

EF 8 Rauscharme H.F.-Verstärkerröhre-Selektode

Die Röhre EF 8 ist eine H.F.-Verstärkerröhre mit veränderlicher Steilheit, die sich durch besonders geringes Rauschen kennzeichnet. Da das Rauschen von Schirmgitterröhren und Pentoden hauptsächlich durch die Stromverteilung zwischen Schirmgitter und Anode verursacht wird und ein geringer Schirmgitterstrom in diesem Sinne günstig ist, wurde ein möglichst kleiner Schirmgitterstrom angestrebt. Der Aufbau der EF 8 ist ähnlich wie bei einer Pentode, d.h. die Röhre hat ein Steuergitter, ein Schirmgitter und ein Fanggitter. Zwischen dem Steuergitter und dem Schirmgitter befindet sich jedoch noch ein zusätzliches Gitter, das meistens mit der Kathode verbunden wird und genau dieselbe Steigung hat wie das Schirmgitter. Die Gitterwindungen dieses Zusatzgitters sind genau vor die Windungen des Schirmgitters gelagert. Durch das Zusatzgitter werden die Elektronen auf ihrem Wege zur Anode abgestoßen und in Bündeln vereinigt, die genau durch die Öffnungen im Schirmgitter hindurchgeleitet werden. Es werden auf diese Weise wesentlich weniger Elektronen auf das Schirmgitter auftreffen, als wenn das Zusatzgitter nicht vorhanden wäre. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Elektronenbahnen durch die verschiedenen Gitter. Gitter 3 hat die Aufgabe, durch zwei Gitter mit niedrigem Potential (Gitter 1 und 2) genügend Elektronen von der Kathode anzuziehen. Dies kann nur erreicht werden, wenn der Durchgriff von g_3 durch g_2 hindurch groß ist, was eine große Steigung des Gitters 2 und 3 bedeutet. Außerdem ist es aus demselben Grunde erforderlich, die Schirmgitterspannung zu erhöhen. Diese wurde von dem üblichen Wert von 100 Volt auf 250 Volt hinaufgesetzt. Ein Nachteil besteht allerdings darin, daß die Steigungen so groß sein müssen, daß auch die Anode noch einem beträchtlichen Durchgriff durch g_4 , g_3 und g_2 hindurch nach g_1 hat.

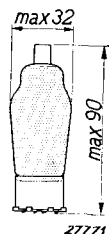


Abb. 1
Abmessungen in mm.

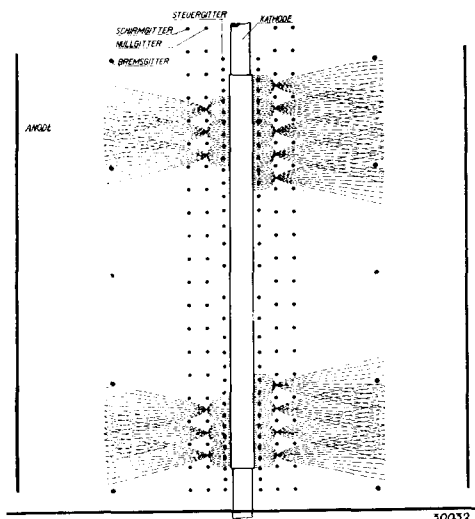


Abb. 3

Verlauf der Elektronenbahnen von der Kathode bis zum Raum zwischen Schirmgitter und Anode. Das zweite Gitter bildet mit dem dritten eine Elektronenoptik, deren Brennpunkt etwa vor Gitter 2 liegt.

Diese Optik bewirkt, daß die Elektronen genau durch die Maschen des dritten Gitters hindurchgehen, und daher ist der Schirmgitterstrom nur sehr gering.

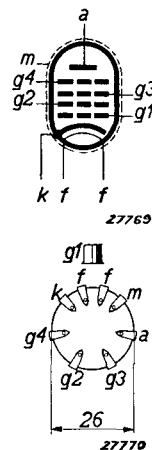


Abb. 2.
Elektrodenanordnung
und Sockelanschlüsse.

