

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

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-1061476>

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: 24.01.2026

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:

$$\frac{OX_1}{X_1 Y} = \frac{A_1 X_1}{A_1 X_1 + A_2 Y} \quad \text{D'où: } OX_1 = E \cdot \frac{\lambda}{\lambda + l'K^2}$$

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 ξ .

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 $\vec{A}_1 \vec{X}_1 = -j \cdot \frac{\omega \lambda}{K^2} \cdot \xi$. Il est facile également de trouver une représentation de la puissance P fournie (ou absorbée) par la machine synchrone.

$$\begin{aligned} P &= \text{projection de } I \text{ sur } U = \text{projection de } \frac{\vec{X}_2 \vec{Y}}{j \omega l'} \\ \text{sur } \vec{X}_1 \vec{X}_2 &= \text{projection de } \frac{\vec{X}_2 \vec{X}_1 + \vec{X}_1 \vec{Y}}{j \omega l'} \text{ sur } \vec{X}_1 \vec{X}_2 = \\ \text{projection de } \frac{\vec{X}_1 \vec{Y}}{j \omega l'} &\text{ sur } \vec{X}_1 \vec{X}_2 = 2 \cdot X_1 C \cdot X_1 O \cdot \\ \frac{\lambda + l'K^2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\omega l'} \cdot \sin \widehat{CX_1 O} \\ &= 2 \cdot \frac{\lambda + l'K^2}{\lambda} \cdot \frac{1}{\omega l'} \cdot CO \cdot HX_1 \end{aligned}$$

si H est le pied de la perpendiculaire abaissée de X_1 sur $A_1 A_2$.

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

$$P = E_0 \cdot 2 \xi K \cdot \frac{\lambda + l'K^2}{2\lambda + l'K^2} \cdot \frac{HX_1}{\omega \lambda}$$

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 demi-cercle 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-à-dire, 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 $H_1 X$ 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 aisément, 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 gröserer 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 6×2 Volt-Akkumulatoren. Einer Schwankung der Primärspannung um ± 100 V entspricht eine Schwankung der Sekundärspannung um ± 1/5 Volt. Die Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich ausgeführt.

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

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 pentode HF, une pile sèche de 40 V et six accumulateurs de 2 V. A une variation de la tension primaire de ± 100 V correspond une variation de la tension secondaire de ± 1/5 V. Les travaux ont été exécutés à l'Institut de Physique de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich.

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

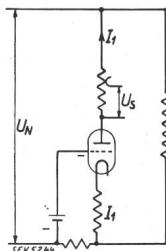


Fig. 1.

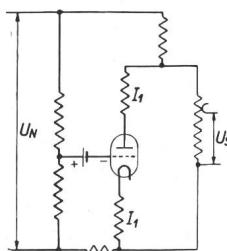


Fig. 1a.

bestimmte Einstellung des Potentiometers, bei einer gegebenen Leistung des Verbrauchers Konstanz des Anodenstromes $\frac{dI_1}{dU_N} = 0$ erreichen kann. Denn ist der Verbraucherstrom vergleichbar mit dem Potentiometerstrom, dann wird bei einer Änderung der Verbraucherleistung der Spannungsabfall am Potentiometer verändert; der Arbeitspunkt der Röhre wird durch die veränderte Röhrenspannung verschoben und die Abstimmung geht verloren. Um diesem Ubelstand zu begegnen, stehen zwei Wege offen:

a) Man verändert diejenigen 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 Mögliche-

keit 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 abssehen: Die steuernde Schwankung der Gitterspannung ist proportional dem Spannungsabfall 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

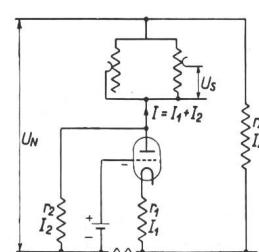


Fig. 2.

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

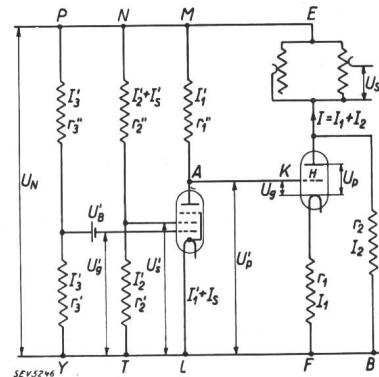


Fig. 3.

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 ergeben 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.

I.

