



„MINIWATT“
EMPFÄNGER-
R Ö H R E N

VERSTÄRKER-
R Ö H R E N

GLEICHRICHTER
R Ö H R E N

REGULATOR
R Ö H R E N

ÖLCONDEN-
S A T O R E N

ELEKTROLYT-
KONDENSATOREN

N. F. TRANS-
FORMATOREN

LAUTSPRECHER-
S Y S T E M E

WIDERSTÄNDE

I N H A L T:

Über die Empfindlichkeit von Rundfunkgeräten. Die neuen Philips Röhren für die nächste Saison.

Über die Empfindlichkeit von Rundfunkgeräten

Sobald irgendein Apparat fabrikmässig hergestellt wird, ergibt sich die Notwendigkeit, seine Eigenschaften genau festzulegen. Die so ermittelten Zahlen bilden nicht nur die Grundlage der Konstruktionsberechnungen, sie ermöglichen auch einen zuverlässigen Vergleich des geplanten Gerätes mit schon bestehenden gleichartigen Apparaten.

Der Käufer ist sich über die Bedeutung dieser Zahlenangaben meist nicht klar; Techniker und Geschäftsmann müssen sie jedoch richtig deuten können.

In den Vereinigten Staaten hat die Normung schon seit einigen Jahren bestimmte Teile der Empfängerfabrikation erfasst; ihre Vorteile und ihr grosser Nutzen stehen ausser Frage, trotzdem ist die Normung in Europa noch wenig verbreitet.

Frühere Hefte des „Philips Monatsheftes für Apparate-Fabrikanten“ haben schon gezeigt, wie die Trennschärfe zahlenmässig genau ausgedrückt werden kann. Dasselbe Verfahren soll nunmehr zur Bestimmung der Empfindlichkeit angewandt werden.

Vorausgeschickt sei eine Erklärung des Begriffes selbst.

Der Laie verlangt häufig von einem Empfangsgerät die Möglichkeit, eine beliebige, nur sehr schwach hörbare Station zu empfangen, und diese Bedingung an sich ist der Ausgangspunkt für die Begriffsdeutung der Empfindlichkeit.

Experimentell ist nachgewiesen worden, dass in einem Zimmer mittlerer Grösse die Lautstärke der Musikwiedergabe nicht zu klein ist, wenn der Lautsprecher 50 Milliwatt aufnimmt; unter diesen Umständen gilt die Empfangsmöglichkeit als gegeben.

Ursprünglich hatte das Institute of Radio Engineers folgende Definition angenommen: Ausgegangen wurde von einem Empfangsgerät an einer Antenne von 4 m effektiver Höhe; das eintreffende Signal wurde durch die elektrische Feldstärke um diese Antenne in Mikrovolt je Meter bestimmt. Der Ausdruck 4 m Effektivhöhe bedeutet, dass die sich aus dem Feld ergebende elektromotorische Kraft effektiv in 4 m Höhe auftritt.

Nach dieser Definition ist zum Beispiel ein Empfänger zur Aufnahme einer Sendung im Hörbereich imstande, wenn er ein Feld von 100 Mikrovolt pro Meter erzeugt. Gemäss der jetzigen Norm bedarf es zu normaler Wiedergabe einer elektromotorischen Kraft von 400 Mikrovolt zwischen den Eingangsklemmen des Empfängers. Dieser Wert kann unmittelbar aus Messungen abgeleitet werden, und damit ist eine leichte Vergleichsmöglichkeit mehrerer Empfangsgeräte gegeben.

Der Einfluss der Antenne auf Empfindlichkeit und Selektivität des ersten Abstimmkreises kann sehr gross sein. Man braucht also eine Einheitsantenne, die die Eigenschaften der wirklichen Antenne aufweist (Kapazität, Selbstinduktion, Widerstand; s. Abb. 1). Folgende Werte sind für diese Eichantenne vorgeschlagen worden:

200 μF , 20 μH und 25 Ohm. Diese Werte entsprechen den üblichen praktischen Betriebsbedingungen. Alle Zahlen zur Bestimmung der Empfindlichkeit, Selektivität usw. fussen auf der Verwendung einer derartigen Eichantenne.