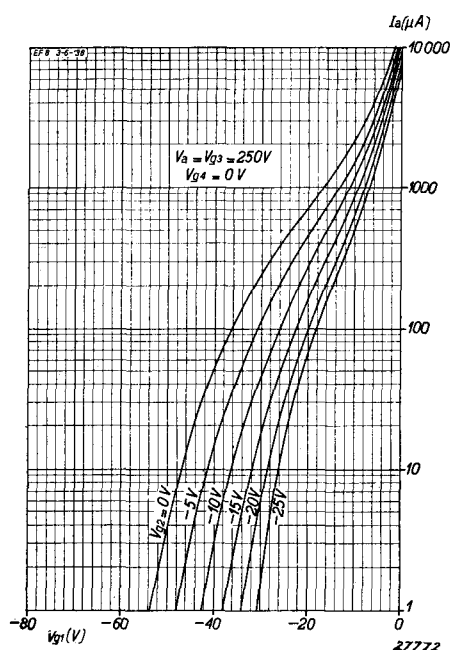


Abb. 4

Anodenstrom als Funktion der Gitterspannung bei verschiedenen negativen Spannungen an Gitter 2.

frequenzverstärker bedingt, schafften haben muß. Da sie meistens ebenfalls durch die automatische Lautstärkeregelung beeinflusst wird, müssen die günstigen Quermodulations-eigenschaften insbesondere bei sehr starken Signalen, wenn die Röhre heruntergeregt ist, beibehalten bleiben. Eine sehr günstige Quermodulationscharakteristik wurde bei einem Anodenstrom von 8 mA im unregulierten Zustand erreicht. Die besondere Konstruktion hat es ermöglicht, bei diesem für das Rauschen ungünstigen Wert des Anodenstromes ein sehr geringes Röhrenrauschen zu erzielen. Durch die obenerwähnten Maßnahmen wurde der Schirmgitterstrom auf 0,2

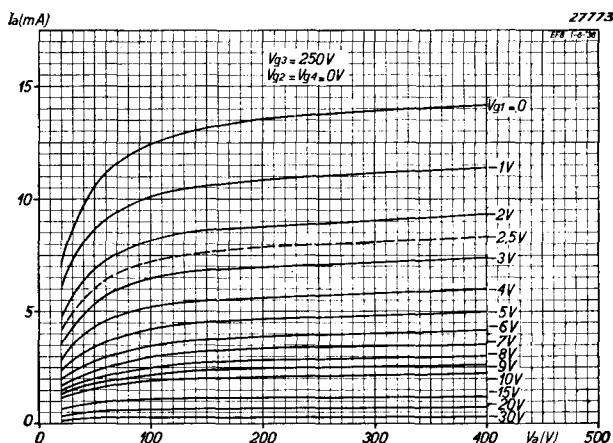


Abb. 5

Anodenstrom als Funktion der Anodenspannung bei verschiedenen negativen Spannungen an Gitter 1, Gitter 2 an die Kathode angeschlossen.

Hieraus ergibt sich eine größere Gitteranodenkapazität, als sie normalerweise bei Penthoden, wie der EF 5 und EF 9, vorhanden ist. Sie beträgt bei der EF 8 maximal 0,007 $\mu\mu\text{F}$, bei der EF 5 dagegen maximal 0,003 $\mu\mu\text{F}$. Aus demselben Grunde ist der Innenwiderstand niedriger, und zwar beträgt er 0,45 Megohm. Da die EF 8 nur als Hochfrequenzverstärker, d.h. als Eingangs-röhre des Empfängers, Sinn hat, erschweren die größere C_{ag1} und der kleinere Innenwiderstand nicht die Verwendung dieser Röhre. Im Kurzwellenbereich sind die Kreisimpedanzen sowieso niedrig, und in den normalen Rundfunkbereichen wird die volle Verstärkungsmöglichkeit dieser Röhre meistens nicht ausgenutzt, da sonst zu große Signale am Eingangs-gitter der Mischröhre auftreten.

Auf die Eingangs-röhre eines Empfängers folgt die größte Verstärkung, die Verstärkung hinter den anderen Röhren ist bereits viel kleiner, so daß diese sich nur unwesentlich am Gesamt-rauschen des Empfängers beteiligen. Durchweg wird als Eingangs-röhre eine Mischröhre verwendet.

Die Mischröhre ergibt bekanntlich ein erhebliches Rauschen, und bessere Empfänger, in denen bereits nach Erniedrigung der Rausch-störung gesucht wurde, werden aus diesem Grunde mit einer Hochfrequenz-vorröhre ausgestattet.

