$  égésfeszültség, másképpen referencia feszültség az időben állandó, és a  $V_o$  változásával arányos  $V_{r3}$ , vezelve  $T_2$  cső rácsát, végzi a szabályozási processzust. ( $R_a$  ellenállás olyan nagy legyen, hogy a  $T_1$  cső  $V_a - I_a$  karakterisztikája által megadott,  $V_o$  két szélső határához szükséges  $V_{1g}$  előfeszültségek essenek rajta,  $T_2$  cső anódárama által.) A kapcsolás működési mechanizmusa:  $R_t$  fogyasztóval/sorba van kötve  $T_1$  cső, melyen  $V_i - V_o = V_{1a}$  feszültség esik. Ha  $V_o$  kimenő feszültség — mondjuk — csökken (a terhelés megnövekedése miatt pl),  $R_2 - R_3$  osztón is csökken a feszültség.  $T_2$  cső előfeszültsége egy parázfénylammal stabilizátor által előállított  $V_{ref}$  referencia feszültség és az  $R_3$  ellenálláson eső  $V_{r3}$  feszültségek különbsége. Mivel  $V_{r3}$  arányos  $V_o$ -al, csökkenő (növekvő)  $V_o$ -nál  $T_2$  csövet  $V_{r3}$  változása,  $\Delta V_{r3}$  vezérli.  $T_2$  előfeszültsége ( $V_{2g}$ )  $\Delta V_{r3}$ -al negatívabbá válna  $T_2$  anódáramát csökkenti, így  $V_{1g}$  feszültségesés is csökken  $R_a$  munkaellenálláson,  $\Delta V_{1g}$ -vel.

Mivel  $V_{1g}$  így kisebb lett, azaz  $T_1$  cső rácsa pozitívabbá vált, az  $I_o$  áram —  $T_1$  csövön keresztül — nő, mivel  $T_1$



cső ellenállása csökken. Így  $T_1 - R_i$  osztón  $T_1$  ellenállás csökkenése folytán  $V_o$  kimenő feszültség nő és így ellene dolgozik a megnövekedett terhelés miatti eredeti  $V_o$  csökkenésének.

Hasonló elgondolás alapján működik a  $V_i$  bemenő feszültség változásának kikompenzálása.

A fogyasztó felől nézve a kapcsolás lényegében egyenértékű egy kis kimenőellenállású és kis zajfeszültségű egyenáramú generátorral. E két szempont analízisét a következőkben tárgyaljuk.

### 6. Az erősítőcsöves széria stabilizátor analízise

A gondolatmenet analóg a 3. pontéval.

Legyen  $V_o$  megváltozása  $\Delta V_o$ . Ez a  $\Delta V_o$  leosztódik  $R_2 - R_3$  osztón:

$$\Delta V_{R3} = \Delta V_o \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (9)$$

értékre.

$\Delta V_{i3}$  vezérli  $T_2$  csövet és a cső által felerősítve  $R_a - n$  jelenik meg, mint  $\Delta V_{i2}$ , és pedig, ha  $T_2$  cső erősítése  $A_2$ :

$$\Delta V_{i2} = -A_2 \Delta V_o \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (10)$$

( $T_2$  cső erősítése, ha az trióda, úgy

$$A_{2(tr)} = \mu_2 \frac{R_a}{R_{i2} + R_a};$$

ha pentóda, úgy

$$A_{2(pent)} \cong g_{m2} R_a$$

Fenti két formula a cső helyettesítő kapcsolásokból levezethető.)

A következőkben számoljunk pentódával az egyszerűség kedvéért (az analízis pentóda esetén csak akkor érvényes, ha  $T_2$  pentóda segédárcsfeszültsége stabilizált, vagy trióda esetében, ha az  $A_2 = g_{m2} R_a'$ , képlettel számolunk, de

$$R_a' = \frac{R_a R_{i2}}{R_a + R_{i2}}$$

figyelembevételével, mivel a trióda alacsony  $R_i$ -je parallel képzelhető el az  $R_a$  munkaellenállással.)

Így (10)-et átírva:

$$\Delta V_{i2} = -g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3} \Delta V_o \quad (11)$$

A (10) és (11) azért negatív előjelű, mert  $T_2$  cső fázist fordít. Ebből látható, hogy  $V_o$  negatív irányú változása  $V_{i2}$  pozitív irányú változását vonja maga után, és ez  $T_1$  cső ellenállásának esését hozza létre, az eredeti helyzetet igyekszik visszaállítani.

Barkhausen II. formulája alapján felírhatjuk:

$$\Delta I_o = g_{m1} \left( \Delta V_{i1} + \frac{1}{\mu_1} \Delta V_{i2} \right) \quad (11a)$$

ebből

$$\Delta V_{i1} = \frac{\mu_1}{g_{m1}} (\Delta I_o - g_{m1} \Delta V_{i2}) \quad (11b)$$

$V_{i2}$  értékét (11)-ből (11b)-be helyettesítve és  $g_{m1} R_i = \mu$  formulából  $R_i = \frac{\mu}{g_{m1}}$ -t beírva:

$$\Delta V_{i1} = R_{i1} \Delta I_o + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3} \Delta V_o \quad (12)$$

Mivel

$$\Delta V_{i1} = \Delta V_i - \Delta V_o \quad (13)$$

Ez (12)-be helyettesítve:

$$-\Delta V_o = \Delta I_o R_{i1} + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3} \Delta V_o - \Delta V_i \quad (14)$$

(14)  $\Delta V_o$ -t kiemelve:

$$\Delta V_o \left( 1 + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) = -\Delta I_o R_{i1} + \Delta V_i$$

ebből

$$\Delta V_o = \frac{\Delta V_i - \Delta I_o R_{i1}}{1 + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3}} \quad (15)$$

(15)-el megkaptuk a keresett függvényt, miképpen függ  $\Delta V_o$  a  $\Delta V_i$ -től és  $\Delta I_o$ -tól.

A rendszer kimenő ellenállása (terhelés változás  $\Delta V_i = 0$  mellett):

$$R_b = -\frac{\Delta V_o}{\Delta I_o} = \frac{R_{i1}}{1 + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3}} \quad (16)$$

Ha a stabilizálási jóságot nézzük, (15)-ben a  $\Delta I_o$ -s tagot zérussá téve:

$$s = \Delta V_i / \Delta V_o = 1 + \mu_1 g_{m2} R_a' \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (17)$$

(16) és (17) végeredményekből a következő olvasható ki:

a)  $T_2$  cső  $\mu$ -je minél nagyobb legyen, hogy mindkét szempontból jó stabilizálást kapjunk.

b) Kis kimenő ellenállás eléréséhez  $T_1$  cső  $R_i$ -je minél kisebb legyen.

c) Mindkét szempontból javul a stabilizálás, ha az erősítő fokozat ( $T_2$ )  $g_m$ -je minél nagyobb, helyesebben a  $g_{m2} R_a = A_2$ -vel az  $s$  lineárisan, az  $R_b$  hyperbolikusan javul.

d) Az  $R_2 - R_3$  osztón a leosztás minél kisebb mértékű legyen, azaz  $\frac{R_3}{R_2 + R_3}$  viszony közelítse meg az 1-et.

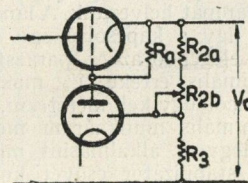
e) A 2. ábrán látható alaptípushoz képest a javulás, ha  $R_2 - R_3$  osztásától eltekinthetünk,  $A_2$ -szörös, azaz a stabilizálás\* az erősítő fokozat tényleges erősítésével szorzódik.

f) Az analízált erősítőcsöves alapkapsolás sem alkalmas még végtelen nagy  $s$  érték és zérus kimenőellenállás elérésére.

g) Az a) és b) pont a csőtechnika szempontjából ellentmondó, ezért itt is kompromisszumot kell kötni.

Végösszefoglalásul  $T_1$  csőnek alkalmasak nagy  $\mu$ -jú, kis  $R_i$ -jú triódák, (pl. triódának kötött nagy  $g_m$ -jú végerősítő pentódák)  $T_2$  viszont pentóda legyen, minél magasabb meredekséggel.

Mivel  $A_2$  erősítése néhány százszoros, ilyen elrendezésnek realitásnak mondható  $s$ -re egy 100 körüli nagyságrend, míg  $R_b$ -re 10  $\Omega$  körüli nagyságrend.



6. ábra

Ha  $R_2 - R_3$  osztót potencióméteres kiképzéssel látjuk el (6. ábra),  $V_o$  folytonosan változtatható kb. 1 : 1,5 arányban. Az 5. ábra szerinti alapkapsolás továbbfejlesztésével  $s$  végtelen;  $R_b = 0$  megvalósítható és elérhető a  $V_o$  átfogásának sokkal szélesebb határa. Ezeket a lehetőségeket később tárgyaljuk. Az 5. ábra szerinti kapcsolás (a 6. ábra szerinti potencióméteres megoldással) jól használható olyan helyekre, ahol határozott feszültségű stabilizált források szükségesek: így pl. elektronikus készülékek anódfeszültségének szolgáltatására.

### 7. A kimenőfeszültség szabályozási tartományának kitérítése az erősítő fokozatos széria stabilizátoron

Az 5. ábra szerinti alapkapsolásnál  $V_o$  széles határok közt való szabályozását (jó stabilizálási viszonyok mellett) a kapcsolás egy hátrányos tulajdonsága lehetetlenné teszi, és pedig:

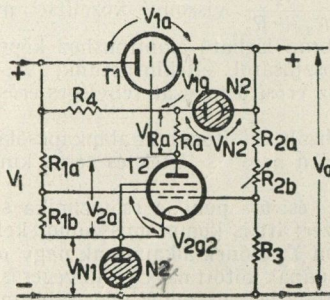
Ahhoz, hogy  $V_o$  kimenőfeszültséget nagy átfogással megváltoztassuk, szükséges, hogy  $T_1$  cső előfeszültsége ( $V_{i1}$ ) széles határok közt változzék, pl.  $V_o$  maximumánál a szükséges  $V_{i1}$  alacsony érték, amelynek határa általában  $T_1$  cső rácsáram indulásához tartozó előfeszültség érték, ami  $V_{i1} \approx -1,5$  V körül van. Minimális  $V_o$ -hoz tartozó érték viszont, amely szükségszerűen  $V_o \max$  50%-a, vagy még kisebb, néhány száz 10 V előfeszültség szükséges  $T_1$

csövön. (A szükséges érték  $T_1$  cső  $I_a - V_a$  görbeseregéből határozható meg, a kimeneti osztón átfolyó konstans áram ordinátáján, a szükséges  $V_{1a} = V_i - V_o$  abszcisszához tartozó  $V_{1g}$  metszéspontokkal. Mivel  $V_{1g}$ -nek az alapkapsolásban (5. ábra)  $R_a$ -n kell esni, úgy ilyen 1 : 2 (vagy még nagyobb)  $V_o \min / V_o \max$  átfogásnál  $T_2$  cső anódáram értékének olyan arányban kell változni a max. és min.  $V_o$  közti beállításnál, mint a  $V_{1g}$  szükséges változásának, mivel  $V_{1g} = I_{2a} R_a$ . Ez azt jelenti, hogy  $T_2$  cső anódáramánál igen nagy változások lépnek fel, pl. az előbbiekbentárgyalt eseténél 1 : 10 - 1 : 30 arányban.

A  $T_2$  cső erősítéje a meredekség függvénye, mint arról a 6.-ban már beszélünk. A meredekség függvénye viszont az anódáramnak :

$$g_m = k I_a^{2/3} \quad (18)$$

A fenti függvényből nyilvánvaló, hogy alacsony  $I_a$ -nál a meredekség is igen alacsony lesz. Ez a helyzet akkor, mikor az alapkapsolásnál  $V_o \max.$  értékéhez tartozó  $V_{1g} \approx -1,5$  V érték esik  $R_a$ -n. A szabályozás  $g_{m2}$  alacsony értéke miatt nagyon rossz lesz (16) és (17) szerint magas  $V_o$ -nál. Fent leírt hibán egy második parázfénylappal egyszerűen segíthetünk. A javított kapcsolás a 7. ábrán látható.