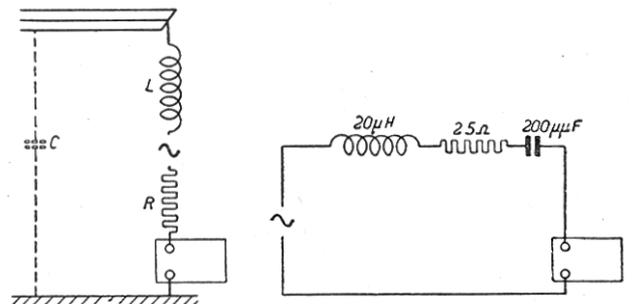


Abb. 1

Da sich die Ausgangsleistung auch nach der Modulationstiefe des eintreffenden Signales richtet, wird in der Eichantenne ein mit 30% moduliertes und 400 Hertz entsprechendes Signal angenommen. Diese Frequenznorm gilt für die Empfindlichkeit, weil diese nicht für alle Frequenzen dieselbe ist.

Der Empfänger allein ist jedoch nicht massgebend für die Ausgangsleistung; vielmehr muss auch die Lautsprecherimpedanz berücksichtigt werden. Nach den Vorschriften des erwähnten Normungsausschusses soll die Leistung hinter einem der Endröhre angepassten nicht induktiven Widerstande gemessen werden, der an die Ausgangsklemmen angeschlossen ist. Praktisch beträgt dieser Widerstand 7.500 Ohm für eine Penthode als Endröhre und 4.000 Ohm für eine Triode.

Zur Bezeichnung der Empfindlichkeit dient die Hochfrequenzspannung in Mikrovolt, die zur Erzielung von 50 Milliwatt in einem an die Ausgangsklemmen angeschlossenem nicht induktiven Widerstand an die Antennen- und Erdklemme des Empfängers angelegt werden muss. Vorausgesetzt wird, dass der Empfänger an einer Eichantenne mit obigen Daten arbeitet und dass diese Antenne ein 30%ig moduliertes 400-Hertz-Signal durchfließt.

Nach dieser Definition zeichnet sich ein hochempfindliches Gerät durch eine niedrige Hochfrequenz-Mikrovoltzahl aus, während eine sehr hohe Hochfrequenz-Mikrovoltzahl das Kennzeichen eines Apparates mit geringer Empfindlichkeit ist.

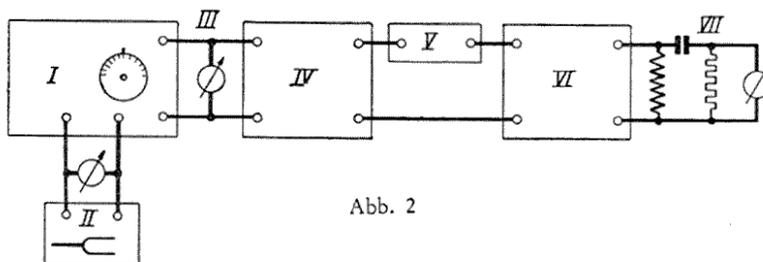


Abb. 2

Die Messung der Empfindlichkeit erfolgt mit der in Abb. 2 schematisch gezeigten Vorrichtung; darin ist I der in Metern Wellenlänge geeichte Sender, der durch einen Niederfrequenzoszillator (II) von 400 Hertz moduliert wird. Der Oszillator liefert die für eine 30%-

ige Modulation geregelte Wechselspannung III.

Die Frequenz des Oszillatorsignales ist nicht genormt, weil die Empfindlichkeit häufig von diesem Wert abhängig ist. Zur Beurteilung eines Empfängers muss man also die Empfindlichkeit für verschiedene Frequenzen kennen.

Da der Hochfrequenzoszillator eine Spannung von 1 Volt liefert, dem Empfänger jedoch unter Umständen 10 Mikrovolt zugeführt werden sollen, muss die Spannung 100.000mal ermässigt werden.

