

Hochspannungserzeugung aus dem Zeilenkippperät.

Von Herbert Bähring.

Inhalt: Im folgenden werden die bei der Hochspannungserzeugung aus dem Zeilenkippperät auftretenden Probleme behandelt, von diesen insbesondere der Zusammenhang zwischen erzeugter Hochspannung und aufzuwendender Gleichstromleistung untersucht und die theoretisch gefundenen Gesetzmäßigkeiten mit Versuchsergebnissen verglichen.

Bis zum Jahre 1938 wurde in Fernsehempfängern, die mit einer Braunschen Röhre ausgestattet waren, die Hochspannung zur Speisung der Röhre aus besonderen Netzgeräten erzeugt. Da die Geräte aus dem 50-Perioden-Netz gespeist wurden, erforderten sie zur Erreichung einer genügenden Siebung erheblichen Aufwand an Raum und Material. Auf der Funkausstellung 1938 zeigte die Fernseh G. m. b. H. in ihrem Empfänger DE 7¹⁾ zum ersten Mal eine neue Art der Hochspannungserzeugung, und zwar aus dem Zeilenkippperät. In den Ablenkorganen dieser Kippgeräte fließen zur Ablenkung des Elektronenstrahls Wechselströme, die über den größten Teil ihrer Periodendauer langsam ansteigen und über einen Bruchteil derselben wieder absteigen. Da die Ablenkorgane eine Induktivität besitzen, entsteht während der kurzen Abstiegszeit (Rücklauf) an diesen und besonders bei der Verwendung von Kipptransformatoren an deren Primärspule eine hohe positive Induktionsspannung. Diese Spannung wurde nun im DE 7 gleichgerichtet und zur Speisung der Braunschen Röhre verwendet, die Hochspannung somit vom Zeilenkippperät als kostenlose Zugabe geliefert. Die Siebmittel sind infolge der hohen Frequenz äußerst einfach. Es genügt ein Kondensator von einigen hundert pF. Die Idee dieser Hochspannungserzeugungsart stammt von Farnsworth aus dem Jahre 1931²⁾. Daß der Verwirklichung der Idee noch zahlreiche Schwierigkeiten im Wege standen, geht daraus hervor, daß die Amerikaner diese Hochspannungserzeugungsmethode in ihren Geräten selbst nicht anwandten. Die wichtigsten der dabei auftretenden Schwierigkeiten waren

1. zu geringe Hochspannung,
2. Belastungsabhängigkeit der Hochspannung,
3. innere Abhängigkeit der Hochspannung von der Kippleistung.

Diese Schwierigkeiten können im DE 7 sowie im Gemeinschaftsempfänger, der auf der Funkausstellung 1939 gezeigt wurde, und die gleiche Hochspannungsmethode besitzt, als überwunden angesehen werden. Die erzeugte Hochspannung betrug 6 kV, ein Wert, der den Spannungswerten der auf der Funkausstellung 1938 gezeigten ähnlichen Typen mit Hochspannungserzeugung aus besonderen

Gleichrichtergeräten nicht nachstand. Die Belastungsabhängigkeit betrug etwa $\frac{160 \text{ V}}{100 \mu\text{A}}$, das entspricht einer maximalen Anodenspannungsschwankung von etwa 2,7%, ein Wert, der nach Versuchen als noch zulässig gefunden wurde. Weiterhin ermöglichte der Zusammenhang zwischen erzeugter Hochspannung und auftretender Kippleistung den Uebergang zur kurzen Weitwinkelröhre.

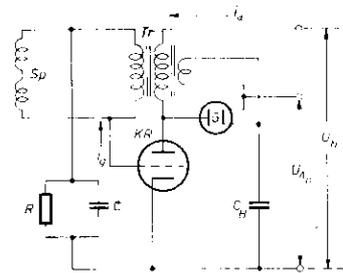


Abb. 1: Transformatorkippperät mit Hochspannungserzeugung unmittelbar an der Anode der Kippöhre.

Im folgenden sollen nun die drei Probleme

1. Hochspannungserzeugung,
2. Belastungsabhängigkeit,
3. Zusammenhang zwischen Hochspannung und Kippleistung

näher untersucht werden, die Grenzen des Erreichbaren abgeschätzt und darüber hinaus neue Wege der Hochspannungserzeugung gezeigt werden, die es ermöglichen, weit höhere Spannungen als bisher mit geringerem Stromleistungsaufwand zu erzeugen.

Bei der mathematischen Erfassung der Probleme war es nötig, um einigermaßen übersichtliche Formeln zu erhalten, Näherungen einzusetzen. Die gefundenen Formeln sind daher als Näherungsformeln anzusehen.

Zusammenhang zwischen Hochspannung an der Anode der Kippöhre und der Anodengleichspannung.