7. ábra

A  $+V_i$  és  $T_1$  katódja közé egy  $R_4$  ellenálláson át betáplált  $N_2$  parázfénylappát helyezünk. A láncon eső feszültség egyenlő a  $V_{1a}$ -val, így a kapcsolás egy minimális  $V_{1a}$ -ig működik, ahol  $V_{1a}$  elegendő az  $N_2$  parázfénylampa biztos égéséhez.  $V_{1a}$  minimális értéke  $V_o$  maximális értékénél van, itt  $R_4 - N_2$  láncot úgy kell méretezni, hogy  $N_2$  parázfénylampa a minimális munkaáram mellett működjön. Hogy  $V_{N2}$  stabil legyen, alkalmasint minél alacsonyabb égésfeszültségű  $N_2$  stabilizátor csövet kell választanunk.  $V_o$  minimum felé menve, az áram  $R_4 - N_2$  láncban erősen nő,  $V_{1g}$  növekedése miatt, ezért vigyázni kell, nehogy  $N_2$  árama az abnormális parázfény kisülés értékéig emelkedjen.

A kapcsolás előnye a következő:  $V_{1g}$  nem egyenlő többé  $V_{Ra}$ -val, hanem  $V_{1g} = V_{N2} - V_{Ra}$ . Így  $V_{1g}$  előfeszültségének egy konstans részét képezi  $V_{N2}$  és egy - a szabályozástól függő - változó részét  $V_{Ra}$ . A szükséges előfeszültség  $T_a$  csövön pl. -1,5-től -30 V ( $V_{1g}$ ). Ha  $N_2$  égésfeszültsége pl. 55 V,  $R_a$ -n a szabályozás folyamán a  $V_{Ra}$ -nak változnia kell 56,5 V-tól 85 V-ig, hogy  $V_o \max$ -ról  $V_o \min$ -re menjünk. Így látható, hogy az alapkapsolásnál szükséges legnagyobb  $I_{a2}$  változás (kb 1 : 20 nagyságrendben) lecsökken a 7. ábra szerinti kapcsolásnál kb. 1 : 1,5 - 1 : 2-re. Ilyen esetben  $T_2$  cső anódárama nem csökken le egész kis értékre, a szabályozás a teljes  $V_o$  sávon át egyenletesen jó lesz, mivel  $g_{m2}$  alig változik.

Ezzel a módszerrel elérhető  $V_o$  tartományának 1 : 2 - 1 : 3 arányú változtatása, jó és egyenletes stabilizálási karakterisztika mellett.

A minimális kimenőfeszültség értéke a kereskedelemben közismert csövek használata esetén nem nagyon lehet kisebb 125 - 150 V-nál. Ez érthetővé válik, ha a 7. ábrát megnézzük, amiből látható, hogy

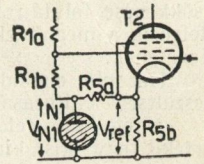
$$V_o = V_{ref} + V_{2a} + V_{Ra} - V_{N2} = V_{ref} + V_{2a} + V_{1g} \quad (19)$$

$V_{1g}$  szükséges értéke  $V_o \min$ -hoz kb. 20 - 45 V.  $T_2$  cső anódfeszültségével pentóda esetén sem tudunk 25 - 30 V alá menni.  $V_{ref}$ -el 55 - 75 V-nál lejjebb nem tudunk menni,

mivel a kereskedelmi forgalomban levő legkisebb égésfeszültségű parázfény stabilizátorok ilyen égésfeszültséggel bírnak. Ez összesen 105 - 150 V-ot ad ki  $V_o$  legkisebb elérhető értékére.

A 8. ábrán látható kapcsolási változat ad arra, hogy  $V_o$  minimális értékével lejjebb menjünk, kb. 75 V-ig a stabilizálási jóság csekély rovására. Itt  $V_{ref}$  feszültség értékével úgy megyünk lejjebb  $N_1$  égésfeszültségénél, hogy  $V_{N1}$  stabilizált feszültséget egy alacsony ohmos osztón (10 kΩ nagyságrendű) leosztva, a referencia feszültséget a megcsoportosított vevőre le. Ily módon 25 - 30 V-ig le tudunk menni  $V_{ref}$ -el.

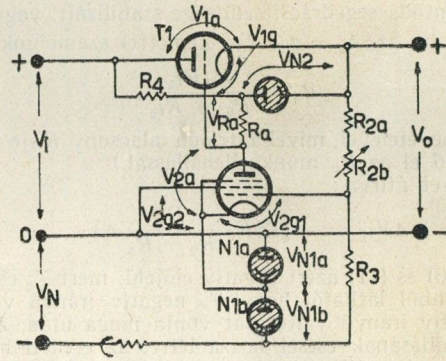
A 8. ábra szerinti kapcsolással 1 : 3 átfogást is el lehet érni, elég jó stabilizálási viszonyok mellett. Ilyen stabilizátor típus igen alkalmas pl. elektroncsömérő állomások táplálására. (A cikk utolsó részében, a kidolgozott példák részében fogunk találkozni ilyen megoldással.)



8. ábra

### 8. A kimenőfeszültség határának kitágítása zérus kimenő feszültségig

Ha gondoskodunk arról, hogy zérus kimenőfeszültség esetén is működtessük valamilyen módon az erősítő fokozatot, úgy  $T_1$  cső kellő mértékű előfeszítésével zérus kimenőfeszültség közeléig lemehetünk alapkapsolásunkkal. Ez elérhető akkor, ha  $T_2$  erősítő cső feszültség betáplálása egy külön negatív segédfeszültség forrásáról történik, meghozza úgy, hogy  $T_2$  segédrácsa a közös 0-hoz, katódja egy 0-nál negatívabb ponthoz van kapcsolva. Az ily módon átalakított kapcsolást a 9. ábrán láthatjuk.



9. ábra

Látható a 9. ábrából, hogy  $T_2$  cső katódja a 0-nál negatívabb potenciálra van. Ez biztosítja azt, hogy a  $V_o$  zérussá válása környezetében  $T_2$  cső anódfeszültsége,  $V_{2a}$  ne essen 0-ra és  $T_2$  cső működjön.  $T_2$  cső segédrácsfeszültsége -  $V_{2g2}$  - egyenlő  $V_{N1a}$ -val. Így  $V_{2g2}$  stabilizálva van.  $V_N$  negatív tápláló feszültséggel működtetjük egy korlátozó ellenálláson keresztül  $N_{1a}$  és  $N_{1b}$  sorbakapcsolt parázfény stabilizátorokat. Mint mondtuk,  $N_{1a}$ -n eső feszültség  $V_{N1a}$  alkotja  $V_{2g2}$  stabilizált segédrácsfeszültségét  $T_2$  csőnél.

A stabilizált referencia feszültség viszont itt nem más, mint  $N_{1b}$  parázfénylampa sarkain eső feszültség,  $V_{N1b}$ .

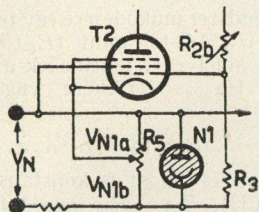
$T_2$  cső előfeszültsége akkor a következőképpen adódik :

$$V_{2g1} = V_{N1b} - V_{R3} \quad (20)$$

Ha  $T_2$  cső vezérlésének méretezésénél gondoskodunk arról, hogy  $V_{1g}$  a  $V_o \max.$  értékéhez tartozó kb. -1,5 V-tól egészen  $T_1$  cső lezárásának értékéig változhasson, úgy elérhető, hogy  $T_1$  ellenállását annyira megnöveljük, hogy rajta ( $V_{1a}$ ) majdnem a teljes  $V_i$  essen, és így a rendszer kimenőfeszültsége a zérus közelítse meg, azaz  $V_o = V_i - V_{1a} \approx 0$  legyen. A stabilizálás a zérus kimenőfeszültség környezetében természetesen elég rossz, mivel a levágás környékén  $T_1$  cső  $R_i$ -je igen magas, és  $g_m$ -je alacsony a normális működéshez képest. Ezért 10 - 20 V kimenőfeszültség alatt nem nagyon használhatók az ilyen kapcsolások. Hogy a rendszer stabil működésű legyen,  $V_N$  feszültséget igen jól kell stabi-

lizálni, amelyet el lehet érni egyrészt nagy  $V_N/V_{N1a} + V_{N1b}$  viszonytal és az ehhez tartozó nagy korlátozó ellenállás értékkel, másrészt  $V_N$ -et erősen szűrni kell  $R - C$  láncsal, a  $V_N$ -en fellépő villogások »flickerek« és zúgófeszültség szűrésére. Ilyen kidolgozott kapcsolást a cikk utolsó részében még tárgyalni fogunk.

Ha alkalmazzuk a 8. ábra szerinti elvet, úgy a  $V_N$  áramkörben levő két parázsfénylámpa helyett alkalmazhatunk egy stabilizátor csövet is, és  $T_2$  katódját a megcsapolási ponthoz kötjük. Ilyen kapcsolás, bár stabilizálási viszonyai valamivel rosszabbak a 9. ábra szerinti kapcsolásnál, igen alkalmas elektroncső mérőállomásokba; egy kidolgozott típust az utolsó részben tárgyalunk (10. ábra).

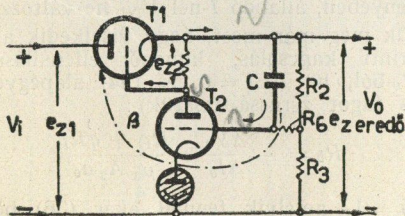


10. ábra

**9. A zajfeszültség csökkentése műkapcsolással**

Külön megemlékezünk az erősítő fokozatos széria stabilizátor egy kitérő tulajdonságáról és ez a zúgófeszültség igen erős lecsökkentése, az alant tárgyalt egyszerű műkapcsolással. Ha ugyanis a kimenet ( $V_o$ ) és  $T_2$  vezérlőrácsa közé egy olyan nagy kondenzátort helyezünk el, amelynek reaktanciája a zúgófeszültség alap és harmonikus frekvenciáin sokkal kisebb, mint  $R_{2a} - R_{2b}$  és így elhanyagolható, úgy nem tettünk mást, mint a zúgófeszültséget a kimenetről visszacsatoltuk  $T_2$  cső rácsára, méghozzá leosztás nélkül. A zúgófeszültség jelét  $T_2$  felerősíti és fázisában megfordítja, ez a feszültség szuperponálódik  $V_{1g}$ -re, ahol is a felerősített zúgófeszültség az eredeti zúgófeszültség komponenssel ellenkező fázisban vezérli a  $T_1$  cső anódáramát. Így  $T_2$  katódján — a kimeneti ponton — az eredeti zúgófeszültséggel ellentétes fázisú visszacsatolt és felerősített zúgófeszültség ellenkező fázisban lévén, annak nagy részét kioltja. A folyamat nem más, mint egy intenzív negatív visszacsatolás a zúgófeszültség frekvenciáján. A kimeneti ponton maradó kis zúgófeszültség a visszacsatolás vezérléséhez szükséges  $T_2$  vezérlőrácsán.

Ha a folyamatot numerikusan nézzük meg, egy közelítő képpel, a következőket kapjuk (11. ábra):



11. ábra

Ha az eredeti zúgófeszültség:

$$e_{z1} = E_o \sin \omega t$$

és ezt  $T_2$  cső rácsára vezetjük, ott erősítés után fázisában megfordul, és  $T_1$  csövet vezérli. Ha  $T_2$  rendszerében a visszacsatolási faktor  $\beta$  (amely függvénye a visszacsatoló kör elemeinek és  $T_2$  erősítésének), akkor  $V_{1g}$  váltókomponense a  $180^\circ$  fázisfordítás ( $\pi$ ) figyelembe vételével:

$$e_{z2} = \beta E_o \sin (\omega t + \pi) \quad (21)$$

Az eredő zúgófeszültség, mely a vezérlést fenntartja:

$$e_{z \text{ eredő}} = e_{z1} + e_{z2} = E_o \sin \omega t + \beta E_o \sin (\omega t + \pi)$$

az ismert trigonometriai összefüggés alapján:

$$e_{z \text{ eredő}} = E_o \sin \omega t - \beta E_o \sin \omega t = E_o \sin \omega t (1 - \beta),$$

azaz

$$e_{z \text{ eredő}} = e_{z1} (1 - \beta) \quad (22)$$

hasonlóan »s« fogalmához, képezhető

$$S_z = \frac{e_{z1}}{e_{z \text{ eredő}}} = \frac{1}{1 - \beta}$$

fogalom. Mivel a kimeneti osztó nem hatásos,  $S_z = 1 + \mu_1 A_2$  ahol  $A_2$  a  $T_2$  fok erősítése a zúgófrekvencián.