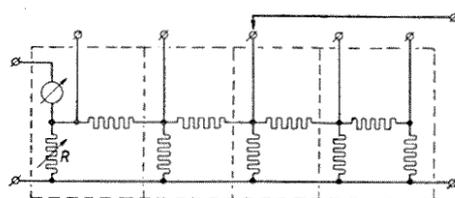


Abb. 3

Weil sehr niedrige Hochfrequenzspannungen (von der Grössenordnung von einigen Mikrovolt) schwierig zu messen sind, wird die Spannung an den Eingangsklemmen des geeichten Spannungsteilers (IV) gemessen. Dieses Gerät, das in Abb. 3 separat gezeichnet ist, besteht aus mehreren Potentiometern in Reihe. In dem geeichten, regelbaren Widerstand R wird der Strom gemessen und ist also die Eingangsspannung bekannt. Für die Messung dieses Stromes ist ein Thermoelement brauchbar; der Spannungsteiler wird dann in Mikrovolt geeicht. Geeignete Vorsichtsmassnahmen sind unerlässlich, wenn eine zutreffende, frequenzunabhängige Eichung verlangt wird. Damit kein Signal in den Spannungsteiler eindringen kann, ist das Ganze sorgfältig abzuschirmen.



Die Eichantenne (V in Abb. 2) wird zwischen dem Spannungsteiler und dem Versuchsapparat (VI) angeschlossen. Bei einem Empfänger mit Rahmenantenne erübrigt sich die Eichantenne, und die Hochfrequenzspannung wird unmittelbar in Reihe mit dem Rahmen angelegt.

Statt des Lautsprechers wird der Widerstand VII angeschlossen. Um den vom Anodenstrom herrührenden Spannungsabfall zu vermeiden, wird dieser Widerstand mit einer Drosselpule und einem geeigneten Kondensator gekoppelt. Die Leistungsaufnahme des Widerstandes VII in Watt ist leicht zu ermitteln, indem man die Wechselspannung mit einem Röhrevoltmeter misst.

Eine Spannung von 19,4 V an den Klemmen eines Widerstandes von 7.500 Ohm oder eine Spannung von 14,1 V an den Klemmen eines Widerstandes von 4.000 Ohm entspricht 50 Milliwatt.

Nachdem der Apparat auf die Frequenz des Hochfrequenzoszillators abgestimmt worden ist und das Signal eine für die Ablesung am Ausgangsvoltmeter ausreichende Stärke erreicht hat, wird die Signalstärke durch entsprechendes Regeln des Spannungsteilers gesteigert, bis die Ausgangsleistung gerade 50 mW beträgt. Die Stellung des Spannungsteilers gibt dann die Empfindlichkeit an.

Bei Rückkopplungsempfängern bereitet dieses Verfahren allerdings gewisse Schwierigkeiten, weil die Empfindlichkeit durch den Grad der Rückkopplung beeinflusst wird. Es ist daher ein ganz bestimmter Rückkopplungsgrad als Eichwert zu wählen.

Da die Selektivität mit der Rückkopplung auf Kosten der Wiedergabequalität zunimmt, hat man die Selektivität als Mass für die Rückkopplung vorgeschlagen. Leider sind aber die Messungen recht umständlich; auch haben die Messergebnisse keinen grossen praktischen Wert.

Gewohnheitsmässig wird die Rückkopplung ohne Rücksicht auf die Selektivität eingestellt. Annähernd sind die praktisch vorliegenden Betriebsverhältnisse zu erreichen, wenn man den Oszillator mit Musik moduliert und den Empfänger bei günstigster Rückkopplung auf ein schwaches Signal abstimmt. Nach erfolgter Regelung schaltet man nur die Modulation mit 400 Hertz ein, um dabei, ohne jede Änderung am Empfänger, die Empfindlichkeit zu messen.

Der grösseren Deutlichkeit halber veranschaulicht Abb. 4 die Empfindlichkeitskurve des Philips Empfängers 830A, die nach den hier gegebenen Vorschriften aufgenommen worden ist.

Betrachten wir jetzt einen Empfänger an einer ziemlich gut angelegten Antenne mit einer effektiven Höhe von 2 m. In grösseren Wohnvierteln ist eine effektive Antennenhöhe von mehr als 1 m schwierig zu verwirklichen. Eine Innenantenne hat sogar eine Effektivhöhe von nur etwa 50 Zentimeter.

Am Tage ergeben die meisten Fernsender am Empfangsort eine elektrische Feldstärke von nur einigen Mikrovolt pro Meter.