Die folgenden Untersuchungen beziehen sich insbesondere auf Transformatorkippperäte³⁾. Das Schaltschema eines solchen Gerätes, mit Hochspan-

¹⁾ F. Rudert, Fernseh A. G. Hausmitteilungen 1, 1938, 37.

²⁾ U. S. A. Patent 2 051 372 vom 14. 7. 1931.

³⁾ Th. Mulert und H. Bähring Fernseh A. G., Hausmitteil. 1, 1939, 82.

nungserzeugung an der Anode der Kippöhre, zeigt Abb. 1. Es bedeuten: KR die Kippöhre, R und C das RC-Glied zur Vorspannungserzeugung, Sp die Ablenkspulen, Tr den Kipptransformator, der zugleich mit der Heizwicklung für die Gleichrichterröhre ausgerüstet ist, und C_B den Hochspannungsglättungskondensator.

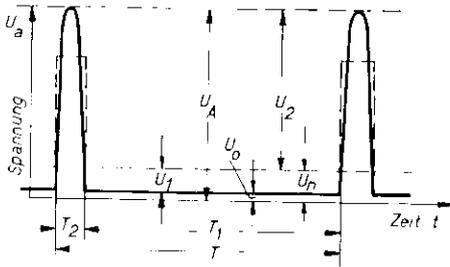


Abb. 2: Spannungsverlauf an der Anode der Kippöhre.

Da die Kippöhre (am geeignetsten eine Triode) während des Kippkurvenanstieges in positive Gitterspannungsgebiete (Stromverteilungsgebiet) gesteuert wird, besitzt sie in diesem Bereich einen sehr kleinen Widerstand, so daß der Spannungsabfall an ihr im Verhältnis zur Spulenhinlaufspannung und zur Netzgleichspannung vernachlässigbar klein ist. Unter dieser Bedingung läßt sich der Zusammenhang zwischen der Betriebsgleichspannung des Kippgerätes und der erzeugten Hochspannung sehr einfach mit Hilfe von Abb. 2 ausdrücken. Es wird dann $U_A = U_N + U_2 = U_0 + U_1 + U_2$, wobei U_0 die Betriebsspannung und U_0 der Ohmsche Spannungsabfall an der Kippöhre sind. U_1 ist die während des Hinlaufs an der Anodenspule mit der resultierenden Induktivität L_A induzierte Gegenspannung $U_1 = L_A \frac{di_a}{dt}$, wobei infolge des gegenphasigen Gitterstromes

$$i_1 = i_a \left(1 - \frac{n_g di_g}{n_a di_a} \right) \quad (1)$$

ist, so daß für linearen Hinlauf

$$U_1 = L_A \frac{i_a \max}{T_1} \cdot \left(1 - \frac{n_g di_g}{n_a di_a} \right) \quad (2)$$

wird.

$\frac{n_g di_g}{n_a di_a}$ ist klein gegenüber 1. Für die bisherigen technischen Ausführungsformen hat sich für $\left(1 - \frac{n_g di_g}{n_a di_a} \right)$ ein Wert ergeben, der näherungsweise $|2|$ gesetzt werden kann. U_2 ist die an der Anodeninduktivität L_A während der Rücklaufzeit auftretende Rücklaufspannung: $U_2 = L_A \frac{di_r}{dt}$. Sie ist bei kurzem Rücklauf um vieles größer als die Hinlaufspannung und die Hauptkomponente bei der Hochspannungserzeugung. Bei Rechteckform des Rücklaufs wird $\frac{di_r}{dt} = \frac{i_a \max}{T_2}$. Weicht die Form der Rücklaufspannung von der Rechteckform ab, so muß dieser Wert mit

dem Formfaktor der Schwingungen multipliziert werden, also z. B. bei Sinusverlauf mit $|2|$:

$$U_2 = L_A \frac{i_a \max}{T_2} |2| \quad (3)$$

Somit wird näherungsweise für sinusförmigen Verlauf

$$U_A = L_A i_a \max \left[\frac{1}{T_1} \left(1 - \frac{n_g di_g}{n_a di_a} \right) + \frac{|2|}{T_2} \right] U_{A_0} \quad (4)$$

wobei U_{A_0} der Gleichspannungswert ist

und mit der Näherungsannahme $\left(1 - \frac{n_g di_g}{n_a di_a} \right) |2|$, der Näherungsbedingung $U_N \approx U_1$ und der Bedingung, daß $T_1 : T_2 = T$ ist,

