**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

**Band:** 27 (1936)

Heft: 5

**Artikel:** Stabilisator grösserer Stromstärke bei stetig veränderlicher

Sekundärspannung

**Autor:** Fejér, G. / Sänger, R.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1057489

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF: 22.11.2025** 

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

$$\frac{OA_1}{OA_2} = \frac{A_1 X_1}{A_2 Y} = \frac{\lambda}{\lambda + l'K^2}$$

D'autre part, on peut remarquer que:

$$\frac{\mathit{OX}_1}{X_1Y} = \frac{A_1\,X_1}{A_1X_1 + A_2Y} \qquad \text{D'où: } \mathit{OX}_1 = E \cdot \frac{\lambda}{\lambda + \mathit{l'}K^2}$$

Si nous supposons que l'excitation de notre machine reste constante nous devons considérer dans notre diagramme E comme une constante. Le paramètre se trouve alors être la puissance fournie (ou prise) à la machine synchrone, c'est-à-dire dans notre diagramme la phase du vecteur  $\mathfrak{E}$ .

Il résulte immédiatement des considérations précédentes que le point X se déplace sur un cercle de centre 0 et de rayon  $E \cdot \frac{\lambda}{\lambda + l'K^2}$ .

Notre diagramme permet alors très simplement de suivre la variation des différentes grandeurs qui nous intéressent. Ainsi le courant de circulation I des deux transformateurs est représenté par le vecteur  $\overrightarrow{A_1X_1} = -j \cdot \frac{\omega \lambda}{K^2} \cdot \Im$ . Il est facile également de trouver une représentation de la puissance P fournie (ou absorbée) par la machine synchrone.  $P = \text{projection de } I \text{ sur } U = \text{projection de } \frac{\overrightarrow{X_2Y}}{j\omega l'}$  sur  $\overrightarrow{X_1X_2} = \text{projection de } \frac{\overrightarrow{X_1Y}}{j\omega l'} \text{ sur } \overrightarrow{X_1X_2} = \text{projection de } \frac{\overrightarrow{X_1Y}}{j\omega l'} \text{ sur } \overrightarrow{X_1X_2} = \frac{\lambda + l'K^2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\omega l'} \cdot \sin C\widehat{X_1O}$ 

$$= 2 \cdot \frac{\lambda + l'K^2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\omega l'} \cdot CO \cdot HX_1$$

si H est le pied de la perpendiculaire abaissée de  $X_1$  sur  $A_1A_2$ .

En remplaçant CO par sa valeur, on a en définitive:

$$P = E_0 \cdot 2 \, \xi \, K \cdot \frac{\lambda + l' K^2}{2\lambda + l' K^2} \cdot \frac{H \, X_1}{\omega \, \lambda}$$

La puissance P est donc directement donnée par la distance  $HX_1$ .

On voit déjà que le demi-cercle supérieur correspond au fonctionnement en générateur et le demicercle inférieur au fonctionnement en moteur.

D'autre part, on sait que si l'on tend à augmenter la vitesse de rotation de l'alternateur, c'est-àdire, si l'on décale en avant sa roue polaire, la puissance débitée doit augmenter pour que le régime soit stable.

En d'autres termes, sur notre diagramme, lorsque  $X_1$  se déplace sur le demi-cercle supérieur en sens inverse des aiguilles d'une montre, il faut que  $H_1X$  augmente. On en conclut que seul le quadrant de droite du demi-cercle supérieur correspond à un fonctionnement stable du générateur. On verrait pareillement que seul le quadrant de droite du demi-cercle inférieur correspond à un fonctionnement stable du moteur.

Il est aisé, en se basant sur le diagramme que nous venons d'établir, de résoudre toutes les questions qui peuvent se présenter pratiquement. Par exemple, on se rend compte que, pour une excitation donnée, le courant de circulation qui traverse les transformateurs sera d'autant plus grand que l'on fera débiter ou absorber par l'alternateur une puissance plus grande. Il existe toutefois un maximum qu'on ne saurait dépasser faute de quoi la machine tomberait hors du synchronisme.

