

Zur Frage der Erzeugung kurzer elektromagnetischer Wellen.

Von M. Grechowa.

In der vorhergehenden Arbeit des Verfassers¹⁾ ist von ihm in Übereinstimmung mit Gill und Morell²⁾ gezeigt worden, daß in den untersuchten Schaltungsschemas, die Barkhausenschen Schwingungen, gleich wie im Falle sonst üblicher Generatoren, als Schwingungen eines an die Röhre angeschlossenen Kreises betrachtet werden können. In derselben Arbeit wurde erklärt, daß Messungen mit besonders hergestellten Elektronenröhren im Gange sind (Fig. 1), die

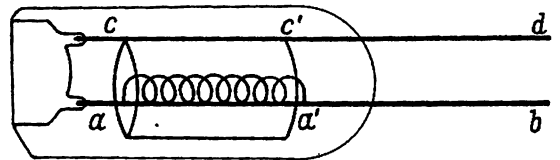


Fig. 1.

es erlauben werden, der Generatorenberechnung eine präzisere Genauigkeit zugrunde zu legen. In vorliegender Arbeit sind die Ergebnisse der Messungen angeführt, die mit solchen Röhren vorgenommen wurden.

Die Stifte aa' und cc' , auf denen das Gitter und die Anode befestigt waren, bildeten eine

1) Zeitschr. f. Phys. 38, 621, 1926.

2) Phil. Mag. 44, 161, 1922.

Tabelle I.

Länge des Kreises $l = 12,5 \text{ cm}$		$l = 22,5$		$l = 27,5$		$l = 36,5$		$l = 47,5$		$l = 57,5$	
λ_{ber}	λ_{mess}	λ_{ber}	λ_{mess}	λ_{ber}	λ_{mess}	λ_{ber}	λ_{mess}	λ_{ber}	λ_{mess}	λ_{ber}	λ_{mess}
221		296		758		918		1063		1165	
128	117	174	170	333		392	380*)	467,6	450*)	334	
		129	128	199		241		286		237	
					Geringe Energie						
88,6		94	94	139	136	169	174	205		183	186
	74	75		107	104,5 ³⁾	130	143	158	181,5	149	
67		63,4		86	82,5	105		128		125	126 ¹⁾
54		54,6	56	72		88	80	107,6		107	
45	48 ⁴⁾			54		76		90,6	94	94,7	96
				48	49,8	66,6	62	81		84,5	
						59,3		72,5	73,5 ²⁾	76	75 ¹⁾
						53,5		65		69	
						48,7	48	59,5	60	63	
								54,6	57	58,8	57
										54,6	
										51	52

direkte Fortsetzung der äußeren Leitungsdrähte¹⁾ und gehörten mit denselben zum Generatorkreis (Fig. 1). Messungen waren in Generatoren folgender drei Grundarten durchgeführt worden: Zweiröhrengenerator²⁾ ³⁾, Barkhausens¹⁾ ⁴⁾ Gill und Morells⁴⁾ ⁵⁾.

Ein Zweiröhrengenerator mit Elektronenröhren solcher Art kann als ein Schwingungskreis, der aus zwei parallelen Leitern mit Kapazitäten an den Enden besteht, betrachtet werden. Die Schwingungsdauer eines solchen Systems ergibt sich aus der Gleichung (1), analog der Gleichung Abrahams, d. h.:

$$\text{tg } \xi = \frac{\xi l (a_0 - a_l)}{\xi^2 a_l a_0 - l^2}, \quad (1)$$

wo $a_0 = \frac{c_0}{c_1}$

$$a_l = \frac{c_l}{c_1}$$

$$\xi = \frac{2\pi l}{\lambda}$$

und c_1 die Kapazität der Längeneinheit, c_0 die konzentrierte Kapazität bei $x = 0$ c_l die konzentrierte Kapazität bei $x = l$ bedeuten.

Jene Werte von λ , die den Wurzeln dieser transzendentalen Gleichung entsprechen, bestimmen die Obertöne des Systems.

