

EFM 1 N.F.-Verstärkerpenthode und Abstimmanzeiger

Die EFM 1 ist eine Kombination einer N.F.-Verstärkerpenthode veränderlicher Steilheit mit einem Elektronenstrahlabstimmanzeiger. Der untere Teil des Innensystems wird durch die Penthode gebildet. Über diesem Penthodenteil ist, wie bei der EM 1, ein konischer Fluoreszenzschirm angeordnet, der vom Kopfende der Röhre aus sichtbar ist. Die Kathode ist bis in den durch den Fluoreszenzschirm abgeschlossenen Raum verlängert. Sie ist durch eine Abschirmung abgedeckt, so daß das Kathodenlicht nicht von außen sichtbar ist. Dieser Schirm wird von zwei Trägerstegen gehalten, die von außen unsichtbar angebracht sind.

Zwischen der Kathode und dem Schirm befinden sich der Reihe nach ein Gitter und zwei Ablenkstäbe. Das Gitter ist ohne Stege gewickelt und nur an den beiden Enden befestigt. Dieses Gitter soll durch die Raumladung, die sich vor dem Gitter bildet, einen gleichmäßigeren Elektronenübertritt zum Fluoreszenzschirm bewirken und bei sehr schwachen Signalen, wenn die Fluoreszenzflecke schmal sind, den Elektronenstrom auf die dann relativ kleine wirksame Fläche des Fluoreszenzschirmes beschränken. Die beiden Ablenkstäbe sind mit dem Schirmgitter des Penthodenteiles verbunden. Es bilden sich auf dem Schirm zwei Fluoreszenzflecke.

Der Penthodenteil ist für den Betrieb mit gleitender Schirmgitterspannung konstruiert. Das Schirmgitter wird über einen Serienwiderstand gespeist. Wenn die Regelspannung der automatischen Laut-

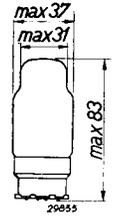


Abb. 1
Abmessungen in mm.

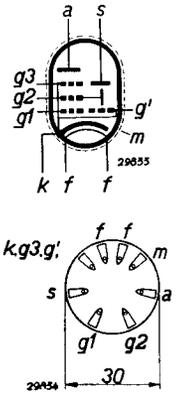


Abb. 2
Elektrodenanordnung und mit- und Sockelanschlüsse.

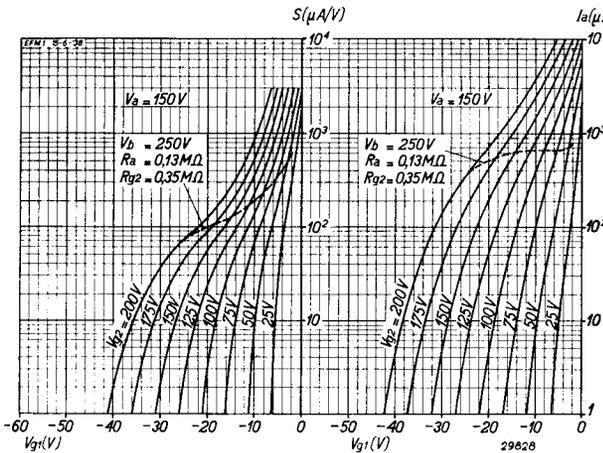


Abb. 3

Rechts: Anodenstrom als Funktion der negativen Gitterspannung mit der Schirmgitterspannung als Parameter. Diese Kurven gelten für eine Anodenspannung von 150 V. Die gestrichelte Linie zeigt die Arbeitspunktcurve für $V_b = 250$ V, $R_{g2} = 0,35$ M Ω und $R_a = 0,13$ M Ω . **Links:** Steilheit als Funktion der negativen Gitterspannung mit der Schirmgitterspannung als Parameter. Diese Kurven gelten für eine Anodenspannung von 150 V. Die gestrichelte Kurve zeigt den Verlauf der Steilheit als Funktion der Gitterspannung bei Verwendung eines Schirmgitterwiderstandes von 0,35 M Ω und eines Anodenwiderstandes von 0,13 M Ω , beide von 250 V aus gespeist.