D'autre part, si la machine synchrone tourne simplement à vide sans être entraînée par un moteur auxiliaire, le point du cercle caractérisant un tel fonctionnement est celui du diamètre horizontal qui se trouve à droite. On voit immédiatement que l'insertion de la machine synchrone a dans ce cas pour effet une diminution du courant de circulation qui serait provoqué par le simple écart des prises, à moins que l'excitation de la dite machine ne soit très forte.

Nous avons d'ailleurs eu plusieurs fois l'occasion de vérifier expérimentalement ce fait.

# Stabilisator grösserer Stromstärke bei stetig veränderlicher Sekundärspannung.

Von G. Fejér und R. Sänger, Zürich.

621.316.722 : 621.385.5

Es wurde ein Gerät entwickelt, welches eine Entnahme von maximal 150 mA Gleichstrom gestattet bei beliebiger Wahl der Spannung von 0 bis 1500 Volt. Der Spannungsverlust über die Stabilisatorröhre beträgt 650 Volt, so dass die Primärspannung um diesen Betrag höher als die maximale Sekundärspannung sein muss. Das Gerät arbeitet mit einer Triode, einer HF-Pentode, einer Trockenbatterie von 40 Volt und  $6\times 2$  Volt-Akkumulatoren. Einer Schwankung der Primärspannung um  $\pm$  100 V entspricht eine Schwankung der Sekundärspannung um  $\pm$  1/5 Volt. Die Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich ausgeführt.

Les auteurs ont développé un appareil qui donne au maximum 150 mA de courant continu, sous une tension variable à volonté entre 0 et 1500 V. La chute de tension dans le tube stabilisateur s'est de 650 V, de sorte que la tension primaire doit être supérieure d'autant à la tension secondaire maximum. L'appareil comporte une triode, une penthode HF, une pile sèche de 40 V et six accumulateurs de 2 V. A une variation de la tension primaire de  $\pm$ 100 V correspond une variation de la tension secondaire de  $\pm$ 1 $^{1}$ 5 V. Les travaux ont été exécutés à l'Institut de Physique de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich.

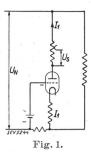
Zur Durchführung mancher physikalischer Messungen sind Spannungen grosser Konstanz von meh-

reren hundert bis tausend Volt nötig. Die Verwendung von Akkumulatorbatterien ist zu kostspielig.

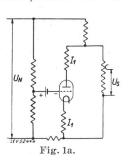
Gleichstromgeneratoren und Netzanschlussgeräte ohne Stabilisierung geben keine hinreichende Konstanz. Deshalb ist im folgenden ein Stabilisator beschrieben, welcher Stromstärken bis zu 150 mA bei stetig veränderlicher Spannung von 0 bis 1500 Volt zu geben vermag.

Die Bedingung einer stetigen Veränderbarkeit der Spannung bedingt den Einbau eines Potentiometers. Ein einfacher Weg zur Erzeugung einer konstanten Spannung besteht darin, dass man den durch ein Potentiometer fliessenden Strom konstant macht und hierauf die gewünschten Spannungen abgreift.

Nach Fig. 1 hält man durch entsprechende Steuerung des Gitters den Anodenstrom konstant; dieser fliesst durch das Potentiometer, wobei man für eine



offen:



bestimmte Einstellung des Potentiometers, bei einer gegebenen Leistung des Verbrauchers Konstanz des Anodenstromes  $\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}\,U_N}=0$  erreichen kann. Denn ist der Verbraucherstrom vergleichbar mit dem Potentiometerstrom, dann wird bei einer Aenderung der Verbraucherleistung der Spannungsabfall am Potentiometer verändert; der Arbeitspunkt der Röhre wird durch die veränderte Röhrenspannung verschoben und die Abstimmung geht verloren. Um diesem Uebelstand zu begegnen, stehen zwei Wege

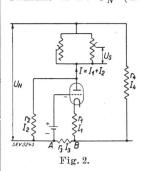
a) Man verändert die jenigen Grössen, welche die Konstanz bedingen, so lange, bis sie wieder erreicht ist. Dieses Nachregulieren ist aber sehr umständlich.

b) Man schaltet parallel zum Potentiometer einen zweiten Widerstand, der so verstellt wird, dass der Gesamtwiderstand (zusätzlicher Widerstand, Potentiometer und Verbraucher) unabhängig von der entnommenen Leistung ist. Diese Konstanz kann durch ein im Anodenkreis liegendes Ampèremeter kontrolliert werden (es muss immer denselben Wert zeigen). Die Einstellung des Parallelwiderstandes lässt sich viel bequemer machen als die Nachregulierung nach Variante a). Die Summe der Ströme durch Parallelwiderstand, Potentiometer und Verbraucher kann allerdings grösser werden als der zulässige Anodenstrom einer gewöhnlichen Röhre.