$$\frac{U_{A_0}}{U_N} \approx \frac{T_2}{T} \quad (5)$$

Der prozentuale Rücklauf $\frac{T_2}{T}$ ist sendernormgemäß auf 10% festgelegt. Er kann empfängerseitig $\frac{T_2}{T} = 10\%$ sein. Da T als Periodendauer der Zeilenfrequenz ebenfalls festliegt, ist bei gegebenem U_N eine Aenderungsmöglichkeit der Hochspannung lediglich durch eine Verkürzung der Rücklaufzeit T_2 unter den Normwert gegeben. Da sich der Rücklauf des Zeilenkippperes als halbe Periodendauer einer Eigenschwingung ausbildet;

$$T_2 = \pi |L_A \cdot C \quad (6)$$

wobei C die wirksame Eigenkapazität der Anodenspule ist, läßt sich aus der umgeformten Gl. 3 für die Rücklaufspannung

$$U_2 = |2| \cdot i_a \max \pi \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (7)$$

leicht erkennen, daß eine Spannungserhöhung durch Rücklaufverkürzung lediglich durch Verringerung der Eigenkapazität möglich ist. Diese Eigenkapazität setzt sich für die Schaltung Abb. 1 aus der Anodenkathodenkapazität der Kippöhre C_{ak} , der Transformatoreigenkapazität C_{Tr} , der transformierten Ablenkspulenkapazität und Gitterkathodenkapazität der Kippöhre $C_{ik} = C_{sp} \cdot C_{gk} \cdot C_{ga} \cdot \ddot{u}$ und der Hochspannungsgleichrichterröhrenkapazität C_G zusammen.

Bei einem Transformatorkippper des DE 7, das mit der TC 04 als Kippöhre und einer Gleichrichterröhre Loewe NG 6020 betrieben wurde, waren diese Werte annähernd $C_{ak} = 5 \text{ pF}$; $C_{Tr} = 16 \text{ pF}$; $C_{ik} = 6 \text{ pF}$; $C_G = 4 \text{ pF}$. Bessere Werte wurden mit der RS 276 wegen ihrer kleineren Kapazitäten erzielt.

Zusammenhang zwischen Hochspannung und Gleichstromleistung.

Einstufiger Hochspannungstransformator.

Ein leicht nachprüfbares und vergleichbares Maß für die Wirksamkeit der Hochspannungserzeugung ist durch die graphische Darstellung des Zusammenhanges zwischen erzeugter Hochspannung

und aufzuwendender Gleichstromleistung bei gegebener Rücklaufzeit und vorgeschriebenem Kippströmenstrom gegeben. Es folgt aus Gl. 4) 5) 6)

$$U_{A_0}^2 = L_A \cdot i_{a \max} \cdot \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) \cdot \frac{T}{T_2} \cdot 2 \cdot U_N$$

$$L_A \cdot i_{a \max} \cdot \frac{T^2}{T_1 T_2} \cdot 2 U_A$$

und da bei linearem Verlauf von i_a : $i_{a \max} \approx 2 I_{gl}$ ist (I_{gl} Gleichstromwert), wird:

$$N_{gl} = U_N \cdot I_{gl} \cdot \frac{T_1}{2} \cdot \frac{1}{2 L_A} \left(U_{A_0} \frac{T_2}{T} \right)^2 \quad (8)$$

oder durch Elimination von L_A mittels Gl. 6) und der Substit. $\frac{1}{T} = f$

$$N_{gl} = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{T_1}{T} \cdot f \cdot C_A \cdot U_{A_0}^2 \quad (9)$$

Die aufzuwendende Gleichstromleistung steigt linear mit der Eigenkapazität C_A und der Kippfrequenz f und quadratisch mit der zu erzeugenden Hochspannung U_{A_0} .

Die Kapazität C_A schwankt je nach Art der Kippzöhre und des Aufbaues des kapazitätsarmen Kipptransformators zwischen 25 und 35 pF.

M e ß w e r t e.

Es wurden an einem Kipptransformator mit Ablenkspulen folgende Werte gemessen:

Rücklauf $\frac{T_2}{T} = 7,3\%$

result. Induktivität $L_A = 0,15 \text{ H}$

result. Kapazität $C_A = 30 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

Diodenkapazität $C_D = 4 \text{ pF}$ (Loewe 6020).

U_A	V	300	350	400
I_{gl}	mA	64	74	86
N_{gl}	Watt	19,2	26,9	34,4
U_{A_0}	KV	4,25	5	5,7

Tabelle 1

In Abb. 3 stellen Kurve a die mit $C_A = 30 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ berechnete Abhängigkeit der Hochspannung von der

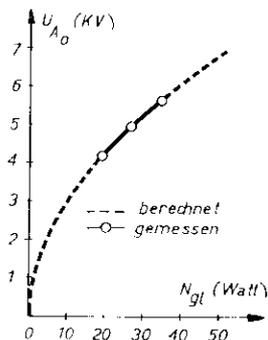


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Hochspannung und Gleichstromleistung eines einstufigen Hochspannungs-transformators.

aufgenommenen Gleichstromleistung dar und Kurve b die gemessene Abhängigkeit.