stärkerregelung dem Gitter zugeführt wird, sinkt der Schirmgitterstrom, Elektrodenanordnung und mit- und Sockelanschlüsse. hin steigt die Spannung am Schirmgitter und an den Ablenkstäben. Der Fluoreszenzschirm ist direkt mit der Speisespannung verbunden, so daß der Unterschied zwischen der Spannung an den Ablenkstäben und der am Fluoreszenzschirm abnimmt. Dadurch nimmt auch die ablenkende Wirkung der beiden Stäbe ab, wodurch die Schatten schmaler und die Fluoreszenzflecke breiter werden. Da das Schirmgitter durch einen Kondensator abgeflacht wird, können dem Gitter zu gleicher Zeit N.F.-Wechselspannungen

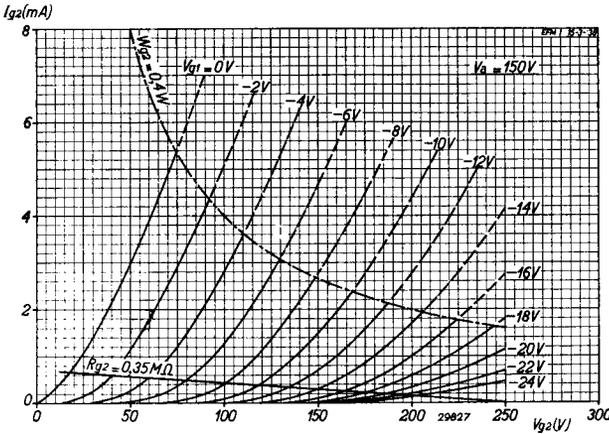


Abb. 4
Schirmgitterstrom als Funktion der Schirmgitterspannung mit der Gitterspannung als Parameter, Widerstandsgerade für $R_{G_2} = 350.000$ Ohm.

Diode am Gitter der EFM 1 eine große negative Gleichspannung, und die Verstärkung wird infolgedessen heruntergeregelt. Dies hat zur Folge, daß der N.F.-Verstärker sich an der automatischen Lautstärkeregelung beteiligt.

Die Kombination des Abstimmanzeigers mit einer N.F.-Verstärkerpenthode hat also gleichzeitig zu einer N.F.-Verstärkerröhre veränderlicher Steilheit geführt. An eine solche Penthode müssen besondere Anforderungen gestellt werden, da im ganzen Regelbereich die Verzerrung klein bleiben muß.

Der Penthodenteil der EFM 1 ist so gebaut, daß er bei einem Anodenwiderstand von 130.000 Ohm und einem Schirmgitterwiderstand von 350.000 Ohm bei -2 V Vorspannung eine etwa 60fache Verstärkung ergibt. Durch Änderung der negativen Gitterspannung von -2 bis -20 V wird die Verstärkung von 60 auf etwa 13 heruntergebracht, also eine Regelung von 1 : 4,5 erzielt. Diese Regelmöglichkeit kann zu einer wirksamen Lautstärkeregelung beitragen. Bei dieser Gitterspannungsänderung erfolgt auch der volle Ausschlag der Schatten des Fluoreszenzschirmes. Durch richtige Konstruktion des Schirmgitters wurde erreicht, daß der Anodenstrom im ganzen Regelbereich praktisch konstant bleibt. Dabei wurde ebenfalls eine im Regelbereich nahezu konstante Verzerrung erzielt, die innerhalb zulässiger Grenzen gehalten werden konnte.