Man könnte eine Schaltung nach Fig. 1a ins Auge fassen. Dabei müsste das Gitter so gesteuert werden, dass der Spannungsabfall im Kreis aus Röhre und Parallelwiderstand unabhängig von den Schwankungen der Primärspannung ist. Die Berechnung dieser Variante zeigt wohl die prinzipielle Möglichkeit der Stabilisierung nach diesem Schema, für unsere Zwecke aber lassen sich die Forderungen der Stabilitätsbedingung nicht erfüllen.

Der Nachteil des grossen Anodenstromes bei der Variante b) lässt sich durch eine Schaltung nach Fig. 2 beheben.

Wir müssen aber aus folgenden Gründen auch von dieser noch relativ einfachen Schaltung absehen: Die steuernde Schwankung der Gitterspannung ist proportional dem Spannungsabfall  $\overline{AB}$ . Nimmt z. B.  $U_N$  (die Primärspannung) zu, dann



muss  $I_1$  (der Anodenstrom der Stabilisatorröhre) abnehmen und somit das Gitter negativer werden, folglich  $I_3$  zunehmen. Daraus ist ohne Rechnung ersichtlich, dass  $I_1$  nur einen kleinen Beitrag von  $I_3$  ausmachen kann. Da  $I_1$  ungefähr 0,1 A ist, wird  $I_3$  in der Grössenordnung von 1 A sein. Man verbraucht zur Steuerung

mehr Leistung, als man dem Apparat entnimmt und ausserdem zeigt die Rechnung, dass eine Gitterbatterie von über 700 Volt notwendig wäre.

Die Schaltung nach Fig. 3 entspricht dem des ausgeführten Stabilisators. Hier wird das Gitter der Stabilisatorröhre durch eine Pentode gesteuert, so dass die Grösse von  $I_1$  keinen Einfluss auf die zur Steuerung verbrauchte Leistung hat. Die Arbeitsweise ist folgendermassen: Bei Zunahme von  $U_N$  wird das Steuergitter der Pentode weniger negativ und der Widerstand, den die Pentode darstellt, wird

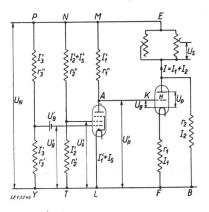


Fig. 3.

kleiner. Dadurch wird das Potential des Punktes A in Fig. 3 negativer, somit auch das Gitter der Stabilisatorröhre. Folglich nimmt  $I_1$  ab,  $I_1 + I_2$  bleibt konstant. Die Rechnung zeigt, dass nur eine Pentode als Steuerröhre in Frage kommt. Trioden ergäben so grosse Schwankungen der Gitterspannung der Steuerröhre, dass in extremen Fällen positive Gitterspannungen auftreten würden.

Die Durchrechnung der Schaltung.

Die Aufgabe zerfällt in zwei Teile:

I. Wie ist die Gitterspannung  $U_g$  der Stabilisatorröhre zu steuern, damit der Gesamtstrom I

 $I_1 + I_2$ , d. h. der Strom durch den Widerstand R, bestehend aus Verbraucher, Potentiometer und Parallelwiderstand, konstant bleibt.

II. Wie muss sich die Anodenspannung der Steuerröhre (Punkt A), welche die Schwankungen der Gitterspannung der Stabilisatorröhre bedingt, ändern, damit die Forderung I erfüllt wird.