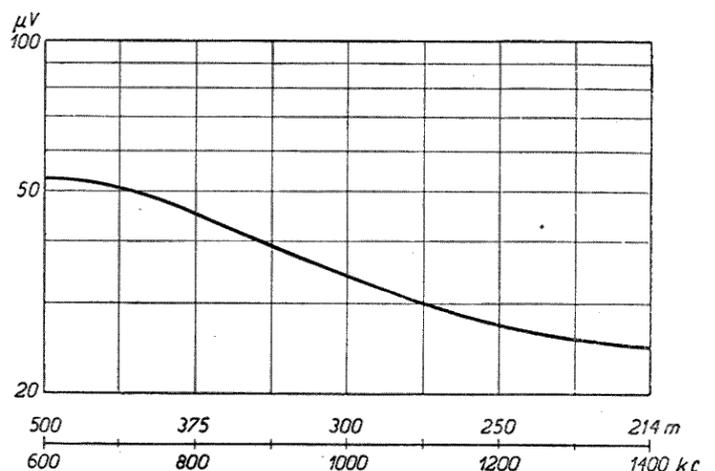


Abb. 4

Ein sehr einfacher Zwei- oder Dreiröhrenempfänger mit einer Empfindlichkeit von 500 Mikrovolt kann die Aussendungen von 100 $\mu\text{V/m}$ nicht aufnehmen; allenfalls könnte man mit diesem Apparat am Tage ausser dem Ortssender die Stationen empfangen, die 250 $\mu\text{V/m}$ erzeugen.

Die Empfindlichkeit des Gerätes 830A, durchschnittlich 40 Mikrovolt, ermöglicht keinen Empfang der Aussendungen von nur einigen Mikrovolt; die anderen Stationen werden normal gehört. Des Nachts erhöht sich die Signalstärke durch die Erscheinungen der Wellenreflexion (indirekte Strahlung).

Berechnung der Empfindlichkeit

An zwei Beispielen soll die Berechnung der Empfindlichkeit eines Rundfunkempfängers erklärt werden:

1. Dreiröhrenempfänger mit Hochfrequenzröhre E 452T, Audion in Gittergleichrichtung E 424 und Endpenthode C 443. Abb. 5 zeigt das vereinfachte Schaltbild.

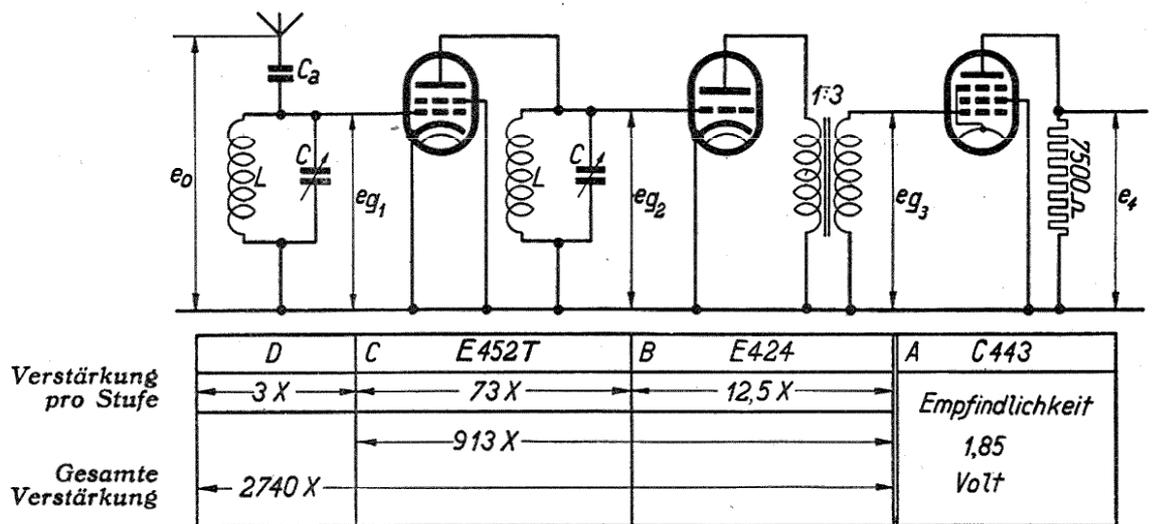


Abb. 5

- A. Zunächst wird die Niederfrequenzspannung berechnet, die zur Erzielung von 19,4 Volt an den Klemmen eines in den Anodenkreis geschalteten Widerstandes von 7.500 Ohm an das Gitter der Penthode angelegt werden muss.