Az eredő zúgófeszültség (22) szerint az eredetinek kis töredéke, mivel  $1 - \beta$  értéke erősen megközelíti a zérust.

Módot kell adni a kapcsolásban arra, hogy  $C$  kondenzátorral  $R_2$  ne képezzen feszültségosztót számottevő leosztással  $R_3$  alacsony értéke miatt. Ezért  $T_2$  rácsa és  $R_3$  közé egy nagy ohmikus  $R_6$  ellenállást (kb. 20 kΩ) helyezünk.

$C$  kondenzátor értékének megválasztásánál arra kell tekintettel lenni, hogy reaktanciája az 50 c/s zúgófeszültség frekvencián sokkal kisebb legyen, mint a vele parallel  $R_2$  ellenállása.  $C$  nem lehet túl nagy sem, mivel tranziens oszcillációk léphetnek fel  $V_i$  vagy  $V_o$  hirtelen ugrásainál. Ennek a tranziensnek az az oka, hogy  $N_1$  parázsfény stabilizátor cső belső ellenállása 50 c/s és 100 c/s-on jelentősen nagyobb a statikus értékénél, és így  $V_i$ -re a cső belső ellenállása miatt a rendszerben a zúgófeszültség frekvenciáján túlstabilizálás van és emiatt lengések jöhetnek létre, mindaddig, míg  $C$  töltése nem ér el állandó értéket.

Olyan műkapcsolásoknál, melyet a következő pontban tárgyalunk, az  $s$  szabályozási jóságot végtelenné tudjuk tenni, és ezzel együtt jár a zúgófeszültség majdnem teljes eliminálása a kimenő kapcsolokon.

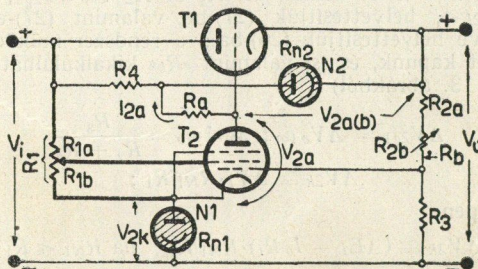
**10. A stabilizálási jóság emelése műkapcsolásokkal**

A széria csöves stabilizátor alapkapcsolás (5. ábra) hibája, hogy — miként az (16) és (17)-ből kiderül — sem »s« értékét nem lehet végtelenig emelni ( $V_i$  változás teljes eliminálása  $V_o$ -on), sem a kimenő ellenállást ( $R_b$ ) zérussá tenni, mivel akkor  $T_2$  erősítő fokozat végtelenül nagy erősítése, illetve  $T_1$  cső és  $V_i$  forrás zérus belső ellenállása lenne szükséges.

Az 5. ábra szerinti kapcsolást t. i. egy helyen,  $T_2$  vezérlőrácsán vezéreljük csak egy  $\Delta V_o$ -val arányos megváltozással, és így bármilyen nagy véges erősítés esetén is, a kimenő kapcsolokon kell egy minimális  $\Delta V_o$  változás, amely a szabályozást vezérli (a visszacsatolási faktor értéke nem érheti így el az 1-et). Ezekből az okokból a kapcsolás  $R_b$ -je mindig pozitív, azaz  $I_o$  megnövelésével  $V_o$  esik, és  $V_i$  növekedésére  $\Delta V_o$  is pozitív irányú.

Ha a rendszert nemcsak  $V_o$  változása vezérli, hanem egyidejűleg  $\Delta V_i$ -vel arányos változás is vezérli  $V_2$ -t, úgy elérhető, hogy  $R_b = 0$  legyen, vagy »s« végtelen legyen bizonyos feltételek megvalósításával, sőt  $R_b$  és  $1/s$  negatívvá is tehető. 1, 2

Egy jó és egyszerű kapcsolási módszer fentiek teljesítésére az, hogy  $T_2$ -nek egy pentódát választunk és annak segédrácsát úgy tápláljuk, hogy annak segédrácsfeszültsége  $V_i$  függvénye legyen. A kapcsolás a 12. ábrán látható.



12. ábra

A 12. ábrán  $T_2$  vezérlése a megszokott módon a kimenő oldalról, másrészt  $R_{1a}$  és  $R_{1b} - R_{N1}$ -ből álló osztón a bemenő oldalról történik, méghozzá úgy, hogy  $T_2$  segédrácsa  $R_{N1}$  és

<sup>1</sup> Miller, S. E.: Sensitive D. C. Amplifier With A. C. Operation, Electronics 1941 14. évf. 27. nov. — <sup>2</sup> Harris, E. J.: A note on stabilizing power supplies, Electronic Engng. 1948. 20. 960.

$R_{1b}$  közti megcsapolási pontra van kötve. Mármost  $R_{1a}$  és  $R_{1b}$  osztó beállítható úgy, hogy a kapcsolás kompenzálja  $R_{i1} + R_i$ -t, azaz a teljes soros belső ellenállást, így bizonyos  $V_o$ -nál  $R_b = 0$  állítható be; vagy pedig, hogy »s« végtelen nagy legyen  $V_o$  egy pontjánál. Ha az osztási ponttal  $V_i$  felé haladunk, úgy  $V_i$  hatása jobban érvényesül (vagy:  $I_o$  megváltozása következtében a kapcsolást tápláló  $V_i$  belső ellenállásán fellépő esés miatti  $V_i$  hatása) és a túlkompenzálás esete jön létre, — a stabilizátor kimenő ellenállása, vagy az  $1/s$  érték negatív lesz.

Az alábbiakban újból analízis alá vetjük a módosított 12. ábra szerinti áramkört. A helyettesítő képet a 13. ábrán láthatjuk.

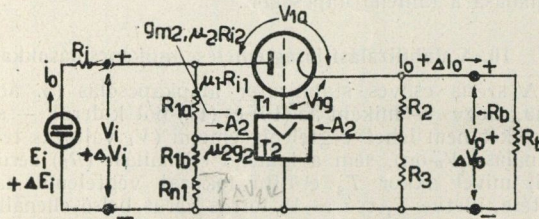
Most azonban  $s$ -t nem a  $\Delta V_i / \Delta V_o$ -val, hanem  $\Delta E_i / \Delta V_o$ -val fogjuk definiálni, és így a kapcsoláshoz hozzátartozó tápláló egység belsőellenállását is figyelembe vesszük. Így természetesen  $s'$  (a relatív szabályozási jóság) definíciója:

$$s' = \frac{\Delta E_i}{E_i} \cdot \frac{\Delta V_o}{V_o} = s \cdot \frac{V_o}{E_i}; \text{ ha } \Delta I_o = 0 \quad (23)$$

A következőkben minden áramot, amely nem  $T_1$  csövön halad keresztül, elhanyagolunk.

A II. Barkhausen formulát (11a) kissé átírva:  $T_1$  csőre felírhatjuk:

$$\Delta I_o = \frac{1}{R_{i1}} (\Delta V_{1a} + \mu_1 \Delta V_{1g}) \quad (24)$$



13. ábra

A 13. ábrából:

$$\Delta V_{1a} = \Delta E_i - \Delta I_o R_i - \Delta V_o \quad (25)$$

Így (24) és (25)-ből:

$$\Delta I_o (R_{i1} + R_i) = \Delta E_i + \mu_1 \Delta V_{1g} - \Delta V_o \quad (26)$$

Mivel  $T_2$  cső pentóda, így  $I_{2a}$  széles határok közt nem függ  $V_{2a}$ -tól, felírhatjuk  $\Delta V_{1g}$  függvényét:

$$\Delta V_{1g} = -A_2 (\Delta V_{2g1} - \Delta V_{2k}) - A_2' \Delta V_{2g2} \quad (27)$$

ha  $\Delta V_{2a(b)}$ -t (lásd 12. ábra) a többi változáshoz képest elhanyagoljuk, (mivel  $R_n \ll R_i$ ).

$A_2$  a  $T_2$  cső feszültségérsíttése az első rácsról,  $A_2'$  a  $T_2$  cső feszültség érsíttése a második rácsról.

Ha már most definiáljuk  $A_2$  és  $A_2'$ -et,  $\Delta V_{2g1}$ ,  $\Delta V_{2g2}$ , és  $\Delta V_{2k}$ -t, helyettesítjük (27)-be, valamint (27)-et így kibővítve helyettesítjük (26)-ba; a rendszer működéséről jó képet kapunk, és »s« valamint » $R_b$ « kikalkulálható. Így (12. és 13. ábrából):

$$\Delta V_{2g1} = \Delta V_o a_o; \text{ ahol } a_o = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (28)$$

$$\Delta V_{2k} \cong \Delta V_i \cdot R_{N1} / R_1;$$

másképpen

$$\Delta V_{2k} \cong (\Delta E_i - I_o R_i) \cdot R_{N1} / R_1; \text{ ha } R_{N1} \ll R_1 \quad (29)$$

$$\Delta V_{2g2} = \Delta V_i R_{1b} / R_1,$$

másképpen:

$$\Delta V_{2g2} = (\Delta E_i - I_o R_i) \cdot R_{1b} / R_1 \quad (30)$$

Így definiáltuk  $V_{2g1}$ ,  $V_{2g2}$  és  $V_{2k}$  értékeit.

Helyettesítve ezeket (27) majd (26)-ba:

$$\Delta I_o (R_{i1} + R_i) = \Delta E_i - \mu_1 \{ A_2 [\Delta V_o a_o - (\Delta E_i - I_o R_i) \cdot R_{N1} / R_1] + A_2' [(\Delta E_i - I_o R_i) \cdot R_{1b} / R_1] \} - \Delta V_o \quad (31)$$

Amint látjuk, a függvény fenti felírásban nagyon bonyolult. Ezért a következő egyszerűsítéseket tesszük: Egyrészt a csőelméletből felírhatjuk:

$$A_2' = A_2 / \mu_{2g2} \quad (32)$$

ahol  $\mu_{2g2}$  a  $T_2$  cső segédércserősítési tényezője; és ha elhanyagoljuk 1-et  $\mu_1 A_2 a_o$ -hoz képest:

$$q = 1 + \frac{\mu_1 A_2}{R_1} \left( R_{N1} - \frac{R_{1b}}{\mu_{2g2}} \right) \quad (33)$$

Ezt (31)-be rendezés után helyettesítve a következő egyszerűbb alakot kapjuk:

$$\Delta I_o (R_{i1} + q R_i) + \Delta V_o (\mu_1 A_2 a_o) = q \Delta E_i \quad (34)$$

Kapunk a rendszer működésére egy jellemző függvényt, ahol  $\Delta V_o$  függ úgy a  $\Delta I_o$ -tól, mint  $\Delta E_i$ -től, valamint a kapcsolási elemektől, amelyekre jellemzők a  $q$ ,  $a_o$ ,  $A_2$ ,  $\mu_1$ ,  $R_{i1}$  és  $R_i$  értékek. Ha »s« értékére vagyunk kíváncsiak, úgy (34)-ből:

$$s = \Delta E_i / \Delta V_o = \mu_1 A_2 a_o / q \quad (35)$$

Ha  $\Delta V_{2k}$  zérus és  $V_{2g2}$ -t is konstansnak vesszük, úgy  $q$  kifejezésében (33),  $R_{N1} - R_{1b} / \mu_{2g2}$  kifejezés zérus lesz, így  $q = 1$ , és »s« redukálódik a (16) pont szerint (17) képletre, ha ott az 1-et  $\mu_1 A_2 a_o$ -hoz képest elhanyagoljuk. Így a szabályozási jóság egyenlő lesz a visszacsatoló kör eredő erősítésével. Eggyé tehető még  $q$  akkor is, ha:

$$R_{1b} = \mu_{2g2} \cdot R_{N1} \quad (36)$$

Azonban, és éppen ebben áll a kapcsolás lényege,  $s$ -et végtelen nagyvá tudjuk tenni, másképpen végtelen jó bemenő feszültség változásra való stabilizálást tudunk elérni, ha (35)-ben a nevezőben levő  $q$ -t 0-vá tesszük.