Die Forderung lautet:

$$I = I_1 + I_2 = \text{konst.}$$
 (1)

Daraus folgt:

$$dI_1 = -dI_2; \frac{dI}{dU_2} = 0$$
 (2)

Um zu sehen, wie die Widerstände im Stabilisatorkreis zu wählen sind, damit diese Bedingung erfüllt ist, geht man von dem Kirchhoffschen Gesetz für den Kreis BEB aus:

$$I_2(r_2+R)+I_1R=U_N$$
 (3)

Ableitung nach  $U_N$  ergibt

$$(r_2+R) \, rac{\mathrm{d} I_2}{\mathrm{d} U_N} + R \, rac{\mathrm{d} I_1}{\mathrm{d} U_N} = 1$$

Darin wird Gl. (2) eingesetzt und man erhält:

$$\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}U_N} = -\frac{1}{r_2} \tag{4}$$

Dieser Bedingung muss man gerecht werden, damit I konstant ist. I, hängt von den Röhrenkonstanten und vom Betriebspunkt ab:

$$I_{\scriptscriptstyle 1} \! = \! I_{\scriptscriptstyle 1} \; (U_p, U_g)$$

$$\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}U_N} = \frac{\partial I_1}{\partial U_p} \cdot \frac{\mathrm{d}U_p}{\mathrm{d}U_N} + \frac{\partial I_1}{\partial U_g} \cdot \frac{\mathrm{d}U_g}{\mathrm{d}U_N} = -\frac{1}{r_2} \quad (5)$$

Die in (5) auftretenden partiellen Ableitungen sind die Röhrenkonstanten:

$$\frac{\partial I_1}{\partial U_n} = \frac{1}{Z} (Z = \text{innerer Widerstand});$$

$$\frac{\partial I_1}{\partial U_g} = \frac{\partial I_1}{\partial U_p} \cdot \left( -\frac{\partial U_p}{\partial U_g} \right)_{I_1 = \text{ const.}} = \frac{\mu}{Z}$$

$$-{\left(rac{\mathrm{d}\,U_p}{\mathrm{d}\,U_g}
ight)_{I_1\,=\,\,\mathrm{const.}}}=\,\mu\,=\mathrm{Verst\ddot{a}rkungsfaktor}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{Durchgriff}}$$

Setzt man die Röhrenkonstanten in (4) ein, so erhält man:

$$\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}U_N} = -\frac{1}{r_0} = \frac{1}{Z} \frac{\mathrm{d}U_p}{\mathrm{d}U_N} + \frac{\mu}{Z} \frac{\mathrm{d}U_g}{\mathrm{d}U_N} \tag{6}$$

Um  $\frac{\mathrm{d}U_p}{\mathrm{d}U_N}$  und  $\frac{\mathrm{d}U_g}{\mathrm{d}U_N}$  in Abhängigkeit von den Röh-

renkonstanten, des Arbeitspunktes und der eingebauten Widerstände auszudrücken, wendet man das Kirchhoffsche Gesetz auf die Kreise FEF und FHKALF an, eliminiert mit Hilfe von (3)  $I_2$  und

$$U_p = U_N \frac{r_2}{r_2 + R} - I_1 \left[ r_1 + R \frac{r_2}{r_2 + R} \right] \quad (7)$$

$$\frac{\mathrm{d}U_p}{\mathrm{d}U_N} = \frac{r_2}{r_2 + R} - \left[r_1 + R \frac{r_2}{r_2 + R}\right] \frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}U_N} \quad (7a)$$

$$U_{\mathfrak{g}} = U_{\mathfrak{p}}' - I_{\mathfrak{p}} r_{\mathfrak{q}} \tag{8}$$

$$\frac{\mathrm{d}U_g}{\mathrm{d}U_N} = \frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} - r_1 \frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}U_N} \tag{8a}$$

(7a) und (8a) in (6) eingesetzt, ergibt, nach aufgelöst:

$$\frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} = -\frac{1}{\mu} \left\{ \frac{Z + r_1 (1 + \mu)}{r_2} + 1 \right\}$$
 (9)

Wie man sieht, fällt aus der Stabilitätsbedingung R heraus. Der Widerstand R spielt damit in der Stabilitätsbedingung nur indirekt eine Rolle, nämlich dadurch, dass bei einer Verschiebung des Arbeitspunktes sich  $\mu$  und Z verändern können.