$$e_4 = e_{g3} \cdot \frac{7500 \cdot R_i}{7500 + R_i} \text{ oder}$$

$$e_{g3} = 19,4 \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{7500 + R_i}{7500 \cdot R_i} = 19,4 \cdot \frac{1}{1,7 \cdot 10^{-3}} \times \frac{7500 + 35000}{7500 \cdot 35000} = 1,85 \text{ V.}$$

- B. Danach ist das mit 30% modulierte H.F.-Signal zu bestimmen, das zur Erzielung von 1,85 Volt am Gitter der Endröhre an die Audionröhre gelangen muss. Dieser Wert richtet sich ganz nach der Art der Gleichrichtung und der N.F.-Verstärkung; meist ist das Verhältnis zwischen der H.F.-Spannung am Gitter und der N.F.-Spannung an den Klemmen des Anodenkreises nicht konstant. Abb. 6 veranschaulicht für eine E 424 mit folgendem Transformator 1 : 3 die N.F.-Spannung an den Sekundärklemmen des



Transformators als Funktion der dem Gitter zugeführten dreissigprozentig modulierten H.F.-Spannung. Das Verhältnis $\frac{NF}{HF}$, das bis zu einem gewissen Grade für die Verstärkerwirkung der Audionröhre ausschlaggebend ist, beträgt etwa 12,5; der Fehler ist nicht gross, wenn man die Verstärkung durch das Audion mit 12,5 angenommen hat. Zur Erzielung einer Spannung von 1,85 V am Gitter der Penthode bedarf es also einer H.F.-Spannung von $\frac{1,85}{12,5} = 0,148$ V am Gitter der Audionröhre.

- C. Um die am Gitter der ersten Röhre erforderliche Spannung zu ermitteln, wird gemäss nachstehender Formel die Hochfrequenzverstärkung berechnet:

$$eg2 = eg1 S \frac{Z \cdot Ri}{Z + Ri} \text{ wobei } Z = \frac{L}{C \cdot R} \text{ und } S \frac{Z \cdot Ri}{Z + Ri} \text{ ist die Verstärkung.}$$

Bei Kreisen mit $\frac{R}{L} = 50.000$, die auf eine Wellenlänge von 600 m ($\omega = 2 \pi \cdot 5 \cdot 10^5$) abgestimmt sind, und bei $C = 500 \mu\mu F$ ergibt sich: $Z = \frac{L}{RC} = \frac{1}{50.000 \cdot 500 \cdot 10^{-12}} = 40.000$ Ohm. Also für eine E 452 T (mit $S = 2$ mA/V und $Ri = 450.000$ Ohm) beträgt die Verstärkung: $S \frac{Z \cdot Ri}{Z + Ri} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{40.000 \times 450.000}{40.000 + 450.000} = 73$. Dem Gitter der ersten Röhre ist also zuzuführen: $\frac{0,148}{73} = 0,002$ V $\approx 2000 \mu V$.

- D. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Spannung in der Antenne durch den Kreis geändert wird.

$$eg1 = eg0 \cdot \frac{Ca}{C + Ca} \times \frac{\omega L}{R}$$

Wenn $Ca = 25 \mu\mu F$,

$$eg1 = e0 \frac{25}{500 + 25} \times \frac{2 \pi \cdot 5 \cdot 10^5}{50.000} = 3 eg0$$

also $eg0 = \frac{1}{3} \times 2000 = 670 \mu V$

Die Empfindlichkeit des als Beispiel gewählten Apparates beträgt demnach $670 \mu V$.

Man findet also die Empfindlichkeit eines Rundfunkempfängers, indem man die Empfindlichkeit der Endröhre durch sämtliche vorhergehenden Verstärkungen dividiert.

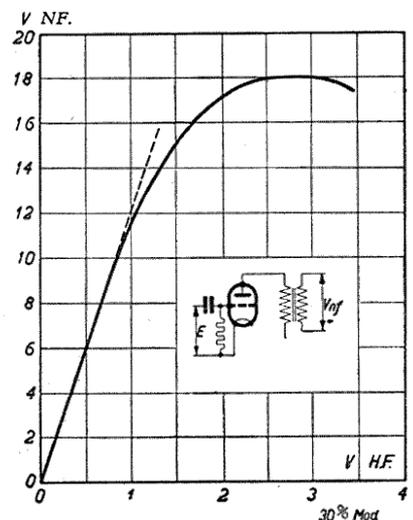


Abb. 6

2. Überlagerungsempfänger mit den neuen Philips Röhren.