Die Erzeugung höherer Spannungen, wie sie z. B. zum Betrieb von Projektionsempfängern erforderlich sind, ist jedoch nach dieser Methode bei kleiner Gleichstromleistungsaufnahme unmöglich. Für z. B. 30 KV wäre für das obige Kippgerät eine Gleichstromleistung von 900 Watt erforderlich, ein untragbarer Aufwand.

Transformation mittels Sparschal-tung.

Zur Erhöhung der Gleichspannung bei gegebener Leistungsaufnahme liegt der Gedanke einer Hochtransformation am nächsten. Zwecks Raumer-sparnis wird man eine Spartransformatorschaltung wählen, wie sie in Abb. 4 dargestellt ist.

Es ist bei der Untersuchung der Hochspan-nungstransformation insbesondere die Frage von Interesse: Inwieweit ist bei gegebener Rücklaufzeit und bei gegebenem Anodenstrom der Kippzöhre eine Hochtransformation der Spannung möglich, d. h. es interessiert das Verhältnis der erzeugbaren Hochspannung U_H zu der nach Abb. 1 an der Anode der Kippzöhre (ohne jegliche Transformationswicklung des Transformators) auftretende Spannung U_{A_0} .

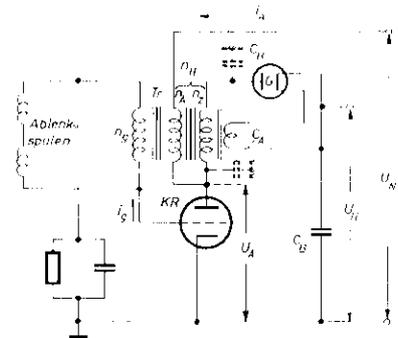


Abb. 4: Hochspannungstransformations-Schaltung.

In der Schaltung nach Abb. 4 sei C_H die Summe aus Gleichrichterkapazität und Eigenkapazität der Hochspannungswicklung, C_A die Summe aus Anoden-Kathodenkapazität der Kippzöhre und all der parallel hierzu transformierten Eigen- und Schaltkapazitäten. Die Hochspannungswicklung habe die Windungszahl $n_H = n_A + n_Z$. Dann wird

$$U_H = \frac{n_H}{n_A} U_A \left(1 + \frac{n_Z}{n_A} \right) \quad (10)$$

Weiterhin gilt auch hier Gl. 4 in der Form

$$U_A = L_A \cdot i_{a \max} \cdot 2 \frac{T}{T_1 \cdot T_2} \quad (11)$$

Der Rücklauf wird hier bestimmt durch die Periodendauer

$$2 T_2 = 2\pi \sqrt{L_H \left[C_H + \left(\frac{n_A}{n_H} \right)^2 C_A \right]}$$

so daß

$$L_{II} \left(\frac{T_2}{\pi}\right)^2 \frac{1}{C_{II}} \left(\frac{n_A}{n_{II}}\right)^2 C_A \quad (12)$$

Weiterhin ist $\frac{L_A}{L_{II}} \left(\frac{n_A}{n_{II}}\right)^2$, somit folgt

$$U_{II} = i_{a \max} |2 \cdot \frac{T}{T_1 T_2} \left(\frac{n_A}{n_{II}}\right) \left(\frac{T_2}{\pi}\right)^2 \frac{1}{C_{II}} \left(\frac{n_A}{n_{II}}\right)^2 C_A$$

Für $n_{II} = n_A$ soll nun werden

$$U_{II} = U_{A_0} \frac{i_{a \max} |2 \cdot T T_2}{\pi^2 T_1} \frac{1}{C_{II} + C_A}$$

Es ist also die gesuchte Transformationsmöglichkeit bei konstantem Rücklauf und konstantem Röhrenstrom der Schaltung 3 gegenüber der Schaltung 1

$$\frac{U_{II}}{U_{A_0}} = \frac{1}{n_{II}} \frac{C_A}{C_{II}} \frac{1 + \frac{C_A}{C_{II}}}{1 + \frac{C_A}{n_A n_{II} C_{II}}} \quad (13)$$

In Abb. 5 ist das Verhältnis $\frac{U_{II}}{U_{A_0}}$ als Funktion von $\frac{n_{II}}{n_A}$ für verschiedene Parameter $\frac{C_A}{C_{II}}$ dargestellt. Es ist daraus ersichtlich, daß die Transformationsmöglichkeit gering ist. Für $\frac{C_A}{C_{II}} = 1$ ist überhaupt keine Transformation möglich. Die Kapazitätsverhältnisse für das Kippgerät des DE 7 lagen bei Verwendung einer RS 241 etwa bei $\frac{C_A}{C_{II}} \approx \frac{34}{12} \approx 2,8$, so daß höchstens eine Transformationsmöglichkeit von $\frac{U_{II}}{U_{A_0}} = 1,08$ vorhanden war. Die Transformation im DE 7 ist daher auch nicht so stark in Hinsicht auf die Erzielung einer besseren Hochspannungsausbeute gewählt worden, sondern mehr aus dem