Die Anwendung der EF 8 als Hoch-

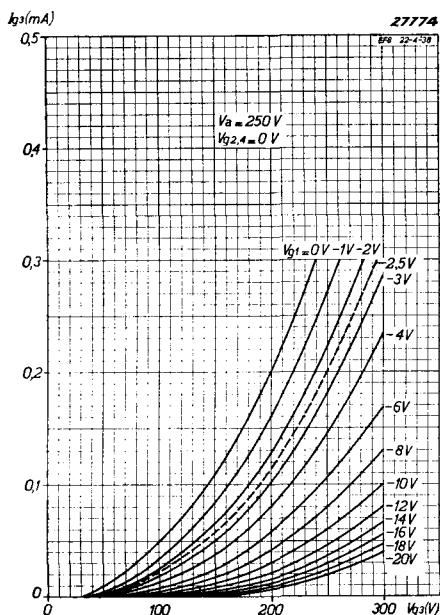


Abb. 6

Schirmgitterstrom als Funktion der Schirmgitterspannung bei verschiedenen Gittervorspannungen, wenn Gitter 2 an die Kathode angeschlossen ist.

durch Anwendung der EF 8 um einen Faktor

$$\sqrt{\frac{25000}{13000}} \cong 1,4 \text{ gebessert hat. Am Ende}$$

des Kurzwellenbereiches, z.B. bei 50 m, ist die Kreisimpedanz meistens viel niedriger, nämlich von der Größenordnung von 3000 Ohm. Hier hat die Verbesserung durch die Anwendung der EF 8 eine größere Bedeutung, da bei der EF 8 der gesamte Rauschwiderstand dann 6000 Ohm und bei der EF 5 18000 Ohm betragen würde. Hieraus ergibt sich eine Verbesserung des Rauschens um

$$\text{einen Faktor } \sqrt{\frac{18000}{6000}} = 1,73.$$

Im Mittel- und Langwellenbereich sind die Kreisimpedanzen durchweg viel höher. Sie sind von der Größenordnung 100.000 Ohm. Hier überwiegt also sowohl bei der EF 8 wie bei der EF 5 das Kreisrauschen gegen das Röhrenrauschen. In diesen Bereichen kann also normalerweise die EF 8 keine Verbesserung bringen.

Wenn aber aus anderen Gründen die Kreisimpedanzen in diesen Wellenbereichen auch

mA heruntergebracht. Zum Vergleich sei erwähnt, daß der Schirmgitterstrom der EF 5 2,6 mA beträgt. Infolge dieser Verringerung des Schirmgitterstroms wurde ein äquivalenter Rauschwiderstand von nur 3200 Ohm erreicht. Der äquivalente Rauschwiderstand der EF 5 beträgt dagegen rund 15000 Ohm, so daß die EF 8 in Bezug auf Röhrenrauschen eine nahezu 5fache Verbesserung darstellt.

Da nicht nur die Röhre allein als Rauschquelle zu betrachten ist, sondern die an das Gitter angeschlossenen Kreise und Widerstände ebenfalls zum Rauschen beitragen, wird normalerweise keine so hohe Verbesserung des Rauschens erzielt. Beträgt z.B. die Impedanz des an das Gitter angeschlossenen Abstimmkreises bei 15 m Wellenlänge 10.000 Ohm, so kann das Rauschen aus der ersten Stufe als von einem Widerstand von $10.000 + 3.000 = 13.000$ Ohm erzeugt gedacht werden. Mit einer EF 5 würde der gesamte Rauschwiderstand $10.000 + 15.000 = 25.000$ Ohm betragen. Nun ist die Rauschspannung an einem Widerstand proportional der Wurzel des Widerstandswertes, so daß sich das Rauschen

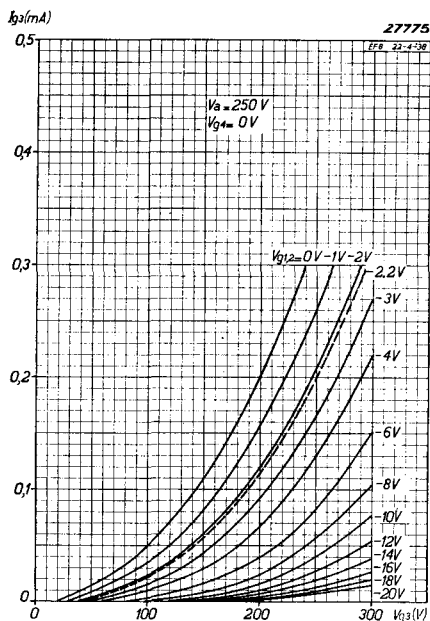


Abb. 7

Schirmgitterstrom als Funktion der Schirmgitterspannung bei verschiedenen Gittervorspannungen, wenn Gitter 2 an die Vorspannung von Gitter 1 angeschlossen ist.