E 446 als Modulatorröhre,

E 424 als Oszillatorröhre,

E 447 als Z.F.-Röhre,

E 444 als Audionröhre,

E 443H als Endpenthode.

Das vereinfachte Schaltbild ist in Abb. 7 dargestellt.

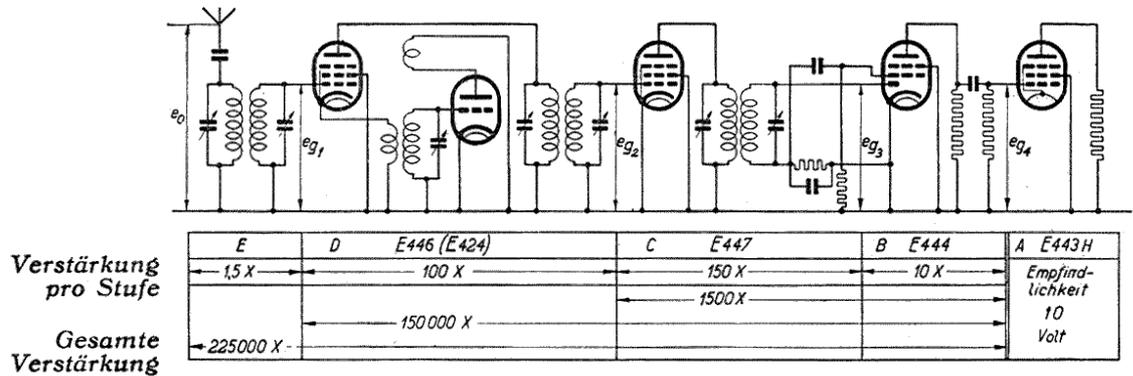


Abb. 7

- A. Für die Empfindlichkeit der E 443H ($S = 3 \text{ mA/V}$, $R_i = 43.000 \text{ Ohm}$) findet man:

$$eg_4 = 19,4 \frac{1}{S} \frac{75.000 + R_i}{75.000 \times R_i} = 19,4 \frac{1}{3 \cdot 10^{-3}} \frac{7500 + 43.000}{7500 \times 43.000} = 1 \text{ V.}$$

- B. Die Verstärkung der E 444 mit $V_a = 200 \text{ V}$, $V_{g'} = 33$ und einem Kopplungswiderstand von 0,3 Megohm beträgt etwa 10.
 C. Die Z.F.-Verstärkung ergibt sich zu:

$$S \cdot \frac{Z \cdot R_i}{Z + R_i}^{1/2} \quad (1/2, \text{ weil es sich um ein Bandfilter mit kritischer Kopplung handelt})$$

worin Z die Impedanz des Z.F.-Transformators (beispielweise 200.000 Ohm) darstellt. Wird die E 447 mit einer $V_{g'} = -2 \text{ V}$ betrieben ($S = 2 \text{ mA/V}$, $R_i = 1 \text{ Megohm}$), so beträgt die Z.F.-Verstärkung

$$2 \cdot 10^{-3} \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 200.000}{1,2 \cdot 10^6}^{1/2} = 167.$$

Da die Sekundärseite des Transformators durch die Diodengleichrichtung gedämpft ist, verringert sich diese Verstärkung um rund 10%, also auf etwa das 150fache.

- D. Für die Modulatorröhre kann man die Verstärkung der Mischröhre als das Verhältnis zwischen der Z.F.-Spannung am Gitter der nächsten Röhre und der H.F.-Spannung am Gitter der Modulatorröhre bestimmen.

Bei einer E 446 mit $V_{g'} = 150 \text{ V}$, $V_g = -4 \text{ V}$ und einer Oszillatorspannung von 2 V ist die Konversionssteilheit = 1,1 mA/V. (Siehe Monatsheft Nr. 6, Seite 5, unten.) Mit demselben Z.F.-Transformator wie oben wird die Verstärkung demnach:

$$S \cdot \frac{Z \cdot R_i}{Z + R_i}^{1/2} = 1,1 \cdot 10^{-3} \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10^{12}}{2,2 \cdot 10^6}^{1/2} = 100.$$

- E. Zuletzt ist noch die Änderung der Spannung im Antennenkreis zu berechnen, die durch folgende Formel gegeben ist:

$$eg_1 = eg_0 \frac{C_a}{C_a + C} \times \frac{\omega L}{R}^{1/2} \quad (1/2, \text{ weil es sich um ein Bandfilter mit kritischer Kopplung handelt}).$$

Bei gleichen Voraussetzungen wie im vorigen Beispiel findet man: $eg_1 = eg_0$.