Nézzük meg, hogyan lehetséges ez (33) szerinti  $q$  kifejezésével:  $q$  zérussá lesz, ha:

$$\frac{\mu_1 A_2}{R_1} \left( R_{N1} - \frac{R_{1b}}{\mu_{2g2}} \right) = -1,$$

azaz »s« végtelen, ha:

$$R_{1b} = \mu_{2g2} \left( -\frac{R_1}{\mu_1 A_2} + R_{N1} \right) \quad (37)$$

$R_{N1}$  nem más, mint  $N_1$  parázsfénylampa differenciális (belső) ellenállása. Így mint az (37)-ből látható, végtelen »s«-t produkálhatunk az  $R_{1b} / R_1$  viszony beállításával. Túl kicsi  $R_{N1}$ -jú  $N_1$  stabilizátort nem érdemes vennünk, mivel akkor  $R_1$  optimális értékére igen alacsony ellenállást kapunk, mely egyrészt nem elegendő nagy arra, hogy  $N_1$ -en az áramot a normális kisülés értékén tartsa, hanem  $N_1$  túlterhelődik, másrészt  $R_1 - N_1$  osztó sok áramot fogyaszt. Legcélstóbb egy 2–300  $\Omega$ -os  $R_{N1}$ . Sokkal lényegesebb  $N_1$ -nél: az égési idő függvényében, állandó  $I$ -nél  $V_{N1}$  ne változzék.

Nézzük meg már most, hogy viselkedik a 12. és 13. ábra szerinti kapcsolás, kimenő ellenállásra.  $R_b = -\Delta V_o / \Delta I_o$ -ból, ha  $\Delta E_i = 0$ , és (34) alapegyenletünkől (ha  $\Delta E_i$ -s tagot zérussá tesszük):

$$R_b = -\frac{\Delta V_o}{\Delta I_o} = \frac{R_{i1} + q R_i}{\mu_1 A_2 a_o} \quad (38)$$

Ha  $q = 1$ , amelyik fennáll akár (36) betartásának esetén, akár  $V_{N1}$ -t és  $V_{2g2}$ -t konstansnak vesszük,  $R_b$  kifejezése redukálódik a 6 pont (16) alakfejezésére, feltéve, a ha  $\mu_1 A_2 a_o$  mellett  $R_i$ -t elhanyagoljuk. Így, ha  $q = 1$ , a kapcsolás kimenő ellenállása egyenlő a  $T_2$  cső belsőellenállásával, osztva a visszacsatoló hurok eredő erősítésével ( $\mu_1 A_2 a_o$ -al).

Nézzük meg, mi a helyzet  $R_b$ -vel, ha »s« végtelen lesz, a (37) szerinti helyzet betartásával:

$$R_b = \frac{R_{i1}}{\mu_1 A_2 a_o}; \text{ ha } s = \infty \text{ és } q = 0 \quad (39)$$

azaz a (16) képletet kapjuk. Tehát ha  $q = 0$ , a rendszer az  $E_i$  forrás belső ellenállása ( $R_i$ ) miatti  $\Delta I_o R_i$  esést kompenzálja  $V_i$  visszacsatolásával  $R_{1a} - R_{1b}$ -n keresztül  $T_2$  cső segédércsára.

Ha  $R_b$ -t akarjuk zérussá tenni, azaz  $R_i$  és  $R_{i1}$  együttes hatását akarjuk kompenzálni, akkor  $R_{1b} / R_1$  más viszonya fogja ezt elvégezni. Ehhez (38) jobboldalának számlálóját kell zérussá tenni:  $R_{i1} + q R_i = 0$ ;

azaz :

$$R_b = 0,$$

ha :

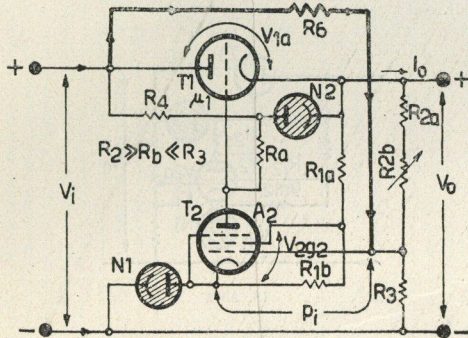
$$R_{1b} = \mu_{2g2} \left( \frac{R_1}{\mu_1 A_2} \cdot \frac{R_{i1} + R_i}{R_i} + R_{N1} \right) \quad (40)$$

Ilyen esetben »s« értéke : ha  $R_b = 0$  :

$$s = - \mu_1 A_2 a_0 \cdot R_i / R_{i1} \quad (41)$$

azaz, ha  $R_{1b}/R_1$  viszonytal  $R_b = 0$  kompenzálásra állunk, a szabályozási jóság (igen magas) negatív érték lesz : ha  $\Delta E_i$  pozitív,  $\Delta V_o$  negatív. Látható (37) és (38)-ból, valamint (40) és (41)-ből, hogy vagy a végtelen »s«-t, vagy  $R_b = 0$ -t tudunk létrehozni  $R_{1b}/R_1$  és  $R_{N1}/R_i$  megfelelő arányával, de egyszerre a kettőt nem. Igaz viszont az a tény, hogy a két  $R_{1b}$  érték, melyik a fenti két kívánt kondíciónak felel meg, igen közel esik egymáshoz. Ha az egyik feltételt teljesítjük, a másik feltétel is elég jól megközelíti az ideálst és fordítva. Megvalósítandó konstrukciókban  $R_{1b}$  két értékét az  $s =$  végtelen és  $R_b = 0$ -hoz rendelve kiszámítjuk (37) és (40)-el, és végleges értékek a kettő közötti  $R_{1b}$ -t tesszük be, így jó kompromisszumot kaptunk. Ha egyszer az  $s =$  végtelen, máskor az  $R_b = 0$  lenne kívánatos a felhasználásnál, úgy  $R_{1b} - R_{1b}$  átkapcsolható kivitelezése lehetséges.

Az együttes bemenet-kimenet visszacsatolásnak más módszere is ismeretes. Ezek részletezését e cikk keretében röviden érintjük (1. 14., 15., 16., 17. ábra).



14. ábra

A 14. ábrában (1. 3) egy példát látunk a bemenő feszültség változás és a kimenő feszültség változás együttes alkalmazására  $T_2$  cső első rácán, míg a második rác  $V_o$  köréből kap táplálást. A  $\Delta V_i$  visszacsatolás  $R_6$  nagy-ohmikus ellenálláson keresztül történik.  $R_6$  értékének megfelelő megválasztásával, egy adott kapcsolásban,  $s = \infty$  könnyen beállítható. Ebben a kapcsolásban  $V_{2g2}$  konstans, mivel  $R_{1a} - R_{1b}$  a  $V_o$ -ról van táplálva. Ha feltesszük, hogy  $\Delta I_o = 0$ ,  $V_o$  változása alatt,  $\Delta V_o = 0$  az elérendő cél ; akkor kell, hogy  $V_i$  kizárólag  $V_{1a}$ -ra szuperponálódjék. Ha most  $R_6$  értékét akarjuk kikalkulálni, úgy fentiek alapján  $V_{1a}$ -nak egyenlőnek kell lenni a visszacsatolási körben levő erősítéssel, megszorozva  $p_i$ -vel, azaz  $R_6 - R_2 + R_3$  osztó osztási arányával és  $\Delta V_i$ -vel. Mivel ezek szerint

$$\Delta V_a = \mu_1 A_2 p_i \Delta V_i \quad (42)$$

ahol

$$p_i = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_6 \quad (43)$$

(42) és (43)-ból, ha  $\mu_1 A_2 \gg 1$  elhanyagolást vesszük (feltéve, hogy  $\Delta V_i = \Delta V_{1a}$ -val):

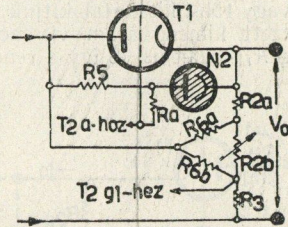
$$R_6 = \mu_1 A_2 \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \mu_1 A_2 a_0 R_2 \quad (44)$$

ahol  $a_0$  a  $V_o$  hányada, amely  $T_2$  első rácára van vezetve (28). Mivel  $\mu_1 A_2$  igen nagy ( $10^3$  nagyságrendű) és  $R_2$   $10^4 \Omega$  nagyságrendű,  $10 \text{ M}\Omega$  nagyságrendű  $R_6$  szükséges a kapcsoláshoz.

Hátránya a 14. ábra szerinti kapcsolásnak, (és ez a 12. szerinti kapcsolás hátránya is), hogy  $V_o$  változtatásával változik  $a_0$  viszony is, egyúttal megváltozik, ha kevésbé is,  $A_2$  és  $\mu_1$  értéke.

Ezért a 12. ábra szerinti levezetésnél  $q$  érték megváltoztatva, a kapcsolás egyensúlya felborul. A 12. ábra szerinti levezetésnél nem tehetünk mást, mint  $q$ -t egyetlen  $V_o$  értékre állítjuk be, méghozzá  $V_o$  átfogott sávjának közepén. Úgy »s«, mint » $R_b$ « a közepes  $V_o$ -tól eltérve, kicsiny, nem nagyon számottevő változást mutat mindaddig, míg  $V_o$  max./ $V_o$  min. nem túl nagy. Jól használható úgy a 12. mint a 14. kapcsolás  $V_o$  max./ $V_o$  min = 2 átfogásra, de feljebb nem érdemes fenti okok miatt menni.

A 14. ábra szerinti kapcsolás egy alternatívája módot ad  $a_0$  változásának kompenzálására, és így »s« végtelen tartására széles  $V_o$  sávon át (15. ábra, 1. 3). A működési



15. ábra

elv a következő :  $R_6$  két részre van osztva ( $R_{6a} - R_{6b}$ ) és rácsatlakoznak  $R_{2b}$  sarkaira. Tegyük fel, hogy  $V_o$  minimális értékre szabályozunk úgy, hogy  $R_{2b}$ -t rövidre zárjuk. Ilyenkor  $R_{6a}$  és  $R_{6b}$  párhuzamosan kapcsolódik, és kikalkulálható  $R_6$  szükséges értéke a (44)-ből. Ha  $V_o$  nem minimális,  $R_{6b}$ ,  $R_{2a}$  és  $R_3$ ,  $R_{2b}$ -vel áthidalva, tulajdonképpen egy Wheatstone-hidat alkot, (15/a ábra) mivel a kimenetet közel zérus ellenállásúnak vesszük, azaz  $R_{2a} \gg R_b \ll R_3$  egyenlőtlenség fennáll, és így  $R_2$  és  $R_3$  végpontjait  $p_i \Delta V_i$  szempontjából összeköthetjük. A Wheatstone-híd feltételeit felírva láthatjuk, hogy az  $s = \infty$  betartásához, a teljes  $V_o$  sávon át az :

$$R_{6a} = \mu_1 A_2 R_{2a}$$

és

$$R_{6b} = \mu_1 A_2 R_3 \quad (45)$$

feltételeket kell teljesíteni, azaz az  $s =$  végtelen teljesítése a teljes sávon át a következő egyenletekből folyik :

$$R_6 = \mu_1 A_2 a_0' R_2 ; \left( \text{ahol } a_0' = \frac{R_3}{R_{2a} + R_3} \right) \quad (46)$$

és

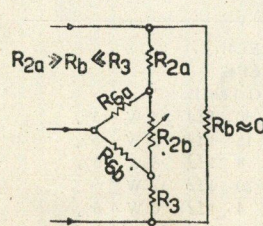
$$R_{2a}/R_3 = R_{6a}/R_{6b} \quad (47)$$

valamint

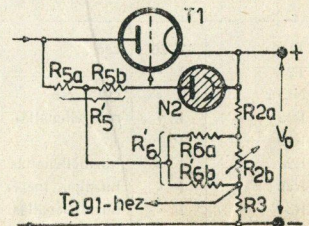
$$R_6 = \frac{R_{6a} \cdot R_{6b}}{R_{6a} + R_{6b}} \quad (48)$$

A 15. ábra szerinti kapcsolásnál  $R_{6a}$  és  $R_{6b}$  igen magas értékek, többször  $10 \text{ M}\Omega$  nagyságrendűek konkrét esetben. Ezért előnyös  $R_6$ -öt potencióméteresen kiképezni és egy alacsonyabb  $V_i$ -vel arányos potenciálú pontról leágaztatni  $R_{6a} - R_{6b}$ -t (15/b ábra). Ilyenkor  $R_6$  megcsapolásával kényelmesen beállhatunk a kívánt pontra és (46) a következő képpen módosul :

$$R_6' = \frac{R_{5b}}{R_5} \cdot \mu_1 A_2 a_0' R_2 \quad (49)$$



15/a ábra



15/b ábra

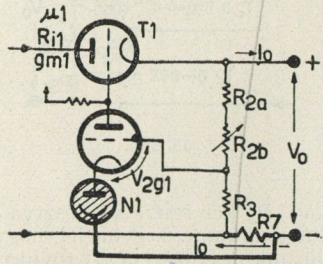
<sup>1</sup> M. G. Scroggie: Stabilized Power Supplies, Wireless World, X, XI, XII 1948

<sup>2</sup> H. J. Reck: Theory & Appl. of Electron Tubes, Mc. Graw Hill, 1949, 593. o.