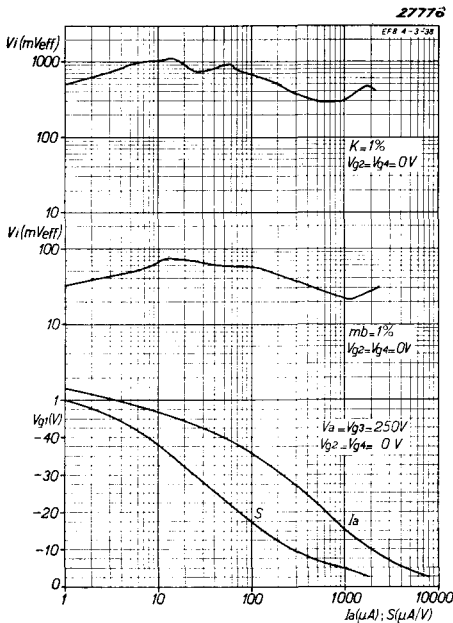


Abb. 8

aber eine größere Regelspannung der automatischen Lautstärkeregelung einem stärkeren Signal entspricht, wird das Verhältnis zwischen Signal und Rauschen günstiger. Die EF 8 hat für den Kurzwellenbereich sehr günstige Impedanzwerte, die die Erzielung einer sehr guten Verstärkung in diesem Gebiet gestatten. Da der H.F.-Widerstand von Anode und Gitter gegen Erde im Kurzwellenbereich gegen die Impedanzwerte der praktisch ausführbaren abgestimmten Kreise sehr hoch ist, lassen sich mit der EF 8 in diesem Bereich Verstärkungen gleich dem Produkt aus Steilheit und Anodenimpedanz erzielen. Gitter 2 kann entweder direkt an die Kathode angeschlossen oder wie Gitter 1 durch die Regelspannung der automatischen Lautstärkeregelung beeinflusst werden. Im letzteren Falle wird eine schärfere Regelung erzielt. Die Quermodulationskurve ist dann etwas weniger günstig, als wenn Gitter 1 an der Kathode liegt. In Bezug auf Rauschen sind beide Schaltungen gleichwertig. Die EF 8 bietet also die Möglichkeit, eine mehr oder weniger scharfe Regelung zu wählen.

niedrig sind, so kann die EF 8 Vorteile bieten. Um in Geräten mit Hochfrequenzverstärkung zu große Signale an der Mischröhre zu vermeiden, wird die Hochfrequenzverstärkung nicht zu groß gewählt (z.B. 10mal). Bei Röhren mit starkem Rauschen wurde die H.F.-Verstärkung hinter der Röhre unterdrückt, um das Rauschen zu beschränken. Dies wurde durch eine Anzapfung am zweiten Hochfrequenzkreis erzielt. Ist aber das Röhrenrauschen gering, so kann die Verstärkung vor dieser Röhre herabgesetzt werden. Dadurch wird erreicht, daß auch die H.F.-Röhre schwächere Signale zu verarbeiten hat, was im Zusammenhang mit Quermodulation und Modulationsverzerrung günstig ist. Das Signal an der H.F.-Röhre wird dann abgeschwächt, indem das Gitter an eine Anzapfung angeschlossen und dadurch das Kreisrauschen proportional herabgesetzt wird.