Die Forderung lautet:

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

Daraus folgt:

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

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

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

Ableitung nach U_N ergibt

$$(r_2 + R) \frac{dI_2}{dU_N} + R \frac{dI_1}{dU_N} = 1$$

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

$$\frac{dI_1}{dU_N} = -\frac{1}{r_2} \quad (4)$$

Dieser Bedingung muss man gerecht werden, damit I konstant ist. I_1 hängt von den Röhrenkonstanten und vom Betriebspunkt ab:

$$I_1 = I_1(U_p, U_g)$$

$$\frac{dI_1}{dU_N} = \frac{\partial I_1}{\partial U_p} \cdot \frac{dU_p}{dU_N} + \frac{\partial I_1}{\partial U_g} \cdot \frac{dU_g}{dU_N} = -\frac{1}{r_2} \quad (5)$$

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

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

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

$$-\left(\frac{dU_p}{dU_g} \right)_{I_1=\text{const.}} = \mu = \text{Verstärkungsfaktor}$$

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

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

$$\frac{dI_1}{dU_N} = -\frac{1}{r_2} = \frac{1}{Z} \frac{dU_p}{dU_N} + \frac{\mu}{Z} \frac{dU_g}{dU_N} \quad (6)$$

Um $\frac{dU_p}{dU_N}$ und $\frac{dU_g}{dU_N}$ in Abhängigkeit von den Röh-

renkonstanten, des Arbeitspunktes und der eingebauten Widerstände auszudrücken, wendet man das Kirchhoff'sche Gesetz auf die Kreise FEF und FHKALF an, eliminiert mit Hilfe von (3) I_2 und erhält:

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

$$\frac{dU_p}{dU_N} = \frac{r_2}{r_2+R} - \left[r_1 + R \frac{r_2}{r_2+R} \right] \frac{dI_1}{dU_N} \quad (7a)$$

$$U_g = U_p' - I_1 r_1 \quad (8)$$

$$\frac{dU_g}{dU_N} = \frac{dU_p'}{dU_N} - r_1 \frac{dI_1}{dU_N} \quad (8a)$$

(7a) und (8a) in (6) eingesetzt, ergibt, nach $\frac{dU_p'}{dU_N}$ aufgelöst:

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = -\frac{1}{\mu} \left\{ \frac{Z + r_1(1+\mu)}{r_2} + 1 \right\} \quad (9)$$

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 μ und Z verändern können.

Die Gl. (9) zeigt, dass, je grösser der Verstärkungsgrad μ , 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 ($DZS = 1 = \frac{Z}{\mu} S; \frac{Z}{\mu} = \frac{1}{S}$). 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 ΔU_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:

$$\Delta U_g = -\Delta U_N \left\{ \frac{1}{\mu} \left[\frac{Z + r_1(1+\mu)}{r_2} + 1 \right] - \frac{r_1}{r_2} \right\} \quad (10a)$$

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

je grösser r_2 ist, desto kleiner werden die Schwingungen. Für unseren Stabilisator wurde eine Triotron-Röhre K 450/50 gewählt mit den Daten: $U_p = 400$ V; $U_g = -50$ V; $I_1 = 0,12$ A; $\mu = 4,7$; $Z = 1000$; $U_p' = 200$ V; $I_2 = 0,28$ 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:

$$\frac{1}{\mu} \left[\frac{Z + r_1(1 + \mu)}{r_2} + 1 \right] = - \frac{dU_p'}{dU_N} = 1,343$$

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = -1,343 \quad (\text{IX})$$

Gl. (9) [bzw. (IX)], zahlenmässig für die gewählte Röhre ausgewertet] zeigt, welchen Wert dU_p'/dU_N von der Seite der Steuerröhre aus aufweisen soll, um eine stabile Spannung zu erhalten.

II.

Bei der Berechnung der Änderung 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):

$$I_1' = I_1(U_p'; U_s'; U_g') \quad (11a)$$

$$I_s' = I(U_p'; U_s'; U_g') \quad (11b)$$

$$\frac{dI_1'}{dU_N} = \frac{\partial I_1'}{\partial U_p'} \frac{dU_p'}{dU_N} + \frac{\partial I_1'}{\partial U_s'} \frac{dU_s'}{dU_N} + \frac{\partial I_1'}{\partial U_g'} \frac{dU_g'}{dU_N} \quad (12a)$$

$$\frac{dI_s'}{dU_N} = \frac{\partial I_s'}{\partial U_p'} \frac{dU_p'}{dU_N} + \frac{\partial I_s'}{\partial U_s'} \frac{dU_s'}{dU_N} + \frac{\partial I_s'}{\partial U_g'} \frac{dU_g'}{dU_N} \quad (12b)$$

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

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

$$\frac{dI_1'}{dU_N} = \frac{1}{Z_p} \frac{dU_p'}{dU_N} + \frac{1}{Z_s} \frac{dU_s'}{dU_N} + \frac{1}{Z_g} \frac{dU_g'}{dU_N} \quad (14a)$$

$$\frac{dI_s'}{dU_N} = \frac{1}{Z_{sp}} \frac{dU_p'}{dU_N} + \frac{1}{Z_{ss}} \frac{dU_s'}{dU_N} + \frac{1}{Z_{sg}} \frac{dU_g'}{dU_N} \quad (14b)$$

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

$$U_p' = U_N - r_1' I_1' \quad (15)$$

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = 1 - r_1' \frac{dI_1'}{dU_N} \quad (15a)$$

$$p_1' \equiv \frac{r_2'}{r_2' + r_2''}; \quad p_1 \equiv \frac{r_3'}{r_3' + r_3''}$$

$$U_s' = p_1'(U_N - r_2' I_s') \quad (16)$$

$$\frac{dU_s'}{dU_N} = p_1' \left(1 - r_2'' \frac{dI_s'}{dU_N} \right) \quad (16a)$$