Der Verstärkerteil braucht mit Rücksicht auf Verzerrung eine ziemlich große Gitterspannung, so daß pro Grad des Ausschlages der Fluoreszenzflecke eine größere Spannungsänderung am Gitter der

zugeführt werden, ohne daß eine Beeinflussung der Fluoreszenzflecke erfolgt. Der Anodenkreis kann durch Widerstandskopplung an die folgende Röhre angekopelt werden, um die Wechselspannungen weiter zu verstärken. Zur Erzielung der gewünschten Abstimm-anzeige wird das Gitter, wie erwähnt, mit der vom Detektor erzeugten Gleichspannung oder mit der automatischen Lautstärkeregelung gekoppelt. Daraus ergibt sich bei einem starken H.F.-Signal an der

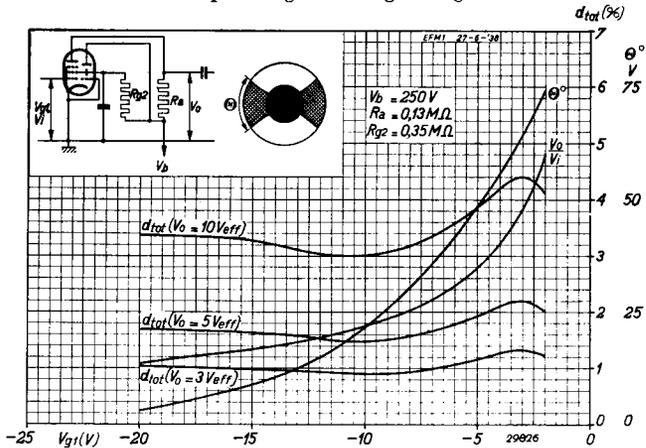


Abb. 5
Verzerrung als Funktion der Gittervorspannung mit der Ausgangswechselspannung als Parameter bei $R_{G_2} = 350.000$ Ohm, $R_a = 130.000$ Ohm und $V_b = 250$ V und Schattenwinkel Θ als Funktion der Gittervorspannung.

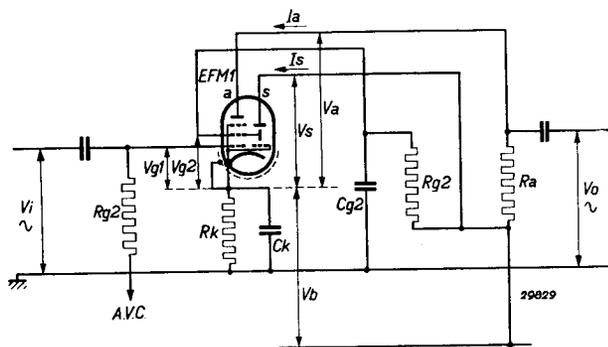


Abb. 6
Schaltung zur Erläuterung der in den Daten angegebenen Größen.

EFM 1 notwendig ist als z.B. mit der EM 1. Die Kombination einer Verstärkerpentode mit einem Abstimmanzeiger gestattet es, die Anzahl der Röhren in manchen Empfängergeräten zu beschränken, ohne auf die Abstimm-anzeige zu verzichten oder die Empfindlichkeit zu beeinträchtigen. Sie bildet einen Kompromiß, und es ist daher nicht zu erwarten, daß man dieselben optimalen Verhältnisse antrifft wie bei Verwendung einer getrennten N.F.-Verstärkerröhre und einer Abstimmröhre.

Da die EFM 1 keine Dioden zur Gleichrichtung enthält, wird sie in Kombination mit der Duodiode-Z.F.-Pentode EBF 2 häufig verwendet. Auch kann die EFM 1 in Kombination mit einer getrennten Diode, z.B. der EAB 1 oder der EB 4, verwendet werden.

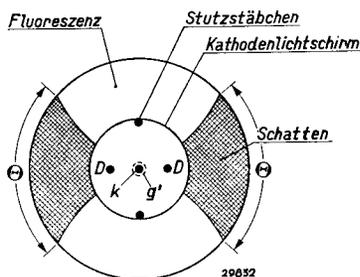


Abb. 7
Ansicht des Fluoreszenzschirmes mit den Fluoreszenzflecken und Schatten.