(47) és (48)-ba  $R_6$  helyett  $R_{6'}$ ,  $R_{6a}$  helyett  $R_{6a'}$ ,  $R_{6b}$  helyett  $R_{6b'}$  kerül,  $R_{6a'}$  és  $R_{6b'}$  kezelhető, 1 M $\Omega$  nagyságrendű értékek lesznek.

A 12, 15, és 15b. szerinti kapcsolásoknak az a hátrányuk még, hogy vagy az  $s = \infty$  helytelen, és  $R_b = 0$  helyzet nem egy beállításnál van, (12. kapcsolás) vagy csak  $V_i$  változását kompenzálják teljesen (15. és 15b. kapcsolás). Míg az első feltétel:  $s = \infty$  az  $E_1$  forrás belső ellenállását kompenzálja ki ( $R_i = 0$ ), a második feltétel a  $T_1$  cső belső ellenállását kompenzálja ( $R_i = 0$ ).

A bemenő visszacsatolás kompenzálhatja így  $R_i$ -t teljesen, valamint az  $I_o$  változás miatt fellépő  $R_i \cdot \Delta I_o$  feszültség változást, de nem kompenzálja az  $R_{i1} \cdot \Delta I_o$ -t. Ha mármint 15. vagy 15b-t kissé átalakítjuk 16. ábra szerint, úgy az úgynevezett kimenő áram visszacsatolás elvével kompenzálhatjuk  $R_{i1} \cdot \Delta I_o$ -t is, és így a rendszer működése tökéletes lesz.



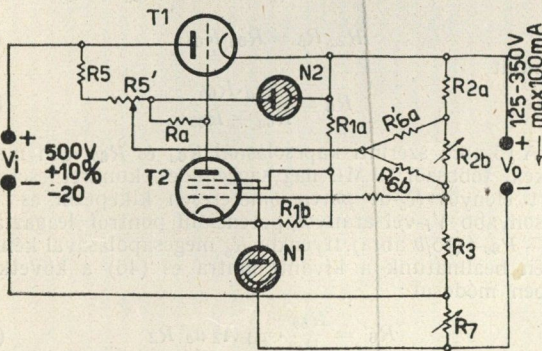
16. ábra

A kimenő áram visszacsatolást a 16. ábrán, majd kombinálva a 15b. szerinti bemenőfeszültség visszacsatolással (17. ábra) mutatjuk be.  $R_{i1}$  hatása kikompensálható  $R_7$  ellenállással, a kimenő áram körében. Jelen esetben

$$V_{2g1} = V_{R3} + I_o R_7 - V_{N1},$$

tehát  $I_o R_7$  vezérelni fogja  $T_1$  csövet  $\Delta I_o$ -tól függően és 16. ábrából megfigyelhető, hogy a  $\Delta V_{R7}$  változás a  $\Delta I_o \cdot R_{i1}$  ellenében dolgozik. Kompensálást akkor érünk el, ha  $V_{R7}$  egyenlő lesz az ellenkező előjellel és a visszacsatolási körben levő eredő erősítéssel megszorított  $\Delta V_{1a}$ -val, azaz a  $T_1$  belsőellenállásán eső feszültséggel:

$$\Delta V_{1a} = \Delta I_a R_{i1} = - \Delta I_a R_7 A_2 \mu_1 / a_o \quad (50)$$



17. ábra

T1	2 db	cső	EL41
T2	1 "	"	EF42
N1, 2	2 "	stab. cső	G 120/1B
R1a	1 "	rétegeltenállás	30 k $\Omega$ 3 W 5%
R1b	1 "	"	15 k $\Omega$ 2 W 5%
R2a	1 "	huzalellenállás	8 k $\Omega$ 6 W 5%
R2b	1 "	huzalpot. méter	20 k $\Omega$ 12 W
R3	1 "	huzalellenállás	4 k $\Omega$ 6 W 5%
Ra	1 "	rétegeltenállás	400 k $\Omega$ 0,5 W 5%
R5	1 "	"	35 k $\Omega$ 3 W
R5'	1 "	huzal pot. méter	10 k $\Omega$ 3 W
R16a	1 "	rétegeltenállás	1,5 M $\Omega$ 1 W 5%
R16b	1 "	"	1 M $\Omega$ 1 W 5%
R7	1 "	huzal pot. méter	1 $\Omega$

Az  $a_o = \frac{R_3}{R_2 + R_3}$  azért van a nevezőben, mert a kimenő lánc  $V_{R7}$  szempontjából megfordítottan működik.

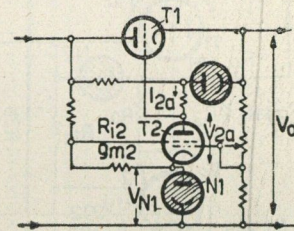
Így:

$$R_7 = \frac{R_{i1} (R_2 + R_3)}{\mu_1 A_2 R_2} = \frac{1}{g_{m1} A_2} \cdot \frac{R_3 + R_2}{R_2} \quad (51)$$

Igen jó stabilizálást tudunk elérni most már mindkét szempontból, ha 15/b. és 16. ábrákat közösítjük (l. 17. ábra), ugyan még mindig fennmarad  $R_b = 0$  esetében a függés  $a_o$  változó értékétől. Ezért  $R_{2b}$  közepes értékére számolunk.  $R_b$  a zérustól igen kis mértékben fog eltérni óvatos konstrukció esetén.

### 11. A kimenő feszültség sáv kitágítása a magasabb feszültségek felé

Az erősítőfokozatos széria stabilizátoroknál  $V_{o,max}$  értékének határt szab  $T_1$  és különösen  $T_2$  cső feszültségbírása.  $T_1$ -nél a helyzet csak akkor lesz kritikus, ha a  $V_i$  magas és  $V_o$ -t alacsony értékre szabályozzuk le, így  $T_1$ -re esik a teljes  $V_{1a} = V_i - V_o$  érték. Mivel egyrészt  $V_{o,max}/V_{o,min} = 2$ -nél nagyobb arányt nem szokás egy lépésben szabályozni (legfeljebb egy nagyobb sávot két részre osztani), másrészt alacsony  $R_i$ -jú cső nagy feszültségbírással az anódon könnyen kivitelezhető (P27/500, OS1, ED100, OS18/600 Tungstram csövek), a nehézség  $T_2$  feszültségbírásánál lép fel.



18. ábra

Nézzük meg, hogy milyen feszültség lép fel  $T_2$ -n, ha  $V_o$  maximális. 15. és 18. ábrából látható, hogy (19) szerint:

$$V_{2a} = V_o - V_{N1} - V_{1g}$$

Mivel  $V_{N1}$  kb. 2–300 V max, és  $V_{o,max}$  környezetében  $V_{1g}$  közel zérus (pár volt), úgy  $V_{2a} = V_{o,max} - V_{N1}$ . Ha pl.  $V_{o,max} = 1000$  V, úgy  $V_{2a} 700-800$  V és ilyen feszültséget nagy belsőellenállású és nagy meredekségű (rádiófrekvenciás erősítő) pentóda nem nagyon bír ki az anódon, mivel az ilyen csövek nem készülnek felső anódkivezetéssel és gondos szigeteléssel. Ilyen esetben célszerű egy aránylag nagy meredekségű végerősítő pentódát felső anódkivezetéssel (pl. OS1, EL51, EL12 spec.) használni. Hogy az erősítés ne essen nagyon magas  $R_a$  esetén az alacsony  $R_{i2}$  miatt, úgy egyrészt relative alacsony, (50–100K $\Omega$ )  $R_a$ -t, másrészt nagyobb  $V_{2g1}$ -el kisebb anódamort és így nagyobb  $R_{i2}$ -jú karakterisztika szakaszt választunk.  $V_{2g1}$ -el és  $I_{2a}$ -val nem érdemes túl negatívra, ill. túl alacsonyra menni, mert akkor  $g_{m2}$  esése miatt lesz a  $T_2$  erősítése alacsony.

$I_{2a}$  és  $R_{i2}$  értékének egy lapos optimuma van adott  $R_a$  esetén a  $T_2$  erősítése szempontjából, itt kell jártni a csövet. Egy kivitelezett 250–1000 V-os nagyfeszültségű és nagy terhelhetőségű (max. 0,5A) egység leírása az utolsó részben található.

### 12. Felhasználási és gazdaságossági szempontok

Az előbbiekből világos, hogy a szériacsöves erősítő-fokozatos stabilizátor használható és gazdaságos olyan helyeken, ahol a nagy stabilizálási jóság és az alacsony kimenő ellenállás lényeges — és esetleg a kimenőfeszültség egyszerű és teljesítmény nélküli vezérlése fontos. A kapcsolások különböző válfajai jól stabilizált feszültséget tudnak adni 20 V-tól fel egészen 1000 V-ig, és gazdaságosan működnek pár mA terheléstől, fel egészen 1 A-ig. (mivel  $T_1$  csövek parallel kapcsolásával a max.  $I_o$  megnövelhető). Mint kis

és közepes feszültségű egységek nagy jósággal alkalmazhatók híradás-, műszertechnikai és egyéb fizikai vagy laboratóriumi alkalmazásban, valamint egyes gyártási ágakban (pl. elektroncső, izzólámpa gyártás és mérés) valamint nagyfeszültségű egységek, 1000 V-ig és kb. 1 kW-ig, 90% körüli hatásfokkal (l. 3 pont). A hatásfok könnyen kiszámítható, ha elhanyagoljuk a rendszer shunt áramkörét így a  $T_2$  cső tápláló körét és az  $R_2 - R_3$  osztót. A rendszer hatásfoka akkor nem lesz más, mint a  $V_o/V_i$  viszony, mivel ugyanaz az  $I_o$  áram halad át  $T_1$  csővön és  $R_t$  osztón:

$$\eta = 100 \cdot V_o/V_i (\%) \quad (52)$$

Alacsony feszültségű egységeknél a  $V_{1a}$  tetemes része  $V_i$ -nek, és ezért a hatásfok nagyon alacsony. 3. pontban beszéltünk már arról, hogy  $V_{1a}$  minimális értéke, ami mellett triódák még kielégítően dolgoznak, csőtől függően 50–150 V. Ezért alacsony és közepes  $V_o$  feszültségeknél a hatásfok eredendően rossz, de ez nem is túl érdekes, kis teljesítményekről és laboratóriumi berendezésekről lévén szó. A hatásfok akkor kezd javulni, ha  $V_{1a}/V_o$  viszony egyre jobban a zérust közelíti meg, azaz magas  $V_o$ -oknál.

Mivel az előzőekből  $V_o \text{ max} = 1000 \text{ V}$ , vegyünk  $V_{1a} = 100 \text{ V}$ -ot, így a hatásfok optimuma szériacsöves stabilizátornál ilyen esetben:

$$\eta = \frac{10^3}{1,1 \cdot 10^3} 10^2 \approx 91\%$$

de csak abban az esetben, ha  $V_o$  a maximális 1000 V-ra van szabályozva.

1 kW-nál nagyobb egységeket elektroncsöves szériastabilizátorral nem érdemes építeni. Itt jobban használható már a thyatronos stabilizátor, melynek az az előnye is megvan, hogy mindjárt egyenirányít is, ellentétben a vákuumcsöves stabilizátorokkal, melyek elé jól szűrt egyenirányító egység szükséges.