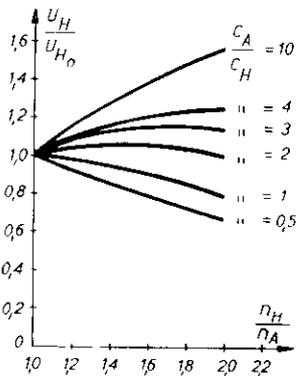


Abb. 5: Transformationsmöglichkeit der Hochspannung in Abhängigkeit vom Übersetzungsverhältnis $\frac{n_{II}}{n_A}$ und dem Kapazitätsverhältnis $\frac{C_A}{C_{II}}$.

Grunde der Anpassung des Kippgerätes mit seiner vorgeschriebenen Maximalstromaufnahme durch die Kippöhre an eine aus technischen Gründen begrenzte Höhe der Netzgleichspannung. Durch Erhöhung des Transformationsverhältnisses $\frac{n_{II}}{n_A}$ bei Beibehaltung des gleichen Rücklaufs fällt die Anodeninduktivität des Kipptransformators und damit der Innenwiderstand des Kippgerätes, so daß dadurch eine Variation des Kippgeräteinnenwiderstandes möglich ist.

Mehrstufiger Hochspannungstransformator.

Die Erzeugung höherer Spannung als beim DE 7 bei geringerer Gleichstromleistung war auch nach dieser Methode aussichtslos. Um die Erzeugung der Hochspannung aus dem Zeilenkippgerät für größere Werte zu ermöglichen, mußte ein ganz neuer Weg beschritten werden. Insbesondere waren es zwei neue Gedanken, die den Weg hierfür bahnten.

1. die Methode, die Hochgleichspannung aus Teilspannungen zusammensetzen, die in getrennten Teilspulen parallel zueinander erzeugt werden¹⁾.
2. die Wicklungsanordnung so vorzunehmen, daß die Wicklungen in die gleiche Zahl von Teilspulen aufgeteilt werden, die Teilspulen der gleichen Ordnungszahl zu Gruppen zusammengefaßt werden und durch Isolierplatten voneinander getrennt werden, die Reihenfolge der Teilspulen in den einzelnen Gruppen jedoch so gewählt werden, daß in zwei benachbarten Gruppen immer Teilspulen der gleichen Wicklung luftisoliert gegenüberliegen²⁾.

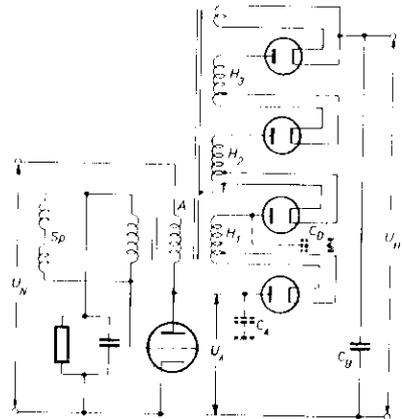


Abb. 6: Vierstufige Transformationsschaltung.

In Abb. 6 ist die Methode der Gleichrichtung dargestellt, in Abb. 7 die Wicklungsanordnung. Durch die Erzeugungsmethode wird erreicht, daß die Wechselspannungen der einzelnen Wicklungen von dem gleichen Fluß parallel nebeneinander erzeugt,

¹⁾ Vorschlag v. H. Günther.

²⁾ Vorschlag von H. Bähring.

gleichgerichtet und die Gleichspannungen in Reihe geschaltet werden. Durch die Wicklungsanordnung wird erreicht, daß zwischen den einzelnen Teilspulen einer Gruppe nur Punkte gleichen Wechselpotentials, doch verschiedenen Gleichpotentials benachbart liegen, während zwischen zwei Gruppen nur die Wechselspannung einer Teilspule liegt, d. h. also, zwischen den einzelnen Teilspulen einer Gruppe liegt nur Gleichspannung, zwischen den einzelnen Gruppen nur Wechselspannung. Der Endeffekt ist der, daß ein derartiger Transformator für die auftretenden Wechselspannungen nicht mehr Induktivität und nicht wesentlich mehr Kapazität als der nach Abb. 1 dargestellte besitzt.