Der Rauschwiderstand dieser Röhre nimmt bei zunehmender Gittervorspannung zu. Da

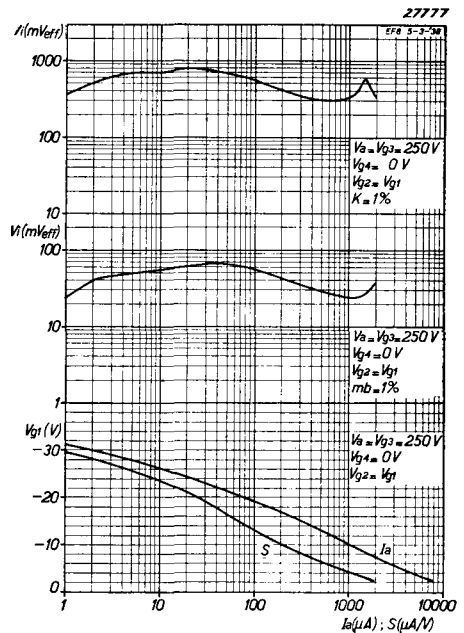


Abb. 9

Obere Kurve: Effektive Gitterwechselspannung als Funktion der Steilheit für 1% Quermodulation, Gitter 2 an der Regelspannung von Gitter 1.
Mittlere Kurve: Effektive Gitterwechselspannung als Funktion der Steilheit für 1% Modulationsbrummen.
Untere Kurve: Steilheit S und Anodenstrom I_a als Funktion der negativen Gitterspannung.

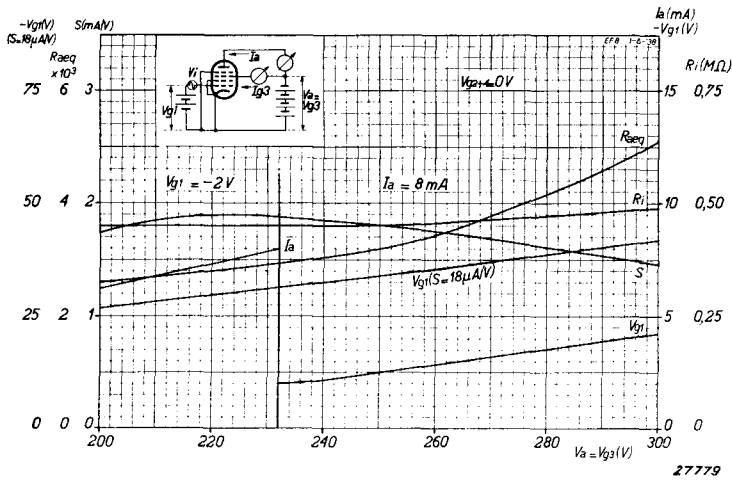


Abb. 10
Verschiedene Betriebswerte als Funktion der Anoden- und Schirmgitterspannung, wenn Gitter 2 an der Kathode liegt. Links vom Strich bei $V_{g1} = -2$ V, rechts bei $I_a = 8$ mA.

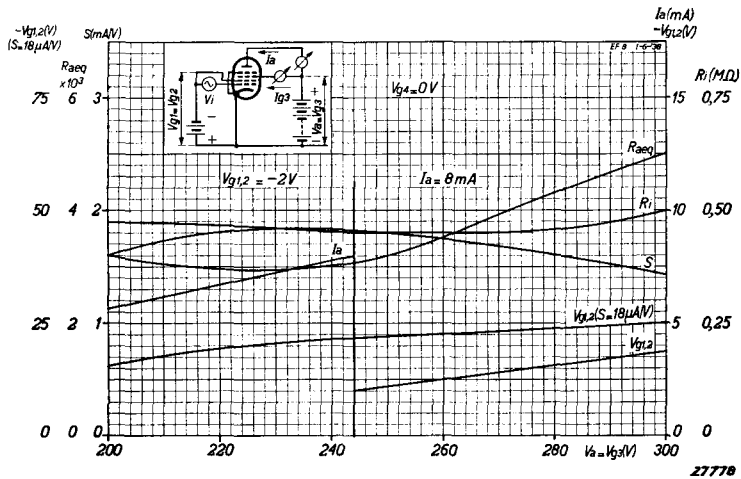
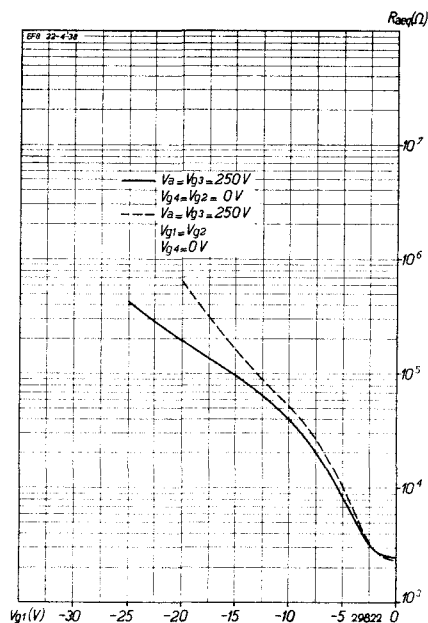