Die Gl. (9) zeigt, dass, je grösser der Verstärkungsgrad  $\mu$ , der Nebenschlusswiderstand  $r_2$ , je kleiner der innere Widerstand Z der Stabilisatorröhre und der vor die Röhre geschaltete Widerstand  $r_1$  (welcher bewirkt, dass A, somit das Gitter, wesentlich negativer als die Kathode werden und somit eine Gitterbatterie wegfällt) sind, desto leichter geht die Stabilisierung. Dies bedeutet, dass es am vorteilhaftesten wäre, den ganzen Strom I durch die Röhre zu schicken und eine Röhre mit grosser

Steilheit zu wählen 
$$\left(DZS = 1 = \frac{Z}{\mu}S; \frac{Z}{\mu} = \frac{1}{S}\right)$$
.

Diesen Forderungen werden nur die Senderröhren gerecht, haben aber einen Heizstrom von mehreren 10 A und kommen folglich nicht in Frage.

Die Schwankungen der Anoden und der Gitterspannung der Stabilisatorröhre können bei gegebener Schwankung von  $U_N$  und bei Kenntnis der Anodenspannung  $U_p$  der Steuerröhre bereits berechnet werden. Diese Schwankungen bestimmen die Wahl der Röhre und die Verteilung des Stromes auf die Röhre und den zu ihr parallel geschalteten Widerstand  $r_2$ .

Der Arbeitspunkt soll so liegen, dass auch beim grössten zu erwartenden  $\Delta U_N$  kein Gitterstrom fliesst und umgekehrt der Anodenstrom nicht zu klein wird, um nicht in den allzu gekrümmten Teil der Charakteristik zu kommen.

Aus (6), (7a) und (8a) erhält man:

$$\frac{\mathrm{d}I_{1}}{\mathrm{d}U_{N}} = -\frac{1}{r_{2}} = \frac{1}{Z} \frac{\mathrm{d}U_{p}}{\mathrm{d}U_{N}} + \frac{\mu}{Z} \frac{\mathrm{d}U_{g}}{\mathrm{d}U_{N}} \quad (6) \quad \Delta U_{g} = -\Delta U_{N} \left\{ \frac{1}{\mu} \left[ \frac{Z + r_{1}(1 + \mu)}{r_{2}} + 1 \right] - \frac{r_{1}}{r_{2}} \right\} (10a)$$

$$\Delta U_p = \Delta U_N \left\{ 1 + \frac{r_1}{r_2} \right\} \tag{10b}$$

je grösser  $r_2$  ist, desto kleiner werden die Schwankungen. Für unseren Stabilisator wurde eine Triotron-Röhre K 450/50 gewählt mit den Daten:  $U_p = 400 \text{ V}; \ U_g = -50 \text{ V}; \ I_1 = 0.12 \text{ A}; \ \mu = 4.7; \ Z = 1000; \ U_p' = 200 \text{ V}; \ I_2 = 0.28 \text{ A}.$ 

Für die in (10a) und (10b) unbekannten Grössen folgt aus (8):

$$r_1 = \frac{U_p' - U_g}{I_1} = 2085 \ \Omega$$

nach Kirchhoff für den Kreis über Stabilisatorröhre und  $r_2$ 

$$r_2 = \frac{U_p + I_1 r_1}{I_2} = 2420 \ \Omega$$

ferner:

$$\frac{1}{\mu} \left[ \frac{Z + r_1 (1 + \mu)}{r_2} + 1 \right] = -\frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} = 1,343$$

$$\frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} = -1,343 \tag{IX}$$

Gl. (9) [bzw. (IX), zahlenmässig für die gewählte Röhre ausgewertet] zeigt, welchen Wert  $\mathrm{d}U_p'/\mathrm{d}U_N$  von der Seite der Steuerröhre aus aufweisen soll, um eine stabile Spannung zu erhalten.

#### 11

Bei der Berechnung der Aenderung der Anodenspannung der Steuerröhre  $U_p$  mit der Variation der Primärspannung  $U_N$  müssen wir beachten, dass sowohl Anodenstrom  $I_1$ , wie Schirmgitterstrom  $I_s$  variabel sind. Auch jetzt soll zum Steuergitter kein Strom fliessen. Es gelten die Gleichungen (wobei die partiellen Ableitungen wiederum die Röhrenkonstanten bedeuten):

$$I'_1 = I'_1 (U'_p; U'_s; U'_g)$$
 (11a)

$$I'_s = I' (U'_p; U'_s; U'_g)$$
 (11b)