### 12. Kivitelezett példák

Az alábbiakban négy kivitelezett példát ismertetünk a szériacsöves stabilizátorokról.

a) A 19. ábra egy univerzális használhatóságú, kettős stabilizált feszültségforrás rajza. A berendezés 2 stabilizált, zérushoz képest pozitív forrást, ( $E_1, E_2$ ) egy zérushoz képest negatív, stabilizált előfeszültség forrást ( $E_g$ ), stabilizálatlan +500 V-t, valamint 6,3 V-os váltóáramú stabilizálatlan forrást tartalmaz. A berendezés specifikációja a következő:

Táplálás: 110–220 V, 40–60 ~.  $E_1$  forrás: stabilizált 100–300 V kimenő feszültségsáv, egy sávban max. kivihető áram 100–250 V közt 200 mA, 250–300 V közt 150 mA.  $R_b$  max. értéke a használati sávban  $\pm 5\Omega$ , »s« minimális értéke ugyanakkor  $\pm 500$ . A sáv közepe körül  $R_b$  a zéruson, illetve »s« a végtelenségig megy át, előjelet váltva.

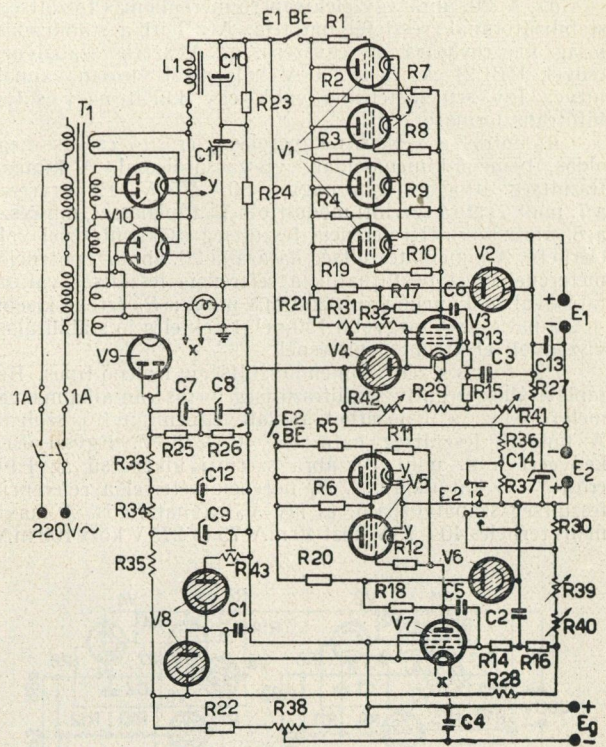
$E_2$  forrás: stabilizált feszültség átkapcsolható 0–200 V és 50–300 V sávokra. Maximális kivihető áram 20–60 V között 40 mA, 60–300 V között 100 mA.  $R_b$  és »s« mindentüzt pozitív,  $s > 200$  és  $R_b < 4\Omega$ ,  $V_i = 75 \text{ V}$  felett.  $R_b$  legkisebb értéke  $2\Omega$ , míg »s« optimális értéke kb. 500, közepes  $V_o$  feszültségeknél.

$E_g$  forrás: a zérushoz képest negatív, 0–15 V között folytonosan változtatható; »s« értéke kb 25–35. A forrás belsőellenállása 15 V kimenőfeszültségnél ( $R_{38}$  potencióméter maximum állásban) 300–400  $\Omega$ . Kisebb feszültségeknél  $R_{36}$  közbeiktatása miatt  $R_b$  nő kb. 2800  $\Omega$ -ig, majd ismét csökken, zérus felé tartva. Maximális áramlevétel 3 mA.

$E_1$  feszültségforrás a 10. pont 12. ábra szerinti megoldású, együttes bemenő-kimenő-oldali visszacsatolás elvén működik, így az  $R_b = 0$  és  $s = \infty$  kondíció, bizonyos  $V_o$  és  $I_o$  értékeknél megvalósított. A stabilizálás nagy jóságú, és érdekes a nagy átfogott  $V_o$  sáv e mellett.

$E_2$  feszültségforrás a 8. pont, 9. ábra szerinti megoldású, és közel  $V_o = 0$ -ig le tud szabályozni. A stabilizálási viszonyok jók, az univerzális felhasználhatóság mellett.

Az  $E_g$  feszültségforrás a 2. fejezetben leírt egyszerű parázfénylámipás megoldás. A parázfénylámipák nem mások, mint  $N_{1a}$  és  $N_{1b}$  a 9. ábrában, így  $V_{15}$  és  $V_{16}$  kettős kihasználású, mivel a sarkain levő  $V_n$ -ből stabilizált feszültséget használjuk leosztás után, mint  $E_g$  feszültségforrást.



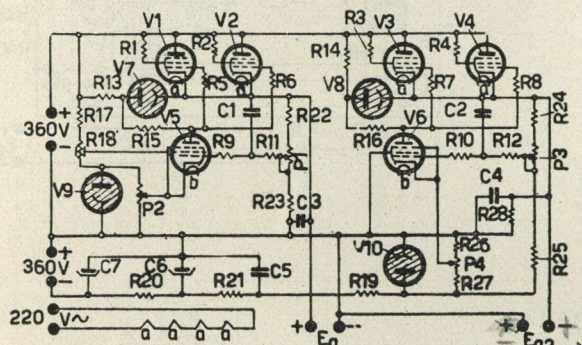
19. ábra

V1, V5	6 db	cső	EBL21
V3, 7	2. "	"	EF6
V2, 4, 6	3 "	stab. cső	G120/1B
V8	2 "	"	OA3/VR75
V9	1 "	"	AZ21
V10	2 "	"	EZ4
R1–6	6 "	rétgellenállás	50 $\Omega$ 0,5 W
R7–12	6 "	"	1 k $\Omega$ 0,5 W
R13, 14	2 "	"	50 k $\Omega$ 0,5 W
R15, 16	2 "	"	10 k $\Omega$ 0,5 W
R17	1 "	"	200 k $\Omega$ 0,5 W 5%
R18	1 "	"	400 k $\Omega$ 0,5 W 5%
R19, 20	2 "	"	100 k $\Omega$ 3 W 10%
R21, 22	2 "	"	50 k $\Omega$ 3 W 10%
R23–26	4 "	"	200 k $\Omega$ 2 W
R27, 35	2 "	huzalellenállás	5 k $\Omega$ 6 W 5%
R28	1 "	"	12,5 k $\Omega$ 6 W 5%
R29	1 "	"	4,5 k $\Omega$ 6 W 5%
R30	1 "	"	20 k $\Omega$ 6 W
R31, 32	2 "	"	10 k $\Omega$ 6 W
R33, 34	2 "	"	3 k $\Omega$ 6 W
R36, 37	2 "	"	10 k $\Omega$ 15 W
R38	1 "	huzalpot. méter	10 k $\Omega$ 3 W
R39	1 "	"	50 k $\Omega$ 12 W
R40	1 "	"	5 k $\Omega$ 3 W
R41	1 "	"	200 k $\Omega$ 12 W
R42, 43	2 "	"	500 $\Omega$ 3 W
C1–3	3 "	tömbkondenzátor	0,5 $\mu$ F 500/1500 V
C4	1 "	"	1 $\mu$ F 250/750 V
C5, 6	2 "	csillámkondenz.	100 pF
C7–12	6 "	elektrolitkond.	16 $\mu$ F 450/500 V
C13, 14	2 "	"	32 $\mu$ F 450/500 V
L1	1 "	vasmagos fojtó	2Hy, 200 mA
T1	1 "	hálózati trafó	primer 110–220 V sec. anód 2 $\times$ 490 V max. 200 mA
			fűtés I. 6,3 V max. 6A " II. 6,3 V max. 2A " III. 6,3 V max. 1A " IV. 4 V max. 1A

b) A 20. ábra egy elektroncső mérőállomás feszültség-stabilizátorának részletét mutatja. A cél itt a stabilizálási jószág kis rovására az egyszerűség. A sorozás szabályozó csövek UBL21-ek, és a 220 V hálózatról sorosan vannak fűtve. Így szükségtelenné válik egy külön nagy súlyú fűtőtranszformátor.

$E_a$  forrás a szokásos kapcsolású, erősítő csöves megoldás, bemenő-kimenő-oldali visszacsatolással. A kimenő feszültség átfogása igen nagy: 80—275 V. Ez egyrészt a 7. pont 7. ábra szerinti módosított  $T_2$  táplálással, másrészt a 8. ábra szerinti referencia feszültség csökkentésével volt elérhető. A kimenő feszültség határai a 20. ábra  $P_2$  potencióméterével ezért beállíthatók a referencia feszültség változtatásával. A kimenő áram 200 mA max.;  $R_b$  értéke kisebb  $\pm 5\Omega$ -nál és »s«-é nagyobb 150-nél. Ezek elég jó stabilizálási viszonyok elektroncső mérésnél.

$E_{g2}$  forrás a zérus kimenőfeszültségig lemenő típus. Beáplálásához negatív segédfeszültség forrás van alkalmazva, melyre egy, a hálózatról táplált egyenirányító szolgál. A kimenő feszültség határai: 40—275 V. Egyszerűség kedvéért a 8. pont 10. ábra szerinti kiképzésű az EF6 erősítő cső katódköre. A  $P_4$  potencióméterrel a referencia feszültség szabályozható, és így  $V_0$  sávhatára is. A maximális terhelés 40—75 V közt 40 mA, 75 és 275 V közt 100 mA.



20. ábra

V1—4	4 db	cső	UBL21
V5, 6	2 "	"	EF6
V7—17	4 "	stabilizátor cső	OA3
R1—4	4 "	rétegelőállás	50 $\Omega$ 1/4 W
R5—8	4 "	"	1 k $\Omega$ 1/4 W
R9—10	2 "	"	10 k $\Omega$ 1/4 W
R11—12	2 "	"	50 k $\Omega$ 1/4 W
R13—14	2 "	"	25 k $\Omega$ 3 W
R15	1 "	"	200 k $\Omega$ 0,5 W
R16	1 "	"	400 k $\Omega$ 0,5 W
R17—19	3 "	huzalellenállás	5 k $\Omega$ 15 W
R20—21	2 "	"	3 k $\Omega$ 15 W
R22	1 "	"	5 k $\Omega$ 6 W
R23	1 "	"	3,6 k $\Omega$ 6 W
R24	1 "	"	10 k $\Omega$ 6 W
R25	1 "	"	6 k $\Omega$ 6 W
R26—27	2 "	"	4 k $\Omega$ 6 W
R28	1 "	"	10 k $\Omega$ 15 W
P1	1 "	huzalpot. méter	20 k $\Omega$ 12 W
P2	1 "	"	35 k $\Omega$ 12 W
P3—4	2 "	"	10 k $\Omega$ 3 W
C1—2	2 "	tömbkond.	0,2 $\mu$ F 1500 V
C3—5	3 "	"	1 $\mu$ F 1500 V
C6—7	2 "	elko	16 $\mu$ F 450/500 V

c) Feszültség stabilizátor egység nagyfeszültségű mérőállomáshoz.