Die Hochspannung kann also mit der Wicklungszahl beliebig hoch getrieben werden, allerdings mit entsprechendem Aufwand an Gleichrichterröhren. Da jedoch verhältnismäßig kleine Gleichrichterröhren verwendet werden können, sind diese mit einer solchen zur Gleichrichtung der Gesamtspannung preis- und raummäßig durchaus konkurrenzfähig. Die Spannungstransformation wird lediglich durch die Vergrößerung der Kapazität der Gleichrichterröhren vermindert beeinflusst.

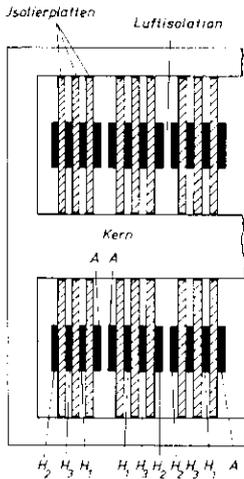


Abb. 7: Aufbau der Hochspannungswicklungen eines vierstufigen Hochspannungs-Kipp-Transformators.

Hat der Transformator außer der Anodenwicklung A noch Z Hochspannungswicklungen mit der resultierenden Induktivität der Anodenwicklung L_A und der resultierenden Kapazität parallel zu einer Wicklung C_A (Anoden-Kathodenkapazität der Kipp-röhre + Anodenspuleneigenkapazität + transformierte Ablenkspulenkapazität) und hat die einzelne Gleichrichterröhre die Kapazität C_D , so wird der Rücklauf durch die Gleichung

$$T_2 = \pi \sqrt{L_A [C_A + (Z + 1) C_D]} \quad (14)$$

bestimmt und es ergibt sich für die Hochspannung, da

$$U_H = U_A (1 + Z) \quad (15)$$

ist, durch Erweiterung der Gl. 4)

$$U_H = L_A i_{a \max} \left[\frac{1}{T_1} (1 + \frac{n_g d i_g}{n_a d i_a}) + \frac{1}{T_2} \right] [1 + Z]$$

oder, da näherungsweise

$$1 + \frac{n_g d i_g}{n_a d i_a} \approx 2 \text{ und } T_1 \approx T_2 = T \text{ ist,}$$

$$U_H = L_A i_{a \max} \sqrt{2} \left[\frac{T}{T_1 \cdot T_2} \right] [1 + Z] \quad (16)$$

Aus 14) und 15) folgt,

$$U_H = \frac{i_{a \max} \sqrt{2} [1 + Z]}{\pi^2 [C_A + (Z + 1) C_D]} \cdot \frac{T T_2}{T_1} \quad (17)$$

Und unter der Bedingung, daß bei $Z = 0$ $U_H = U_{A_0}$, entsprechend der Schaltung Abb. 1 bei dem gleichen Rücklauf und dem gleichen Anodenstromwert ist, wird für $Z = 0$;

$$U_H (Z = 0) = \frac{i_{a \max} \sqrt{2} T \cdot T_2}{\pi^2 (C_A + C_D) T_1} U_{A_0} \quad (17a)$$

und es wird die Transformationsmöglichkeit

$$\frac{U_H}{U_{A_0}} = \frac{1 + Z}{1 + (Z + 1) \frac{C_D}{C_A}} \quad (18)$$

Ist also $\frac{C_D}{C_A} \ll 1$, so besteht aus Kapazitäts- und Rücklaufgründen keine obere Grenze für die erzeugbare Hochspannung.

Die an der Anode der Kipp-röhre auftretende Anodenspannung U_A ist entsprechend dem Windungsverhältnis nach Gl. 15) $U_A = U_H \frac{1}{1 + Z}$ oder die aufzuwendende Gleichspannung nach Gl. 5

$$U_N = \frac{T_2}{T} U_H \frac{1}{1 + Z} \quad (19)$$

Aus Gl. 16 und 19 ergibt sich unter der Bedingung, daß $i_{a \max} = 2 I_{gl}$ und $\frac{T}{T_1} = 1$ ist, die aufzuwendende Gleichstromleistung

$$N_{gl} = U_N \cdot I_{gl} = \frac{T_1}{2} \left[\frac{U_H T_2}{1 + Z T} \right]^2 \quad (20)$$

oder mittels Gl. 14

$$N_{gl} = \frac{\pi^2 C_A \left[1 + (Z + 1) \frac{C_D}{C_A} \right]}{2 \sqrt{2} (1 + Z)^2} \frac{T_1}{T} \cdot f U_H^2 \quad (21)$$

M e ß w e r t e.

Es wurde ein vierstufiger Transformator ($Z = 3$) gebaut und gemessen.