$$\frac{\mathrm{d}I_1'}{\mathrm{d}U_N} = \frac{\partial I_1'}{\partial U_p'} \frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} + \frac{\partial I_1'}{\partial U_s'} \frac{\mathrm{d}U_1}{\mathrm{d}U_N} + \frac{\partial I_1'}{\partial U_g'} \frac{\mathrm{d}U_g'}{\mathrm{d}U_N} \quad (12a)$$

$$\frac{\mathrm{d}I_{s}'}{\mathrm{d}U_{N}} = \frac{\partial I_{s}'}{\partial U_{p}'} \frac{\mathrm{d}U_{p}'}{\mathrm{d}U_{N}} + \frac{\partial I_{s}'}{\partial U_{s}'} \frac{\mathrm{d}U_{s}'}{\mathrm{d}U_{N}} + \frac{\partial I_{s}'}{\partial U_{\sigma}'} \frac{\mathrm{d}U_{g}'}{\mathrm{d}U_{N}} \quad (12b)$$

$$\frac{\partial I_1'}{\partial U_p'} = \frac{1}{Z_p}; \ \frac{\partial I_1'}{\partial U_s'} = \frac{1}{Z_s}; \ \frac{\partial I_1'}{\partial U_g'} = \frac{1}{Z_s}$$
(13a)

$$\frac{\partial I_s'}{\partial U_p'} = \frac{1}{Z_{sp}}; \ \frac{\partial I_s'}{\partial U_s'} = \frac{1}{Z_{ss}}; \ \frac{\partial I_s'}{\partial U_g'} = \frac{1}{Z_{sp}} \quad (13b)$$

$$\frac{\mathrm{d}I_{1}'}{\mathrm{d}U_{N}} = \frac{1}{Z_{p}} \frac{\mathrm{d}U_{p}'}{\mathrm{d}U_{N}} + \frac{1}{Z_{s}} \frac{\mathrm{d}U_{s}'}{\mathrm{d}U_{N}} + \frac{1}{Z_{g}} \frac{\mathrm{d}U_{g}'}{\mathrm{d}U_{N}} \quad (14a)$$

$$\frac{\mathrm{d}I_s'}{\mathrm{d}U_N} = \frac{1}{Z_{sp}} \frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} + \frac{1}{Z_{ss}} \frac{\mathrm{d}U_s'}{\mathrm{d}U_N} + \frac{1}{Z_{sg}} \frac{dU_g'}{\mathrm{d}U_N} \quad (14b)$$

Wendet man das Kirchhoffsche Gesetz auf die entsprechenden Kreise an und eliminiert  $I_3$  und  $I_2$ , so erhält man:

$$U_{\nu}' = U_{N} - r_{1}' I_{1}' \tag{15}$$

$$\frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N} = 1 - r_1' \frac{\mathrm{d}I_1'}{\mathrm{d}U_N} \tag{15a}$$

$$p_1' \equiv rac{r_2'}{r_2' + r_2''}; ~~ p_1 \equiv rac{r_3'}{r_3' + r_3''}$$

$$U'_s = p'_1 (U_N - r''_2 I'_s)$$
 (16)

$$\frac{\mathrm{d}\,U_s'}{\mathrm{d}\,U_N} = p_1' \bigg( 1 - r_2'' \frac{\mathrm{d}\,I_s'}{\mathrm{d}\,U_N} \bigg) \tag{16a}$$

$$U_g' = p_1 U_N - U_B' (17)$$

$$\frac{\mathrm{d}\,U_g'}{\mathrm{d}\,U_N} = p_1 \tag{17a}$$

Um die Gleichungen von  $dI_s'/dU_N$  zu befreien, setzt man in (14b) die Gl. (16a) und (17a) ein und löst nach  $dI_s'/dU_N$  auf:

$$rac{\mathrm{d}\,I_s'}{\mathrm{d}\,U_N} = rac{rac{1}{Z_{sp}}\,rac{\mathrm{d}\,U_p'}{\mathrm{d}\,U_N} + rac{p_1'}{Z_{ss}} + rac{p_1}{Z_{sg}}}{1 + r_2''\,rac{p_1'}{Z_{ss}}}$$