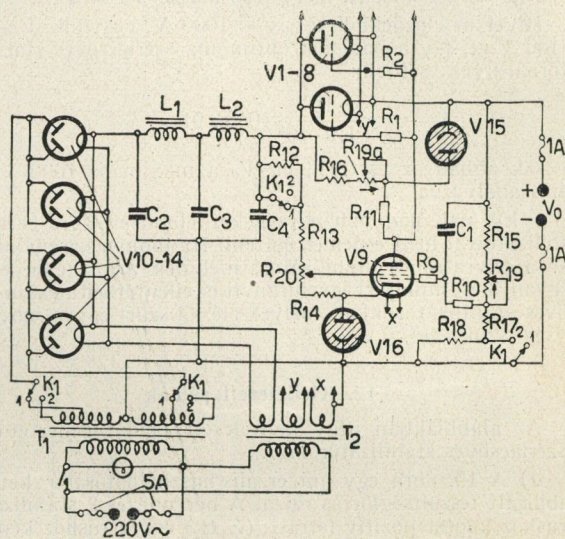
A megépített készülék elvi kapcsolása a 21. ábrán látható. A konstrukciónál a 11. pont szerinti megoldással élve,  $T_2$  erősítő csőnek az OS1-et választottuk, egy relatíve alacsony áramú munkapontban, így  $T_2$  cső feszültségbírása biztosítva van.  $T_1$  csőnek 8 db párhuzamosan kötött P27/500

nagymeredekségű erősítő triódát alkalmaztunk, így a maximális 0,5 A terhelést a készülék üzemszerűen kibírja. Az átfogott  $V_0$  sávot a kapcsolásban két részre osztottuk: 250—500 és 500—1000 V-ra. Így az átfogás egy sávban 1 : 2, e mellett elég jó és egyforma stabilizálási karakterisztikát nyerünk.  $R_b$  értéke 10—20  $\Omega$  nagyságrendben, míg »s« értéke 100—150 nagyságrend körül mozog ebben a kapcsolásban. A stabilizátor áramkör megfelelő elemeinek átkapcsolása mellett a tápegyenirányító anódváltófeszültsége is átkapcsolódik a  $V_0$  sáv váltásnál.

Érdeklőség a kapcsolásban  $R_{2b}$  (20 k $\Omega$ ) közös tengelyen járatása  $N_2$  tápellállás ( $R_4$ ) potencióméteresen kiképzett részével. Így  $N_2$ -n áthaladó áram nagyjából, konstans a teljes  $V_0$  sávon át.

A berendezés specifikációja :

- Kimenő feszültség sávjai : 250—500 V (1 állás)  
500—1000 V (2 állás)
- Max. kimenő áram : 0,5 A
- Kimenő ellenállás ( $R_b$ ) : 7—28  $\Omega$ ;  $V_0$  és  $I_0$ -tól függően
- Stabilizálási jószág (s) : 50—200  $V_0$  és  $I_0$ -tól függően



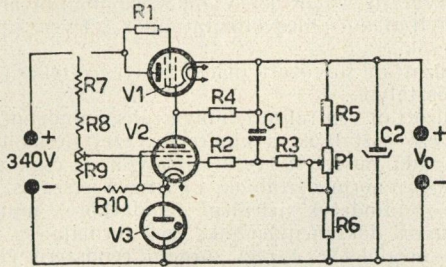
21. ábra

V1—8	8 db	cső	P27/500
V9	1 "	"	OS1
V10—14	4 "	"	PV200/1000
V15	1 "	stab. cső	OA3/VR15
V16	1 "	"	OC3/VR105
R1—9	9 "	rétegelőállás	1 k $\Omega$ , 0,25 W
R10	1 "	"	20 k $\Omega$ , 0,25 W
R11	1 "	"	150 k $\Omega$ , 1 W 5%
R12	1 "	huzalellenállás	30 k $\Omega$ , 20 W 5%
R13	1 "	"	50 k $\Omega$ , 25 W 5%
R14	1 "	"	1 k $\Omega$ , 15 W 5%
R15	1 "	"	7,5 k $\Omega$ , 15 W 5%
R16	1 "	"	7 k $\Omega$ , 15 W 10%
R17	1 "	"	2250 $\Omega$ , 6 W 2%
R18	1 "	"	4,3 k $\Omega$ , 6 W 2%
R19—19a	1 "	huzalpot. méter	20+35 k $\Omega$ , 12 W
R20	1 "	"	12 k $\Omega$ , 12 W
C1	1 "	tömbkond.	0,2 $\mu$ F, 1/3 kV
C2—4	3 "	"	6 $\mu$ F, 1/3 kV
L1—2	2 "	fojtótekerics	3 Hy, max. 10 $\Omega$
T1	1 "	anódtranszform.	pr. 215 V 600 VA sec. 2 $\times$ 720, 2 $\times$ 1250 V, max. 0,5 A
T2	1 "	fűtőtranszform.	pr. 215 V 150 VA sec. 4 V 16 A, 4 V 10 A, 6,3 V 2 A
K1	1 "	nagyfeszültségkapcsoló	4 $\times$ 2 áramkör



d) Stabilizált anódfeszültség-forrás elektronikus mérő-készülékek táplálására.

Az elvi kapcsolás a 22. ábrán látható. A készülék alkalmas kb. 150—220 V stabilizált anódfeszültség szolgáltatására és a felhasznált miniatűr csövek miatt, igen kis helyen fér el. A kapcsolás a szokásos bemenő-kimenő-oldali visszacsatolásos, mint a 10. pontban 12. ábráé, így  $s = \infty$  és igen kis zúgófeszültség érhető el, annak ellenére, hogy az egyenirányító után nem L—C szűrőkör, hanem csak egyetlen puffer kondenzátor van alkalmazva. Jellemző



22. ábra

erre a kapcsolásra a maximális áramkivitel mellett  $s = \infty$  végtelen beállításnál kb. 2—5 mV zúgófeszültség. Egyetlen EL41-nél ( $T_1$ ) a maximális kivihető áram 40 mA. Nagyobb terhelő áramokra 2 vagy 3 EL41-et kell parallel kapcsolni. A mindenkori állandó  $V_0$ -nál kell a 10 k $\Omega$ -os potencióméterrel az  $s = \infty$  végtelen beállítani.

V1	1 db	cső	EL41		
V2	1 »	cső	EF42		
V3	1 »	stab cső	G120/1B		
R1	1 »	rétellenállás	50 $\Omega$	0,25 W	
R2—3	2 »	rétellenállás	20 k $\Omega$	0,25 W	
R4	1 »	rétellenállás	0,5 M $\Omega$	0,25 W	5%
R5	1 »	rétellenállás	50 k $\Omega$	2 W	3%
R6	1 »	rétellenállás	25 k $\Omega$	2 W	5%
R7—9	3 »	huzalellenállás	10 $\Omega$	6 W	5%
R10	1 »	huzalellenállás	3 k $\Omega$	4 W	5%
P1	1 »	szénpotméter	50 k $\Omega$		
C1	1 »	tömbkondenzátor	0,5 $\mu$ F	500/1500 V	
C2	1 »	elektrolitkond.	16 $\mu$ F	250/280 V	

## Az új Tervgazdasági és Szervezési Szakosztály feladatai\*

VIG ISTVÁN

Nemcsak valamely gép megtervezése mérnöki munka, hanem mérnöki munka egy tervgazdálkodási feladat megoldása is, mint például a termelést végrehajtó szervezet megtervezése. E kétféle munka azonos természetű. A feladat alapos ismeretében, a gazdaságtudomány alaptörvényeinek a felhasználásával olyan munkát végző szervezetet kell tervezni, amely a legkevesebb befektetéssel, a legkevesebb energiával, a legkisebb hibalehetőséggel, a legkönnyebb irányítási lehetőséggel, a legjobb minőségben a leggyorsabban elvégzi a feladatot. Szem előtt kell tartani, hogy a feladat minden részletének a végrehajtására legyen a szervezetnek megfelelő szerve és fordítva, ne legyen a szervezetnek olyan szerve, mely a feladat megoldásához szükségtelen.

A tervgazdálkodási és szervezési kérdéseket nem bízhatjuk csak gazdasági és adminisztratív munkatársakra, hanem azokba nekünk, műszakiaknak is be kell kapcsolódnunk, különben a kérdések megoldása hiányos, egyoldalú marad.

A helyes szervezésnek a tervgazdálkodás eredményeire döntő kihatása van. Ötéves tervünk roppant feladatai csak az erőforrások és tartalékok legcélszerűbb felhasználásával oldhatók meg, ez pedig helyes szervezés nélkül nem képzelhető el. Éppen a helyes szervezés biztosítja az erőforrások leggazdaságosabb felhasználását, a veszteségek csökkentését, a kapacitások beruházás nélküli növelését, a versenymozgalmat kiszélesítését, eredményeinek fokozását. A helyes szervezés teszi lehetővé az élmunkások, újítók erőfeszítéseinek a kibontakozását. Ezzel szemben a helytelen szervezés a termelés gátja, mely lehetetlenné teheti a legkorszerűbben felszerelt üzem helyes kihasználását is.

A szervezésnek mindenütt helye van, ahol valamilyen feladat végrehajtása a cél. Mi természetesen az ipar, sőt saját iparágunk területén maradunk, és ezen belül a vállalatok szervezési feladataival fogunk foglalkozni. Azonban egy vállalaton belül is igen széles területe van a szervezésnek. Ezért nem volna célszerű az összefüggő egész áttekintése nélkül egyes szervezési részfeladatokat rendszertelenül kiragadni és azokat egymástól függetlenül, a kapcsolatok rögzítése nélkül tárgyalni. Célszerű először a vállalaton belüli egész szervezési területet áttekinteni, a részfeladatokat összefüggéseik alapján egy-egy feladatcsoportba foglalni, s a feladatcsoportból az egész szervezési területet, mint egy nagy munkaterület áttekintő térképét szemünk elé állítani. Ha ez a térkép előttünk áll, akkor kitűzhetjük az

egyes szervezési munkaterületeket, ezen belül egy-egy szervezési feladat megoldását, mindig szem előtt tartva a környező munkaterületeket, az azokkal való összefüggéseket, a kiemelt terület jelentőségét a feladat megoldásánál.

E gondolatmenetnek megfelelően egy vállalaton belül a szervezés területeit a következő rendszerezésben foglalhatnánk egységbe:

I. *A vállalati szervezet felépítése.* Tervkészítési, előkészítési, termelési és kiértékelési feladatok jellegzetességeinek leginkább megfelelő korszerű vállalati szervezet kidolgozása az egyes szervek feladatainak, létszámarányának, valamint fejezeti és funkcionális függőségeinek megadásával. A szervezet felépítésénél figyelembe veendő a szervezés főbb alapelvei: a munka legcélszerűbb szétbontása és szétosztása az egyes szervek között (munkamegosztás), az egyforma természetű munkák egy szervezeten belüli csoportosítása (rendszerezés), a feladatok központi összehívásának vagy szervekhez történő kihelyezésének optimális mértéke (centralizáció, decentralizáció), a felelős egyszemélyi vezetés biztosítása, önálló egységek kijelölése, stb.)

II. *A tervkészítéssel kapcsolatos szervezési feladatok.* A tervkészítési feladatok rendszerbefoglalása, az iparági sajátosságok kihangsúlyozása, a feladatok nagyságrendjének (volumenének) megjelölése, a feladatok nagyságának és bontásának megfelelő felépítésű és létszámú tervosztályok szervezeti felépítése, a tervkészítés szükséges alapszabályainak (normák, normatívák: kapacitás adatok, az anyag-szükséglethez, munkai igényességhez, stb.) pontos megállapítása, ezek megteremtésének módja, a tervosztályok leg-helyesebb munkamódszereinek megállapítása, a tervosztály által szolgáltatott tervek globálításának ill. részletességének mértéke, a tervosztály kapcsolatai felsőbb hatóságokkal és a vállalat többi szerveivel, az egyéb vállalati szervek közreműködésének a szabályozása a tervkészítésben, a tervosztály ellenőrzési és kiértékelési feladatainak optimális mélysége, stb., szem előtt tartva azt a célt, hogy tervosztályainkon *reális, teljesíthető*, de az elérhető *legnagyobb fejlődésre ösztönző tervek* szülessenek.

III. *A tervteljesítés műszaki előkészítésével kapcsolatos szervezési feladatok.* A gyártmánytervezés, gyártásvezetés művelettervezés, gyártóeszköz-tervezés, műszaki norma-

\* Az 1953. május 19-i alakuló ülés titkári beszámolójából.

tervezés feladatainak részletes felsorolása, a szervekbe beáramló és a szervek által szolgáltatandó adatoknak, ezek legcélszerűbb formájának kialakítása, a szervek leg-gazdaságosabb munkamódszerének kidolgozása, a munkák leg-ontosabb műszaki szempontjainak rögzítése, szervezeti felépítése, helyes centralizáció-decentralizáció, fegyelmi és funkcionális függőségek, szükséges létszámárányok meg-állapítása, minden szervezési munkánál azt a célt tartva szem előtt, hogy az összes műszaki előkészítő szervek-munkái, adatszolgáltatásai, közvetlenül a gyártás ügyviteli előkészítésének és a tervteljesítésnek a leghathatósabb támogatására irányuljanak.