Die Berechnung der Empfindlichkeit ergibt also:

$$1 \cdot 1/10 \cdot 1/15 \cdot 1/100 \cdot 2/3 = 4,5 \mu\text{V.}$$



Wie ersichtlich, ist die Empfindlichkeit ziemlich gross. Wenn diese grosse Empfindlichkeit nicht erwünscht ist, könnte man das Gitter der Modulatorröhre an eine Anzapfung der zweiten Bandfilterspule legen oder den Antennenkondensator kleiner wählen, wodurch ausserdem auch die Selektivität noch gesteigert wird.

Die neuen Philips Röhren für die nächste Saison

Nr. 6 des Philips Monatsheftes für Apparatefabrikanten enthielt die verschiedenen Daten und Kennlinien der neuen Röhren. Beim Erscheinen des genannten Heftes war es jedoch noch nicht möglich, für jede neue Röhre sämtliche Kennlinien zu veröffentlichen, da die Massenfabrikation einiger Typen noch nicht so weit gediehen war, dass das richtige Verhältnis zwischen dem Anodenstrom und der angelegten Gitter- oder Anodenspannung schon ganz genau hätte angegeben werden können. Da die Fabrikation der bewussten Röhren seit der Drucklegung des Heftes 6 aber in ihr endgültiges Stadium eingetreten ist, können nunmehr die vollständigen Daten dieser Röhren bekanntgemacht werden.

Der Vollständigkeit und besseren Übersicht halber werden einige Daten der Röhren hier nochmals veröffentlicht.

Die Philips H. F.-Penthode B 2046 und die H. F.-Penthode-Selektode B 2047

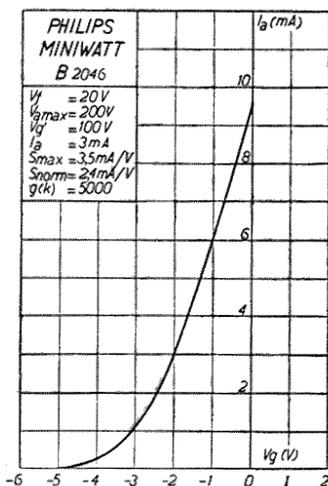


Abb. 1.

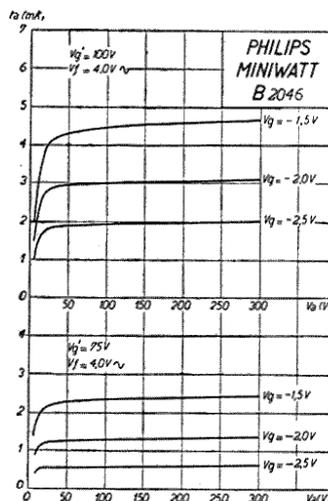


Abb. 2.

Veröffentlichungsdaten der Type B 2046

V_f = ca. 20 V	S_{max} = 3,5 mA/V
I_f = 0,180 A	S_{norm} = 2,4 mA/V
V_a = 200 V	R_i = 2 M Ω
V_g = 100 V	C_{ag} = 0,002 $\mu\mu$ F
I_a = 3 mA	l = 133 mm
V_g = -2 V	d = 51 mm
g = 5000	Sockel = 0 35

Daten für Konstrukteure der Type B 2046

V_{a0} = 250 V	I_{g1} = 1,1 (ca. 0,8-1,4) mA
V_{aR} = 250 V	V_{g1} = -1,3 V
V_{aL} = 200 V	R_{g1} = 1,5 M Ω
W_a = 1,0 W	R_{g2} = 1 M Ω
I_c = 10 mA	V_{fc} = 100 V
V_{g10} = 250 V	R_{fc} = 20,000 Ω
V_{g1} <math>\left\{ \begin{array}{l} < 1,5 \times V_a \\ \text{(max. 200 V)} \end{array} \right. <td>C_{ag} = 0,002 $\mu\mu$F</td>	C_{ag} = 0,002 $\mu\mu$ F
W_{g1} = 0,3 W	C_g = 12,5 $\mu\mu$ F
	C_a = 9,9 $\mu\mu$ F