$C_A = 32 \text{ pF}$ Rücklauf $T_2 : T = 6,5 : 0$
 $L_A = 0,11 \text{ Hy}$ $C_D = 1 \text{ pF (RFG 5)}$

U_N	V	200	297	293	518	600
I_{gl}	mA	43	62	83	110	127
N_{gl}	Watt	8,6	18,4	32,5	57	76
U_H	KV	10	15	20	27	32,5

Tabelle II

Abb. 8 gibt eine graphische Darstellung der unter Zugrundelegung der Kapazitäts- und Rücklaufmessungen berechneten (Kurve a) und gemessenen Werte (Kurve b) wieder. Sie können ebenfalls als gut übereinstimmend betrachtet werden. Daß die Form der gemessenen und der berechneten etwas abweicht, kann an der Meßgenauigkeit des Hochspannungsvoltmeters liegen, da normale Hochohmmassewiderstände als Vorwiderstände benutzt wurden.

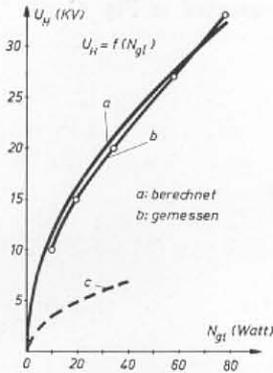


Abb. 8: Zusammenhang zwischen Hochspannung und Gleichstromleistung eines vierstufigen Hochspannungs-Transformators.

Derartige Kippgeräte kamen im 40 cm Empfänger DE 8 R und Heimprojektionsempfänger HPE 5 R 1939 der Fernseh G. m. b. H. zur Anwendung. Der im 40 cm-Empfänger verwendete zweistufige Transformator und der im Heimprojektionsempfänger verwendete vierstufige werden in Abb. 9 gezeigt.

Die Kurve c der Abb. 8 zeigt die Hochspannungs-Leistungsabhängigkeit einer Kipptransformatorschaltung des DE 7 vom Stand der Technik Funkausstellung 1938. Sie entspricht der Schaltung nach Abb. 3 unter Berücksichtigung der dargelegten nur geringen Transformationsmöglichkeit für die Schaltung nach Abb. 4.

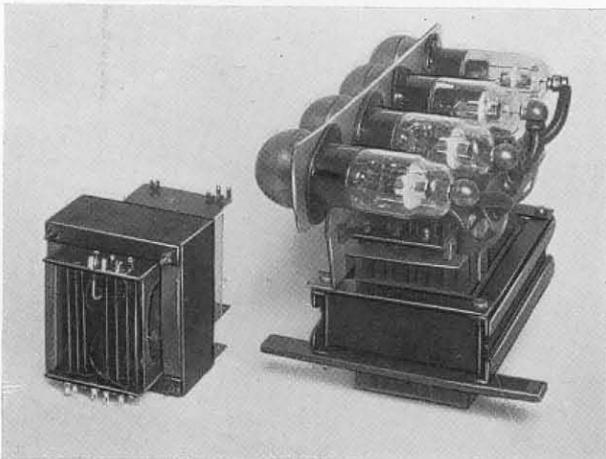


Abb. 9: Ansicht eines zwei- und vierstufigen Hochspannungs-Kipp-Transformators.

Wenn nach diesen Kurven die neue Methode der Hochspannungsgewinnung aus dem Zeilenkippgerät der bisherigen weit überlegen ist, so ist die Anwendung der neuen Methode doch an zwei Grenzen gebunden. Die eine Grenze ist dadurch gegeben, daß das Kippgerät ja nicht nur die Hochspannung erzeugen soll, sondern im wesentlichen erst einmal den Kippstrom in den Ablenkspulen zur Ablenkung des Elektronenstrahls und daß dieser Ablenkstrom bzw. der erzeugte Ablenkwinkel des Elektronenstrahls in engem Zusammenhang steht mit der erzeugten Hochspannung. Und zweitens dadurch, daß die Transformation in den Hochspannungswicklungen hohe Widerstände in Erscheinung treten läßt, die eine Leistungsabhängigkeit der erzeugten Hochspannung durch den entnommenen Strahlstrom der Braunschen Röhre bedingen. Diese beiden Probleme werden in einem der nächsten Hefte behandelt werden.

Zusammenfassung.