IV. A gyártás időrendi megtervezésével, előfeltételeinek biztosításával, irányításával és ellenőrzésével kapcsolato szervezési feladatok. Programozó, rendeléskiör, munkaerő biztosító, anyagbiztosító, gyártóeszköz-biztosító szervek feladatainak részletes kidolgozása, kiindulási okmány, szolgáltatandó adatok, ezek formáinak megtervezése, leg-gazdaságosabb munkamódszerek kidolgozása, a munkák leghelyesebb bontása, a szükséges decentralizáció mértéke, szervezési felépítés, fegyelmi és funkcionális kapcsolatok, létszámárányok megállapítása, legfontosabb szempontnak véve a tervteljesítés határidőinek a biztosítását.

V. Közvetlenül gyártásszervezési feladatok. A gyártó szervek tagolása a tervgazdálkodásnak leginkább megfelelő módon. Önálló egységek kialakítása. Zárt ciklus értelmezése és kialakítása. Üzem és műhelyvezetéssel kapcsolatos feladatok részletes kidolgozása, a feladatok meg-osztása, feladatkörök behatárolása, kapcsolódása, leg-helyesebb munkamódszerek kialakítása, az egyszemélyi vezetés megalapozásának módjai, a vezetés színvonalának az emelését célzó szervezési intézkedések, legfontosabb szempontnak véve a tervfeladatok feltétlen teljesítését.

VI. A keretgazdálkodás betartásával és a tervteljesítés folyamatos kiértékelésével kapcsolatos szervezési feladatok. Az üzem belüli önálló számolás kiépítése, a bérelszámolás, üzemkönyvelés, utókalkuláció feladatainak részletes kidolgozása, alapokmányok előírása a műszaki tervező osztályoktól kezdve a rendelés kiírókig, szolgáltatandó adatok, azok formájának és időrendjének megtervezése, mutató-számok kialakítása, számviteli munkák célszerű decentralizálása, munkamegosztás, kooperáció, szervezeti felépítés, fegyelmi és funkcionális kapcsolatok, legfőbb szempontnak véve a tervteljesítés gazdaságosságának biztosítását.

A szervezés területének rendszerbe foglalása után önként adódik a kérdés, hogy hogyan fogjunk hozzá a munkához, melyik területtel foglalkozunk előbb. Nyilvánvaló, hogy legcélszerűbb volna parallel foglalkozni az összes területtel ez azonban kapacitás hiányában esetleg nem keresztülvihető. Sor kerül tehát a súlypont képzésre.

A választás irányadó szempontjai kétféleképpen fogalmazhatók meg. Az egyik fogalmazás szerint azokon a területeken kell súlypontot képezni, ahol a legnagyobb a lemaradás a korszerű szervezethez. A másik fogalmazás ugyanazt jelenti, bár másképp hangzik: ott kell súlypontot képezni, ahol a szervezettelenség a legnagyobb mértékben gátolja a tervteljesítést.

Ha kutatjuk a korszerű szervezethez lemaradt területeket, célszerű a lemaradások okaiból kiindulni. A lemaradások okai részben a tőkés gazdálkodás maradványaira, részben iparvállalataink gyors növekedésére vezethetők vissza. Hazánkban nem olyan régen váltotta fel a tőkés gazdálkodást a tervgazdálkodás, és a vállalatok szervezeti felépítése még nem követte teljes mértékben az átalakulást. Mi az, aminek át kell alakulnia, másszóval mi a különbség a tőkés és a szocialista vállalat szervezeti felépítése között?

A különbség lényege természetesen abban áll, hogy a tőkés vállalat célja a profitszerzés, a kizsákmányolás volt, a szocialista vállalat célja a szükségletek kielégítése. A tőkés vállalkozás tele volt ellentmondásokkal: társadalmi munka — egyéni kisajátítás, harc a dolgozókkal az alacsonyabb bérért, harc az eladóval az olcsóbb anyagért, harc a vevővel a magasabb árért, harc a konkurrens vállalattal a piacért. A szocialista vállalatot ezzel szemben a tökéletes összhang jellemzi: társadalmi munka — társadalmi kisajátítás,

közös cél a dolgozókkal, kooperáció a nyersanyagtermelő és továbbfeldolgozó vállalatokkal, összhang a felhasználókkal, a vállalatok tökéletes együttműködése az összefüggő egészet képező egységes népgazdaságban. A kapitalista vállalatok vezetése diktatórikus, a szocialista vállalatoké a demokratikus centralizmus elvén alapszik, stb.

A lényegbe vágó különbségek ellenére a szervezeti formában vannak ill. lehetnek olyan részek, melyek változtatás nélkül átvihetők a szocialista vállalatba, hiszen tudjuk, hogy a korszerű tőkés vállalatokat általában a gyáron belüli szervezettelenség jellemzi. Vannak azonban olyan részek, melyek feltétlenül megváltoztatandók. Ilyenek például a következők.

A túlzottan súlyozott piackutató és értékesítő kereskedelmi osztályok.

A túlzottan centralizált, univerzális, mindennel foglalkozó tervező osztályok, a kicsire tervezett, csak műveleti sorrendet adó művelettervező osztályok, a csak stopper-órával dolgozó normaosztályok, a gyenge szerszámszerkesztő osztályok; mindezek jelenlegi feladatköre, munkamódszere, hiányos dokumentációjuk, ezek formája.

Nem megfelelőek a régi sürgető rendszerű előkészítő osztályok, a gyártási okmányok formái, a túlcentralizált programozó szervek, a gyenge anyagbiztosító csoportok, a csökevényes munkaerőbiztosító csoportok, a hiányos szerszámokdokumentáció.

Nem felelnek meg a szakmai felépítésű műhelyek, a műveleti utasítás nélkül folyó munka, a hiányos alsó munka-előkészítés, az alacsony színvonalú műhelyvezetés, a hiányos keretgazdálkodás, a toldott-foldott, kuckórendszerű, levegőtlen, vezetési szempont nélküli műhely-építkezés.

Nem megfelelőek a nagy fáziskéséssel dolgozó kiértékelő szervek, a gyenge utókalkuláció, az elszigetelt, túlcentralizált üzemkönyvelés, a túldecentralizált bérelszámolás, a gyenge munkaerőből összeállított minőségellenőrző osztályok.

Nem megfelelőek a rendszertelenül, terv nélkül, pillanatnyi szükség szerint dolgozó szerszámellátó osztályok, a hasonlóan dolgozó karbantartó osztályok stb.

Az újonnan megalakult szakosztály egyik feladata, hogy a fenti természetű hiányosságokat feltárja és rámutasson a szervezés útján elérhető lehetőségekre.

Legidősebb feladat nyilván a tervteljesítés legnagyobb mértékű hiányosságainak a felszámolása. Ezek fontossági sorrendben, nagy vonalakban: egyes vállalatoknál még a tervteljesítés bizonytalansága, több helyen a tervteljesítés egyenlőtlenége, sok helyen pedig a tervteljesítés gazdaságosságának a hiánya.

Az ilyen hibák okait kell elsősorban feltárni és a szovjet tapasztalatok, a gazdaságtudományi szakirodalom, a jól működő vállalatok példái, tapasztalatcsere, alapos tanulmányok, és megfontolások alapján felszámolni. A szervezettel eltolódások felszámolása érdekében például alapos tanulmányok útján helyes bázisokat kell kidolgozni a célszerű létszámárányok megállapításához.

Meggondolandó, hogy az előkészítő szervek, pl. művelettervezők vagy időrendi tervezők (programozók), létszámát helyes-e a fizikai dolgozók létszámára vonatkoztatni, vagy pedig a fizikai dolgozók létszámától függetlenül a profilszélesség és a gyártmányösszetettség alapján kiszámított munkatételszámra kell-e vonatkoztatni. Nyilván az utóbbi lesz a helyes és igazságos.

Vagy például meggondolandó, hogy milyen mértékig gazdaságos centralizáltan végezni az egyes előkészítő munkálatokat és mikor kell ezeket már decentralizálni. Melyek azok a tényezők, melyek a fenti kérdésre a választ megadnák (munkavolumen, profilszélesség, munkahelyi adottságok, egy vezetőre eső irányított létszám stb.)?

Vagy például felkutatandó, hogy melyek azok a szervek, melyek a tervgazdálkodásunk jelenlegi pillanatnyi állapotához igazodva normális mértéken túl megerősítendő, esetleg időlegesen beállítandók (pl. anyagbiztosító szervek, inkurrenciát értékesítő szervek).

A most megalakuló szakosztálynak még sok hasonló kérdést kell felkutatnia, meglátnia, tanulmányoznia, feldolgozania és lehetőleg közvetlenül felhasználható formában közreadnia.

MEGJELENT

A

CCIF.

ÁTVITEL HIRADÁSTECHNIKAI  
ÁRAMKÖRÖKÖN.

ÁRAMKÖRÖK FENNTARTÁSA

EZ A KÖNYV A NEMZETKÖZI TÁVBESZÉLŐ TANÁCSADÓ BIZOTTSÁG  
(CCIF) 1951. ÉVI FIRENZEI XVI. TELJES ÜLÉSÉN HOZOTT AJÁN-  
LÁSOKAT TARTALMAZZA ÉS A

III/b. KÖTET

MAGYARNYELVŰ KIADÁSA. 322 OLDAL

A KÖNYV FŐBB RÉSZEI:

*Közönséges, vivőáramú és távírásra igénybevett távbeszélő, zeneközvetítő és rádió-  
távbeszélő áramkörök jellemző tulajdonságai.*

*Áramkörök és szerelvények minőségi követelményei.*

*Nemzetközi vonalak, közönséges és vivőáramú távbeszélő áramkörök, zeneközvetítő  
áramkörök létesítése és fenntartása.*

A CCIF AJÁNLÁSAIT MINDEN HIRADÁSTECHNIKUSNAK,  
TERVEZŐNEK, SZERKESZTŐNEK, FENNTARTÓNAK,  
ÜZEMELTETŐNEK EGYARÁNT ISMERNIE KELL.

KAPHATÓ AZ

ERKEL ÁLLAMI KÖNYVESBOLTBAN,

VII., LENIN-KÖRÚT 52.

**Ára: 45 Ft**

A KÖZLEKEDÉSI KIADÓ KIADÁSA

# MEGJELENT!

**Szvercskov:**

## Gőzturbinák javítása és szerelése

A javításra vonatkozó általános kérdések ismertetése mellett a könyv taglalja azokat az okokat is, amelyek a turbina egyes részeinek meghibásodását okozzák, leírja a javítási munkák elvégzésének módját a szerelési tőrészek feltüntetésével, továbbá a gőzturbinák kezelésének és beállításának kérdéseit.

543 oldal

Ára kve 61.50 Ft

**Zimin—Kaplan—Rabinovics:**

## Villamosgépek tekercselése

A könyv a tekercselési elmélet alapvető elemeit, a tekercselési anyagokat és szerkezeteket, valamint azok gyártási technológiáját tárgyalja. Leírja a tekercselések gomolyítási és vizsgálati módszereit. Külön fejezetben ismerteti a villamosgépek áttekercselésének számításait.

604 oldal

Ára kve 66.— Ft

**Popov:**

## Villamoshajtások tervezése

Az alapismereteken kívül foglalkozik a szerző a villamosmotorok teljesítményének meghatározásával, a villamosmeghajtás dinamikájának alapjaival, a villamosmotorok mechanikai jelleggörbéivel. Bemutatja a villamosmeghajtás átmeneti folyamatait és terhelési diagramjait.

423 oldal

Ára kve 52.50 Ft

**Bulgakov:**

## Transzformátorszámítás

A szerző a transzformátorszámítás elméletét és az erőátviteli transzformátortípusok számítását tárgyalja. Leírja a transzformátor fő alkatrészeinek szerkezetét és közli a számításhoz szükséges műszaki tájékoztató táblázatokat.

320 oldal

Ára fve 30.— Ft

BESZEREZHETŐK:

VALAMENNYI ÁLLAMI KÖNYVESBOLTBAN

SZAKKÖNYVESBOLT:

NEHÉZIPARI KÖNYVESBOLT, VII., Lenin-körút 7.

NEHÉZIPARI KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATKIADÓ VÁLLALAT,  
BUDAPEST, V., NAGY SÁNDOR-UTCA 6.