1) Elektronenröhren derselben Art waren bei Scheibe gebaut. — Jahrb. d. drahtl. Tel. 27, 1, 1926.
2) Großes positives Potential am Gitter und kleine positive Null oder negatives Potential an der Anode.

3) Zeitschr. f. Phys. 38, 621, 1926.

4) Physik. Zeitschr. 21, 1, 1920.

5) Phil. Mag. 44, 161, 1922.

Der erste Einzelfall: die Röhre ist an einem Ende angebracht, das zweite Ende bleibt offen (Generator von Barkhausen und von Scheibe).

$$a_l = c_l = 0; \quad \text{tg } \xi = - \frac{\xi c_0}{c_1 l}$$

Der zweite Einzelfall: an einem Ende ist die Röhre angebracht, am anderen Ende ein Kondensator von großer Kapazität¹⁾ (Generator von Gill und Morell). Der Fall ist von Abraham untersucht worden.

$$\text{Hier sind } a_l = c_l = \infty \cdot \xi \text{ tg } \xi = \frac{c_1 l}{c_0}$$

In der nachstehenden Tabelle I sind Zahlenwerte für einen Zweiröhrengenerator gegeben. In der Rubrik λ_{mess} sehen wir die Messungswerte für die Wellenlänge, in der Rubrik λ_{ber} die nach Gleichung (1) berechneten Wellenlängen. Analoge Tabellen können auch für einen Einröhrengenerator angeführt werden.

$Da = 12 \text{ mm}$, $Dg = 4,88 \text{ mm}$, $Df = 0,1 \text{ mm}$.
Anodenlänge = 30 mm, Gitterlänge = 32 mm, Windungszahl des Gitters = 24.

In der ersten Spalte dieser Tabelle ist eine Reihe berechneter Obertöne angegeben, in der zweiten sehen wir die experimentell laut der Wellenlänge erhaltenen Obertöne. Die Zahl der experimentell erhaltenen Obertöne ist bedeutend geringer, als die Zahl der berechneten. Jedoch muß in Betracht gezogen werden, daß diese Berechnung durchaus einseitig ist, da sie auf die energetischen Bedingungen für die Möglichkeit der Entstehung eines jeden einzelnen Obertons nicht eingeht.

1) Abraham. Theorie der Elektrizität. Bd. I, 6. Aufl.

In der Tabelle I sind alle Wellenlängen, mit Ausnahme der mit * und Nummern bezeichneten, für $E_a = 0$ erhalten und liegen auf der Kurve der maximalen Energie $\lambda \sqrt{Eg} = \text{Const}$; sie bilden zugleich die Schnittpunkte dieser Kurve mit den Geraden, die die Abhängigkeit der λ von Eg darstellen (Fig. 4)¹⁾. In der Tabelle sind mit Nummern bezeichnet solche Obertöne, die bei $E_a \neq 0$ erhalten wurden:

1. $E_a = -8 \text{ V}$
2. $E_a = -8,5 \text{ V}$
3. $E_a = -10 \text{ V}$
4. $E_a = -18 \text{ V}$

und mit dem Zeichen * jene, die bei Betriebsbedingungen erzeugt wurden, welche ursprünglich verschieden von den Barkhausenschen sind, und zwar:

bei $E_a = 200-220 \text{ V}$ und $E_g = 10-20 \text{ V}$.

Auf diese Weise, durch Veränderung der Betriebsverhältnisse (d. h. Variation der Röhrenregelung), werden verschiedene Obertöne des Systems erhalten; möglicherweise könnte bei vollständigerer und gründlicherer Forschung die Tabelle I noch ergänzt werden. Der zweite Typ der neugebauten Röhren besteht aus folgendem: das Gitter und der Stift, auf dem das Gitter angebracht ist, bilden eine Schleife (abcd, Fig. 2). Ferner be-

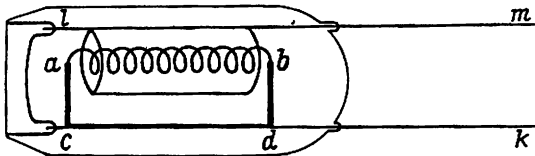


Fig. 2.