HEIZDATEN

Heizung: indirekt, Gleich- oder Wechselstrom, Serien- oder Parallelspeisung.
 Heizspannung $V_f = 6,3$
 Heizstrom $I_f = 0,200 \text{ A}$

BETRIEBSDATEN

Spannung der Anoden- und Schirmgitterspeisung sowie des Fluoreszenzschirmes	$V_b = V_s = 250 \text{ V}$	
Anodenaußenwiderstand	$R_a = 130.000 \ \Omega$	
Schirmgittervorwiderstand	$R_{g2} = 350.000 \ \Omega$	
Kathodenwiderstand	$R_k = 980 \ \Omega$	
Negative Gittervorspannung im unregulierten Zustand	$V_{g1} = -2 \text{ V}$	—
Negative Gittervorspannung im heruntergeregelten Zustand	—	$V_{g1} = -20 \text{ V}$
Anodenstrom	$I_a = 0,8 \text{ mA}$	$I_a = 0,5 \text{ mA}$
Schirmgitterstrom	$I_{g2} = 0,6 \text{ mA}$	$I_{g2} = 0,2 \text{ mA}$
Strom zum Fluoreszenzschirm	$I_s = 0,65 \text{ mA}$	$I_s = 0,8 \text{ mA}$
Anodenspannung	$V_a = 146 \text{ V}$	$V_a = 185 \text{ V}$
Schirmgitterspannung	$V_{g2} = 40 \text{ V}$	$V_{g2} = 180 \text{ V}$
Verstärkung	$G = 60$	$G = 13$
Verzerrung bei 5 V _(eff) Anodenwechselspannung	$d_{tot} = 2\%$	$d_{tot} = 1,7\%$
Schattenwinkel eines Sektors, gemessen am Rande des Schirmes	$\theta > 70^\circ$	$\theta < 5^\circ$

GRENZDATEN

Max. Anodenkaltspannung	V_{ao}	= max. 550 V
Max. Anodenspannung	V_a	= max. 300 V
Max. Anodenbelastung	W_a	= max. 0,4 W
Max. Schirmgitterkaltspannung	V_{g2o}	= max. 550 V
Max. Schirmgitterspannung	V_{g2}	= max. 300 V
Max. Schirmgitterbelastung	W_{g2}	= max. 0,4 W
Max. Kaltspannung am Fluoreszenzschirm	V_{so}	= max. 550 V
Max. Spannung am Fluoreszenzschirm	V_s	= max. 300 V
Min. Spannung am Fluoreszenzschirm	V_s	= min. 200 V
Max. Kathodenstrom	I_k	= max. 5 mA
Grenzwert des Gitterstromesinsatzpunktes	V_{g1}	($I_{g1} = + 0,3 \mu A$) = -1,3 V

Oberer Grenzwert des Schirmgitterstromes bei $V_b = 250$ V,
 $I_a = 0,8$ mA, $R_a = 130.000 \Omega$, $R_{g2} = 350.000 \Omega$ $I_{g2} = \text{max. } 0,67$ mA
 Unterer Grenzwert des Schirmgitterstromes bei $V_b = 250$ V,
 $I_a = 0,8$ mA, $R_a = 130.000 \Omega$, $R_{g2} = 350.000 \Omega$ $I_{g2} = \text{min. } 0,53$ mA
 Max. Widerstand zwischen Gitter und Kathode $R_{g1k} = \text{max. } 3$ M Ω
 Max. Widerstand zwischen Heizfaden und Kathode $R_{fk} = \text{max. } 20.000 \Omega$
 Max. Spannung (Gleichspannung oder Effektivwert der Wechselspannung) zwischen Heizfaden und Kathode $V_{fk} = \text{max. } 100$ V

ANWENDUNG

Die Anwendung der EFM 1 beschränkt sich auf N.F.-Verstärkung mit gleichzeitiger Abstimmungsanzeige. Abb. 8 zeigt die Prinzipschaltung dieser Röhre mit einer vorgeschalteten Diode. Das N.F.-Signal wird dem Diodenwiderstand R_d entnommen und über einen Kondensator dem Gitter der EFM 1 zugeführt. Die negative Gleichspannung, die am Ableitwiderstand entsteht, wird dem Punkt A entnommen und gelangt über die Widerstände R_1 und R_3 an das Gitter der EFM 1. Der Widerstand R_1 bildet mit dem Kondensator C_5 ein Abflachfilter für die am Diodenwiderstand befindliche N.F.-Spannung, so daß über diesen Weg nur Gleichspannung an das Gitter der EFM 1 gelangt. R_3 ist der Ableitwiderstand des Gitters.