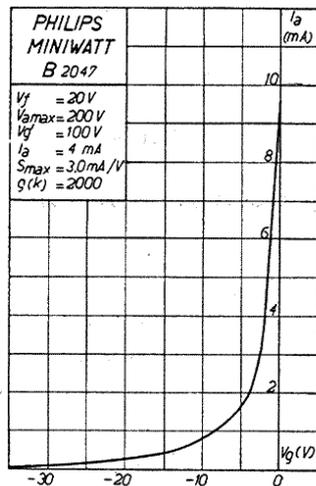


Fig. 3

**Veröffentlichungsdaten
der Type B 2047**

- V_f = ca. 20 V
- I_f = 0,180 A
- V_a = 200 V
- $V_{g'}$ = 100 V
- I_a = 4 mA ($V_g = -2$ V)
- I_a = 0,01 mA ($V_g = -35$ V)
- g = 2000
- S_{max} = 3 mA/V
- S_{norm} = 1,8 mA/V ($V_g = -2$ V)
- S = 0,005 mA/V ($V_g = -35$ V)
- R_i = 1,1 M Ω ($V_g = -2$ V)
- R_i > 10 M Ω ($V_g = -35$ V)
- C_{ag} = 0,002 μ F
- l = 133 mm
- d = 51 mm
- Sockel = 0 35

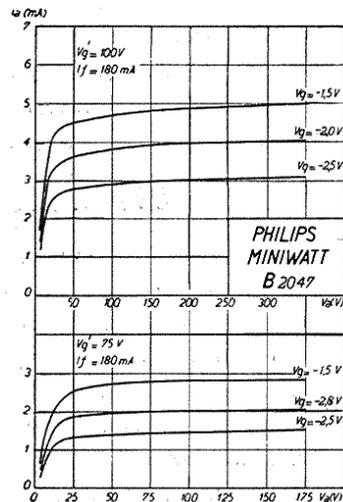


Fig. 4

**Daten für Konstrukteure
der Type B 2047**

- V_{a0} = 250 V
- V_{aR} = 250 V
- V_{aL} = 200 V
- W_a = 1,5 W
- I_c = 10 mA
- $V_{g'0}$ = 250 V
- $V_{g'}$ < 1,5 \times V_g (max. 150 V)
- $W_{g'}$ = 0,3 W
- $I_{g'}$ = 1,8 (ca. 1-2,5) mA
- V_{g_i} = -11,3 V
- R_{g_1} = 4 M Ω
- V_{fc} = 100 V
- R_{fc} = 20.000 Ω
- C_{ag} = 0,002 μ F
- C_g = 12,5 μ F
- C_a = 9,9 μ F

Die Philips Mixhexode B 2048

Veröffentlichungsdaten

- V_f = ca. 20 V
 - I_f = 0,180 A
 - V_5 = 200 V
 - V_3 = 200 V
 - V_2 = 100 V
 - V_4 = -1,5 V bei $V_5 = 100$ V
 - = -3,0 V bei $V_5 = 200$ V
 - V_1 = -1,5 V
 - I_5 = ca. 4,0 mA
 - I_3 = ca. 8,0 mA
- } $V_1 = V_4 = -1,5$ V

Daten für Konstrukteure

- V_{50} = 250 V
- V_{5R} = 250 V
- V_{5L} = 200 V
- W_5 = 1 W
- $V_{g_{i(4)}}$ = -1,3 V
- V_{30} = 250 V
- V_{3R} = 200 V
- V_{3L} = 200 V
- W_3 = 2 W
- V_{20} = 175 V
- V_2 = 120 V
- I_2 = 1,8 mA
- W_2 = 0,4 W
- $V_{g_{i(1)}}$ = -1,3 V
- $R_{g_{1(1)}}$ = 1,5 M Ω
- $R_{g_{2(1)}}$ = 1 M Ω
- I_c = 15 mA
- V_{fc} = 100 V
- $C_{(1/3)}$ = 0,015 μ F
- C_{a_3} = 7,0 μ F
- C_g = 11,5 μ F
- C_{a_3} = 12,5 μ F