zeichnen wir diese Schleife als inneren Schwingungskreis, zum Unterschied vom äußeren (aklm). Diese Röhren wurden nur in Einröhrensaltungen von Barkhausen und von Gill und Morell geprüft. Als Ergebnis wurde für jede Röhre außer den gewöhnlichen Schwingungen, einem Energiemaximum der Kurve $\lambda \sqrt{Eg} = \text{Const}$ entsprechend, eine Welle von bestimmtem Spannungsgebiet gefunden. Diese Welle wurde bei großen Werten von Eg erhalten und liegt nicht auf der Kurve $\lambda \sqrt{Eg} = \text{Const}$. Ihre Wellenlänge steht in keinem Zusammenhang mit der Länge des äußeren Kreises; nur Spannungsänderungen veränderten ihren Wert um 1—2 Proz. Es wurden vier Röhren dieser Art gebaut mit verschiedener Windungszahl der

Gitterspirale, aber mit gleichem Durchmesser von Gitter, Anode und Glühdraht. Die Messungsergebnisse sind in der Tabelle II zu sehen. In der ersten Spalte sind die vollen Längen der inneren Schwingungskreise mit auseinandergezogener Gitterspirale angebracht; in der zweiten Spalte die Wellenlängen und in der dritten die Spannungen, die der maximalen Intensität dieser Wellenlänge entsprechen. Wie aus der Tabelle II zu ersehen ist, genügen diese Wellen

Tabelle II.

Länge des inneren Kreises	λ	Eg	$\lambda \sqrt{Eg}$
28,5	24	180	321
23,5	20	230	304
21,5	19	270	311,6
16,5	15,5	386	303,8

der Gleichung $\lambda \sqrt{Eg} = \text{Const}$ ungefähr, und die Wellenlänge stimmt leidlich mit der Länge des inneren Schwingungskreises überein. Das Auftreten dieser Wellen kann man nach dem Anodenstrom beurteilen, ebenso, wie im Falle des äußeren Kreises. Im äußeren Schwingungskreise finden ebenfalls stehende Wellen statt. Sie sind jedoch nur in der Gitterantenne scharf ausgeprägt.

In allen beschriebenen Versuchen wurden die Wellenlängen in einem Lecherschen System gemessen, das über dem äußeren Schwingungskreise gespannt wurde.

Diese Ergebnisse stimmen vollkommen überein mit denen von Prof. D. A. Roschansky¹⁾, welcher gezeigt hat, daß jede Röhre eine Reihe von inneren Schwingungskreisen enthält, die durch Zuführungen der Leitungen zum Glühdraht, zur Anode und zum Gitter gebildet werden, und daß es durch die Wahl passender Betriebsverhältnisse möglich ist, beliebige von diesen Schwingungskreisen zu fördern (d. h. beliebige innere Schwingungskreise zu erregen).

In dem Falle, in dem der äußere Schwingungskreis mit dem inneren, wie in der Fig. 2, verbunden ist, kann man die Schwingungen in die Lecherschen Drähte leiten. Die Frage über die Art der Verbindung der Drähte mit dem inneren Kreise ist jedoch nicht näher untersucht worden.

Als Zusammenfassung ist zu wiederholen, daß bei Röhren zweiter Art, je nach den Betriebsbedingungen der Röhre, dieser oder jener der Obertöne des äußeren Schwingungskreises erzeugt oder Schwingungen im inneren Kreise erzeugt werden können.

1) Zeitschr. f. Phys. 38, 621, 1926.

1) C. R. de l'ac. des sciences de U. S. S. R. 1928.

Diese Arbeit ist in der vakuumtechnischen Abteilung des Staatlichen Elektrotechnischen Prüfungsinstituts ausgeführt worden.

Dem Leiter der Abteilung, Herrn Prof. Dr. W. J. Romanoff möchte ich hier meinen Dank für manchen wertvollen Hinweis und guten Rat ausdrücken.

(Eingegangen 4. September 1928.)