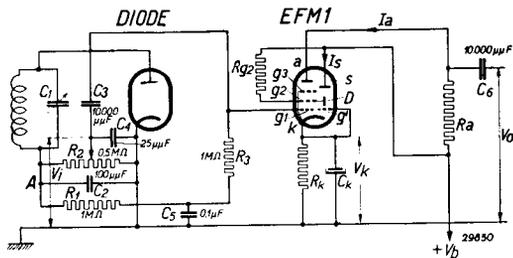


Abb. 8
 Prinzip der Schaltung der EFM 1 als regelbarer N.F.-Verstärker und Abstimmungsanzeiger mit einer vorgeschalteten Diode als Detektor.

Die negative Gleichspannung zur Regelung der EFM 1 wird meistens der Detektordiode entnommen. Sie kann auch von der A.L.R.-Diode geliefert werden, aber bei verzögerter automatischer Lautstärkeregelung wird die Abstimmungsanzeige für kleine Signale, die zum Regelungseinsatz nicht ausreichen, nicht arbeiten.

Mit Rücksicht auf Mikrophoneneffekt ist dafür zu sorgen, daß die N.F.-Empfindlichkeit am Gitter der EFM 1 nicht zu groß gewählt wird und daß die Aufstellung der Röhre keine zu starken akustischen Rückkopplungen herbeiführt. Wird ein steile Endröhre wie die EL 3 hinter die EFM 1 geschaltet, so wird empfohlen, mit Hilfe einer ausreichenden Gegenkopplung die Empfindlichkeit zu reduzieren.

Um Brummschwierigkeiten zu vermeiden, muß die dem Anodenkopplungswiderstand zugeführte Gleichspannung immer durch ein geeignetes R.C.-Filter gesäubert werden. In den Daten und Kurven wurde der Säuberungswiderstand nicht berücksichtigt, da er von Fall zu Fall und bei verschiedenen Speisespannungen anders gewählt werden wird. Für die praktische Anwendung der EFM 1 kann zwischen zwei Möglichkeiten eine Wahl getroffen werden.

Zunächst besteht die Möglichkeit einer Verbesserung der automatischen Lautstärke-Regelung, da die dem Gitter zugeführte Regelspannung die Verstärkung der EFM 1 beeinflußt. Wie bereits oben erwähnt, ist bei Verwendung einer steilen Endröhre die N.F.-Verstärkung durch Gegenkopplung herabzusetzen. Wird der Kathodenkondensator der EL 3 weggelassen, so wird eine etwa $2\frac{1}{2}$ -fache Gegenkopplung erzielt; hiermit wird aber die Empfindlichkeit noch nicht ausreichend herabgesetzt, so daß dann entweder ein größerer Kathodenwiderstand der Endröhre oder eine kleinere Verstärkung der EFM 1 im unregulierten Zustand gewählt werden muß. Das Gitter der EL 3 wird im ersten Falle, um die richtige Vorspannung zu erhalten, an eine Anzapfung am Kathodenwiderstand angeschlossen. Bei Verwendung eines Kathodenwiderstandes von 500 Ohm wird eine etwa 4,5fache Gegenkopplung erzielt, womit eine genügende Empfindlichkeitsabnahme gewährleistet ist. Diese stärkere Gegenkopplung wird aber auf Kosten einer Abnahme der maximalen Ausgangsleistung erhalten; bei $R_k = 500$ Ohm beträgt die maximale Ausgangsleistung nur noch rund 3,3 Watt. Deswegen wird es meistens vorgezogen werden, die maximale Verstärkung der EFM 1 herunterzusetzen. Dies kann durch die Wahl eines größeren Kathodenwiderstandes erzielt werden, wobei dann die Winkeländerung des Anzeigeteiles etwas verringert wird (siehe auch Abb. 5). Bei einem Kathodenwiderstand von 2000 Ohm z.B. wird eine negative Vorspannung von etwa -4 Volt erzielt, und hierbei ist die Verstärkung 40 anstatt 60 und der Winkeländerungsbereich der Schatten des Anzeigeteiles von 5 bis 75° auf 5 bis 65° zurückgegangen.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines kleineren Anodenkopplungswiderstandes als 130.000 Ohm. Es kann dann in Serie mit dem Kopplungswiderstand ein Abflachwiderstand geschaltet werden, der den Gesamtanodenwiderstand wieder auf 130.000 Ohm bzw. bei höheren Speisespannungen auf den entsprechend höheren Wert bringt.