Es wurde zunächst der Zusammenhang zwischen Hochspannung und Betriebsgleichspannung am Transformator-Kippgerät mit Hochspannungserzeugung an der Anode der Kippöhre abgeleitet (Gl. 5). Das Verhältnis der Betriebsgleichspannung zur Anodenhochspannung ist näherungsweise gleich dem prozentualen Rücklauf. Hieraus ergab sich weiter die Abhängigkeit zwischen erzeugter Hochspannung und aufzuwendender Gleichstromleistung (Gl. 8 u. 9). Die Gleichstromleistung steigt danach quadratisch mit der Hochspannung an, so daß die Erzeugung höherer Spannungen unmittelbar an der Anode der Kippöhre als unwirtschaftlich angesehen werden muß. Ebenso ist die Erzeugung hoher Spannung durch Transformation aussichtslos. Am aussichtsreichsten zur Erzeugung hoher Spannungen aus dem Zeilenkippgerät bei kleiner Leistungsaufnahme ist eine Methode, nach der die Hochspannung im Transformator in parallel zueinander liegenden Teilwicklungen erzeugt und die gleichgerichteten Spannungen in Reihe geschaltet werden. Hierbei hat sich eine besondere Wicklungsart als besonders günstig erwiesen, durch deren Anwendung man erreicht, daß weder die wirksame Induktivität noch die wirksame Kapazität bei beliebig viel Wicklungen n erhöht wird, während sich die erzeugte Hochspannung auf den nahezu n -fachen Wert erhöht. Die Abhängigkeit zwischen erzeugter Hochspannung und aufgenommener Gleichstromleistung wird in Gl. 20 und 21 zum Ausdruck gebracht.

SUMMARY.

The Generation of High Anode Potentials by Means of the Line Scanning Sweep Circuit.

The television receivers built by Fernseh G. m. b. H. in 1938 and 1939 make use of the idea to produce the high anode potential for the cathode ray tube by rectification of a part of the output of the line sweep circuit. Although this idea has been suggested at an early date Fernseh G. m. b. H. was the first to use it in their standard

sets. This was only possible after a number of serious difficulties had been overcome consisting chiefly in obtaining a potential of sufficiently high voltage, and in producing a constant potential free from fluctuations caused by variations of the load. At the same time a full knowledge of the relation between the value of the rectified potential and the power input of the sweep circuit was obtained. The ratio of the operating voltage to the rectified voltage is approximately equal to the ratio between the return stroke and the scanning period. The input power increases therefore with the square of the output

voltage so that the production of voltages beyond a certain limit would not seem practical. A step further in this direction became only possible by producing separate voltages in parallel windings of a transformer and by adding together the separately rectified output potentials. A particular arrangement of n windings allows a multiplication of the output voltage by the factor n without at the same time increasing the effective inductivity and capacity of the arrangement. Fig. 8 shows the tension as a function of input power for an arrangement of this type represented in Fig. 6.

Ueber Photozellen mit Sekundärelektronenvervielfachern.

Von Werner Hartmann.

Inhalt: Nach Erwähnung der besonderen Vorteile, die die Verwendung von Photozellen mit Sekundärelektronenvervielfachern bietet, werden einige bei der Herstellung zu beachtende Gesichtspunkte behandelt.

In allen heute gebräuchlichen Fernsehsystemen werden sendeseitig Stoffe verwendet, die bei Belichtung freie Elektronen abgeben: äußerer Photoeffekt, wenn auch Bildsenderöhren, die andere Wirkungen des Lichtes auf elektrische Vorgänge wie den inneren Photoeffekt, Sperschichtphotoeffekt, Abhängigkeit der Sekundäremission von der Belichtung u. a. ausnutzen, bekannt sind. Zu Beginn der Fernsehentwicklung (mechanische Abtastung) stand bei geringen Bildpunktzahlen eine relativ große Lichtmenge pro Bildpunkt zur Erzeugung eines genügend über dem Störpegel liegenden, durch einen angekoppelten Röhrenverstärker oder Stoßionisation eines Füllgases in der Zelle selbst verstärkten Signals in einer Photozelle gebräuchlichen Typs zur Verfügung.

Die Fortschritte der Fernsehtechnik wurden durch eine stetige Erhöhung der Auflösung und damit der Bildpunktzahl dokumentiert. Dadurch ergaben sich auch für die Photozellen neue Anforderungen. Die Gasverstärkung fiel schon bei geringen Frequenzen wegen ihrer Trägheit aus, so daß also der Weg zunächst über eine höhere Nachverstärkung führte. Aber trotz Erhöhung der Empfindlichkeit der photoelektrischen Schichten und Verwendung von Lichtquellen höherer Leuchtdichte wurde bald der von der Photozelle gelieferte Impuls kleiner als die Eingangsrauschspannung des Röhrenverstärkers, die sich aus dem Röhrenrauschen und dem Widerstandsrauschen zusammensetzt und mit größerer Bandbreite mit dieser ansteigt. Ferner tritt dazu störend die thermische Emission der Photokathode. Prinzipiell wäre es möglich gewesen, die thermischen Schrottkomponenten durch Kühlung der Photo-

kathode und des Nutzwiderstandes zu verringern, aber in der Praxis haben sich derartige Vorschläge nicht durchgesetzt.



Abb. 1a: Photozelle mit Sekundärelektronenverstärker für Gegensehanlagen 1938.