Die gesuchte Abhängigkeit der Anodenspannung von der Netzspannung bekommt man, wenn man  $dI_s'/dU_N$  aus (15a) entnimmt, (16a), (17a) und (18) in (14a) einsetzt, die beiden Ausdrücke für  $dI_s'/dU_N$  gleichsetzt und nach  $\frac{\mathrm{d}U_p'}{\mathrm{d}U_N}$  auflöst:

$$rac{\mathrm{d}U_{p}^{\prime}}{\mathrm{d}U_{N}} = rac{1-r_{1}^{\prime}\left\{rac{p_{1}^{\prime}}{Z_{s}}\cdotrac{1-r_{2}^{\prime\prime}}{1+r_{2}^{\prime\prime}}rac{p_{1}^{\prime}}{Z_{sg}}+rac{p_{1}}{Z_{g}}
ight\}}{1+r_{1}^{\prime}\left\{rac{1}{Z_{p}}-rac{r_{2}^{\prime\prime}}{Z_{s}}p_{1}^{\prime}-rac{p_{1}^{\prime\prime}}{Z_{ss}}
ight\}}$$
(19)

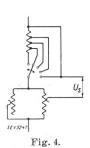
Ist Gl. (19) erfüllt, dann ist d $I/dU_N=0$ , und die Sekundärspannung in vernünftigen Grenzen ( $\Delta U_N \sim \pm\,100~\mathrm{V}$ ) unabhängig von der Primärspannung.

Vor der Auswertung der Gl. (19) soll noch auf zwei Punkte hingewiesen werden, die die Bedienung des Stabilisators erleichtern:

- 1. Es kann vorkommen, dass die entnommene Leistung bei Veränderung der stabilisierten Spannung sich sprunghaft, in unberechenbarer Weise, ändert. Um die Stabilisatorröhre dabei nicht zu überlasten, empfiehlt es sich, einen Widerstand von der Grösse  $U_p/I_1$  ihr parallel einzubauen, um bei Einstellung einer neuen Sekundärspannung die Röhre durch diesen Widerstand ersetzen zu können.
- 2. Da man bei Messungen nicht im ganzen Bereich von 0 bis 1500 V arbeiten wird, empfiehlt es sich, den Stabilisator so zu bauen, dass nur die letz-

ten 500 V auf dem Potentiometer abgreifbar sind (Fig. 4).

Üeber den Widerstand  $r_2$  verliert man  $I_2r_2$  an Spannung, d. h. in unserem Fall 650 V. In unserem Stabilisator von maximal 1500 V müsste die Primär-



spannung  $U_N$  2150 V betragen. Arbeitet man aber für längere Zeit z. B. nur mit 500 V, so wäre es unvernünftig, 2150 V auf 500 abzudrosseln. Aus diesem Grunde wurde der Stabilisator für verschiedene Primärspannungen  $U_N$  = 1150, 1650 und 2150 V gebaut.

Das Neu-Abgleichen des Stabilisators beim Uebergang auf eine andere Primärspannung  $U_N$ , lässt

sich in wenigen Minuten ausführen 1). Wie man am ausgeführten Stabilisator sieht, braucht man bloss  $U_B$  und  $r_3$  sorgfältig einzuregulieren; für  $r_1$  und  $r_2$  genügt eine grobe Verstellung und  $r_3$  +  $r_3$  sowie  $r_2$  können mit Vorteil konstant gelassen werden.

Zahlenbeispiel, entsprechend dem ausgeführten Stabilisator:

$$\frac{\mathrm{d}\,U_p'}{\mathrm{d}\,U_N} = -1,343$$
 (Gl. IX);

$$rac{\mathrm{d}\,U_p'}{\mathrm{d}\,U_N} = rac{1\!-\!r_1'iggl\{\!rac{p_1'}{Z_s}\cdotrac{1\!-\!r_2''rac{p_1}{Z_{sg}}\!+\!rac{p_1}{Z_g}\!iggr\}}{1\!+\!r_1'iggl\{\!rac{1}{Z_p}\!-\!rac{r_2''\;p_1'}{Z_siggr(1\!+\!r_2''rac{p_1'}{Z_{ss}}\!iggr)\!iggr\}}$$