Die beschränkte Gegenkopplung bei Verwendung von steilen Endröhren (EL 3 und EL 6) hat zur Folge, daß die Niederfrequenzempfindlichkeit noch ziemlich groß ist. Bekanntlich bestimmt die Größe der N.F.-Verstärkung das am Detektor erforderliche Z.F.-Signal und mithin auch die Verzögerungsspannung der automatischen Lautstärkeregelung. Bei großer N.F.-Empfindlichkeit sind die am Detektor auftretenden Signale klein, so daß nur kleine Regelspannungen zur Steuerung der EFM 1 zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, daß erst bei sehr starken Signalen die Schatten schmal sind und daß also der Abstimmanzeiger ziemlich unempfindlich ist.

Eine größere Verringerung der N.F.-Empfindlichkeit als durch Gegenkopplung einer steilen Endröhre kann durch Verwendung einer Endröhre mit sehr geringer N.F.-Empfindlichkeit erzielt werden, wobei dann eine größere Anzeigeempfindlichkeit erhalten wird, z.B. durch Verwendung der Endtriode AD 1.

Trotz der größeren Ausgangswchelspannung der EFM 1, die zur Steuerung der AD 1 erforderlich ist, zeigt sich, daß die Verzerrung noch sehr gering ist. Im Mittel ist die Verzerrung der Kombination EFM 1 + AD 1 geringer als die einer AD 1 allein, was auf die Kompensation der zweiten Harmonischen zurückzuführen ist.

Die zweite Möglichkeit, die für die Verwendung der EFM 1 zu wählen ist, besteht in der Verlegung des Schwerpunktes auf die Empfindlichkeit des Anzeigeteiles bei Vernachlässigung des Beitrages der Röhre zu der automatischen Lautstärkeregelung. In diesem Falle braucht man eine größere Gleichspannung am Detektor und mithin ein größeres Z.F.-Signal und eine geringere N.F.-Verstärkung. Man wird die N.F.-Verstärkung durch eine starke Gegenkopplung herabsetzen müssen. Da eine starke Gegenkopplung beim Weglassen des Kathodenkondensators der Endröhre zu einem erheblichen Verlust an Ausgangsleistung führt, wird die Rückkopplung vom Lautsprecher auf die EFM 1 verwendet werden müssen. Die Spannungsgegenkopplung auf die EFM 1 hat den Vorteil, daß die N.F.-Verstärkung durch entsprechend stärkere Gegenkopplung beliebig herabgesetzt werden kann. Außerdem wird der Innenwiderstand der Endstufe erniedrigt anstatt erhöht, wie es bei der Stromrückkopplung durch Weglassung des Kathodenkondensators der Fall ist. Bei dieser Art der Gegenkopplung können frequenzabhängige Glieder in der Gegenkopplungsschaltung aufgenommen werden, so daß die Frequenzcharakteristik günstig beeinflußt werden kann. Die Spannungsrückkopplung auf die EFM 1 hat natürlich das Bestreben, die Verstärkung konstant zu halten. Dadurch geht die N.F.-Regelung größtenteils verloren. Bei starker Trägerwelle ist die EFM 1 heruntergeregelt, so daß in dem Falle die Verstärkung kleiner und mithin die negative Rückkopplung schwächer ist. Die Verringerung der Verzerrung ist dann also geringer.

DIE KOMBINATION DER EFM 1 UND EBF 2

Zu der EFM 1 als N.F.-Verstärker wird die EBF 2 als Z.F.-Verstärker und Detektor häufig verwendet werden.