Abb. 11
Verschiedene Betriebswerte als Funktion der Anoden- und Schirmgitterspannung, wenn Gitter 2 an die Regelspannung von Gitter 1 angeschlossen ist. Links vom Strich bei $V_{g1} = V_{g2} = -2$ V, rechts bei $I_a = 8$ mA.



HEIZDATEN

Heizung: indirekt durch Gleich- oder Wechselstrom, Serien- oder Parallelspeisung:

Heizspannung $V_f = 6,3 \text{ V}$

Heizstrom $I_f = 0,200 \text{ A}$

KAPAZITÄTEN

$C_{ag1} < 0,007 \mu\text{F}$

$C_{g1} = 4,6 \mu\text{F}$

$C_a = 7,8 \mu\text{F}$

Abb. 12

Äquivalenter Rauschwiderstand als Funktion der negativen Gittervorspannung. Gestrichelt für Gitter 2 an der Regelspannung von Gitter 1, voll ausgezogen für Gitter 2 an Kathode.

BETRIEBSDATEN ALS H.F.-VERSTÄRKER

(g2 und g4 an Kathode)

Anodenspannung	$V_a = 250 \text{ V}$		
Spannung an Gitter 2	$V_{g2} = 0 \text{ V}$		
Schirmgitterspannung	$V_{g3} = 250 \text{ V}$		
Spannung an Gitter 4	$V_{g4} = 0 \text{ V}$		
Kathodenwiderstand	$R_k = 305 \Omega$		
Neg. Gittervorspannung	$V_{g1} = -2,5 \text{ V}^1)$	$-34 \text{ V}^2)$	$-50 \text{ V}^3)$
Anodenstrom	$I_a = 8 \text{ mA}$	—	—
Schirmgitterstrom	$I_{g3} = 0,2 \text{ mA}$	—	—
Steilheit	$S = 1800 \mu\text{A/V}$	$18 \mu\text{A/V}$	$1 \mu\text{A/V}$
Innenwiderstand	$R_i = 0,45 \text{ M}\Omega$	$> 10 \text{ M}\Omega$	$> 10 \text{ M}\Omega$
Äquivalenter Rauschwiderstand	$R_{aeq} = 3200 \Omega$	—	—

BETRIEBSDATEN ALS H.F.-VERSTÄRKER

(g2 an der Regelspannung von g1, g4 an Kathode)

Anodenspannung	$V_a = 250 \text{ V}$		
Schirmgitterspannung	$V_{g3} = 250 \text{ V}$		
Spannung an Gitter 4	$V_{g4} = 0 \text{ V}$		
Kathodenwiderstand	$R_k = 265 \Omega$		
Neg. Vorspannung an Gitter 1 und Gitter 2	$V_{g1} = V_{g2} = -2,2 \text{ V}^1)$	$-22 \text{ V}^2)$	$-28 \text{ V}^3)$
Anodenstrom	$I_a = 8 \text{ mA}$	—	—
Schirmgitterstrom	$I_{g3} = 0,2 \text{ mA}$	—	—
Steilheit	$S = 1800 \mu\text{A/V}$	$18 \mu\text{A/V}$	$2,5 \mu\text{A/V}$
Innenwiderstand	$R_i = 0,45 \text{ M}\Omega$	$> 10 \text{ M}\Omega$	$> 10 \text{ M}\Omega$
Äquivalenter Rauschwiderstand	$R_{aeq} = 3200 \Omega$	—	—

¹⁾ Im ungeregelten Zustand.

²⁾ Für eine Regelung der Steilheit von 1:100.

³⁾ Grenze des optimalen Regelbereiches.