Als Steuerröhre wird eine Philips Pentode E 446  $4 \cdot A \cdot 1$  gewählt:

$$U_p' = 200 \text{ V}; \ U_s' = 100 \text{ V}; \ U_g' = -2.22 \text{ V};$$
  
 $I_1' = 3.03 \text{ mA}; \ I_2' = 1.35 \text{ mA}$ 

und gesetzt

Die Röhrendaten sind

$$\begin{split} \frac{1}{Z_p} &= 2,8 \cdot 10^{-7} \ \varOmega^{-1} \ ; \ \frac{1}{Z_s} &= 6,66 \cdot 10^{-5} \ \varOmega^{-1} \ ; \\ \frac{1}{Z_g} &= 2,22 \cdot 10^{-3} \ \varOmega^{-1} \ ; \quad \frac{1}{Z_{sp}} &= -2,18 \cdot 10^{-7} \ \varOmega^{-1} \ ; \\ \frac{1}{Z_{ss}} &= 3,68 \cdot 10^{-5} \ \varOmega^{-1} \ ; \ \frac{1}{Z_{sg}} &= 9,56 \cdot 10^{-4} \ \varOmega^{-1} \end{split}$$

Als Unbekannte treten  $p_1$  und  $U_B$  auf. Gl. (19) liefert  $p_1$  und (17) die Gitterbatteriespannung  $U_B$ . V 1923 2150 1500  $6,44 \cdot 10^{5}$  $7,6 \cdot 10^{5}$ 7,4 1000  $4,78 \cdot 10^{5}$  $5,74 \cdot 10^{5}$ 7,82 1650 1150 500  $3.14 \cdot 10^{5}$  $3.89 \cdot 10^{5}$ 

Da die Röhrendaten selbstredend nicht sehr gegnau bestimmbar sind, sind auch die Werte der Tabelle nur approximativ zu nehmen; die endgültige Einstellung erfolgt durch das Experiment.

Die Versuche mit diesem Gerät haben gezeigt, dass eine Stabilisierung bis  $zu\frac{1}{500}$  der Primärschwankung erreicht werden konnte.

Wir danken Herrn Prof. Dr. P. Scherrer für das Interesse, mit dem er unsere Arbeit förderte, und Herrn Dr. R. David für manchen wertvollen Ratschlag.

## Poteaux et pylônes en béton armé. Système GRZ.

Par E. Camenzind, Ennetbaden.

621.315.668.3

L'auteur décrit un procédé de fabrication de poteaux en béton armé de section creuse, polygonale. Il indique les matériaux utilisés, puis donne des détails sur l'exécution de l'armature et du bétonnage dans des moules en tôle de fer, à coffre et noyau, avec nouveau procédé par vibration. Pour terminer, il parle de l'emploi de ces poteaux, ainsi que du résultat d'essais de charge.

Der Autor beschreibt ein neues Verfahren zur Herstellung armierter Betonmaste mit hohlem, vieleckigem Querschnitt. Nach den Angaben über die verwendeten Baumittel wird über die Herstellung der Armierung und das Betonieren mit Mantel- und Kernform aus Eisenblech berichtet, bei welchem eine besondere Rüttelvorrichtung zur Anwendung kommt. Es wird ferner auf die Verwendungsmöglichkeiten dieses Mastes und auf die ausgeführten Belastungsversuche hingewiesen.

Les supports des lignes aériennes de transmission d'énergie électrique étaient autrefois presque exclusivement en bois ou en fer. On avait essayé à plusieurs reprises d'utiliser en Suisse des poteaux et pylônes en béton armé, mais ce type de construction n'avait pas eu beaucoup de succès, bien que les résultats obtenus aient été excellents 1). Depuis quelques années toutefois, il semble que l'emploi

de ce genre de supports fasse de nouveaux progrès, grâce surtout à de nouveaux types capables de faire concurrence aux pylônes en fer. A l'Etranger, l'emploi des poteaux en béton est d'ailleurs déjà courant. Ainsi, une entreprise belge a fabriqué plus

<sup>1)</sup> Kontrolle z. B. durch eine Kompensationsschaltung.

 $<sup>^1)</sup>$  Par exemple, la ligne de l'Albula installée en 1910 et comportant près de 4000 pylônes en béton, de différents types.  $R\acute{e}d.$