Es sind zwei Verwendungsmöglichkeiten dieser Kombination vorhanden:

- 1) Die EFM 1 wird als N. F.-Verstärker mit nur schwacher Gegenkopplung auf die Endröhre allein benutzt. Die Abstimmanzeige ist dann nicht sehr empfindlich.
- 2) Die EFM 1 wird als N.F.-Verstärker mit starker Gegenkopplung vom Lautsprecher auf die EFM 1 benutzt.

Im vorhergehenden wurde bereits darauf hingewiesen, daß, wenn auf eine bessere Abstimmanzeige Wert gelegt wird, die N.F.-Verstärkung ziemlich niedrig gewählt werden muß. In diesem Fall soll die Verzögerungsspannung größer gewählt werden (5 bis 6 Volt).

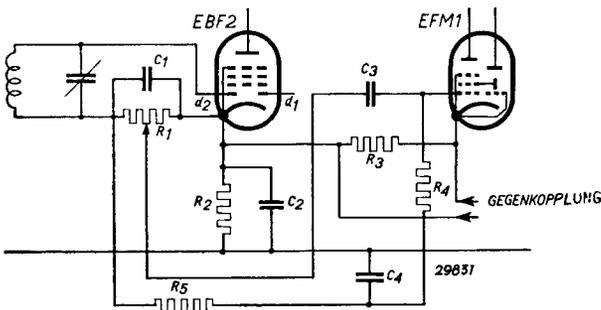


Abb. 9

Prinzipialschaltung der Kombination der Röhren EBF 2 und EFM 1 mit Gegenkopplung auf die EFM 1.

Möglichkeit der vollen Endröhrenaussteuerung größer sein als die normale Kathodenspannung der EBF 2 (2 V), sondern auch, damit der Ausschlag des Abstimmzeigers für schwächere Signale nicht beschränkt wird. Würde nämlich die A.L.R. bereits vor der vollen Aussteuerung der Endröhre arbeiten, so würde für die entsprechenden Signale schon die Gleichspannung am Detektor beschränkt, was zu der geringeren Empfindlichkeit der Abstimmanzeige führt. Eine Verzögerung von 5 bis 6 V zeigt sich für die meisten Fälle als ausreichend.

Eine Komplikation, auf die noch hingewiesen werden muß, ist die folgende:

Wenn eine geringe N.F.-Verstärkung angestrebt wird, und zwar nicht durch Anwendung von Gegenkopplung, sondern durch Verwendung einer Ausgangsstufe mit geringer Empfindlichkeit (z.B. AD 1), wird durch die stärkere Regelung auf die Röhre EFM 1 die gesamte N.F.-Verstärkung bei zunehmendem Signal mehr abnehmen. Die Folge hiervon ist, daß bei großen Signalen ein viel größeres Detektorsignal erforderlich ist, um die Endröhre voll auszusteuern, als wenn die N.F.-Regelung durch die Gegenkopplung ausgeglichen wird. Dies bringt mit sich, daß die Verzögerungsspannung der A.L.R. größer gewählt werden muß, als zunächst vorausgesetzt war. Hierdurch ergeben sich größere Schwierigkeiten mit der Regelung auf die EBF 2. Hieraus geht wohl hervor, daß die Anwendung von Gegenkopplung den Vorzug verdient, wenn man die N.F.-Verstärkung hinter dem Detektor verringern will.

Die nächstliegende Schaltung ist in Abb. 9 dargestellt. Die Kathodenspannung der EBF 2 beträgt 5 bis 6 Volt. Die Kathode der EFM 1 ist über den Widerstand R_3 mit der Kathode der EBF 2 verbunden. Der Spannungsabfall in R_3 ergibt also die negative Vorspannung der EFM 1. Der Widerstand R_3 ist nicht kapazitiv überbrückt und bildet gleichzeitig einen Teil des Spannungsteilers der Gegenkopplung.

Bei Verwendung der EFM 1 mit Gegenkopplung muß die Verzögerungsspannung der A.L.R. nicht nur wegen der