GRENZDATEN

Max. Anodenkaltspannung	$V_{ao} = \text{max. } 550 \text{ V}$
Max. Anodenspannung	$V_a = \text{max. } 300 \text{ V}$
Max. Anodenbelastung	$W_a = \text{max. } 2,5 \text{ W}$
Max. Schirmgitterkaltspannung	$V_{g3o} = \text{max. } 550 \text{ V}$
Max. Schirmgitterspannung	$V_{g3} = \text{max. } 300 \text{ V}$
Max. Schirmgitterbelastung	$W_{g3} = \text{max. } 0,08 \text{ W}$
Max. Schirmgitterstrom (bei $V_{g1} = -2,5 \text{ V}$, $V_{g2} = 0 \text{ V}$, $V_{g3} = 250 \text{ V}$)	$I_{g3} = \text{max. } 0,24 \text{ mA}$
Min. Schirmgitterstrom (bei $V_{g1} = -2,5 \text{ V}$, $V_{g2} = 0 \text{ V}$, $V_{g3} = 250 \text{ V}$)	$I_{g3} = \text{min. } 0,16 \text{ mA}$
Max. Kathodenstrom	$I_k = \text{max. } 12 \text{ mA}$
Grenzwert des Gitterstromeseinsatzpunktes für Gitter 1	$V_{g1} (I_{g1} = +0,3 \mu\text{A}) = \text{max. } -1,3 \text{ V}$
Grenzwert des Gitterstromeseinsatzpunktes für Gitter 2	$V_{g2} (I_{g2} = +0,3 \mu\text{A}) = \text{max. } -1,3 \text{ V}$
Höchstwert des Widerstandes zwischen Gitter 1 und Kathode	$R_{g1k} = \text{max. } 3 \text{ M}\Omega$
Höchstwert des Widerstandes zwischen Gitter 2 und Kathode	$R_{g2k} = \text{max. } 3 \text{ M}\Omega$
Höchstwert des Widerst. zwischen Heizfaden und Kathode	$R_{fk} = \text{max. } 20.000 \Omega$
Max. Spannung zwischen Heizfaden und Kathode (Gleichspannung oder Effektivwert der Wechselspannung) . . .	$V_{fk} = \text{max. } 100 \text{ V}$

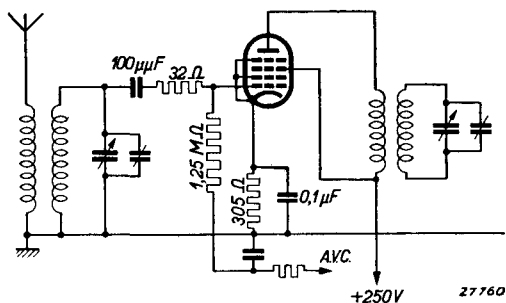


Abb. 13

Prinzip der Schaltung der EF 8 als H.F.-Röhre eines Superhets mit Regelspannung der automatischen Lautstärkeregelung nur an Gitter 1.

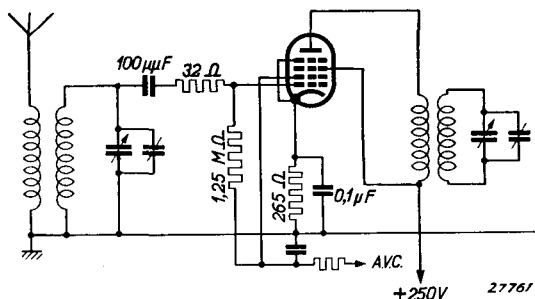


Abb. 14

Prinzip der Schaltung der EF 8 als H.F.-Röhre eines Superhets mit Regelspannung der automatischen Lautstärkeregelung an Gitter 1 und Gitter 2.

Die Anwendung dieser Röhre beschränkt sich auf die erste Hochfrequenzstufe des Empfängers. Sie bietet sowohl für die Kurzwellenbereiche wie auch für den Mittelwellen- und Langwellenbereich in Bezug auf Rauschen Vorteile. Die günstige Quermodulationscharakteristik spielt dabei naturgemäß eine wichtige Rolle. Gitter 3 kann entweder direkt oder besser noch über einen kleinen Widerstand mit Entkopplungskondensator an die Hochspannungsversorgung angeschlossen werden. Bei höheren Spannungen als 250 Volt muß die negative Vorspannung erhöht werden, um die maximale Anodendauerleistung nicht zu überschreiten. Dadurch nimmt die Steilheit etwas ab. Abb. 10 und 11 zeigen einige Betriebswerte dieser Röhre bei verschiedenen Schirmgitter- und Anodenspannungen.