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

$$\frac{dU_g'}{dU_N} = p_1 \quad (17a)$$

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:

$$\frac{dI_s'}{dU_N} = \frac{\frac{1}{Z_{sp}} \frac{dU_p'}{dU_N} + \frac{p_1'}{Z_{ss}} + \frac{p_1}{Z_{sg}}}{1 + r_2'' \frac{p_1'}{Z_{ss}}}$$

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 $\frac{dU_p'}{dU_N}$ auflöst:

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = \frac{1 - r_1' \left\{ \frac{p_1'}{Z_s} \cdot \frac{1 - r_2'' \frac{p_1'}{Z_{sg}} + \frac{p_1}{Z_g}}{1 + r_2'' \frac{p_1'}{Z_{ss}}} \right\}}{1 + r_1' \left\{ \frac{1}{Z_p} - \frac{r_2'' p_1'}{Z_s Z_{sp} \left(1 + r_2'' \frac{p_1'}{Z_{ss}} \right)} \right\}} \quad (19)$$

Ist Gl. (19) erfüllt, dann ist $dI/dU_N = 0$, und die Sekundärspannung in vernünftigen Grenzen ($\Delta U_N \sim \pm 100$ 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).

Ueber den Widerstand r_2 verliert man $I_2 r_2$ an Spannung, d. h. in unserem Fall 650 V. In unserem Stabilisator von maximal 1500 V müsste die Primärspannung 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.

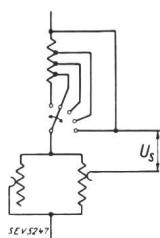


Fig. 4.

Das Neu-Abgleichen des Stabilisators beim Uebergang auf eine andere Primärspannung U_N , lässt sich in wenigen Minuten ausführen¹⁾. Wie man am ausgeführten Stabilisator sieht, braucht man blos 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:

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = -1,343 \quad (\text{Gl. IX});$$

$$\frac{dU_p'}{dU_N} = \frac{\frac{1-r_1'}{Z_p} \left\{ \frac{p_1}{Z_s} \cdot \frac{1-r_2'' \frac{p_1}{Z_{sg}}}{1+r_2'' \frac{p_1}{Z_{ss}}} + \frac{p_1}{Z_g} \right\}}{1+r_1' \left\{ \frac{1}{Z_p} - \frac{r_2'' p_1}{Z_s Z_{sp} \left(1+r_2'' \frac{p_1}{Z_{ss}}\right)} \right\}}$$

Als Steuerröhre wird eine Philips Pentode E 446 4·A·1 gewählt:

¹⁾ Kontrolle z. B. durch eine Kompensationsschaltung.

$$U_p' = 200 \text{ V}; U_s' = 100 \text{ V}; U_g' = -2,22 \text{ V}; I_1' = 3,03 \text{ mA}; I_2' = 1,35 \text{ mA}$$

und gesetzt

$$r_3' + r_3'' = 800000 \Omega; I_2' = (I_2' + I_s') - I_s' = 2,7 - 1,35 = 1,35 \text{ mA}; r_2' = \frac{U_s'}{I_2'} = 74000 \Omega$$

Die Röhrendaten sind

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

Als Unbekannte treten p_1 und U_B auf. Gl. (19) liefert p_1 und (17) die Gitterbatteriespannung U_B .

U_N V	$U_{s \max}$ V	r_1' Ω	r_2' Ω	r_3' Ω	U_B V
2150	1500	$6,44 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^5$	1923	7,4
1650	1000	$4,78 \cdot 10^5$	$5,74 \cdot 10^5$	2720	7,82
1150	500	$3,14 \cdot 10^5$	$3,89 \cdot 10^5$	3910	7,84

Da die Röhrendaten selbstredend nicht sehr genau 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 Ratsschlag.

Armierte Betonmaste.

System GRZ.

Von E. Camenzind, Ennetbaden.

621.315.668.3

Der Autor beschreibt ein neues Verfahren zur Herstellung armerter 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.

Für die Leitungsträger der oberirdischen elektrischen Kraftübertragung wurde früher als Konstruktionsmaterial fast nur Holz und Eisen verwendet. Mehrfache Versuche mit Eisenbetonmasten in unserem Lande führten nicht zu einer weiteren Verbreitung dieser Bauart, trotzdem damit eigentlich recht gute Erfahrungen gemacht wurden¹⁾. In den letzten Jahren scheint nun die Verwendung der

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.

Eisenbetonmasten erneut Fortschritte zu machen, wohl dank neuer Konstruktionen, die mit Eisenmasten erfolgreich konkurrieren können. Im Ausland erreichte sie schon ein bemerkenswertes Ausmass. So hat beispielsweise ein Unternehmer in

¹⁾ Es sei nur an die im Jahre 1910 erstellte Albulaleitung erinnert, welche gegen 4000 armierte Betonmaste verschiedenen Typs enthält. Red.